

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

Katedra: Vodního hospodářství a environmentálního  
modelování



**Posouzení vlivu rekonstrukce ČOV Bystřany na  
odstraňování dusíku a fosforu z odpadních vod**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Martin Heřmanovský

Bakalant: Jana Hejná

2011

## **PROHLÁŠENÍ:**

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením Ing. Martina Heřmanovského. Další informace mi poskytli Jaroslav Krejčí, Ing. Anna Pillerová a Ing. Blanka Nováková.

Zároveň prohlašuji, že jsem uvedla všechny literární prameny, ze kterých jsem čerpala.

V Přestanově 2011

.....

## **PODĚKOVÁNÍ:**

Za vedení mé bakalářské práce, cenné rady a připomínky, děkuji Ing. Martinu Heřmanovskému. Mé poděkování patří rovněž všem, kteří mi poskytli informace a podklady k této práci: Jaroslavu Krejčímu, Ing. Anně Pillerové, Ing. Blance Novákové.

V Přestanově 2011

.....

## **ABSTRAKT**

Tato práce je zaměřena na oblast vodního hospodářství a problematiku čištění odpadních vod. V teoretické části práce jsou vysvětleny základní pojmy dané problematiky a je uvedena základní legislativa, která se vztahuje k danému tématu. Podrobněji se zabývá zejména způsoby čištění odpadní vody. Inventarizační průzkum pak zahrnuje popis rekonstrukce ČOV v dané lokalitě, posouzení výsledků prováděných měření před, během a po rekonstrukci a posouzení ekonomických nákladů zájmové ČOV. Cílem této práce bylo posouzení kvality vody a efektivnost rekonstrukce zájmové ČOV. Tohoto cíle bylo dosaženo prostřednictvím dat a informací získaných na vybrané ČOV . Pro splnění výše uvedeného cíle této práce byly využity výsledky měření, které zpracovává jejich vlastní laboratoř a ukládá jej do systému SČVK. Tyto informace byly následně porovnány s průměrnými hodnotami výsledků před rekonstrukcí. Z měření byla posouzena míra zlepšení stavu znečištění odpadních vod po rekonstrukci vybrané ČOV.

**Klíčová slova:** Odpadní voda, čistírna odpadních vod, rekonstrukce, čištění odpadních vod.

## **ABSTRACT**

This bachelor thesis is focused on the issues of water and wastewater treatment. The theoretical part explains the basic concepts and issues and the basic legislation that relates to the topic is also introduced. It deals in detail with particular methods of wastewater treatment. Inventory survey includes a description of the reconstruction of wastewater treatment plants in the area, assessing the results of measurements before, during and after the reconstruction and assessment of the economic costs of WWTP interested. The aim of this thesis was to assess water quality and the effectiveness of reconstruction of the selected WWTP. This was achieved by the data and information gathered at a selected wastewater treatment plants. To meet the above objectives of this thesis, measurements which are processed in their own lab were used. These are saved into the system of SČVK (North Bohemia Water and Sanitation Co.). This information was then compared with the average values of the reconstruction results. The measurements were considered to be improving the state of pollution of wastewater treatment plants selected for reconstruction.

**Key words:** Wastewater, wastewater treatment plant, reconstruction, wastewater purification.

## Vysvětlivky k textu

ČOV.....	Čistírna odpadních vod
VN .....	Vyhnívací nádrž
PAU.....	Polyaromatické uhlovodíky
PCB .....	Polychlorované bifenyly
ASŘTP.....	Automatický systém řízení technologie výroby
CHSK-Cr.....	Chemická spotřeba kyslíku
BSK5-n.....	Biochemická spotřeba kyslíku
pH.....	Míra kyselosti nebo zásaditosti roztoku
NL .....	Nerozpustné látky
N-NH <sub>4</sub> .....	Amonný dusík
N-NO <sub>2</sub> .....	Dusitany
N-NO <sub>3</sub> .....	Dusičnany
EUR.....	Měna eurozóny
SVS.....	Severočeská vodárenská společnost
SRN.....	Spolková republika Německo
OV .....	Odpadní voda
OECD.....	Organizace pro ekonomickou spolupráci a rozvoj
EO.....	Ekvivalentní obyvatel
PE.....	People ekvivalent
NH <sub>3</sub> .....	Amoniak
HNO <sub>2</sub> .....	Kyselina dusitá
N.....	Dusík
P.....	Fosfor
DNA.....	Deoxyribonukleová kyselina
RNA.....	Ribonukleová kyselina
CHKO.....	Chráněná krajinná oblast
DN.....	Denní nátok
DPH.....	Daň z přidané hodnoty
ČS.....	Čerpací stanice

SČVK.....Severočeské vodovody a kanalizace

ES.....Evropské společenství

## Obsah

<b>Úvod</b> .....	<b>10</b>
<b>Cíle</b> .....	<b>11</b>
<b>1 Odpadní vody</b> .....	<b>12</b>
1.1 Úvod do problematiky odpadních vod.....	12
1.2 Ukazatele znečištění odpadních vod .....	14
1.3 Typy odpadních vod .....	16
1.4 Legislativa v oblasti odpadních vod.....	19
<b>2 Čištění odpadních vod</b> .....	<b>22</b>
2.1 Historie čištění odpadních vod.....	22
2.2 Historie teplické kanalizace .....	23
2.3 Způsoby čištění odpadních vod .....	24
<b>3 Charakteristika prvků dusík a fosfor</b> .....	<b>37</b>
3.1 Dusík .....	37
3.2 Fosfor .....	38
<b>4 ČOV Byččany</b> .....	<b>40</b>
4.1 Popis vybrané lokality – Byččany a okolí .....	40
4.2 Rekonstrukce jímek a ČS primárního kalu .....	44
4.3 Rekonstrukce strojovny vyhnívání a VN.....	47
4.4 Odstraňování dusíku a fosforu .....	52
4.5 Financování - Dotace EU.....	59
<b>5 Závěr</b> .....	<b>63</b>
<b>6 Seznam použité literatury</b> .....	<b>65</b>



## ÚVOD

Odpadní voda je voda, jejíž kvalita byla zhoršena lidskou činností. Znečištění vody může být tvořeno rozpuštěnými nebo nerozpuštěnými látkami a charakter znečišťujících látek silně ovlivňuje další nakládání s odpadní vodou. Komunální odpadní voda vzniká každodenní lidskou činností, tj. pochází z domácností, škol, úřadů, od živnostníků a podobně. Kromě splašků obsahuje odpadní voda v případě jednotné kanalizace i oplachové vody (vodu z mytí ulic) a dešťovou vodu ze srážek. K čištění těchto vod se používají Čistírny odpadních vod. Setkáváme se s nimi jednak v blízkosti různých provozů, kde slouží k čištění průmyslových vod, odpadních vod ze zemědělské výroby. Dále u měst a obcí, kde čistí vody komunální a smíšené, tedy komunální s průmyslovými. Čistírny mohou být mnoha typů. Rozdělují se hlavně podle velikosti a typu čistírenského procesu. Nejčastějším typem používaných ČOV v ČR je mechanicko-biologická čistírna odpadních vod. Mezi tyto typy ČOV patří i čistírna odpadních vod Teplice – Bystřany, která byla do provozu uvedena již v roce 1975. Zpracovává převážně komunální odpadní vody z měst Teplice, Dubí, Krupka a přilehlých aglomerací. V roce 2000 začala její rekonstrukce, takže v současnosti dokáže z odpadních vod odstranit i dusíkaté znečištění a fosfor a trvale plnit limity předepsané přísnější legislativou.

Vzhledem k tomu, že bydlím v blízkosti řeky Labe, jejíž okolí využívám k rodinné rekreaci a sportovnímu vyžití, není mi prostředí ani kvalita vody v řece lhostejná. Rekonstrukce ČOV Bystřany přispěla ke snížení znečištění řeky Labe a bylo na ni vynaloženo 6,195 mil. EUR z prostředků SVS, a.s. a Spolkového ministerstva životního prostředí, ochrany přírody a bezpečnosti reaktorů SRN. Výše této částky mě vedla k zamyšlení nad jejím využitím, průběhu rekonstrukce a následným zlepšením procesu čištění odpadních vod, jež směřují do řeky Labe. Cílem této bakalářské práce je posouzení zlepšení kvality vody po rekonstrukci provedené na ČOV ve vybrané lokalitě, se zaměřením na posouzení zlepšení odstraňování dusíku a fosforu.

## **CÍLE PRÁCE**

Cílem mé bakalářské práce je posouzení zlepšení kvality vody po rekonstrukci provedené na ČOV ve vybrané lokalitě.

Bakalářská práce je rozdělena do čtyř tematických okruhů:

- Literární rešerše na téma odpadní vody a čistírny odpadních vod.
- Charakteristika prvků: fosfor a dusík.
- Inventarizační průzkum a popis ČOV Bystřany. Popis vybrané lokality, popis druhé etapy rekonstrukce ČOV, způsob odstraňování dusíku a fosforu, financování rekonstrukce ČOV. Získaná data jsou v této kapitole posouzena.

## 1 ODPADNÍ VODY

### 1.1 Úvod do problematiky odpadních vod

Vodu využívá člověk při většině svých činností. Zdroje vody jsou z přírodních vodních útvarů, které nalezneme na zemském povrchu nebo pod ním. Rozdělujeme ji podle účelu využití [11]:

- Pitná
- Užitková
- Technologická, atd.

Se stoupajícím počtem obyvatel rostou i nároky na zásobování pitnou vodou a neustále se zvyšující znečišťování vodních zdrojů průmyslem a zemědělstvím bude tvořit jedny z nejkritičtějších problémů vodního hospodářství [16].

Během využívání vody dochází ke změně fyzikálních, chemických a biologických vlastností. Tyto změny omezují nebo znemožňují další použití vody k danému účelu. Tato použitá vody se nazývá Odpadní voda. Odpadní voda (dále jen OV) je odváděna kanalizací do čistíren odpadních vod k následnému čištění. Vyčištěná OV je pak odváděna zpět do vodních útvarů - recipientů [11]. Co je čistírna odpadních vod a jakým způsobem se voda čistí, bude popsáno v dalších kapitolách.

Při čištění OV se klade velký důraz na snahu získat vodu s vlastnostmi srovnatelnými s kvalitou vody v recipientu. Pro tento stav má velký význam dodržování legislativních předpisů, které stanovují požadovanou kvalitu vypouštěných OV a kvalitu vody ve vodních tocích. Tato legislativa stanovuje kromě limitů koncentrace znečištění i způsob finanční kompenzace za vypouštění znečištění do recipientu [11]. Legislativa v oblasti odpadních vod bude blíže popsána v další podkapitole.

V souvislosti s požadavky Evropské unie a OECD se vývoji produkovaného znečištění věnuje v České republice poslední roky zvýšená pozornost. Od roku 1990

se podařilo snížit vypouštěné množství nebezpečných látek a k výraznému poklesu došlo také u živin, jako je dusík a fosfor [34]. Tento pokles je důsledkem nové technologie čištění OV, kterou blíže zmíním v další kapitole.

Odpadní voda má řadu negativních vlivů na recipient [11]:

- Zanášení koryta řek nebo znečišťování břehů nerozpuštěnými látkami.
- Estetické a organoleptické závady, jako je pach, vzhled, a další.
- Vyčerpání rozpuštěného kyslíku, které znemožní život vyšším organismům, a tím zhorší organoleptické vlastnosti vody.
- Epidemiologické závady, jako je přítomnost virů, bakterií, prvoků a dalších organismů ve vodě.
- Kontaminace vody toxickými nebo jinak škodlivými látkami, jako jsou těžké kovy, chlorované organické látky, fenoly, biologicky aktivní látky.
- Zvyšování solnosti vody.
- Změna teploty – s rostoucí teplotou klesá rozpustnost kyslíku ve vodě, následný negativní dopad je popsán v předešlých bodech.
- Změna hodnoty pH může vyvolat zvýšení výskytu amoniakálního dusíku vedoucího například k úhynu ryb.



Obrázek 1: Splavování hnojiv a pesticidů do recipientu [28].

Zdroje znečištění OV můžeme rozdělit do dvou skupin [11]:

- Bodové zdroje – do vodního toku jsou znečišťující látky přinášeny v jednom konkrétním proudu. Příkladem je městská odpadní voda přiváděná do recipientu dobře utěsněnou kanalizací. Tyto zdroje se dají snadno monitorovat a v případě havarijních situací lze v relativně krátké době minimalizovat dopad na životní prostředí.
- Plošné (difuzní) zdroje – znečišťující látky se do vodního toku dostávají z různých ploch vyskytujících se v okolí toku. Příkladem jsou splachy z půdy ošetřované průmyslovými hnojivy (obrázek č. 1). Tyto zdroje je obtížné monitorovat a opatření proti nim bývají velice složitá.

## 1.2 Ukazatele znečištění odpadních vod

Odpadní vody jsou znečišťovány řadou látek nejrůznějších vlastností [3]:

- Rozpuštěné látky - Organické, anorganické.
- Nerozpuštěné látky - Organické, anorganické.

Rozpuštěné organické látky dělíme dále na biologicky rozložitelné a biologicky nerozložitelné. Cukry a mastné kyseliny jsou látky biologicky rozložitelné, nerozložitelné látky jsou pak barviva. Mezi rozpuštěné anorganické látky patří těžké kovy a sulfidy [3].

Nerozpuštěné látky jsou jedním z nejzávažnějších druhů znečištění OV. Opět je dělíme na organické a anorganické. Organické látky v kalech vyhnívají bez přístupu kyslíku za vývinu plynů a mohou při jejich rozvření způsobit kalamitní situaci, jako je úhyn ryb a živočichů nebo nastolení hnilobných poměrů vody. Nerozpuštěné organické látky dělíme na [3]:

- Biologicky rozložitelné – škrob, bakterie
- Biologicky nerozložitelné – plasty, papír
- Usaditelné – celulosová vlákna
- Neusaditelné - bakterie, papír.

Nerozpuštěné anorganické látky dělíme na usaditelné (písek, hlína) a neusaditelné (brusný prach). Velkou část nerozpuštěných látek lze odstranit jejich zachycením při mechanickém čištění [3].

Ukazatelů znečištění je celá řada a volí se pro daný účel ten nejvhodnější.

Lze je rozdělit do skupin [3]:

- Fyzikální
- Chemické
- Radiologické
- Mikrobiologické
- Biologické
- Ekologické
- Skupinové (technologické).

Fyzikálními ukazateli jsou teplota, barva, zákal, průhlednost a vodivost. Chemickými ukazateli jsou pH, tvrdost vody a chemické složení vody. Mezi mikrobiologické ukazatele patří hlavně bakterie lidského zažívacího traktu. Podmínky pro život ryb a neporušená samočisticí schopnost jsou ukazatele ekologické. OV obsahuje velmi pestrá směs organických látek a jejich jednotlivé stanovení by bylo příliš pracné, zdlouhavé a drahé. Proto jsou významní ukazatele organického znečištění, které patří do skupinových ukazatelů. Nejčastěji se používají ukazatele [3]:

- Biochemická spotřeba kyslíku.
- Chemická spotřeba kyslíku.

Biochemická spotřeba kyslíku se stanovuje jako množství kyslíku potřebného na biochemickou oxidaci organických látek. Využívá tak schopnosti některých mikroorganismů rozkládat organické látky za přítomnosti kyslíku [3].

Chemická spotřeba kyslíku se stanovuje jako množství kyslíku potřebného na chemickou oxidaci všech organických látek (mohou to být i látky biologicky obtížně rozložitelné nebo nerozložitelné) [3].

Měřítkem pro vyjádření znečištění je člověk (množství znečištění způsobeného 1 osobou za 1 den). Počet ekvivalentních obyvatel (dále jen EO) je ukazatel pro velikost ČOV, které se dělí na tři skupiny [11]:

- Malé – EO do 5000
- Střední – EO nad 5000 až 20000
- Velké – EO nad 20000.

### **1.3 Typy odpadních vod**

Odpadní voda je voda, která po použití změní svoje vlastnosti a která může ovlivnit jakost povrchových nebo podzemních vod [2].

Odpadní vody známe [11]:

- Splaškové odpadní vody
- Průmyslové odpadní vody
- Dešťové odpadní vody
- Balastní odpadní vody
- Městské odpadní vody

#### **Splaškové odpadní vody**

Splašky se rozumí voda, která odtéká z domácností, hygienických zařízení, objektů společného stravování, ubytování atd. Jsou velice rizikové z hlediska infekčnosti, jelikož jsou znečištěny organickými a anorganickými látkami. Obsahují mikroorganismy, živé i neživé, připlavující se do odpadní vody s fekáliemi nebo jinou cestou, jako je například nedostatečně dezinfikovaná voda k úklidu nemocničních prostor [11].

Hlavní podíl na znečištění splašků mají fekálie a moč. Člověk vyprodukuje 120 g až 330 g fekálií za den. Sušina fekálií je z 90 % tvořena organickými látkami, jako jsou lipidy, polysacharidy a jejich rozkladné produkty, střevní bakterie, atd. Zbývajících 10 % tvoří anorganické látky. Množství anorganického dusíku

vylučovaného močí je podstatně vyšší než množství vylučované fekáliemi. Fosfor se vyskytuje převážně nerozpuštěný, vázaný na vápník a hořčík [11].

