

Univerzita Palackého v Olomouci

Přírodovědecká fakulta

Katedra fyzikální chemie



**Vyhodnocení technologického procesu
čistírny odpadních vod**

Bakalářská práce

Autor:	Michaela Pyszková
Studijní obor:	1407R003 Ekochemie
Forma studia:	Prezenční
Vedoucí práce:	doc. RNDr. Tatjana Nevěčná CSc.
Odborný konzultant:	RNDr. Marcela Česalová

Olomouc 2011

Prohlášení

Prohlašuji, že bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně pod vedením doc. RNDr. Tat'jany Nevěčné CSc. a odborné konzultantky RNDr. Marcely Česalové. Veškeré literární zdroje a informace, které jsem v práci použila jsou uvedeny v seznamu použité literatury. Bakalářská práce je z hlediska obsahu majetkem Katedry fyzikální chemie, Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci.

V Olomouci dne:

.....

Podpis

Poděkování

Děkuji odborné konzultantce RNDr. Marcelle Česalové za její připomínky a cenné rady. Především, ale za její veškeré konzultace a celkovou spolupráci, která mi byla velmi užitečná a hlavně příjemná. Chtěla bych také poděkovat veškerým zaměstnancům Zdravotního ústavu se sídlem v Ostravě, pracoviště Olomouc, kteří ke mně byli velmi laskaví a ohleduplní během doby strávené s nimi. Hlavně tedy děkuji laborantce Andree Ludvíkové, která se mi věnovala v laboratoři odpadních vod a strávila se mnou většinu času. V neposlední řadě děkuji doc. RNDr. Tatjaně Nevěčné CSc. za její pomoc s formální úpravou mé práce.

Bibliografické údaje:

Jméno a příjmení autora:	Michaela Pyszková
Název práce:	Vyhodnocení technologického procesu čistírny odpadních vod
Typ práce:	Bakalářská
Pracoviště:	Katedra fyzikální chemie
Vedoucí práce:	doc. RNDr. Tat'jana Nevěčná CSc.
Odborný konzultant:	RNDr. Marcela Česalová
Rok obhajoby práce:	2011
Abstrakt:	Po dobu jednoho roku, od března 2010 do února 2011, jsem sledovala kvalitu odpadní vody na přítoku a odtoku z čistírny odpadních vod Lutín. V odpadní vodě byly stanovovány ukazatelé jakosti odpadních vod. Byla to chemická spotřeba kyslíku (CHSK_{Cr}), biochemická spotřeba kyslíku (BSK_5), amoniakální dusík (N-NH_4^+), celkový fosfor ($\text{P}_{\text{celk.}}$) a nerozpuštěné látky (NL). Dále bylo sledováno množství přitékajících odpadních vod do ČOV. Ze získaných hodnot jsem sestavila vyhodnocení technologického procesu čistírny odpadních vod. Odstraňování organického znečištění, dusíku a NL probíhalo s účinností větší než 90%. Pouze účinnost odstraňování fosforu nedosahovala takových hodnot, které ale splňovaly limity pro vypouštění odpadních vod a účinnost odstraňování byla větší než 60%.
Klíčová slova:	Čistírny odpadních vod, odpadní vody, proces čištění odpadních vod
Počet stran:	56
Počet příloh:	0
Jazyk:	česky

Bibliographical identification:

Author's first name and surname: Michaela Pyszková

Title: Evaluation of the Technological Process of Wasterwater Clearing Facilities

Type of thesis: Bachelor

Department: Department of Physical chemistry

Supervisor: doc. RNDr. Tat'jana Nevěčná CSc.

Consultant: RNDr. Marcela Česalová

The year of presentation: 2011

Abstract: During a period of one year, from March 2010 to February 2011, the quality of wastewater inflow and outflow from sewage treatment plant Lutín was observed. The indicators of quality of wastewater were measured in the wastewater. It was a chemical oxygen demand (COD), biochemical oxygen demand (BOD₅), ammonia nitrogen (N-NH_4^+), total phosphorus (TP) and insolubles substances (NL). It was also monitored the inflow of wastewater to WWTP. The obtained values were used for evaluation of technological process of wastewater clearing facilities. Removal of organic pollution, nitrogen and NL was carried out with efficiency greater than 90%. Only the phosphorus removal efficiency was below these values, but its values satisfy the limits for discharges of wastewater and the removal efficiency was greater than 60%.

Keywords: Sewage treatment plant, wastewater treatment plant, wastewater, wastewater treatment process

Number of pages: 56

Number of appendices: 0

Language: Czech

OBSAH

1	ÚVOD.....	10
2	TEORETICKÁ ČÁST	11
2.1	ODPADNÍ VODY	11
2.1.1	Typy odpadních vod	11
2.1.2	Vlastnosti a složení odpadních vod	13
2.2	ZPŮSOBY ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD	14
2.2.1	Mechanické čištění (předčištění)	14
2.2.2	Biologické čištění	14
2.2.2.1	<i>Aktivační proces</i>	15
2.2.2.2	<i>Princip biologického odstraňování dusíku</i>	15
2.2.2.3	<i>Princip biologického odstraňování fosforu</i>	17
2.2.3	Fyzikálně – chemické čištění (dočišťování odpadních vod)	17
2.3	ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD	18
2.3.1	Dělení čistíren odpadních vod	18
2.3.2	Technologické zařízení čistírny odpadních vod	18
2.3.3	Mechanické čištění odpadních vod (předčištění)	20
2.3.3.1	<i>Lapák šěrku</i>	20
2.3.3.2	<i>Česle</i>	20
2.3.3.3	<i>Lapák písku</i>	21
2.3.3.4	<i>Lapáky tuků a olejů</i>	22
2.3.3.5	<i>Usazovací nádrže</i>	22
2.3.4	Biologické čištění odpadních vod	23
2.3.4.1	<i>Biologické čištění odpadních vod v aerobních podmínkách</i>	23
2.3.4.1.1	<i>Procesy s biomasou ve vznosu (aktivace)</i>	23
2.3.4.1.2	<i>Procesy s přisedlou biomasou</i>	24
2.3.4.1.3	<i>Technologické parametry aktivního systému</i>	25
2.3.4.2	<i>Dosazovací nádrže</i>	25
2.3.5	Terciální stupeň čištění odpadních vod (dočišťování)	26
2.3.5.1	<i>Zařízení určené k dočišťování biologicky vyčištěných vod</i>	27
3	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	28

3.1	ČISTÍRNA ODPADNÍCH VOD LUTÍN	28
3.1.1	Objekty technologického procesu čistírny odpadních vod.....	29
3.1.2	Kapacity čistírny odpadních vod	31
3.1.3	Kvality vyčištěných odpadních vod	31
3.1.4	Kontrola jakosti vypouštěných vyčištěných odpadních vod	32
3.2	METODIKA STANOVENÍ UKAZATELŮ JAKOSTI ODPADNÍCH VOD	33
3.2.1	Metodika stanovení chemické spotřeby kyslíku (CHSK).....	33
3.2.2	Metodika stanovení biochemické spotřeby kyslíku (BSK _n)	35
3.2.3	Metodika stanovení amoniakálního dusíku (N-NH ₄ ⁺)	36
3.2.4	Metodika stanovení celkového fosforu (P _{celk.}).....	37
3.2.5	Metodika stanovení nerozpuštěných látek (NL)	38
4	VYHODNOCENÍ TECHNOLOGICKÉHO PROCESU ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD	39
4.1	ÚVOD K VYHODNOCENÍ	39
4.1.1	Základní projektované parametry	39
4.1.2	Povolení nakládání s vodami.....	40
4.2	HODNOTY UKAZATELŮ JAKOSTI ODPADNÍCH VOD	40
4.2.1	Účinnost odstraňování organického znečištění vyjádřené pomocí CHSK _{Cr}	42
4.2.2	Účinnost odstraňování organického znečištění vyjádřené pomocí BSK ₅	43
4.2.3	Účinnost odstraňování sloučenin dusíku vyjádřené pomocí N-NH ₄ ⁺ ..	44
4.2.4	Účinnost odstraňování sloučenin fosforu vyjádřené pomocí P _{celk.}	45
4.2.5	Účinnost odstraňování NL.....	46
4.3	MNOŽSTVÍ ODPADNÍCH VOD.....	47
4.4	BILANCE ZNEČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD.....	48
4.5	MECHANICKÉ PŘEDČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD.....	49
4.6	BIOLOGICKÉ ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD.....	49
5	ZÁVĚR	50
6	SUMMARY	52
7	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	54

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ

A ZKRATEK

<i>A</i>	absorbance
<i>ABS</i>	absorbance
<i>apod.</i>	a podobně
<i>atd.</i>	a tak dále
<i>BOD</i>	biochemical oxygen demand
<i>BSK₅</i>	biochemická spotřeba kyslíku za 5 dní
<i>c</i>	koncentrace, normalita
<i>COD</i>	chemical oxygen demand
<i>COLL.</i>	collection
<i>č.</i>	číslo
<i>ČSN</i>	Česká technická norma
<i>ČSN EN</i>	Česká technická norma převzatá z Evropské normy
<i>ČSN ISO</i>	Česká technická norma podle Mezinárodní organizace pro normalizaci
<i>ČOV</i>	čistírna odpadních vod
<i>ČR</i>	Česká republika
<i>D – N</i>	denitrifikace – nitrifikace
<i>EO</i>	ekvivalentní obyvatel
<i>f</i>	přepočítávací faktor
<i>CHSK_{Cr}</i>	chemická spotřeba kyslíku dichromanovou metodou
<i>KI</i>	kalový index
<i>m</i>	maximálně přípustná hodnota koncentrací vypouštěných odpadních vod
<i>N</i>	dusík
<i>např.</i>	například
<i>NL</i>	nerozpuštěné látky
<i>N-NH₄⁺</i>	amoniakální dusík, ammonia nitrogen
<i>NO.</i>	number
<i>O</i>	počet připojených obyvatel
<i>OV</i>	odpadní vody
<i>p</i>	přípustná hodnota koncentrací pro rozbor směsných vzorků

P	fosfor
$P_{celk.}$	celkový fosfor
$P_{total.}$	total phosphorus
pH	power of hydrogen, záporný dekadický logaritmus číselné hodnoty koncentrace vodíkových iontů v roztoku
PE	population equivalent
$Poly-P$	polyfosfát akumulující
Q	průtok, přítok
Q_{24}	průměrný denní přítok
Q_d	maximální denní přítok
Q_r	maximální bezdeštný roční přítok
$Sb.$	Sbírky
SS	suspended solids
$tj.$	to je
TNV	Technická norma vodohospodářská
$tzn.$	to znamená
$tzv.$	takzvaný
$UV\ záření$	Ultrafialové záření, z anglického Ultraviolet
V	objem
$WWTP$	wastewater treatment plant
x_{SL}	průměrná hodnota slepého vzorku
θ	hydraulická doba zdržení odpadní vody
$\S$	paragraf
ρ	hmotnostní koncentrace, hustota
$\emptyset$	průměr

1 ÚVOD

Voda tvoří jednu ze základních podmínek existence života na Zemi. Je součástí všech organismů. Zdroje pitné vody jsou omezené a pouhé 1% veškeré vody na Zemi tvoří voda sladká.¹

Člověk ji využívá při většině činností. Voda se může získávat z přírodních vodních útvarů nacházejících se na zemském povrchu (vodní toky, nádrže) a nebo pod ním (podzemní zdroje vody). Během používání vody dochází k jejímu znečišťování. Jakost povrchových vod ovlivňují hlavně bodové zdroje znečištění (města a obce). Znečištěnou vodu je možno označit za vodu odpadní. Tato voda vypouštěná do povrchových vod způsobuje nejen estetické problémy, ale především vnáší do zdroje organické látky, toxiny, patogenní mikroorganismy a další látky, které působí negativně na vodní ekosystém.^{2,3}

Odpadní voda je proto odváděna kanalizací a zpracovávána (čištěna) v čistírně odpadních vod (ČOV). Vyčištěná odpadní voda je z ČOV odváděna zpátky do přírodních vodních útvarů (recipientů).²

Účelem čištění odpadních vod je tedy mechanické odstranění větších částí nerozpuštěných látek obsažených v odpadních vodách a dále fyzikálně-chemickými a především biologickými způsoby rozložit rozpuštěné znečištění. Těmito způsoby musí být dosaženo takových zbytkových koncentrací znečišťujících látek na odtoku z ČOV, aby nepředstavovaly významnou zátěž pro recipient. Takovým to požadavkům musí být přizpůsobená technologická zařízení čistírny odpadních vod.³

Cílem mé práce bylo sledovat kvalitu odpadních vod na přítoku a odtoku z ČOV Lutín. Dále pak zpracovat celkové vyhodnocení technologického procesu čistírny odpadních vod a účinnosti odstraňování jednotlivých znečišťujících látek.

