

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

**KATEDRA VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ A
ENVIRONMENTÁLNÍHO MODELOVÁNÍ**



ČISTIČKA ODPADNÍCH VOD KARLOVY VARY

Sewage treatment plan in Karlovy Vary

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce: doc. Mgr. Marek Vach, Ph.D.

Autor: Jaroslav Dvořák

Praha 2020

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jaroslav Dvořák

Územní technická a správní služba

Název práce

Čistička odpadních vod Karlovy Vary

Název anglicky

Sewage treatment plan in Karlovy Vary

Cíle práce

Tématem bakalářské práce je historie, vývoj, popis čištění a vyhodnocení provozu Čističky odpadních vod. Úvodní část je věnována historii. Následuje popis závodu Čističky odpadních vod Karlovy Vary. V další části práce jsou uvedené metody čištění. V závěrečné části je uvedeno vyhodnocení provozu.

Metodika

Úvodní část bakalářské práce bude věnována představení Čistírny odpadních vod Karlovy Vary. Následovat bude první rešeršní část, ve které bude představena obecná problematika čištění odpadních vod. Uvedené zde budou metody čištění odpadních vod a problematika kalového hospodářství. Druhá část bude v úvodu věnována historii města Karlovy Vary a následně bude uvedena historie a vývoj Čistírny odpadních vod Karlovy Vary. Dále se práce bude zaměřovat na používané metody čištění odpadních vod a kalové hospodářství na ČOV Karlovy Vary. V závěrečné části bude uvedeno vyhodnocení provozu čistírny odpadních vod Karlovy Vary.

Doporučený rozsah práce

40 stran textu

Klíčová slova

Čistírna odpadních vod, lapák písku, usazovací nádrž, kalové hospodářství, znečištění, aktivace, odpadní voda.

Doporučené zdroje informací

DOHÁNYOS M., KOLLER J., STRNADOVÁ N. (1998): Čištění odpadních vod, VŠCHT Praha
HLAVÍNEK P., MIČÍN J., PRAX P., (2001): Příručka stokování a čištění odpadních vod. NOEL 2000 s.r.o., Brno.
CHUDOBA J., DOHÁNYOS M., WANNER J., 1991: Biologické čištění odpadních vod. SNTL, Praha.
JÁGL A., ŠTAFFLOVÁ V., DLESK V. (2012): Voda pro Karlovy Vary, VODÁRNY A KANALIZACE Karlovy Vary.
PYTL V. a kolektiv (2004): Příručka provozovatele čistírny odpadních vod, SOVAK ČR, Praha

Předběžný termín obhajoby

2019/20 LS – FŽP

Vedoucí práce

doc. Mgr. Marek Vach, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 13. 11. 2019

doc. Ing. Martin Hanel, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 25. 11. 2019

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 14. 01. 2020

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci na téma: Čistička odpadních vod Karlovy Vary vypracoval samostatně pod vedením doc. Mgr. Marka Vacha, Ph.D. Citoval jsem všechny literární zdroje, ze kterých jsem čerpal a uvedl je v závěru práce. Bakalářská práce neporušuje autorská práva třetích osob a tištěná verze se shoduje s verzí odevzdanou přes Univerzitní informační systém.

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

Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby. Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Karlových Varech dne 10.3.2020

.....

Poděkování

V této části bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce doc. Mgr. Marku Vachovi, Ph.D. za cenné rady, vstřícnost a čas, který věnoval při vedení mé práce. Dále bych chtěl poděkovat panu Alexandru Patrovskému za provedení provozem ČOV Karlovy Vary a především rodině a přátelům za obrovskou důvěru a podporu během celého studia.

Abstrakt

Na základě shromážděných informací a osobní návštěvě čistírny odpadních vod Karlovy Vary tato bakalářská práce popisuje, analyzuje a vyhodnocuje provoz čistírny odpadních vod Karlovy Vary - Drahovice. V první části se práce věnuje popisu odpadních vod, obecnému seznámení s procesy, které se využívají při čištění odpadních vod a kalovému hospodářství. V práci je charakterizováno mechanické, biologické, chemické a fyzikálně chemické čištění.

Druhá část práce se věnuje čistírně odpadních vod Karlovy Vary – Drahovice. Je zde popsána historie, vývoj a rekonstrukce čistírny odpadních vod Karlovy Vary. Dále se práce zaměřuje na představení procesů čištění odpadních vod a popisu objektů a zařízení, které se na čistírně Karlovy Vary nacházejí. Závěrečná část práce se věnuje kalovému hospodářství, výstavbě nové sušárny kalů, která byla na čistírně odpadních vod vybudována a zlepšuje tak možnosti využití výsledného kalu a vyhodnocení provozu čistírny odpadních vod Karlovy Vary – Drahovice.

Klíčová slova

Čistírna odpadních vod, Odpadní voda, Metody čištění odpadních vod, Kalové hospodářství, Vyhodnocení provozu.

Abstract

On a basis of collected information and my personal visit to a wastewater treatment plant in Karlovy Vary this Bachelor thesis describes, analyses and evaluates the mechanism of the Wastewater treatment station Karlovy Vary - Drahovice. The first part of this thesis focuses the description of wastewater, general acquaintance with the processes, that are used in the treatment of the wastewater and sludge management. In the thesis there are characterised mechanical, biological, chemical and physically chemical Wastewater treatment methods.

The second part of this thesis pursues the topic of the Wastewater treatment plant Karlovy Vary - Drahovice. The history, the development and the reconstruction of the plant are described there. In addition this thesis is focused on introduction to the processes of wastewater treatment and the description of objects and equipment that can be found in the treatment plant Karlovy Vary. The conclusion of this Bachelor thesis is devoted to sludge management, construction of a new sludge dryer facility, that has been added to the wastewater plant and so it improves the options of the usage of the resulting sludge and evaluation of the work of the Wastewater treatment plant Karlovy Vary - Drahovice.

Keywords

Waste water treatment plant, Waste water, Sewage treatment methods, Sludge management, Evaluation of performance.

Obsah

1. Úvod.....	9
2. Cíle práce	9
3. Představení Čistírny odpadních vod Karlovy Vary – Drahovice	10
4. Odpadní vody	11
4.1 Dělení odpadních vod	11
4.2 Základní ukazatelé jakosti odpadních vod	13
5. Technologie čištění odpadních vod	14
5.1 Mechanické čištění.....	15
5.2 Biologické čištění.....	17
5.2.1 Aktivační proces	18
5.2.2 Biologické odstraňování dusíku.....	19
5.2.3 Biologické odstraňování fosforu	20
5.2.4 Biologické reaktory	20
5.3 Chemické a fyzikálně chemické čištění.....	21
6. Kalové hospodářství.....	26
6.1 Čistírenské kaly	27
6.2 Zpracování kalu	27
7. Metodika	30
8. Čistírna odpadních vod Karlovy Vary.....	31
8.1 Město Karlovy Vary	31
8.2 Čistírna odpadních vod Karlovy Vary – Drahovice	33
8.3 Charakteristika ČOV	33
8.4 Vývoj ČOV Karlovy Vary – Drahovice	35
8.5 Popis provozu ČOV Karlovy Vary.....	39
8.5.1 Mechanická část čištění.....	39
8.5.2 Biologická část čištění.....	44
8.5.3 Kalové hospodářství.....	48
9. Vyhodnocení provozu čistírny odpadních vod	53
10. Diskuze.....	55
11. Závěr.....	56
12. Přehled použité literatury a zdrojů	58
Seznam obrázků a tab.....	60
Použité zkratky	62

1. Úvod

Jednou ze základních a nejdůležitějších potřeb pro život na zemi je voda. Vzhledem k narůstajícímu počtu obyvatelstva, vysoké průmyslové a zemědělské produkci, dochází k nárůstu odpadů a tím k dramatickému zatížení životního prostředí a vodních zdrojů. Negativní příčinou znečištění vodních zdrojů jsou odpadní vody. Proto je kladen přísný důraz na to, aby použitá voda, která se vrací zpět do oběhu, byla kvalitně a komplexně zbavena všech nežádoucích nečistot. Důkladné čištění odpadních vod by mělo být ústředním postupem pro kvalitu vody, aby docházelo k zlepšování životních podmínek a menší zátěži na životní prostředí. Hlavním úkolem čistíren odpadních vod je odstranění rozpuštěných, nerozpuštěných, organických a anorganických znečišťujících látek pomocí technologických postupů, které dosahují kvalitního vyčištění odpadních vod.

V současnosti, kdy narůstá zatížení životního prostředí je potřeba zkvalitňovat postupy čištění odpadních vod. Jedná se o modernizaci čistíren odpadních vod a používání moderních technologií k čištění.

V této bakalářské práci se zaměřuji na představení procesu čištění odpadních vod v Karlových Varech. Jedná se o město specifické svou historií, lázeňstvím a termálních pramenů a tím je aktuálnější seznámení s celým procesem čištění.

2. Cíle práce

Cílem bakalářské práce je seznámení s historií, popis čištění a vyhodnocení provozu Čistírny odpadních vod Karlovy Vary. Úvodní část je věnována historií a popis závodu. Dále je jsou uvedeny metody čištění a vyhodnocení provozu Čistírny odpadních vod Karlovy Vary.

3. Představení Čistírny odpadních vod Karlovy Vary – Drahovice

Čistírna odpadních vod Karlovy Vary – Drahovice vznikala během roku 1961 až 1967 a stala se největším závodem čištění odpadních vod na území, které provozovala společnost Vodárny a kanalizace Karlovy Vary. Během svého působení prošla čistírna třemi přestavbami. Důvodem byla modernizace technologií a rozšíření čistírny za účelem zkvalitňování provozu čistírny odpadních vod (vodakva.cz,2019).

Pro čištění odpadních vod používá čistírna technologie mechanicko-biologická s biologickým odstraňováním dusíku a chemickým srážením fosforu. Projektovaná kapacita závodu je 80 000 ekvivalentních obyvatel. V současnosti je na čistírnu napojeno 60 000 ekvivalentních obyvatel z dalších 9 obcí a řada producentů průmyslových odpadních vod. Denní přítok odpadních vod do čistírny dosahuje 24 000 m³. Do hlavní kmenové stoky je kanalizace sváděna jednotnou stokovou sítí, kdy gravitačně a poté čerpáním čerpacích stanic odvádí odpadní vody do čistírny. Voda, která je vyčištěná se vypouští do řeky Ohře. Čistírna je plně automatizována a řízena za pomoci průmyslových automatů (vodakva.cz,2019).

Historie budování vodního systému v Karlových Varech začíná už v roce 1882 a dá se rozdělit do několika období. Prvním obdobím, které začíná ve zmíněném roce 1882 byla postavena první karlovarská vodárna v Tuhnicích. Tato část období trvá do roku 1923, kdy bylo na vodárně zavedeno chlorování. Období je specifické tím, že začaly fungovat dvě oddělené sítě. Jedna navazující na lesní vodovody a druhá nově vybudovaná sít na užitkovou vodu z vodárny. Druhé období trvalo až do roku 1962 a postupně se zde začínají sjednocovat obě městské sítě. V tomto období také dochází k zahájení výstavby ČOV Karlovy Vary - Drahovice. Třetí období začíná rokem 1962, kdy se začala vedle původní vodárny v Tuhnicích budovat druhá vodárna s novou technologií chemické úpravy vody z Ohře. Končí rokem 1984, kdy byla zprovozněna již třetí karlovarská vodárna v Březové (Jágl A., Štafllová V., Dlesk V., 2012).

4. Odpadní vody

Voda, která přitéká do čistírny odpadních vod je voda odpadní. Co vlastně odpadní vodou myslíme? Dle (§ 38 odst. 1 zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů a ve znění pozdějších předpisů) jsou odpadní vody použité a znečištěné vody z domácností, léčebných a sociálních zařízeních, průmyslových a komerčních stavení, případně i dopravních prostředků, které mají po použití změněnou svou jakost. Dále jsou odpadní vodou i vody, které odtékají ze staveb, zařízení nebo prostředků a ohrožují jakost povrchových nebo podzemních vod, průsakové vody ze skládek a odkališť, mimo vod, které jsou opětovně použity pro vlastní potřebu organizace (zákon č. 254/2001 Sb.).

Obecně tedy můžeme říci, že odpadní voda je znečištěná voda, která ztratila svou kvalitu, změnila své fyzikální nebo chemické vlastnosti a tím se stala nepoužitelnou (Hammer M. J.; Hammer M. J., Jr, 2012).

