

Univerzita Karlova
Pedagogická fakulta

Katedra biologie a environmentálních studií

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Čističky odpadních vod s využitím ve výuce na II. stupni základních škol na
Benešovsku

Sewage treatment plants and their applications in Basic School education in the
district of Benešov

Bc. Věra Brabcová

Vedoucí práce: RNDr. Jana Skýbová, Ph. D.

Studijní program: Učitelství pro střední školy

Studijní obor: Učitelství všeobecně vzdělávacích předmětů pro základní školy
a střední školy – biologie

Odevzdáním této diplomové práce na téma Čističky odpadních vod s využitím ve výuce na II. stupni základních škol na Benešovsku jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce RNDr. Jany Skýbové, Ph.D. za použití v práci použitých pramenů a literatury. Dále potvrzuji, že tato práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu.

V Praze dne: 10. června 2018

Věra Brabcová

Poděkování

Ráda bych poděkovala své vedoucí práce RNDr. Janě Skýbové, Ph.D. nejen za metodické vedení a trpělivost, ale také za cenné rady, vstřícnost a pomoc při zpracování diplomové práce.

Také děkuji své rodině a kolegům za podporu během mého studia.

Název

Česky: Čističky odpadních vod s využitím ve výuce na II. stupni základních škol na Benešovsku

Autor: Bc. Věra Brabcová

Katedra: Biologie a environmentálních studií

Vedoucí práce: RNDr. Jana Skýbová, Ph. D.

ANOTACE

Cílem diplomové práce, která je rozdělena na dvě části, je shrnout problematiku čištění odpadních vod pro účely výuky. V teoretické části lze najít zajímavosti z historie, počátky kanalizace v Českých zemích, pojednání o splaškových, městských i průmyslových odpadních vodách. V práci jsou popsány odpadní vody, jejich složení a vysvětlen pojem kanalizace. Nejrozsáhlejší kapitolou je oddíl o čistírně odpadních vod. Zabývá se typem čistíren, procesy čištění a vody i legislativou. Čtenáři získají informace městu Benešov, průmyslových podniků, o odkanalizování Benešova i čistírně odpadních vod v tomto městě. Nedílnou součástí práce je i problematika čistíren odpadních vod pro rodinné domy a alternativní způsob čištění odpadních vod v kořenových čistírnách.

Empirická část dotazníkovou formou zjišťuje vztah školních zařízení k čistírnám odpadních vod a hlavně využití pracovních listů. Je zde navržen pracovní list pro žáky II. stupně ZŠ popř. příslušných ročníků víceletých gymnázií, který byl pilotně ověřen na Základní škole Benešov, Dukelská 1818. Praktická část obsahuje také návrh exkurze do čistírny v Benešově.

Smyslem práce je zpracovat problematiku čištění vody, která by mohla sloužit pedagogům jako příručka k výuce žáků a to tak, aby vedoucí exkurzí dokázali odpovědět na otázky svých žáků a věděli, jak koncipovat exkurzi pro její zdárný průběh.

KLÍČOVÁ SLOVA

Odpadní vody, čistírna odpadních vod, procesy čištění vod, domácí čistírny odpadních vod

Title

English: Sewage treatment plants and their applications in Basic School education in the District of Benesov

Author: Bc. Věra Brabcová

Department: Biology and environmental studies

Supervisor: RNDr. Jana Skýbová, Ph. D.

ANNOTATION

The objective of the Diploma Thesis, which is divided into two parts, is to summarize the issue of wastewater treatment for teaching purposes. In the theoretical part, it is possible to find interesting facts from the history, the beginnings of sewerage in the Czech, treatises on sewage, urban and industrial sewage. The thesis describes waste water, its composition and explains the concept of sewerage. The most extensive chapter is the section on sewage treatment plants. It deals with the type of sewage plants, cleaning processes and water and legislation. Readers will be informed about the drainage in Benesov and the sewage treatment in this city. An integral part is the issue of sewage treatment plants for family houses and root cleaner.

The empirical part focuses of the questionnaire examines the relation of school facilities to sewage treatment and especially the use of worksheets. There is a work sheet for pupils II. grade or primary school or the relevant years grammar schools was check in primary school Benesov, Dukelska 1818. The practical part also includes a design of the excursion to the sewage treatment in Benesov.

The aim of the thesis is to work on the issue of water purification, which could serve teachers as a guide to the teaching of pupils, they are able to answer the questions of their pupils and how to organize the excursion its successful course.

KEY WORDS

waste water, sewage treatment, industrial technologies water treatment, home sewage systém, work sheet

OBSAH

| | |
|--|----|
| TEORETICKÁ ČÁST..... | 12 |
| 1 Historie kanalizace..... | 12 |
| 1.1 Počátky kanalizace ve světě | 12 |
| 1.2 Počátky kanalizace v Českých zemích..... | 13 |
| 2 Voda a její znečišťování | 15 |
| 2.1 Vodní zdroje | 17 |
| 2.2 Splaškové a městské odpadní vody..... | 18 |
| 2.3 Průmyslové odpadní vody | 18 |
| 2.4 Odpadní vody a jejich složení | 18 |
| 2.4.1 Znečišťující látky v odpadních vodách | 19 |
| 2.4.2 Odstranění znečišťujících látek..... | 20 |
| 2.4.3 Množství odpadních vod | 21 |
| 2.5 Kanalizace | 23 |
| 2.5.1 Údaje o kanalizacích za rok 2014 podle oblastí (NUTS 2)..... | 23 |
| 2.6 Čistírna odpadních vod..... | 24 |
| 2.6.1 Typy čistíren odpadních vod..... | 25 |
| 2.6.2 Procesy čištění vody | 25 |
| 2.6.3 Kalové a plynové hospodářství..... | 28 |
| 2.6.4 Likvidace vyhnílého kalu | 28 |
| 2.7 Nutrieny..... | 30 |
| 3 Město Benešov | 32 |
| 3.1 Významné firmy Benešova | 33 |
| 3.2 Odkanalizování města Benešov..... | 34 |
| 3.3 ČOV Benešov | 34 |
| 4 Domácí čistírny odpadních vod | 36 |
| 4.1 Popis čistírny..... | 36 |
| 5 Kořenové čistírny odpadních vod | 39 |
| 6 Legislativa | 44 |
| 7 Exkurze jako organizační forma výuky | 45 |
| PRAKTICKÁ ČÁST..... | 47 |
| 8 Výzkumné šetření..... | 47 |
| 8.1 Metodika výzkumného šetření..... | 48 |
| 8.2 Hypotézy diplomové práce..... | 49 |

| | | |
|-------|--|----|
| 8.3 | Výsledky dotazníkového šetření..... | 50 |
| 8.4 | Vyhodnocení hypotéz šetření..... | 55 |
| 8.4.1 | Shrnutí dotazníkového šetření | 57 |
| 8.5 | Návrh exkurze do čistírny odpadních vod | 57 |
| 8.5.1 | Návrh exkurze do čističky odpadních vod Benešov..... | 59 |
| 8.5.2 | Organizační záležitosti | 59 |
| 8.6 | Pracovní list k exkurzi | 60 |
| 8.6.1 | Pracovní list | 61 |
| 8.6.2 | Ověření v praxi..... | 64 |
| 9 | Diskuze..... | 66 |
| 10 | Závěr | 68 |
| 11 | Seznam použité literatury | 70 |
| 12 | Elektronické zdroje | 72 |
| 13 | Seznam příloh | 73 |
| | Příloha č. 1: Dotazník..... | 74 |
| | Příloha č. 2: Foto autora z ČOV Benešov | 77 |
| | Příloha č. 3: Pracovní list | 78 |
| | Příloha č. 4: Seznam obrázků..... | 81 |