2 TEORETICKÁ ČÁST

2.1 ODPADNÍ VODY

Odpadními vodami rozumíme vody znečištěné, které byly použity v městských aglomeracích a jsou z nich následně odváděny. Mají pozměněné vlastnosti (složení nebo teplotu) a nevyhovují svým původním účelům.^{1, 4, 5}

2.1.1 Typy odpadních vod

Odpadní vody dělíme na tři hlavní skupiny, na vody splaškové, průmyslové a městské odpadní vody. Podskupinu průmyslových odpadních vod tvoří odpadní vody ze zemědělství, chovu zvířat, průmyslových výroby, apod.⁴

Splaškové odpadní vody

Splaškové odpadní vody jsou odpadní vody převážně z obytných domů. Patří sem také odpadní vody z městských objektů (školy, restaurace, hotely, hygienické zařízení, apod.). Množství těchto odpadních vod je závislé na vybavenosti uvedených objektů (koupelny, kuchyně, aj.) a je téměř shodné se spotřebou pitné vody.^{4, 6}

Za posledních 20 let klesla spotřeba vody v českých domácnostech o více než 70 l na osobu a den. Před rokem 1990 dosahovala průměrná spotřeba v domácnostech 171 l na osobu a den, na konci roku 2003 to bylo už jen 103 l. Odhady současné průměrné denní spotřeby vody se značně liší. Jednotlivé statistiky uvádějí hodnoty v rozmezí 90 až 150 l na osobu a den.^{7, 8}

Hlavní podíl splaškových vod tvoří organické látky moči, fekálie a odpadní vody z kuchyní. Jednou z hlavních součástí je močovina, která podléhá rychlému biologickému rozkladu a následné tvorbě amoniakálního dusíku. U fekálií jsou to organické látky, např. lipidy, polysacharidy a bílkoviny. Anorganické složení těchto vod (chloridy, sodík, draslík, fosforečnany) je ovlivňováno složením pitné a užitkové vody pro domácnosti a hygienická zařízení.⁵

Odpadní vody (především splašky) představují infekční prostředí. Mohou obsahovat choroboplodné bakterie, viry a organické látky, které podléhají hnilobným procesům. Je proto nezbytné zajistit jejich bezpečnou likvidaci v čistírnách odpadních vod.⁵

Průmyslové odpadní vody

Průmyslovými odpadními vodami rozumíme odpadní vody z technologických procesů výroby, z chlazení a z mytí výrobního zařízení. Jsou to vody použité a znečištěné, které jsou již pro danou funkci nevhodné a závod je vypouští. Patří sem také odpadní vody ze zemědělství.^{4, 6}

Podle typu znečišťujících látek dělíme průmyslové odpadní vody na anorganicky nebo organicky znečištěné. Anorganické látky ve znečištěných odpadních vodách mohou být v nerozpuštěné nebo v rozpuštěné podobě a mohou být buď toxické nebo netoxické. Organické látky mohou být také buď nerozpuštěné nebo rozpuštěné a můžeme je rozdělit do čtyř skupin: netoxické a biologicky rozložitelné látky (sacharidy, bílkoviny, tuky, atd.), netoxické a obtížně biologicky rozložitelné látky (některá organická barviva, aromatické sloučeniny, atd.), toxické a biologicky rozložitelné látky (fenoly, insekticidy, chlorfenoly, apod.) a v poslední řadě jsou to látky toxické a biologicky obtížně rozložitelné (chlorované uhlovodíky, aniliny, nitroaniliny, apod.).^{4, 5}

Městské odpadní vody

Městské vody jsou většinou směsí splaškových vod a průmyslových odpadních vod. Do městských odpadních vod počítáme také vody dešťové a jiné vody odváděné kanalizací, např. z čištění ulic a veřejných míst.²

2.1.2 Vlastnosti a složení odpadních vod

Pro volbu správného způsobu čištění odpadních vod je nutné znát složení a původ odpadní vody, kterou máme vyčistit. Vlastnosti a složení odpadních vod můžeme rozdělit podle prováděných rozborů do tří skupin na fyzikální, chemické a biologické vlastnosti.⁹

Z fyzikálních vlastností se zjišťují hlavně nerozpuštěné látky, teplota, barva a zápach. Z chemického složení to jsou látky organické (proteiny, sacharidy, lipidy, povrchově aktivní látky, fenoly a pesticidy), anorganické látky (pH, chloridy, alkalita, dusík, fosfor, těžké kovy a toxické látky), plyny (kyslík, sirovodík a metan). Z biologických charakteristik se sledují především rostliny, mikroorganismy a viry.⁹

2.2 ZPŮSOBY ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD

Odpadní vody jsou odváděny stokovou sítí (kanalizací) a zpracovávány (čištěny) v čistírnách odpadních vod (ČOV). ČOV je většinou ve vlastnictví obcí nebo průmyslových závodů, které produkují tyto odpadní vody. Provozovatelem ČOV bývá obec nebo často odborná specializovaná firma.²

V odpadních vodách jsou obsaženy nečistoty minerálního a organického charakteru. Tyto nečistoty jsou buď v podobě vloček nebo rozpuštěny ve vodě. Pro jednotlivé druhy nečistot existuje určitý způsob odstranění. Používá se mechanické, biologické a fyzikálně chemické čištění.⁵

2.2.1 Mechanické čištění (předčištění)

Mechanická separace znečišťujících látek je nejjednodušším způsobem čištění odpadních vod. Obvykle je prováděna v několika krocích. Nejdříve se oddělují hrubší materiály v lapácích šterku, na česlích a v lapácích písku, případně jsou také zařazeny lapáky tuků. V dalších procesech je cílem odstranit ostatní látky schopné se usazovat, a to sedimentací (usazováním) v usazovacích nádržích.^{2, 10}

Při mechanickém čištění se odstraní zhruba 1/3 obsahu látek, které spotřebovávají kyslík. Pro čištění odpadních vod je tedy tento způsob čištění nedostačující. Je tedy použit pouze jako předčištění. Nedochází totiž při něm k odstranění rozpuštěných látek, které obsahují dusík a fosfor.^{2, 10}

2.2.2 Biologické čištění

Biologické čištění je technologický proces, který je založen na schopnosti mikroorganismů mineralizovat a rozkládat znečišťující látky. Ve svém principu je napodobením a urychlením procesů, které probíhají v přírodě. Biologické čištění může být aerobní (za přístupu kyslíku) a nebo anaerobní (bez přístupu kyslíku).^{5, 6}

Biologickými postupy se odstraňují především biologicky rozložitelné organické látky obsažené v odpadních vodách. Biochemické procesy hrají také důležitou roli při odstraňování jiných znečišťujících látek, především odstraňování dusíku a fosforu.²

Cílem tohoto čištění je shlukovat a rozkládat koloidní látky a stabilizovat látky organické povahy.⁶

2.2.2.1 *Aktivační proces*

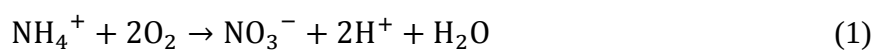
Jedná se o dnes nejrozšířenější způsob biologického čištění odpadních vod. Princip tohoto procesu je ve vytvoření aktivovaného kalu v aktivační nádrži, která je provzdušňována, tzn. kontinuální kultivace biomasy s recyklem.

Aktivační směs, což je směs odpadní vody a vratného aktivovaného kalu (recirkulovaného kalu), přitéká do aktivační nádrže. Zde je směs provzdušňována. Vyčištěná voda je od aktivovaného kalu separována v dosazovací nádrži (separační nádrži). Zahuštěný aktivovaný kal ze dna dosazovací nádrže je poté recirkulován na začátek aktivační nádrže jako inokulum (vratný aktivovaný kal). Část nově vytvořené biomasy, která vzniká při odstraňování nerozpuštěných a rozpuštěných organických látek, je ze systému periodicky odstraňována ve formě přebytečného aktivovaného kalu.^{1, 11}

2.2.2.2 *Princip biologického odstraňování dusíku*

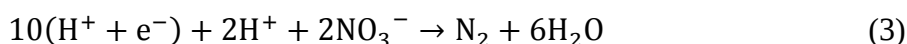
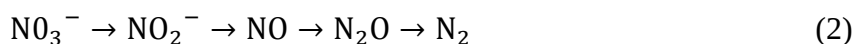
Biologické odstraňování sloučenin dusíku si klade za cíl zoxidovat redukováný dusík na dusičnany a dále snížit jejich koncentraci na přijatelné hodnoty odtokových standardů, a zároveň snížit technologickou náročnost procesu. Princip biologického odstraňování dusíků tvoří proces nitrifikace a denitrifikace. Ty můžeme popsat následujícími reakcemi.^{10, 12}

Nitrifikace



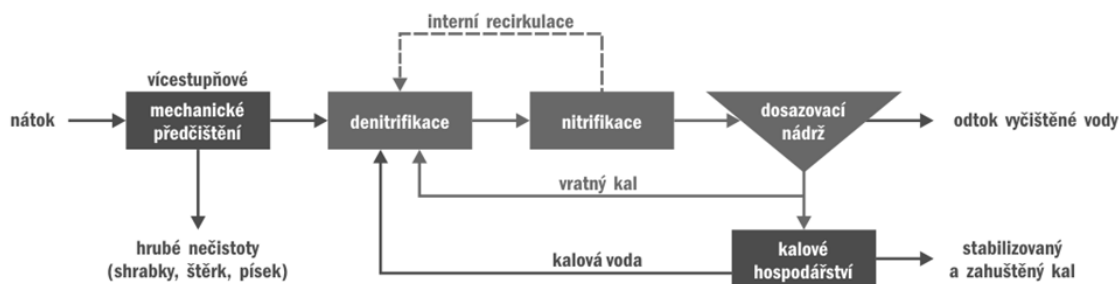
Pod pojmem nitrifikace se rozumí oxidace amoniakálního dusíku na dusitany až dusičnany. Nitrifikace vyžaduje přístup kyslíku. Nitrifikace je prováděna dvěma různými skupinami nitrifikačních bakterií (např. *Nitrosomonas*, *Nitrospira*). V prvním stupni bakterií *Nitrobacter* a ve druhém stupni pomocí bakterie *Nitrocystis*.^{1, 12}

Denitrifikace



Denitrifikací se rozumí redukce dusičnanů na elementární dusík, případně oxid dusný. Denitrifikace probíhá v nepřítomnosti rozpuštěného kyslíku. Proces potřebuje organické nebo anorganické donory elektronů (odpadní voda, metanol, apod.).^{1, 10, 12}

Kombinací nitrifikace a denitrifikace se může využít až 67% kyslíku použitého na nitrifikaci a zároveň na oxidaci organického znečištění za anoxických podmínek (absence molekulárního kyslíku, ale přítomnost dusičnanového nebo i dusitanového dusíku). Ke kombinaci těchto dvou procesů vedou důvody jak ekonomické tak technologické, protože při použití pouze nitrifikace dochází k problémům s nezredukovanými dusičnany v dosazovací nádrži. Na dně dosazovací nádrže v zahuštěné vrstvě aktivovaného kalu se totiž rychle mění podmínky oxické na anoxické. Dochází tedy k samovolné denitrifikaci a uvolňovaný plynný dusík vynáší zahuštěný aktivovaný kal ke hladině.¹



Obr. 1: Schéma aktivačního systému denitrifikace – nitrifikace (D – N)¹³

2.2.2.3 *Princip biologického odstraňování fosforu*

V biocenóze aktivovaného kalu se nacházejí bakterie schopné akumulace fosforu do buněk. Tyto mikroorganismy jsou označovány jako poly-P (polyfosfát akumulující) a pocházejí např. z rodu *Acinetobacter*, *Klebsiella*, *Moraxella*. Mechanismus zvýšené akumulace fosforu představuje pro tyto bakterie selektivní výhodu při periodickém střídání anaerobních a oxických kultivačních podmínek. Toto střídání je základní podmínkou pro akumulaci fosforu v buňkách aktivovaného kalu a tudíž i pro biologické odstraňování fosforu.