Evropská norma dělí podrobněji splašky na šedou a černou vodu (obrázek č. 2). Toto rozdělení se zavádí kvůli budoucí možnosti použití speciálních metod pro čištění odpadní vody. Některé šedé odpadní vody, jako je voda z praní potřísněného prádla, nelze tak jednoznačně vymezit. Šedá voda je splašková odpadní voda, která neobsahuje fekálie a moč [19].



**Obrázek 2: Splašková odpadní voda - černá voda [19].**

Splašky jsou závadné sensoricky, tudíž vzhledově a pachově, a pak vždy hygienicky. Čerstvé splašky nemají příliš intenzivní zápach, avšak po několika hodinách se vyčerpá rozpuštěný kyslík a začnou probíhat anaerobní biologické pochody, kdy se reakcí vznikající sulfidické síry se sloučeninami železa vylučuje černý FeS. Mají vysoký obsah nerozpuštěných látek a poměrně vysoký obsah rozpuštěných látek. Jsou silně zakalené. Teplota odpadních vod je po většinu roku výrazně vyšší než teplota vzduchu. Množství vznikajících splašků se v suchém období dá zjistit, známe-li počet obyvatel ve sledovaném místě a specifickou spotřebu vody, která se obvykle uvažuje 100 l až 200 l na jednoho obyvatele za jeden den [11].

Spotřeba vody roste se zvyšující se životní úrovní obyvatel. S nárůstem ceny vodného a stočného však spotřeba vody významně klesá, čímž dochází ke koncentraci znečišťujících látek ve splašcích. Množství splašků kolísá během dne,



týdne i roku. Ve velkých městech je kolísání nejmenší, v malých obcích je však výrazné. Maxima i minima jsou závislá na režimu dne. Hlavního maxima dosahuje převážně v poledních a večerních hodinách [11].

### **Průmyslové odpadní vody**

Mezi průmyslové vody nepatří jen vody vznikající v průmyslu, ale i vody vznikající v zemědělství. Podle činnosti v daném odvětví vzniká kvalita a kvantita odpadní vody. Průmyslové odpadní vody jsou buď čištěny přímo v daném závodu (někdy stačí vodu pouze přefiltrovat a pak vypustit do kanalizace), anebo společně se splaškovými vodami v městské čističce odpadních vod [11].

### **Dešťové odpadní vody**

Kromě dešťové vody sem patří také voda vznikající táním sněhu, splašky a drenážní voda. Tato voda bývá přesněji označována jako voda srážková. Samotná srážková voda je poměrně čistá, ale při průchodu atmosférou a splachováním různých ploch, jako jsou městské a venkovské stavby, chodníky a kanalizační sítě, se znečišťuje různými nečistotami [11].

Znečištění tvoří široké spektrum různých látek původu [2]:

- Anorganického – těžké kovy, anionty silných minerálních kyselin, sloučeniny dusíku a fosforu, a další.
- Organického – ropné látky, chlorované uhlovodíky, PCB, PAU, dioxiny, pesticidy, atd.

Proto je prakticky nemožné určit obecně platné složení, a to ani na stejném místě. V první fázi deště je znečištění největší. Kvalita dešťové vody je velice kolísavá. Záleží hodně na intenzitě srážek, předchozím průběhu deště (smytí z nepropustného povrchu a kanalizace), charakteristice sběrné oblasti stoky (rozloha, spád, podíl propustnosti a nepropustnosti plochy, atd.) [19].

### **Balastní odpadní vody**

Mezi balastní vody patří přítok infiltrující vody z podzemních pramenů, dešťové odpadní vody v systémech s oddílnou kanalizací dostávající se do splaškové kanalizace. Jsou mimovolně zachycené v kanalizační síti, a to buď proto, že byly úmyslně do kanalizace svedeny, nebo se do ní dostávají v důsledku netěsností potrubí. Nebývají tolik znečištěné [11].

### **Městské odpadní vody**

Na tyto vody, jejich úpravu, je zaměřena tato práce. Městské vody jsou směsí splašků a průmyslových vod, popřípadě dešťových a balastních vod. Tato směs přichází kanalizací na ČOV. V posledních letech většina těchto vod obsahuje i průmyslové odpadní vody [11].

## **1.4 Legislativa v oblasti odpadních vod**

Podmínky pro hospodárné využívání vodních zdrojů a pro zachování i zlepšení jakosti povrchových i podzemních vod určuje vodního zákon ze dne 28. června 2001. Vytváří tak podmínky pro snižování nepříznivých účinků povodí a sucha a zajišťuje bezpečnost vodních děl v souladu s právem Evropských společenství. Účelem tohoto zákona je chránit vodní ekosystém a s tím související suchozemský ekosystém [12].

Zákon upravuje pomocí směrnice právní vztahy k povrchovým i podzemním vodám, vztahy fyzických i právních osob k jejich využívání, ale i vztahy k pozemkům a stavbám s těmito vodami souvisejícími [12].

Jsou jimi například [12]:

- Směrnice Rady 91/271/EHS ze dne 21. května 1991 o čištění městských odpadních vod
- Směrnice Rady 91/676/EHS ze dne 12. prosince 1991 o ochraně vod před znečištěním dusičnany ze zemědělských zdrojů
- Směrnice Rady 96/61/ES ze dne 24. září 1996 o integrované prevenci a řízení znečištění

Čistírna odpadních vod je jako vodní dílo provozována podle provozního řádu. Tento řád obsahuje samostatnou část, která se týká zpracování odpadů. Novela zákona (č. 185/2001 Sb.) o odpadech č. 324/2006 Sb. má nové ustanovení - §§ 33a a 33b, který řeší biologicky rozložitelný odpad - bioodpad. Ustanovení § 33a definuje bioodpad a zařízení pro jeho zpracování. Ustanovení § 33b stanovuje podmínky provozovateli těchto zařízení [14].

### **Směrnice Rady 91/271/EHS ze dne 21. května o čištění městských odpadních vod**

Tato směrnice se týká odvádění, čištění a vypouštění městských odpadních vod, dále čištění a vypouštění odpadních vod z určitých průmyslových odvětví.

Požadavky na městské odpadní vody [37]:

- Projektování, výstavba a udržování stokových soustav v souladu s nejlepšími technickými znalostmi.
- Čistírny městských odpadních vod mají být projektovány nebo upraveny tak, aby před vypuštěním do recipientu bylo možno odebírat reprezentativní vzorky vstupujících odpadních vod a vod vyčištěných.
- Průmyslové odpadní vody vypouštěné do stokových soustav a čistíren městských odpadních vod musí být podrobeny předčištění.
- V přesně určeném bodě na odtoku z čistírny, a je-li to třeba, také na vtoku do čistírny, se budou odebírat vzorky vázané na průtok nebo 24hodinové slévané vzorky, aby bylo možné sledovat soulad s požadavky na vypouštěné odpadní vody stanovené touto směrnicí.

Minimální roční počet vzorků bude stanoven v závislosti na velikosti čistírny a vzorky musí být odebírány v pravidelných intervalech během celého roku [37]:

- A. 2000 až 9999 PE: | 12 vzorků během prvního roku. Čtyři vzorky během následujících let, pokud lze prokázat, že vody během prvního roku vyhovují ustanovením směrnice; pokud jeden vzorek ze čtyř nevyhoví, musí být v následujícím roce odebráno 12 vzorků. |
- B. 10000 až 49999 PE: | 12 vzorků. |
- C. 50000 PE nebo více: | 24 vzorků. |

V příloze číslo jedna a dvě jsou uvedeny požadavky na vypouštění z čistíren městských odpadních vod a požadavky na vypouštění z čistíren městských odpadních vod v citlivých oblastech, které podléhají eutrofizaci.

## 2 ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD

Ochrana vod je jedním z nejdůležitějších úkolů v oblasti životního prostředí. V souladu s požadavky legislativy Evropské unie je cílem zlepšování stavu vodních toků, vodních ekosystémů a trvale udržitelné užívání vod [7].

Čištěním OV se odstraňují složky působící negativně na povrchové vody, do nichž jsou vypouštěny [8].

### 2.1 Historie čištění odpadních vod

Až do začátku 19. století se nedá hovořit o systematickém odkanalizování měst, natož o čištění odpadních vod. Teprve v roce 1865 byla v Anglii založena první Royal Commission on River, která vydala zákon na ochranu řek před znečištěním. Bez technických prostředků ale neměl samotný zákon valné účinnosti. Zlom ve vývoji čistírenských technologií nastal roku 1898, kdy nově založená Royal Commission on Sewage Disposal začala koordinovat úsilí věnované poznání faktorů ovlivňujících kvalitu vody v recipientech i vývoji a ověřovala čistírenské postupy. Výsledkem je například metoda z roku 1908 pro hodnocení organického znečištění recipientu stanovením biochemické spotřeby kyslíku, která se používá dodnes. Mezi další významné události z hlediska vývoje čistírenství patří přijetí královských standardů pro vypouštění odpadních vod v roce 1912. Tyto standardy jsou prototypem emisních standardů používaných dnes v legislativě většiny států. Nebo vynález aktivačního procesu britskými inženýry Ardernem, Lockettem a Flowerem v roce 1914 [7].

U nás je významnou událostí ve vývoji čistírenství den 9. září 1901, kdy byla zahájena stavba Lindleyeovy bubenečské čistírny odpadních vod. Tato čistírna byla uvedena do plného provozu v létě 1907 a ve své době moderní čistírna byla založena pouze na mechanickém čištění [7].

Centrální stoky byly sváděny na česle zhotovené ze svisle umístěných ocelových prutů, odkud voda dále stékala do lapáku písku (obrázek č. 3). Odstředivé čerpadlo odsávalo usazený písek a tlačilo ho do žlabové pračky písku. Lapák písku byl na okrajích po celé své délce vybaven jemnými česlemi o rozteči 7mm pro zachycení

Jana Hejná: Posouzení vlivu rekonstrukce ČOV Bystřany na odstraňování dusíku a fosforu z odpadních vod.

jemnějších nečistot. Česle se stíraly ručně a shrabky dopravoval na povrch výtah, odkud se úzkorozchodnou železnicí odvážely na skládky na Císařském ostrově. Z lapače písku pak již předčištěná voda odtékala do deseti sedimentačních nádrží [7].



**Obrázek 3: Interiér nového lapače písku v bubenečské čistírně [38].**

Tato ČOV byla průběžně modernizována až do roku 1967, kdy byla zprovozněna nová mechanicko-biologická čistírna odpadních vod pro město Praha. V roce 1929 byla na této nové ČOV založena první laboratoř pro chemii a mikrobiologii odpadních vod ve střední Evropě. A v letech 1965 až 1967 byla na Císařském ostrově uvedena do provozu největší aktivační čistírna střední Evropy [7].

Lindleyova ČOV se zachovala až do současnosti a roku 1991 byla prohlášena za národní kulturní památku a dnes je zde ekotechnické muzeum [7].

## **2.2 Historie teplické kanalizace**

Nejstarší kanalizace v Teplicích byly zděné z kamene a datují se k polovině 19. století. Byly mělké a ústily do Bystřice a Sviního potoka. Rozvoj lázeňství a těžba uhlí si roku 1905 vynutily výstavbu okresního sběrače a ČOV firmou Rell a Comp z Vídně. O dva roky později město vyčlenilo prostředky na údržbu zařízení a okolní obce začaly budovat kanalizace. Před první světovou válkou se používaly betonové roury a budovaly se betonové stoky vejčitého nebo tlamového profilu. Ve 30. letech

Jana Hejná: Posouzení vlivu rekonstrukce ČOV Bystřany na odstraňování dusíku a fosforu z odpadních vod.

se stavěly převážně oddílné kanalizace s rourami z kameniny a zakládaly se samostatné stokové sítě v jednotlivých částech města. Roku 1960 se do plánů města zahrnula i výstavba čistíren. O sedm let později se začala stavět 12 km dlouhá soustavná kanalizace. Cílem bylo podchycení všech starých stok a vytvoření podmínek pro odkanalizování nového sídliště Nová ves [10].

Sběrač A vede z Řetenic ke Kamenným lázním a dále do čistírny v Bystřanech. Sběrač B odvádí vody z Novosedlic a části Trnovan. Značná část potrubí je položena v zaklenuté části Sviního potoka. Sběrač C vede právě z Nové Vsi přes zámeckou zahradu na Zámecké náměstí a pod Pražskou ulicí je napojen na sběrač A. [10].

Nyní má město téměř 130 km stokové sítě a 4422 přípojek [10].



Obrázek 4: Výkop pro stavbu kanalizace u Císařských lázní [10].

### 2.3 Způsoby čištění odpadních vod

Způsob čištění se volí podle složení odpadní vody a podle nároků na její kvalitu. Při čištění městských odpadních vod je třeba odstranit hrubé látky, které by v dalších stupních čištění mohly vést k mechanickým závadám a zanášení objektů a zařízení ČOV. Za hrubým předčištěním následuje biologické čištění. Při vyšších požadavcích na kvalitu odtoku vody je potřeba i aplikace chemického čištění [8].

## **Mechanické čištění odpadních vod**

Mechanické čištění odpadních vod slouží k odstranění nerozpuštěných látek. Je to vždy první stupeň čištění [3].

Způsoby pro mechanické čištění odpadních vod [3]:

- Cezení
- Vzplývání
- Filtrace
- Flotace
- Odstředování (centrifugace)

Cezení je zachycování nerozpuštěné příměsi, která je větší než otvory, kudy protéká cezená voda. Vzplývání využívá vztlakovou sílu a rozdíl hustot oddělovaných složek. Ve filtraci jsou zachycovány nerozpuštěné příměsi, které jsou větší než otvory, kudy protéká cezená voda. Při flotaci je uměle snižována hustota příměsí a vzniklý rozdíl hustot je využíván k oddělení složek (vztlakem). Odstředování (centrifugace) využívá odstředivou sílu a rozdíl hustot oddělovaných složek [3].

## **Zařízení mechanického čištění odpadních vod**

K mechanickému čištění OV se používají česle, lapáky šterku, čerpadla pro zvýšení úrovně hladiny odpadních vod, lapák písku a plovoucích látek, usazovací nádrže, dosazovací nádrže a zahušťovací nádrže [3].

### **Česle**

Česle slouží k odseparování hrubých plovoucích příměsí. Je to mříž tvořená rámem a česlicemi (pruty) skloněná ve směru toku 30° až 60°. Česlice jsou kruhového nebo obdélníkového tvaru a voda protéká volným prostorem mezi nimi. Aby nedocházelo k usazování písku, nesmí rychlost průtoku vody klesnout pod 0,3



Jana Hejná: Posouzení vlivu rekonstrukce ČOV Bystřany na odstraňování dusíku a fosforu z odpadních vod.

m/s, a aby nedocházelo ke strhávání zachycených nečistot, zároveň nesmí rychlost průtoku přesáhnout 1 m/s [3].

Rozeznáváme tři druhy česlí [3]:

- **Česle hrubé** – mají průřely 40 až 100 mm, nutno stírat jedenkrát až dvakrát denně.
- **Česle střední** – mají průřely 20 až 40 mm.
- **Česle jemné** – ty mají průřely 3 až 20 mm.

Česle se prohrabují ručně nebo strojně. Při ručním stírání jsou česle skloněny pod úhlem 30° až 45° (příloha č. 3), při strojním stírání jsou česle skloněny pod úhlem 60° [3].

Česle jsou stírány shrabováký, které svými zuby zasahují do průřelů a směrem nahoru.

Stírají zachycené nečistoty (shrabky), které přepadávají do žlabu, kde odkapávají a jsou odhrnovány do kontejneru na shrabky. Shrabky jsou hygienicky velmi nebezpečné. Likvidují se spalováním ve dvoustupňových procesech nebo se stabilizují vápnem na pH 10 a skládkují se na skládkách pro nebezpečný odpad [3].

### **Lapák štěrků**

Zde se zachycují velké a těžké předměty. Lapák štěrků je jímka, která je těsně před čistírnou na přivaděči odpadní vody (příloha č. 4). Má rozšířený průtočný průřez a snížené dno, což způsobuje zachycení předmětů, která se na ČOV dostávají zejména s přívalovým deštěm. Zřizuje se jen na velkých ČOV [3].

### **Čerpadla pro zvýšení úrovně hladiny odpadních vod**

OV se v čistírnách pohybuje samospádem, k tomu se využívá terén. Tam, kde ale není dostatečný přirozený spád, se voda musí vyzvednout do potřebné výšky, k čemuž slouží Archimédovy šrouby (příloha č. 5). Ty mohou zvedat vodu do výšky 2

až 3 m. Archimédův šroub je hřídel se šroubovicí umístěný šikmo v polootevřeném kanále [3].

### **Lapák písku a plovoucích látek**

Lapáky jsou buď pravoúhlé, nebo kruhové nádrže vybavené zařízením pro stírání dna i hladiny [3].