ÚVOD

Voda spolu se vzduchem je základní, nenahraditelnou podmínkou pro život na Zemi. V živých organizmech se tato nezastupitelná úloha vody projevuje v řadě funkcí. Je rozpouštědlem a prostředím pro životní procesy, přímo se účastní mnoha metabolických procesů (fotosyntéza, dýchání). Pro člověka je nezastupitelná ve všech směrech.

Člověk od počátku své existence žil jen v oblastech na Zemi, kde měl příhodné podmínky. V celém vývoji se přizpůsoboval podmínkám stejně jako všichni živočichové, ale na rozdíl od nich je postupně začal aktivně měnit a pomalu je přizpůsoboval svým potřebám. Rychlý růst populace, rozvoj měst a průmyslu kladly větší nároky na vodní hospodářství. Některé části Země byly civilizací přeměněny v polopouště a pouště. Člověk vytvořil nové krajiny s intenzivním lesnictvím a zemědělstvím, s hustou dopravní strukturou a průmyslovými závody. Zrychlilo se čerpání a využívání přírodních zdrojů, znečišťování atmosféry, vody i půdy. Vzniká velké množství odpadů, se kterými se příroda nedokáže poradit. Pitné vody ubývá.

Vodní zásoby nejsou nekonečné, s vodou je potřeba hospodařit. Světový oceán obsahuje 1 300 000 000 km³ vody, další množství vody je vázáno v polárním ledu a ledovcích. Pouze 1 % se nachází ve sladkých jezerech a vodních tocích. Sladké vody je jen 2,77 % na zemi a pouze 0,34 % dostupných pro člověka. Problematika zásobení vodou, její čistění a využívání srážkových vody, odpadních vod a bioodpadů, je tedy klíčová pro každého jedince planety Země.

Vody splaškové a vody průmyslové řadíme mezi odpadní vody. V současné době je dle legislativy kontrolována kvalita přečištěné vody vypouštěné do recipientu. Ochrana vody musí patřit k prvořadným zájmům každé společnosti. Pro ochranu vod byl v České republice vydán zákon č. 254/2001 Sb., o vodách. Stanovuje základní povinnosti o nakládání s povrchovými i podzemními vodami, ochranu vodních zdrojů. Na tento zákon navazují samozřejmě další zákony zabývající se vodou.

Kanalizací nazýváme soubor zařízení k odvádění odpadních vod. Pokud je odváděna odpadní a srážková voda společně, jedná se o jednotnou kanalizaci. Pokud je odváděna odpadní voda a srážková voda separačně, jde o oddílnou kanalizaci. Tyto stavby přivádí vodu do čistíren odpadních vod.

Exkurze je jednorázová edukační akce a má spíše nazírací charakter. Jejím účelem je umožnit žákům, aby získali zkušenost z přímého styku s poznávanou realitou a tím si utvořili

přesnější představy. Bezprostřední kontakt s poznávanou skutečností umocňuje zážitek z poznání, navozuje citový vztah k předmětu poznání. Tím exkurze významně dotváří teoretické poznatky žáků získané v hodinách.

Účinnost exkurze závisí na mnoha faktorech, které se uplatňují v přípravě učitele i žáků na exkurzi, v jejím průběhu i zapojení exkurze do výuky předmětu, k němuž se váže. V současné době se stále více prosazují formy, kde se propojuje teorie s praxí – aktivizací žáků.

Cíle diplomové práce

- Zpracovat problematiku odpadních vod tak, aby mohla sloužit pedagogům jako pracovní příručka.
- Realizovat dotazníkové šetření na základních školách okresu Benešov s cílem zjistit, zda je školy organizují a zda by učitelé využili pracovní listy k exkurzi.
- Ověřit pracovní list s problematiku čištění odpadních vod pro žáky II. stupně základní školy.

TEORETICKÁ ČÁST

1 Historie kanalizace

1.1 Počátky kanalizace ve světě

Nejstarší vodohospodářský plán na světě byl vypracován v Babyloně asi před 3700 lety. Součástí tohoto projektu byly zavlažovací kanály zahrad, vodovod pro Babylon, jezera, náhony pro vodní kola a regulace Eufratu. Realizace trvala 16 let.



Obr. č. 1: Archeologické vykopávky v Kartágu¹

Kolem roku 2510 př. n. l. byly v Mezopotámii budovány speciální kanalizační systémy na odvádění vod a začaly se používat splachovací záchody, kdy se fekálie splachovaly přímo do kanalizace.

Sumerové ve svých městech vybudovali rozvětvenou kanalizační síť, kdy přípojky vedly pod jednotlivé domy a sbíraly odpadní vody. Trubky byly hliněné a přikryté čtverhrannými deskami. Měly prudký spád, aby splašky rychle odtékaly do hlavních stok.

¹ <http://www.cistení-kanalizace-ruzicka.cz/img/3/145.jpg>

Přípojky z jednotlivých domů vedly do svislé odtokové šachty. Hlavní kanály byly zděné. Hlavní stoky vedly přímo do velkých řek nebo do sběrných a čistících jam a rybníků.

Číňané dokázali regulovat veletoky Chuang-che a Jang-c-tiang již v roce 2300 př. Kr. Vodní kola používaly k zavlažování. V této době v údolím Indu vystavěli město s koupelnami a funkční kanalizační sítí z terakoty.

Obyvatelé Kréty v Knóssu vystavěl koupelny, splachovací záchody a rozdělenou kanalizaci. Voda dešťová – která byla nejčistší – se jímala k potravinářským a hygienickým účelům. Dešťová voda se vedla do rybníků a splaškovou vodu odváděla kamenná kanalizace do moře (dle Hlavínek, 2003).

Nadčasové myšlenky měl Augustus Octavianus Caesar. Nechal vystavit kolen 700 veřejných studní, 130 kašen a 150 vodovodů, také 12 vodovodů, o které se staralo 700 zaměstnanců státu. To vše 305 let př. n. l. Prohlásil také, že římské impérium je postaveno na silnicích a vodovodech a že teprve vodovod dělá z vesnice město. Velká stoka v Římě je nejstarší a dosud fungující kanalizace ve světě. Stoka je 3 metry široká a 4 metry vysoká. Dnes ústí do řeky Tibery u římských mostů (Pallatino, Ponte Rotto).