Fosfor není v kalu pevně vázán a po vystavení anaerobním podmínkám dochází k jeho uvolňování. Nesmí tedy docházet k dlouhodobému pobytu zahušťovaného kalu v dosazovací nádrži. Mohlo by totiž docházet ke zpětnému uvolňování fosforečnanů do konečného odtoku. Dále je nutné zabránit tzv. zahnívání přebytečného kalu v zahušťovacích a uskladňovacích nádržích, odkud by mohly zachycené fosforečnany přejít do kalové vody a vrátit se zpět do hlavní technologické linky.^{1, 12}

Je možné použít také chemické srážení fosforu a to buď samostatně nebo v kombinaci s biologickým odstraňováním. Srážení probíhá po nadávkování srážecích činidel (železnatých, železitých nebo hlinitých solí) před usazovací nádrž (do lapáku písku nebo do přítoku do usazovací nádrže), tzn. předřazené srážení a nebo před dosazovací nádrž do aktivační směsi (do vratného kalu, do aktivační nádrže), tzn. simultánní srážení.¹

2.2.3 Fyzikálně – chemické čištění (dočišťování odpadních vod)

Procesy, které jsou vybírány pro čištění a úpravu vody, jsou závislé především na velikosti částic, které způsobují znečištění. Metody čištění mají za úkol zlepšit separační vlastnosti aktivovaného a přebytečného kalu.^{1, 10}

Mezi fyzikálně-chemické metody čištění patří číření (koagulace, srážení), neutralizace, oxidace a redukce, sorpční procesy. Dále to mohou být procesy založené na výměně iontů, extrakce, odpařování, spalování (v případě silně koncentrovaných odpadních vod). Tyto metody jsou převážně používány u průmyslových odpadních vod. V městských ČOV jsou zpravidla používány mikrosítové filtry (mikrofiltry).^{6, 12}

2.3 ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD

Cílem čištění odpadních vod je:

- a) převedení škodlivých materiálů v odpadních vodách na stabilní oxidované produkty, které mohou být bezpečně vypuštěny do vnitrozemních vod bez nepříznivého ekologického vlivu na prostředí.
- b) ochrana veřejného zdraví.
- c) zaručit, že s odpadními vodami je nakládáno podle řádných a bezpečných předpisů bez vzniku přestupků.
- d) recyklace a obnova důležitých složek v odpadních vodách.
- e) poskytnout ekonomicky vhodné metody.
- f) vyhovět standardům požadovaných zákonem.¹⁴

2.3.1 Dělení čistíren odpadních vod

Čistírny odpadních vod se rozdělují především podle jejich velikost. Ta se vyjadřuje počtem ekvivalentních obyvatel (EO). Pro jednoho ekvivalentního obyvatele se uvažuje hodnota vyprodukovaného znečištění za den, tj. 60 g BSK₅ (Biochemická spotřeba kyslíku za 5 dní). Ekvivalentní počet obyvatel je tedy fiktivní počet obyvatel, který by produkoval dané znečištění. Vyjádření pomocí EO má význam pouze v tom případě, že do ČOV přichází mimo splaškových odpadních vod také odpadní vody z průmyslu. Čistírny odpadních vod můžeme tedy rozdělit na:

- Malé čistírny (EO do 5000)
- Střední čistírny (EO nad 5000)
- Velké čistírny (EO nad 20000)^{1, 2, 4}

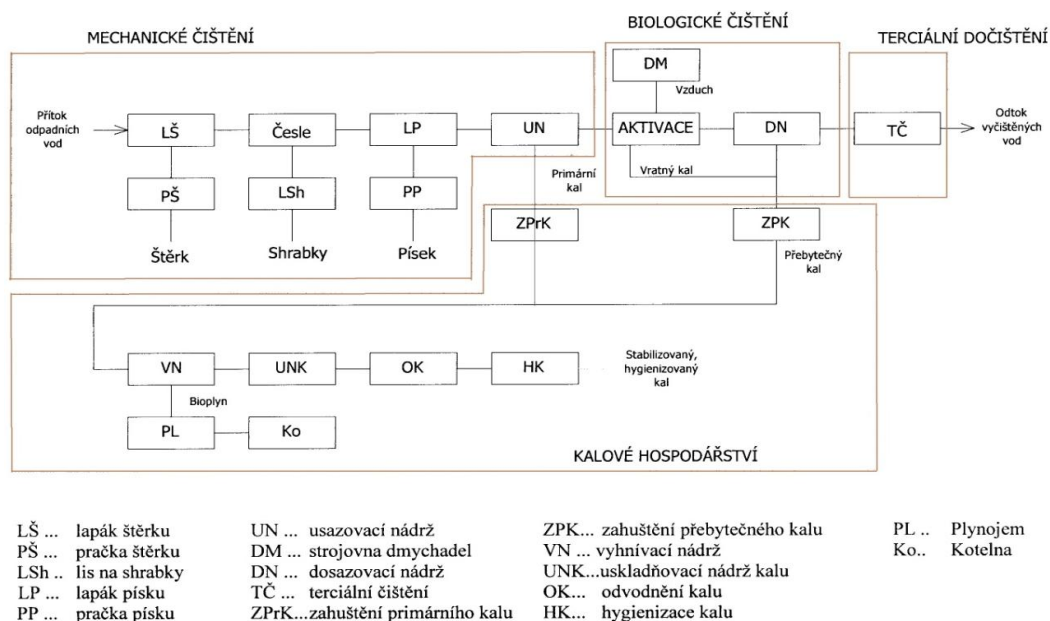
2.3.2 Technologické zařízení čistírny odpadních vod

Technologické zařízení ČOV musí podléhat požadavkům na kvalitu odpadních vod na odtoku. Každá čistírna je samostatnou stavbou a musí být přizpůsobena dané lokalitě a kanalizačnímu systému.³

Na začátku čistícího procesu probíhá mechanické čištění (mechanické předčištění). Úkolem tohoto čištění je odstranění nerozpuštěných látek a ochrana následujících zařízení čistírny. Prvním zařízením (prakticky u všech větších čistíren v ČR) je lapák šterku. Za lapákem šterku jsou česle. Ty slouží k zachycení plovoucích předmětů a tím chrání další zařízení. Za česlemi je umístěn lapák písku. Lapák písku slouží k oddělení nerozpuštěných usaditelných částic. Dalším zařízením může být lapák tuku a to především tam, kde přitékají odpadní vody z potravinářského průmyslu. Menší množství tuku je odstraňováno spolu s plovoucími nečistotami v usazovací nádrži. Za lapákem písku se zařazují u větších čistíren odpadních vod usazovací nádrže (primární čištění). Ty slouží k odstranění usaditelných organických a anorganických látek. Plovoucí nečistoty a sediment tvoří dohromady primární kal.

Druhou částí čistícího procesu je biologické čištění (sekundární čištění). Zde se uplatňují biochemické procesy podmíněné činností mikroorganismů. Tyto procesy jsou realizovány tzv. aktivačním systémem. Kal vzniklý a odstraňovaný při tomto procesu je nazýván přebytečný (sekundární) kal a je pak dále zpracováván v kalovém hospodářství. Biomasa v aktivační nádrži je schopna bioflokulace (spojování do větších celků, vloček). Ty jsou schopny jednoduché sedimentace. K sedimentaci těchto vloček dochází v dosazovacích nádržích.

Vyčištěná voda po mechanicko-biologickém čištění podléhá dalšímu čištění, terciálnímu čištění (dočištění). V české literatuře se pod tímto pojmem myslí další dočištění odpadních vod za dosazovací nádrží, především se využívá filtrace.³



Obr. 2: Obecné blokové schéma čistírny odpadních vod³

2.3.3 Mechanické čištění odpadních vod (předčištění)

2.3.3.1 Lapák štěrku

Je to zařízení určené k zachycení štěrku a hrubého písku a je vstupním objektem do ČOV. Dochází zde k zachycení těžkých nerozpuštěných látek (cihly, štěrk, atd.). Nejvíce látek je zachyceno v tomto zařízení v období přívalových dešťů.

Lapák štěrku je jímka, umístěná na přítoku do čistírny v místě přivádění odpadních vod. Kanál, který přivádí odpadní vodu je v určitém místě prohlouben za účelem usazování a pozdějšího těžení. Jímka musí být tedy konstruována tak, aby umožňovala vytěžení zachyceného materiálu.⁶

Podle konstrukce lze lapáky štěrku rozdělit na ručně vyklízené a na strojně vyklízené. Vyklízení lapáků pomocí stroje je možné provést sacím vozem, bagrem nebo drapákem.¹⁰

2.3.3.2 Česle

Česle slouží k odstranění hrubých nečistot (tzv. shrabky) z odpadní vody přitékající do ČOV. Je to mříž tvořená rámem a česlicemi. Mříž je nakloněná po směru toku pod úhlem 30° až 60° a voda protéká volným prostorem (průlinami) mezi česlicemi.⁶

Podle velikosti průlin se česle dělí na hrubé a jemné. Dále je můžeme rozdělit podle systému stírání na ručně stírané česle a strojně stírané česle.

Hrubé česle se používají především ve velkých ČOV, kde je jednotná kanalizace. Slouží k zachycení plovoucích splavenin (kusy dřeva, velké shluky hadrů, atd.). Jejich účelem je především ochrana dalšího zařízení. Hrubé česle mají průliny 50 až 100 mm široké. Za nimi jsou osazeny jemné česle s průlinami v rozsahu 2 až 30 mm. Na jemných česlích je produkce shrabků 12 až 15 l na jednoho EO za rok.

Místo česlí je někdy použito mělníci čerpadlo, které hrubé nečistoty rozdrtí a ty pak dále pokračují do čistírny odpadních vod.^{1, 15}



Obr. 3: Jemné česle¹⁶



Obr. 4: Hrubé česle¹⁶

2.3.3.3 *Lapák písku*

Lapáky písku slouží k zachycení písku a minerálních částic. Hlavním procesem je usazování, využívající gravitační síly k separaci minerálních částic v závislosti na velikosti a tvaru částice, na její hustotě a na hustotě kapaliny.²

Podle směru průtoku rozdělujeme lapáky písku na horizontální, vertikální, vírové a lapáky s příčnou cirkulací.⁶

Mezi lapáky písku s horizontálním průtokem můžeme zařadit šterbinový, komorový a lapák s kontrolovanou rychlostí. U horizontálního lapáku písku se udává průměr zachytávaných zrn 0,2 až 0,25 mm. U vertikálního lapáku písku se odpadní voda přivádí na dno nádrže a odtud stoupá nahoru.⁶

Vírový lapák písku využívá odstředivé síly, pomocí níž lze od sebe oddělit látky s různou hustotou. Odpadní voda je přiváděna do válcové nádrže, písek je vynášen po obvodu nádrže a vířivým pohybem je poté strháván zpátky na dno prohlubně odkud se těží.²

Lapák písku s příčnou cirkulací (provzdušňovaný lapák písku) je horizontální komora, v níž je příčná cirkulace vytvořena umělým provzdušněním podél jedné strany žlabu. Písková zrna narážejí na stěnu v protilehlé části lapáku a podél ní se posunují ke dnu, kde jsou zachycovány v jímce.^{2, 6}

Usazený písek se propírá v pračce písku, aby se z něj dostalo co nejvíc zachyceného a usazeného organického znečištění.^{1, 6}

2.3.3.4 *Lapáky tuků a olejů*

Lapáky tuků a olejů se umísťují jako předčistící zařízení u zdrojů znečištění tak, aby se tuky a oleje zachytili před vtokem odpadních vod do kanalizační sítě. Do technologické linky ČOV je zařazen tehdy, pokud na čistírnu přitéká větší množství organicky znečištěných průmyslových vod, převážně z potravinářské výroby, které obsahují emulgované částice tuků.⁶

Principem odstranění těchto nečistot je separace látek. Tyto látky lehčí než voda se díky gravitační síle pohybují vzhůru. Odpadní voda je přiváděna ke dnu separační nádrže odkud jsou tuky vyneseny k hladině a následně jsou ručně nebo strojně stírány do sběrného žlabu.²

2.3.3.5 *Usazovací nádrže*

Usazování patří k nejrozšířenějším separačním procesům v čištění odpadních vod. Odstraněním usaditelných a plovoucích látek se chrání další procesy v ČOV a snižuje se zbytkové znečištění. Usazovací nádrže jsou zařízení sloužící ke gravitační separaci suspendovaných látek v odpadní vodě.^{6, 12}

Podle protékání odpadní vody rozdělujeme usazovací nádrže na pravoúhlé nádrže s horizontálním průtokem, kruhové nádrže s horizontálním průtokem (radiální) a na nádrže s vertikálním průtokem. Usazovací nádrže se konstrukčně shodují s dosazovacími nádržemi v biologickém čištění odpadních vod.

Nerozpuštěné látky zachycené v usazovacích nádržích jsou odděleny od odpadní vody ve formě primárního kalu. Ten je dále zpracováván společně se sekundárním kalem, který vzniká v biologickém stupni čištění, v kalovém hospodářství ČOV. Primární kal je energeticky cennou surovinou a používá se u velkých ČOV k výrobě bioplynu.^{1, 2}

2.3.4 Biologické čištění odpadních vod

Mechanické čištění je předřazeno biologickému čištění odpadních vod. Pro biologické čištění odpadních vod se používají aktivační systémy s funkční biologickou polykulturou ve vznosu, biofilmové reaktory s funkční biologickou polykulturou přisedlou ve formě nárostů na vhodném nosiči, zemní filtry a vegetační čistírny, dočišťovací a stabilizační nádrže.¹⁰

2.3.4.1 *Biologické čištění odpadních vod v aerobních podmínkách*

Při biochemických procesech probíhajících při biologickém čištění odpadních vod v aerobních podmínkách se uplatňují aerobní mikroorganismy. Mikroorganismy rozkládají organické látky v odpadní vodě (substrátu) oxidačními procesy v přítomnosti molekulárního kyslíku. Konečným produktem procesu, kdy mikroorganismy získávají energii, je oxid uhličitý a voda. K syntéze buněčné hmoty potřebují tyto organismy biogenní prvky. Syntetickými pochody je tvořena organická hmota pro tvorbu nových buněk a také zásobní látky mikroorganismů.

Podmínkou pro dobrý chod aerobního procesu je zajištění dostačujícího množství kyslíku v reaktorech. Dále je důležitý zdroj energie a uhlíku pro syntézu nového buněčného materiálu.