Písek, který se dostává do kanalizace s deštěm, vadí v biologickém stupni čištění. K jeho odstranění se používá lapák písku, který využívá gravitační síly a rozdílu hustot. Zachycuje těžké částice o velikosti 0,1 až 0,2 mm a musí odstranit pouze písek, nikoli organickou suspenzi. Oddělený písek se pak pravidelně z lapáku těží [3].

Protože se proudění v lapáku zpomalí, začnou lehčí látky, jako jsou tuky, vzplývat na hladinu a ta je pak stírána hladinovou lištou na mostu lapáku do žlabu, odkud je tuk veden ke zpracování do kalového hospodářství [3].

Lapáky dělíme na horizontálně protékaný lapák písku (příloha č. 6), vertikální lapák písku, vírový lapák písku [3].

**Pravoúhlý horizontálně protékaný lapák písku** – průtočná rychlost je 0,15 až 0,45 m/s, hydraulické zatížení lapáku je více jak 18 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/h. Písek se má v lapáku i při maximálním průtoku zdržovat maximálně 30 sekund. Tento typ lapáku se buduje dvou- a vícekomorový s komorami vedle sebe. Ke snížení průtočné rychlosti se používají profilované clony umístěné na konci lapáku. Tvar clon je podle tvaru žlabu [3]:

- Trojúhelníkový žlab = parabolická clona
- Obdélníkový žlab = hyperbolická clona
- Parabolický žlab = obdélníková clona

Clony vzdouvají hladinu, čím vyšší průtok, tím vyšší vzduť a čím větší vzduť, tím větší průtočná plocha. Tak zůstává průtočná plocha konstantní [3].

**Vertikální lapák písku** – 3 metry hluboká šachta vytvořená v korytu. Voda teče svisle dolů a za nornou stěnou nahoru (příloha č. 7). Norná stěna nebo vtokový válec

mění směr průtoku vody. Nevýhodou je, že s průtokem se mění i průtočná rychlost. Písek se tak znečistí primárním organickým kalem a musí se prát [3].

**Bochumský vertikální lapák písku** – je tvořený soustavou soustředěných válců o různé výšce (příloha č. 8). Čím větší průtok, tím vyšší hladina a tím se postupně zapojují jednotlivé válce. Má konstantní průtočnou rychlost nezávislou na průtoku. Při minimálním průtoku proudí voda pouze vnějším mezikružím, při maximálním průtoku proudí voda celým průřezem [3].

**Vírový lapák písku** – je žlab s podélným průtokem, do něhož se bočně přivádí tlakový vzduch, čímž se vytváří válcové proudění, a písek tak vypadává z vody ven (příloha č. 9). Plovoucí látky, jež se dostanou na hladinu, jsou stírány do žlabu a odváděny ke zpracování do kalového hospodářství. Usazený písek se těží ručně nebo se často používají mamutky. Mamutky jsou čerpadla, do jejichž trubice se přivádí stlačený vzduch. Vzniká tak směs vzduchu a vody o nižší hustotě než má voda a rozdílem hustot je směs uváděna do pohybu a voda s pískem se zvedá do žlabu podél lapáku. Odtud pak vede do pračky písku. V pračce se písek rozvíří vyčištěnou odpadní vodou a provzdušňuje se, čímž se sloupnou ulpělé organické nečistoty. Vypraný písek se pak odváží na skládky, kde se skladuje jako nebezpečný odpad. Jedna EO vyprodukuje za rok až 12 l písku [3].

### **Usazovací nádrže**

Používají se k oddělení primárního organického znečištění. Vzniklý kal je energeticky cennou surovinou. Používá se k výrobě bioplynu [3].

Nádrže jsou pravoúhlé nebo kruhové s horizontálním nebo vertikálním průtokem. Pracují kontinuálně jako průtočné usazovací nádrže [3].

### **Dosazovací nádrže**

Slouží k separaci aktivovaného kalu, který je označován jako kal sekundární a je tvořen převážně mikroorganismy s obsahem 0,5 až 2 % sušiny [3].

Dosazovací nádrže jsou stejné jako nádrže usazovací, jen mají větší hloubku, aby se prodloužila doba zdržení. Zařazují se za biologický stupeň čištění [3].

### **Zahušťovací nádrže**

Slouží k zhušťování kalů a přechodnému skladování. Jsou jednodušší než usazovací nádrže, jsou hluboké s kónickým dnem, odkud se odčerpává kal zahuštěný na 5 až 8 %. To je ale stále ještě tekutý kal a dopravuje se čerpáním [3].

### **Biologické čištění odpadních vod**

Jde o sekundární čištění OV s využitím živých mikroorganismů za účelem snížení koncentrace znečišťujících látek obsažených v OV. Je to řízená kultivace mikroorganismů. Cílem čistírenské biotechnologie je úplné odstranění substrátu. Biologické čistírenské procesy jsou ekologicky i ekonomicky nejvýhodnější. Není zapotřebí do procesu dodávat velké množství chemických sloučenin čímž je snížen negativní dopad technologií na životní prostředí [11].

Základem polykultury využívané k biologickému čištění OV jsou bakterie, v menším množství mikromicety, plísně, kvasinky, bezbarvé sinice a tzv. vyšší osídlení. Vyšší osídlení jsou jednobuněčné organismy jako bičíkovci, měňavky, nálevníci a mnohobuněčné organismy jako háďátka, vířníci, červi nebo roztoči [3].

Předpokladem proměny organických látek ve vodě je rozmnožování a metabolismus vhodných mikroorganismů [9].

### **Biologické odstraňování dusíku z odpadních vod**

Dusík je v OV nežádoucí z důvodů [1,7]:

- Vysoká spotřeba kyslíku na biochemickou oxidaci (4.57 g kyslíku na 1 g dusíku).
- Umožňuje růst zeleným organismům.
- V pitné vodě je vysoká koncentrace dusíku nebezpečná pro děti kojeneckého věku.

Biologicky se dusík odstraňuje **Nitrifikací** a **Denitrifikací** [1].

#### **Nitrifikace**

Probíhá pouze za přístupu vzduchu a odpovědné jsou za ni mikroorganismy [11].

Probíhá ve dvou stupních [1]:

- První stupeň – amoniakální dusík oxiduje na dusitany pomocí bakterií rodu *Nitrosomonas*, *Nitrosococcus*, *Nitrospira* a *Nitrosocystis*.
- Druhý stupeň – vzniklé dusitany se oxidují na dusičnany pomocí mikroorganismů *Nitrobacter* a *Nitrosocystis*.

Obě skupiny organismů potřebují jako zdroj uhlíku  $\text{CO}_2$ . Nitrifikační bakterie rostou pomaleji oproti běžným organotrofním organismům aktivovaného kalu. Tento fakt a rozdílná citlivost na teplotu, rozpuštěný kyslík, pH a volný amoniak způsobují při čištění OV hromadění dusitanů v roztoku a ovlivňují rychlost nitrifikace. Citlivost na teplotu klesá se stářím aktivovaného kalu. [1].

V aktivačních procesech probíhá nitrifikace při teplotě 5 až 30°C, nižší teplota může způsobit hromadění dusitanů [7].

Nitrifikační bakterie jsou velmi citlivé na celou řadu anorganických látek, jako jsou těžké kovy, kyanidy, neiontové formy  $\text{NH}_3$  a  $\text{HNO}_2$ . Z organických látek jsou to ty, které mají v molekule síru a dusík [1].

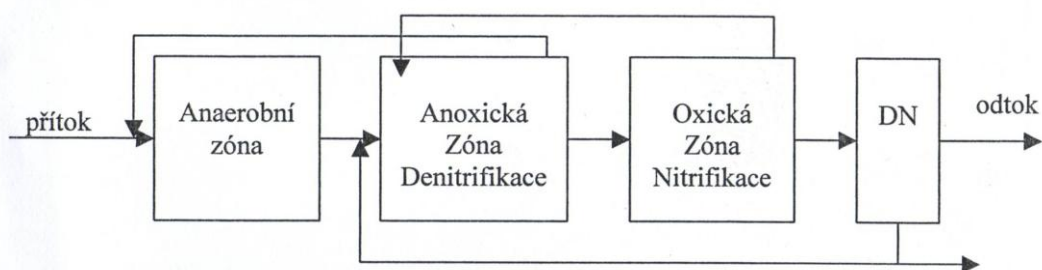
### Denitrifikace

Denitrifikace je biologická redukce dusičnanů a dusitanů na plynný didusík. Dochází k oxidaci organických biologicky rozložitelných látek. Proces probíhá v anoxických podmínkách a je k tomu zapotřebí dostatečné množství organických látek. Dusík zde figuruje jako konečný akceptor elektronů. U dusičnanů přijímá dusík pět elektronů, u dusitanů tři elektrony [11].

Rychlost denitrifikace s rostoucí teplotou roste [7].

**Nitrifikace i Denitrifikace** probíhají v aktivačních nádržích (obrázek č. 11). Dusík je možné odstraňovat v jednokalovém nebo dvoukalovém systému. Dvoukalový systém je energeticky i technicky (řízení procesu) náročný [11].

V jednokalovém systému je objem aktivačních nádrží rozdělen přepážkami na jednotlivé zóny. Nitrifikace probíhá v provzdušněných oxických zónách, zatímco denitrifikace probíhá v anoxických zónách, které jsou řízeně provzdušňovány. V oxických zónách je nutno zajistit dodávku kyslíku kvůli jeho vysoké spotřebě na oxidaci amoniaku, aby nedocházelo k limitaci nitrifikačních bakterií. V anoxických zónách je potřeba zajistit homogenitu aktivační směsi mechanickým mícháním. Další nutností je zdržet biomasu (stáří aktivovaného kalu) více než 5 dní, čím déle, tím lépe, kvůli průběhu procesu nitrifikace [11].



Obrázek 5: Obecné schéma aktivačního systému pro odstraňování dusíku a fosforu [7].

### **Biologické odstraňování fosforu z odpadních vod**

Fosfor je v OV nežádoucí, protože podporuje eutrofizaci. Je limitujícím prvkem, který způsobuje nadměrný růst zelených organismů (obrázek č. 12). Biologické odstraňování fosforu je závislé na schopnosti mikroorganismů aktivovaného kalu shromažďovat za určitých podmínek fosfor ve formě polyfosfátů. V současné době je známo asi 20 druhů mikroorganismů, které dokážou akumulovat polyfosfáty. Nejznámější patří do skupiny Acinetobacter. Výhodou biologického odstraňování je, že nepotřebuje chemikálie a nevzniká anorganický kal, který je nutné následně zpracovat [1].



**Obrázek 6: Zelené řasy a sinice ve vodě signalizují znečištění vody vysokým obsahem dusíku a fosforu [28].**

### **Chemické čištění odpadních vod**

Fyzikálně – chemické postupy jsou spojeny s dávkováním chemických činidel, přičemž rostou provozní náklady na čištění OV. Chemické postupy mají ale velký význam pro čištění průmyslových OV s vysokou koncentrací amoniakálního dusíku. Nevýhodou je vnášení cizorodých chemických látek do zpracované vody [11].

Volba procesů čištění a úpravy vod záleží na velikosti částic, které tvoří znečištění OV. Nejčastěji se používají procesy neutralizace, srážení, chemická oxidace a redukce, elektrochemické procesy, iontové technologie, difuzní procesy a membránové separační procesy. Pro koncentrované OV se používají termické způsoby likvidace [3].

**Neutralizace** se běžně provádí filtrací přes neutralizační filtr nebo v neutralizačním reaktoru přidávkem činidel. K tomuto procesu se používají odkyselovací materiály, které rychle reagují s kyselými látkami v OV, zároveň tím ale nesmí vznikat nerozpustný produkt. Jako náplň se používá drcený vápenec, magnezit nebo dolomit, jako činidlo vápenné mléko nebo práškový vápenec a dolomit [3].

**Srážení** je po technické stránce jednoduchý proces. Čištěná odpadní voda se promíchá se srážedlem (koagulantem) a doba potřebná pro vznik sraženiny je přibližně jedna minuta [3].

Metody srážení jsou čtyři [2]:

- Přímé srážení
- Předsrážení (primární srážení)
- Simultánní (sekundární srážení)
- Po biologickém čištění (terciální srážení)

V přímém srážení je dávkování koagulantu zařazeno za česle a lapák písku, následuje flokulační nádrž a sedimentace [2].

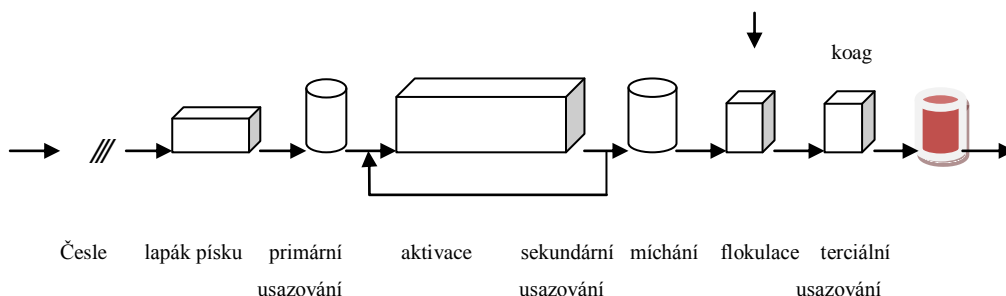
Při primárním srážení se dávkuje koagulant před česle a lapák písku před aktivaci. Tato metoda snižuje zatížení biologického stupně a provozní náklady na aeraci aktivační nádrže. Produkce primárního kalu je vyšší než bez chemického předsrážení, produkce sekundárního kalu je ale nižší [2].

Sekundární srážení probíhá současně s biologickým čištěním. Biologický i chemický kal je sedimentován společně v dosazovací nádrži. Snižuje se tak ale jeho stáří, a to komplikuje denitrifikaci [2].



Terciální srážení je nejběžnější metoda (obrázek č. 13). K separaci chemického kalu se může použít i filtrace nebo flotace. Část kalu se občas vrací do primární usazovací nádrže a snadněji se tak zahušťuje kal [2].

### Schéma srážení po biologickém čištění:



Obrázek 7: Terciální srážení s barevně označeným místem, kde dochází ke srážení [2].

**Chemická oxidace a redukce** jsou dvě vzájemně spojené chemické reakce, při kterých se mění jejich oxidační stupeň. Aby se jedna látka oxidovala, musí se jiná látka redukovat. Jako činidla se pro chemickou oxidaci používají sloučeniny chlóru (plynný chlor, chlornan sodný, chlornan vápenatý, oxid chloričitý), peroxid vodíku, manganistan draselný a kyslík. K chemické redukci se používají látky obsahující sloučeniny železnaté nebo sloučeniny síry [3].

**Elektrochemické metody** zahrnují procesy elektrolýza, anodická oxidace, elektrokoagulace. Elektrolýza se používá pro získávání kovů z roztoků jejich solí a regeneraci mořících lázní ve strojírenství. Při anodické oxidaci je potřeba, aby čištěná OV obsahovala dostatečné množství rozpuštěných solí potřebných pro vedení elektrického proudu. Tento postup se uplatňuje pro likvidaci kyanidových a fenolových OV a pro koncentráty organických látek v chemickém průmyslu. Při elektrochemických procesech se používají trvanlivé elektrody z ušlechtilých materiálů (nikl, platina, olovo, grafit, magnetit, oxid olovičitý). Pokud ale použijeme jako anodu železo nebo hliník, dojde při elektrolýze k jejímu rozpuštění. Elektrokoagulace má výhodu přesného dávkování koagulačního činidla, neboť

rozpuštění anody je úměrné elektrickému náboji. Uplatňuje se zejména pro čištění emulzí s obsahem ropných látek [3].

**Iontová technologie** je proces, při kterém protéká upravovaná voda přes iontový filtr. Přitom se cyklicky opakují fáze regenerace, proprání ionexu čistou vodou, vlastní iontová výměna, praní a nakypření sesedlé iontové vrstvy. Hlavní předností této technologie je vysoký efekt čištění, zkoncentrování zachycených látek v malém objemu vody a jejich možná recyklace. Nejčastěji se tato technologie používá v energetice k výrobě vody pro napájení vysokotlakých kotlů a chlazení primárního okruhu jaderných reaktorů, k čištění průmyslových vod v chemickém a hutním průmyslu nebo dekontaminaci radioaktivních vod [3].

**Difuzní procesy** jsou charakteristické intenzivním kontaktem a interakcí molekul mezi fází odstraňující znečištění a čištěnou OV. Pokud se pro čištění OV použije pevná fáze, jedná se o adsorpci. Při kapalně fázi se jedná o extrakci a při plynně fázi o desorpci [3].

**Membránové separační procesy** používají speciální polopropustné membrány. Podle velikosti pórů membrán se liší filtrační postupy. Separační procesy dělí vstupní vodu do dvou, ve speciálních případech i více výstupních proudů, které se liší objemem a koncentrací látek [3]. Membránová separace aktivovaného kalu je v současné době nejlepší technologií k zajištění stabilně nízkých koncentrací znečištění na odtoku z ČOV [12].