1.2 Počátky kanalizace v Českých zemích

V Českých zemích se vyskytovalo zařízení zvané prevét. Byl to suchý záchod, ovšem fekálie vypadávaly na hradby. Toho se také využívalo proti útočníkům, kteří dobývali hrad. Prevéty se dochovaly a jsou dodnes vidět a některých hradech a tvrzích. Tento záchod je považován za nestarší kanalizační útvar, stejně jako zachovalá kuchyňská jímka na hradě Kost. Dále jsou v literatuře popsány nejstarší záchodky, pisoáry a jiná bohubilá zařízení k odvádění fekálních odpadů.

Splašková kanalizace nebyla, po dlážděných ulicích vedly otevřené rigoly, kam se vylévalo vše, co bylo tekuté. Z tohoto primitivního důvodu na ulicích volně pobíhaly hlodavci a velmi snadno se zárodky častých epidemií jako mor a cholera. Městy se šířil nesnesitelný zápach, a to vedlo k potřebě stavby kanalizací uzavřených. Zpočátku byly mělké, později budovaných z klasicích zdících materiálů jako je kámen a cihla. „*Tyto kanalizace končily ve vodotečích či v rybnících.*“²

Nejstarší zmínka o kanalizační stavbě v Praze pochází z roku 1310, kdy byl odvodněn dům v nynější Nerudově ulici na Malé Straně. Ale to byla jen výjimka. Všude v Evropě byly

² <http://www.bvk.cz/o-spolecnosti/odvadeni-a-cistení-odpadnich-vod/>

domovní odpady kapalné i tuhé vyhazovány na ulici a o jejich dalším údělu se staral vítr a déšť.

Technická vybavenost konce 19. století na území Království českého vystihovala strukturu osídlení. Kanalizace byly budovány jen pro měšťanské domy, stoky byly zděné, větší profily měly vejčitý nebo oválný tvar. Jakost vody ve vodních tocích byla vyhovující.

Vznik republiky nastartoval velký rozvoj vodovodů a kanalizací, které byly předpokladem pro další růst obcí a měst. Největší rozvoj byl na počátku 30. let minulého století. Bohužel hospodářská krize jej zastavila. K dalšímu rozvoji dochází až po válce.

Průmyslová revoluce vykonala své, voda byla znečišťována. Antonín Frič založil v roce 1864 Komitét pro přírodovědné prozkoumání Čech. Ten se zabýval také vodami a v roce 1888 zřídil na Dolnopočernickém rybníku u Prahy přenosnou hydrobiologickou monitorovací stanici. Už v té době konstatovali značnou zátěž životního prostředí. V časopisech přibývaly odborné články. Stokování se začalo přednášet na vysokých školách (dle Broncová, 2002).

2 Voda a její znečišťování

Voda je chemická sloučenina se sumárním vzorcem H₂O. Na zemském povrchu se vyskytuje ve skupenství pevném, plynném a kapalném. Viskozita, na které závisí objem kapaliny, klesá se zvyšováním teploty. Povrchové napětí je druhé nejvyšší po rtuti a je snižováno chemickými prostředky, zlepšuje se tím její čistící a smáčecí schopnost. Voda je výborné rozpouštědlo, existuje málo přírodních látek, které se v přírodě nerozpouští. Jedná se o polární kapalinu, proto se v ní dobře rozpouštějí organické a anorganické kyseliny i některé alkoholy. Teplota kolísá od 0 °C až k teplotě varu. Nejnižší teplotu má podzemní voda (od +5 °C do + 13°C), minerální vody mají teplotu vyšší. Teplota povrchových vod se mění v průběhu ročních období. Teplota pitné vody je v rozmezí od + 8 °C do + 12 °C.

Tabulka č. 1: Rozložení vody na Zemi³

| Forma | Množství (mil km ³) | Procento z celku |
|---------------|---------------------------------|------------------|
| Moře a oceány | 1370 | 97,025 |
| Ledovce | 29 | 2,05 |
| Spodní voda | 0,5 | 0,068 |
| Jezera | 0,125 | 0,001 |
| Půdní vlhkost | 0,065 | 0,005 |
| V atmosféře | 0,018 | 0,001 |
| Řeky | 0,0017 | 0,0001 |
| Biosféra | 0,0006 | 0,00004 |
| Celkem | 1409 | 100 |

Vodu na Zemi rozlišujeme podle původu na odpadní a přírodní. K vodám přírodním řadíme vody atmosférické, povrchové – stojaté (přehrady, rybníky, jezera), tekoucí (řeky, potoky, stružky) a mořské a podzemní - prosté i minerální. Podpovrchová voda se vyskytuje ve všech skupenstvích pod zemským povrchem a její obsah je určován vápníkem, sodíkem, draslíkem, hořčíkem a její teplota je většinou stálá. Povrchové a podzemní vody jsou součástí hydrosféry.

Pokud poklesne teplota pod rosný bod, vzniká v ovzduší z vodních par atmosférická voda ve skupenství kapalném nebo pevném. Složení této vody je závislé na složení atmosféry

³ <http://www.vhs-sro.cz>

a stupni znečištění. Kvalita povrchové vody se mění podle šířky a délky toku, obsahuje málo oxidu uhličitého a obsahu sloučenin dusíku. Tyto sloučeniny závisí na původu znečištění.

Voda se v přírodě za běžných okolností nevyskytuje v čisté formě. Obsahuje minerální soli, jejichž obsah záleží na charakteru půdy, kterou protéká. Určuje tím tvrdost vody. Vápenatá voda určuje vodu tvrdou, půda žulová a písčité dáva vodu měkkou. Tvrdost vody znamená množství hořčíku a vápníku obsaženého ve vodě v mmol/l. Optimální koncentrace ze zdravotního hlediska je 2 – 3,5 mmol/l. Z webového portálu lze vyhledat tyto údaje:

Tabulka č. 2: Stupnice tvrdosti vod

| Voda | Hodnota (mmol/l) |
|---------------|------------------|
| Velmi měkká | 0,0 – 0,7 |
| Měkká | 0,7 – 1,3 |
| Středně tvrdá | 1,3 – 2,1 |
| Dosti tvrdá | 2,1 – 3,2 |
| Tvrdá | 3,2 – 5,3 |
| Velmi tvrdá | nad 5,3 |

Přípomínkou významu vody je také od roku 1993 Světový den vody, který byl vyhlášen organizací OSN na 22. březen. Od tohoto roku si tak lidstvu každoročně v březnu připomíná nezastupitelnou roli čisté vody pro přírodu a společnost.