4.1 Dělení odpadních vod

Odpadní vody můžeme dělit do několika kategorií dle původu a druhu znečištění na:

- Vody splaškové,
- Vody srážkové,
- Vody průmyslové,
- Vody městské,
- Vody zemědělské,
- Vody infekční (Pytl a kol. 2004).

Splaškové odpadní vody

Jedná se o odpadní vody odváděné z domácností, sociálních zařízení, škol, prádelen, zdravotních budov apod., které neobsahují průmyslové odpadní vody. (Nysl V., Synáčková M., 1998). Vznikají tedy každodenní lidskou činností a průměrné množství závisí na vybavenosti domácností jako jsou koupelny, kuchyně, wc aj. Průměrná hodnota specifické produkce splaškové vody je cca 150 l/osobu na den (Dohányos M., Koller J., Strnadová N., 2004).

Splaškové vody mají obvykle zabarvení šedé až šedohnědé barvy a jsou značně zakalené. Teplota splaškové vody se pohybuje v rozmezí od 5 do 20°C dle ročního období a hodnota pH se pohybuje od 6,8 do 7,5 (Dohányos M., Koller J., Strnadová N., 2004).

Významné zastoupení znečišťujících látek splaškových odpadních vod připadá na moč a fekálie (až 80% organických látek). Mezi další méně zastoupené látky patří zbytky živočišné, rostlinné potravy a různé prací i čistící prostředky (P. Pitter, 1999).

Srážkové odpadní vody

Za srážkové odpadní vody pokládáme vody dešťové, které jsou odváděny z intravilánu obce jednotnou kanalizací. Objem srážkových vod závisí na intenzitě srážek, velikosti odvodňovaných ploch, druhu povrchu a sklonu (D. L Russel, 2006). Podle styku s povrchem se dělí srážkové vody na:

- **Znečištěné** – z průmyslových a zemědělských areálů, a to jen během doby oplachů ploch z těchto areálů,
- **Neznečištěné** – vody ze zahrad, parků, pěších zón (J. Malý, J. Malá, 1996).

Vody městské

Do této kategorie řadíme smíšené vody průmyslové, dešťové, splaškové a případně i podzemní. Ve větších městech převládá voda splašková, u malých měst složení odpadních vod závisí na objemu průmyslu (V. Krejčí a kol., 2002).

Vody zemědělské

Jedná se o druh vod, které pochází ze zemědělské výroby (voda z pěstíren dobytka, z farem, jatek) (J. Pošta . a kol., 2008).

Průmyslové odpadní vody

Průmyslové odpadní vody nejčastěji vznikají v průmyslových a výrobních závodech. Jedná se o vody z továren, pivovarů, mlékáren, elektráren, zemědělských podniků apod., kdy vody z těchto objektů jsou vypouštěny do kanalizace. Složení vypouštěné průmyslové vody je specifické dle oboru a výrobních postupů. (Butler D., Davies, J. W., 2004). Je možné vody vypouštět samostatně, ty je třeba předčistit přímo v průmyslovém objektu nebo hromadně se splaškovými. Vypouštěné odpadní vody musí splňovat limity znečištění, aby vyhovovaly provoznímu kanalizačnímu řádu (Malý J., Hlavínek P., 1996).

Vody infekční

Tato voda obsahuje infekční látky a pochází ze zdravotních zařízení, nemocnic, výroben léků, laboratoří, veterinárních služeb apod. Voda před vypuštěním musí být zdravotně a hygienicky upravena, aby byla zbavena všech infekčních látek (M. Synáčková , 2014).

4.2 Základní ukazatelé jakosti odpadních vod

Odpadní vody obsahují značné množství organických a anorganických látek a tím je velmi složité určit danou sloučeninu jednotlivě. Používají se tedy společné metody, které určí sloučeniny skupinově. Mezi významné ukazatele znečištění odpadních vod patří BSK, CHSK, Organický uhlík, NL (Chudoba J., Dohányos M., Wanner J., 1991).

Biochemická spotřeba kyslíku – BSK

Mezi významné a důležité ukazatele patří Biologická spotřeba kyslíku. Vyjadřuje množství kyslíku, které spotřebuje mikroorganismus při biologickém rozkladu organických a anorganických látek přítomných v odpadní vodě za aerobních

podmínek. BSK₅ se vyjadřuje v mg/l. Běžně se určuje jednou denně po dobu pěti dnů a měření vzorku se provádí na začátku inkubace a po inkubaci. Určení se provádí ve tmě při 20°C. Důležitý je čas inkubace, ve kterém BSK₅ probíhá (P. Pitter, 1999).

Chemická spotřeba kyslíku – CHSK

Chemická spotřeba kyslíku je vyjádření spotřebovaného kyslíku, který je potřeba k oxidaci organických látek obsažených ve vodě. Jako oxidační činidlo se dnes využívá především dichroman draselný nebo případně méně používaný manganistan draselný, který se používá jen u pitných a podzemních vod. Při využití běžné dnešní metody s dichromanem draselným se oxidace provádí za vyšších teplot a chemické reakce síranem stříbrným. Doba tepelného zahřívání je cca 2 hodiny (Švehla P., 2005).

Nerozpuštěné látky – NL

Za nerozpuštěné látky považujeme především pevné látky obsažené v odpadní vodě. Jedná se například o písek, těžké kovy atd. Nerozpuštěné látky rozlišujeme na látky usaditelné, které se usazují na dně a neusaditelné způsobující zákal vody. Určují se filtrací vody filtrem předepsané jakosti. Obsah nerozpuštěných látek se stanoví zvážením zachycených látek filtrem, který se vysuší (Herle J, Bareš P., 1990).

Mezi další měřené nežádoucí ukazatele patří Fosfor a Dusík.

5. Technologie čištění odpadních vod

V odpadních vodách je řada znečišťujících látek, které nelze odstranit jedním procesem. Z toho důvodu nelze použít jen jeden univerzální proces čištění, který by odstranil všechny nečistoty. Odpadní vody nemají stále chemické složení, ale proměnlivé a z toho důvodu je důležité volit různé fáze čištění a s tím souběžně kombinovat různé procesy čištění (Dohányos, M., Koller, K., Strnadová, N., 1998).

Jednotlivé procesy čištění odpadních vod dělíme na mechanické procesy (cezení, usazování, filtrace, flotace, centrifugace), biologické procesy (biologické filtry, aktivační proces, stabilizační nádrže a laguny), které dále dělíme na aerobní a anaerobní a chemické a fyzikálně chemické procesy (čiření, neutralizace, sorpční

procesy, extrakce apod.) (Chudoba J., Dohányos M., Wanner J., 1991).

5.1 Mechanické čištění

Mechanické čištění má za úkol odstranit nerozpuštěné, tuhé a pevné látky, které jsou v odpadní vodě a chrání strojní zařízení čistírny před poškozením. Mluvíme o mechanickém předčištění, které obsahuje zařízení lapák šterku, písku, tuku, česle, usazovací nádrže. Čištění se většinou provádí ve dvou stupních. V prvním stupni se odděluje hrubší materiál v lapácích písku a česlích. Ve druhém jsou látky odstraněny sedimentací (Chudoba J., Dohányos M., Wanner J., 1991).

Lapáky šterku

Lapáky šterku se nachází před čistírnou a jsou součástí hrubého předčištění. Slouží k zachycení velkých plovoucích částí (šterk, kusy dřeva, kameny) a chrání technologická zařízení čistírny, jako jsou jemná česle, čerpadla před mechanickým poškozením. Velké a těžké předměty se dostávají do čistírny odpadních vod především s přívalovým deštěm jednotnou kanalizací. Zpravidla se jedná o dvě paralelně zapojené sedimentační komory – železobetonové vany. Jedna komora je v provozu, druhá se čistí a potom zůstává v záloze. Sedimenty jsou z komor vyprazdňovány drapákovým bagrem (Hlavínek P., Mičín J., Prax P, 2001).

Česle

Česle je mřížová konstrukce tvořená rámem a pruty tzv. Česlicemi, kruhového nebo obdelníkového průřezu, ve sklonu pod úhlem toku až 60°. Jedná se o zařízení, které se používá k zachytávání hrubých plovoucích nečistot. Zachytává nejen velmi hrubé nečistoty, jako hadry, potraviny, papíry, kusy dřeva apod., ale také chrání technologická zařízení před ucpáváním a mechanickým poškozením (Pytl a kol. 2004). Česle můžeme rozdělit dle velikosti průlin na:

Dle stírání shrabků na:

- **mechanicky stírané** – česle stírané shrabováký, které jsou umístěné v průlinách česlí, stírání ovládáno automaticky, použití ve větších čistírnách,

- **ručně stírané** – použití většinou u menších čistíren, nevýhodné z důvodu neustále obsluhy, je nutné je stírat až dvakrát denně (Pytl a kol. 2004).

Dle velikosti průlin na:

- **jemné česle** – velikost průlin 5-20mm,
- **hrubé česle** – velikost průlin 40-100mm,
- **střední česle** – velikost průlin 20-40mm(Pytl a kol. 2004).

Veškeré odstraněné nečistoty z česlí nazýváme shrabky. Tyto shrabky putují do kontejneru, který je pak vyvezen na skládku (Pytl a kol. 2004).

Lapáky písku

V lapáku písku dochází k sedimentaci pískových a minerálních částic a k jejich oddělování z odpadní vody. Tyto částice jsou splachovány do kanalizace pomocí deště a odstranění těchto látek je důležité pro ochranu dalších technologických zařízení před mechanickým poškozením, ucpáváním potrubí a zvýšeným opotřebením. Lapák písku pracuje na principu gravitační síly a rozdílu hustot. Při čištění je odstraněn pouze písek, ale nesmí být odstraněna organická suspenze. Dle obsluhy jsou lapáky písku ručně nebo strojně vyklizené. Dále můžeme rozdělit lapáky písku dle směru průtoku písku na lapáky horizontální, vertikální a lapáky s příčnou cirkulací (Dohányos M., Koller J., Strnadová N., 2004).

Lapáky tuků

Lapáky tuků slouží k zachytávání olejů a tuků, tedy všech organických látek nesmíselných s vodou s hustotou nižší než voda. Doporučuje se je umístit přímo u zdroje znečištění. Odpadní voda je svedena do separační nádrže, kde organické látky, které mají menší průtokovou rychlost a menší hustotou než voda stoupají k hladině, kde se hromadí a jsou ručně nebo strojně stírány. Následně jsou přiváděny do sběrného koryta. Látky oddělené z odpadní vody jsou pak dopravovány k likvidaci metalizací, spálením nebo skládkováním jako nebezpečný odpad (Pytl a kol. 2004).

Usazovací nádrže

Nerozpuštěné látky, které jsou obsažené v čištěných odpadních vodách jsou oddělovány v usazovacích nádržích, kde dochází k sedimentaci a odstranění suspendovaných látek. Oddělování nerozpuštěných látek funguje na principu gravitační sedimentace, která je závislá na velikosti částice a hustotě kapaliny. Plovoucí nerozpuštěné látky se oddělují šrabovákem z hladiny do jímky plovoucích nečistot. Kal se usazuje na dně a je odváděn do kalové jímky (Pytl a kol., 2004).

Usazovací nádrže můžeme rozdělit podle technologického zařazení na:

- **primární** – usazovací, kde dochází k oddělování suspendovaných látek z odpadní vody. Jsou na začátku technologické linky a vzniká zde primární kal, který se odvádí k dalšímu zpracování do objektů kalového hospodářství (Chudoba J., Dohányos M., Wanner J., 1991).
- **sekundární** – jedná se o dosazovací nádrže, kde dochází k oddělení aktivovaného kalu z odpadních vod. Řadí se za objekty biologického čištění (Chudoba J., Dohányos M., Wanner J., 1991).

Dle směru průtoku a tvaru jsou usazovací nádrže:

- s horizontálním průtokem (pravoúhlé, kruhové),
- s vertikálním průtokem (pravoúhlé, kruhové),
- štěrbinové a lamelové (Pytl a kol., 2004).