Aerobní čištění odpadních vod napodobuje podmínky v přírodě. Dělí se na procesy s biomasou ve vznosu (tzv. aktivace) a na procesy s biomasou přisedlou, mezi které patří zkrápěné biologické kolony a rotační diskové reaktory.^{6, 10}

2.3.4.1.1 *Procesy s biomasou ve vznosu (aktivace)*

Aktivace neboli aktivační proces je řazen k nejstarší kontinuální kultivaci mikroorganismů v nesterilních podmínkách. Principem tohoto čištění je vytvoření aktivovaného kalu v provzdušňované aktivační nádrži. Obsah v aktivační nádrži se nazývá aktivační směsí. Je to směs aktivovaného kalu a čištěné odpadní vody.⁶

Odpadní voda přitéká po mechanickém čištění do aktivační nádrže, kde dochází k jejímu mísení s vratným (recirkulovaným) kalem. Poté co směs projde aktivační

nádrží se separuje aktivovaný kal od vyčištěné vody v dosazovací nádrží. Zahuštěný aktivovaný kal se vrací zpět na začátek aktivační nádrže. Vzniklá biomasa se odstraňuje ve formě přebytečného aktivovaného kalu.⁶

Aktivovaným kalem je vlastně směsná kultura mikroorganismů odpovědná za biologické čištění odpadní vody v aktivačním procesu. Tuto kulturu je možné získat pouhým dlouhodobým provzdušňováním surové odpadní vody, při kterém dochází k množení organismů. Další možností jak získat aktivovaný kal je zapracování do aktivačního systému aktivovaný kal z jiné, již provozované ČOV. Tento postup je nazýván inokulace (naočkování) aktivačního systému. V aktivovaném kalu se nejčastěji vyskytují rody bakterií: *Pseudomonas*, *Micrococcus*, *Bacillus*, *Mycobacterium* a jiné. Dále pak se zde objevují bakterie nitrifikační, z vyšších organismů prvoci, vířníci, hlístice a v menším množství také houby, plísňe a kvasinky.²

Kvalitativní a kvantitativní složení aktivovaného kalu je závislé na složení čištěné odpadní vody, tedy na složení substrátu, na kterém byl určitý kal vypěstován a na hodnotách technologických parametrů aktivačního procesu.²

2.3.4.1.2 *Procesy s přisedlou biomasou*

Princip biologického čištění odpadních vod v biofilmových reaktorech je téměř shodný s čištěním aktivací. Uplatňují se při něm všechny tři základní faktory aktivačního procesu: aerobní mikroorganismy, kyslík a organická hmota. Rozdíl je v tom, že organismy nejsou ve vločkách, které se vznášejí v aerační nádrží, ale jsou přisedlé na pevném podkladě (nosiči), na kterém vytvářejí biologickou membránu (biofilm). Tloušťka biofilmu je závislá na typu mikroorganismů, které ho tvoří a dále na pochodech, které v něm probíhají. Nitrifikující biofilm dosahuje tloušťky do 0,5 mm, za to denitrifikující biofilm okolo 4 mm.^{3, 11}

Podle typu nosiče a podle způsobu jeho kontaktu s odpadní vodou (případně se vzduchem) můžeme biofilmové reaktory rozdělit na skrápěné biologické kolony (biofiltry), ponořené biologické kolony, rotační biologické reaktory a reaktory s kombinovanou kultivací biomasy.²

2.3.4.1.3 Technologické parametry aktivačního systému

Hydraulická doba zdržení odpadní vody (Θ) v aktivační nádrži v hodinách je definována jako poměr objemu nádrže V k přítoku odpadní vody Q_1 .¹⁷

$$\Theta = \frac{V}{Q_1} \quad (4)$$

Je to doba, po kterou je čištěná odpadní voda podrobována aktivačnímu procesu v aktivační nádrži.²

Kalový index (KI) je definován jako objem v mililitrech, který zaujímá 1 g sušiny kalu po půlhodinové sedimentaci.²

$$KI = \frac{V_{30}}{X} \quad (5)$$

kde V_{30} je objem kalu po 30 minutách sedimentace ve válci o objemu 1 litr a X je počáteční koncentrace sušiny kalu v g/l. Tento parametr popisuje schopnost aktivovaného kalu sedimentovat v dosazovací nádrži.^{2, 17}

2.3.4.2 Dosazovací nádrže

Dosazovací nádrže se principiálně neliší od usazovacích nádrží. V ČOV se zařazují za biologický stupeň čištění. Slouží k oddělení (separaci) aktivovaného kalu. Tento separovaný kal se označuje jako kal sekundární a je tvořen mikroorganismy z aktivačního čištění. Tyto nádrže mají nejen separační funkci, ale jejich účelem je také zahušťování separovaného aktivovaného kalu. Separace aktivovaného kalu je poslední fází biologického čištění odpadní vody.^{1, 10}

Dosazovací nádrže můžeme rozdělit na nádrže pravoúhlé s horizontálním průtokem, nádrže kruhové s radiálním průtokem, nádrže s vertikálním průtokem a nádrže s instalovaným membránovým systémem.¹²

Vtokový objekt je důležitý pro rovnoměrné rozdělení průtoku odpadní vody mezi provozované dosazovací nádrže. Používají se přepady, průtokové kontrolní ventily a hydraulické rozdělovací objekty.¹²

Kal je přiváděn do středového válce a poté se rovnoměrně rozlévá po celé ploše dosazovací nádrže. Dochází k postupné separaci kalu od vyčištěné vody.^{10, 11, 12}

Kalový prostor tvoří jímky umístěné pod úrovní dna nádrže. Stavebně jsou ale součástí a navazují na dno nádrže. Dno kruhových nádrží se svažuje ke středu nádrže, kde pod nátokovým valem je kalová jímka. Dno u podélně protékaných nádrží se svažuje od bočních stěn k její podélné středové ose. Zahuštěný kal, který se čerpá z dosazovacích nádrží, se rozděluje na dva proudy, na kal vratný, který je posílán zpět na biologický stupeň a kal přebytečný, který se čerpá k dalšímu zpracování přímo do objektů kalového hospodářství. Stírání zahuštěného kalu ze dna dosazovací nádrže je zajišťováno lištami upevněnými na mostové konstrukci. Pro samotné čerpání kalu z dosazovací nádrže se používají odstředivá čerpadla v mokřém provedení. Potrubí kalových čerpadel ústí do otevřených žlabů nebo jsou prodloužena až do technologických uzlů.^{10, 11, 12}

Odtokový objekt je tvořen přepadovou hranou s předřazenou nornou stěnou a odtokovým žlabem. Odtokový žlab podobně jako žlab přítokový usměrňuje tok vody usazovacím prostorem. Odtokové žlaby bývají umístěny po celém obvodu nádrže.^{10, 11, 12}

Z technologického hlediska je vhodné spolu se surovým kalem, který je produkován v mechanickém stupni ČOV, odstraňovat také přebytečný aktivovaný kal z biologického čištění.¹⁰

2.3.5 Terciální stupeň čištění odpadních vod (dočišťování)

Dočišťování biologicky vyčištěných odpadních vod je obvykle vyžadováno vodoprávním úřadem v lokalitách, kde se požaduje lepší kvalita odtoku do recipientu, než je tomu pouze při mechanicko-biologickém čištění. Mimo ČR se mezi terciární stupeň čištění zahrnuje i odstraňování N a P biologickou cestou. U nás se toto čištění zahrnuje do biologického stupně čištění odpadních vod.⁶

Přírodním způsobem dočištění je zavedení biologických dočišťovacích nádrží tzv. stabilizačních nádrží (rybníků). Pokud je doba hydraulického zdržení minimálně pět dní, dochází v těchto nádržích k odstranění nerozpuštěných látek sedimentací.²

V současnosti je běžným způsobem čištění filtrace. Zbytkové nerozpuštěné látky jsou zachycovány ve filtrech. Konečným stupněm za terciálním čištěním, pokud ho nařídí orgán hygienické služby, může být také hygienizace vyčištěné vody, tedy většinou chlorace. Chlorace je nutná pokud dochází k čištění odpadních vod ze zdravotnických a jiných zařízení. Mezi používané metody patří kromě chlorace také ozonizace a dezinfekce UV zářením. Tyto metody jsou používány převážně v zahraničí kvůli své finanční náročnosti.^{2, 6}

2.3.5.1 *Zařízení určené k dočišťování biologicky vyčištěných vod*

V praxi se k dočišťování biologicky vyčištěných vod využívají zemní filtry, vegetační čistírny, stabilizační nádrže (biologické rybníky), dočišťovací gravitační nádrže, mikrosítové filtry a pískové filtry.¹²

Mikrosítové filtry

Mikrosítové filtry se používají pro separaci částic s velikostí nad desítky μm v odtocích z dosazovacích nádrží. Filtrační plocha je konstruována do tvaru bubnu nebo válce. V ČR je v čistírenských provozech použit jako filtrační materiál plachetka (textilie) s velikostí otvorů 0,04 mm. Do bubnového prostoru filtru natéká voda. Nečistoty jsou zachycovány na vnitřní straně plachetky a vyčištěná voda protéká ven. Pokud dojde k ucpání filtrační plachetky, spustí se proces jejího praní. Nečistoty jsou strhávány do odtokového žlabu a dále do kalové jímky, ze které se odčerpají.¹²

3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

3.1 ČISTÍRNA ODPADNÍCH VOD LUTÍN

Obec Lutín se nachází v Olomouckém kraji, zhruba 15 km jihozápadně od krajského města Olomouc. Areál čistírny odpadních vod je ve východní části obce, na pravém břehu řeky Blata. Obec Lutín má vybudovanou jednotnou kanalizaci na odvádění dešťových a splaškových vod. Kanalizace je napojena stokou na čistírnu odpadních vod. Vyčištěné odpadní vody jsou odváděny do vodoteče a poté do toku Blata. Tento tok je ve správě Povodí Moravy, a. s., Brno.

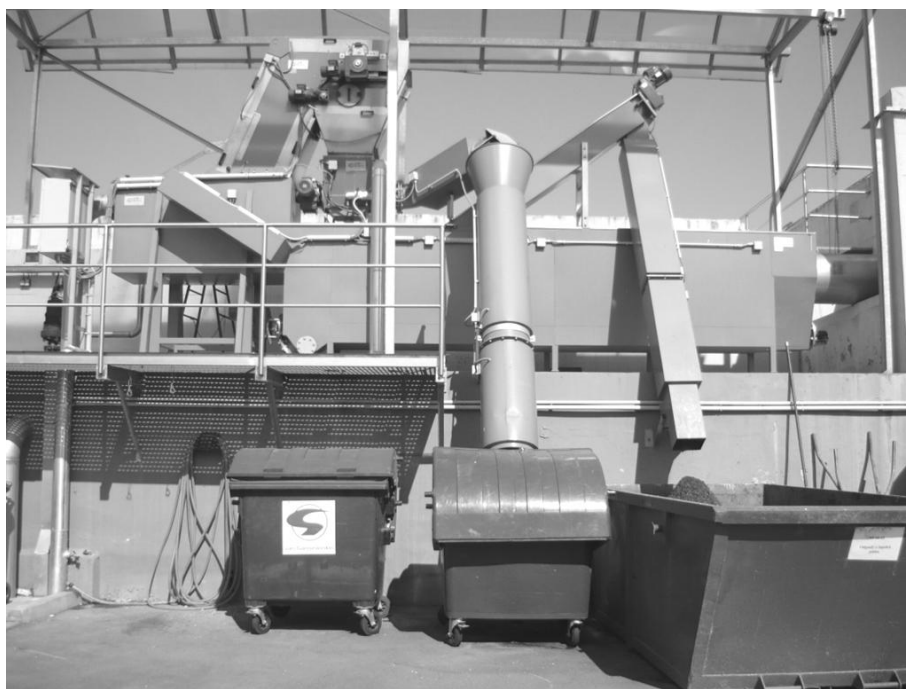
Podstatou technologie je biologické čištění mechanicky předčištěných odpadních vod nízko zatěžovanou kulturou aktivovaného kalu. Technologický proces zahrnuje mechanické předčištění a poté biologické čištění odpadních vod aktivačním procesem se zvýšeným odstraňováním dusíkatého znečištění. Toto odstraňování je založeno na principu biologické nitrifikace a denitrifikace. Odstraňování fosforu zajišťuje instalované zařízení na chemické srážení fosforu solemi železa. Přebytečný kal je gravitačně zahušťován, aerobně stabilizován, odvodňován na strojním zařízení a následně dle potřeby hygienizován práškovým nehašeným vápnem.¹⁸



Obr. 5: Fotomapa obce Lutín s čistírnou odpadních vod¹⁹

3.1.1 Objekty technologického procesu čistírny odpadních vod

Odpadní vody přiváděné na ČOV jsou výtlačkem čerpány na hrubé předčištění. Hrubé předčištění zahrnuje strojně stírané česle k zajištění účinné separace shrabků a ostatních hrubých nečistot, dále pak lisování shrabků a dopravu shrabků do kontejneru. Jednotka hrubého předčištění zahrnuje také sedimentační prostor pro zachycení písku a jemnějšího šterku unášeného odpadní vodou. Lapák písku je vyklízen pomocí horizontálního a šikmého šnekového dopravníku. Shrabky a písek jsou po proprání odděleně ukládány do kontejnerů a poté odváženy k likvidaci. Jednotka hrubého předčištění je integrovaná a její provoz je plně automatický.¹⁸



Obr. 6: Integrovaná jednotka hrubého předčištění ČOV Lutín

Mechanicky předčištěná odpadní voda z hrubého předčištění přitéká do rozdělovacího objektu, který rozděluje nátok na dvě biologické linky. Ty fungují jako oběhové směšovací aktivace s přerušovanou aerací se zvýšeným biologickým odstraňováním nutrientů. Kyslík je dodáván jemnobublinovým aeračním systémem pomocí tlakového vzduchu z dmýchárny.