Evropská vodní charta byla přijata 6. května 1968 ve Štrasburku. Rada Evropy zahájila mezinárodní spolupráci při ochraně vodních zdrojů včetně ochrany před znečišťováním. Z její citace je vybráno:

- Voda je drahocenná a pro člověka ničím nenahraditelná surovina, bez vody není života.
- Zásoby sladké vody jsou vyčerpateľné.
- Znečištěná voda způsobuje škod člověku i ostatním živým organismům.
- Kvalita vody musí odpovídat požadavků pro různé způsoby jejího využití, musí odpovídat normám lidského zdraví.
- Les má zásadní význam pro zachování vodních zdrojů.
- Vodní zdroje musí být zachovány.

- Ochrana vody vyžaduje vědecký výzkum, výchovu odborníků a informování veřejnosti.
- Voda nezná hranic, je to společný zdroj a vyžaduje mezinárodní spolupráci.

2.1 Vodní zdroje

Pod pojmem vodním zdroje rozumíme podzemní a povrchové vody využitelné nebo využívané pro potřeby společnosti v přírodním stavu, nebo pomocí technických vodohospodářských zařízení.

Vody jsou v neustálém pohybu, mění svoji formu. Hydrobiologický cyklus je nepřetržitý uzavřený proces trvající již miliardy let a je na něm závislý veškerý život na Zemi. Sluneční záření ohřívá vodu v oceánech a tím se do ovzduší se dostávají vodní páry. Základem pro běh vody tvoří světové oceány. Vypařená voda se přesunuje na kontinenty, kde se vytváří oblaka. Vzdušené proudy je ženou oblaka nad zemí, částice vody se srážejí a vypadávají z oblohy jako srážky. Většina jich padá opět do oceánů, moří či padá ve formě deště nebo sněhu na zemský povrch. Spadlé srážky se znovu vsakují do půdy, vytváření hladiny podzemní vody, vyvěrají na povrch či odtékají v řekách a v potocích zpět do moře a oceánů. „*Doba oběhu vody tj. výparu a srážky tvá asi 9 dnů.*“⁴

Všechny naše řeky získávají vodu na území našeho státu a jsou tedy zásobeny hlavně ze srážek. Průměrný roční úhrn srážek je 55 miliard m³. Česká republika má ve srovnání s některými zeměmi poměrně malé zásoby podzemních vod. Ani tato voda není chemicky čistá. Obsahuje vždy rozpuštěné plyny – kyslík, oxid uhličitý, sulfan, dusík, oxid siřičitý, oxid dusičitý, metan, radon, vodík. Srážkové vody nejsou vhodné jako vody pitné. Jsou však vhodné jako užitkové vody pro závlahy i potřeby průmyslu.

V posledních letech jsou sledována velká období sucha a to se projevuje nepříznivě v nepravidelnosti průtokového množství vody. Vzrůstající spotřeba vody zvláště v průmyslu a zemědělství klade nároky na zajištění zdrojů pitné vody. V nedávné minulosti se používala převážně voda podzemí, dnes se stávají hlavními zdroji vody povrchové nádrže. Poptávka po povrchové vodě neustále vzrůstá. Povrchové vody se musí upravovat na vody pitné nebo užitkové pro průmyslové a zemědělské potřeby (dle Přívratský, 2008).

⁴ • PŘÍVRATSKÝ, Vladimír a Vasilis TEODORIDIS, ed. Rukověť environmentálního vzdělávání. Praha: Univerzita Karlova v Praze, Pedagogická fakulta, 2008. ISBN 978-80-7290-284-2. str. 244

2.2 Splaškové a městské odpadní vody

Voda je nezbytnou potřebou člověka. Používá ji, ale z velké části nespotřebuje. Největší část použité vody odtéká jako voda odpadní. Splaškové odpadní vody se liší stupněm znečištění a svým složením především v závislosti na typu sídla, druhu průmyslu a také na stupni nařazení srážkovými a balastními vodami vstupujícími do systému jak uvádí Sojka, (2013) ve své publikaci.

Splašky jsou odpadní vody z domácností - kuchyní, záchodů a umýváren a sociálních zařízení - školy, nemocnice. Pokud je ve městě i průmysl, většina městských odpadních vod obsahuje i vody průmyslové - např. mlékárenský, pivovarský průmysl. Vody splaškové jsou zbarveny šedě až šedohnědě a jsou silně zakalené., nachází se v nich i pevné látky. Teplota závisí na klimatických podmínkách a ročním období. Ph je v rozmezí 6,8 až 7,5.

Přítok odpadních od do čistírny a jeho složení kolísá během dne, týdne i roka. Minima a maxima závisí na počtu průmyslových závodů, způsobu života obyvatelstva apod. Všeobecně lze říci, že maximum lze pozorovat ve večerních hodinách a minimum pochopitelně v hodinách nočních (dle Bindzar, 2009).

2.3 Průmyslové odpadní vody

Znečištění průmyslové odpadní vody závisí na charakteru výrobního procesu, kdy každé průmyslové odvětví má své odpadní vody. Je to voda, která projde výrobním procesem. Změnila se její jakost či teplota a bez přečištění může ohrozit kvalitu recipientu. Kapalné odpady obsahují širokou škálu různých látek a jejich rozdílných koncentrací. Průmyslové odpadní vody, kam řadíme i zemědělské odpadní vody, jsou použité ve výrobním procesu. Ze závodu jsou vypouštěny, protože pro daný proces jsou už nepoužitelné. *„Lze je čistit samostatně, nebo společně se splaškovými odpadními vodami.“⁵*

2.4 Odpadní vody a jejich složení

V současné době se v České republice produkuje téměř miliarda m³ odpadních vod za rok. Specifická potřeba vody v České republice je asi 100 litrů na osobu a den. V porovnání – v Ugandě musí člověk vystačit se 100 litry této tekutiny až 2 týdny.

V současnosti převážná část odpadní vody míří do kanalizace a odtud do čistíren odpadních vod, a může tak být znovu použita, či je vypouštěna do recipientu. Mezi odpadní vody řadíme vody splaškové, průmyslové a srážkové. Pro správný výběr technologie čištění je

⁵ https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=27009

nutné mít co nejlepší informace o jejím složení, charakteru znečištění i rizikových látkách, které se v ní vyskytují (dle Vítěz, 2008).

2.4.1 Znečišťující látky v odpadních vodách

Znečišťující látky jsou všechny látky, které ohrožují lidské zdraví či záporným způsobem ovlivňují životní prostředí. Jedná se o primární znečištění, tj. látky jsou do prostředí vneseny přímo, nebo sekundární znečištění, kdy znečišťující látky vznikají chemickými reakcemi. Pro přehlednost jsou látky uspořádány do tabulky.

