

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Čistírna odpadních vod Praha - Kbely

Sewage treatment plant in Praha - Kbely

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Josef Sobota, CSc.

Bakalant: Martin Vlach

---

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Martin Vlach

Vodní hospodářství

Název práce

Čistírna odpadních vod Praha-Kbely

Název anglicky

Sewage treatment plan in Praha-Kbely

---

### Cíle práce

- 1) Shromáždíte rešeršní odkazy o obecném čištění odpadních vod
- 2) Popište ČOV Praha-Kbely
- 3) Popište efekt čištění odpadních vod, včetně účinku vírového separátoru

### Metodika

- 1) Zpracování rešerše o čištění odpadních vod
- 2) Uskutečnění rekognoskace ČOV Praha-Kbely
- 3) Konzultace s provozovateli ČOV
- 4) Sepsání bakalářské práce

---

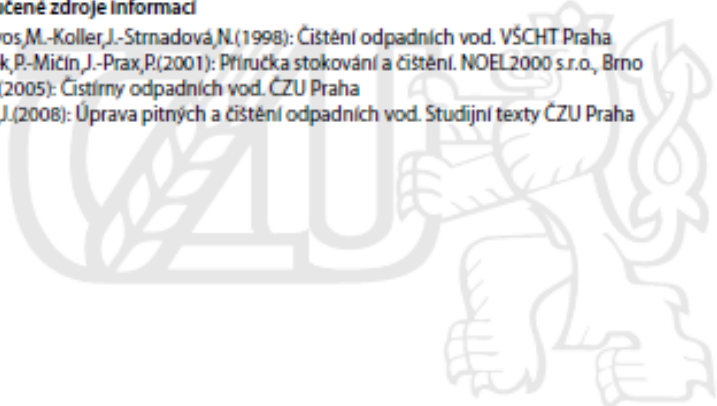
**Doporučený rozsah práce**

30 – 40 stran

---

**Doporučené zdroje informací**

Dohányos,M.-Koller,J.-Strnadová,N.(1998): Čištění odpadních vod. VŠCHT Praha  
Hlavínek,P.-Mičln,J.-Prax,P.(2001): Příručka stokování a čištění. NOEL2000 s.r.o., Brno  
Posta,J.(2005): Čištění odpadních vod. ČZU Praha  
Sobota,J.(2008): Úprava pitných a čištění odpadních vod. Studijní texty ČZU Praha



---

**Předběžný termín obhajoby**

2015/06 (červen)

**Vedoucí práce**

Ing. Josef Sobota, CSc.

Elektronicky schváleno dne 8. 4. 2015

prof. Ing. Pavel Pech, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 9. 4. 2015

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Děkan

V Praze dne 13. 04. 2015

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci nazvanou "Čistírna odpadních vod Praha - Kbely" vypracoval samostatně pod vedením Ing. Josefa Soboty, CSc.. Při realizaci bakalářské práce jsem použil pouze materiály, které jsou uvedené v seznamu použité literatury a zdrojů. Jako autor bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne .....

Martin Vlach

## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval v první řadě vedoucímu mé bakalářské práce, Ing. Josefu Sobotovi, CSc., za pevné nervy a nedocenitelné rady. Můj vděk patří i mistrovi čistírny odpadních vod ve Kbelích, Václavu Fialovi, za ochotu a čas, který mi věnoval při návštěvách čistírny a nakonec i technoložce čistírny, Ing. Janě Koubové, Ph.D., za objasnění čistírenských procesů a vstřícnost.

V Praze dne .....

Martin Vlach

## **ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce rozebírá technologický postup čištění odpadních vod ve Kbelské čistírně. Část práce je orientovaná na obecný popis druhů odpadních vod, legislativu týkající se čištění odpadních vod a obecný popis jednotlivých čistírenských objektů a jejich funkce. V další části se práce zaměřuje přímo na čistírnu odpadních vod ve Kbelích a charakteristiku jejích objektů, na charakteristiku obcí, které spadají do kanalizačního řádu odvádějící odpadní vodu do čistírny a popis recipientu, do kterého je vypouštěna voda vyčištěná. V závěru práce je naznačen výsledek rekonstrukce kalového hospodářství, která letos probíhá.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

čistírna odpadních vod, odpadní voda, stupeň čištění, kalové hospodářství, znečištění

## **ABSTRACT**

This bachelor thesis analyze technological process of cleaning wastewater in sewage treatment plant in Praha - Kbely. The part of thesis is focused on general description of the types of wastewater, legislation on sewage treatment and general description of the individual sewage facilities and its functions. The next part of thesis is focused directly on the wastewater treatment plant Kbely and description of its facilities, description of communities which fall into sewage system which removes wastewater into the sewage treatment plant and description of watercourse into which is discharged treated water. In the end of thesis is indicated the result of reconstruction of sludge which is pass of this year.

## **KEY WORDS**

sewage treatment plant, waste water, cleaning stage, sludge economy, pollution

## Obsah

1. Úvod.....	10
1.1 Námět bakalářské práce .....	10
1.2 Cíle a úkoly bakalářské práce .....	10
1.3 Metodika .....	10
2. Obecně čištění vody .....	11
2.1. Legislativa .....	11
2.2. Stokové sítě .....	12
2.3. Odpadní vody a jejich druhy .....	13
2.4. Stupně čištění .....	16
2.4.1. Hrubé předčištění .....	16
2.4.2. Mechanický stupeň.....	18
2.4.3. Biologický stupeň .....	20
2.4.4. Terciární stupeň.....	25
2.4.5. Kalové hospodářství.....	25
3. ČOV Kbely .....	29
3.1. Charakteristika obcí .....	30
3.1.1. Recipient .....	31
3.2. Hrubé předčištění .....	31
3.2.1. Lapák šterku .....	31
3.2.2. Vírový separátor .....	32
3.2.3. Česle.....	33
3.2.4. Vírové lapáky písku .....	33
3.2.5. Separátor písku.....	34
3.3. Mechanický stupeň čištění .....	34
3.3.1. Usazovací nádrže .....	34
3.4. Biologický stupeň čištění .....	36
3.4.1. Regenerační nádrž .....	37
3.4.2. Kontaktor .....	37
3.4.3. Denitrifikační nádrž .....	37
3.4.4. Nitrifikační nádrž I. a nitrifikační nádrž II. ....	38
3.4.5. Dmychárna .....	38
3.4.6. Dosazovací nádrž .....	39



3.5. Terciární stupeň technologické linky .....	40
3.5.1. Dočišťovací nádrže .....	40
3.6. Chemické hospodářství .....	41
3.7. Kalové hospodářství.....	41
3.7.1. Staré kalové hospodářství .....	41
3.7.2. Nové kalové hospodářství.....	43
4. Závěr .....	44
5. Literatura .....	45
6. Přílohy .....	46

# 1. Úvod

## 1.1 Námět bakalářské práce

Protože množství obyvatel naší planety stále roste, roste s ním i spotřeba pitné a užitkové vody a úměrně narůstá i množství vypouštěných odpadních vod. Tyto vody musí být ze zákona vyčištěny před návratem do vodoteče, aby nedocházelo k rozšiřování infekcí, ničení životního prostředí v okolí vodoteče a znepríjemňování okolí zápachem či vizuálním kontaktem s různými plovoucími nečistotami (papíry, nerozpuštěné fekálie, zbytky potravy,...), které se mohou zachycovat u břehů vodoteče, kde následně vyhnívají. K tomuto účelu slouží čistírny odpadních vod.

## 1.2 Cíle a úkoly bakalářské práce

Cílem bakalářské práce je shromáždit dostatek rešeršních odkazů o obecném čištění odpadních vod a následně popsat čistírnu odpadních vod Praha - Kbely, na jakém principu čistírna pracuje a jaký účinek má vírový separátor. Dále bude uveden nástin, jak bude fungovat rekonstruované kalové hospodářství.

## 1.3 Metodika

- Konzultace s vedoucím práce
- Exkurze čistírny odpadních vod Praha - Kbely a domluva s mistrem Václavem Fialou na dalších krocích
- Studium odborné literatury
- Zpracování rešerše o čištění odpadních vod
- Vyjednat povolení k nahlédnutí do provozního řádu a k fotografování jednotlivých objektů čistírny odpadních vod Praha - Kbely
- Uskutečnění rekognoskace čistírny odpadních vod Praha - Kbely a pořízení fotografií
- Konzultace s technologem a obsluhou čistírny odpadních vod Praha - Kbely
- Sepsání bakalářské práce

## **2. Obecně čištění vody**

### **2.1. Legislativa**

Jde o právní předpisy Evropské unie, zákony ČR a následně vydané vyhlášky, které zákony provádí. Předpisy jsou každý rok průběžně číslovány a můžeme je najít ve Sbírce zákonů České republiky.

#### **Směrnice EU**

Směrnice Rady č.76/464/EHS ze dne 4.5.1976, o znečištění způsobeném určitými nebezpečnými látkami vypouštěnými do vodního prostředí

Směrnice Rady č.91/271/EHS ze dne 21.5.1991, o čištění městských odpadních vod

Směrnice Rady č.91/676/EHS ze dne 12.12.1991, o ochraně vod před znečištěním způsobeném dusičnany ze zemědělských zdrojů

Směrnice Rady č.96/61/EHS ze dne 24.9.1996, o integrované prevenci a řízení znečišťování

#### **Národní právní předpisy**

Zákon č.58/1998 Sb., o poplatcích za vypouštění odpadních vod do vod povrchových

Zákon č.31/2011 Sb., o odpadech (nakládání s kaly)

Zákon č.273/2010 Sb., o vodách

Zákon č.416/2010 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění odpadních vod a náležitostech k vypouštění odpadních vod do vod podzemních

Vyhláška č.381/2001 Sb., kterou se stanoví katalog odpadů, seznam nebezpečných odpadů a seznamy odpadů

Vyhláška č.471/2001 Sb., o technicko-bezpečnostním dohledu nad vodními díly

Vyhláška č.195/2002 Sb., o náležitostech manipulačních řádů a provozních řádů vodních děl

Vyhláška č.293/2002 Sb., o poplatcích za vypouštění odpadních vod do vod povrchových

Vyhláška č.146/2004 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu

Nařízení vlády č.416/2010 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění odpadních vod a náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod podzemních

Nařízení vlády č.23/2011 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech, ve znění pozdějších předpisů. (Sobota, 2015)

## **2.2. Stokové sítě**

Pro odvod odpadních vod používáme trubní stoky z různých materiálů. Materiál, ze kterého bude síť vytvořena musí být trvanlivý, odolný vůči otěru a korozi, pevný, musí odolat chemickým látkám a nesmí být propustný. Mezi vyhovující materiály, řadíme litinu, kameninu, čedič, beton, železobeton, plast a sklolaminát. Stokové sítě se dělí na dvě základní soustavy podle toho, jak odvádějí srážkovou vodu. Jedná se tedy o jednotnou a oddílnou stokovou síť. V *oddílné stokové síti* se jedná o odvod splaškových odpadních vod a srážkových vod zvlášť, zatímco v *jednotné stokové síti* jsou tyto vody odváděny společně jednou stokou.

Dále můžeme stokové sítě dělit podle hnací síly na tři druhy:

Gravitační - stoka musí mít nejméně 0,5 ‰ sklon, aby byla dostatečně silná gravitační síla pro pohyb obsahu stoky. Voda teče samovolně, není potřeba žádné další hnací síly. Tato stoková síť je závislá na terénu a geologických podmínkách. Průměr potrubí nesmí být menší než DN 250 a musí být v neustálém spádu.

Tlaková - gravitační přípojka do čerpací šachty, kde se nachází systém opatřen drtičem a čerpadlem - v kanalizaci vzniká přetlak. Oproti gravitační kanalizaci jsou u tlakové menší rozměry potrubí, je vhodná i do geologicky nepříznivé lokace, vhodná pro roztroušenou zástavbu.