**Termické procesy** čištění OV zahrnují jejich likvidaci odpařováním nebo spalováním. Jsou to postupy technicky i ekonomicky náročné. Náročnost těchto procesů spočívá v nutnosti odstranit vodu, která má vysoké výparné teplo. Odparky se používají pro výrobu pitné vody z vody mořské, k zahušťování roztoků v chemickém, papírenském, textilním a potravinářském průmyslu nebo při zpracování radioaktivních odpadů [3].

## **Chemické odstraňování fosforu srážením hliníku a železa**

Rozpustnost sloučenin fosforu závisí na pH. Srážení fosforečnanů je účinné ve slabě kyselém prostředí [2].

Jako srážedla se nejčastěji používají síran nebo chlorid železitý, síran hlinitý, síran železnatý a hlinitan sodný. Levný síran železitý se používá tam, kde se do vody přivádí vzdušný kyslík oxidující sloučeniny železnaté na sloučeniny železité [8].

Srážedlo se dávkuje do [8]:

- Lapače písku – vzniklá sraženina se odstraňuje s primárním kalem v usazovací nádrži.
- Aktivační nádrže – dávkuje se do poslední třetiny koridoru. Vzniká tím lepší separovatelnost aktivovaného kalu v dosazovací nádrži a zlepšení čistících účinků v odstranění organického znečištění.
- Biologicky vyčištěné OV – tento způsob je neúčinnější a nejlépe regulovatelný. Je potřeba koagulační nádrž a nádrž pro separaci vysráženého kalu nebo pískový filtr. Srážedlo se musí důkladně promísit s vodou intenzivním mícháním po dobu 1 až 3 minuty, pak následuje flokulace po dobu 10 až 20 minut, při níž se vytvoří dobře separovatelné vločky.

Musí se ale počítat se zvýšenou produkcí kalu [8].

## **Chemické odstraňování fosforu srážením vápnem**

Chemické odstraňování fosforu srážením vápnem opět závisí na hodnotě pH a na reakční době a teplotě. Probíhá v alkaickém prostředí, kdy pH je vyšší než 10,5. Přidáním vápna se pH ještě zvýší, a oddělí se tak vzniklé sraženiny. Při tomto procesu je nutná následná neutralizace odtoku [2].

Proces srážení má 3 stupně [2]:

- Směšovací – dávkování chemikálie + míchání.
- Flokulační – srážení fosforečnanů, koagulace + flokulace vloček.
- Separační – sedimentace, filtrace nebo flotace.

### 3 CHARAKTERISTIKA PRVKŮ DUSÍK A FOSFOR

Dusík i fosfor jsou nekovové zdánlivě málo nebezpečné látky, které ovšem můžou ve vodách způsobit vážné problémy. Přemíra živin ve vodách může vést k rychlému bujení vodních rostlin, které pak produkují do vody jedovaté látky a způsobují nedostatek kyslíku ve vodě [35].

Značka	Atomové číslo	Atomová hmotnost	Hustota ( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ )	Teplota tání ( $^{\circ}\text{C}$ )	Teplota varu ( $^{\circ}\text{C}$ )
N	7	14,007	1,027	-210	-195,8
P	15	30,974	1,828	44,1	280,5

Tabulka 1: Základní charakteristika prvků dusík a fosfor.

#### 3.1 Dusík

Je to bezbarvý plyn bez zápachu a chuti, ve vodě je málo rozpustný. S jinými prvky reaguje teprve při vyšších teplotách za vzniku binárních sloučenin – nitridů. Reaguje hlavně s kovy alkaických zemin, borem, hliníkem a křemíkem. Nejdůležitější sloučeninou dusíku je amoniak  $\text{NH}_3$ , který se ve vodě velmi dobře rozpouští a je dobrým rozpouštědlem pro iontové sloučeniny. Dusík je biogenním prvkem a podléhá koloběhu mezi živou a neživou přírodou [4].

Dusík má několik objevitelů [6]:

- 1756 – LOMONOSOV – pozoroval zbytek vzduchu v uzavřených nádobách, který tam zůstal při žíhání kovů.
- 1772 – CAVENDISH – vedl vzduch přes žhavé dřevěné uhlí a vytvořený kysličník uhličitý poutal hydroxidem draselným. Získal tak plynný zbytek, jenž nazval „Mephitický plyn“.
- 1772 – DANIEL RUTHERFORD – nechal pokusná zvířata několik dní pod pokusným zvonem, plyn pak zachytil do hydroxidu draselného, a získal tak plynný zbytek – DUSÍK. Jako první uveřejnil výsledky svých pokusů, a stal se tak oficiálně objevitelem dusíku.

Dusík se v přírodě nachází [4]:

- Volný ve vzduchu (78,09%)
- Vázaný ve sloučeninách: a) anorganický – ledek draselný, ledek amonný, chilský ledek, amoniak, aj.  
b) organický – bílkoviny, chlorofyl, kyselina močová, hemoglobin, aj.

Průmyslovým zdrojem dusíku je vzduch. Získává se frakční destilací kapalného vzduchu nebo pomocí molekulových sít. Transportuje se v ocelových lahvích pod tlakem, které jsou označeny zeleným pruhem. Elementární dusík slouží jako ochranný plyn v metalurgii při ochraně povrchu žhavých kovů, přečerpávání pohonných hmot, proplachování aparatur v petrochemii, hašení důlních požárů... Kapalným dusíkem slouží jako chladicí médium a jako chemická surovina slouží k výrobě amoniaku [4].

Dusík se ve vodách vyskytuje především v amoniakální formě, dále pak ve formě dusitanové a dusičnanové. Souhrnným ukazatelem je dusík celkový nebo celkový anorganický dusík [3].

Amoniakální dusík indikuje průběh čistících procesů. Vyskytuje se téměř ve všech typech vod. Na odtoku z dobře fungující čistírny OV by v této formě nemělo být dusíku více než 2 mg/l [3].

Hlavními formami organicky vázaného dusíku ve vodách jsou bílkoviny a močovina. Největší význam má stanovení organického dusíku při sledování biologického čištění OV [3].

## 3.2 Fosfor

V přírodě se fosfor vyskytuje jen vázaný. Základním minerálem je apatit. Fosfor je důležitou součástí živé přírody, nachází se v kostech a exkrementech živočichů. S organickými látkami vytváří různé organofosfáty, které jsou základní součástí živé hmoty. Například nukleové kyseliny (DNA, RNA) jsou nositeli dědičných informací [4].

I fosfor má několik objevitelů [6]:

- 1669 – HENNING BRAND – odpařil moč do sucha a zbytek podrobil destilaci v křivuli, při druhé destilaci zpozoroval v jímadle žlutobílou látku, která v temnu zářila a na vzduchu se zapalovala.
- S vidinou zbohatnutí dostal Brand tuto látku až na dvůr braniborského kurfiřta Bedřicha Viléma II., kde jeho dvorní alchymista J. KUNGKELL dovedl přípravu této látky k takové dokonalosti, že se považoval za jejího objevitele.

Fosfor se vyskytuje v několika modifikacích [4]:

- Bílý fosfor
- Červený fosfor
- Černý fosfor

Bílý fosfor je bezbarvý až bílý, měkký jako vosk, dobře rozpustný v sirovodíku. Je jedovatý a na vzduchu je samozápalný. Uchovává se pod vodou. Bílý fosfor se zahříváním v atmosféře přeměňuje na červený. Ten není rozpustný, jedovatý ani samozápalný, ale se silnými oxidačními činidly, jako jsou chlorečnany, prudce až explozivně reaguje. Černý fosfor vzniká zahříváním bílého fosforu za velmi vysokých tlaků nebo za použití katalyzátorů (rtuti) bez působení tlaku. Slouží k výrobě kyseliny fosforečné, zápalek a pro pyrotechnické účely [4].

Sloučeniny fosforu se ve velkém množství používají jako průmyslová hnojiva. Dále se používají k výrobě pracích prostředků a dalších detergentů, speciálních skel pro sodíkové lampy, porcelánu, zápalek, signálních raket a pyrotechniky nebo jako složka prášku do pečiva. Využití naleznou i v hutnictví (výroba fosforové bronze a další), jako změkčovadla vody a inhibitory koroze, v menší míře pro výrobu polovodičů, pesticidů či zubních past [23].

Ve vodách se fosfor vyskytuje převážně ve formě různých fosforečnanů. Organicky vázaný fosfor pochází z rozkladu vodní flóry a fauny, z živočišných odpadů a z chemických prostředků, které se používají v zemědělství. Nadměrná množství živin, především fosforu, mají za následek vznik eutrofizace vod (přemnožení řas a sinic). Dále dochází ke zhoršování hydrochemického a kyslíkového režimu, ke vzniku a hromadění jedovatých plynů, zmenšení produkční plochy nádrží zarůstáním, snížení průhlednosti vody, aj. [3].

## 4 ČOV BYSTRĚANY

### 4.1 Popis vybrané lokality – Bystřany a okolí

Bystřany se rozkládají podél Sviního potoku jihovýchodně 2 km od města Teplice v Čechách na úpatí hory Doubravky v Ústeckém kraji na severozápadě Čech (obrázek č. 14). Rozvoj této obce začal až v 2. polovině 19. století, kdy se Bystřany staly průmyslovou obcí [20].



Obrázek 8: Mapa vybrané lokality [20].

Významnou část oblasti tvoří Krušné hory s nejvyšší horou Klínovcem 1244 m n.m., jehož jižní svahy prudce klesají do Mostecké pánve. Jižní okraj pánve tvoří výrazné a typické vrchy Českého středohoří rozdělené řekou Labem na dvě části. Na jihu jsou roviny v údolích řek Ohře a Labe. Krušné hory lemují region na severní straně a jsou známy přírodním bohatstvím již od středověku. Pohoří pokrývají převážně smrkové lesy [21].

Surovinovou základnu kraje tvoří především významná ložiska hnědého uhlí představující naprostou většinu zásob této suroviny v ČR. Jsou zde také ložiska jílu a horších druhů kaolínu, podél řek jsou také významná ložiska písků a štěrkopísků. V tomto kraji je vysoce rozvinutá průmyslová výroba, převážně energetika, chemický průmysl, strojírenství, hutnictví, sklářství a výroba textilu. Velký význam má i doprava s vazbou na EU, a to jak silniční, tak i železniční a vodní. Dopravně je kraj rychle dostupný ze všech sousedních krajských sídel i z Prahy [21].

Jana Hejná: Posouzení vlivu rekonstrukce ČOV Bystřany na odstraňování dusíku a fosforu z odpadních vod.

I přes to, že je tento kraj charakterizován velkou průmyslovou výrobou, je zde několik chráněných krajinných oblastí s cennými přírodními hodnotami, jako je CHKO České středohoří nebo CHKO Labské pískovce [21].

### **Popis ČOV Bystřany**

ČOV Bystřany (dále jen ČOV) čistí odpadní vody z jednotné kanalizační sítě, které přivádí kanalizační systém z města Teplice, městských částí a okolních obcí: Nová ves, Prosetice, Řetenice, Sobědruhy, Trnovany, Bystřany, Světice, Bystřice, Dubí, Pozorka, Košťany, Bohosudov, Krupka, Maršov, Unčín, Vrchoslav, Novosedlice, Proboštov a Ujezdeček [16].

ČOV a většina kanalizačního systému leží v odtokové oblasti říčky Bystřice, která se v obci Velvěty vlévá do řeky Bíliny. Řeka Bílina je levostranným přítokem řeky Labe v Ústí nad Labem [16].

Na území odkanalizovaném na centrální ČOV v Bystřanech (foto č. 1) žije celkem cca 80 tisíc obyvatel [16].



**Foto 1: ČOV Bystřany [Krejčí, 2010].**

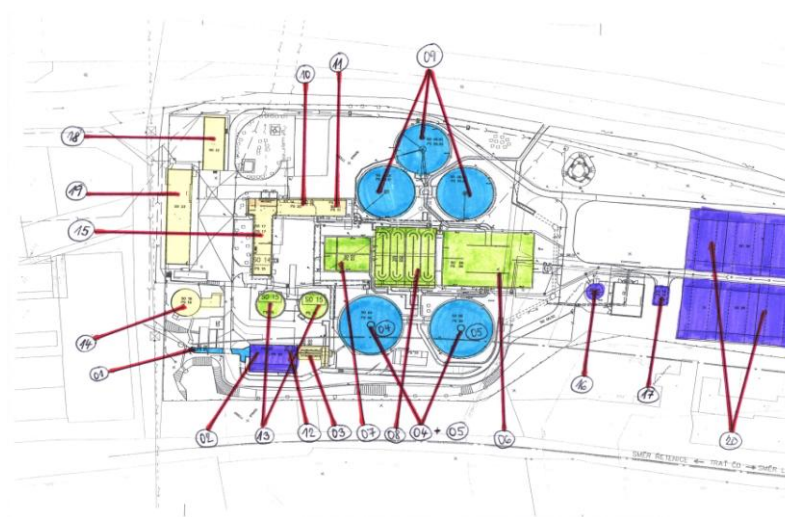
Na sběrači A se před ČOV nachází odlehčovací komora OK102 a shybka pod Bystřicí 2x DN500 + DN1000 na rozhraní obce Bystřany a Prosetic. Tato odlehčovací komora je poslední možné odlehčení před ČOV do Bystřice [16].



Jana Hejná: Posouzení vlivu rekonstrukce ČOV Bystřany na odstraňování dusíku a fosforu z odpadních vod.

Vlastníkem ČOV je Severočeská vodárenská společnost a.s. a provozovatelem Severočeské vodovody a kanalizace, a. s. [16].

Do provozu byla ČOV uvedena v roce 1975 s kapacitou 110 000 EO (ekvivalentních obyvatel) [26]. Její schéma je popsáno na obrázku číslo devět.



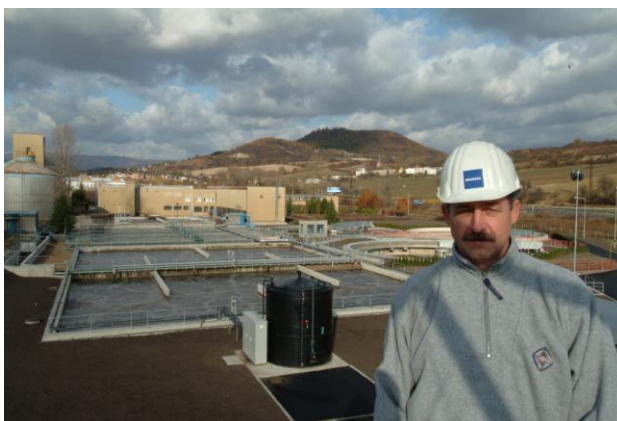
**Obrázek 9: Popsané schéma ČOV Bystřany: 01-Přítok na ČOV a Lapák šterku, 02-Objekt hrubého předčištění, 03-Lapák písku, 04-Dešťová zdrž, 05-Usazovací nádrž, 06-Nádrž nitrifikace, 07-Nádrž regenerace kalu, 08-Nádrž denitrifikace, 09-Dosazovací nádrž, 10-Drobné stavební úpravy, 11-Strojovna aktivačních nádrží, 12-Fekální stanice a jímka fekálních vod, 13-Vyhňivací nádrže, 14-Plynojem a strojovna plynojemu, 15-Velín, 16-Homogenizační jímka stabilizovaného kalu, 17-Jímka kalové vody, 18-Provozní budova, 19-Garáže a dílny, 20-Kalová pole [16].**

Na podzim 2001 byla zahájena celková rekonstrukce, která byla ukončena v říjnu 2003 a v říjnu 2004 byla po zkušebním provozu uvedena do trvalého provozu (foto č. 2). V rámci projektu Evropské unie Phare, kdy tyto čistírny by měly být vzorem pro započetí rekonstrukcí čistíren, byly vybrány dvě čistírny, jedna nad 100 tisíc a jedna pod 100 tisíc, tedy v Bystřanech a v Chánově. Uskutečnila se za finanční pomoci Spolkového ministerstva životního prostředí, ochrany přírody a bezpečnosti reaktorů SRN (BMU). Na rekonstrukci bylo tehdy vynaloženo 6,195 mil. EUR (z toho 2,495 mil. EUR z prostředků SVS). Rekonstrukce přispěla ke snížení znečištění řeky Labe, protože ČOV po rekonstrukci dokáže plnit předepsané limity, co se týče dusíkatého znečištění a fosforu. Její současná kapacita je cca 155 000 EO. V druhé etapě

Jana Hejná: Posouzení vlivu rekonstrukce ČOV Bystřany na odstraňování dusíku a fosforu z odpadních vod.

proběhla rekonstrukce jímek a čerpací stanice primárního kalu, později přišla na řadu rekonstrukce strojovny vyhnívání [26].

Investiční akce SVS vyšla v celkovém finančním objemu 8,436 milionů korun (bez DPH). Zhotovitelem stavby se na základě výsledku výběrového řízení stala společnost HST Hydrosystémy s. r. o. se sídlem v Teplicích. Staveniště bylo předáno zhotoviteli 24. června 2009. Stavební práce měly být ukončeny v říjnu 2009, došlo však k prodloužení prací a od února 2011 bude započat zkušební provoz [26].