Tabulka č. 3: Znečišťující látky v odpadních vodách

| Znečišťující látky | Stav látky | Příklady znečišťující látky |
|---------------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| rozpuštěné organické | biologicky rozložitelné | mastné kyseliny, cukry |
| | biologicky nerozložitelné | azobarviva |
| rozpuštěné anorganické | | amonné ionty, fosforečnany |
| nerozpuštěné organické | biologicky rozložitelné | škrob, bakterie |
| | biologicky nerozložitelné | papír, plasty |
| | Usaditelné | celulosová vlákna |
| | neusaditelné koloidní | baktérie |
| | neusaditelné polovoucí | papír |
| nerozpuštěné anorganické | Usaditelné | písek, hlína |
| | neusaditelné | brusný prach |

Do této tabulky nelze zařadit všechny typy znečištění. V odpadní vodě lze najít např. tepelné znečištění, radioaktivitu, povrchově aktivní látky. V poslední době se masivně hovoří o zbytcích léčiv, kosmetických přípravků a také zbytcích látek se specifickými

fyziologickými účinky, tj. látek narušujících hormonální systém člověka, potažmo fauny a flory (dle Binzar, 2009).

Z uvedené tabulky lze také vyčíst, že chceme-li odpadní vodu zbavit všech znečišťujících látek nebo alespoň větší části, musí být zařazeno několik rozdílných procesů za sebou. Technologický proces musí být účinný, ekonomicky přijatelný, neměl by být náročný na spotřebu energie a do čištěné odpadní vody by se neměly vnášet další ohrožující látky (např. organické soli či látky, které se pomalu rozkládají).

V literatuře se objevuje nový pojem: emerging pollutants, což lze volně přeložit jako nově se objevující znečištění odpadních vod. Nové analytické metody dokáží analyzovat v odpadních vodách látky, které se objevují nově se změnou životního stylu obyvatelstva. Technologie, které tyto látky dokáží eliminovat, jsou dostupné. Švýcarsko již v roce 2015 přijalo zákon, kdy do roku 2040 čistírny odpadních vod musí být vybaveny technologií a to tak, aby dokázaly odstranit 12 látek ze seznamu emerging pollutants. V Německu probírá pilotní projekt financovaný z Evropské Unie (dle Kluijbr, 2004).

2.4.2 Odstranění znečišťujících látek

Ten, kdo vypouští odpadní vody do podzemních či povrchových vod, tj. do recipientu, je povinen zajišťovat zneškodňování v souladu s podmínkami stanovenými v povolení k vypouštění. V tomto povolení vodoprávní orgán stanoví povinnosti a podmínky, za nichž je nakládání s vodami povoleno. Stanoví nejvýše přípustné hodnoty množství a znečištění. Orgán je vázán kazateli stavu vody ve vodním toku, ukazateli a hodnotami přípustného znečištění povrchových vod.

Pro odstranění znečišťujících látek a pro čištění odpadních vod se nejčastěji používají:

Mechanické procesy: postupy, kdy se přes česle odstraní hrubé nečistoty. V usazovací nádrži jsou stírány jemné částice stírané z povrchu vodního roztoku. Částice lze separovat také centrifugací, při které dochází k rozdělení částí směsi na základě gravitačního zrychlení odstředivé síly. Separace směsi probíhá mnohem rychleji. Jemný materiál je oddělován flotací, která se zakládá na využití smáčitelnosti povrchu různých materiálů (hydrofilní a hydrofobní látky). Hustota na flotaci vliv nemá. Takto jsou rozrušovány části drceného odpadu, jako je lapák tuků. Pevnou látku od kapaliny je možné oddělit filtrací. V čistírnách odpadních vod jsou separovány pevné látky od kapaliny. Jako filtr je aplikován písek či síto.

Chemické a fyzikálně chemické procesy Pro odstranění znečišťujících látek lze velmi efektivně využít chemické a fyzikální reakce. Například neutralizace, tj. chemická reakce mezi kyselou a zásaditou vodou za účelem získání povolené pH vody před vypuštěním do recipientu. Nejpoužívanějším způsobem je dávkování dalších chemikálií (vápenec, dolomit, apod.) Přidáním vhodného činidla je docíleno vysrážení části rozpuštěných iontů ve formě sraženiny. Rozpuštěné látky v ionizovaném stavu se zachycují měniči iontů. Takto jsou odstraňovány těžké kovy z odpadních vod z povrchové úpravy kovů, metalurgie, hutnictví; rtuť z amalgámové elektrolyzy; dekontaminace některých roztoků v jaderné energetice a tímto způsobem jsou zachycovány drahé kovy v odpadních vodách ve zlatnických provozovnách. Jiným technologickým procesem pro čištění odpadních průmyslových vod je číření. Nejprve je nutné dosáhnout zvětšení částic, teprve poté je lze z vody oddělit. Pro úpravu vody se doplňuje převážně síran železnatý, chlorid železitý, síran hlinitý a organické flokulanty. Ve vodě se vysráží téměř nerozpustný hydroxid hlinitý a železitý. Částice agregují hrubé disperze a chemicky zachycují látky obsažené ve vodě. V dalším kroku se látky oddělí usazováním a filtrací. Takto lze čistit odpadní vodu s obsahem uhlovodíků C10-C40, TK, NL a případně dalších uhlovodíků. Proces probíhá zpravidla na standardizovaných kontejnerech s filtrační látkou, nebo na zemních filtrech s identickou náplní. Tato znečištěná voda je dopravována čerpadlem do skrápěcího ramene na kontejneru, nebo je rozváděna na povrch zemního filtru.

Biologické procesy aerobní a anaerobní. Binzar (2009) ve své publikaci uvádí, že děje s přístupem a bez přístupu vzduchu umožňují dočistit odpadní vody před vypuštěním potoku či řeky. Jsou založeny na přítomnosti suspenzní či granulované biomasy, které se podílejí na rozkládání nežádoucích látek v roztoku. Anaerobní čištění průmyslových odpadních vod je dnes běžnou čistírenskou technologií. Perspektivnost této technologie je dána ekologickou, energetickou a ekonomickou výhodností. Aerobní stabilizační nádrže pracují s dlouhou dobou zdržení odpadní vody, řádově v měsících. Za těchto podmínek stačí kyslík difundující hladinou do vody zajistit v nádrži průběh aerobních pochodů. Navíc v těchto mělkých nádržích se za aerobních podmínek rozmnožují i řasy a jiné vodní rostliny, které produkují fotosynteticky kyslík a zlepšují tak jeho bilanci v procesu. Hloubka těchto nádrží se pohybuje asi od 0,6 do 1,5 m.

2.4.3 Množství odpadních vod

Vypouštěné množství odpadních vod je proměnlivé. Je přímo úměrné stupni vybavenosti obce – nemocnice, hotely, služby, průmysl atd. a přímo úměrné domácnosti –

přívod teplé vody, vodovod, koupelna, WC, myčka, sprcha atd. V České republice se spotřeba pitné vody pohybuje mezi 130 – 150 l/osobu/den. Průměrná spotřeba vody postupně klesá s její vzrůstající cenou.

Přestože množství vypouštěných odpadních vod je proměnlivé, lze vysledovat určitou pravidelnost v průtoku. Závisí to na životním rytmu obce, města či rodiny a výrobních procesech. Kolísání odpadní vody je charakteristické špičkou maxima průtoku, ranní a večerní, a nočním minimem jak ve své knize uvádí Sojka, 2013.