Vakuová - v kanalizační síti vzniká podtlak, který vytváří vakuová čerpadla v centrální vakuové stanici. Využití ve špatných geologických a terénních podmínkách. Využívá odolné potrubí s menším průměrem a hladkým vnitřním povrchem. Voda je

dále odváděna do nadřazeného kanalizačního systému či přímo do čističky odpadních vod.

### 2.3. Odpadní vody a jejich druhy

Množství a znečištění z průmyslových vod se přepočítává na ekvivalentního obyvatele.

Znečištění odpadní vody je změna fyzikálních, chemických a biologických vlastností vody, které jsou nežádoucí a nelze pak vodu využít k žádnému dalšímu účelu. Odpadní voda je voda odebraná z přírody, využita dle našich potřeb, při kterých došlo k jejímu znečištění a nyní je potřeba odpadní vodu vyčistit, aby mohla být vrácena zpět do přírody (recipientu). (Sobota, 2007)

**Splaškové** - Odpadní vody, které vypouští obyvatelstvo do stokové sítě ze svých obydlí či z domů, ze kterých odtéká voda podobného charakteru jako z lidských obydlí - veřejné prostory, administrativní budovy, pracovní prostory. Jde o vodu z kuchyní, koupelen, prádeln, záchodů, technické a občanské vybavenost aj. (Sobota, 2007) Splaškové vody obsahují organické látky, minerální látky a patogenní organismy. "Splaškové vody jsou zpravidla zbarveny šedě až šedohnědě a jsou silně zakalené. Jejich teplota se v našich klimatických podmínkách pohybuje od 5 do 20 °C v závislosti na ročním období a hodnota pH je v rozmezí od 6,8 do 7,5." Při průběhu anaerobních biologických pochodů ve splaškových vodách dochází k tmavnutí odpadní vody a k jejímu silnému zapáchání. Jedná se o vody, ve kterých by se neměli nacházet stopy po průmyslových vodách. Poslední dobou bohužel městské odpadní vody obsahují i vody průmyslové. (Dohányos, 1994)

V současné době rozdělujeme splaškové vody na *černé* a *šedé*.

- černé - Splaškové odpadní vody obsahující fekálie a moč.

- šedé - Odpadní vody, které jsou odváděny ze sprch, van a ze zařizovacích předmětů balneoprovozů, umyvadel a z praček. Jedná se o splaškovou odpadní vodu neobsahující fekálie a moč. Všechny současné novostavby by měly být vybaveny zařízením, které je schopné tyto vody částečně vyčistit (např. filtrováním) a vrátit tuto vodu zpět k použití jako vodu užitkovou. Recirkulovaná voda se používá pro zásobování nádržkových nebo tlakových splachovačů záchodových mís, výlevků,

pisoiárů, praček, výtokových armatur a zařízení pro zalévání nebo postřik zeleně, zahrad, orné půdy a zavlažovacích zařízení, abychom zbytečně neplýtvali pitnou vodou. (Synáčková, prezentace)

**Průmyslové** - Odpadní vody vypouštěné z průmyslových oblastí, továren, závodů, které musí být před vypuštěním do kanalizace upraveny minimálně na kvalitu vody, kterou určuje správce provozním řádem kanalizace. "Složení a množství průmyslových odpadních vod je silně závislé na druhu výroby a použité výrobní technologii." Rozhodující faktor u průmyslových vod je jejich biologická čistitelnost (čistitelnost se zvyšuje nařazením splaškovými vodami), toxicita a její negativní vliv na biologický proces v čistírně odpadních vod a na její obsluhu a jiné hořlavé či nebezpečné látky. V současnosti je snaha úplně oddělit tyto odpadní vody od komunálního odpadu. (Sojka, 2001)

**Srážkové** - Voda dešťová, která se dělí po styku s povrchem na:

Znečištěné - ze znečištěných povrchů a silničních komunikací, průmyslových a zemědělských areálů, ale jen po dobu oplachu těchto povrchů

Neznečištěné - z neznečištěných povrchů, z pěších zón, parků a zahrad, střech a silničních komunikací s nízkou intenzitou provozu. Patří sem i vody podle a) po skončení oplachu povrchů a po výplachu stok. Neznečištěné dešťové vody neklasifikujeme jako vody odpadní. (Sobota, 2007)

**Infekční** - Z infekčních oddělení nemocnic, tuberkulózních sanatorií, mikrobiologických laboratoří, výroben očkovacích látek z infikovaných zvířat, apod. Obsahují choroboplodné zárodky takového druhu a v takovém množství, že vyžadují zvláštní opatření před vypuštěním do stokové sítě. Předčištění spočívá v přidávání hašeného vápna na odpadní vody. (Sobota, 2007)

**Odpadní vody ze zemědělství a zemědělské výroby** - Oplachové (ze dvorů, mytí zvířat, mytí strojů), z ustájení dobytka, ze siláží, hnojišť, jatek, sladoven, aj. Je třeba nejprve posoudit jejich využití na hnojení, resp. jejich samostatnou likvidaci se získáváním energie (např. plynu při čištění kejdrových vod). (Sobota 2007)

Do kanalizace se mohou dostat i vody ostatní, mezi které patří:

- nepředvídané - Vody, které se dostaly do potrubí za nepředvídatelných okolností, například voda z prasklého vodovodního potrubí. (Sobota, 2007)
- balastní - Prosakující vody do netěsných nebo poškozených kanalizací. (Sobota, 2007) Jedná se většinou o málo znečištěné vody, které ředí odpadní vody ve stokách, čímž snižují koncentraci BSK<sub>5</sub>. Klesne-li koncentrace pod 50 mg/l, nastávají problémy při biologickém čištění. (Sojka, 2001)
- pramenní - Podchycující prameny v zastavěných částech města, aj. (Sobota, 2007)

Odpadní vody jsou různých původů a obsahují velké spektrum organických a anorganických látek. Mezi organické látky patří hlavně bílkoviny, sacharidy a lipidy.

Množství organických látek se vyjadřuje pomocí čtyř hodnot: BSK<sub>5</sub> (biochemická spotřeba kyslíku), CHSK (chemická spotřeba kyslíku), TOC (celkový organický uhlík) a ztrátou žiháním. "Významná vlastnost odpadní vody je i její teplota, která ovlivňuje rychlost biochemických reakcí. Průměrná roční teplota vody přitékající na čistírny odpadních vod se v našich zeměpisných podmínkách pohybuje od 10 °C do 20 °C"

BSK<sub>5</sub> je nejvýznamnější složka udávající množství kyslíku, které je potřeba k oxidaci biologicky rozložitelných organických látek za 5 dní. Čím vyšší je hodnota, tím znečištěnější voda.

CHSK vyjadřuje množství kyslíku, které je potřeba k chemické oxidaci všech látek. Poměrem hodnot BSK<sub>5</sub>/CHSK zjistíme, zda se jedná o odpadní vodu s vysokým zastoupením snadno rozložitelných či obtížně rozložitelných látek.

TOC vyjadřuje celkové množství organického uhlíku.

Ztráta žiháním - rozdíl zváženého vzorku, ze kterého byla odpařena všechna voda a odpařeného vzorku, který zbude po žihání, čímž dojde ke shoření organických látek. Jedná se o hrubé měřítko obsahu.

Množství anorganických látek v odpadních vodách se zjišťují pomocí obsahů iontů a solí. Především se zjišťuje koncentrace chloridů, sloučeniny fosforu, sloučeniny dusíku a sloučeniny síry. Zdroje anorganických látek jsou především fekálie, kuchyňské odpadky, prací a čisticí prostředky, moč, znečištění silnic a veřejných prostranství. (Sojka, 2001)

## 2.4. Stupně čištění

### 2.4.1. Hrubé předčištění

Jde o vůbec první fázi čištění, kde se voda zbavuje hrubých nerozpuštěných předmětů a látek, které by negativně ovlivňovaly další průběh čištění.

Při hrubém předčištění jde především o poměrně jednoduché procesy jako jsou sedimentace nebo cezení. Při návrhu se zaměřuje na druh, charakter a stav stokové sítě, stupeň technického zabezpečení stokové sítě před průnikem hrubých nečistot (písek, šterk), úroveň provozu stokové sítě z hlediska ochrany stokového systému a řešení následujících stupňů čištění odpadních vod. (Hlavínek, 2003)

Odpadní vodu zbavuje hrubých nečistot několik zařízení:

**Lapáky šterku** - Lapáky šterku zachycují především velké a těžké předměty, které přitečou do čistírny zejména s přívalovým deštěm. Jedná se o jímku před čistírnou, která má rozšířený průřez a snížené dno, kde se zachycují těžké nečistoty. Převážně zachycuje šterk, cihly, kameny atd. Většinou se zřizuje na velkých čistírnách s velkým odvodněným územím. (Pošta, 2005)

**Česle** - Je to mříž tvořená rámem a pruty (česlicemi), skloněná ve směru toku pod úhlem 30° až 60°. Česlice jsou kruhového nebo obdélníkového průřezu. Voda protéká průlinami, tj. volným prostorem mezi česlicemi. Česle můžeme rozdělit podle velikosti průlin na hrubé (40 - 100 mm), střední (20-40 mm) a jemné (3-20mm). Rychlost průtoku vody česlemi bývá nejčastěji 0,7 - 0,9 m/s. Při rychlosti menší než 0,3 m/s dochází k usazování písků, naopak při rychlosti nad 1 m/s může dojít ke strhávání již zachycených hrubých nečistot z česlí. Aby nedocházelo za česlemi ke vzdouvání hladiny, je za nimi snížené dno.

Česle jsou stírány strojně nebo ručně. Při strojním stírání jsou česle stírány shrabováky, které se nacházejí v průlinách česlí. Podle časových intervalů se zuby shrabováků posunou směrem vzhůru a posunou s sebou i zachycené nečistoty. Na vrchu česlí přepadávají shrabky na pásový dopravník, který je dopraví do příslušného kontejneru. Strojní česle mohou být i tzv. "krokové". Krokové česle se pravidelně



posouvají o stupeň výš. Na vrchní části česlí se nachází automatický shrabovák, který pohrabává česle.

V některých čistírnách bývají česle nahrazeny sítí. (Pošta, 2005)

**Lapáky písku** - Struktura a množství písku v odpadních vodách závisí na typu kanalizační soustavy, druhu vpustí a způsobu údržby stokové sítě, typu odlehčovacích komor a poměru ředění. (Hlavínek, 2003)

Zařízení, které zachycuje písek a minerální částice, které by mohly poškodit následující objekty čistírny. Písek je navíc nežádanou surovinou pro kalové hospodářství a biologický stupeň čištění.

V zařízení se využívá gravitační síla a rozdíl hustot, zachycuje těžké částice od 0,1 až 0,2 mm. Z odpadní vody nesmí být odstraněna organická suspenze. Oddělený písek je z lapáků pravidelně těžen ručně či strojně a přepravován k další úpravě. Lapáky můžeme rozdělit dle směru průtoku písku na lapáky s horizontálním průtokem a vertikálním průtokem. (Pošta, 2005)

Mezi lapáky s horizontálním průtokem řadíme:

- komorový lapák písku - Písek se usazuje v podélném usazovacím žlabu s akumulacním prostorem na zachycování písku. Navrhuje se do čistíren, kde je neměnný průtok a odpadní vody obsahují jen minerální částice. Protože přítok do čistírny během dne značně kolísá, musí být navrhováno několik paralelních žlabů vedle sebe. Stálý přítok do lapáků udržují Parshalovy žlaby. Písek je ze dna těžen mamutkami nebo ručně.

- štěrbinový lapák písku - Žlab obdélníkového nebo trojúhelníkového průřezu se sklonem, který udržuje rychlost minimálně na 0,15 m/s a maximálně 0,4 m/s. Dno žlabu je vybaveno příčnými nebo podélnými šterbinami, kterými písek propadáva do boční šachty odkud je těžen.