**Foto 2: Pohled na nově zrekonstruovanou nádrž regenerace kalu, nádrž denitrifikace, nádrž nitrifikace a dosazovacích nádrží po uvedení stavby do provozu [Krejčí, 2004].**

Jedná se o mechanicko-biologickou ČOV s mezofilním vyhníváním a chemickou eliminací fosforu [Jaroslav Krejčí, 2011, in verb.].

Průtok odpadní vody celou čistírnou je gravitační. Na přítoku se nachází lapák štěrku těžený drapákem. Hrubé předčištění tvoří dvojice hrubých strojně stíraných česlí a dvojice jemných strojně stíraných česlí. Podélný lapák písku je provzdušňovaný a zařízen k těžení, praní a dopravě písku. Písek se těží na základě časové automatiky a dešťového programu. Prací voda se vrací zpět na přítok do lapáku písku. Za lapákem písku je nastavitelná přelivná hrana a následuje jedna kruhová usazovací nádrž s horizontálním průtokem a dešťová zdrž stejné konstrukce. Do dešťové zdrže jsou vedeny dešťové vody odlehčené za lapákem písku. Koncentraci odtahovaného kalu z usazovací nádrže sleduje čidlo a primární kal je

odtahován do zahušťovacích jímek, odkud je čerpán do kalového hospodářství [Jaroslav Krejčí, 2011, in verb.].

Je zde dvoustupňová mezofilní anaerobní stabilizace kalu s jímáním bioplynu, energetické a tepelné využití bioplynu a strojní odvodnění kalu s přidáním flokulantu. Přebytečný aktivovaný kal se zahušťuje strojně v zahušťovací odstředivce, která se nachází v budově dmychárny. Kalová voda ze zahuštění kalu je svedena do čerpací stanice vratného a přebytečného kalu. Kalová voda z odvodnění je svedena do jímky kalové vody a je řízeně čerpána do regenerace kalu. Zhruba třetina odvodněného kalu se odváží a využívá k rekultivacím. Pod odstředivkou je umístěna nádrž o objemu cca 5 m<sup>3</sup>, ze které je kal dávkován novým potrubím do potrubních rozvodů strojovny vyhnívacích nádrží. Vyhnívací nádrže jsou zapojeny za sebou ve dvoustupňové anaerobní mezofilní stabilizaci. Vyhnívací nádrž 1<sup>o</sup> prošla v roce 1997 celkovou rekonstrukcí a do nádrže byla instalována vestavba pro pneumatické míchání bioplynem. Kalové hospodářství je dimenzováno i s ohledem na možný dovoz fekálních vod a kalů z okolních malých ČOV [Jaroslav Krejčí, 2011, in verb.].

V ČOV chybí uskladňovací nádrž stabilizačního kalu před odvodňováním, což je vyřešeno zvýšením výškových rozdílů provozních hladin ve vyhnívací nádrži 2<sup>o</sup> a novou homogenizační nádrží. Při této rekonstrukci byla vybudována nová homogenizační nádrž kalu o objemu 250 m<sup>3</sup> vybavená mechanickým míchadlem a umístěná před odvodňování. Tato nádrž kapacitně odpovídá denní produkci stabilizovaného kalu. Celková kapacita uskladnění kalu ve vyhnívací nádrži a homogenizační nádrži je cca 800 m<sup>3</sup>. Kapacita uskladnění vyhnílého kalu je na dobu cca pěti dnů [16].

## **4.2 Rekonstrukce jímek a ČS primárního kalu**

Jímky a zařízení čerpací stanice primárního kalu byly v havarijním stavu a neplnily svou funkci (obrázek č. 16). Kvůli špatnému zahuštění kalu se snižovala produkce bioplynu na ČOV. Došlo proto k sanaci stávajících konstrukcí jímek. Dále došlo k výměně veškerých armatur souvisejících s nátokem a odtokem ze zahušťovacích jímek. Byly vyměněny čerpadla primárního kalu, čerpadlo dešťové zdrže, potrubí přívodu kalu, odpouštění kalové vody. Došlo k rekonstrukci

Jana Hejná: Posouzení vlivu rekonstrukce ČOV Bystřany na odstraňování dusíku a fosforu z odpadních vod.

elektroinstalace motorové části i stavebních konstrukcí a změny doznal i automatizovaný systém řízení této části technologického procesu. Provedlo se zasklení objektu a oprava fasády. Rekonstrukce probíhala za provozu ČOV, odstavila se vždy jedna jímka a druhá jímka primárního kalu byla v provozu [18].



Obrázek 10: Znázornění jímek a ČS primárního kalu [39].

## Popis rekonstrukce jímek a ČS primárního kalu

Rekonstrukce probíhala ve třech etapách [18]:

- ETAPA 1
- ETAPA 2
- ETAPA 3

V první etapě se odstavila jímka pro vyčerpání dešťové zdrže a poté i kalová jímka 1 (foto č. 3). V provozu zůstala pouze kalová jímka 2, která sloužila na čerpání primárního kalu z usazovací nádrže do vyhnívací nádrže. Po tuto dobu nebylo možné zahuštění primárního kalu. V rekonstruovaných jímkách se provedly demontáže technologie, stavební úpravy a poté montáž nové technologie. V rámci armaturní komory byla provedena výměna odpovídajícího potrubí včetně armatur [18].



**Foto 3: Kalové jímky [Krejčí, 2010].**

V druhé etapě se na dva dny pozastavilo čerpání primárního kalu (foto č. 4) do vyhnívací nádrže. Během této odstávky byl propojen nový výtlak primárního kalu z kalové jímky 1 na stávající výtlak do vyhnívací nádrže, aby se nově vystrojené jímky mohly uvést do zkušebního provozu [18].



**Foto 4: Jímka primárního kalu [autor].**

V poslední etapě se odstavila kalová jímka 2 a do provozu byla uvedena kalová jímka 1, která zajišťovala čerpání primárního kalu z usazovací nádrže do vyhnívací nádrže a umožňovala i jeho zahuštění. V rekonstruované jímce se provedla demontáž technologie, stavební úpravy a poté montáž nové technologie. V rámci armaturní komory byla provedena výměna zbývajících potrubí včetně armatur. Poté byla i kalová jímka 2 uvedena do zkušebního provozu [18].

Jana Hejná: Posouzení vlivu rekonstrukce ČOV Bystřany na odstraňování dusíku a fosforu z odpadních vod.

V uzavřených prostorách měli zaměstnanci provádějící firmy při pracovní činnosti funkční detekční přístroje k analýze bioplynu a dýchatelnosti [18].

Po realizaci následovaly komplexní zkoušky a zkušební provoz v délce tří měsíců. Před uvedením stavby (foto č. 5) do provozu byly provedeny zkoušky vodotěsnosti, plynotěsnosti a prohlídky průmyslovou televizí [18].



Foto 5: Objekt kalových jímek [Krejčí, 2010].

### 4.3 Rekonstrukce strojovny vyhnívání a VN

Rekonstrukce byla započata v roce 2009 a navazuje na první etapu rekonstrukce ČOV. Technické zařízení bylo již dožilé a způsobovalo zhoršenou kvalitu odtoku, zanášení nádrží a čerpadel nečistotami a jejich častou poruchovost.



Obrázek 11: Znárodnění strojovny vyhnívání a VN [39].

Při rekonstrukci vyhnívací nádrže 2° se potrubní systém upravil tak, aby rozdíl objemu kalu činil při minimální a maximální hladině cca 600 m<sup>3</sup>. Rekonstruovala se kompletně strojovna vyhnívání, VN, napájení na stávající systém elektro a ASŘTP (obrázek č. 17). Vyhnívací nádrže kapacitně vyhovovaly i pro výhledový provoz ČOV. Zůstaly tak zapojeny za sebou, a tím se zachovalo dvoustupňové anaerobní mezofilní vyhnívání kalu. Primární kal a zahušťovací kal se nyní dávkuje pouze do vyhřívané nádrže a frekventační směs se odtahuje do druhé nevyhřívané nádrže. Propojení nádrží se připravilo i pro případný paralelní provoz. Vnitřní vystrojení reaktoru 1° včetně osazení víka bylo nové a stejně se provedlo i u reaktoru 2°. Dávkování kalu, přepouštění do 2°, vypouštění do homogenizační nádrže, indikace výšek hladin a potřebné blokace se již provádějí automaticky pomocí řídicího systému [16].

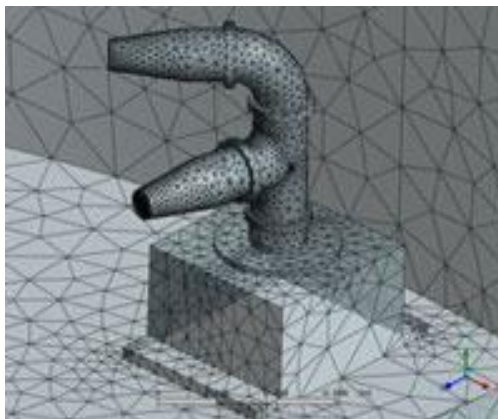
Účelem těchto úprav bylo zkvalitnění homogenizace, zvýšení produkce bioplynu a odstranění tvorby kalového stropu mícháním, čímž pak není nutný jeho odtah [16].

Obě nádrže teď mají kombinaci hydraulického a pneumatického způsobu míchání (obrázek č. 12). Pro hydraulickou homogenizaci bez ohřevu se navrhl systém ROTAMIX.



Obrázek 12: Míchání [25].

System ROTAMIX je hydraulický míchací systém použitelný do všech typů a tvarů nádrží. Základem je sekací čerpadlo Vaughan a dokonale navržený systém trysek (obrázek č. 13), které vytváří zdvojenou oblast cirkulace a jsou umístěné uvnitř nádrže. U tohoto systému není nutná provozní údržba v tanku. Energeticky je nenáročný, zvyšuje účinnost míchání a tvorbu bioplynu [24], [25].



Obrázek 13: Dvojitá tryska [25].

### **Popis rekonstrukce strojovny vyhnívání a VN**

Rekonstrukce probíhala za provozu ČOV a z tohoto důvodu byla navržena do šesti kroků [17]:

- KROK 1
- KROK 2
- KROK 3
- KROK 4
- KROK 5
- KROK 6



Jana Hejná: Posouzení vlivu rekonstrukce ČOV Bystřany na odstraňování dusíku a fosforu z odpadních vod.

V prvním kroku byla za současného provozu VN1 odstavena VN2, kde se provedly stavební úpravy a sanace (foto č. 6) [17].



**Foto 6: Vyhňivací nádrže [Krejčí, 2010].**

Demontovalo se vnitřní potrubí a rozvody plynu pro míchání VN. Vyvrtaly se otvory pro potrubí bezpečnostního a havarijního přepadu a nové potrubí ve výstupní věži. Provedly se úpravy otvoru sání cirkulace z DN 350 na DN 400 (příloha č. 10). Současně se rekonstruovala část strojovny, kde se vyboural strop kolektoru před VN [17].



**Foto 7: Čerpadla systému ROTAMIX [Krejčí, 2010].**

Demontovala se nepotřebná potrubí a zhotovil se základ pod čerpadla systému ROTAMIX (foto č. 7). Stávající čerpadlo velké cirkulace bylo provizorně přemístěno do venkovního prostoru [17].

V druhém kroku se instalovala čerpadla systému ROTAMIX a potrubí z VN2 až k uzávěrům (příloha č. 11). Z VN1 se vypustil kal k odstředivce a na kalová pole [17].

Třetím krokem bylo nainstalování čerpadla ohřevu kalu, čerpadla na odběr kalu a propojovacího potrubí (příloha č. 12) [17].

Ve čtvrtém kroku se zkompletovala instalace čerpadel na ohřev kalu, napojilo se potrubí primárního a zahušťovacího kalu a upravil přepad z VN1 (příloha č. 13) [17].

Během pátého kroku se z provozu odstavila VN1, část objemu kalu se přepustila do VN2 a zbytek se odčerpá k odvodnění. VN1 se vyčistila a VN2 se uvedla do provozu. Potrubí na míchání plynu uvnitř VN1 se demontovalo, vyvrtaly se otvory pro potrubí bezpečnostního a havarijního přepadu. Provedly se úpravy otvoru sání cirkulace z DN 350 na DN 400. Namontovalo se potrubí velké cirkulace a vyvrtal se prostup pro ohřev kalu (příloha č. 14) [17].

V posledním šestém kroku se dokončily všechny potrubní trasy, VN1 a VN2 se propojily. Vypustila se jímka, osadila se nová čerpadla na kalovou vodu (foto č. 8) a instalovala se čerpadla na oplachovou vodu. Na závěr se upravilo potrubní vedení provozní vody ve strojovně [17].



Foto 8: Čerpadla vratného kalu [Krejčí, 2010].

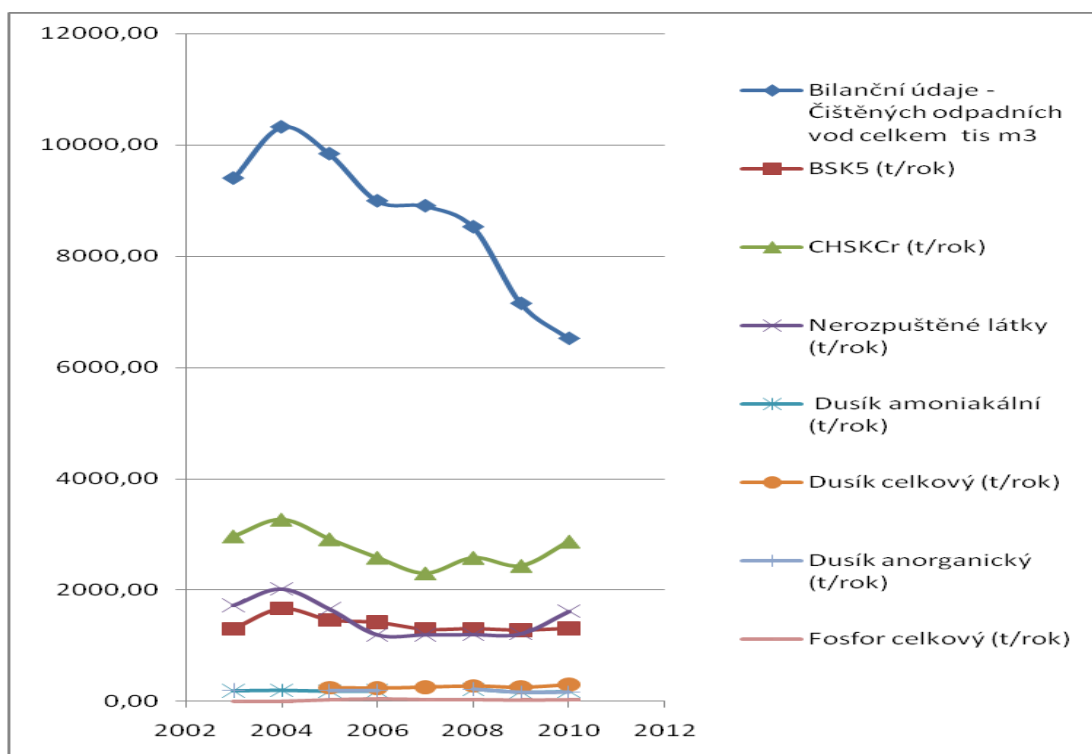
#### 4.4 Odstraňování dusíku a fosforu

Původně se na ČOV odstraňovalo pouze organické znečištění. Teprve až po první etapě rekonstrukce, která proběhla v letech 2001 až 2003 a rekonstruovaly se dosazovací nádrže a nádrže regenerace kalu, denitrifikace a nitrifikace, začala být ČOV schopna odstraňovat biologicky dusík a chemicky eliminovat fosfor. Toto umožnily teprve nové technologie, které umožnila již zmiňovaná rekonstrukce [Jaroslav Krejčí, 2011, in verb.].

#### Znečištění odpadních vod na přítoku do ČOV:

Rok	Bilanční údaje - Čištěných odpadních vod celkem tis m <sup>3</sup>	BSK <sub>5</sub> (t/rok)	CHSK <sub>Cr</sub> (t/rok)	Nerozpuš- těné látky (t/rok)	Dusík amoniakální (t/rok)	Dusík celkový (t/rok)	Dusík anorganic- ký (t/rok)	Fosfor celkový (t/rok)
2003	9398,99	1306,46	2970,08	1729,41	192,40		203,39	5,08
2004	10318,11	1671,53	3270,84	2022,35	200,17			5,14
2005	9836,60	1465,65	2921,47	1662,39	185,91	249,85	193,78	36,40
2006	8991,065	1420,92	2587,43	1201,81	190,54	239,13	194,67	53,01
2007	8901,296	1296,03	2308,11	1202,57		259,03		38,28
2008	8524,365	1306,63	2586,61	1205,98	217,69	281,65	221,31	38,12
2009	7148,62	1281,75	2443,4	1220,98	172,28	255,92	165,13	28,59
2010	6520,72	1312,41	2878,16	1620,96	180,23	307,08	166,71	36,03

Tabulka 2: Znečištění odpadních vod na přítoku do ČOV [Krejčí, 2010].