Za odpadní vody se považují všechny vody, které byly použity v domácnostech, průmyslové a zemědělské výrobě, zdravotnických zařízeních a dopravních prostředcích. Ovšem za podmínky, že změnilo svoji jakost. Jakost se týká kvality a teploty. Lze sem tedy zařadit i vody odtékající – srážkové, pokud mohou ohrozit kvalitu podzemních nebo povrchových vod, lze sem zařadit i odpadní vody průsakové ze skládek odpadu a odkladišť, pokud je subjekt dále nepoužívá.

Odpadní vody se musí bezproblémově odvádět. Stoka musí být průchodná a tuto její základní funkci zajišťuje především čištění. Zanášením stoky se zmenšuje profil, a tím může dojít až k ucpání. Proto se stoky proplachují. Přirozené proplachování je zajištěno správnou konstrukcí stokové sítě. V případě problémů dochází k umělému proplachování (protahování kartáčů, řetězů a gumových kotoučů z jedné šachty do druhé pomocí lana nebo hydraulické proplachování stok vysokotlakým čistícím vozem).

Pro odvádění odpadních vod jsou využívány trubní stoky tzv. gravitační odvádění odpadních vod. Jejich účelem je hospodárné a zdravotně neškodné odvádění odpadních vod z učeného území do zařízení na čištění odpadních vod a do vodního recipientu. Stokové sítě mohou být jednotné, které odvádí dešťové i splaškové odpadní vody jednou soustavou společně. Další možností je oddílná stoková síť, která odvádí dešťové a splaškové odpadní vody odděleně. Před návrhem stokové sítě je vhodné zjistit údaje ovlivňující volbu konstrukce, materiálové provedení a způsob zakládání:

- složení odpadních vod
- zatížení stoky nadložími a nahodilými zatíženími povrchu
- hydraulický tlak protékajících odpadních vod a případný vztlak zeminy
- druh a vlastnosti základové zeminy
- složení a vlastnosti podzemní vody
- možnost nerovnoměrného sedání

- zda se nejedná o území poddolované spádové podmínky
- plánovanou životnost kanalizace

Binzar (2009) ve své studii uvádí, že nejdůležitějším kritériem však měla být schopnost stokové sítě přivádět do čistírny odpadní vody vhodné pro čisticí proces. Ne každé stokové síti lze vybudovat a úspěšně provozovat čistírnu odpadních vod.

2.5 Kanalizace

Stoková síť je soustava rozvodů trubek a dalších zařízení sloužících k odvádění odpadních a srážkových vod do čistírny odpadních vod. Ta je součástí kanalizace. Účelem je hospodárné, spolehlivé a zdravotně neškodné odvádění odpadních vod z určené oblasti.

Splaškové vody přitékají kanalizačními přípojkami z jednotlivých bytů a domů, srážkové vody dešťovými svody. Do kanalizace jsou tedy odváděny nejen srážkové vody, ale i vody z tání sněhu. Ty způsobují jednorázové odtokové vlny, za nichž průtoky i mnohonásobně převažují nad běžnými odtoky. Znamenají tím mimořádnou objemovou a látkovou zátěž. Není-li funkce dešťového odlehčení dokonalá, může způsobit selhání čistírny. Někdy je odvádění splaškové a srážkové vody vedeno zvláštními stokami. Splašková kanalizace je nazývána stoková síť odvádějící pouze splaškové odpadní vody a dešťová kanalizace odvádí výhradně srážkové vody. Kanalizace splašková je navržena tak, aby odvedla dvojnásobek maximálního hodinového průtoku splašků. Srážková voda, např. z okapů a silnic, se svádí do retenčních nádrží, kde sedimentují nerozpuštěné látky. Takto přečištěná voda se většinou vypouští do recipientu (dle Mlejnská, 2009).

2.5.1 Údaje o kanalizacích za rok 2014 podle oblastí (NUTS 2)

Odpadní vody jsou od svých producentů odváděny do veřejné kanalizace proto, aby byly dále zpracovávány. Problematiku kanalizace upravuje zákon o vodovodech a kanalizacích. Je veřejnou potřebou, aby všechny odpadní vody byly odváděny a zpracovávány takovým způsobem, aby co nejméně poškozovaly životní prostředí.

Každý rok Ministerstvo zemědělství České republiky prezentuje vývoj oboru vodovodů a kanalizací a přináší údaje převážně ekonomického charakteru včetně vlivu rozsahu infrastrukturního majetku provozovaného jedním provozovatelem na efektivitu provozování ve své publikaci. Odtud jsou převzaty údaje a zpracovány do tabulky.

Tabulka č. 4: Údaje o kanalizacích za rok 2014 podle oblastí⁶

| Území, oblast | Obyvatelé bydlící v domech napojených na kanalizaci (osoby) | Obyvatelé bydlící v domech napojených na kanalizaci (%) | Vypouštěné odpadní vody do kanalizace (tis. M2) | Čištěné odpadní vody celkem (bez srážkových vod) (tis. M2) | Podíl čištěných odpadních vod (%) |
|----------------------------|---|---|---|---|--|
| Česká republika | 8 828 481 | 83,9 | 446 072 | 432 260 | 96,9 |
| Hl. město Praha | 1 237 653 | 98,9 | 76 103 | 76 103 | 100,0 |
| Středočeský kraj | 920 218 | 70,3 | 48 218 | 48 142 | 99,8 |
| Jihozápad | 1 020 991 | 84,3 | 55 480 | 52 208 | 94,1 |
| Severozápad | 970 178 | 86,3 | 42 935 | 42 420 | 98,8 |
| Severovýchod | 1 101 615 | 73,1 | 51 512 | 49 687 | 96,5 |
| Jihovýchod | 1 502 789 | 89,4 | 71 240 | 66 347 | 94,5 |
| Střední Morava | 1 060 219 | 89,8 | 53 281 | 50 154 | 94,1 |
| Moravskoslezsko | 1 014 818 | 83,2 | 47 304 | 46 199 | 97,7 |

Ze statistických dat lze vyčíst, že číslo napojení obyvatel na kanalizaci je velmi vysoké. Zajímavé jsou údaje o množství vypouštěné odpadní vody do kanalizace a procento vyčištěné vody. V Praze je to 100 %, tj. všechna voda z kanalizace je přečištěna. Hovoří to o pozitivním ekologickém smýšlení českého národa (dle eagri.cz).

2.6 Čistírna odpadních vod

Čistírna odpadních vod je zařízení, kde dochází k vyčištění odpadních vod tak, aby vypouštěná voda splňovala zákonné lhůty. Tyto normy a povolení vypouštění vydává Vodoprávní úřad. Je to speciální stavební úřad při odborech životního prostředí místně příslušných městských úřadů.