Obr. 7: Aktivační nádrže ČOV Lutín

Separace aktivovaného kalu od biologicky vyčištěné odpadní vody probíhá ve dvou podélných dosazovacích nádržích. Následně vyčištěná odpadní voda odtéká přes jednostrannou stavitelnou přepadovou hranu do žlabu, který odvádí vyčištěné vody z dosazovacích nádrží. Z obou žlabů přitékají vyčištěné vody do společného potrubí a dále do objektu terciálního dočištění. Usazovaný kal je ze dna dosazovacích nádrží průběžně

odčerpáván
ponornými
čerpadly, které
jsou umístěny
na pojezdových
mostech.¹⁸



Obr. 8: Dosazovací nádrže ČOV Lutín

Dosažení požadovaných parametrů na odtoku z ČOV zajišťuje terciální dočištění. V betonové jámce je umístěn mikrosítový bubnový filtr včetně čerpadla, které odčerpává kalové frakce do žlabu vratného kalu a čerpadla čisté vody, které slouží jako zdroj vody pro ostřik filtru. Součástí celého zařízení je ovládací rozvaděč, který je umístěn na stěně žlabu vratného kalu. Ten zajišťuje automatický provoz filtru.¹⁸



Obr. 9: Mikrosítový filtr ČOV Lutín

3.1.2 Kapacity čistírny odpadních vod

Tabulka 1: Látkové zatížení ČOV Lutín¹⁸

	ČSN	Hodnoty	Jednotky
Počet EO	EO ₆₀	6200	
Počet připojených obyvatel	O	5750	
Průměrný denní přítok	Q ₂₄	16,7	l/s
Maximální denní přítok	Q _d	20,7	l/s
BSK ₅	BSK ₅	259	mg/l
CHSK _{Cr}	CHSK _{Cr}	517	mg/l
N-NH ₄ ⁺	N-NH ₄	34,5	mg/l
P _{celk.}	P _c	10,8	mg/l
NL	NL	237	mg/l

3.1.3 Kvality vyčištěných odpadních vod

Recipientem pro vypouštění vyčištěných odpadních vod ČOV je řeka Blata, která patří do katastrálního území obce Hněvotín a její průtok Q je 66 l/s. Kvalita vyčištěných odpadních vod na odtoku je dána rozhodnutím Magistrátu města Olomouce o vypouštění odpadních vod z ČOV Lutín.

Tabulka 2: Hodnoty rozhodnutí pro vypouštění vod z ČOV Lutín

Ukazatel jakosti	Povolené hodnoty rozhodnutí na odtoku z ČOV (mg/l)		Nařízení vlády č. 61/2003	
	p	m	p	m
CHSK _{Cr}	60	120	120	170
BSK ₅	15	35	25	50
NL	20	40	30	60
N-NH ₄ ⁺	10	20	15	30
P _{celk}	3	5	-	-

Vysvětlivky k tabulce 2:

- *p* je přípustná hodnota koncentrací pro rozборы směsných vzorků
- *m* je maximálně přípustná hodnota koncentrací vypouštěných odpadních vod
- Nařízení vlády č. 61/2003 pojednává o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových a odpadních vod. Limity rozhodnutí k vypouštění odpadních vod z ČOV se odvíjí od tohoto nařízení vlády.²⁰

3.1.4 Kontrola jakosti vypouštěných vyčištěných odpadních vod

Vodoprávní povolení pro ČOV Lutín bylo vydáno Magistrátem města Olomouce, Odborem životního prostředí 20. 12. 2005 s platností do 31. 12. 2015. Vodohospodářský orgán stanovil v povolení podmínky provozu:

- Provozovatel ČOV bude provádět kontrolu odpadních vod pro všechny stanovené ukazatele s četností 12 x ročně.
- Vzorky jsou odebírány oprávněnou laboratoří v měrném objektu na odtoku z ČOV.
- Rozbory jsou prováděny dle příslušné ČSN, ČSN ISO, ČSN EN nebo TNV pro jednotlivé ukazatele. Rozbory odpadních vod jsou ve smyslu § 92 zákona č. 254/2001, Sb. ve znění pozdějších předpisů prováděny laboratoří s platným osvědčením o akreditaci pro rozборы odpadních vod nebo laboratoří s platným osvědčením o správné činnosti laboratoře pro rozборы odpadních vod.¹⁸

3.2 METODIKA STANOVENÍ UKAZATELŮ JAKOSTI ODPADNÍCH VOD

3.2.1 Metodika stanovení chemické spotřeby kyslíku (CHSK)

Koncentrace organických látek ve vodě se posuzuje podle množství oxidačního činidla, které se za určitých podmínek spotřebuje na jejich oxidaci. Chemická spotřeba kyslíku je tedy hmotnostní koncentrace kyslíku, která je rovna hmotnosti oxidačního činidla, které spotřebují oxidovatelné látky, přítomné v litru vzorku, za předem určených podmínek.

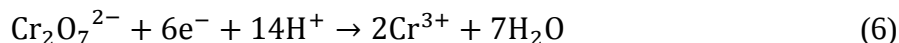
V současnosti se používá jako oxidační činidlo především dichroman draselný. Ve výjimečných případech je oxidace prováděna manganistanem draselným v kyselém prostředí a to při analýze málo znečištěných podzemní, povrchových a pitných vod. Výsledky mají totiž lepší reprodukovatelnost, než při použití dichromanové metody. Pro analýzu odpadních vod se zásadně používá stanovení chemické spotřeby kyslíku dichromanovou metodou. Stanovené CHSK je vždycky vyšší než BSK a to z důvodu vyšší intenzity chemické oxidace organických látek dichromanem nebo manganistanem draselným proti biochemické oxidaci.^{4, 21, 22}

Princip CHSK_{Cr}

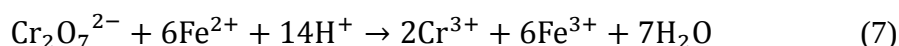
Principem stanovení CHSK_{Cr} je oxidace organických látek ve zkoumaném a správně naředěném homogenizovaném vzorku dichromanem draselným $K_2Cr_2O_7$ v prostředí koncentrované kyseliny sírové H_2SO_4 , za přítomnosti síranu rtuťnatého $HgSO_4$, který odstraňuje rušivý vliv chloridů a síranu stříbrného Ag_2SO_4 , který je použit jako katalyzátor. Odpadní voda je po dobu dvou hodin a za teploty $148^\circ C \pm 3^\circ C$ zahřívána ve varné baňce pod zpětným chladičem na varném hnízdě. Oxidovatelné látky ve vzorku zároveň redukují část dichromanových iontů na ionty chromité. Zbytkové množství dichromanu se stanoví titrací pomocí digitální byrety síranem diammonno-železnatým $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ v přítomnosti ferroinu.²²

Podstatou stanovení je probíhající reakce:

- při oxidaci organických látek.



- při titraci dichromanu odměrným roztokem síranu diamonno-železnatého.



Vliv chloridů se musí eliminovat přidavkem síranu rtuťnatého HgSO_4 (tvoří se stabilní chlorortuťnatany). Chloridy jsou totiž zdrojem dvojí chyby. Oxidují se na elementární chlor a tím zvyšují spotřebu dichromanu a dále pak uvolněný chlor může reagovat s organickými látkami a tím zkreslovat výsledky CHSK_{Cr} .^{4, 22}

Hodnota CHSK_{Cr} se vypočítá podle rovnice:

$$\text{CHSK}_{\text{Cr}} = \frac{[8000 \times f \times (V_1 - V_2)]}{V_0} \quad (8)$$

kde V_0 je zkoušený objem vzorku před ředěním (v ml), V_1 je spotřeba $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)$ na slepé stanovení (v ml), V_2 je spotřeba $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)$ při titraci zkoušeného objemu vzorku (v ml), 8000 je molární hmotnost $1/2 \text{ O}_2$ (v mg/l) a f je přepočítávací faktor zjištěný z opětovného titrování vzorku s $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$. Hodnota f se vypočítá ze vztahu:

$$f = \frac{10}{V_f \times c} \quad (9)$$

kde V_f je spotřeba odměrného roztoku (v ml) a c je normalita $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$.²²

3.2.2 Metodika stanovení biochemické spotřeby kyslíku (BSK_n)

Aerobní mikroorganismy využívají organické látky ve vodách jako zdroj energie, uhlíku pro tvorbu vlastních buněk a syntézu zásobních látek. Organické látky rozkládají a přitom spotřebovávají kyslík rozpuštěný ve vodě. Úplná biochemická oxidace v buňkách mikroorganismů probíhá za normální teploty 10 až 20 dnů. Biochemická spotřeba kyslíku po n dnech (BSK_n) je definována jako hmotnostní koncentrace rozpuštěného kyslíku spotřebovaného za stanovených podmínek biochemickou oxidací organických (popřípadě anorganických) látek ve vodě. Doba inkubace n je obvykle 5 nebo 7 dní.

Biochemická spotřeba kyslíku (BSK₅) je tedy takové množství kyslíku v mg O₂ na jeden litr znečištěné vody, které se spotřebuje na biochemických rozklad organických látek přítomných ve vodě za 5 dní při 20°C a ve tmě (k vyloučení vlivu fotosyntézy).

Znalost BSK₅ v odpadních vodách je důležitý ukazatel pro stanovení kapacity ČOV a jejího provozu.^{21, 23}

Princip BSK₅

Podstatou zkoušky je zjištění množství kyslíku spotřebovaného mikroorganismy při aerobních biochemických pochodech z rozdílu obsahu rozpuštěného kyslíku před a po n -denní inkubaci vzorku při teplotě 20±1°C za nepřístupu vzduchu a světla. Do stanovení BSK_n je zahrnut nejen kyslík spotřebovaný ke karbonizaci (biochemický rozklad organických látek), ale také kyslík spotřebovaný při nitrifikaci (biochemická oxidace amoniakálního dusíku a dusitanu na dusičnany). Vzorek odpadní vody se ředí pomocí ředící vody ve které je přítomen hexahydrát chloridu železitého FeCl₃·6H₂O, bezvodý chlorid vápenatý CaCl₂, heptahydrát síranu hořečnatého MgSO₄·7H₂O a směs fosfátů (dihydrogenfosforečnan draselný KH₂PO₄, hydrogenfosforečnan draselný K₂HPO₄, heptahydrát hydrogenfosforečnanu sodného Na₂HPO₄·7H₂O a chlorid amonný NH₄Cl). Aby bylo zamezeno nitrifikaci, je nutné před inkubací v kyslíkovkách ke vzorku přidat allythiomočovinu C₄H₈N₂S, která zabraňuje nitrifikačním procesům. Rozpuštěný kyslík je měřen pomocí mikroprocesorového digitálního Oximetru. Tato metoda se používá ke stanovení BSK₅ v koncentracích větších než 0,5 mg/l.²³

Hodnota BSK_5 se vypočítá podle rovnice:

$$BSK_5 = \{(BSK_{0,vz} - BSK_{5,vz}) - x_{SL} \times [(V_{red.vz} - 1)/V_{red.vz}]\} \times V_{red.vz} \quad (10)$$

kde $BSK_{0,vz}$ je koncentrace kyslíku naměřená nultý den (v mg/l); $BSK_{5,vz}$ je koncentrace kyslíku naměřená po pěti dnech (v mg/l); x_{SL} je průměrná hodnota slepého vzorku a $V_{red.vz}$ je použitý objem vzorku zkoumané vody.²³

3.2.3 Metodika stanovení amoniakálního dusíku ($N-NH_4^+$)

Amoniakální dusík je ve vodách přítomen ve dvou formách, jako kation amonný NH_4^+ a jako nedisociovaná molekula amoniaku NH_3 . Pomocí chemických analytických metod se stanovuje vždy souhrn obou forem, tedy celkový amoniakální dusík. Mezi těmito formami se ustavuje chemická rovnováha, která je závislá na hodnotě pH.¹² Pro stanovení amoniakálního dusíku v odpadních vodách se používá odměrná metoda po destilaci.^{12, 24}

Princip

Ve zkoušeném objemu se hodnota pH upraví pomocí žíhaného oxidu hořečnatého MgO do rozmezí hodnot 6,0 do 7,4, tj. do mírně alkalického prostředí. Uvolněný amoniak je destilován v destilačním přístroji Vapodest a zachycen v předloze do roztoku kyseliny borité H_3BO_3 s indikátorem. Amoniakální dusík v destilátu se stanoví titrací pomocí digitální byrety odměrným roztokem kyseliny chlorovodíkové HCl v prostředí kyseliny borité s indikátorem.²⁴

Hodnota $N-NH_4^+$ se vypočítá podle rovnice:

$$\rho_N = \frac{V_1 - V_2}{V_0} \times c \times 14,01 \times 1000 \quad (11)$$

kde V_0 je zkoušený objem vzorku (v ml); V_1 je spotřeba odměrného roztoku kyseliny chlorovodíkové k titraci (v ml); V_2 je spotřeba odměrného roztoku kyseliny

chlorovodíkové na slepý pokus (v ml); c je přesná koncentrace odměrného roztoku kyseliny chlorovodíkové použité k titraci (v mol/l) a 14,01 je atomová hmotnost dusíku (v g/mol).²⁴