- lapák písku komorový s kontrolovanou rychlostí - Hydraulicky je řešen tak, že poměr Q je stálý pro očekávaný rozsah průtoků odpadních vod. Aby byla zachována konstantní rychlost proudění v lapáku, musí být navržen odpovídající profil odtoku k danému příčnému lapáku písku. (Hlavínek, 2003)

Mezi lapáky s vertikálním průtokem řadíme:

- vírový lapák písku - Je kruhového profilu s kuželovitou prohlubní. Odpadní voda je přiváděna tangenciálně do nádrže. Lapák využívá odstředivé síly, proto je písek vynášen na obvod nádrže, odkud je stržen vířivým pohybem vody na dno kuželovité prohlubně odkud se těží tzv. mamutkou.
- provzdušňovaný lapák písku - Horizontální žlab, ve kterém se vytváří příčná cirkulace umělým provzdušňováním podél jedné strany. (Hlavínek, 2003)

## 2.4.2. Mechanický stupeň

Posledním stupněm před biologickým čištěním odpadní vody je tzv. mechanický stupeň čištění. V této části čištění se voda zbaví rychle sedimentujících a plovoucích nerozpuštěných látek. Odpadní voda se tu zbaví posledních nerozpuštěných nečistot, tuků a olejů. Skládá se pouze z usazovací nádrže, ze které voda zbavená veškerých nerozpuštěných látek vtéká do kontaktoru, který spadá pod biologický stupeň čištění a dosazovací nádrže, která se nachází za biologickým čištěním.

**Usazovací nádrže** - V průtočných nádržích dojde k separaci suspendovaných látek (kalu), které sedimentují na dně a u některých nádrží plovoucích látek (tuky), které se shromažďují na hladině. V těchto nádržích se využívá gravitační síla a hustota nerozpuštěných látek.

Kal je dopraven do kalového hospodářství a plovoucí látky jsou stírány do jímky.

Dělí se dle tvaru a průtoku nádrží:

- pravoúhlé s horizontálním průtokem - Ploché nádrže s obdélníkovým půdorysem. Voda přitéká žlabem do nádrže, kde se vlivem gravitace a hustoty oddělí plovoucí látky a kal. Kal i plovoucí látky jsou stírány shrabovacím mostem.
- kruhové s horizontálním průtokem - Přítok vody přes uklidňovací válec a průtok vody usazovacím prostorem k přeřadovému žlabu. Nádrž je vybavena dlouhou přeřadovou hranou při odtoku a ramenem na stírání kalu a plovoucích látek.

- kruhové s vertikálním průtokem - Voda se přivádí do středu nádrže do vtokového válce, který usměrňuje průtok vody zdola směrem k hladině. Kal je odčerpáván.

- štěrbínové usazovací nádrže - Hluboký objekt, který je výškově rozdělen dnem se štěrbinou. V horní části se usazuje kal, který pak propadá štěrbinou do kalového prostoru pod nádrží. Kal je vyvážen zhruba dvakrát ročně. V nádrži nezahnlává, protože je anaerobně stabilizován. (Hlavínek, 2003)

**Dosazovací nádrže** - Dosazovací nádrže pracují v podstatě na stejném principu jako nádrže usazovací. Řadí se za biologický stupeň čištění a dochází zde k odseparování aktivovaného (sekundárního) kalu. Oproti usazovacím nádržím mívají dosazovací nádrže větší hloubku, aby došlo k prodloužení doby zdržení. Nádrže mohou být pravoúhlé nebo kruhové. Existují i nádrže s vertikálním průtokem, ale ty se používají jen u malých čistíren.

- Kruhové nádrže s radiálním průtokem - Obvyklý průměr 10 - 45 m a hloubka větší než 3 m. Většinou přívod aktivační směsi do středového nátokového válce nebo do flokulačního prostoru. Od středu nádrže voda odtéká k obvodu kruhové nádrže, kde se nachází odtokové žlaby. Rychlost vody se dále od středového válce snižuje. Usazený kal je prohrabován a stahován pojezdovým mostem, který buď koncentruje kal ve středu dosazovací nádrže, nebo je vybaven přímým odsáváním ze dna.

- Pravoúhlé nádrže s horizontálním průtokem - Nátokový žlab, který rozděluje rovnoměrně přitékající vodu u jedné strany nádrže. Pro shrabování se využívají různé strojní vybavení. V současnosti se využívají pojezdové mosty s odsávacím zařízením, řetězové shrabovány, hydrodynamické stahování kalu ze dna nádrží, speciální typy odtahování kalu. Kal bývá odváděn do kalové jámy před usazovací nádrže.

- Dosazovací nádrže s vertikálním průtokem - V ČR se využívají jen u malých čistíren odpadních vod. Čtvercové nádrže o stranách 3 - 6 m a hloubce 4 - 6 m. Kvádrotvá nádrž, která je po 0,6 - 1,5 m zkosená, aby po stěnách kal sjížděl ke dnu. Aktivační směs přitéká vtokovým válcem, který je zaveden hluboko do kónické části

nádrže. Voda postupně stoupá k hladině, kde se nachází odtokový žlab. Před odtokovým žlabem bývá norná stěna zabraňující odtoku plovoucích látek a zařízením na jejich stahování. Usazený kal se odvádí hydrostatickým tlakem do jímky vratného kalu, nebo je využito recirkulační čerpadlo. (Hlavínek, 2003, Dohányos, 1994)

### 2.4.3. Biologický stupeň

Biologické procesy můžeme rozlišit na aerobní a anaerobní. Aerobní procesy využívají přítomnost molekulárního kyslíku a jedná se tedy o oxidační rozklad organických sloučenin - vzniká oxid uhličitý a voda. Při anaerobních procesech vzniká metan, oxid uhličitý a bioplyn.

Při anaerobních procesech jde o rozklad organických látek za anaerobních podmínek pomocí mikrobiálních skupin. Produktem metabolismu jedné skupiny jsou substrátem pro další skupinu. Anaerobní procesy jsou používány hlavně tam, kde dochází k čištění odpadní vody s vysokou koncentrací organických látek. Procesy probíhají v anaerobních reaktorech. Využívá se anaerobních mikroorganismů, které jsou v reaktoru přítomny jako volní jedinci (nedoporučuje se, protože jsou z reaktoru vyplavovány s biologicky vyčištěnou vodou), nebo přisedlé jako biofilm na pevném podkladu nebo v suspenzi. Výkonnost anaerobních reaktorů závisí na množství biomasy v reaktoru, aktivitě biomasy, složení odpadní vody a styku biomasy se substrátem odpadní vody. Reaktory můžeme rozdělit na:

- **Reaktory s kultivací biomasy v suspenzi** - Nádrž, ve které dochází k promíchání cirkulovaným bioplynem nebo mechanickým míchadlem. Biomasa je buď recirkulovatelná nebo se dále nepoužívá.

- **Reaktory s kultivací imobilizované biomasy** - Biomasa tvoří film na pevném nosiči. Nosiče jsou pevné nebo pohyblivé. (Hlavínek, 2003)

Jednáme-li o aerobních procesech, využívá se působení mikroorganismů k rozložení organických látek obsažených v odpadní vodě (substrát) za přítomnosti kyslíku. Aktivním činitelem v tomto procesu je funkční polykultura kultivovaná nejčastěji ve formě suspenze (aktivovaný kal) v *aktivační nádrži* a nebo ve formě

nárůstu (biofilm) ve zkrápěných biologických kolonách - biofiltrech nebo ve stabilizačních nádržích. (Pošta, 2005, Hlavínek, 2003)

- **Biologické zkrápěné filtry** - Biofilmové reaktory kultivují biomasu ve formě nárůstů - biofilmu, tj. imobilizované na vhodném nosiči. Podle nosičů a podle způsobu jeho kontaktu s odpadní vodou a případně se vzduchem se dále dělí biofilmové reaktory do následujících skupin. (Hlavínek, 2003)

- Pomalé biologické filtry - Většinou kruhové betonové nádrže s pevným dnem a roštovým mezidnem. Nad roštem se nacházejí dvě vrstvy různě velkého šterku. Odpadní voda je přerušovaně přiváděna do filtru a prosakuje na dno odkud je odváděna z filtru.

- Rychlofiltry - Nepřetržitý přívod prokysličené vody, takže biologická vrstva dostává nepřetržitě potravu. Voda protéká filtrem a odtrhává tak kal z nosiče (vápenec, žula, plasty). Nejsou příliš efektivní, ale jsou poměrně malé.

- Aerofiltry - Uměle provzdušňované filtry, které se nepoužívají příliš často. Řadíme je k pomalým filtrům.

- Věžové nebo komínové filtry - Rychlofiltr, do kterého je ode dna vháněn vzduch jako u pomalých filtrů. Vysoké filtry využívající nákladné čerpání odpadní vody do velké výšky.

- Ponořené biologické filtry s přerušovaným provozem - Několik biologických filtrů vedle sebe v nepropustných nádržích. Filtry jsou naplněny koksem, škvárou, kamennou drtí atd. Naplňují se 2-3krát denně odpadní vodou, odpouští se potom, co proběhne adsorpce nečistot na biologickém povlaku náplně. Po vypuštění vody vnikne do nádrže vzduch a aerobní náplně dokončí mineralizační proces. V současnosti se tento proces nepoužívá.

- Ponořené biologické filtry s nepřerušovaným provozem - Obdobu normálních rychlofiltrů. Nosičem jsou azbestocementové desky, které jsou téměř trvale ponořeny

v odpadních vodách. Natékající voda je provzdušňována, protože vzduch pomáhá odtrhávat z desek přebytečné nárosty kalu.

- Diskové biologické filtry - Plastové kruhové desky na otáčejících se hřídelích. Disky jsou jen částečně ponořeny a otáčejí se na hřídelích rychlostí 2-3 ot/min. Levná metoda, která nepotřebuje téměř žádnou obsluhu, není citlivá na výkyvy zatížení. Nevýhodou je tenkost desek, které mohou v mrazech praskat.

- Roštové biologické filtry - Sestava několika vrstev borových roštů nad sebou. Voda je rozstříkována pevným rozstříkovačem na vrchní vrstvu a voda prokapává rošty, na kterých se tvoří biologický povlak.

- Zemní filtry - Čistí málo znečištěné vody, nejčastěji se používá k dočišťování odpadních vod. Jde o pomalou filtraci přes jednu nebo více filtračních vrstev. Existují varianty, kde protéká voda horizontálně i vertikálně. Filtr je zapuštěn do země, ale je od zeminy oddělen vodotěsnou fólií z PVC. Náplň sestává z písku a štěrku. (Sobota, 2007)

- Biologické stabilizační nádrže - Zemní nádrže, kde probíhá biologické čištění odpadní vody jako při samočisticích procesech v přirozených nebo umělých vodních nádržích. Stabilizační nádrže mají různé funkce, jde o stabilizační nádrže pro biologické čištění odpadních vod, pro dočišťování odpadních vod po předchozím biologickém čištění, nebo tyto dvě kombinované funkce.

Existují stabilizační nádrže aerobní a anaerobní podle účasti kyslíku v čistícím procesu. Anaerobní procesy nejsou tak kvalitní, aby poskytly dostatečnou míru čištění, proto je nutno, aby alespoň poslední stupeň čištění před vypuštěním vody do recipientu, probíhal v aerobním prostředí. Na druhou stranu jsou anaerobní procesy používány k čištění koncentrovanějších odpadních vod - průmyslových, kde převažuje organické znečištění. Ale jak už bylo řečeno, odpadní voda musí po anaerobním procesu projít i aerobním. (Hlavínek, 2003)

- Aktivace - Dochází k procesu čištění odpadní vody a současné produkci aktivovaného kalu. Aktivovaný kal je směsná kultura mikroorganismů, mezi ně řadíme například bakterie, plísně, kvasinky, bičíkovce, měňavky, sinice, nálevníky

atd. Tyto mikroorganismy odstraňují dusíkaté látky a fosforečnany, kterými se živí a potřebují je k rozmnožování.

Čerstvý aktivovaný kal by měl mít hnědavou až světle hnědou barvu. Barvu stejně jako zápach udává koncentrace rozpuštěného kyslíku. Nedostatek kyslíku má na svědomí tmavou, v horších případech až černou barvu, což nastává ve chvíli, kdy se odpadní voda někde dlouho zdržovala a začala zahnívat. Zahnilá odpadní voda může mít negativní důsledky na zpracovávání aktivovaného kalu. V nejhorším případě může dojít až k otravě aktivovaného kalu.