Čistírny bývají budovány nejen k čištění průmyslových a odpadních vod ze zemědělské výroby, ale i v městech a obcích, kde se čistí vody komunální. Čistírna funguje jako předčištění a dočištění probíhá v recipientu, což je v přirozeném vodním toku.

⁶ www.eagri.cz

2.6.1 Typy čistíren odpadních vod

Čistírny odpadních vod mohou být mnoha typů. Rozdělují se podle velikosti, tj. kolik obyvatel či průmyslových podniků je na čistírnu napojeno a typu čistírenských procesů tj. zda se jedná o procesy mechanické, biologické či chemické. V České republice je nejčastěji budována mechanicko-biologická čistírna, která bude podrobněji popsána v dalších kapitolách. Velké čistírny kombinují technologické procesy - mechanické, biologické a chemické. Jiným typem může být např. čistírna radioaktivního odpadu, kdy se radioaktivní voda upravuje destilací a čištěním na ionexových filtrech. V oblastech, kde nejsou obyvatelé napojení na kanalizaci, stále častěji využívají domácí čistírny odpadních vod a již nevypouštějí jímky do povrchových vod, na louku či pole. Stále větší oblibě se těší i kořenové čističky odpadních vod, které se využívají k čištění odpadních vod s obsahem organických i anorganických látek a vod s mikrobiálním zatížením. Organické látky jsou v kořenové čističce velmi efektivně odstraňovány; odpadní vody s mikrobiálním znečištěním jsou po průchodu kořenovou čističkou zbaveny více než 95 % nebezpečných bakterií. Dle nařízení vlády č. 401/2015 Sb. jsou u malých zdrojů znečištění do 500 obyvatel sledovány tyto parametry: BSK₅ (biochemická spotřeba kyslíku), CHSKCr (chemická spotřeba kyslíku) a obsah nl (nerozpuštěné látky). U zdrojů znečištění nad 500 EO je navíc sledován parametr N-NH₄⁺ (amoniakální dusík) a při vypouštění do vod povrchových také obsah P (fosforu). V tomto směru kořenové čističky svou účinností plně postačují. Dnes používané vertikální kořenové filtry dosahují svou účinností čištění parametrů BAT (Best Available Technology). V případě potřeby odbourávání celkového dusíku N, je možné zařadit recirkulaci odpadní vody filtrem nebo kombinaci více vertikálních filtrů zapojených za sebou dostupné z internetového portálu czso.cz.

2.6.2 Procesy čištění vody

Jak již bylo uvedeno výše, v České republice je odpadní voda čištěna v mechanicko-biologických čistírnách, zde se upravuje znečištěná voda tak, aby byla možnost vypustit ji do recipientu. Je to dlouhodobý složitý proces, jehož výsledkem je kvalita vody neohrožující ekosystém daného povodí.

Mechanické čištění

Jedná se o usazování a zahušťování suspenzí. Známe následující druhy:

- Česle

Odpadní voda je na ČOV přiváděna hlavní stokou ze stokové sítě. První objekt čistírny je dešťový oddělovač - je umístěn na nátoku do čistírny a při silném nátoku je část vody oddělena přepadem a směřována přes hrubé česle do retenční nádrže, což je akumulací nádrž, do které natéká přívalová srážková voda. Po opadnutí srážek a ustálení nátoku je zachycená voda z retenční nádrže čerpána zpět do čistícího procesu. Na jejím konci jsou umístěné lapáky šterku. Ty se obvykle zařazují tam, kde se používají strojově stírané jemné česle. Lapáky jsou v podstatě jímky, ve kterých se zachytí hrubé a těžké předměty vlečené po dně stokové sítě. Tyto látky by mohly narušovat pracovní procesy vlastního čištění a také mohly způsobit poruchy strojního zařízení.

Česle jsou další částí hrubého předčištění městských odpadních vod. Jsou určeny k zachycení velkých předmětů (např. větve, tráva, hadry, obaly..) ale i hrubé nerozpuštěných částic (kusy ovoce, zeleniny, papíry, filtry, hygienické pomůcky apod.). Řada ocelových prutů (česlic) je zasazeny do pevného rámu umístěného pod úhlem 30 - 60 stupňů a ty zachycují tyto předměty. Na velkých čistírnách odpadních vod jsou zařazovány hrubé a jemné česle za sebou. Zachycené částice se nazývají shrabky a jsou odstraňovány strojním stíráním pomocí hrabel. Zpracování shrabků musí být uvážené. Jedná se o materiál hygienicky závadný, zahňávající. Likvidace probíhá spalování při teplotách 680 – 750°C.

- Lapáky písku

Suspendované a těžké organická látky jako je písek, úlomky skla, jemná škvára apod. se odstraňují v lapácích písku. Cílem je oddělení minerálních suspenzí od organických nerozpuštěných látek. Písek se nesmí dostat do vyhnívacích nádrží, kde by se mohl hromadit u dna nádrže a zmenšoval účinný objem vyhnívací nádrže. Lapáky využívají rozdílných hustot materiálů na principu snížení průtočné rychlosti vody.

Množství písku je v městských odpadních vodách různé. Závisí na mnoha determinantech, jako je např. konfigurace terénu, povrchové úpravě odvodňovacích ploch a pohybuje se v rozmezí 5 až 12 litrů na obyvatele za rok. Ovšem v deštivém období je tato hodnota překračována. Lapáky písku rozlišujeme na horizontální, vertikální a lapáky s příčnou cirkulací v závislosti na směru průtoku vody.

Následují lapáky tuku, kde se shrnuje tuk plovoucí na hladině a takto předčištěná voda je hnána do rozdělovacího objektu. Je to kašnový objekt sloužící k rovnoměrnému rozdělení nátoku odpadních vod na dvě paralelní čistící linky, resp. dosazovací nádrže. V této části se

dávkuje koagulant - síran železnatý, který usnadňuje vysrážení fosforečnanů. Dávkování koagulantu je automaticky řízeno fosfátovou sondou.

- Usazovací a zahušťovací nádrže

Vlivem gravitace dochází k odstraňování tuhých částic. Tomuto jevu říkáme usazování a usaditelné látky jsou zachycovány v usazovacích nádržích. Jestliže jednotlivé částice klesají ke dnu, označujeme tento jev jako sedimentaci, tak sedimentuje zrnitý kal. Může docházet k rušenému usazování, při kterém si jednotlivé částice uchovávají svou vlastní usazovací rychlost. Jestliže, vzroste koncentrace suspenze na hodnotu, při které se začíná tvořit fázové rozhraní mezi kapalnou a tuhou částí, jedná se o zahušťování suspenzí. Během celého procesu probíhá stírání plovoucích nečistot z povrchu nádrže. Vzniká primární kal, jenž obsahuje velký podíl hrubších nečistot, je odčerpáván do vyhnívacích nádrží. Odpadní voda odtud natéká do anoxického selektoru. (Chudoba, 1991)

Biologicko-chemické čištění

- Nitrifikační nádrže

Toto čištění souží především k odstranění rozpuštěných nečistot organického původu a dále k odstranění anorganických látek (dusičnany, fosforečnany, amonné soli). K tomu jsou využívány různé druhy mikroorganismů (tzv. aktivovaný kal), které tyto látky využívají jako zdroj energie a tím je z vody odstraňují. Aktivovaný kal v denitrifikační nádrži, s bakteriemi v prostředí bez rozpuštěného kyslíku, rozkládají dusičnany až na plynný dusík. Takto se z odpadní vody odstraní dusičnany a dusitany. V nitrifikační nádrži dochází k provzdušňování přiváděné směsi odpadní vody a aktivovaného kalu. Do nádrže je vháněn vzduch, který vytváří vhodné prostředí pro růst bakterií živících se organickým znečištěním. Množství vháněného vzduchu je zajištěno dmychadly a je automaticky řízeno kyslíkovou sondou. Aktivovaný kal se odtud čerpá zpět do denitrifikační nádrže.