3.2.4 Metodika stanovení celkového fosforu ($P_{\text{celk.}}$)

Sloučeniny fosforu patří mezi nejdůležitější látky, které ovlivňují eutrofizaci vod. Proto dochází na čistírnách odpadních vod k jejich chemickému nebo biologickému odstraňování. Celkový fosfor ($P_{\text{celk.}}$) je součtem rozpuštěného a nerozpuštěného fosforu. Rozpuštěný a nerozpuštěný fosfor se dále dělí na anorganicky vázaný (orthofosforečnany a polyfosforečnany) a organicky vázaný.¹²

Princip

Většinu sloučenin s organicky vázaným fosforem lze převést na orthofosforečnany mineralizací peroxodisíranem draselným $K_2S_2O_8$. Orthofosforečnany reagují s kyselinou askorbovou KAS a následně s roztokem molybdenanu (hemihydrát vinanu antimonyl draselného, tetrahydrát heptamolybdenanu amonného a kyselina sírová H_2SO_4) za vzniku intenzivně zbarveného komplexu molybdenové modře. Koncentrace přítomných orthofosforečnanů tohoto komplexu se stanoví po změření absorbance ve spektrofotometru Helios při 700 nm.²⁵

Hodnota P_{celk} se vypočítá podle rovnice:

$$\rho_P = \frac{(A - A_0) \times V_{\text{max}}}{f \times V_s} \quad (12)$$

kde A je absorbance zkoušeného objemu vzorku; A_0 je absorbance slepého stanovení; f je směrnice kalibrační křivky ABS na ose y proti obsahu fosforu na ose x (v l/mg), která se ověřuje při použití nových chemikálií; V_{max} je objem odměrné baňky (v ml) a V_s je skutečný zkoušený objem vzorku (v ml). Po zjednodušení se počítá s rovnicí:²⁵

$$\rho_P = \text{ABS}(\text{PO}_4^{3-}) \times 0,326 \quad (13)$$

3.2.5 Metodika stanovení nerozpuštěných látek (NL)

Mezi nerozpuštěné látky (NL) se v přírodních a užitkových vodách řadí různé hlinitokřemičitany, hydratované oxidy kovů (železa, manganu, hliníku), fytoplankton, zooplankton, organické zbytky odumřelých organismů, tuky, oleje, atd. Nerozpuštěné látky jsou definovány jako tuhé látky, které se dají odstranit filtrací nebo odstředěním za určených podmínek.^{4, 26}

Princip

Vzorek odpadní vody se filtruje přes filtry z borosilikátových skelných vláken pomocí zařízení pro vakuovou filtraci. Filtr se suší po dobu dvou hodin při teplotě 105°C a hmotnost látek zadržených na filtru se stanoví vážením. Tato metoda je používána pro stanovení nerozpuštěných látek v koncentracích větších než 2 mg/l.²⁶

Hodnota NL se vypočítá podle rovnice:

$$\rho_{NL} = \frac{1000 (b-a)}{V} \quad (14)$$

kde b je hmotnost filtru po filtraci (v mg); a je hmotnost filtru před filtrací (v mg) a V je objem vzorku (v ml).²⁶

4 VYHODNOCENÍ TECHNOLOGICKÉHO PROCESU ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD

4.1 ÚVOD K VYHODNOCENÍ

ČOV Lutín je navržena jako nízko zatěžovaná mechanicko-biologická čistírna. Přítok tvoří jednotná kanalizace z obce Lutín na odvádění dešťových a splaškových vod. V současné době je na ČOV napojena i jednotná kanalizace z obcí Třebčín a Lípy, a dále splašková kanalizace z obce Hněvotín.

ČOV se skládá z jedné linky mechanického předčištění. Ta je tvořena integrovanou jednotkou hrubého předčištění zahrnující strojně stírané česle s účinnou separací shrabků včetně lisu a separační prostor pro zachycení písku se dvěma šnekovými dopravníky k vyklizení lapáku písku. Mechanicky předčištěná odpadní voda je přiváděna do rozdělovacího objektu. Zde je rozdělena na dvě biologické linky, které fungují jako oběhové směšovací aktivace s přerušovanou aerací a se zvýšeným odstraňováním dusíku a fosforu. Separace vyčištěné odpadní vody od aktivovaného kalu probíhá ve dvou podélných dosazovacích nádržích. Biologicky vyčištěná odpadní voda odtéká přes pilové přepadové hrany na terciální dočištění, které tvoří mikrofiltr. Dále vyčištěná odpadní voda pokračuje do odtokové šachty.

4.1.1 Základní projektované parametry

Tabulka 3: Projektované parametry ČOV

Počet ekvivalentních obyvatel	6200 EO
Počet napojených skutečných obyvatel	5490
Specifická spotřeba vody na 1 obyvatele	140 l/osobu/den
Průměrný denní přítok Q_{24}	1440 m ³ /den
	16,7 l/s
Maximální bezdeštný roční přítok Q_r	525600 m ³ /rok
Látkové zatížení BSK ₅	372 kg/den

4.1.2 Povolení nakládání s vodami

Rozhodnutí s limity pro vypouštění odpadních vod bylo vydáno odborem životního prostředí a zemědělství Magistrátu města Olomouce ze dne 20. 12. 2005. V rozhodnutí jsou stanoveny limity pro kvalitu vypouštěné odpadní vody v době rekonstrukce a po jejím dokončení s platností do 31. 12. 2015. V souladu s platnou legislativou bylo povoleno vypouštění vyčištěných odpadních vod do recipientu Blata.

Tabulka 4: Limity pro vypouštění OV z ČOV Lutín

Ukazatel	Hodnoty vypouštěného znečištění z ČOV (dle rozhodnutí) (mg/l)		Bilanční hodnota (kg/rok)
	p	m	
CHSK _{Cr}	60	120	31536
BSK ₅	15	35	7884
NL	20	40	10512
N-NH ₄ ⁺	10	20	5256
P _{celk.}	3	5	1577

Dodržení rozhodnutí Magistrátu města Olomouce pro vypouštění odpadních vod se prokazuje 24-hodinovým směsným vzorkem 12krát ročně.

4.2 HODNOTY UKAZATELŮ JAKOSTI ODPADNÍCH VOD

Hodnoty jednotlivých ukazatelů jakosti odpadních vod použité v následujících kapitolách byly získány z výsledků rozborů vzorků prováděných v akreditované laboratoři. Podmínkou akreditace laboratoře je, že na výsledcích rozborů se mohou podílet pouze stálí zaměstnanci. Proto jsem prováděla pouze náhodné duplicitní stanovení vzorků spolu s laborantkou v rámci seznámení s metodikou. Pro vyhodnocení technologického procesu čistírny odpadních vod jsou ale použity přesné výsledky akreditované laboratoře, které se uvádějí do protokolů a byly mně laskavě poskytnuty.

Získané hodnoty jsou za období březen 2010 až únor 2011.

Hodnoty jednotlivých ukazatelů jakosti odpadní vody na přítoku do ČOV se zjišťují z rozboru 24-hodinového směšného vzorku.

Tabulka 5: Hodnoty ukazatelů na přítoku

Datum	BSK ₅		CHSK _{Cr}		N-NH ₄ ⁺		P _{celk.}		NL	
	mg/l	kg/d	mg/l	kg/d	mg/l	kg/d	mg/l	kg/d	mg/l	kg/d
14.4.	79,0	98,3	128,0	159,2	16,6	20,6	2,8	3,5	65,4	81,3
12.5.	64,9	131,6	153,0	310,4	17,2	34,9	2,5	5,1	103	208,9
15.7.	140,0	163,2	281,0	327,5	62,8	73,2	7,6	8,9	110	128,2
8.9.	87,0	136,9	219,0	344,5	20,0	31,5	3,3	5,2	120	188,8
4.11.	74,0	106,9	157,0	226,7	20,7	29,9	3,9	5,6	77	111,2
9.2.	130,0	179,5	353,0	487,3	27,6	38,1	6,4	8,8	210	289,9
Ø	95,8	136,0	215,2	309,3	27,5	38,0	4,4	6,2	114,2	168,1

Hodnoty jednotlivých ukazatelů jakosti vypouštěné odpadní vody z ČOV se zjišťují z odebraného 24-hodinového směšného vzorku.

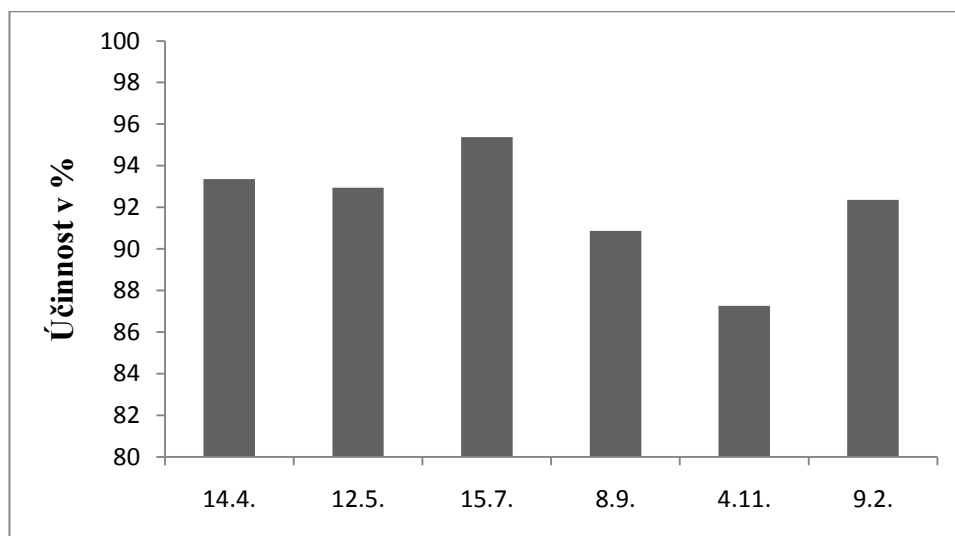
Tabulka 6: Hodnoty ukazatelů na odtoku

Datum	BSK ₅		CHSK _{Cr}		N-NH ₄ ⁺		P _{celk.}		NL	
	mg/l	kg/d	mg/l	kg/d	mg/l	kg/d	mg/l	kg/d	mg/l	kg/d
24.3.	3,3	4,7	18,1	26,0	0,5	0,7	1,7	2,4	5,2	7,5
14.4.	2,4	3,0	8,5	10,6	0,08	0,10	1,2	1,5	4,6	5,7
12.5.	2,1	4,3	10,8	21,9	0,08	0,16	1,4	2,8	3,8	7,7
15.6.	0,5	0,9	18,0	32,1	0,0	0,1	0,5	0,8	2,8	5,0
15.7.	3,1	3,6	13,0	15,2	0,1	0,1	1,9	2,2	5,0	5,8
10.8.	1,4	2,2	26,0	40,8	1,5	2,3	0,8	1,2	9,5	14,9
8.9.	3,7	5,8	20,0	31,5	0,7	1,1	1,0	1,5	4,1	6,4
14.10.	1,7	2,4	13,0	18,2	1,6	2,2	1,3	1,8	3,4	4,8
4.11.	4,9	7,1	20,0	28,9	0,8	1,2	2,4	3,5	8	11,6
6.12.	1,9	2,5	20,0	26,3	0,7	0,9	2,3	3,0	5,7	7,5
18.1.	2,0	3,6	15,0	27,3	0,1	0,1	1,2	2,2	5,1	9,3
9.2.	3,2	4,4	27,0	37,3	0,1	0,1	1,6	2,2	7,2	9,9
Ø	2,5	3,7	17,5	26,3	0,5	0,7	1,4	2,1	5,4	8,0

4.2.1 Účinnost odstraňování organického znečištění vyjádřené pomocí CHSK_{Cr}

Tabulka 7: Koncentrace CHSK_{Cr} na přítoku a odtoku z ČOV

Datum	CHSK_{Cr}		Účinnost %
	Přítok (mg/l)	Odtok (mg/l)	
14.4.	128,0	8,5	93,36
12.5.	153,0	10,8	92,94
15.7.	281,0	13,0	95,37
8.9.	219,0	20,0	90,87
4.11.	157,0	20,0	87,26
9.2.	353,0	27,0	92,35