5.2 Biologické čištění

Biologické čištění odpadních vod je druhým stupněm čištění a následuje po mechanickém čištění odpadních vod. Biologické čištění se provádí za aerobních nebo anaerobních podmínek. Při aerobním procesu dochází k přístupu kyslíku, ale u anaerobního procesu se provádí postup bez kyslíku (Henze M., Harremöes. P., Arvin E., 2002). Základem biologického čištění jsou biochemické oxidačně redukční reakce. Je založeno na činnosti mikroorganismů, které rozkládají organické látky. Organické

látky tvoří značnou část znečištění v odpadních vodách a slouží mikroorganismům jako zdroj potravy a energie. Výsledkem činnosti mikroorganismů je vyčištěná voda a biomasa, která je dále zpracována jako biologický kal. Účelem biologického čištění je odstranění organických látek z odpadní vody především koagulací a rozkládání neusaditelných koloidních látek. Biologické čištění se dělí na procesy oxické, anoxické a anaerobní dle toho, jestli je čištění prováděno za přístupu nebo nepřístupu kyslíku (Dohányos M., Koller J., Strnadová N., 2004).

- **Oxický kyslíkatý proces** – v této části dochází k oxidaci organických látek a nitrifikaci, která potřebuje přítomnost kyslíku (Dohányos M., Koller J., Strnadová N., 2004).
- **Anoxický bezkyslíkatý proces** – tato část je bez přístupu kyslíku a dochází zde k redukci dusičnanů procesem denitrifikace, redukce dusičnanů a dusitanů na plynný dusík (Dohányos M., Koller J., Strnadová N., 2004).
- **Anaerobní proces** – přítomný kyslík je zde vázaný pouze ve sloučeninách, vlastní organická látka je konečným příjemcem, dochází z části k oxidaci a redukci (Dohányos M., Koller J., Strnadová N., 2004).

5.2.1 Aktivační proces

Principem aktivačního procesu je vytvoření aktivovaného kalu v provzdušňované aktivační nádrži. Jedná se o směs mikroorganismů, převážně bakterií, ale mohou se zde vyskytovat v malém množství i plísně, houby a další nerozpuštěné a organické látky (Muller, J.A., Boyle, W.C., Pöpel J., 2002). Kvalita i kvantita aktivovaného kalu záleží především na složení substrátu a na technologických parametrech při aktivaci, jako je doba zdržení, stáří kalu apod. (Dohányos M., Koller J., Strnadová N., 2004).

Znečištěná odpadní voda přitéká do aktivační nádrže, kde se vznáší vratný aktivovaný kal, který se vrací zpět z dosazovací nádrže. Dochází zde k čištění odpadních vod, kdy smícháním odpadní vody a vratného aktivovaného kalu vzniká směs provzdušněná v aktivační nádrži. Z aktivační nádrže odtéká vzniklá směs do

dosazovací nádrže, kde se separuje aktivovaný kal od vyčištěné odpadní vody. Při tomto procesu vzniká nová biomasa a proto se celý proces opakuje. Přebytečný kal je následně pravidelně odstraňován (Crittenden J., 2005).

5.2.2 Biologické odstraňování dusíku

Nejčastěji se dusík v odpadních vodách vyskytuje zejména ve formě amoniakálního dusíku. Odstraňování dusíku se provádí na základě biochemické oxidaci amoniakálního dusíku na dusitany a dusičnany a následné redukci těchto dusitanů a dusičnanů na plynný dusík. Jedná se o biologické procesy Nitrifikace a Denitrifikace (Chudoba J., Dohányos M., Wanner J., 1991).

Nitrifikace

Nitrifikace je biologický proces, který má dvě fáze. Oxidace amoniakálního dusíku na dusík dusitanový pomocí bakterií Nitrosomonas, Nitrosospira je označována jako první fáze. V následující druhé fázi jsou dusitany oxidovány na dusičnany bakterií z rodu Nitrobacter a Nitrocystis (Chudoba J., Dohányos M., Wanner J., 1991).

Rychlost průběhu nitrifikace ovlivňuje:

- koncentrace rozpuštěného kyslíku,
- teplota,
- hodnota pH,
- složení odpadních vod,
- stáří a zatížení kalu (Chudoba J., Dohányos M., Wanner J., 1991).

Denitrifikace

Při denitrifikaci dochází k redukci dusičnanů a dusitanů na plynný dusík nebo oxid dusný. Jedná se o anoxický proces bez přístupu kyslíku (Olsen G., Newell B., 1999). Denitrifikace využívá bakterie rodu *Micrococcus*, *Pseudomonas*, *Denitrobacillus* k rozkladu organických látek, pro které je organický materiál zdrojem energie (Chudoba J., Dohányos M., Wanner J., 1991).

U denitrifikace se využívají dva stupně redukce dusičnanů a dusitanů. V prvním stupni dochází k redukci dusičnanů na dusitany a ve druhém stupni se redukují dusitany na oxid dusný (Malý, J., Malá, J., 1996).

5.2.3 Biologické odstraňování fosforu

V odpadních vodách se vyskytuje i malé množství nežádoucího fosforu. Při odstraňování fosforu se používají fyzikálně chemické metody, které fungují na principu tvorby nerozpustitelných hlinitých, železitých, vápenatých fosforečnanů a biologické metody, které jsou založeny na schopnostech některých bakterií např. z rodu *Acinobacter* aktivovaného kalu hromadit ve svém metabolismu fosfor (Dohányos M., Koller J., Strnadová N., 2004).

5.2.4 Biologické reaktory

Biologické reaktory jsou specifické tím, že biomasu kultivují ve formě nárůstu na vhodném nosiči, kde se po určité době vytváří biologický film s velkým množstvím mikroorganismů, který rozkládá organické látky v odpadní vodě. Principem biofiltrů je napodobení přirozeného biologického čištění (Vesilind A.P., 2003).

Reaktory rozlišujeme dle způsobu kontaktu s vodou nebo nosiče na:

- **Ponořené biologické kolony s pevným nebo expandovaným a fluidizovaným ložem**

Ponořenou kolonu s pevným podkladem celou zaplní odpadní voda, která protéká ze spodu nahoru a biologický materiál je do ní ponořen. U ponořené s

expandovaným podkladem odpadní voda protéká ze zdola nahoru a objem původního nosiče je zvětšen oproti pevnému podkladu. Fluidizovaný podklad je specifický pohybem částic biofilmu, který vytvoří proud čištěné odpadní vody (Dohányos M., Koller J., Strnadová N., 2004).

- **Rotační biologické reaktory**

Jsou jednoduché a provozně nenáročné, a proto se používají především pro malé domovní čistírny (Dohányos M., Koller J., Strnadová N., 2004). Dělí se dle konstrukce nosiče biofilmu na Rotační diskové reaktory, kde jsou nosičem biofilmu vhodně tvarované kotouče, které v odpadní vodě pomalu rotují. V případě oxického procesu se disky do vody neponořují úplně a kontakt biofilmu se vzduchem a se s vodou střídá a na Rotační klecové reaktory, které pracují za stejných podmínek jako rotační diskové reaktory, ale biologický materiál zde rotuje na konstrukci (Dohányos M., Koller J., Strnadová N., 2004).

- **Reaktory s kombinovanou kultivací biomasy**

Nosič biofilmu může být umístěn mimo aktivační nádrž nebo do aktivační nádrže. Zde může být umístěn pevně, kdy se pohybuje sám, nebo se instaluje tak, aby se pohyboval spolu s aktivační směsí (Dohányos M., Koller J., Strnadová N., 2004).

- **Zkrápěné biologické kolony (tzv. Biofiltry)**

Náplň kolony, která je nosičem biofilmu je zkrápěna odpadní vodou, tím dochází ke styku s biomasou a voda se čistí. V otvorech kolony proudí vzduch. Aerace může být přirozená nebo nucená (Pytl a kol., 2004).

5.3 Chemické a fyzikálně chemické čištění

Třetí stupeň čištění odpadních vod se zařazuje v případech, kdy po mechanickém a biologickém čištění je třeba vodu dočistit. Jedná se o chemické, nebo fyzikálně chemické čištění. Provádí se většinou na základě žádosti vodoprávního orgánu v místech, kde se vyžaduje vyšší kvalita vyčištěné vody (Pytl a kol., 2004).

Používané metody čištění:

Filtrace

Při čištění odpadních vod se filtrace používá v případě, kdy je třeba nízká koncentrace nerozpuštěných látek ve vodě při odtoku. Dále se může využívat při předčištění, kde by v čištěné vodě přítomnost nerozpuštěných látek vadila (membránové oddělovací procesy, adsorpce apod.) a také pro zachytávání vloček po koagulaci, které jsou ve vodě (Dohányos M., Koller J., Strnadová N., 2004). Filtrace využívá dvou odlišných technologií :

- **filtrace s malou vrstvou zrnitého materiálu** – tato filtrace funguje na principu kombinace procesů cezení, sedimentace, adsorpce a působení elektronických sil (Dohányos M., Koller J., Strnadová N., 2004).
- **filtrace suspenzí přes filtrační překážku** – odvodnění koncentrovaných suspenzí nebo kalů. Pevné látky se oddělují na filtrační přepážce, kde zachycené nerozpuštěné látky vytvoří filtrační koláč (Dohányos M., Koller J., Strnadová N., 2004).

Neutralizace

Ve výrobě vznikají odpadní vody, u kterých hodnota pH nesplňuje podmínky pro jejich vypouštění. K úpravě takové vody slouží neutralizace, která upravuje vodu před jejím vypuštěním. Neutralizací se rozumí chemická reakce mezi zásadou a kyselinou za vzniku molekul vody. Provádí se například mícháním kyselých a zásaditých odpadních vod, kdy se neutralizace provádí ve vyrovnávací nádrži s usazováním. Během procesu je žádoucí provádět důkladnou kontrolu, jestli nedochází po změně pH vody k uvolňování toxických látek, nebo přidávkem dalších chemikálií (Dohányos M., Koller J., Strnadová N., 2004).

Flotace

Metoda, která separuje tuhé fáze od kapalné, při které se nerozpuštěné látky mísí s mikrobublinami plynů a tvoří flotační komplexy, které mají menší hmotnost

než hmotnost kapaliny. Tím stoupají vzhůru k hladině, kde jsou následně odstraňovány. Flotace se využívá pro odstranění látek, které nelze odstranit sedimentací a pro separování vložkovitých kalů, které vznikají při čištění vod, které obsahují olejovité látky (Komínková D., Benešová L., Šťastná G., 2014).

Přívod vzduchu, který je pro flotaci důležitý je dodáván buď ve formě jemných bublinek za pomoci jemnobublinné aerace. V tomto případě mluvíme o mechanické flotaci. Další možností je ultrazvukové tříštění bublinek, které se používá u odstranění hrubých látek (Dohányos M., Koller J., Strnadová N., 2004).

Druhá metoda je založena na vniku bublinek přímo v odpadní vodě. Používají se tyto metody:

- Vakuová flotace, kde dochází ke snížení tlaku ve flotační jednotce pod 0.1 Mpa,
- Tlaková flotace - expanze tlakové vody, která je nasycená vzduchem při vyšším tlaku, než je tlak atmosférický,
- Biologická flotace - tvorba dusíku biologickou denitrifikací,
- Chemická flotace - přidání chemikálií rozkládajících se ve vodě za vzniku plynu,
- Elektroflotace – elektrolýza vody, při které vzniká vodík a kyslík (Dohányos M., Koller J., Strnadová N., 2004).

Srážení

Srážení využívá vhodného chemického činidla v roztoku s obsahem různých částic, které dokážou z části vysrážet rozpuštěné částice v roztoku ve formě sraženiny, která je ve vodě zřídka rozpustná. K tomuto procesu dochází po přidání činidla, po kterém vznikne reakcí s původní přítomnou rozpuštěnou látkou jiná, méně rozpustná sloučenina. Přebytek sloučeniny se následně vyloučí ve formě sraženiny. Proces rozpustnosti sraženin záleží na teplotě roztoku a hlavně vlivu vlastních částic, ze kterých je sraženina složena a cizích částic v roztoku (Bindzar J., a kol. 2009).

Extrakce

Uvedení kapaliny do silného styku s jinou složkou (rozpouštědlem, extrakčním činidlem), se oddělují určité látky z kapaliny, které je třeba separovat. Základem procesu je lepší rozpuštění separované látky v extrakčním činidle než v původní odpadní vodě. V důsledku kontaktu vznikají dvě fáze a to extrakt a rafinát. Tyto vzniklé fáze mají po smíchání jiné složení separované látky než jaké bylo před promícháním. Extrakt vzniká z přidaného činidla a oddělovaná složka je zde koncentrována. Ke vzniku rafinátu dochází z původní kapaliny, kde má oddělovaná složka nižší koncentraci, než před extrakcí (Dohányos M., Koller J., Strnadová N., 2004).