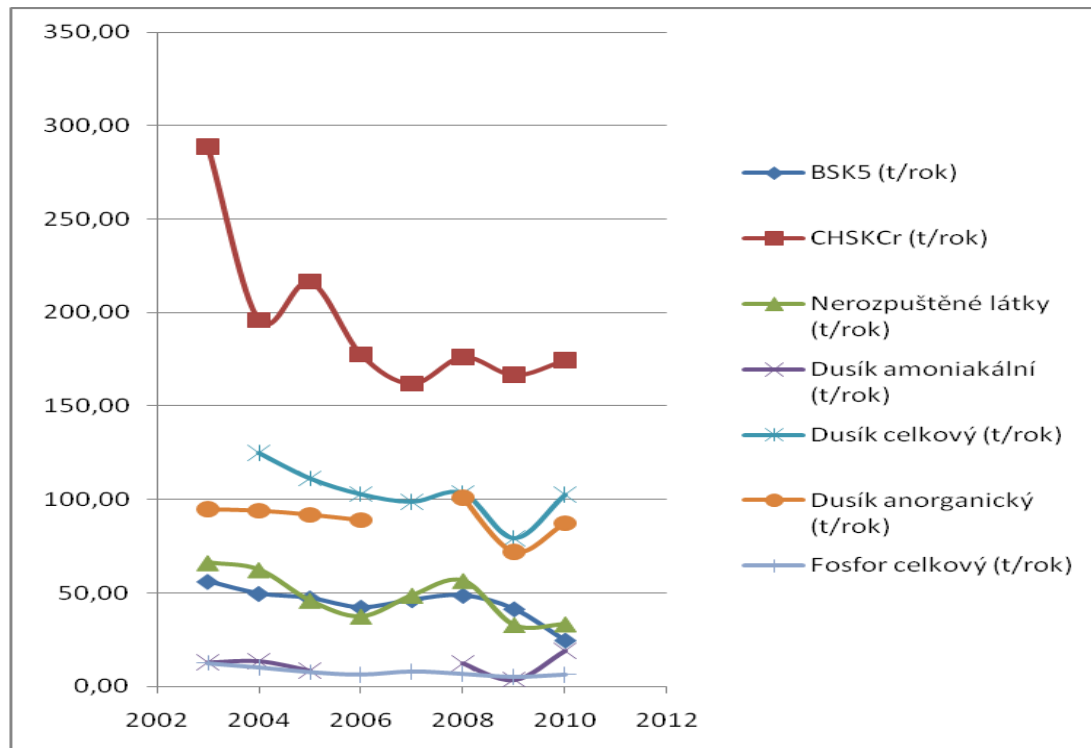
Graf 1: Znečištění odpadních vod na přítoku do ČOV [Krejčí, 2010].

Voda přitékající na ČOV je ze značné části i voda srážková a balastní, která není tolik znečištěná. Množství znečištění za posledních 8 let stoupá pozvolna a není nijak výrazné. Z grafu číslo jedna a tabulky číslo čtyři je patrné hlavně klesající množství vody přitékající na ČOV. Je to důsledek neustálého zdražování vodného a stočného a následného šetření uživatelů vody.

### Znečištění odpadních vod vypouštěných do recipientu:

Rok	BSK5 (t/rok)	CHSKCr (t/rok)	Nerozpuštěné látky (t/rok)	Dusík amoniakální (t/rok)	Dusík celkový (t/rok)	Dusík anorganický (t/rok)	Fosfor celkový (t/rok)
2003	56,07	288,83	66,20	12,84		94,71	12,49
2004	49,63	196,04	62,42	13,52	124,85	94,00	10,24
2005	47,25	216,59	45,94	8,48	111,25	91,78	7,63
2006	42,29	177,66	37,45		102,8	88,88	6,26
2007	46,29	162	48,68		98,8		8,01
2008	48,65	176,31	56,55	12,39	103,35	100,9	6,61
2009	41,46	166,56	32,88	3,57	79,35	71,79	5
2010	24,73	174,49	33,28	18,98	102,53	87,24	6,26

Tabulka 3: Znečištění odpadních vod vypouštěných do recipientu [SČVK].



Graf 2: Znečištění odpadních vod vypouštěných do recipientu [SČVK].

Z grafu číslo dvě a tabulky číslo pět je patrné pozvolné snižování hodnot (například u celkového fosforu až o polovinu). Bohužel, kvůli absenci dat před započítáním první etapy rekonstrukce, není možné porovnat, o kolik se tyto hodnoty vypouštěné odpadní vody do recipientu snížily. Předpokládá se, že i druhá etapa bude v tomto trendu pokračovat a hodnoty se budou i nadále snižovat.

### **Biologické čištění – odstraňování dusíku z OV**

K biologickému čištění jsou zde zřízeny dvě linky tvořené z regenerace kalu, anoxického selektoru, předřazené denitrifikace a nitrifikace. Část nátoky odpadní vody je pomocí čerpání zavedena přímo do regenerace kalu, kam je dále přiveden i vratný kal a kalová voda z odvodnění anaerobně stabilizovaného kalu. Důvodem, proč se do regenerace vpouští voda z přítoku, jsou živiny, které obsahuje. Zde se v oxickém prostředí amoniak z kalové vody mění na dusičnany. Regeneraci tvoří denitrifikační a nitrifikační zóna s odtokem přepadem. Denitrifikační nádrž je zde ojedinělá. Na většině ČOV je denitrifikační nádrž samostatně, zde je ale součástí regenerace, oválného tvaru a oběhová. Výhodou je tak dokonalé promíchání [Jaroslav Krejčí, 2011, in verb.].

Interní recirkulace je vedena ze společného odtokového žlabu do první sekce denitrifikace. Tam se dusičnany redukují na elementární dusík, který pak jako plyn odchází do vzduchu [Jaroslav Krejčí, 2011, in verb.].

Provzdušňovaná zóna regenerace a celá nitrifikace je vybavena jemnobublinným aeračním systémem, anoxický selektor hrubobublinným mícháním vzduchem a denitrifikační nádrže jsou vybaveny pomaluběžným mícháním [Jaroslav Krejčí, 2011, in verb.].

V nitrifikační nádrži za přítomnosti bakterií a přístupu rozpuštěného kyslíku dochází k oxidaci organického znečištění a redukovaných dusíkatých sloučenin na dusičnany, odkud se opět interní a velkou recirkulací vrací zpět do denitrifikační nádrže. D – N proces, který se zde používá, se vyznačuje vysokou stabilitou a vynikající kvalitou odtoku [Jaroslav Krejčí, 2011, in verb.].

Pro separaci aktivovaného kalu slouží tři kruhové dosazovací nádrže se stíráním hladiny a dna pojezdovým mostem. [Jaroslav Krejčí, 2011, in verb.].



**Foto 9: Zanořené potrubí v dosazovací nádrži [autor].**

Odtok vyčištěné vody probíhá pomocí zanořených potrubí (foto č. 9) přes nastavitelný přeliv do recipientu – Horské Bystřice. Výhodou zanořeného potrubí je volná hladina pro stírání plovoucích látek. Snižuje to ovšem výšku hloubky dosazovacích nádrží, což je nevýhoda. Na odtoku je umístěn měrný objekt – Parshallův žlab (foto č. 10). Běžně se používá Thomsonův přepad, který je konstrukčně jednodušší. Je však navrhován pro malý průtok a často se zanáší. V Parshallově žlabu se neusazují nečistoty a konstrukčně je vhodný na velké průtoky [Jaroslav Krejčí, 2011, in verb.].



**Foto 10: Parshallův žlab na odtoku [autor].**

Druhý Parshallův žlab je umístěn na dešťovém odtoku, kde je voda mechanicky předčištěná. Dále je na odtoku umístěn odběrák vzorků (foto č. 11), který jednou týdně ve dvouhodinových sekvencích po dobu 24 hodin odebírá vzorky vody vypouštěné do recipientu. Hospodářsky jsou zde dané vzorky typu C (zmíněny již ve Směrnici Rady 91/271/EHS ze dne 21. května o čištění městských odpadních vod, kterou stručně popisují v podkapitole Legislativa v oblasti odpadních vod), podle kterých se pak vykazují úplaty za čištění OV [Jaroslav Krejčí, 2011, in verb.].



**Foto 11: Odběrák vzorků umístěný na odtoku z ČOV [autor].**

Přebytečný biologický kal je veden odbočkou z potrubí vratného kalu na strojní zahuštění a do stabilizační a uskladňovací nádrže. Nádrž je periodicky provzdušňována, čímž je zajištěna úplná aerobní stabilizace kalu [Jaroslav Krejčí, 2011, in verb.].

ČOV je vybavena automatizovaným řídicím systémem tak, aby vyžadovala pouze minimální obsluhu. Součástí řídicího systému je mimo jiné automatická regulace koncentrace rozpuštěného kyslíku, odtahu přebytečného kalu, plovoucích nečistot, atd. [Jaroslav Krejčí, 2011, in verb.].



## Chemické čištění – odstraňování fosforu z OV

Fosfor se zde eliminuje chemickým srážením pomocí trojmocné soli. Nejčastěji se z ekonomických a ekologických důvodů používá síran železitý, který se dávkuje do nátoky na nitrifikační nádrže (foto č. 12) nebo před rozdělovací objekt na dosazovací nádrže, čímž se zlepšují separační vlastnosti kalu, a ten se tak lépe usazuje. Je potřeba jej dávkovat do místa, kde je dostatečná turbulence, aby došlo k rychlému promíchání. Důvodem je, že síran železitý společně s vodou hydrolyzuje na kyselinu a hydroxidy železa, které jsou aktivní vůči fosforu pouze po určitou dobu. Množství se dávkuje podle analyzátoru fosforu. Zásobní nádrž a dávkovací čerpadla jsou umístěny v blízkosti nitrifikační nádrže a proti homogenizační nádrži stabilizovaného kalu. Ve výjimečných případech, jako je přemnožení vláknitých bakterií, je nutné použití dražšího síranu hlinitého. Přemnožení vláknitých bakterií má tyto následky [Jaroslav Krejčí, 2011, in verb.]:

- Vločky utíkají z usazovací nádrže do odtoku.
- Vzniká pěna, která zahnívá.
- Čistírna může přestat nitrifikovat, protože dojde ke snížení stáří kalu.

Ani jeden následek není pro chod ČOV a plnění limitů žádoucí.



Foto 12: Dávkování síranu železitého [autor].

## 4.5 Financování - Dotace EU

K celé rekonstrukci bylo využito kromě prostředků společnosti SVS a.s. i finančních a dotačních zdrojů ze státního rozpočtu, dotací Evropské Unie (PHARE) a Ministerstva životního prostředí Spolkové republiky Německo. Výsledkem bylo zlepšení čistoty řek na severu Čech a v příhraničních zemích. Tento program byl zařazen mezi oceněné "Celosvětové projekty - Examples of the Future" na celosvětové výstavě Expo 2000 v dolnosaském Hannoveru [30].

### Fondy EU

Fondy EU jsou nástroje finanční a technické pomoci, které slouží hlavně k podpoře hospodářského růstu, zlepšování vzdělanosti a sociálních nerovností [32].

Tomuto úsilí se souhrnně říká evropská politika hospodářské a sociální soudržnosti (HSS). HSS patří vedle zemědělské politiky k nejvýznamnějším evropským agendám a Evropská unie na ni vynakládá více než třetinu svého společného rozpočtu [40].

Česká republika může čerpat v letech 2007 až 2013 z fondů přibližně 26,7 miliard EUR [32].

Evropská unie disponuje třemi hlavními fondy [40]:

- Evropský fond pro regionální rozvoj (ERDF)
- Evropský sociální fond (ESF)
- Fond soudržnosti (FS)

Každá členská země si dojednává s Evropskou komisí operační programy (OP), které jsou zprostředkujícím mezistupněm mezi třemi hlavními evropskými fondy (ERDF, ESF, FS) a konkrétními příjemci finanční podpory v členských státech a regionech. Každý subjekt, jenž chce požádat o finanční podporu z fondů EU, musí předložit projekt řídicímu orgánu operačního programu. Řídicími orgány operačních programů jsou u tematicky zaměřených OP ministerstva, u územně vymezených OP regionální rady regionů soudržnosti (územní celky zřízené za účelem přijímání dotací z evropských fondů). Řídicí orgány operačních programů vyhláší pravidelně časově vymezené výzvy k předkládání projektů v rámci jednotlivých prioritních os a

Jana Hejná: Posouzení vlivu rekonstrukce ČOV Bystřany na odstraňování dusíku a fosforu z odpadních vod.

oblastí podpory. Česká republika si pro nynější období vyjednala 26 operačních programů [40].

### **Státní fond životního prostředí ČR**

Státní fond životního prostředí ČR je významný finanční zdroj při ochraně a zlepšování životního prostředí. Plní závazky vyplývající z mezinárodních úmluv o ochraně ŽP, závazky vyplývající ze členství v EU a státní politiku ŽP. Jeho činnost je legislativně upravena zákonem č. 388/1991 Sb. Příjmy fondu tvoří hlavně platby za znečišťování nebo poškozování jednotlivých složek ŽP, jako jsou poplatky za vypouštění odpadních vod, odvody za odnětí půdy, poplatky za znečištění ovzduší nebo poplatky za ukládání odpadů [33].

Státní fond životního prostředí ČR je zprostředkujícím orgánem pro Operační program životního prostředí. O použití finančních prostředků rozhoduje ze zákona ministr životního prostředí [33].

### **Program Phare**

Česká republika uzavřela v roce 1993 Evropskou dohodu s Evropským společenstvím (dále jen ES) na podporu hospodářské transformace a reformy institucí, čímž se zařadila do programu Phare. Tento program se postupně rozšířil na 13 zemí a byl zaměřený na pomoc příhraničním regionům při překonávání specifických problémů jejich rozvoje [31].

Předvstupní pomoc se v rámci Phare soustředila na oblasti [31]:

- Posílení veřejné správy a její institucí
- Podporování struktur občanské společnosti
- Sbližování komunitární legislativy a právních norem kandidátských zemí
- Posílení hospodářské a sociální soudržnosti + investiční podpora
- Upevnění formy předvstupní pomoci
- Decentralizace předvstupní pomoci

V zákoně č. 218/200 Sb., o rozpočtových pravidlech, je Národní fond samostatný nástroj, kterým Ministerstvo financí koordinuje řízení finančních toků z ES a

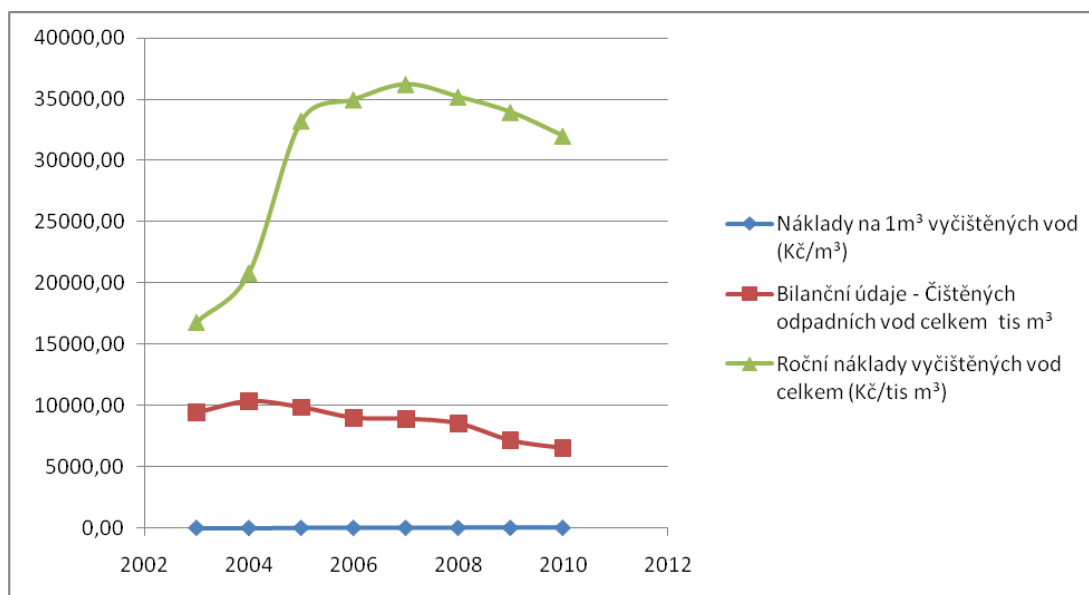
Jana Hejná: Posouzení vlivu rekonstrukce ČOV Bystřany na odstraňování dusíku a fosforu z odpadních vod.

tuzemských zdrojů k příjemcům pomoci a dodržování postupů upravující realizaci společných programů ES a České republiky [31].