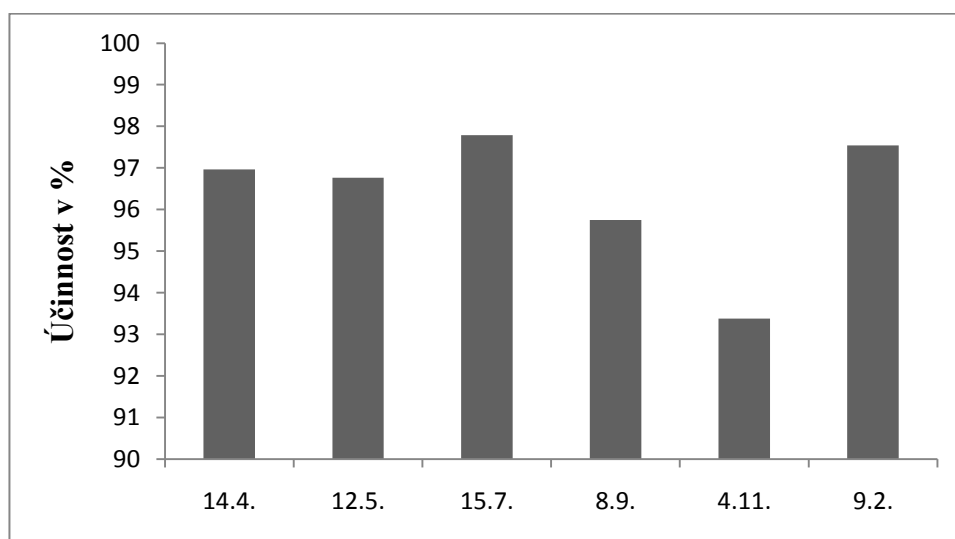


Graf č. 1: Účinnost odstraňování CHSK_{Cr} v závislosti na datu odběru

4.2.2 Účinnost odstraňování organického znečištění vyjádřené pomocí BSK₅

Tabulka 8: Koncentrace BSK₅ na přítoku a odtoku z ČOV

Datum	BSK ₅		Účinnost %
	Přítok (mg/l)	Odtok (mg/l)	
14.4.	79,0	2,4	96,96
12.5.	64,9	2,1	96,76
15.7.	140,0	3,1	97,79
8.9.	87,0	3,7	95,75
4.11.	74,0	4,9	93,38
9.2.	130,0	3,2	97,54

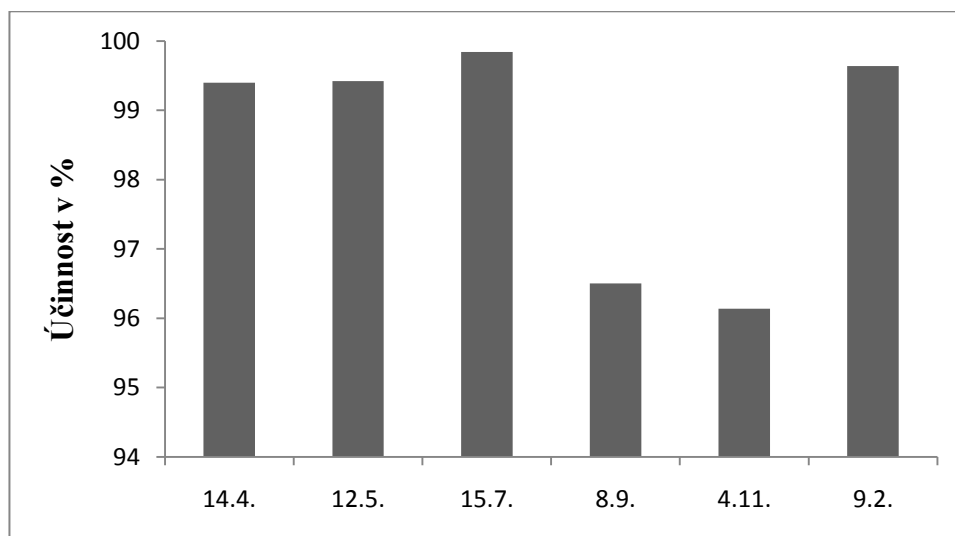


Graf č. 2: Účinnost odstraňování BSK₅ v závislosti na datu odběru

4.2.3 Účinnost odstraňování sloučenin dusíku vyjádřené pomocí N-NH_4^+

Tabulka 9: Koncentrace N-NH_4^+ na přítoku a odtoku z ČOV

Datum	N-NH_4^+		Účinnost %
	Přítok (mg/l)	Odtok (mg/l)	
14.4.	16,6	0,08	99,39
12.5.	17,2	0,08	99,42
15.7.	62,8	0,1	99,84
8.9.	20,0	0,7	96,50
4.11.	20,7	0,8	96,14
9.2.	27,6	0,1	99,64

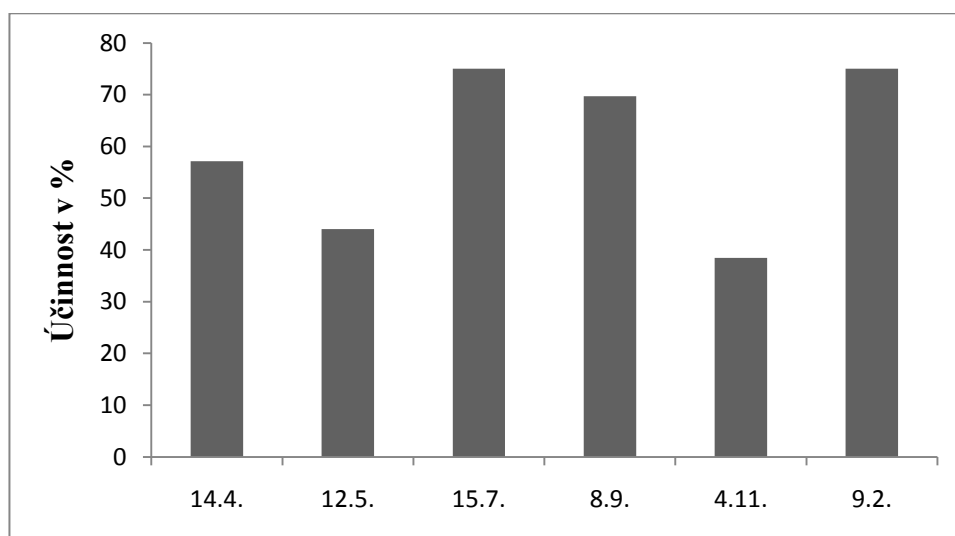


Graf č. 3: Účinnost odstraňování N-NH_4^+ v závislosti na datu odběru

4.2.4 Účinnost odstraňování sloučenin fosforu vyjádřené pomocí $P_{\text{celk.}}$

Tabulka 10: Koncentrace $P_{\text{celk.}}$ na přítoku a odtoku z ČOV

Datum	$P_{\text{celk.}}$		Účinnost %
	Přítok (mg/l)	Odtok (mg/l)	
14.4.	2,8	1,2	57,14
12.5.	2,5	1,4	44,00
15.7.	7,6	1,9	75,00
8.9.	3,3	1,0	69,69
4.11.	3,9	2,4	38,46
9.2.	6,4	1,6	75,00

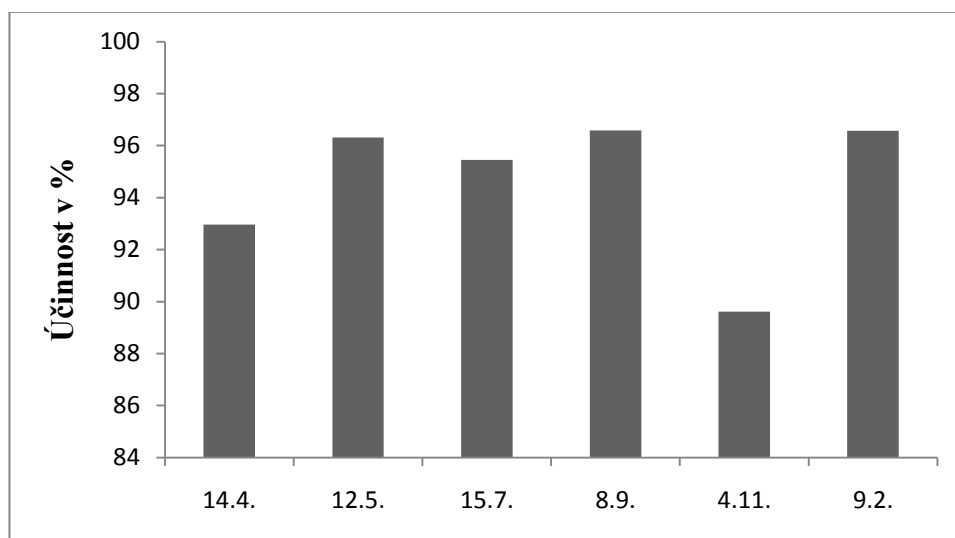


Graf č. 4: Účinnost odstraňování $P_{\text{celk.}}$ v závislosti na datu odběru

4.2.5 Účinnost odstraňování NL

Tabulka 11: Koncentrace NL na přítoku a odtoku z ČOV

Datum	NL		Účinnost %
	Přítok (mg/l)	Odtok (mg/l)	
14.4.	65,4	4,6	92,97
12.5.	103	3,8	96,31
15.7.	110	5,0	95,46
8.9.	120	4,1	96,58
4.11.	77	8,0	89,61
9.2.	210	7,2	96,57



Graf č. 5: Účinnost odstraňování NL v závislosti na datu odběru

4.3 MNOŽSTVÍ ODPADNÍCH VOD

Celkové množství odpadních vod je z obcí Lutín, Třebčín a Lípy. Jeho součástí je také odpadní voda z Hněvotína, která je ale samostatně měřena.

V následujících tabulkách jsou srovnány hodnoty projektu, rozhodnutí a skutečnost za období 3/2010 až 2/2011. Skutečné celkové hydraulické zatížení ČOV převyšuje projektovanou kapacitu z důvodu značných dešťů v předchozím roce.

Tabulka 12: Celkové množství odpadních vod za období 3/2010 až 2/2011

	Projekt	Rozhodnutí	Skutečnost
m ³ /rok		525600,0	552773,8
m ³ /den	1440,0	1440,0	1513,3
l/s	16,7	16,7	17,5

Tabulka 13: Množství odpadních vod v jednotlivých měsících

Měsíc	Celkové množství OV (m ³)	Denní průměr (m ³)	Průtok (l/s)
březen 10	44571,8	1437,8	16,6
duben 10	37314,0	1243,8	14,4
květen 10	62883,5	2028,5	23,5
červen 10	53418,0	1780,6	20,6
červenec 10	36127,4	1165,4	13,5
srpen 10	48691,7	1570,7	18,2
září 10	47190,0	1573,0	18,2
říjen 10	43443,4	1401,4	16,2
listopad 10	43326,0	1444,2	16,7
prosinec 10	40817,7	1316,7	15,2
leden 11	56336,3	1817,3	21,1
únor 11	38654,0	1380,5	15,9
Celkem	552773,8	-	-
Průměr	46064,5	1513,3	17,5

4.4 BILANCE ZNEČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD

Skutečnost bilančního znečištění za období 12-ti měsíců od 3/2010 do 2/2011 je **2266,7 EO**. Navýšení znečištění na přítoku je pravděpodobně spojeno s napojením kanalizace z obce Slatinice, místní část Lípy, a z důvodu značných dešťů v předchozím roce. K žádným větším výkyvům v kvalitě natékajících vod na ČOV Lutín nedocházelo.

Tabulka 14: Bilance znečištění na ČOV Lutín

	Jednotka	Rozhodnutí	Přítok	Odtok	Účinnost %
BSK ₅	mg/l	15	95,8	2,5	97,39
	kg/den		136,0	3,7	
	t/rok		49,6	1,4	
CHSK	mg/l	60	215,2	17,5	91,87
	kg/den		309,3	26,3	
	t/rok		112,9	9,6	
N-NH ₄	mg/l	10	27,5	0,5	98,18
	kg/den		38,0	0,7	
	t/rok		13,9	0,3	
P _{celk.}	mg/l	3	4,4	1,4	68,18
	kg/den		6,2	2,1	
	t/rok		2,3	0,8	
NL	mg/l	20	114,2	5,4	95,27
	kg/den		168,1	8,0	
	t/rok		61,4	2,9	

Výsledné průměrné hodnoty koncentrací jsou vypočítány z 6 vzorků na přítoku a 12 vzorků na odtoku z ČOV.

4.5 MECHANICKÉ PŘEDČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD

Na přítoku do ČOV Lutín je umístěna jednotka integrovaného hrubého předčištění s průlinami na česlicích původně 6 mm. V dubnu 2010 byla provedena výměna česlic za 2 mm pro lepší účinnost odstraňování mechanického znečištění.

4.6 BIOLOGICKÉ ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD

Přes rozdělovací objekt natéká mechanicky předčištěná voda na dvě biologické linky, které fungují jako oběhové aktivace s přerušovanou aerací se zvýšeným biologickým odstraňováním nutrientů.