V aktivačních nádržích by se měla zdržovat vrstva světle hnědé pěny. Pokud je na hladině velká vrstva bílé pěny, může se jednat o nerozložené povrchově aktivní látky z odpadní vody, příliš velké odkalování či nekontrolovatelný únik biomasy z dosazovací nádrže. Pokud se objeví hustá, viskózní, tmavá pěna na hladině aktivační a dosazovací nádrže, jde o systém, kde je malé množství přebytečného kalu a s nízkým zatížením kalu.

Při aktivaci se musí sledovat sedimentace aktivovaného kalu. Pokud má kal špatné sedimentační vlastnosti, musí se podrobit mikroskopickému rozboru, zda netrpí přílišným přemnožením vláknitých organismů. Sedimentace kalu může být způsobená i nedostatečným mícháním a špatným předčištěním.

Velmi důležitými faktory pro aktivaci je také teplota a hodnota pH. Hodnota pH by se měla pohybovat okolo 7, protože se při nižších hodnotách zvyšuje pravděpodobnost koroze čistírenských systémů.

V optimálních podmínkách by měl aktivovaný kal tvořit dobře flokulující a sedimentující vločky. Při obou těchto vlastnostech se dosáhne čirého odtoku vyčištěné odpadní vody a dostatečně zahuštěného recirkulovaného aktivovaného kalu. Zahušťovací a usazovací vlastnosti aktivovaného kalu se posuzují pomocí kalového indexu KI, což je objem 1 kg sušiny kalu po půlhodinové sedimentaci. (Hlavínek, 2003, Pošta, 2005)

Známe několik typů aktivačních procesů:

- Aktivace s postupným tokem - Dlouhé koryto s malým průtočným profilem. Odpadní voda se mísí s vratným kalem na začátku nádrže. Po směru toku se koncentrace rozpuštěných organických látek vlivem aktivovaného kalu snižuje.

- Směšovací aktivace - Většinou provzdušňovaná a promíchávaná čtvercová nádrž. Koncentrace aktivovaného kalu a rozpuštěného kyslíku je v celé nádrži konstantní. Díky zředění koncentrace hned na přítoku se zvyšuje odolnost směsi proti toxickým látkám, na druhou stranu podporuje růst vláknitých mikroorganismů.

- Odstupňovaná aktivace - Rychlost spotřeby kyslíku postupně klesá podél nádrže ve směru průtoku a klesá i koncentrace organických látek.

- Postupně zatěžovaná aktivace - Odpadní voda se přivádí v několika místech podél nádrže. Dochází tak k vyrovnaní zatížení nádrže a rychlost spotřeby kyslíku. Koncentrace aktivovaného kalu v nádrži není konstantní.

- Aktivace s oddělenou regenerací kalu - V aerační nádrži se aktivovaný kal provzdušňuje s odpadní vodou poměrně krátkou dobu. Z dosazovací nádrže se odvádí vratný kal do regenerační nádrže, kde je provzdušňován zhruba 2-4 hodiny. Látky zachycené ve vratném kalu jsou oxidovány a dochází tak k vyčerpání zásobních látek. Kal tak získá původní adsorpční schopnost a akumulaci kapacitu. Regenerovaný kal se přivádí zpět do aktivační nádrže.

- Aktivace se zkrácenou dobou zdržení - Kal se v nádrži zdržuje kratší dobu, 1-2,5 hodin, ale musí se tak pracovat při větším zatížení kalu.

- Rychloaktivace - Krátké doby zdržení v nádrži, ale nádrže tomu odpovídají svými malými objemy. Je zapotřebí velká investice, ale kvalita odtoku je daleko horší než u klasických způsobů.

- Dlouhodobá aktivace nebo aktivace s aerobní stabilizací kalu - Velmi dlouhé zdržení v nádrži (až 48 hodin), což je delší doba, než je k dobrému odstranění organických látek třeba. Protože dochází k malému zatížení kalu, kal má nedostatek substrátu a postupně odumírá a rozkládá se. (Hlavínek, 2003)



#### **2.4.4. Terciární stupeň**

Terciární stupeň čištění slouží k dočišťování, ke kterému slouží tzv. biologické rybníky, které by měly vodu zbavit posledních nečistot. Zejména se jedná o fosfor a dusíkaté látky, které mohly ve vodě zůstat po vyčištění a dochází zde k sedimentaci minerálních látek.

#### **2.4.5. Kalové hospodářství**

Kalové hospodářství musí být řešeno v každé čistírně. Při návrhu a funkčnosti kalového hospodářství musí být dohlíženo na to, aby nedocházelo k negativnímu ovlivňování kalového hospodářství na hlavní linku čištění, aby byl zaručen dobrý provoz celého systému a zároveň minimalizovány provozní náklady a aby byly respektovány požadavky na ochranu životního prostředí.

Při řešení kalového hospodářství se musí dbát na technické omezení jednotlivých zařízení na čistírně, legislativu a celkové náklady. Legislativní normy se vztahují zejména na nakládání s kaly, jde hlavně o dopravu, použití v zemědělství, skladování, spalování atd. "Jedná se zejména o zákon o odpadech, o hnojivech a o ovzduší; dále o vyhlášky - katalog odpadů, vyhláška o podrobnostech nakládání s odpady, o hodnocení nebezpečných vlastností odpadů atd." (Hlavínek, 2003)

Kal je směs vody a pevných látek, která byla oddělena z odpadní vody různými způsoby. Pevné látky jsou například biologicky odbouratelné látky, které byly odstraněny během biologického procesu. Kaly tvoří zhruba 1-2% objemu čištěných odpadních vod, obsahují však 50-80% původního znečištění. Nestabilizovaný kal nazýváme také kal surový. Kal můžeme rozdělit podle toho, ve které části čistírny byl odebrán na primární, sekundární a terciární.

- primární kal je oddělován ze surové odpadní vody v usazovacích nádržích a následně odváděn do akumulární kalové jímky. Jeho složení je dáno složením přitékající odpadní vody a poměry ve stokové síti.

- sekundární kal je přebytečný biologický kal, který je odváděn z dosazovacích nádrží. Jde o kal skládající se hlavně z nerozložených zbytků organických látek a přebytečnou biomasu. Složení je dáno složením surové odpadní vody a použitým způsobem čištění.

Typy kalů se zpracovávají buď společně nebo odděleně. Oddělené zpracování se využívá tam, kde je možnost využití jen kalu z jednoho stupně čištění. Proběhne zde separátní zahuštění a následná stabilizace už probíhá společně. Společné zpracování kalů bývá často systém využívaný na starších čistírnách, kde je přebytečný kal čerpán před usazovací nádrž a opět prochází sedimentací, kde se smíchá s primárním kalem - smíšený surový kal. V současnosti není tento systém podporovaný, protože sekundární kal zhoršuje sedimentační schopnosti primárního kalu. (Hlavínek, 2003)

Návrhy na zpracování kalu by měly přednostně umožňovat využití kalu v zemědělství. Kaly, které k tomu nejsou vhodné, se zneškodňují skládkováním, spalováním nebo jinými způsoby. Ke skládkování jsou určeny zejména shrabky, plovoucí látky, štěrky a písek. (Sobota, 2007)

Kaly se hygienicky zpracovávají způsoby:

- **Zahušťování kalu** - Dochází k němu co nejdříve po separaci. Zahušťuje se směsný surový kal, ovšem ve větších čistírnách (zpravidla nad 100 000 EO) se doporučuje zahušťovat primární a sekundární kal odděleně. Kal se zahušťuje sedimentací, flotací, odstředěním, cezením, vysoušením, atd. U malých čistíren do 500 EO slouží zahušťovací nádrže k zahuštění kalů před vypouštěním na kalová pole nebo k uskladnění kalů před jejich odvozem v tekutém stavu. U čistíren nad 500 EO slouží zahušťovací nádrže k zahuštění kalů před jejich následnou anaerobní či oddělenou aerobní stabilizací v provzdušňované uskladňovací nádrži. Kal je zahušťován při přerušení aerace a kalová voda je odtahována po odsazení kalu.

Pro primární a směsný surový kal by měla být střední doba zdržení v zahušťovacích nádržích do 6 hodin a pro přebytečný aktivovaný kal do 12 hodin. Střední doba v uskladňovacích nádržích 3-4 hodiny. Při zahušťování aktivovaného kalu flotací je střední doba zdržení půl hodiny. Střední doba je závislá na jakosti a teplotě kalu. (Sobota, 2007)

- **Stabilizace kalu** - Dochází ke snížení obsahu organických látek natolik, aby už nedocházelo k intenzivnímu rozkladu kalu. Stabilizace může probíhat aerobní či anaerobní. Při aerobní stabilizaci dochází k mikrobiálnímu rozkladu organického podílu sušiny při provzdušňování a může probíhat jako součást čistícího procesu či odděleně. Při anaerobní stabilizaci dochází k mikrobiálnímu rozkladu v anaerobních

podmínkách a vzniká bioplyn, který je dále využíván. Anaerobní stabilizace je určena spíše pro čistírny nad 10 000 obyvatel. Dělí se na dvě fáze.

První fáze trvá zhruba 7 dní a dochází k snižování pH kvůli rozkladu uhlohydrátů. Vznikají organické kyseliny a oxid uhličitý. K snížení pH se po první fázi přidává do směsi vápenné mléko a jako očkovací materiál již vyhníly kal.

Ve druhé fázi se odbourávají těkavé organické kyseliny a další složité organické látky. V neutralizovaném prostředí dochází k vývoji velkého množství metanu a menšího množství oxidu uhličitého.

Anaerobní stabilizace kalu může probíhat za rozdílných teplot:

- psychofilní - studená, nevyhřívána, střední doba zdržení asi 100 dní, teplota 6-16 °C, čistírny do 15 000 EO
- mezofilní - vyhřívána, teplota 27-33 °C, větší čistírny
- termofilní - vyhřívána, teplota do 55 °C, navrhuje se zcela výjimečně

Pro dokonalé vyhnívání je nutné zabezpečit rovnoměrné rozptýlení mikroorganismů a rovnoměrný přísun čerstvého kalu. Proto jsou vyhnívací nádrže vybaveny míchadly ve formě otáčivých stíračů, vertikálních čerpadel, vrtulí nebo se nádrže promíchávají přirozeně (probublávajícím plynem, přidávanou ostrou parou, nebo přiváděným čerstvým předehřátým kalem). Vyhřívání zabezpečuje systém potrubí s horkou vodou, ohřívání kalu ve výměníku tepla, ostrou parou či topnými tělesy.

Při vyhnívání se ze směsi odděluje kalová voda, která je v procesu nežádoucí. Kalová voda se odebírá a dopravuje do aktivační nádrže. (Sobota, 2007)

- **Odvodňování a vysoušení vyhnílého kalu** - Pokud kal neobsahuje nebezpečné těžké vody, využívá se v zemědělství, protože obsahuje velké množství hnojivých a humusovitých látek. Kal s obsahem těžkých kovů musí být dopravován do spaloven. (Sobota, 2007)

Z vyhnívacích nádrží získáme tekutý vyhníly kal, který je potřeba zbavit vody. Pro odvodnění se využívá systém přírodního odvodňování a systém mechanického odvodňování.

Systémy přírodního odvodňování:

- kalová pole, odvodňovací laguny - Založeno na drénování a odpařování vody z kalu. Jsou velmi náročné na plochu půdy a na vyklízení kalu a citlivé na klimatické podmínky. Kal musí být po stabilizaci, aby nevznikaly problémy se zápachem.