### Roční náklady na 1 m<sup>3</sup> vyčištěných vod (Kč/m<sup>3</sup>):

Rok	Náklady na 1 m <sup>3</sup> vyčištěných vod (Kč/m <sup>3</sup> )	Bilanční údaje - Čištěných odpadních vod celkem tis m <sup>3</sup>	Roční náklady vyčištěných vod celkem (Kč/tis m <sup>3</sup> )
2003	1,79	9398,99	16824,19
2004	2,02	10318,11	20842,58
2005	3,38	9836,60	33247,71
2006	3,89	8991,065	34975,24
2007	4,07	8901,296	36228,28
2008	4,13	8524,365	35205,63
2009	4,75	7148,62	33955,95
2010	4,91	6520,72	32016,74

Tabulka 4: Roční náklady na 1 m<sup>3</sup> vyčištěných vod (Kč/m<sup>3</sup>) [SČVK].



Graf 3: Roční náklady vyčištěných vod celkem (Kč/tis m<sup>3</sup>) [SČVK].

Jana Hejná: Posouzení vlivu rekonstrukce ČOV Bystřany na odstraňování dusíku a fosforu z odpadních vod.

Na grafu číslo tři vidíme klesající náklady, které jsou z velké části ovlivněny snižujícím se množstvím čištěné vody. Dalším důvodem klesání je první etapa rekonstrukce, kdy došlo ke zlepšení aktivačních procesů. Toto zlepšení má za následek snižování dávkování flokulantů, a tím ekonomické i ekologické úspory. Od druhé etapy rekonstrukce se očekává zlepšení vyhnívání kalu, a tím zvýšení produkce bioplynu, což by opět vedlo ke snížení nákladů na čištění odpadních vod.

## 5 ZÁVĚR

V této práci jsem se věnovala odpadním vodám se zaměřením na jejich čištění, zejména na odstraňování dusíku a fosforu z odpadních vod. Cílem této práce bylo posouzení zlepšení hodnot vypouštěné vody zpět do recipientu po rekonstrukci čistírny odpadních vod v Bystřanech. Tato práce byla rozdělena do čtyř tematických okruhů.

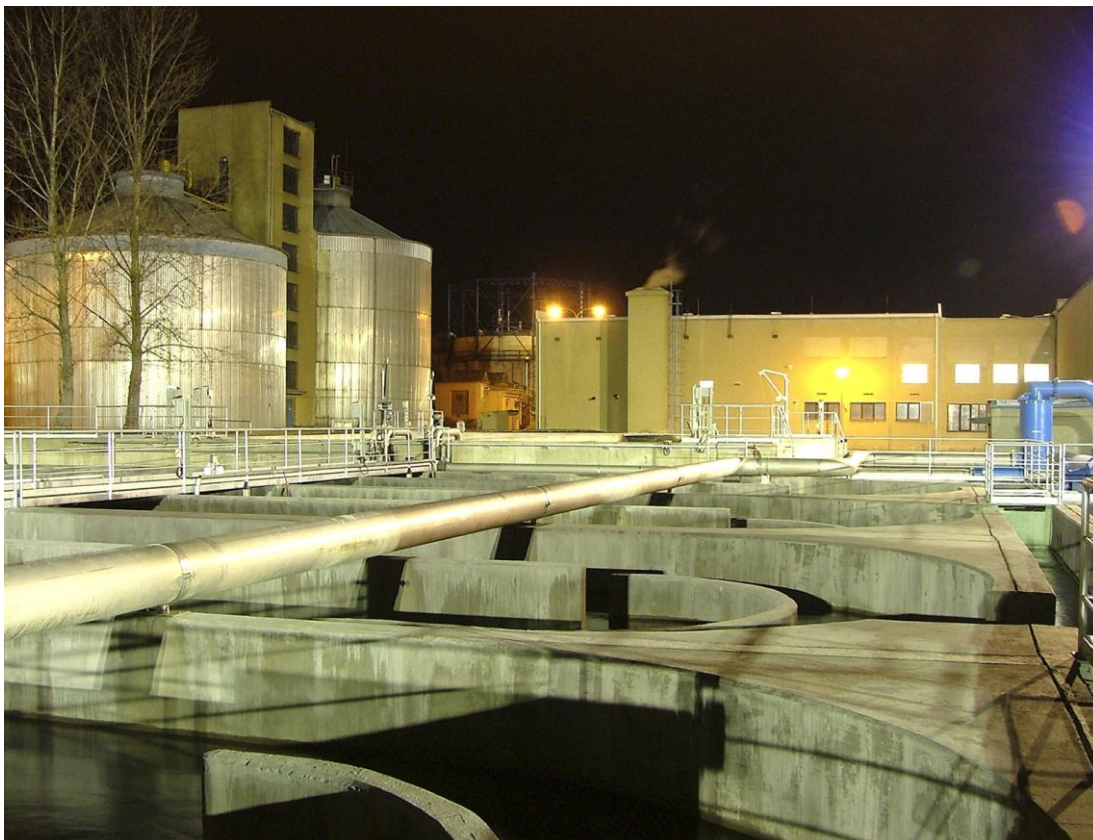
V první části jsem vypracovala stručnou literární rešerši na téma Odpadní vody. Popsala jsem zde problematiku odpadní vody, její ukazatele znečištění, typy odpadních vod a legislativu, která se touto oblastí zabývá. V druhé části jsem se věnovala stručně historii a způsobům čištění odpadních vod. Jsou zde popsány počátky čištění a způsoby mechanického, biologického i chemického čištění. Ve třetí části velmi stručně popisuji prvky dusík a fosfor a jejich vztah k problematice odpadních vod. V poslední čtvrté kapitole popisuji zájmovou čistírnu odpadních vod v Bystřanech a oblast, kde se nachází. Cílem mého průzkumu se stala druhá etapa rekonstrukce, kdy byly v první fázi modernizovány jímky a čerpací stanice primárního kalu, v druhé fázi pak strojovna vyhnívání a vyhnívací nádrže. Dále popisuji, jakým způsobem se zde odstraňuje dusík a fosfor, a způsob financování celé rekonstrukce.

Po seznámení se s provozem čistírny a zpracování získaných dat jsem zaznamenala neustále se snižující přítok vody na čistírnu v posledních letech. Tento jev je důsledkem zdražování vodného a stočného a následným šetřením koncových uživatelů. Nemalý vliv to bohužel má i na data hodnot vody na přítoku do čistírny, a tak na první pohled není z grafů patrné, zda hodnoty klesají. Významný vliv na odstraňování dusíku a fosforu měla hlavně první etapa rekonstrukce, kdy byly modernizovány aktivační a dosazovací nádrže. Data před započítáním první etapy rekonstrukce již bohužel nebylo možné získat, a nejde tak posoudit, jak výrazný vliv to mělo. Proto jsem se zaměřila na druhou etapu rekonstrukce.

Rekonstrukce jímek a vyhnívacích nádrží by neměla mít zásadní vliv na kvalitu vypouštěné odpadní vody. Ovšem očekává se od ní zlepšení vyhnívání kalu, což by mělo mít za následek mírně zvýšenou produkci amoniaku a fosforu. Surový kal by tak zvýšil svoji energii. Výsledkem by bylo převážně snížení kalu, zvýšení produkce bioplynu a snížení dávkování flokulantů. Tyto skutečnosti by vedly k ekonomickým

Jana Hejná: Posouzení vlivu rekonstrukce ČOV Bystřany na odstraňování dusíku a fosforu z odpadních vod.

a ekologickým úsporám. Protože došlo k nečekanému prodloužení rekonstrukce a čistírna byla uvedena do zkušebního provozu teprve v březnu 2011, není možné tato očekávaná fakta ověřit, a zůstává tak stále nezodpovězená otázka: Do jaké míry přispěje druhá etapa rekonstrukce k ekonomickým a ekologickým úsporám?



**Foto 13: Noční pohled na ČOV [Krejčí, 2010].**

## 6 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] DOHÁNYOS M., KOLLER J., STRNADOVÁ N., 1994: Čištění odpadních vod. VŠCHT Praha, ISBN 80-7080-207-3.
- [2] POŠTA J. a kol., 2008: Čistírny odpadních vod. ČZU Praha, ISBN 978-213-1366-8.
- [3] HLAVÍNEK P., MIČÍN J., PRAX P., 2003: Stokování a čištění odpadních vod. Akademické nakladatelství CERM, s.r.o. Brno, ISBN 80-214-2535-0.
- [4] LEŠKO J., TRŽIL J., ŠTARHA R., 1999: Anorganická chemie. VŠB-Technická Univerzita Ostrava, ISBN 80-7078-692-2.
- [5] KAŠPÁREK F., PASTOREK R., ŠINDELÁŘ Z., BŘEZINA F., 2001: Anorganická chemie. Palackého Univerzita v Olomouci, ISBN 80-244-0311-0.
- [6] ENGELS S., NOWAK A., 1977: Chemické prvky-historie a současnost. SNTL/ALFA.
- [7] VÍTĚZ T., GRODA B., 2008: Čištění a čistírny odpadních vod. MZLU Brno, ISBN 978-80-7375-180-7.
- [8] MALÝ J., MALÁ J., 2000: Chemie a technologie vody. NOEL, ISBN 80-86020-13-4.
- [9] SLADKÁ A., 1989: Biologické metody a hodnocení čistírenských procesů. VUV ve Státním Zemědělském Nakladatelství Praha.
- [10] BRONCOVÁ D., 2002: Historie kanalizací - Dějiny odvázení a čištění odpadních vod v Českých Zemích. MILPO MEDIA s.r.o., ISBN 80-86098-25-7.
- [11] ŠVEHLA P., TLUSTOŠ P., BALÍK J., 2007: Odpadní vody. ČZU Praha, Katedra agrochemie a výživy rostlin, ISBN 987-80-213-1716-1.
- [12] ZÁKON č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon).
- [13] UHER M., 2010: Membrány na dosah i pro komunální ČOV v ČR. Časopis Vodní hospodářství 3/2010, 1.
- [14] BARCHÁNEK M., 2010: Čistírny odpadních vod versus bioodpady - 1. Část. Časopis SOVAK 3/2010, 4.
- [15] BOYMANNS D., 1999: 13. Hospodaření s vodou. Vodní hospodářství z pohledu péče o Životní prostředí, svazek 13, 3



Jana Hejná: Posouzení vlivu rekonstrukce ČOV Bystřany na odstraňování dusíku a fosforu z odpadních vod.

- [16] MLÁDEK J. a kol., 2009: Bystřany ČOV- rekonstrukce strojovny vyhnívání a VN. A. Průvodní zpráva, Útvar projekce Liberec, 11.
- [17] MLÁDEK J. a kol., 2009: Bystřany ČOV- rekonstrukce strojovny vyhnívání a VN. E. Technická zpráva organizace výstavby, Útvar projekce Liberec, 8.
- [18] BAROCHOVÁ P. a kol., 2009: Bystřany ČOV- rekonstrukce jámek a ČS primárního kalu. Dokumentace pro stavební řízení a provádění stavby, Útvar projekce Liberec, 8.
- [19] GARTEN, 2008: Odpadní voda-vlastnosti a podmínky pro využití. Garten.cz, online: <http://www.garten.cz/a/cz/4684-odpadni-voda-vlastnosti-a-podminky-pro-pouziti-1/>, cit. 25. 9. 2010.
- [20] BYSTŘANY, 2010: Úvodní stránka. Bystřany – oficiální internetové stránky obce, online: <http://mesta.obce.cz/bystrany/index.htm>, cit. 15. 11. 2010
- [21] RIS, 2010, O kraji – Ústecký kraj. Regionální informační servis, online:[http://www.risy.cz/o\\_kraji\\_ustecky\\_kraj](http://www.risy.cz/o_kraji_ustecky_kraj), cit. 15. 11. 2010.
- [22] NASEINFO, 2010, Historie kanalizace. Našeinfo.cz, online:<http://www.naseinfo.cz/stavby-a-stavebnictvi/technicke-zarizeni/kanalizace/historie-kanalizace>, cit. 30. 9. 2010.
- [23] IRZ, 2008: Látka: celkový fosfor. Integrovaný registr znečišťování, online: [http://www.irz.cz/latky/celkovy\\_fosfor](http://www.irz.cz/latky/celkovy_fosfor), cit. 10. 11. 2010.
- [24] ENVIWEB, 2007: Seznam, exponátů a novinek Ekologických veletrhů Brno 2007. Odborný zpravodajský portál pro životní prostředí, online:<http://www.enviweb.cz/clanek/obecne/63261/seznam-exponatu-a-novinek-ekologickych-veletrhu-brno-2007>, cit. 17. 11. 2010.
- [25] ROLIOL, 2010: Míchací systém Rotamix. Roliol spol. s.r.o., online:<http://www.roliol.cz/catalog.php?page=systemy.michaci.rotamix.common&PHPSESSID=de273c51ba8cb9ceb9457e7c980a8373> , cit. 17. 11. 2010.
- [26] SVS, 2009: SVS zahajuje další etapu rekonstrukce ČOV Bystřany. Severočeská vodárenská společnost, online: [http://www.svs.cz/cz/pro\\_novinare/tiskove\\_zpravy/svs-zahajuje-dalsi-etapu-rekonstrukce-cov-bystrany.html](http://www.svs.cz/cz/pro_novinare/tiskove_zpravy/svs-zahajuje-dalsi-etapu-rekonstrukce-cov-bystrany.html), cit. 27. 11. 2010.
- [27] HST, 2010: Reference HST. Společnost HST Hydrosystémy s.r.o., online:<http://www.hydrosystemy.cz/hst-reference/cistení-odpadních-vod>, cit. 27. 11. 2010.

Jana Hejná: Posouzení vlivu rekonstrukce ČOV Bystřany na odstraňování dusíku a fosforu z odpadních vod.

- [28] WIKIPEDIE, 2010: Znečištění vody. Wikipedie- otevřená encyklopedie, online: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Znečištění\\_vody](http://cs.wikipedia.org/wiki/Znečištění_vody), cit. 25. 9. 2010.
- [30] SVS, 2008: Historie. Severočeská vodárenská společnost a.s., online: [http://www.svs.cz/cz/o\\_spolecnosti/historie/](http://www.svs.cz/cz/o_spolecnosti/historie/) , cit. 29. 11. 2010.
- [31] MFCR, 2005: Vznik a vývoj programu Phare. Ministerstvo financí České republiky, online: [http://www.mfcr.cz/cps/rde/xchg/mfcr/xsl/pom\\_eu\\_ukonprogr\\_phare.html](http://www.mfcr.cz/cps/rde/xchg/mfcr/xsl/pom_eu_ukonprogr_phare.html), cit. 10. 2. 2011.
- [32] EURO-FONDY, 2011: Co jsou fondy EU. Euro – fondy, online: <http://www.euro-fondy.cz/> , cit. 10. 2. 2011.
- [33] SFZP, 2011: Státní fond životního prostředí ČR. Státní fond životního prostředí České republiky, online: <https://www.sfzp.cz/sekce/92/statni-fond-zivotniho-prostredi-cr/>, cit. 11. 2. 2011.
- [34] MZP, 2008: Ochrana vod. Ministerstvo životního prostředí, online: [http://www.mzp.cz/cz/ochrana\\_vod](http://www.mzp.cz/cz/ochrana_vod), cit. 11. 2. 2011.
- [35] CENIA, 2008: Znečištění živinami jako je dusík a fosfor, vodní květ. Multimediální ročenka životního prostředí, online: <http://vitejenazemi.cenia.cz/voda/index.php?article=73>, cit. 12. 2. 2011.
- [36] MZP, 2008: Zpráva o stavu vodního hospodářství v ČR. Ministerstvo životního prostředí, online: [http://www.mzp.cz/cz/zprava\\_stav\\_ochrany\\_vod](http://www.mzp.cz/cz/zprava_stav_ochrany_vod), cit. 11. 2. 2011.
- [37] EUROPA, 2009: Úřad pro úřední tisky. Europa – Gateway to the European Union, online: <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31991L0271:CS:NOT>, cit. 20. 9. 2010.
- [38] EM, 2011: Vývoj stokování a čištění odpadních vod v Praze. Ekotechnické museum, online: <http://www.ekotechnickemuseum.cz/index.php/cs/historie>, cit. 15. 1. 2011.
- [39] VHS, 2005: Ekologické stavby. Vodohospodářské stavby Teplice, online: <http://www.vhs.cz/buildings.php?kam=Stavby3/infopage2>, cit. 30. 11. 2010.
- [40] SFEU, 2011: Fondy EU. Strukturální fondy EU, online: <http://www.strukturalni-fondy.cz/Informace-o-fondech-EU>, cit. 20. 3. 2011.