Aby bylo extrakční činidlo vhodné, mělo by mít správné chemické a fyzikální vlastnosti. Mezi ty patří:

- Selektivita - u které dochází prvotně k rozpuštění extrahovatelné látky a velmi zřídka k rozpuštění původního rozpouštědla, tedy odpadní vody.
- Nesmísitelnost rozpouštědla a extrakční složky,
- Regenerace - zde se nejčastěji využívá destilace,
- Specifická hmotnost – dochází k oddělování látek na základě rozdílnosti specifických hmotností,
- Chemická stálost – nesmí docházet k tomu, aby na původní látku reagovalo extrahovadlo,
- Skladovací vlastnosti, nízká toxicita, nízká cena, vhodná dostupnost (Bindzar J., a kol. 2009).

Adsorpce

Proces adsorpce funguje na principu oddělování látek z roztoku jejich vazbou na povrch adsorbentu. Pokud k nějaké kapalně látce přidáme tuhou fázi, což je vlastně adsorbent, nastane klesání její koncentrace v kapalině a dochází k adsorpci na povrchu přidané tuhé fáze. Pokles záleží na velikosti povrch. Čím je větší, tím je pokles výraznější. Vhodným adsorbentem je například aktivní uhlí, pro svůj velký měrný povrch (Bindzar J., a kol. 2009).

Adsorpce využívá tři druhy sil a rozhodující ve výběru, které se použijí jsou povaha adsorbentu a adsorbované látky, u kterých proces probíhá (Bindzar J., a kol. 2009). Podle povahy sil rozlišujeme tyto adsorpce:

- **fyzikální adsorbce**

Uplatnění slabé mezimolekulové síly. Dle prostorových možností se v adsorbentu může vázat několik vrstev adsorbované látky. Z důvodu malé vazebné síly, může docházet k uvolňování zachycené látky zpět do roztoku a tím nastane desorpce (Bindzar J., a kol. 2009).

- **chemisorpce**

Je chemická reakce a sdílení elektronů adsorbentů a adsorbátu. U adsorbentů je vázána na chemicky reaktivní místa a z toho důvodu se vytvoří jen jedna vrstva zachycených látek na adsorbentu. Je nevratná a pomalejší než fyzikální adsorpce (Bindzar J., a kol. 2009).

Desorpce

Desorpce je opačným procesem adsorpce, kdy se adsorbovaná látka z povrchu adsorbentu uvolňuje. Těkavé látky jsou z vody odstraněny přivedenou vodní párou, vzduchem nebo použitím jiných plynů. Setkáváme se také s názvem stripování, odvětrávání, odhánění (Bindzar J., a kol. 2009).

K desorpci používané plyny jsou:

- - vodní pára – vyvařování, propařování,
- - vzduch – odvětrávání,
- - dusík
- - kouřové plyny (Bindzar J., a kol. 2009).

Při desorpci je důležitá teplota, která proces urychluje. Používají se výplňové, rozprašovací, patrové a probublávané desorbéry (Bindzar J., a kol. 2009).

6. Kalové hospodářství

Nedílným produktem v provozu čistíren odpadních vod jsou čistírenské kaly. Jsou to suspenze pevných látek zvaných sušina kalu, které vznikají při čištění odpadních vod. V mechanickém stupni čistírny vzniká kal primární – usazovací, v biologickém stupni pak kal přebytečný aktivovaný – dosazovák (Dohányos M., Koller J., Strnadová N., 2004).

Zastoupení čistírenského kalu tvoří minimální část celkového objemu čištěných vod. I když se zdá, že objem nepředstavuje velké množství, tvoří značnou část nákladů čistírny odpadních vod (Bindzar J., a kol. 2009). Původ kalu je důležitým aspektem pro složení a obsah sušiny surového kalu. Záleží na druhu kanalizace, složení odpadní vody, mechanickým stupni čištění, poměru mezi primárním aktivovaným kalem apod. Obsah sušiny v surovém kalu čištěných odpadních vod tvoří okolo 70% organických látek. Zpravidla obsahuje i patogenní látky a proto se jedná dle zákona o odpadech o nebezpečný odpad (Dohányos M., Koller J., Strnadová N., 2004).

6.1 Čistírenské kal

Primární kal

Vzniká při mechanickém stupni čištění v usazovací nádrži, kde je oddělován od surové vody sedimentací. Obsahuje především nerozpuštěné organické a anorganické látky (Henze M., Loosdrecht M., Ekana G., Brdjanovic D., 2003).

Sekundární kal

Jedná se o přebytečný aktivovaný kal, který vznikla během biologického stupně čištění, kde se odděluje v dosazovací nádrži. Obsahuje zbylé organické látky a biomasu. Odpadní voda a způsob čištění ovlivňuje koncentraci jeho složení (Hlavínek P., Mičín J., Prax P, 2001).

6.2 Zpracování kalu

Hlavním úkolem zpracování kalu je redukce objemu kalu, redukce zápachu kalu a možnost dalšího využití kalu (Hlavínek P., Mičín J., Prax P, 2001).

Z důvodu velkého obsahu organických a patogenních látek se používají tyto metody zpracování kalu:

Zahuštění kalu

Principem zahuštění kalu je odstranění části volné vody z kalu a tím se sníží objemové množství kalu. Po zahuštění je obsah sušiny v takové koncentraci, aby kal měl ještě tekutou konzistenci z důvodu čerpání pro další zpracování. Zahušťování se provádí gravitačně – sedimentací a flotací, nebo strojově (Hlavínek P., Mičín J., Prax P, 2001).

Stabilizace kalu

Za stabilizovaný kal považujeme takový kal, který neohrožuje životní prostředí. Cílem stabilizace je redukce organických látek do takového množství, aby již nedocházelo k biologickému rozkladu kalu (K. Slavíčková, M. Slavíček, 2013). Lze tedy říci, že zde neprobíhají biologické procesy, které způsobují hygienické

problémy. Stabilizovaný kal nepáchne, není hygienicky závadný a dá se odvodnit (Hlavínek P., Mičín J., Prax P, 2001). Pro stabilizaci kalu se nejčastěji používá:

- - *aerobní stabilizace kalu*
- - *anaerobní stabilizace kalu* (Hlavínek P., Mičín J., Prax P, 2001).

Hygienizace kalu

I když probíhá čištění odpadních vod několika stupni a zpracováním kalů, stále přežívá malé množství patogenů. Hygienizace je tedy proces, kdy se snižuje počet patogenních mikroorganismů tak, aby bylo dosaženo účelu, pro který se kal dále využije (Arceivala S.J., Asolekar S. R., 2007). Cílem je vytvoření prostředí, kde patogeny nejsou schopny přežít (Hlavínek P., Mičín J., Prax P, 2001).

Mezi hygienizační metody můžeme řadit:

- - *fyzikální metody*,
- - *chemické metody* (Hlavínek P., Mičín J., Prax P, 2001).

Předúprava kalu

Tento stupeň se uplatňuje před stabilizací, aby došlo k redukci kalu a tím se usnadnil proces stabilizace. Cílem je zmenšení částic kalu a rozpuštění organických látek do kapaliny, kde se dále rozkládají pomocí uvolněné látky lyzát (Hlavínek P., Mičín J., Prax P, 2001).

Odvodňování kalu

K odvodňování kalu může docházet po stabilizaci kalu. Účelem je opětovné snížení obsahu vody v kalu a tím snížení celkového objemu kalu. Při odvodňování má kal obsah sušiny mezi 30% - až 50% tuhé hmoty, se kterou je možná lepší manipulace a transport. Využívá se přirozené nebo strojní odvodňování. Přirozené odvodňování probíhá na kalových polích a lagunách, strojní odvodňování využívá pásových lisů, kalolisů, sítopásových lisů a odstředivek. Tento způsob snižování kalu je výhodnější a méně nákladný a snižuje tím finanční náročnost zpracování kalu,

které bývá často finančně náročné (Hlavínek P., Mičín J., Prax P, 2001).

Finální zpracování kalu

Jedná se o odstranění stabilizovaného a odvodňovaného kalu z čistírných odpadních vod. Je důležité provádět odstranění kalu tak, aby nebylo ohroženo životní prostředí (Henze M., Harremöes .P., Arvin E., 2002). Běžně se využívá k finálnímu zpracování kalu skládkování, spalování, zakompostování do stavebních materiálů a využití kalu v zemědělství (Hlavínek P., Mičín J., Prax P, 2001).

Skládkování

Tento proces vyžaduje dostatečně odvodněný a stabilizovaný kal. V dnešní době není tento způsob vhodný, protože velmi zatěžuje životní prostředí. Je možné ho provádět na skládkách komunálního odpadu (Hlavínek P., Mičín J., Prax P, 2001).

Spalování

U tohoto způsobu záleží na odvodnění a vysušení kalu. Jedná se o účinný proces, který při vysokých teplotách ničí všechny patogeny, které oxidují a voda je vypařována. Spalování se provádí ve spalovnách tuhého komunálního odpadu, teplárnách, cementárnách (Hlavínek P., Mičín J., Prax P, 2001).

Zakompostování do stavebních materiálů

Do různých stavebních materiálů je možno v malém množství přidat některé kaly. Jedná se většinou o cihly a cement. Vysoké teploty, které se využívají při zpracování stavebního materiálu spálí organické látky a zůstává pouze anorganická část (Hlavínek P., Mičín J., Prax P, 2001).

Využití kalu v zemědělství

Jedná se o velmi efektivní využití, kdy jsou kaly využity jako hnojivo. Tyto kaly obsahují značné množství přijatelných živin, obsah organických látek a biologický materiál, které půda vyžaduje (Hlavínek P., Mičín J., Prax P, 2001).

7. Metodika

Bakalářská práce je rozdělena na dvě části. První část je věnována obecné problematice čištění odpadních vod. Jsou zde uvedené metody čištění odpadních vod a problematika kalového hospodářství. Ve druhé části je uvedena historie, vývoj, popis čistírny odpadních vod Karlovy Vary, používané metody čištění odpadních vod a kalové hospodářství na ČOV Karlovy Vary. V závěrečné části uvádím vyhodnocení provozu čistírny odpadních vod Karlovy Vary.

Aby bylo možné vypracovat bakalářskou práci na uvedené téma, bylo nutné důkladné nastudování literatury a dostupných zdrojů. Dále jsem se osobně dostavil na čistírnu odpadních vod Karlovy Vary, abych se blíže seznámil s provozem a procesem čištění. Zde mi byla vedoucím provozu objasněna technologie a postupy čistírny. Dále jsem mohl pořídit důležitou fotodokumentaci jednotlivých objektů. Bylo mi odpovězeno na kladené otázky a dodán materiál provozu za rok 2016 a 2017, který jsem uvedl v kapitole vyhodnocení provozu čistírny odpadních vod Karlovy Vary.

8. Čistírna odpadních vod Karlovy Vary

8.1 Město Karlovy Vary

V západní části České republiky mezi Krušnými horami a Slavkovským lesem se nachází největší a nejznámější lázeňské město Karlovy Vary. Leží na soutoku řek Ohře a Teplé přibližně 120km od hlavního města Prahy. Současná rozloha města činí 5908 ha a žije zde 48 501 obyvatel(czso.cz).