Výhodou je, že nejsou potřeba vysoké náklady na spotřebu energie, nejsou zapotřebí chemikálie ani kvalifikovaná obsluha. (Hlavínek, 2003)

Dominantnější způsoby odvodňování jsou mechanické systémy:

- odstředivky - Celoplášťové šnekové centrifugy, využívající k odvodnění kalu odstředivou sílu. V ose bubnu se přivádí kal. Odseparovaný kal se usazuje na vnitřní straně kuželovité části rotačního bubnu a filtrát odtéká přes hranu bubnu ve válcovité části. Odvodněný kal je šnekem dopravován k zúženému konci komolého kužele, kde vypadává ven. Odvodněný kal obsahuje 30 - 35 % sušiny. (Pošta, 2005)

- sítopásové lisy - Kal je zpočátku volně filtrován, poté pod tlakem mezi dvěma nekonečnými filtračními plachtami, které meandrovitě procházejí systémem válců, kde dochází k postupnému stlačování a deformaci koláče, což usnadňuje uvolňování vody. Lze dosáhnout 27 - 36 % sušiny v odvodněném kalu. (Pošta, 2005)

- kalolisy - Filtrace za vysokého tlaku (až 2,5 MPa). Jsou velmi nákladné na provoz, ale po anaerobní stabilizaci dosahuje obsah sušiny v kalu 35 - 50 %. (Pošta, 2005)

#### **- Nakládání s kaly z ČOV**

- Ukládání na skládku - Velmi zatěžuje životní prostředí. Nesmí být ukládány kaly bez fyzikální a chemické stabilizace. EU potlačuje ukládání kalů na skládky. (Pošta, 2005)

- Využití v zemědělství - Stabilizované a odvodněné kaly obsahují bohatý výskyt příznivých prvků jako je dusík, fosfor, draslík, vápník a hořčík, dostatek organické hmoty a stopové prvky, které vyžadují rostliny ke svému vývinu a růstu. Kal ovšem nesmí obsahovat patogenní mikroorganismy, těžké kovy, farmaceutika, organické chlorované látky, chemikálie pro domácnost, atd. (Pošta, 2005)

- Kompostování čistírenských kalů - Řízený proces, při kterém dochází k rozložení organických látek za aerobních podmínek na stabilizovaný materiál (kompost).

Kompost pak může být prodáván a využit k aplikaci do půdy. (Pošta, 2005)

- Spalování kalů - Záleží na stupni odvodnění a složení kalu, to udává jeho výhřevnost. Spalování kalů může být uskutečňováno ve spalovnách tuhých komunálních odpadů, teplárnách a elektrárnách, cementárnách a speciálních spalovnách odvodněného kalu.

- Zakomponování do stavebních materiálů - V omezeném množství je možno přidat některé kaly do různých stavebních materiálů (cihly, cement). Využití zejména kalů s vysokým obsahem hydroxidů těžkých kovů. Při vysokých teplotách zpracování těchto materiálů dojde ke spálení organických látek a zůstává tak pouze anorganický podíl. (Hlavínek, 2003)

### **3. ČOV Kbely**

Čistírna odpadních vod Kbely se vyskytuje na Praze 19, Kbely, Mladoboleslavská 758. Vodní dílo patří hlavnímu městu Praha, jeho správcem je Pražská vodohospodářská společnost, a.s. a provozovatelem jsou Pražské vodovody a kanalizace, a.s.. Odpovědná osoba za provoz čistírny je pan Václav Fiala. Slouží především k likvidaci odpadních vod z městské části Praha Kbely, Satalice a oblast čtyř rodinných domů. Do čistírny ústí jednotná kanalizační síť. Nadřazená stoková síť je typu gravitačního.

V případě přívalové vlny je odpadní voda separována ve vírovém separátoru, odkud relativně čistá voda teče do recipientu a silně znečištěné vody jsou přečerpávány na hrubé předčištění počínaje česlemi.

Stejně jako většina čistíren v České Republice je i Kbelská vystavěna pro mechanicko-biologické čištění s mechanickým předčištěním a je vybavená pro uskladňování vyprodukovaného kalu. Po celou dobu průtoku vody technologickými celky je voda hnána gravitační silou.

Celá čistírna odpadních vod je kontrolována a částečně i řízena na počítači řídicí jednotkou SAIA, která zobrazuje schéma celé čistírny. Každé čerpadlo i dmychadlo je pod dohledem zařízení a pokud přestane nějaké fungovat, ihned začne hlásit poruchu pro obsluhu čistírny odpadních vod.

Čistírna je vybavena stanicí pro příjem dovážených odpadních vod ze septiků a žump. Dokáže zlikvidovat dovážené biologicky rozložitelné odpady, které se dají

zpracovat v aktivačních nebo stabilizačních nádržích. Pro příjem odpadů slouží dvě vypustní místa - A, B.

A - nachází se přímo před lapákem šterku

B - vypust do kalové akumulární jímky (mohou existovat výjimky, kdy technolog určí, do jaké fáze čištění se má odpad přesně umístit)

Čistírna je vybavena i skladem na písky z jiných čistíren. (Provozní řád)

### **Stupně čištění**

Hrubé předčištění - lapák šterku s oddělovací komorou, vírový separátor, jemné strojní česle, ruční česle, vírové lapáky písku se separátorem písku

Mechanické předčištění - usazovací nádrže s oddělovačem

Biologický stupeň - kontaktor, regenerace, denitrifikační nádrž, nitrifikace, dosazovací nádrž a měrný objekt

Terciární stupeň technologické linky - dočišťovací nádrže (pozůstatek z bývalé čistírny, který byl záměrně opětovně použit)

Chemické hospodářství - odstranění fosforu

Kalové hospodářství bylo letos (duben, 2015) rekonstruováno, popis starého i nového kalového hospodářství viz níže.

Staré kalové hospodářství - zahušťovací nádrž, 2 uskladňovací nádrže, sítopásový lis CENED

Nové kalové hospodářství - akumulární nádrž I., strojní zahušťovací nádrž, akumulární nádrž II., odstředivka (Provozní řád)

## **3.1. Charakteristika připojených obcí**

### **Satalice**

Čtvrť a katastrální území, nacházející se na severovýchodě Prahy, zhruba 10 km od centra. K hlavnímu městu Praha byly Satalice připojeny roku 1974. Jde o dostupnou a klidnou část Prahy a dochází tak k jejímu růstu a růstu počtu obyvatel. V městské části Praha - Satalice žije kolem 2300 obyvatel, kteří jsou napojeni na zdejší kanalizační systém ústící v čistírně odpadních vod Kbely. (internet)

## **Kbely**

Katastrální území Prahy tvořící území městské části Praha 19. Správně by měly být Kbely pojmenovány Městská část Praha 19, jak bylo rozhodnuto v roce 2001. Státní zprávu vykonávají i pro Městské části Praha - Vinoř a Satalice. K roku 2014 bylo evidováno kolem 6800 obyvatel. (internet)

### **3.1.1. Recipient**

Čistírna odpadních vod Kbely vypouští vyčištěnou vodu do Vinořského potoka, který pramení v Praze - Kbelích. Potok je 12,5 km dlouhý a zaujímá plochu 40,5 km<sup>2</sup>.

Potok ovlivňuje vodní režim jen v blízkém okolí. Jsou jím napájeny čtyři rybníky - Biologický, Malá a Velká Obůrka a Cukrovarský. Z východní strany je potok v celé délce ohraničen strmým svahem. Celá délka koryta Vinořského potoka je přirozená a neregulovaná. Většinou potok protéká územím s bujnou vegetací a zamokřenou loukou.

Dále po toku se potok nazývá Valcha a Chobot. Je levostranným přítokem Labe.

## **3.2. Hrubé předčištění**

Voda přitéká přítokovou stokou do vypínací komory, kde se nachází lapák štěrku. Odtud voda teče rovnou do česlovny, či při průtoku nad 160 l/s do vírového separátoru, odkud je až po separaci odčerpána nejznečištěnější voda do česlovny. Po průtoku česlemi je voda hnána do vírových lapáků písku a do separátoru písku. Po těchto procesech končí hrubé předčištění a následuje mechanické předčištění. (Provozní řád)

### **3.2.1. Lapák štěrku**

Do čističky ústí dvě potrubí jednotné kanalizační sítě. Potrubí leží vedle sebe a vtékají do tzv. vypínací komory. Průměr potrubí ze Satalic má DN 1200 a ze Kbel DN 1600. Zmiňované čtyři rodinné domy bohužel nebylo možno napojit na žádný

kmenový sběrač a proto byl výtok jejich odpadních vod zaústěn do odtokového žlabu usazovacích nádrží.

Odpadní voda přitéká do vypínací komory, kde se nachází dvoukomorový lapák šterku. Pravá komora z pohledu směru toku je vybavena uzavíracími stavidly, levá komora je volně průtočná. Pravá komora otevírá stavidla pouze při průtoku nad 160 l/s. Samotný lapák šterku se skládá z vyklízecího zařízení skládající se z kladkostroje a jeřábu pohaněným elektrickou energií.

Před lapákem šterku se nachází stanice pro příjem dovážených odpadních vod - výpustní místo A.

Při průtoku pod 160 l/s odpadní vody odtékají potrubím DN 600 do česlovný. Jestliže průtok překročí průtok 160 l/s (z příčiny tání sněhu či přívalových dešťů), dojde k uzavření odtokového potrubí uzávěrem s elektropohonem a zároveň se otevřou stavidla, která propouští vodu na spadiště vedoucí do vírového separátoru. (Provozní řád)

### **3.2.2. Vírový separátor**

Toto zařízení se zapíná pouze při průtoku nad 160 l/s. Jeho funkce spočívá v odseparování maximálního množství nerozpuštěných látek v odstředivém poli. Zařízení odlehčuje čistírně a vypouští relativně čistou vodu do recipientu.

Do vírového separátoru ústí voda do nádrže tangenciálně, proto dochází ke kruhovému průtoku a vytváří se vodní vír. Vodní vír způsobuje, že se nerozpuštěné látky a částečně i hustší část rozpuštěných látek soustřeďuje do středu a ke dnu kónické nádrže. Uprostřed kruhového dna se nachází výpust, odkud je odváděna zahuštěná odpadní voda do čerpací jímky se dvěma šnekovými čerpadly YBA, přičemž se spouští vždy pouze jedno čerpadlo. Čerpadla odvádí po dešťové události odpadní vodu do přítokového potrubí DN 600, které ústí v česlovně. Odpadní voda je dále čištěna způsobem běžného provozu čistírny.

Nejčistší voda zbavená nerozpuštěných látek se vyskytuje při hladině na obvodu vírového separátoru a přetéká přes přelivnou hranu do Parshallova žlabu. Žlab je vybaven ultrazvukovou sondou pro snímání úrovně hladiny, která zjišťuje, zda je průtok stále větší, než je maximální povolený přítok do běžného čištění. Parshallův žlab odvádí nejčistší vodu přímo do recipientu. (Provozní řád)



### **3.2.3. Česle**

Česle se ve Kbelích nacházejí v hale hrubého předčištění. Přítok je zde rozdělen na dva kanály obdélníkového průřezu. V levém kanálu po směru toku (hlavní žlab) jsou instalovány jemné strojně stírané česle HYDROPRESS, které spínají na základě ručních povelů, respektive v časovém režimu nebo dle nastavené úrovně hladiny v přítokovém žlabu. Hladinu měří ultrazvuková sonda, která je umístěna nad hladinou přítokového žlabu. Na základě jejího měření systém vyhodnocuje, zda má spustit chod česlí, jde o tzv. spínací a vypínací hladinu. V obtokovém žlabu jsou instalovány ručně stírané česle, které se používají jen ve výjimečných situacích, kdy nejsou v provozu česle strojní. Jak je z názvu čitelné, česle se stírají ručně, obsluha přemísťuje shrabky na pásový dopravník od strojních česlí. Aby odpadní voda neobtékala strojní česle obtokovým kanálem, jsou ruční česle na odtoku vybaveny ručním stavítkem. Za česlemi se kanály opět spojují. Česle zachycují hrubé plovoucí nečistoty unášené vodou. Jedná se většinou o papíry, textilie, exkrementy, větve, trávu, zbytky potravin a další domovní odpad. Shromážděný odpad je obsluhou zasypán chlorovým vápnem a následně odvezen specializovanou firmou. (Provozní řád)

### **3.2.4. Vírové lapáky písku**

Ve Kbelích se nachází dva lapáky písku. Odpadní voda přitéká z haly hrubého předčištění společným odtokem, který se rozděluje na dva žlaby ústící do každého lapáku jeden. Rozdělují se podle stavidel, která se nacházejí u vtoku i odtoku z lapáků. Lapák s ručními stavidly je stále v provozu, druhý lapák je uzavíratelný stavidly s elektropohonem, ten je využíván pouze při průtoku nad 80 l/s.