## 7 PŘÍLOHY

### 7.1 Fotodokumentace

Foto 1: ČOV Bystřany [Krejčí, 2010]. .....	41
Foto 2: Pohled na nově zrekonstruovanou nádrž regenerace kalu, nádrž denitrifikace, nádrž nitrifikace a dosazovacích nádrží po uvedení stavby do provozu [Krejčí, 2004]. .....	43
Foto 3: Kalové jímky [Krejčí, 2010]. .....	46
Foto 4: Jímka primárního kalu [autor]. .....	46
Foto 5: Objekt kalových jímek [Krejčí, 2010]. .....	47
Foto 6: Vyhnívací nádrže [Krejčí, 2010]. .....	50
Foto 7: Čerpadla systému ROTAMIX [Krejčí, 2010]. .....	50
Foto 8: Čerpadla vratného kalu [Krejčí, 2010]. .....	51
Foto 9: Zanořené potrubí v dosazovací nádrži [autor]. .....	56
Foto 10: Parshallův žlab na odtoku [autor]. .....	56
Foto 11: Odběrák vzorků umístěný na odtoku z ČOV [autor]. .....	57
Foto 12: Dávkování síranu železitého [autor]. .....	58
Foto 13: Noční pohled na ČOV [Krejčí, 2010]. .....	64

### 7.2 Seznam tabulek

Tabulka 1: Základní charakteristika prvků dusík a fosfor. ....	37
Tabulka 2: Znečištění odpadních vod na přítoku do ČOV [Krejčí, 2010]. .....	52
Tabulka 3: Znečištění odpadních vod vypouštěných do recipientu [SČVK]. .....	54
Tabulka 4: Roční náklady na 1 m <sup>3</sup> vyčištěných vod (Kč/m <sup>3</sup> ) [SČVK]. .....	61

### 7.3 Seznam grafů

Graf 1: Znečištění odpadních vod na přítoku do ČOV [Krejčí, 2010].	53
Graf 2: Znečištění odpadních vod vypouštěných do recipientu [SČVK].	54
Graf 3: Roční náklady vyčištěných vod celkem (Kč/tis m <sup>3</sup> ) [SČVK].	61

### 7.4 Seznam příloh

Příloha 1: Požadavky na vypouštění z čistíren městských odpadních vod podle článků 4 a 5 této směrnice [13].

Příloha 2: Požadavky na vypouštění z čistíren městských odpadních vod v citlivých oblastech vymezených podle přílohy II A písm. a), které podléhají eutrofizaci [13].

Příloha 3: Ručně stírané česle [3].

Příloha 4: Lapák šterku [3].

Příloha 5: Archimédův šroub [3].

Příloha 6: Dvoukomorový lapák písku s horizontálním průtokem [3].

Příloha 7: Vertikální lapák písku [3].

Příloha 8: Bochumský lapák písku [3].

Příloha 9: Vírový lapák písku [3].

Příloha 10: Zvýrazněné schéma kroku 1 [29].

Příloha 11: Zvýrazněné schéma kroku 2 [29].

Příloha 12: Zvýrazněné schéma kroku 3 [29].

Příloha 13: Zvýrazněné schéma kroku 4 [29].

Příloha 14: Zvýrazněné schéma kroku 5 [29].

## SEZNAM OBRÁZKŮ

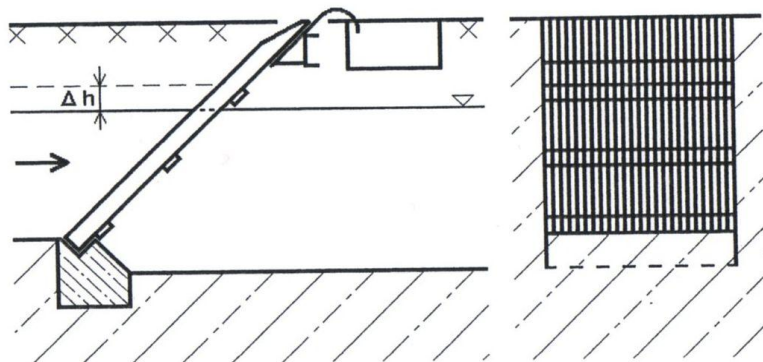
Obrázek 1: Splavování hnojiv a pesticidů do recipientu [28].	13
Obrázek 2: Splašková odpadní voda - černá voda [19].	17
Obrázek 3: Interiér nového lapače písku v bubenečské čistírně [38].	23
Obrázek 4: Výkop pro stavbu kanalizace u Císařských lázní [10].	24
Obrázek 5: Obecné schéma aktivačního systému pro odstraňování dusíku a fosforu [7].	31
Obrázek 6: Zelené řasy a sinice ve vodě signalizují znečištění vody vysokým obsahem dusíku a fosforu [28].	32
Obrázek 7: Terciální srážení s barevně označeným místem, kde dochází ke srážení [2].	34
Obrázek 8: Mapa vybrané lokality [20].	40
Obrázek 9: Popsané schéma ČOV Bystřany: 01-Přítok na ČOV a Lapák štěrku, 02-Objekt hrubého předčištění, 03-Lapák písku, 04-Dešťová zdrž, 05-Usazovací nádrž, 06-Nádrž nitrifikace, 07-Nádrž regenerace kalu, 08-Nádrž denitrifikace, 09-Dosazovací nádrž, 10-Drobné stavební úpravy, 11-Strojovna aktivačních nádrží, 12-Fekální stanice a jímka fekálních vod, 13-Vyhnívací nádrže, 14-Plynojem a strojovna plynojemu, 15-Velín, 16-Homogenizační jímka stabilizovaného kalu, 17-Jímka kalové vody, 18-Provozní budova, 19-Garáže a dílny, 20-Kalová pole [16].	42
Obrázek 10: Znázornění jímek a ČS primárního kalu [39].	45
Obrázek 11: Znázornění strojovny vyhnívání a VN [39].	47
Obrázek 12: Míchání [25].	48
Obrázek 13: Dvojitá tryska [25].	49

ukazatel	koncentrace	min. % úbytku	ref. metoda stanovení
Biochemická spotřeba kyslíku (BSK5 při 20 °C) bez nitrifikace	25mg O <sub>2</sub> /l	70—90 40 podle čl. 4 odst. 2	Homogenizovaný, nefiltrovaný a nevyhnilý vzorek. Stanovení rozpuštěného kyslíku před pětidenní inkubací a po ní při 20 °C ± 1 °C v naprosté tmě. Přídavek inhibitoru nitrifikace.
Chemická spotřeba kyslíku (CHSKCr)	125 mg O <sub>2</sub> /l	75	Homogenizovaný, nefiltrovaný a nevyhnilý vzorek dichroman draselný.
Nerозpuštěné látky	35 mg/l 35 mg/l podle čl. 4 odst. 2 (nad 10000 PE) 60 mg/l podle čl. 4 odst. 2 (2000 — 10000 PE)	90 90 dle čl. 4 odst. 2 (nad 10000 PE) 70 dle čl. 4 odst. 2 (2000 — 10000 PE)	Filtrace reprezentativního vzorku membránovým filtrem 0,45 μm. Sušení při 105 °C a zvažení. Odstrědění reprezentativního vzorku (po dobu nejméně pěti minut při průměrném zrychlení 2800 až 3200 g), sušení při 105 °C a zvažení

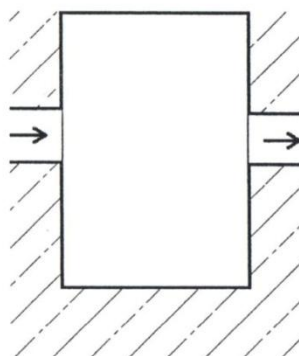
**Příloha 1: Požadavky na vypouštění z čistíren městských odpadních vod podle článků 4 a 5 této směrnice [13].**

ukazatel	koncentrace	min. % úbytku	ref. metoda stanovení
Celkový fosfor	2 mg/l (10000 — 100000 PE) 1 mg/l (více než 100000 PE)	80	Molekulární absorpční spektrofotometrie
Celkový dusík	15 mg/l (10000 — 100000 PE) 10 mg/l (10000 — 100000 PE)	70—80	Molekulární absorpční spektrofotometrie

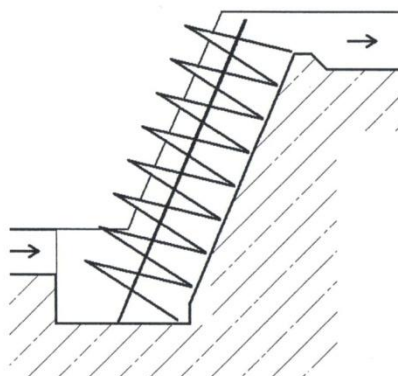
**Příloha 2: Požadavky na vypouštění z čistíren městských odpadních vod v citlivých oblastech vymezených podle přílohy II A písm. a), které podléhají eutrofizaci [13].**



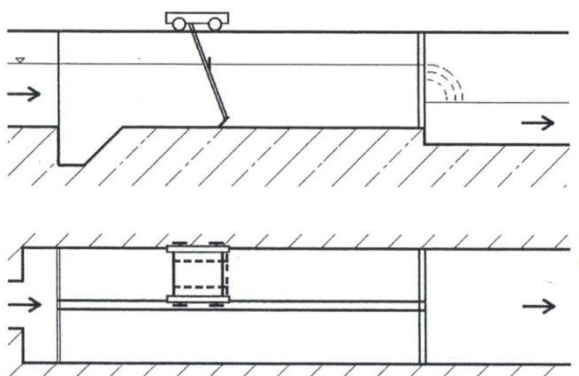
**Příloha 3: Ručně stírané česle [3].**



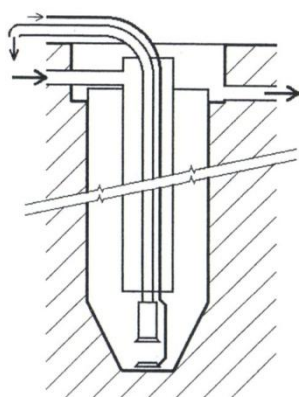
**Příloha 4. Lapák štěrku [3].**



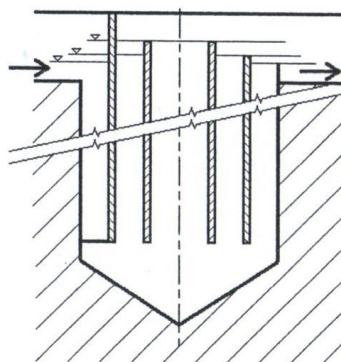
**Příloha 5: Archimédův šroub [3].**



**Příloha 6: Dvoukomorový lapák písku s horizontálním průtokem [3].**

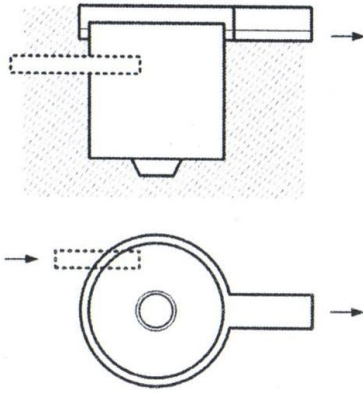


**Příloha 7: Vertikální lapák písku [3].**

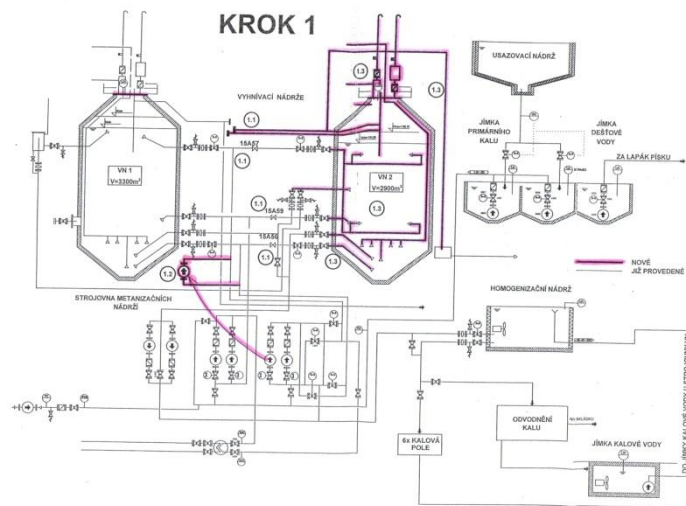


**Příloha 8: Bochumský lapák písku [3].**

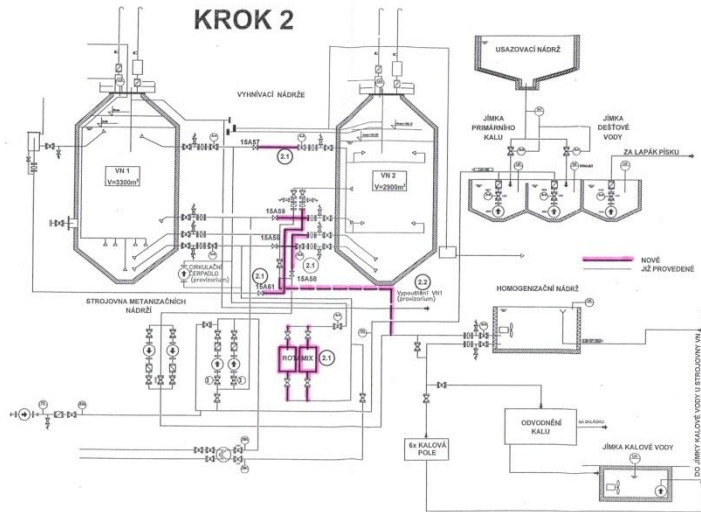




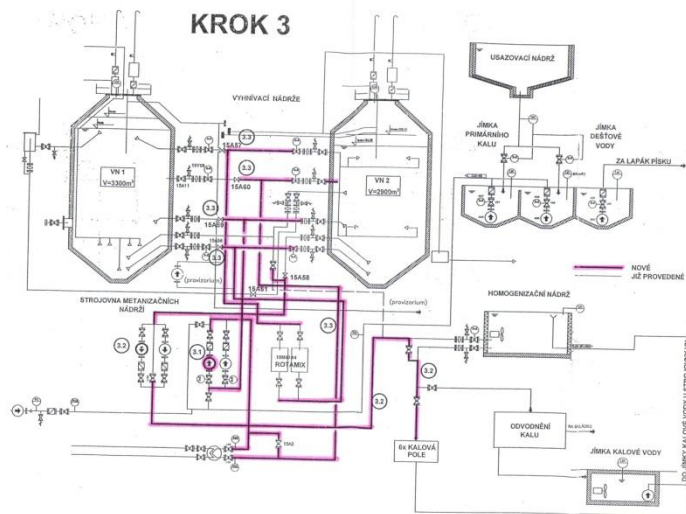
**Příloha 9: Vírový lapák písku [3].**



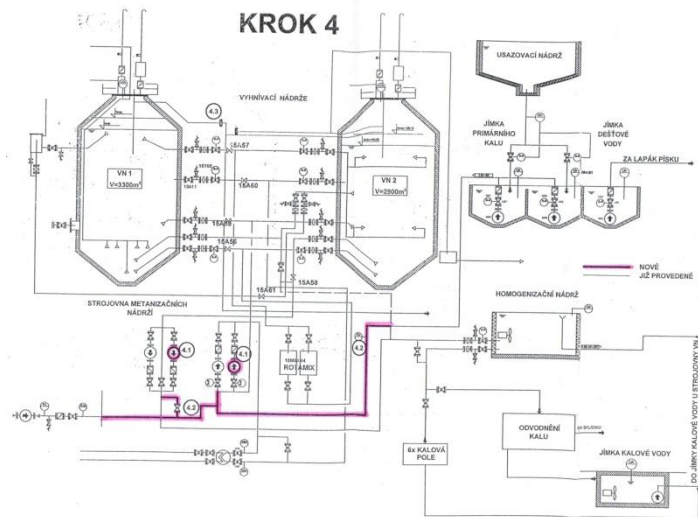
**Příloha 10: Zvýrazněné schéma kroku 1 [29].**



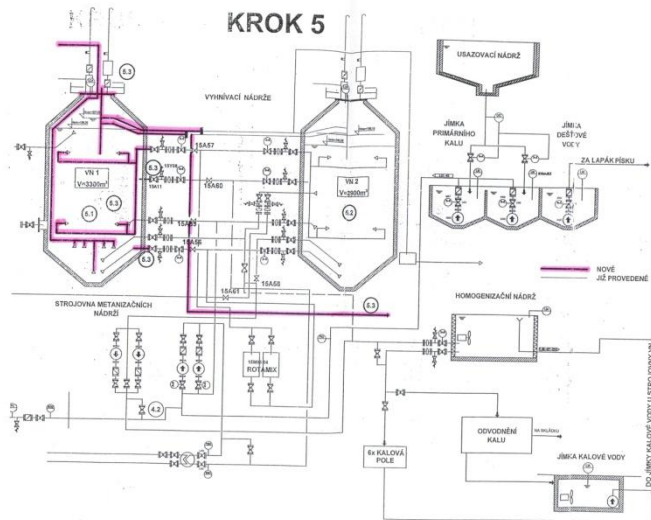
**Příloha 11: Zvýrazněné schéma kroku 2 [29].**



**Příloha 12: Zvýrazněné schéma kroku 3 [29].**



**Příloha 13: Zvýrazněné schéma kroku 4 [29].**



**Příloha 14: Zvýrazněné schéma kroku 5 [29].**