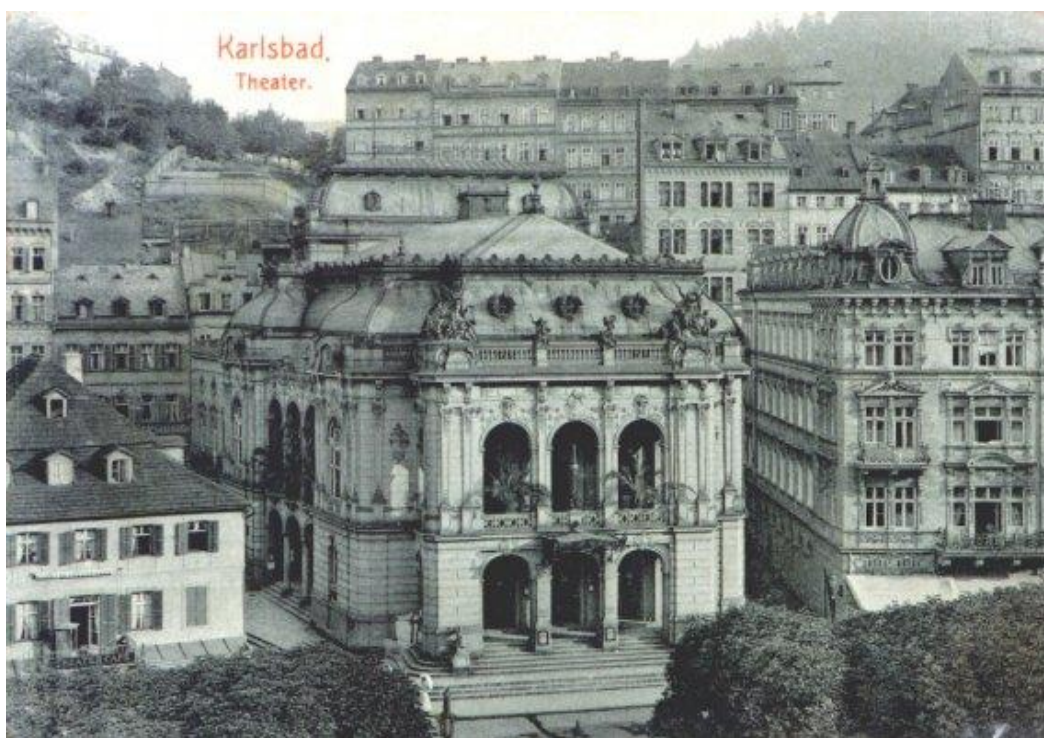


Obr. č. 1 - Město Karlovy Vary (Foto autor, 2019)

Přesné datum založení vřidelního města Karlovy Vary není známo, ale stálé osídlení u Vřídla začalo kolem roku 1349. Psaná historie začíná rokem 1370, kdy král Karel IV udělil městu privilegia královského města. Jedna z legendy o založení Karlových Varů říká, že družina krále Karla IV během výpravy štvála v lesích divokou zvěř a během toho spadl lovecký pes do horkého pramene. Štěkání psa přivolalo členy družiny, kteří následně horký pramen ochutnali. Král Karel IV byl o nalezeném pramenu informován a vydal se k prameni, aby zde obdivoval krásné dílo přírody. Král poznamenal, že horký pramen by mohl léčit vážné nemoci a mít

posilující a užitečné vlastnosti. Říká se, že král měl nemocnou nohu a po vyzkoušení horkého pramene poznal úlevu. Po té nechal kolem pramene postavit město, které do dnes díky těmto pramenům slaví velký lázeňský úspěch (mistopisy.cz, 2019).

Vzrůstající stavební a lázeňský rozmach byl poznamenán dvěma pohromami koncem 16. a začátkem 17. století. V roce 1582 postihla Karlovy Vary velká povodeň a v roce 1604 velký požár, který město zcela zničil. Další problém pro město Karlovy Vary znamenala třicetiletá válka, kdy do města v padala vojska, nastal hlad a různé nemoci. S těmito nástrahy se město Karlovy Vary vyrovnalo koncem 17. století a pokračovalo ve svém lázeňském a stavebním rozvoji. Tomu pomohlo navštěvování města bohaté šlechty a především návštěva cara Petra Velikého, která byla pro město velkou reklamou (mistopisy.cz, 2019).



Obr. č. 2 - Karlovarské divadlo 18st. (Karlovy-Vary.cz, 2019)

Díky rozvoji lázeňství mohlo vzniknout několik společenských staveb. Začátkem 18. století byl postaven první veřejný lázeňský dům – Mlýnské lázně a také barokní kostel sv. Máří Magdalény. Mezi další vzniklé stavby řadíme Starou louku, výstavbu Vřídelního sálu a stavbu nového divadla. V druhé polovině 19. století následovala především secesní výstavba, kdy vznikly Mlýnská kolonáda, Vřídelní

kolonáda a Císařské lázně. Vzniku staveb pomohl prodej vřídelní soli, zavedení lázeňských tax a štědré zahraniční příspěvky. Karlovy Vary častěji navštěvovali významné osobnosti jako Beethoven, Franz Josef I., Dobrovský, Mozart atd. Další zlom nastal ve 20. století, kdy obě světové války snížily návštěvnost lázní. Ani po válce nebylo vyhráno, protože v roce 1948 byla lázeňská sanatoria a lázeňské zdroje znárodněny. Turisté z celého světa se tak začali vracet do lázní po roce 1989 a od té doby opět lázeňství roste (mistopisy.cz, 2019).

V současnosti jsou Karlovy Vary velmi oblíbenou a vyhledávanou destinací návštěvníky z celého světa. Karlovy Vary nejsou známe jen jako lázně, ale také zná celý svět karlovarské značky Moser, Becherovka a Mattoni.

8.2 Čistírna odpadních vod Karlovy Vary – Drahovice

8.3 Charakteristika ČOV

Čistírna odpadních vod Karlovy Vary se nachází v městské čtvrti Drahovice a je největší čistírnou na území, které spravuje akciová společnost Vodárny a kanalizace Karlovy Vary. Byla budována od roku 1961 až 1967. Během svého působení prošla čistírna třemi rekonstrukcemi. Důvodem byla modernizace technologií a rozšíření čistírny za účelem zkvalitňování provozu čistírny odpadních vod. Z důvodu velkého nárůstu odpadních vod, byla v letech 1989 – 1994 rozšířena, aby nárůst odpadních vod zvládala. Další rekonstrukce proběhla v letech 2001 – 2003, aby čistička splňovala nejnovější požadavky na limity jednotlivých kvalitativních ukazatelů vypouštěných vod. Pro čištění odpadních vod používá čistírna technologie mechanicko-biologická s biologickým odstraňováním dusíku a chemickým srážením fosforu. Projektovaná kapacita závodu je 80 000 ekvivalentních obyvatel. V současnosti je na čistírnu napojeno 60 000 ekvivalentních obyvatel z dalších 9 obcí a řada producentů průmyslových odpadních vod. Denní přítok odpadních vod do čistírny dosahuje 24 000 m³. Do hlavní kmenové stoky je kanalizace sváděna jednotnou stokovou sítí, kdy gravitačně a poté čerpáním čerpacích stanic odvádí odpadní vody do čistírny. Voda, která je vyčištěná se vypouští do řeky Ohře. Čistírna je plně automatizována a řízena za pomoci průmyslových automatů (vodakva.cz, 2019).

Technologické parametry čistírny

Parametr	Jednotka	D-N systém
Zatížení ČOV v EO dle BSK ₅	EO	80 000
Zatížení ČOV BSK ₅	kg.d ⁻¹	4 800
Zatížení ČOV CHSK	kg.d ⁻¹	13 504
Zatížení ČOV N _{celk}	kg.d ⁻¹	992
Hydraulické zatížení	m ³ .d ⁻¹	24 806
Zatížení aktivace BSK ₅	kg.d ⁻¹	3600
Zatížení aktivace CHSK	kg.d ⁻¹	10 128
Zatížení aktivace N _{celk}	kg.d ⁻¹	903
Objem aktivace	m ³	9 828
Objem D tanku	m ³	1 781
Objem alternativního D/N tanku	m ³	3 137
Objem N tanku	m ³	4 910
Koncentrace biomasy v aktivaci	kg.m ⁻³	3
Recirkulační poměr DN	-	1,5 Q ₂₄
Recirkulační poměr interní	-	1,2 Q ₂₄

Tab. č. 1- Technologické parametry ČOV Dražovice (Provozní řád ČOV Dražovice, 2015)

Hydraulická doba zdržení	h	9,5
Stáří kalu	d	10,2
Zásoba kalu v systému	kg	29 484
Produkce přebytečného kalu	kg.d ⁻¹	2 880
Koncentrace kyslíku v oxických částech systému	mg.l ⁻¹	2,0
Objemové zatížení BSK ₅	kg.m ⁻³ .d ⁻¹	0,366
Zatížení kalu CHSK	kg.kg ⁻¹ .d ⁻¹	0,396
Zatížení kalu BSK ₅	kg.kg ⁻¹ .d ⁻¹	0,141
Zatížení kalu N _{celk}	kg.kg ⁻¹ .d ⁻¹	0,035
Typ systému	zatížení	střední

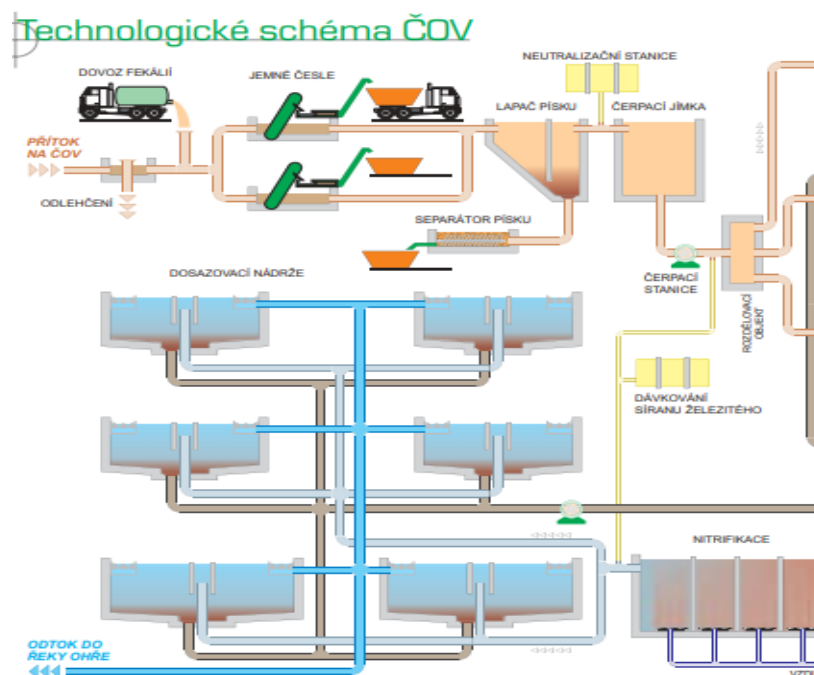
Tab. č. 2 -Technologické parametry ČOV Dražovice (Provozní řád ČOV Dražovice, 2015)

8.4 Vývoj ČOV Karlovy Vary – Drahovice

Jak již bylo zmíněno, v předchozí kapitole, ČOV Karlovy Vary – Drahovice byla vybudovaná v letech 1961 – 1967 a během roku 1969 byla uvedena do zkušebního provozu. Čistička byla mechanicko-biologická, se stabilizací kalů mezofilním vyhníváním za anaerobních podmínek. Kal by odvodňován na kalových polích (Provozní řád ČOV Drahovice, 2015).

První rekonstrukce 1991

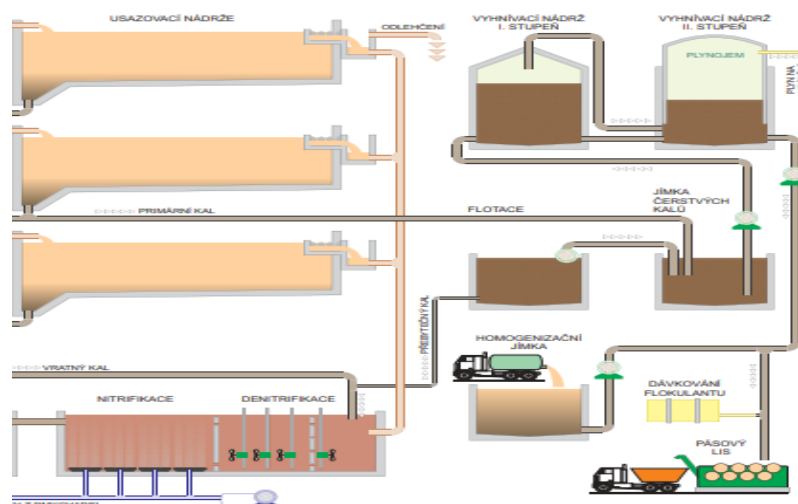
Protože ČOV Karlovy Vary přestala kapacitně vyhovovat z důvodu nárůstu odpadních vod, bylo rozhodnuto o její rekonstrukci. Během ní bylo vybudováno nové hrubé předčištění, nová podélná usazovací nádrž, která byla velká jako dvě původní usazovací nádrže a nová monobloková aktivační linka s regenerací kalu. Nově se kal odvodňoval na strojním odvodňování na sítopásových lisech (vakkv.cz, 2003).