Vírovým pohybem se písek a minerální částice dostanou do středu vírového lapáku, kde se nachází mamutka, která těžší zachycené částice a dopravuje je do separátoru písku.

Odtokové žlaby jsou vybaveny ultrazvukovými průtokoměry, odtud se zjišťuje průtok, podle kterého se uváží, zda je potřeba uvést do provozu vírový separátor. (Provozní řád)

### **3.2.5. Separátor písku**

Do separátoru ústí potrubí, do kterého je čerpána pomocí mamutového čerpadla DN 100 směs vody a vzduchu. K trubici mamutky je totiž přiváděn stlačený vzduch, který se mísí se znečištěnou vodou a získá tak nižší hustotu než voda. Rozdílem hustot je směs uváděna do pohybu a unáší i písek. Voda s sebou nese zachycené nečistoty na dně vírového lapáku písku.

Přímo v separátoru dochází k propírání písku, kde je rozvířen vyčištěnou odpadní vodou a provzdušňován jedním kompresorem ORLÍK, který zároveň dodává vzduch do mamutky. Druhý kompresor v čistírně dodával vzduch do pásového lisu CENED. Výtlaky obou kompresorů jsou propojeny potrubím, které je ručně uzavíratelné ventilem. Propíráním se zbavuje písek organických nečistot. Vypraný a odvodněný písek dopravuje šnekový dopravník FONTANA do kontejneru, který se poté mísí s vytěženým štěrkem z lapáků štěrku a odváží se na zabezpečenou skládku. Voda použitá k propírání písku vytéká zpět potrubím DN 100 do odtokového žlabu za česlemi. (Provozní řád)

### **3.3. Mechanický stupeň čištění**

Ve Kbelích se nacházejí dvě usazovací nádrže, kde dochází k usazování primárního kalu a k vyplutí tuků a olejů na hladinu. Voda přitéká z vírových lapáků písku a odtéká do kontaktoru.

#### **3.3.1. Usazovací nádrže**

Předčištěná odpadní voda přitéká rozdělovacími žlaby z odtokových žlabů z lapáků písku, ve kterých se nachází i ultrazvuková sonda pro snímání úrovně hladiny. Do rozdělovacího žlabu ústí potrubí DN 150, kterým přitéká kalová voda ze zahušťovací nádrže a DN 200 kalová voda z uskladňovacích nádrží. Rozdělovací žlaby ústí do dvou podélně protékajících usazovacích nádrží.

Na usazovacích nádržích jsou instalované pojízdné shrabovací mosty vybavené lištami stírající plovoucí látky z hladiny nádrží a surový kal ze dna nádrží.

Stahování nečistot je řízeno řídicí jednotkou dle časového programu nebo z místního ovládacího panelu. Surový kal je stahován do kalových jímek, které jsou umístěny pod úrovní dna v nátokovém profilu, odkud je dle potřeby hydrostaticky přepouštěn do akumulární kalové jímky. Plovoucí látky jsou stahovány k odtokovému profilu, kde se nachází ručně naklápěcí půlkruhové žlaby. Žlaby ústí do jímky na plovoucí látky na levém boku usazovacích nádrží u odtokového profilu.

Mechanicky předčištěná voda odtéká přes přelivnou hranu do odtokového žlabu, který se mění na nátokový žlab kontaktoru. Žlab je vybaven ručně nastavitelnou příčkou, která rozděluje nátok na dvě paralelní technologické linky.

Paralelně s odtokovým žlabem za akumulárními nádržemi je veden odlehčovací žlab ústící do odtokového potrubí z čistírny. Mimo odtoku přes vírový separátor jde o druhý a poslední odlehčovací objekt čistírny (Provozní řád)

**Kalová akumulární jímka** - Leží před nátokovým žlabem usazovacích nádrží. Do jímky je přepouštěn surový kal z usazovacích nádrží, přebytečný biologický kal z dosazovacích nádrží a dovážené odpady z vypouštěcího místa B. Jedná se o odkrytý "kanál" obdélníkového půdorysu, který ve spodní části přechází v nepravidelný čtyřboký jehlan.

Všechna přívodní potrubí jsou vybavena ručním šoupátkem a šoupátkem na elektropohon. Naakumulovaný kal je přepouštěn dál do kalového hospodářství, do vyhnívací nádrže, dokud neklesne hladina na 0,5 m ode dna (vypínací hladina). Čerpadla jsou umístěna v kolektoru v armaturní komoře. Spínání čerpadel probíhá přímo z armaturní komory, nebo lépe z ovládacího panelu u usazovacích nádrží. (Provozní řád)

**Jímka na plovoucí látky** - Jak už bylo řečeno, jímka se nachází na boku levé usazovací nádrže u odtokového profilu. Do jímky jsou nečistoty stahovány pomocí ručně naklápěných otevřených žlabů u odtoku z usazovacích nádrží a dále potrubím DN 300. V jímce dochází k zahuštění hydrosměsi a odsazená voda se odčerpává zpět na začátek usazovacích nádrží. Zahuštěná směs plovoucích látek je po částečném naplnění jímky odčerpána specializovanou firmou na zpracování těchto odpadů. (Provozní řád)

### 3.4. Biologický stupeň čištění

Ve Kbelích jsou dvě technicky i technologicky shodné paralelní provozované linky. Každá linka je dimenzována na maximální průtok 80 l/s, proto může čistírna odpadních vod Kbely zpracovat maximálně 160 l/s. Při průtoku pod 80 l/s je spuštěna pouze jedna linka. Mechanicky předčištěná voda protéká kontaktořem, denitrifikačním a nitrifikačním stupněm a natéká do dosazovací nádrže. Aktivace sestává také z regenerační nádrže, kterým neprotéká předčištěná odpadní voda, ale je do ní čerpán vratný kal. Odpadní voda natéká do kontaktořu nerezovými žlaby, které překlenují regeneraci. Nádrže jsou propojeny u dna prostupovými okny. (Provozní řád)

V regenerační nádrži dochází k regeneraci vratného kalu, než je přimíchán do odpadní vody v kontaktořu, kde se směs promíchává.

V denitrifikační nádrži jde o biochemickou redukci dusičnanů na oxidy dusíku a dále na elementární dusík, který odvětrává volně do ovzduší a tím se z vody odstraňuje. Regenerovaný kal, který přitéká do nádrže je plný organických látek a potřebných bakterií, ale také dusičnanů, které vznikly ve vratném kalu při poslední nitrifikaci, kterou prošel. Denitrifikační bakterie potřebují anaerobní prostředí k redukci dusičnanů na elementární dusík (tzn. že snižují oxidační číslo dusíku na 0). Při tomto procesu se mírně zvyšuje i hodnota pH vody, protože při procesu vznikají mimo oxidu uhličitého, dusíku a vody i hydroxidové anionty. Lehká zásaditost vody je příznivá vlastnost, protože při dalším procesu, nitrifikaci, dojde k opětovnému snížení hodnoty pH. Při reakci je bakteriemi zpracována i část fosforečnanů.

Přitékající voda z denitrifikačního procesu do nitrifikační nádrže je zbavena dusičnanů ale v odpadní vodě se stále vyskytují dusíkaté látky ve formě amonných solí. Nitrifikační bakterie nejdříve oxidují amonné soli na dusitany a dále na dusičnany. Jak už bylo řečeno při těchto reakcích klesá pH a stejně jako při denitrifikaci bakterie spotřebovávají fosforečnany. Aby byly fosforečnany odstraněny z odpadní vody úplně, musí se do nitrifikačních nádrží přidávat síran železitý, díky kterému se fosforečnany vysráží a stanou se součástí kalu. (Hlavínek, 2003)

### **3.4.1. Regenerační nádrž**

Zde probíhá regenerační stupeň aktivace vratného kalu z příslušné dosazovací nádrže. Vratný kal je přečerpáván kalovými čerpadly do potrubí, které se rozděluje na dvě větve. Protože se mikroorganismy při aktivaci rozmnožují a rostou, nabývá také aktivovaný kal, proto je část kalu přesunuta do regenerace potrubím DN 250 a zbytek kalu je čerpán do potrubí DN 300, které ústí v kalové jímce.

V této nádrži dochází k provzdušňování kalu jemnými bublinkami pomocí dvouotáčkového dmychadla a případně k ředění vodou. Kal je oxidován a dochází k vyčerpání zásobních látek. Kal tím zvyšuje svou adsorpční schopnost a akumulaci kapacitu. Provzdušněný kal odtéká do kontaktoru prostupovým oknem u dna nádrže. Průběžně probíhá měření koncentrace rozpuštěného kyslíku v nádržích pomocí průmyslových oximetrů. (Provozní řád)

### **3.4.2. Kontaktor**

Do kontaktoru tedy přitéká mechanicky předčištěná odpadní voda i aktivovaný kal. Dochází zde k promíchání obou směsí pomocí dvojice míchadel. Jedno míchadlo je upevněno na svislé stěně, druhé na vodící tyči v polovině příčného profilu nádrže a obě míchadla jsou instalována 2,3 m nade dnem a orientována směrem ke dnu. Promíchaná aktivační směs odtéká prostupovým oknem v pravé části dělicí stěny u dna do denitrifikační nádrže. (Provozní řád)

### **3.4.3. Denitrifikační nádrž**

Do nádrže přitéká směs aktivovaného kalu a mechanicky vyčištěné odpadní vody prostupovým oknem z kontaktoru. V nádržích se nachází vrtulové míchadlo FLYGT a zdvihací zařízení míchadla. Protože zde probíhá anaerobní reakce, není nádrž nijak provzdušňována.

Do denitrifikační nádrže ústí ocelové potrubí DN 300, kterým přitéká kal vnitřní recirkulace čerpaný z odplyňovací komory nitrifikační sekce. Pro čerpání recirkulačního kalu jsou v odplyňovací zóně obou nitrifikačních stupňů aktivace instalována dvě ponorná kalová čerpadla, jejichž výtlačná potrubí se spojují do

jednoho potrubí DN 300. Spojené výtlačné potrubí prochází kolektorem a ústí trychtýřovým přelivem nad hladinami denitrifikačních nádrží v jejich nátok.

Voda z denitrifikačních nádrží protéká prostupovými okny u dna nádrže a přes horní hranu do nitrifikačních nádrží. (Provozní řád)

#### **3.4.4. Nitrifikační nádrž I. a nitrifikační nádrž II.**

Při oxidaci je potřeba nádrž stále provzdušňovat, protože jde o aerobní proces. Proces nitrifikace je rozdělen na dvě sekce. Nitrifikační nádrže I. je vybavena 78 provzdušňovacími elementy ASEKO. Vždy 13 kusů na jedné nosné trubce, takže 6 nosných trubek v nádrži. Nitrifikační nádrže II. mají k dispozici jemnobublinné aerační systémy ASEKO. Koncentraci rozpuštěného kyslíku v každé nádrži měří kyslíkové sondy a odesílají tato data do kontrolního a řídicího systému. Podle naměřených údajů se mění výkon dmychadel podle potřeby. Každá linka je vybavena jedním jednotáčkovým dmychadlem LUTOS, ze kterých vedou výtlačná potrubí napojující se na výtlačná potrubí dmychadel regeneračního stupně. Nitrifikační nádrže I. jsou vybaveny i ponornými míchadly, kdyby byl ohrožen provoz denitrifikačních nádrží.