Tabulka 15: Hodnoty sledované v aktivačních nádržích

Datum odběru	Aktivační nádrž 1			Aktivační nádrž 2		
	Sediment 30' (ml/l)	NL (g/l)	KI (ml/g)	Sediment 30' (ml/l)	NL (g/l)	KI (ml/g)
7.4.	550	3,5	159,4	500	3,3	152,9
20.4.	550	4,5	122,5	550	4,3	128,5
7.5.	450	4,3	104,9	400	4,1	98,0
4.6.	550	4,5	121,4	550	4,9	113,2
7.7.	650	4,1	158,5	600	4,2	142,9
3.8.	350	2,9	120,7	350	2,7	129,6
6.9.	300	2,7	111,1	300	2,7	111,1
4.10.	380	2,8	135,7	340	2,8	121,4
8.11.	650	2,8	232,1	600	3,0	200,0
7.12.	750	3,8	197,4	750	3,4	220,6
4.1.	800	4,4	181,8	800	4,9	163,3
3.2.	800	3,7	216,2	800	3,9	205,1

Tabulka 16: Průměrné hodnoty sledované v aktivačních nádržích

Aktivační nádrž 1		Aktivační nádrž 2	
Sediment po 30 min	565,0 ml/l	Sediment po 30 min	545,0 ml/l
NL	3,7 g/l	NL	3,7 g/l
Kalový index KI	155,2 ml/g	Kalový index KI	148,9 ml/g

5 ZÁVĚR

Nařízení vlády č. 23/2011 Sb., kterým se mění Nařízení vlády č. 61/2003 Sb., pojednává o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových a odpadních vod. Limity rozhodnutí k vypouštění odpadních vod z ČOV Lutín se odvíjí od tohoto nařízení vlády, včetně jeho příloh, a od rozhodnutí Magistrátu města Olomouce. V příloze č. 1. tohoto nařízení jsou uvedeny emisní standardy ukazatelů přípustného znečištění odpadních vod pro Městské odpadní vody. Nově jsou zde uvedeny přípustné minimální účinnosti čištění vypouštěných odpadních vod v procentech pro jednotlivé ukazatele podle kapacity ČOV udávané v EO.²⁰

ČOV Lutín s kapacitou 6200 EO se řadí podle tohoto nařízení mezi ČOV s kapacitou 2001 až 10000 EO. Skutečné celkové bilanční znečištění, vypočtené na základně získaných hodnot, za období 12-ti měsíců od března 2010 do února 2011 bylo 2266,7 EO.

Organické znečištění vyjádřené pomocí ukazatelů CHSK_{Cr} a BSK_5 má podle rozhodnutí Magistrátu města Olomouce přípustnou hodnotu koncentrací pro rozborů směsných vzorků p 60 mg/l pro CHSK_{Cr} a 15 mg/l pro BSK_5 , viz Tabulka 2. Tyto hodnoty nebyly za sledované období ani jedenkrát překročeny. Průměrné hodnoty CHSK_{Cr} na odtoku byly 17,5 mg/l a BSK_5 2,5 mg/l. Účinnost odstraňování organického znečištění v podobě CHSK_{Cr} za dobu 12 měsíců byla 91,87%. Je to o více než 16% víc než je přípustná minimální účinnost podle Nařízení vlády č. 23/2011, kde je uvedeno 75%. Účinnost odstraňování organického znečištění v podobě BSK_5 byla 97,39%, Nařízení vlády udává minimální účinnost 85%. Oba tyto parametry ČOV Lutín naprosto splňuje a ani jedenkrát za rok je překročila.

Odstraňování dusíku měřené ve formě dusíku amoniakálního N-NH_4^+ vykazovalo účinnost 98,18%. Nařízení vlády udává minimální přípustnou účinnost čištění 70%. Přípustná hodnota koncentrací podle rozhodnutí Magistrátu je 10 mg/l. ČOV na odtoku má pouhých 0,5 mg/l. Účinnost a p ani jednou po celou dobu sledovaného období nepřekročily své limity.

Koncentrace NL na odtoku nesmí překročit 20 mg/l. Toto rozhodnutí čistírna splňuje jelikož průměrná koncentrace NL byla 5,4 mg/l. NL byly z odpadní vody odstraňovány s účinností 95,27%. Nařízení vlády udává minimální účinnost odstraňování 90%.

Odstraňování fosforu, měřené v podobě $P_{\text{celk.}}$, probíhalo s účinností 68,18%. Účinnost odstraňování fosforu nedosahuje takových vysokých hodnot jako odstraňování jiných znečišťujících látek v odpadních vodách přiváděných na ČOV, ale splňuje limity z rozhodnutí Magistrátu, to je 3 mg/l na odtoku. Průměrná koncentrace $P_{\text{celk.}}$ byla 1,4 mg/l a v průběhu sledovaného období ani jedenkrát nepřekročila povolenou hodnotu koncentrace pro rozbor směsných vzorků. Nižší účinnost odstraňování fosforu má také ekonomické důvody. Pro odstraňování fosforu z odpadních vod se používá jako koagulant ke srážení síran železitý (Prefloc), který má poměrně vysokou nákupní cenu. Pokud koncentrace fosforu na odtoku dosahuje povolené hodnoty a nepřekračuje limity dané rozhodnutím Magistrátu města Olomouce, je zbytečné zvyšovat dávky tohoto koagulantu pro další zvýšení účinnosti a tím značně zvyšovat provozní náklady.

Technologický proces čistírny odpadních vod Lutín lze tedy zhodnotit velmi pozitivně z hlediska odstraňování znečišťujících látek v odpadní vodě přiváděné do čistírny a je velmi efektivní.

6 SUMMARY

Government Regulation No. 23/2011 Coll. amending Government Regulation No. 61/2003 Coll., deals the characteristics and values of permissible pollution of surface water and wastewater. Limits of decision for wastewater draining from the wastewater treatment plant (WWTP) Lutín is derived from the Government, including its annexes, and the decision of the City of Olomouc. In Annex 1 there are set emission standards for allowable contamination indicators of waste water for urban waste water. Recently, there are the permitted minimum treatment efficiencies of wastewater discharged in percentage for individual characteristics, the capacity of wastewater treatment plants reported in the population equivalent (PE).

WWTP Lutín with a capacity of 6200 PE is sorted by this Regulation among the treatment plant with a capacity of 2001 - 10000 PE. The real total balance sheet of the pollutions, calculated for values obtained over a period of 12 months from March 2010 to February 2011 was 2266.7 PE.

Organic pollution indicators, expressed as COD and BOD 5 according to the decision of the the City of Olomouc have to reach the maximum allowable value of concentration for analysis of mixed samples 60 mg/l for COD and 15 mg/l for BOD5, see Table 2. These values for the period were never exceeded. Average value of COD the outflow was 17.5 mg/l and BOD5 was 2.5 mg/l. Removal efficiency of organic pollution in the form of COD for a period of 12 months was 91.87%. It's about 16% more than the minimum allowable efficiency according to Government Regulation No. 23/2011, which stated 75%. Removal efficiency of organic pollution in the form of BOD 5 was 97.39%, Government sets a minimum efficiency of 85%. Both of these parameters WWTP Lutín completely satisfies and were exceeded even once a year.

The Removal of nitrogen measured in the form of ammonia-nitrogen N-NH_4^+ has showed an efficiency of 98.18%. Government regulation specifies the minimum acceptable cleaning efficiency of 70%. An acceptable level of concentration in accordance with the decision of the Municipal 10 mg/l. The WWTP effluent was only 0.5 mg/l. The effectiveness of acceptable level of concentration did not exceed its limits even once during the period.

The Concentration of suspended solids (SS) at the outlet should not exceed 20 mg/l. This decision was carried out by the WWTP because the value of the average SS was

5.4 mg/l. SS were removed from the waste water with 95.27% efficiency. Government regulation sets a minimum removal efficiency of 90%.

Removal of phosphorus, measured as P_{total} , proceed with 68.18% efficiency. Phosphorus removal efficiency does not reach such high values as the removal of other pollutants in the waste water fed to the wastewater treatment plant, but is in accordance with the decision of the Municipal limits, which is 3 mg / l at the outflow. The average value of the concentration of P_{total} was 1.4 mg/l during the period and was never exceeded the permissible concentration of pooled samples for analysis. The lower level of phosphorus removal efficiency has also the economic reasons. As a coagulant is used to precipitation ferric sulphate (Prefloc) for phosphorus removal from wastewater, which has a relatively high purchase price. If the concentration of phosphorus in the runoff reaches a value exceeding the permitted limits set by the City of Olomouc, it is useless to increase the dose of coagulant for further efficiency gains.

Technological process of waste water Lutín can therefore be assessed very positively in terms of removal of pollutants in waste water inlet to the cleaners and is very effective.

7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. POŠTA, J. a kol. *Čistírny odpadních vod*. 1. vyd., Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Technická fakulta, 2005, 208 s. ISBN 80-213-1366-8
2. ŠVEHLA, P. a kol. *Odpadní vody*. 2. vyd., Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2007. 142 s. ISBN 978-80-213-1716-1
3. VÍTĚZ, T.; GRODA, B. *Čištění a čistírny odpadních vod*. 1. vyd., Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2008. 126 s. ISBN 978-80-7375-180-7
4. PITTER, P. *Hydrochemie*. 4. akt. vyd., Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2009. 592 s. ISBN 978-80-7080-701-9
5. KLUIBR, J. *Odpadní vody*. 1. vyd., Vodňany: Střední rybářská škola a Vyšší odborná škola vodního hospodářství a ekologie, 2002. 133 s. ISBN 978-80-87096-03-01
6. SLAVÍČKOVÁ, K.; SLAVÍČEK, M. *Vodní hospodářství obcí I*. 1. vyd., Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2006. 194 s. ISBN 80-01-03534-4
7. AGROWEB, *internetový zemědělský portál* (cit. 18. 2. 2011). Dostupný z WWW: <http://www.agroweb.cz/Prumerna-spotreba-vody-v-domacnostech-klesa_s43x20142.html>.
8. CENY ENERGIE, *jednoduchý průvodce cenami energie* (cit. 18. 2. 2011). Dostupný z WWW: <<http://www.cenyenergie.cz/voda/clanky-2/spotreba-vody-v-domacnosti-tipy-jak-setrit.aspx>>.
9. REŠETKA, D. *Stokování a čištění odpadních vod II: Čištění odpadních vod*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 1987. 194 s. ISBN 55-639-87
10. BINDZAR, J. a kol. *Osoba oprávněná k provozování vodovodů a kanalizací, Učební text VI, Kanalizace – čištění odpadních vod*. 1. vyd. Medim spol. s r. o., Líbeznice: Vyšší odborná škola stavební a Střední škola stavební Vysoké Mýto, 2007. 124 s. ISBN 978-80-87140-02-4
11. HLAVÍNEK, P. a kol. *Stokování a čištění odpadních vod*. 1. vyd. CERM, s. r. o., Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2003. 283 s. ISBN 80-214-2535-0
12. PYTL, V. a kol. *Příručka provozovatele čistírny odpadních vod*. Medim, spol. s r. o., Líbeznice: SOVAK ČR, 2004. 209 s. ISBN 80-239-2528-8

13. ENVI-PUR, s.r.o. (cit. 5. 2. 2011). Dostupný z WWW: <http://www.envi-pur.cz/main.php?page=compact_wwtp&lang=cz>.
14. GRAY, N. F. *Water technology*. 2nd ed Oxford: Elsevier Science & Technology Books, 2005. 610 s. ISBN 0750666331
15. *Mechanické čištění odpadních vod: sborník*. Brno: Česká vědeckotechnická vodohospodářská společnost, 1996. 99 s.
16. ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE, Fakulta Strojní. *Materiály ke studiu předmětu ČOVPE* (cit. 5. 3. 2011). Dostupný z WWW: <<http://www.fsid.cvut.cz/cz/U218/peoples/hoffman/PREDMETY/COVP/Covpe-2.htm>>.
17. CHUDOBA J. a kol. *Biologické čištění odpadních vod*. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1991. 468 s. ISBN 80-03-00611-2
18. *Provozní řád ČOV Lutín: Textová část provozního řádu*. Brno: ARKO TECHNOLOGY, a. s. , 2008.
19. MAPY.CZ. (cit. 2. 5. 2011). Dostupný z WWW: <<http://www.mapy.cz/#mm=TtTcFP@x=139355136@y=134130880@z=14>>.
20. Česko. *Nářízení vlády č. 23/2011 Sb., Nářízení vlády, kterým se mění nařízení vlády č. 61/2003 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech*. (cit. 6. 5. 2011). Dostupný z WWW: <<http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/d79c09c54250df0dc1256e8900296e32/ea92dcbcb98365b0c1256d64003e24f0?OpenDocument>>.
21. RICHTER M. *Technologie ochrany životního prostředí 1. část – Ochrana čistoty vod*. Ústí nad Labem: Fakulta životního prostředí UJEP Ústí nad Labem, 2005. 79 s. ISBN 80-7044-684-6
22. SOP OV 015_R1 (TNV 75 7520). *Jakost vod – Stanovení chemické spotřeby kyslíku dichromanem (CHSK_{Cr})*. Praha: Hydroprojekt, a. s., 1998.
23. SOP OV 005_R1 (ČSN EN 1899-2). *Jakost vod – Stanovení biochemické spotřeby kyslíku po n dnech (BSK_n) – Část 2: Metoda pro neředěné vzorky*. Praha: Český normalizační institut, 1999.
24. SOP OV 002_03 (ČSN ISO 5664). *Jakost vod – Stanovení amonných iontů. Odměrná metoda po destilaci*. Praha: Český normalizační institut, 1994.

25. SOP OV 007_R1 (ČSN EN ISO 6878). *Jakost vod – Stanovení fosforu – Spektrofotometrická metoda s molybdenanem amonným*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
26. SOP OV 025.01 (ČSN EN 872). *Jakost vod – Stanovení nerozpustěných látek - Metody filtrace filtrem ze skleněných vláken*. Praha: Český normalizační institut, 1998.