Obr. č. 3 - Technologické schéma ČOV- Drahovice 1998 (vakkv.cz, 2003)

Druhá rekonstrukce 2002

Zpřísnující se legislativní požadavky si vyžádali druhou rekonstrukci, která byla zaměřena na nitrifikační proces. Stavební práce byly zahájeny v roce 2001 a rekonstrukce byla prováděna za plného provozu ČOV. Během rekonstrukce byly upraveny betony v usazovacích nádržích, instalovány nové pojezdové mosty, monobloková linka navýšena o 30 cm, regenerační část se změnila na denitrifikační zónu, aktivační část a podélná dosazovací nádrž byla vystrojena jemnobublinnou aerací a odpadní voda se odvedla na původní aktivační nádrž. Čtyři původní kruhové dosazovací nádrže jsou upraveny a následně jsou do nich vbudovány nové vestavby. Přepadové hrany z části přesunuty na hranu nádrže a vybaveny normou stěnou. Nově bylo instalováno zařízení pro odtah plovoucích nečistot. Další novinkou jsou dvě kruhové dosazovací nádrže, o průměru 27 m, s ponořenou děrovanou trubkou, která slouží k odtoku a sběru plovoucích nečistot (Provozní řád ČOV Drahovice, 2015). Hladina výšky v nádrži je udržována automaticky sklopnou hranou v odtokové jímce. Kalové hospodářství podpořeno huštěním přebytečného kalu flotací. K tomu byla vybudována kruhová nádrž o průměru 7 m, do které se svádí vzduchem nasycená voda. K objektu, kde se nachází sítopásové lisy byla postavena homogenizovaná jímka s míchadlem, která vyrovnává kvalitu protékajícího kalu na lisy. ČOV byla uvedena do zkušebního provozu v roce 2003(vakkv.cz, 2003).



Obr. č. 4 - Technologické schéma ČOV – Drahovice 2002 (vakkv.cz, 2003)

Třetí rekonstrukce 2006

Tato rekonstrukce nastala opět z důvodu legislativního a byla zaměřena na posílení a kapacity pro odstraňování dusíkatého znečištění. Bylo třeba splnit požadavek dvouhodinového maxima a požadavek na nitrifikaci v zimních období, kdy je protékající odpadní voda chladná. Aktivační proces je podpořen změnou dvou usazovacích nádrží na denitrifikační zónu. Monobloková linka s denitrifikační a nitrifikační zónou je vystrojena pro střídavé vypínání nebo zapínání aerace podle aktuálních požadavků na odstranění jednotlivých forem dusíku. Během rekonstrukce je vybudováno chemické hospodářství pro dávkování methanolu do denitrifikace. Důvodem je odpadní voda na přítoku, která neposkytuje po celý rok dostatečné množství rychle rozložitelného substrátu. Kalové hospodářství je zcela obnoveno. Zahuštění přebytečného kalu flotací je zdvojnásobeno doplněním zahušťovací odstředivky. Pro zvýšení obsahu sušiny jsou sítopásové lisy nahrazeny odstředivkami, které zvyšují sušiny vylisovaného kalu. Je zrealizována hygienizace vyhnílého kalu vápnem (vakkv.cz, 2003).

Instalace nové sušárny kalů

Do čistírny odpadních vod Drahovice se v roce 2016 instalovala první unikátní technologie nízkoteplotního sušení kalů v České republice. Důvodem byla zpříšňující se legislativa, která požadovala snižování objemu ukládaných organických materiálů na skládky a přísnější požadavky na nezávadnost kalů. Tyto nové požadavky snižují možnosti umístění kalů z čistíren odpadních vod, a proto byla instalována tato speciální technologie sušení kalů. Výhodou technologie je značné snížení objemu finálního kalu, zlepšení podmínek transportu a případné další energetické využití. Nově instalovaná sušárna vysušuje kaly horkým vzduchem až na 90 % sušiny a snižuje tím objem kalů produkovaných na čistírně zhruba na čtvrtinu (vsozc.cz 2019).



Obr. č. 5 - Nízkoteplotní sušárna kalů ČOV- Drahovice (foto autor, 2019)

8.5 Popis provozu ČOV Karlovy Vary

Čistírna odpadních vod je rozdělena na mechanickou část čištění, biologickou část čištění a kalové hospodářství. V mechanické části dochází k hrubému předčištění a mechanickému čištění. Voda se během mechanického procesu zbavuje hrubých nečistot, písku, nerozpuštěných usaditelných a plovoucích látek. V biologické části se z vody odstraňuje rozpuštěné organické znečištění a sloučeniny dusíku a fosforu. V kalovém hospodářství se následně zpracovává kal, který vzniká při procesu čištění odpadních vod (vodakva.cz, 2019).

8.5.1 Mechanická část čištění

Kanalizační stoky přivádí odpadní vodu do hlavní kmenové stoky, která je gravitačně přivádí do čistírny odpadních vod. K ochraně čistírny před přeplněním a poškozením mechanizace v případě intenzivních srážek slouží odlehčovací komora, která je zároveň prvním objektem čistírny odpadních vod Karlovy Vary. V případě značného množství přítoku se zde voda přelévá přes hranu a svádí se do řeky Ohře (vodakva.cz, 2019). Z toho důvodu je za přepadem umístěno hrubé česle, které před vypuštěním do řeky z vody odstraní plovoucí nečistoty (Provozní řád ČOV Dražovice, 2015).



Obr. č. 6 - Přítok do ČOV – Dražovice (foto autor, 2019)

Následně je voda gravitačně sváděna do česlovny, kde se nachází ve dvou žlabech instalované strojně stírané jemné česle. V této části dochází k zachycení plovoucích nečistot, jako jsou hadry, plasty, papíry, kameny, kusy jídla apod. Odpadní voda se zde pouští ze společného přítoku buď do pravého žlabu, ve kterém je instalováno česle typu FONTANA 1300 s jemnými průlinami o velikosti 6 mm, nebo levého žlabu, kde se nachází česle typu FONTÁNA 1800 s průlinami 6 mm. Nečistoty zachycené v této části se dále svádějí do propíracího lisu, kde dochází k jejich proprání a následně k odvodnění a slisování. Po tomto procesu jsou nečistoty odvedeny potrubím do kontejneru, ve kterém jsou odvezeny na skládku (Provozní řád ČOV Drahovice, 2015).



Obr. č. 7- Jemné česle ČOV - Drahovice (foto autor, 2019)

Dalším objektem, kam je odpadní voda sváděna je lapák písku, který slouží k zachycení písku a šterku, aby nedocházelo k poškození strojního zařízení čistírny. Lapák písku je obdelníková nádrž, která má závěsné provzdušňovací potrubí. Voda protéká jímkou, ve které se usazuje písek. V objektu je instalováno dmychadlo, které provzdušňuje lapák písku. Následně je písek usazený na dně nádrže pravidelně těžen a odvážen na skládku (vodakva.cz, 2019).



Obr. č. 8 - Lapák písku na ČOV - Drahovice (foto autor, 2019)

Z lapáku písku je voda odváděna do čerpacích jímek, kde jsou umístěna tři čerpadla, které čerpají odpadní vody za bezdeštného stavu. V případě, že splašková jímka nestačí pojmout přiváděné množství, přepadá voda do povodňové jímky, kde se nachází dvě výkonnější čerpadla. Z jímek je odpadní voda čerpána do dvou usazovacích nádrží. Zde dochází k odstranění dalších nerozpustitelných látek. Pomocí shrabovacích mostů jsou zde dna nádrže shrabovány usazené nečistoty do kalových jímek, umístěných na přítokové straně usazováků a současně mosty stírají při zpětném pojezdu i nečistoty plovoucí na hladině, které jsou svedeny k odběrnému potrubí. Po mechanickém čištění voda přepadá do odtokového koryta a je potrubím odváděna do biologického procesu čištění odpadních vod. Odtok upravené vody z usazovací nádrže je veden skrze nerezová hradítka tvořící přepadovou hranu. Zde je umístěna naklápěcí

roura, která odvádí plovoucí nečistotu. Ponořená část potrubí vytvoří normou stěnu, která zabraňuje průniku plovoucích nečistot do odtoku (Provozní řád ČOV Drahovice, 2015).

Technické údaje usazovací nádrže

Rozměr nádrže	8000 x 49 000 mm,
Objem jedné nádrže	781 m ³ ,
Plocha jedné nádrže číni	391 m ² ,
Výpočtová hloubka nádrže	2,0 m,
Délka přepadové hrany	6 000 mm,
Celkový objem nádrží	1 562 m ³ ,
Celková plocha nádrží	782 m ² .



Obr. č. 9 - Usazovací nádrž ČOV- Drahovice (foto autor, 2019)

Z preventivních důvodů je umístěna vedle dvou usazovacích nádrží další nádrž, která se využívá jako dešťová. Účelem této nádrže je zachycení přebytečné vody, která je do čistírny svedena vlivem intenzivních srážek. Tím je na čistírnu přivedeno velké množství vody, které může způsobit špatnou účinnost biologického čištění. Po následující stabilizaci přiteklého množství vody na požadovanou hodnotu je voda z nádrže svedena na přítok, aby prošla kompletním procesem čištění (Provozní řád ČOV Drahovice, 2015).

Technické údaje záložní nádrže

Usazovací nádrž rozměr nádrže	2x 6 000 x 49 000 mm,
Šířka nádrže	12 000 mm,
Délka nádrže	49 000 mm,
Hloubka nádrže	4 000 mm,
Hloubka vody	2 800 mm,
Délka přepadové hrany	9 000 mm,
Celkový objem nádrže	1 646 m ³ ,
Plocha nádrže	588 m ² ,
Výpočtová hloubka	2 800 mm.



Obr. č. 10- Záložní dešťová nádrž ČOV – Drahovice (foto autor, 2019)

8.5.2 Biologická část čištění

Biologické čištění patří mezi nejdůležitější proces celého čistícího procesu. I když je voda při mechanickém čištění zbavena nerozpustitelných látek, obsahuje stále značné množství rozpuštěných nečistot uhlíkaté a dusíkaté povahy. Dále jsou ve vodě obsaženy sloučeniny fosforu z komunálních splašků a průmyslové výroby. K odstranění takové nečistoty dochází při biologickém procesu čištění (vodakva.cz, 2019).

Biologická část čištění se skládá ze dvou aktivačních nádrží, které dělí přepážky do několika sektorů a s šesti kruhových dosazovacích nádrží. Dříve, než je odpadní voda svedena do první aktivační nádrže je smíchána s vratným kalem, který přichází z konečného procesu čištění a zároveň smíchána s aktivovanou směsí z konce druhé nádrže (vodakva.cz, 2019).

V první nádrží se odstraňují dusíkaté nečistoty za pomoci mikroorganismů bez přístupu vzduchu. Nádrž se dělí na denitrifikační a provzdušňovanou aktivační část. Do denitrifikační části se upravované vody z usazovacích nádrží svádí s vratným kalem a interním recyklem dvěma potrubími. Celý proces probíhá za pomoci ponorných míchadel, které udržují směs odpadní vody a aktivovaného kalu ve stejné hustotě, aby byl účinek čištění co nejvíce efektivní. Z denitrifikační části odtéká voda do vedlejší části nitrifikace. V této části je instalováno jemnobublinné provzdušňovací zařízení (vodakva.cz, 2019).

Následující druhá nádrž slouží k odstranění především uhlíkatých nečistot. Přes umístěné rošty v nádrží je trvale vháněn vzduch, který dodává do vody potřebný kyslík pro mikroorganismy a dále působí na směs, aby se neusazovala u dna nádrže. Odpadní voda se z druhé nádrže odvádí do celkem šesti dosazovacích nádrží samostatným betonovým žlabem. Nádrž je vybavena odplyňovací komorou a zařízením, které shrabová plovoucí nečistoty. Dále je v nádrží vybavena čerpadlem, míchadlem a sondou na měření amoniaku (Provozní řád ČOV Drahotice, 2015).



Obr. č. 11 - Nitrifikační část nádrže ČOV – Drahovice (foto autor, 2019)



Obr. č. 12- Denitrifikační část nádrže ČOV – Drahovice (foto autor, 2019)

Přestože během čistícího procesu mikroorganismus z části odstraní fosforečnaté rozpuštěné látky, odpadní voda dále obsahuje fosfor. Z toho důvodu jsou do vody přidány látky, které vysráží fosfor do vloček před odvedením vody z druhé nádrže (vodakva.cz, 2019).

Z prvních dvou aktivačních nádrží je voda odvedena do šesti kruhových dosazovacích nádrží, kde se odděluje vyčištěná odpadní voda a aktivovaný kal. Čtyři dosazovací nádrže mají \varnothing 20 m a následující dvě nádrže \varnothing 27 m (Provozní řád ČOV Drahovice, 2019). U dna nádrže se usazuje kal a lehčí látky stoupají k hladině a následně se mechanicky stírá dno i hladina nádrže strojním zařízením. Usazený kal se odvádí opět na začátek biologického čištění. Protože je třeba zajistit potřebné množství mikroorganismů, je část kalu oddělena jako přebytečný kal, který je odčerpán do jímky a je zpracován jako část kalového hospodářství. Po čistícím procesu se voda svádí přeřadovou hranou a děrovanou trubkou do otevřeného koryta, které vodu svádí přímo do řeky Ohře (vodakva.cz, 2019).