Odtok aktivační směsi do odplyňovacích komor zajišťují dvě prostupová okna v dolní části dělicí příčky nádrží na obou stranách na krajích. Z odplyňovacích komor je čerpán kal vnitřní recirkulace čtyřmi čerpadly Flygt do denitrifikační nádrže. Dále voda teče přes přelivnou hranu do rozdělovacího žlabu dosazovací nádrže. (Provozní řád)

#### **3.4.5. Dmychárna**

V dmychárně se nachází čtyři dmychadla LUTOS. Jedno dvoutáčkové dmychadlo dodává vzduch do regeneračních nádrží, kde jsou instalovány jemnobublinné aerační rošty. Vzduch do obou nitrifikačních stupňů dodávají dvě jednotáčková dmychadla a čtvrté jednotáčkové dmychadlo slouží jako provozní záloha. Výtlačná potrubí všech dmychadel jsou vzájemně propojena a v uzlových profilech jsou vybavena ručními ventily.

### 3.4.6. Dosazovací nádrž

Jde o mechanické čištění, které přímo navazuje na biologické čištění.

Do dosazovacích nádrží ústí vodorovně pod hladinou příslušné dosazovací nádrže potrubí DN 100 esovitého profilu, kterými přitéká aktivační směs. Mezi vtokovými potrubími jsou instalovány fixní přelivné hrany. 1,6 m proti vtokovým potrubím je norná stěna, která je zakončená 0,5 m nade dnem a usměrňuje tak tok aktivační směsi ke dnu nádrže a zároveň snižuje energii proudu v podélném profilu nádrže.

Dno i hladinu dosazovací nádrže stírá shrabovací zařízení ZICKERT. Celý systém dosazovací nádrže, to znamená stírání dna a hladiny, separace plovoucích látek v náklonném žlabu i čerpání přebytečného a vratného kalu, se ovládá z ovládací skříně u odtokového profilu dosazovací nádrže. Z ovládací skříně můžeme navolit buď ruční režim, automatický režim nebo systém vypnout. Při ručním režimu, můžeme lištou pohybovat pomocí přepínače vpřed, vzad či shrabovací zařízení vypnout.

Na dosazovacích nádržích zůstaly i mosty starého stíracího zařízení, které se nyní využívá pro obsluhu či údržbu stávajícího zařízení. Z mostu bylo odmontované shrabovací zařízení a čerpací zařízení zahuštěného kalu.

V současnosti je zahuštěný kal ze dna stíracím zařízením shrabován pod odtokový profil dosazovacích nádrží. Hydraulickým přetlakem je kal dopravován potrubími DN 80 do sběrného žlabu na kal. Žlabem se kal dostává do čerpací jímky, která se nachází mezi žlabem pro odtok vyčištěné vody a žlabem pro odtok plovoucích látek z hladiny dosazovací nádrže. Z čerpací jímky se čerpá kal kalovými čerpadly Flygt do potrubí, které vede do kolektoru. V kolektoru se potrubí rozděluje na dvě potrubí DN 250.

Plovoucí látky stírá z hladiny lišta zařízení ZICKERT a odvádí je do náklonného žlabu. Žlaby jsou umístěny uvnitř nádrže před žlaby vratného kalu. Plovoucí látky pak odtékají do šachty mezi oběma technologickými linkami. Odtud jsou dále přečerpávány potrubím DN 80 do žlabu, kterým natéká odpadní voda do rozdělovacího žlabu usazovacích nádrží. Žlab i stírací lišta fungují dle časových intervalů, ovšem je možno ovládat je i ručně z ovládací skříně.

Jedním potrubím odtéká vratný kal do regeneračních nádrží. Množství vratného kalu je měřeno indukčními průtokoměry. Druhým potrubím je veden přebytečný kal do kalové jímky, do které odtéká i kal z usazovacích nádrží. Na potrubí jsou instalovány ruční šoupátka i elektrošoupátka.

Pro odtok vyčištěné vody jsou v nádrži instalovány tři vodorovná sběrná potrubí, která vedou 0,38 m pod hladinou. Obě vnější potrubí jsou 2 m vzdálena od bočních stěn nádrže, třetí potrubí leží v podélné ose nádrže. Každé sběrné potrubí má v horní části 25 vtokových otvorů DN 45. Sběrné potrubí odvádí vodu do tzv. sběrného žlabu příslušné dosazovací nádrže, který se nachází u zadní čelní stěny nádrže. Ve sběrných žlabech jsou instalovány dva hydraulicky oddělené odtokové žlaby s podélnými vtokovými přelivnými hranami. Odtokové žlaby omezují kolísání hladiny při standardních průtocích na minimum. Z každého odtokového žlabu odtéká vyčištěná voda potrubím DN 200 do odtokové šachty. Z dosazovacích nádrží vyčištěná voda teče do odtokových šachet. Odtoková šachta pro dosazovací nádrž II. je propojena potrubím DN 600 s odtokovou šachtou pro dosazovací nádrž II. Z odtokové šachty pro dosazovací nádrž I. je dále vedeno potrubí DN 600 do měrného objektu a dále do dočišťovací nádrže. (Provozní řád)

### **3.5. Terciární stupeň technologické linky**

Ve Kbelích se nacházejí tzv. dočišťovací nádrže, které jsou jen pozůstatkem po staré čistírně a jsou tedy využívány alespoň pro zachycení zbývajících nerozpustných látek. Terciární stupeň čištění je vůbec poslední stupeň čištění a voda odtud odtéká vyčištěná do recipientu.

#### **3.5.1. Dočišťovací nádrže**

V bývalé čistírně odpadních vod fungovaly jako šterbinové usazovací nádrže. Do nádrží přitéká voda potrubím DN 600 a je rovnoměrně rozdělena plechovou stěnou do obou dosazovacích nádrží. Odtokový profil je vybaven nornými stěnami pro zachycení zbývajících plovoucích nerozpuštěných látek. Dočištěná voda pak odtéká potrubím DN 600 do Vinořského potoka.



Nádrže jsou vyklíženy dvojnásobným způsobem. Plovoucí látky na hladině vody jsou ručně stírány a kal usazený na dně šterbinových nádrží je odčerpáván feka vozem a následně odvážen do akumulární kalové jámy u usazovacích nádrží. (Provozní řád)

### **3.6. Chemické hospodářství**

Ve Kbelské čistírně se chemicky odstraňuje fosfor. Pro jeho odstranění se využívá 40% síran železitý, který je do vody přidáván dávkovací stanicí Kemifloc. Dávkovač je dvouplášťová válcová zásobní nádrž o objemu 5 m<sup>3</sup>, která je vybavená sondou pro indikaci průsaku koagulantu. Síran je do vody čerpán dávkovacími čerpadly GRUNDFOS. Dávkovací stanice se nalézá na betonovém základu vedle pravé nitrifikační nádrže po směru toku odpadní vody. Chemikálii přidává do odtokového profilu nitrifikační sekce aktivačních nádrží. Aby byl fosfor odstraněn na požadovanou koncentraci, je potřeba přidávat 1,5 - 2 mg síranu na litr odpadní vody. Množství síranu vyplývá z dlouhodobého průměru hmotové bilance fosforu na přítoku aktivačních nádrží. (Provozní řád)

### **3.7. Kalové hospodářství**

Čistírna je schopna zpracovat tři druhy kalu. Primární (surový) kal akumulovaný v usazovacích nádržích, sekundární (přebytečný), který je odčerpáván z dosazovacích nádrží, a stabilizovaný kal dovážený z pobočných čistíren odpadních vod Pražských vodovodů a kanalizací.

V dubnu 2015 byla dokončena intenzifikace kalového hospodářství.

#### **3.7.1. Staré kalové hospodářství**

Do roku 2015 používala čistírna ke kalovému hospodářství kalovou akumulární jámu v čele usazovacích nádrží (viz. 4.2.1.), zahušťovací válcová nádrž, dvě uskladňovací nádrže a zařízení pro odvodňování kalu - sítopásový lis CENED.

- **Zahušťovací nádrž** - Byla postavena na boku uskladňovacích nádrží a byla využívána pouze jako rezervní zahušťovací nádrž. Ocelová nádrž válcového tvaru, která byla vybavena míchacím zařízením. Kal přitékal kalovým potrubím DN 150, které bylo odvětveno z potrubí, které vedlo z kalové akumulární jímky. Zahuštěný kal se akumuloval ve spodní kuželové části zahušťovací nádrže. Kal odtékal ze dna nádrže potrubím DN 150, které rozvádělo čerpaný kal do uskladňovacích nádrží.

Kalová voda odtékala z odtokového žlabu zahušťovací nádrže potrubím DN 150 do nátoky usazovacích nádrží.

Tento objekt byl zbourán a na jeho místě byla vystavena obdélníková budova, do které byl vestaven přístroj na strojní zahuštění kalu. (Provozní řád)

- **Uskladňovací kalové nádrže** - Dvě válcové, betonové, opláštěné nádrže vybaveny aeračním systémem pro míchání akumulovaného kalu. Směsný kal byl čerpán čerpadly z akumulární kalové jímky přes zahušťovací nádrž, nebo rovnou do uskladňovacích nádrží.

Obsah uskladňovacích nádrží je dle potřeby promícháván tlakovým vzduchem, který dodávají dvě kompresorové stanice. V každé nádrži je vedeno pět paprskovitých aeračních trubic, které ústí směrem ke dnu nádrže. Kalová voda je odebírána třemi potrubími z různých výškových horizontů a odtéká společným potrubím z pojistného přepadu do nátoky usazovacích nádrží.

Stabilizovaný kal odtéká výtlačným potrubím DN 150 vybaveným čerpadlem, které umožňuje úplné vyprázdnění uskladňovacích nádrží. Čerpadlo je vybaveno obtokovým potrubím. Obtokové potrubí i přítokové do čerpadla jsou vybavena ručními šoupátky. Za čerpadlem se spojují do jednoho potrubí DN 150, které ústilo v homogenizační nádrži, která se nacházela v hale kalového hospodářství. V hale se v současnosti nachází odstředivka na kal. (Provozní řád)

- **Strojovna odvodnění kalu** - Ve strojovně se nacházela homogenizační nádrž, kompletní chemické hospodářství pro přípravu koagulantu, sítopásový lis pro odvodnění kalu a kontejner pro akumulaci odvodněného kalu.

Přítok do homogenizační nádrže byl osazen elektrošoupátkem a sama nádrž byla vybavena míchadlem s elektropohonem. Přítok do nádrže byl řízen buď automatickým režimem, který uzavíral přítok ventilem na základě údajů z

ultrazvukové sondy měřící výšku hladiny v nádrži, nebo ručně obsluhou. Kal byl čerpán na sítopásový lis pomocí šnekových čerpadel.

Pro přípravu koagulantu sloužily dvě rozpouštěcí nádrže s míchadly. V těchto nádržích docházelo k přípravě 1 % roztoku koagulantu, který byl vodou ředěn ve směšovači na konečnou koncentraci 0,1 - 0,2 %.

Před zaústěním výtlačného potrubí vedoucí homogenizovaný kal do lisu bylo připojeno potrubí, kterým byl do kalu přidáván koagulant. Směs kalu a koagulantu byla promíchána v mísícím bubnu sítopásového lisu. Vylisovaný kal se od filtračního pásu odděloval pomocí instalované speciální škrabky a padal na pásový dopravník, který jej dopravil do přistaveného kontejneru. Pod lisem se nacházela sběrná jímka pro zachycení filtrátu a oplachové vody. Voda z této jímky gravitačně odtékala do odtokového žlabu za česlemi. V nejnižším místě podlahy chemického hospodářství se soustřeďovaly vody z podlahy strojovny kalového hospodářství, podlahy haly hrubého předčištění, výplachové vody homogenizační nádrže a rozpouštěcích nádrží. Tato voda byla čerpadlem dopravována do kalové akumulární jímky. (Provozní řád)

### **3.7.2. Nové kalové hospodářství**

Bohužel zatím není rekonstrukce hotova. K dokončení by mělo dojít v druhém čtvrtletí roku 2015. Protože ještě není výstavba dokončena, nejsou ještě známy přesné rozměry objektů kalového hospodářství. Rozhodně se bude jednat o proces, který začne v jedné z uskladňovacích nádrží. Nádrž bude osazena novým míchadlem a bude zde docházet k homogenizaci kalu. Homogenizovaný kal bude odváděn do nové budovy, která byla vystavěna vedle uskladňovacích nádrží. V budově se bude nacházet bubnový zahušťovač ANDRITZ, který by měl zahustit až 43 m<sup>3</sup> kalu za hodinu. Zahuštěný kal bude čerpán do druhé bývalé uskladňovací nádrže, kde se kal bude moci míchat novým míchadlem a zároveň bude docházet k aerobní stabilizaci kalu, protože jsou obě nádrže osazeny aeračním systémem ještě z doby před rekonstrukcí. Kal by se měl v nádrži zdržet určitý počet dní a poté by měl být odčerpán do budovy, kde se dříve nacházel sítopásový lis CENED. Sítopásový lis je nahrazen odstředivkou. Obsah sušiny v odvodněném kalu by měl být kolem 30 %. V budově se bude nacházet velký kontejner, do kterého bude odváděn odvodněný kal a odvážen z čistírny na další zpracování.