Obr. č. 13- Dosazovací nádrže ČOV – Drahovice (foto autor, 2019)

Technické parametry dosazovacích nádrží 1-4

Průměr nádrže	Ø 20 m,
Hloubka nádrže u stěny	2,7 m,
Hloubka vody u stěny	2,4 m,
Objem jedné nádrže	816 m ³ ,
Plocha jedné nádrže	276 m ² ,
Přítokové potrubí	DN 700,
Potrubí pro odvod kalu	DN 200,
Středový sloup betonový.	

Technické parametry dosazovacích nádrží 5-6

Průměr nádrže	27 m,
Hloubka vody ve středu	5,5 m ,
Hloubka vody u stěny	5,0 m,
Objem jedné nádrže	3020 m ³ ,
Plocha jedné nádrže	573 m ² ,
Přítokové potrubí	DN 700,
Potrubí pro odvod kalu	DN 500.

(Provozní řád ČOV Drahovice, 2015).

8.5.3 Kalové hospodářství

Vzniklý přebytečný kal z dosazovacích nádrží se zpočátku z části zahušťuje ve flotační nádrži, nebo pomocí odstředivky (vodakva.cz, 2019). Flotační zařízení je instalováno v betonové kruhové nádrži o průměru 8200 mm. Nádrž zakrývá střecha s odklopnými poklopy. Nádrž je vybavena korytem pro svádění upravené vody. Voda do koryta přepadá stavitelnou přepadovou hranou. V nádrži se nachází pomalu otáčející se clona ve tvaru prstence. Součástí clony jsou usměrňovací přepážky a středový přívodní kužel. Ve spod clony jsou instalovaná shrnovací ramena, která svádí usazený kal do usazovacího prostoru u dna nádrže (Provozní řád ČOV Drahotice, 2015).

Na zahušťovací odstředivce se od zahuštěného kalu separuje kalová voda. Po odtoku z odstředivky se oddělí od kalové vody vzduch od kapaliny, aby se netvořila pěna v odtokovém potrubí. Suspenze oddělená z kalové vody je odvedena potrubím nad střechu objektu. Kalová voda odtéká samospádem do nádrže primárního kalu a dále do přítoku čističky odpadních vod (Provozní řád ČOV Drahotice, 2015).

Následně se zahuštěný kal společně s kalem z usazovacích nádrží čerpá do dvou vyhnívacích nádrží (vodakva.cz, 2019). V těch se kal postupně zanechává, aby se přivedl k procesu vyhnívání, kdy se kal zahřívá na požadovanou teplotu cca 38 stupňů v anaerobních podmínkách a tím dochází k postupnému rozkladu organických látek. Kal prochází nejprve stavem kyselého kvašení, při kterém klesne pH. V první nádrži se kal ponechává cca tři týdny a ve druhé nádrži následující tři týdny. Během celého procesu vyhnívání dochází ke vzniku bioplynu, který je později využíván k výrobě elektrické a tepelné energie spalováním v kogenerační jednotce. Čistička odpadních vod vyrobenou energii částečně využívá ke svému provozu. Přebytečný bioplyn se spaluje v hořáku zbytkového plynu. Sání tlakové bioplynové stanice je napojeno na potrubí plynu z druhé vyhnívací nádrže za zvyšovacím ventilátorem a výtlač je veden do obou vyhnívacích nádrží (Provozní řád ČOV Drahotice, 2015).



Obr. č. 14 - Vyhňivací nádrž 1 ČOV – Drahovice (foto autor, 2019)



Obr. č. 15 - Vyhňivací nádrž 2 ČOV – Drahovice (foto autor, 2019)

Technické parametry vyhnívací nádrže 1(Provozní řád ČOV Drahotice, 2015).

Objem kalu ve VN1 na min. provozní hladinu	3.670 m ³ ,
Objem kalu ve VN1 na max. provozní hladinu	4.030 m ³ ,
Retenční prostor VN1	360 m ³ ,
Dávkované množství kalu do VN1	250 m ³ ,
Doba zdržení kalu při min.provozní hladině	14,5 dní,
Objem plynového prostoru při min. provozní hladině	450 m ³ ,
Objem plynového prostoru při max. provozní hladině	90 m ³ ,
Provozní přetlak plynu	0,1 - 0,8 kPa,
Odfukový tlak kapalinové pojistky	1,2 kPa.

Technické parametry vyhnívací nádrže 2

Objem kalu ve VN2 na min. provozní hladinu	2.911 m ³ ,
Objem kalu ve VN2 na max. provozní hladinu	3.068 m ³ ,
Retenční prostor VN2	157 m ³ ,
Dávkované množství kalu do VN2	250 m ³ ,
Doba zdržení kalu při min. provozní hladině	14,5 dní,
Hladiny ve VN2 - Max. havarijní	374,28 m.n.m.,
Max. provozní 374,10 m.n.m., Min. provozní	373,60 m.n.m.,
Min. havarijní	373,30 m.n.m.,
Max. objem plynového prostoru	1.955 m ³
Min. objem plynového prostoru	828 m ³ ,
Provozní přetlak plynu	0,1- 0,5 kPa,
Odfukový tlak kapalinové pojistky	0,75 kPa

Dále se vyhnulé kaly svádějí do homogenizačních nádrží, ve kterých se kal promíchává ponořeným míchadlem, aby se vytvořila stejnorodá směs. Jedná se o dvě betonové nádrže, které mají obsah cca 200 m³. Do těchto homogenizačních nádrží se také čerpá svezžený kal z okolních menších čistíren, které nemají technologii na vlastní likvidaci kalu. Homogenizační nádrže jsou zakryté a vybavené ventilačním zařízením, které přes filtr odsává vzduch (Provozní řád ČOV Drahotice, 2015).

Z homogenizačních nádrží se kaly odvádí do odvodňovací linky, která se skládá ze tří odstředivek a nízkoteplotní pásové sušárny kalů. Nejdříve se před odvodněním do kalu přidá roztok flokulantu, aby se usnadnilo oddělení kalové vody od kalu (vodakva.cz, 2019). Odstředivky kal odvodní cca na 25% sušiny a kal se následně odvede do dávkovacího sila. Čerpadlo umístěné pod silem vytlačí kal ve formě špaget na pás sušárny, kde se kal suší v šesti komorách za použití horkého vzduchu. Zpracovaný vysušený kal má obsah sušiny cca 90%. Cílem čistírny odpadních vod je tento kal poskytovat pro vhodné využití, kam se dále odváží, nebo je svážen na skládku (Provozní řád ČOV Drahotice, 2015).



Obr. č. 16 – Odstředivky sušárna kalů ČOV – Drahotice (foto autor, 2019)



Obr. č. 17 – Zásobník kalů ČOV – Drahovice (foto autor, 2019)



Obr. č. 18 – Sušárna kalů ČOV – Drahovice (foto autor, 2019)



Obr. č. 19 – Výsledný vysušený kal ČOV -Drahovice (foto autor, 2019)

9. Vyhodnocení provozu čistírny odpadních vod

Čistírna odpadních vod Karlovy vary může vypouštět požadované množství vyčištěné odpadní vody na základě povolení Krajského úřadu Karlovarského kraje pod č.j. 674/ZZ/10-5 ze dne 4.3.2010.

Tab. č. 3 - Limity povolení k vypouštění odpadních vod ČOV – Drahovice (kanalizační řád Karlovy Vary, 2018)

Roční průtok	10 200 000 m ³
Měsíční průtok	1 062 500 m ³
Maximální průtok	610,1 l/s
Průměrný průtok	323,4 l/s

Následující tabulka ukazuje limity, podle kterých se určí hodnoty základních měřených veličin. Množství vyčištěné vody se měří na odtoku z dosazovacích nádrží ve žlabu před svodem do kanalizace.

Tab. č. 4 – Ukazatelé stanovující hodnoty základních veličin (kanalizační řád Karlovy Vary, 2018)

Ukazatel	bilance (t/rok)	p (mg/l)	max. (mg/l)
CHSK _{Cr}	571,2	70	100
BSK ₅	122,4	15	30
NL	163,2	20	30
P _{celk}	20,4	2	6
N _{celk}	153	15	30

Z níže uvedených hodnot měřených veličin na přítoku a odtoku z čistírny odpadních vod Karlovy Vary v letech 2016 a 2017 je patrné, že nedošlo k překročení žádného stanoveného limitu měřených veličin. Naměřené hodnoty jsou uvedené v následujících tabulkách 5 a 6.

Ukazatel	Přítok na Čov m3	Koncentrace přítok mg/l průměr	Koncentrace odtok mg/l průměr	Koncentrace odtok mg/l max
BSK5		163,2	4,66	11
CHSKCr		561,1	35,77	54
NLs		352,3	4,41	13
Ncelk.		38,75	9,05	25,8
Pcelk.		7,96	0,59	1,77
celkem	7291560			

Tab. č. 5 – Přítok a hodnoty znečištění v roce 2016

Ukazatel	Přítok na Čov m3	Koncentrace přítok mg/l průměr	Koncentrace odtok mg/l průměr	Koncentrace odtok mg/l max
BSK5		176,4	4,02	10
CHSKCr		556,8	32,61	68
NLs		386,6	3,83	8,7
Ncelk.		48,84	11,86	25,3
Pcelk.		7,27	1,12	2,35
celkem	6987146			

Tab. č. 6 – Přítok a hodnoty znečištění v roce 2017

Uvedené tabulky 5 a 6 ukazují, že kvalita čištění odpadních vod na ČOV Karlovy Vary je na dobré úrovni. V hodnotách čištění uvedených v letech 2016 a 2017 nejsou zaznamenány žádné výraznější rozdíly v měřených veličinách. Vyčištěná odpadní voda splňuje před vypuštěním z ČOV Karlovy Vary do řeky Ohře stanovené předepsané limity.

10. Diskuze

Čistírna odpadních vod Karlovy Vary prošla od zahájení provozu několika rekonstrukcemi, aby splňovala nejnovější kvalitativní požadavky a parametry čištění odpadních vod. Je třeba si uvědomit, že v současnosti se klade významný důraz na zvyšování kvality životního prostředí, a to přináší vyšší náklady na provoz čistírny odpadních vod. Zvyšování požadavků na čištění odpadních vod není záležitostí jen České republiky, ale především v rámci celé Evropy.

Vzhledem ke zvyšujícím se legislativním nárokům je třeba zajistit přísné kontroly dodržování plnění stanovených limitů. Dále je třeba se zaměřit na kvalitní a dostatečnou informovanost společnosti o problému čištění odpadních vod. Je žádoucí, aby společnost nezatěžovala odpadní vodu nevhodnými látkami, které mohou ohrozit životní prostředí.

Zvyšování kvality čištění odpadních vod sebou přináší neustále technologické pokroky a metody čištění. Dle mého názoru je třeba se při čištění odpadních vod zaměřit především na biologickou část čištění odpadních vod a dále kalové hospodářství, které je v čističce odpadních vod Karlovy Vary na velmi vysoké úrovni. Jak biologický materiál, tak vzniklý kal je považován za nebezpečný odpad, se kterým je třeba bezpečně nakládat a manipulovat. Čistička odpadních vod Karlovy Vary je v tomto ohledu velmi úspěšná a často je průkopníkem nových technologií. Zdárným příkladem je vybudování nové nízkoteplotní sušárny kalů, která snižuje objem finálního kalu a zlepšuje jeho transport pro další energetické využití.

Zpracování kalů z čistírny odpadních vod je v současné době významným tématem vzhledem k šetrnosti k životnímu prostředí. Je důležité zpracovávat kal vyhovujícím způsobem, který nebude zatěžovat životní prostředí a bude zatěžovat čistírnu odpadních vod ekonomicky co nejméně.

Dle uvedeného vyhodnocení provozu čistírny odpadních vod Karlovy Vary lze konstatovat, že účinnost čistírny je na kvalitní úrovni a čistírna plní stanovené limity čištění. Během jejího současného provozu nedošlo k jejich překročení.