## 4. Závěr

Bakalářská práce obsahuje rešerši, ve které je rozebrána legislativa týkající se zadání a dále je obecně popsáno jak se dělí stokové sítě, odpadní voda a její důležité hodnoty a na jakém principu fungují čistírenské procesy v jednotlivých objektech čistírny odpadních vod.

V další části je práce orientovaná přímo na čistírnu odpadních vod Praha - Kbely. Je zde uvedena krátká charakteristika obcí, které spadají do kanalizačních řádů vedoucích do Kbelské čistírny a charakteristika recipientu, do kterého ústí potrubí s vyčištěnou vodou. Poté se práce zaměřuje přímo na objekty čistírny odpadních vod a jejich funkčnost.

V závěru je popsáno jak fungovalo kalové hospodářství před rekonstrukcí čistírny a jak by mělo fungovat po rekonstrukci.

## 5. Literatura

1. **Dohányos M., Koller J., Strnadová N., 1994:** Čištění odpadních vod. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha, 177 s.
2. **Hlavínek P., Mičín J., Prax, P, a kol. 2003:** Stokování a čištění odpadních vod. Vysoké učení technické v Brně, Brno.
3. **Chudoba J., 1991:** Odpadní voda a jejich čištění. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha, 121 s.
4. **Pošta J., a kol. 2005:** Čistírny odpadních vod. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
5. **Sobota J., 2007:** Studijní texty předmětu Úprava pitných a čištění odpadních vod. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, 19 s.
6. **Sobota J., 2007:** Studijní texty předmětu Vodárenství a stokování. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, 16 s.
7. **Sobota J., 2015:** Studijní texty předmětu Vodní hospodářství. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, 55 s.
8. **Sojka J., 2001:** Malé čistírny odpadních vod. ERA group spol. s.r.o., Praha.
9. **Synáčková M.:** Nezávislost na veřejném zásobování vodou a odvádění odpadních vod. České vysoké učení technické v Praze, Praha, 26 s.
10. **Synáčková M., 2010:** Studijní texty předmětu Vodárenství a stokování. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, 17 s.
11. Provozní řád pro ČOV Kbely pro trvalý provoz. MHIMP, 2012.

### Internetové zdroje

[http://www.praha-vinor.cz/vodni\\_toky\\_a\\_plochy.htm](http://www.praha-vinor.cz/vodni_toky_a_plochy.htm)

<http://www.satalice.cz/mcps.htm>

<http://www.praha-kbely.cz/documents/cojepraha19.html>

<https://www.google.cz/maps?hl=cs&tab=wl>

## 6. Přílohy

Příloha č. 1: Přítok odpadní vody na čistírnu (vlevo Satalice, vpravo Kbely)



*zdroj: vlastní fotografie*

Příloha č. 2: Vypínací komora s lapáky šterku (v pozadí výpustní místo A)



*zdroj: vlastní fotografie*

Příloha č. 3: Přepad do vírového separátoru na konci vypínací komory



*zdroj: vlastní fotografie*

Příloha č. 4: Vírový separátor s nornou stěnou před přepadem



*zdroj: vlastní fotografie*

Příloha č. 5: Šneková čerpadla v čerpací jímce



*zdroj: vlastní fotografie*

Příloha č. 6: Strojní a ručně stírané česle



*zdroj: vlastní fotografie*



Příloha č. 7: Vírový lapák písku



*zdroj: vlastní fotografie*

Příloha č. 8: Separátor písku



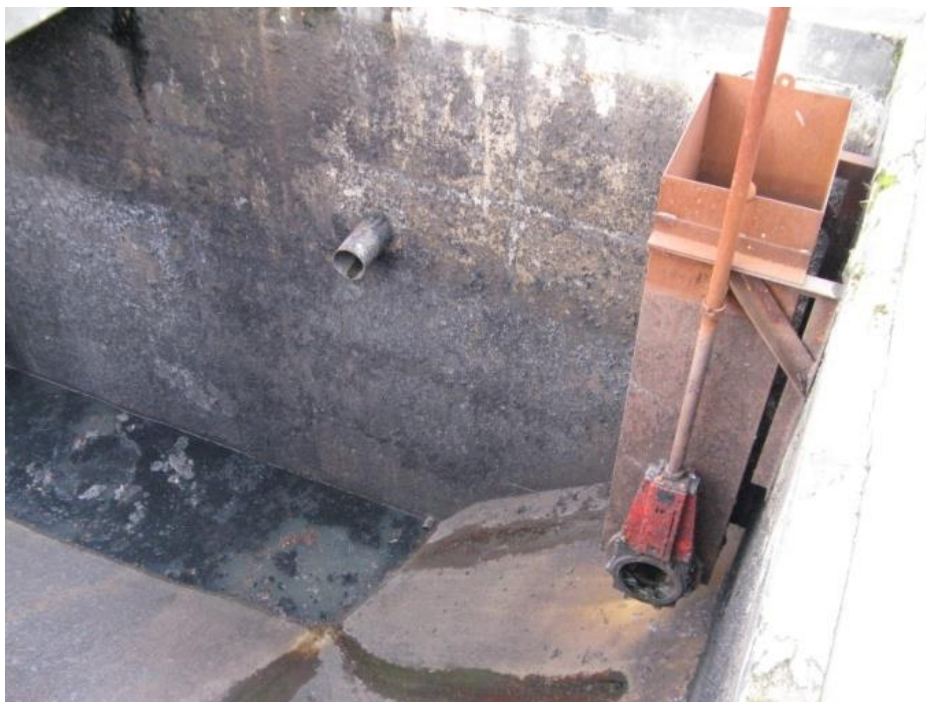
*zdroj: vlastní fotografie*

Příloha č. 9: Usazovací nádrže



*zdroj: vlastní fotografie*

Příloha č. 10: Kalová akumulční jímka



*zdroj: vlastní fotografie*

Příloha č. 11: Regenerace a kontaktor



*zdroj: vlastní fotografie*

Příloha č. 12: Denitrifikační a nitrifikační nádrže



*zdroj: vlastní fotografie*

Příloha č. 13: Dávkovač síranu železitého



*zdroj: vlastní fotografie*

Příloha č. 14: Dosazovací nádrž



*zdroj: vlastní fotografie*

Příloha č. 15: Soutok vyčištěné vody z obou dosazovacích nádrží



*zdroj: vlastní fotografie*

Příloha č. 16: Dočišťovací nádrž



*zdroj: vlastní fotografie*

Příloha č. 17: Uskladňovací kalové nádrže



*zdroj: vlastní fotografie*

Příloha č. 18: Pohled do uskladňovací nádrže



*zdroj: vlastní fotografie*

Příloha č. 19: Budova pro bubnový zahuš'ovač



*zdroj: vlastní fotografie*

Příloha č. 20: Nová odstředivka



*zdroj: vlastní fotografie*

Příloha č. 21: Pohled na aktivační nádrže shora akumulční kalové nádrže



*zdroj: vlastní fotografie*

Příloha č. 22: Dmychárna



*zdroj: vlastní fotografie*

Příloha č. 23: Kontrolní systém SAIA



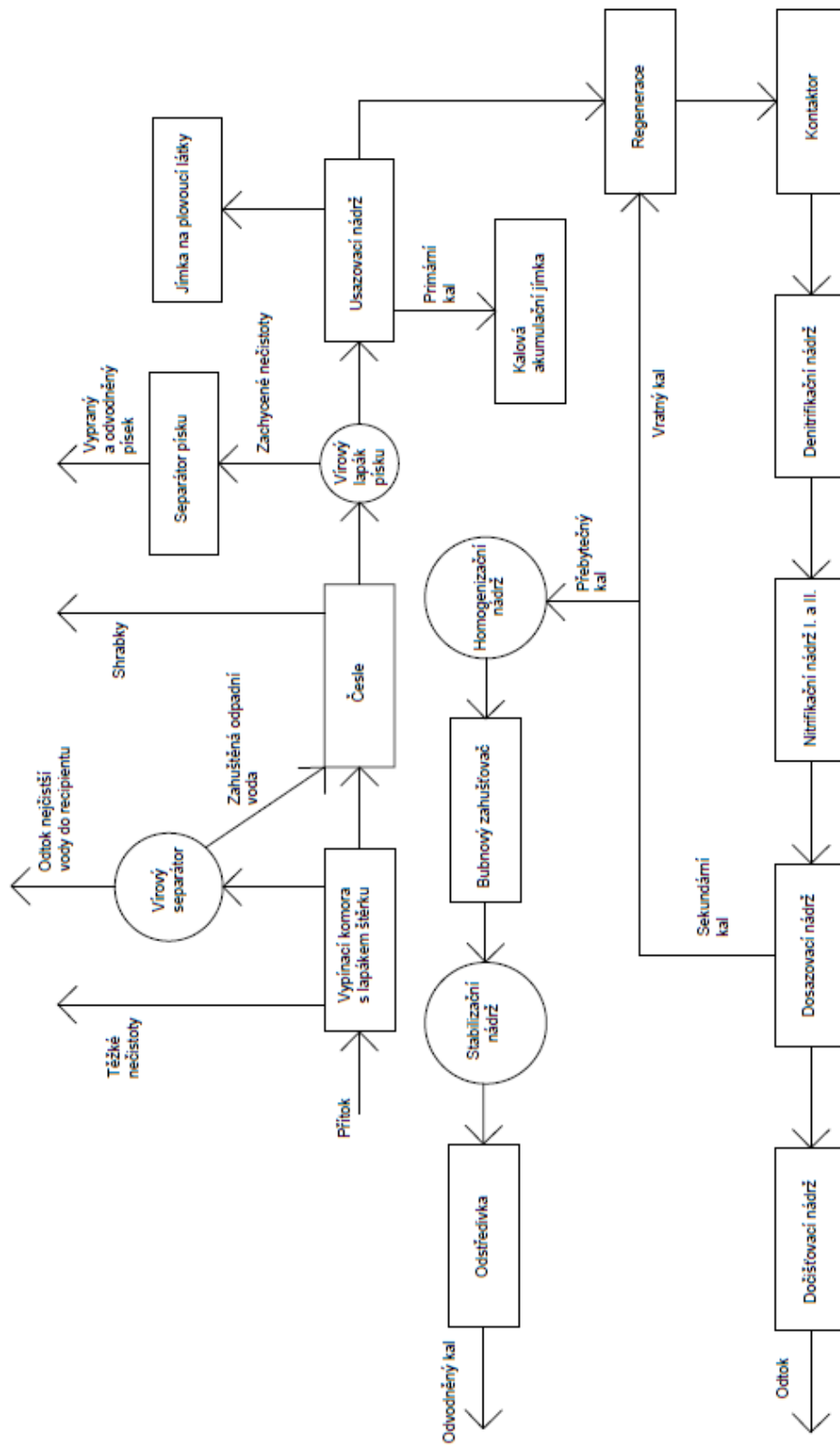
*zdroj: vlastní fotografie*

Příloha č. 24: Letecký pohled na celou čistírnu



*zdroj: [www.google.cz/maps](http://www.google.cz/maps)*

Příloha č. 25: Schéma čistírny



zdroj: Vlastní nákres