11. Závěr

Tématem bakalářské práce je seznámení s čištěním odpadních vod v Karlových Varech. Práce je rozdělena na první teoretickou část, kde se uvádí, co představuje odpadní voda a jak se dělí. Dále je uvedena základní technologie čištění odpadních vod, kde se jednotlivě obecně seznamujeme s čistícím procesem odpadních vod. Závěr teoretické části je věnován kalovému hospodářství a nakládání s kaly.

Druhá část představuje město Karlovy Vary a samotnou čistírnu odpadních vod Karlovy Vary. V této části bakalářské práce je popsána historie a vývoj čistírny odpadních vod, která prošla během svého provozu několika rekonstrukcemi, které jsou zde jednotlivě popsány. Dále se práce zaměřuje na představení a popis čistícího procesu, který je rozdělen v čistírně postupně na mechanickou část a biologickou část. Zde jsou popsány postupy čištění a charakterizovány objekty, ve kterých proces čištění probíhá. Následuje charakteristika kalového hospodářství, které je v čističce na vysoké úrovni a představuje výjimečnou metodu zpracování kalů. Tato část se věnuje způsobu zpracování kalů a využití vzniklého bioplynu, který se využívá pro výrobu elektrické a tepelné energie, kterou čistička odpadních vod využívá z části ke svému provozu. Závěr této části je věnován vyhodnocení provozu čistírny odpadních vod Karlovy Vary. Zde jsou uvedeny naměřené hodnoty základních ukazatelů měřených veličin za rok 2016 a 2017 na přítoku a odtoku čistírny odpadních vod. Dle uvedených dat se dá konstatovat, že čistírna odpadních vod plní stanové limity a proces čištění je na kvalitní úrovni.

Jako přínos bakalářské práce považuji seznámení s procesem čištění odpadních vod na ČOV Karlovy Vary a především uvedení rekonstrukcí a instalace nové metody zpracování kalů, které se provádí v nové sušárně kalů, vybudované v roce 2016. Při osobní prohlídce čistírny odpadních vod Karlovy Vary jsem se seznámil s celkovým provozem čistírny a postupně prošel všechny stupně a technologie čištění. Po tomto seznámení mohu uvést, že čistírna odpadních vod Karlovy Vary vyhovuje nastaveným požadavkům a její účinnost je na vysoké úrovni. Důvodem kvalitního provozu čistírny odpadních vod jsou bezesporu provedené

rekonstrukce, které významně zvýšili účinnost čištění.

I když je dle uvedených výsledku vidět, že čistírna funguje na velice kvalitní úrovni, je třeba neustále hledět vpřed. V současnosti, kdy se neustále zpřísnují normy a požadavky, je žádoucí hledat nové možné moderní metody čištění odpadních vod, které udrží kvalitu odpadní vody na vysoké úrovni a tím zajistí do budoucna i kvalitu životního prostředí. Vzorem těchto modernizací je na čistírně odpadních vod Karlovy Vary nově instalovaná sušárna kalů, která tím snížila objem finálního kalu, zlepšila podmínky transportu a dává tím možnosti pro další energetické využití. Jedná se o metodu, která vysušuje kaly horkým vzduchem až na 90 % sušiny a tím dochází ke snížení objemu kalů produkovaných na čistírně zhruba na čtvrtinu. Každá změna, modernizace, instalace takové dokonalejší metody čištění zvyšuje výsledný efekt celého čistícího procesu.

12. Přehled použité literatury a zdrojů

- **ARCEIAVALA S.J., ASOLEKAR S.R., 2007:** Wastewater treatment for pollution, control and reuse. (3rd edition), Tata Mc Grew-Hill Publishing Company Limited, New Delhi , 511 s
- **BINDZAR, J. 2009:** Základy úpravy a čištění vod. Praha: Vydavatelství VŠCHT Praha, 2009. 251 s.
- **BUTLER D., DAVIES, J. W., 2004:** Urban drainage. Abingdon, Spon Press, 2004. ISBN 0-415-30607-8. 543s.
- **CRITTENDEN, J., 2005:** et al. Water treatment- Principles and design. Wiley
- **DOHÁNYOS M., KOLLER J.,STRNADOVÁ N.(1998):** Čištění odpadních vod, VŠCHT Praha, 177 s
- **HAMMER, M. J, HAMMER, M. J., Jr., 2012:** Water and wastewater technology. 7. vydání, 2012, Boston, Mass.
- **HLAVÍNEK P., MIČÍN J., PRAX P., (2001):** Příručka stokování a čištění odpadních vod. NOEL 2000 s.r.o., Brno, 283 s
- **HENZE M., HARREMOËS P., ARVIN E., 2002:** Wastewater treatment. Springer- Verlag, Berlin – Heidelberg- New York, 433 s
- **HENZE M., LOOSDRECHT M., EKANA G., BRDJANOVIC D. 2003:** Biological wastewater treatment Principls, modelling and design. IWA Publishing, Cambridge University Press. ISBN 1843391880
- **HERLE J., BAREŠ P., 1990:** Čištění odpadních vod z malých zdrojů znečištění. SNTL, Praha, 207 s
- **CHUDOBA J., DOHÁNYOS M., WANNER J., 1991:** Biologické čištění odpadních vod. SNTL, Praha. 465 s
- **JÁGL A., ŠTAFFLOVÁ V., DLESK V.(2012):** Voda pro Karlovy Vary, VODÁRNY A KANALIZACE Karlovy Vary, 83 s
- **KOMÍNKOVÁ D., BENEŠOVÁ L., ŠTASTNÁ G., 2014:** Úprava pitných a čištění odpadních vod. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, 231s.

- **KREJČÍ, V. a kol. 2002:** Odvodnění urbanizovaných území, NOEL 2000, Brno, 562 s. ISBN 80-86020-39-8.
- **MALÝ J., MALÁ J., 1996 :** Chemie a technologie vody. NOEL 2000, s.r.o., Brno, 200 s
- **MALÝ, J.; HLAVÍNEK, P.,1996:** Čištění průmyslových odpadních vod. Brno: NOEL 2000, .255 s.
- **MUELLER, J.A.; BOYLE W.C. & PÖPEL J., 2002:** Aeration: principles and practice. Monografie, Boca Raton, CRC Press.
- **NYPL V., SYNÁČKOVÁ M., 1998:** Zdravotně inženýrské stavby 30. České vysoké učení technické v Praze, Praha, 149s
- **OLSEN G., NEWELL B., 1999:** Wastewater treatment systems modelling, diagnosis and control. London, IWA Publishing
- **PITTER, P. 1999:** Hydrochemie. Praha: VŠCHT, 1999, 568 s. ISBN 80-7080-340-1
- **POŠTA J. a kolektiv., 2008:** Čištění odpadních vod. Česká zemědělská univerzita, Praha, 211s
- **PYTL, V. a kol. 2004 :** Příručka provozovatele čistírny odpadních vod. Praha: SOVAK ČR, Medim s r.o., 2004, 209 s. ISBN 80-239-2528-8.
- **RUSSEL D.L., 2006:** Practical wastewater treatment. John Wiley & Sons, Inc., USA
- **SLAVÍČKOVÁ K., SLAVÍČEK M., 2013:** Vodní hospodářství obcí 1. Česká technika - nakladatelství ČVUT, Praha, 199s
- **SYNÁČKOVÁ M., 2014:** Vodárenství a stokování, Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha 99 s.
- **ŠVEHLA P., TLUSTOŠ P., BALÍK J., 2007 :** Odpadní vody, Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, 142 s
- **VESILIND ARNE P., 2003.** Wastewater treatment plant design. London: IWA Pub. ISBN 978-184-3390-244
- **ZÁKON Č. 254/2001 Sb.,** o vodách v platném znění (vodní zákon)

- **KANALIZAČNÍ ŘÁD MĚSTA KARLOVY VARY A OBCÍ 2018:** Vodárny a kanalizace Karlovy Vary a. s. 2018
- **PROVOZNÍ ŘÁD ČOV KARLOVY VARY 2015:** Vodárny a kanalizace Karlovy Vary a. s.

Internetové zdroje

- **VODAKVA.CZ 2019:** Karlovy Vary, Prezentace čistíren, (online) [cit. 22.9.2019], dostupné z:
<https://www.vodakva.cz/cs/o-vode/odpadni-vody/prezentace-cistiren/84-prezentace-cov/244-cistirna-drahovice.html>
- **VSOZC.CZ 2019 :** Sušárna kalů na ČOV Drahovice, (online) [cit. 22.9.2019], dostupné z:
<http://www.vsozc.cz/cs/investice/nejvyznamnejsi-investice/123-investice/nejvyznamnejsi-investice/636-susarna.html>
- **MÍSTOPISY.CZ 2019 :** Karlovy Vary, průvodce, (online) [cit. 22.9.2019], dostupné:
<https://www.mistopisy.cz/pruvodce/obec/43/karlovy-vary/>
- **KARLOVY-VARY.CZ 2019:** Historie a současnost Karlových Varů, (online) [cit.22.9.2019], dostupné z:
<http://www.karlovy-vary.cz/cz/o-karlovych-varech/historie-a-soucasnost>
- **VAKKV.CZ 2003 :** Čistírna odpadních vod Karlovy Vary – Drahovice, (online) [cit. 22.9.2019].
- **CZSO.CZ :** Český statistický úřad, (online) [cit. 4.1. 2020], dostupné z:
<https://www.czso.cz/csu/xk/pocet-obyvatel-stav-k-1-1-2019>

Seznam obrázku

- Obr. č. 1 - Město Karlovy Vary (foto autor, 2019)
- Obr. č. 2 - Karlovarské divadlo 18st. (Karlovy-Vary.cz, 2019)
- Obr. č. 3 - Technologické schéma ČOV- Drahovice 1998 (vakkv.cz, 2003)
- Obr. č. 4 - Technologické schéma ČOV – Drahovice 2002 (vakkv.cz, 2003)
- Obr. č. 5 - Nízkoteplotní sušárna kalů ČOV- Drahovice (foto autor, 2019)

- Obr. č. 6 - Přítok do ČOV – Drahovice (foto autor, 2019)
- Obr. č. 7- Jemné česle ČOV - Drahovice (foto autor, 2019)
- Obr. č. 8 - Lapák písku na ČOV - Drahovice (foto autor, 2019)
- Obr. č. 9 - Usazovací nádrž ČOV- Drahovice (foto autor, 2019)
- Obr. č. 10- Záložní dešťová nádrž ČOV – Drahovice (foto autor, 2019)
- Obr. č. 11 - Nitrifikační část nádrže ČOV – Drahovice (foto autor, 2019)
- Obr. č. 12- Denitrifikační část nádrže ČOV – Drahovice (foto autor, 2019)
- Obr. č. 13- Dosazovací nádrže ČOV – Drahovice (foto autor, 2019)
- Obr. č. 14 - Vyhnívací nádrž 1 ČOV – Drahovice (foto autor, 2019)
- Obr. č. 15 - Vyhnívací nádrž 2 ČOV – Drahovice (foto autor, 2019)
- Obr. č. 16 – Odstředivky sušárna kalů ČOV – Drahovice (foto autor, 2019)
- Obr. č. 17 – Zásobník kalů ČOV – Drahovice (foto autor, 2019)
- Obr. č. 18 – Sušárna kalů ČOV – Drahovice (foto autor, 2019)
- Obr. č. 19 – Výsledný vysušený kal ČOV -Drahovice (foto autor, 2019)

Seznam Tabulek

- Tab. č. 1- Technologické parametry ČOV Drahovice (Provozní řád ČOV Drahovice, 2015)
- Tab. č. 2 -Technologické parametry ČOV Drahovice (Provozní řád ČOV Drahovice, 2015)
- Tab. č. 3 - Limity povolení k vypouštění odpadních vod ČOV – Drahovice (kanalizační řád Karlovy Vary, 2018)
- Tab. č. 4 – Ukazatelé stanovující hodnoty základních veličin (kanalizační řád Karlovy Vary, 2018)
- Tab. č. 5 – Přítok a hodnoty znečištění v roce 2016
- Tab. č. 6 – Přítok a hodnoty znečištění v roce 2017

Použité zkratky

- CHSK – Chemická spotřeba kyslíku,
- BSK₅ – Biologická spotřeba kyslíku,
- NL – Nerozpuštěné látky,
- P_{celk} – Celkový fosfor,
- N_{celk} – Celkový dusík,
- ČOV – Čistírna odpadních vod,
- VN1 – Vyhnívací nádrž 1,
- VN2 – Vyhnívací nádrž 2,
- EO – Ekvivalentní obyvatel,