- Dosazovací nádrže

V dosazovací nádrži se aktivovaný kal usazuje a odděluje od vyčištěné vody. Usazený aktivovaný kal je čerpán na začátek čistícího procesu a část přebytečného kalu, který je pomocí rotačních síťových bubnů zbaven přebytečné vody, je veden do vyhnívacích nádrží.

2.6.3 Kalové a plynové hospodářství

Primární kal se přivádí do vyhřívacích nádrží. Během vyhřívání, při teplotě 38,4°C, bakterie bez přístupu vzduchu rozkládají organické složky kalu za vzniku bioplynu.

Bioplyn se skládá převážně z methanu, oxidu uhličitého a menšího množství H₂, N₂ a H₂S. Složení bioplynu ovšem závisí na složení substrátu a na podmínkách procesu. Spalování bioplynu probíhá v kotli za vzniku tepla, které se využívá k vyhřívání vyhřívacích nádrží. Kogenerační jednotka umožňuje spalováním bioplynu vyrábět elektřinu a tepelnou energii, obojí je dále využito pro potřeby čistírny (dle Chudoba, 1991).

2.6.4 Likvidace vyhnílého kalu

V čistírnách odpadních vod po anaerobní aktivaci je konečným produktem vyhnílý kal. Obsahuje nerozložené organické látky a kapalnou fázi – kalovou vodu. K dalšímu použití je nezbytné tento kal odvodnit. Cílem je tedy transformace tj. snížení organických látek ve vyhnílé kalu na minimum. „*Jestliže je obsah organických látek v kalu 70 %, pak 100 kg surového kalu obsahuje 70 kg organických látek a 30 kg anorganického podílu. Při anaerobní stabilizaci se transformuje do bioplynu cca 50 % z původního obsahu, tedy 35 kg organických látek. Ve vyhnílé kalu pak zůstává 35 kg organických látek a 30 kg anorganických látek. Obsah organických látek ve vyhnílé kalu je tedy 53 %.*“⁷

Stabilizovaný kal je nutné využít k dalšímu zpracování:

- **Skládkování:** je způsob likvidace kalu pro výrobu organického hnojiva, kompostu. Tento děj zajišťují aerobní mikroorganismy a kal musí splňovat požadavky s nejvyššími nároky na kvalitu. Kal musí být bez velkých pevných částic a bez nepříjemného zápachu. Kaly musí obsahovat relevantní obsah vody, pokud je vlhkost vysoká, nevzniknou vhodné podmínky pro existenci mikroorganismů. Vysoká vlhkost také snižuje teplotu. Nezbytnou podmínkou je přívod vzduchu. Jestliže je snížena porozita, omezuje se rychlost kompostování. Činnost organismů nutná ke kompostování, závisí i na pH substrátu, optimální hodnota je v literatuře uváděna mezi 5.5 – 8 pH. V kompostu jsou rozkládány polysacharidy, bílkoviny a tuky. Děj je doprovázen uvolňováním tepla, zrající kompost se zahřívá na teplotu až 65 °C zvyšuje se kyselost substrátu. Důležitým determinantem je také dostatečné provzdušňování. Kompostování trvá nejméně dva týdny, ale i dva měsíce. Vzhledem k délce

⁷ <http://hgfl10.vsb.cz/546/ZpracovaniKalu>

dozrávání kompostu a množství kalů je tato likvidace v současné době nejméně ekologicky přijatelná a hodí se jen pro malé procento čistíren odpadních vod.

- Zemědělské využití: Ke hnojení zemědělské půdy lze použít některé typy odpadních kalů. Některé lze použít samostatně či ve směsi s přírodními či syntetickými hnojivy. Je velmi důležité, aby odpadní kaly neobsahovaly žádné nebezpečné škodliviny. Nevhodné ke hnojení jsou surové kaly, jsou plné mikroorganismů nebezpečných pro člověka i pro zvířectvo. Vše je upraveno vyhl. č. 382/2001 Sb., o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě. Jsou tam stanoveny mezní údaje koncentrací pro využití na zemědělské půdě.

Kal je aplikován dvakrát ročně stejnými rozstřikovači jako na kejdu a vodu a je zaoran do půdy. Výhodou kalu jako hnojiva jsou kaly z potravinářského průmyslu, protože obsahují vítané kationty, hořčíku, draslíku, vápníku, dusíku, fosforu a amonia. Opakem je síra a fluor, které patří mezi nežádoucí složky kalů.

Zemědělské využití kalů se v současné době potýká s velkými náklady na skladování, neboť kal lze aplikovat jen několikrát do roka. Kontrola hnojení kaly je ekonomicky náročná a nedostatek znalostí v tomto oboru vede k možnosti kontaminace látek v potravním řetězci.

- Spalování: Odpadní kaly lze spalovat, pokud obsahují alespoň zčásti spalitelné složky, které mohou být přítomny v tuhé i v kapalně fázi. Při spalování odpadních kalů jsou důležité parametry jako teplota, obsah sušiny a organické složky, výživná hodnota. Ekonomicky závisí spalování na míře požadavků na přídavné palivo, přičemž uvedené parametry jsou podstatou záruky vlastního spalování. Hlavní složka je organická hmota.

Energetická bilance procesu spalování je závislá na složení kalu a na použité technologii spalování. Pokud jsou v kalu zastoupeny v dostatečné míře složky s vyšší výhřevností, může být kal spalován samostatně a lze získat využitelnou tepelnou energii. Při vyšším obsahu nespalitelných složek v kalu nelze mnohdy proces spalování vůbec realizovat, neboť teplo vzniklé spálením spalitelných složek nestačí na úhradu tepelných ztrát při procesu. V těchto případech je nutné použít přídavné palivo s dostatečnou výhřevností. Jako přídavného paliva lze použít některých tuhých odpadů (papír, hadry, dřevo) nebo hodnotných paliv (topné oleje, plynná paliva). Odpadní kaly lze spalovat teprve po jejich co možno nejdokonalejším odvodnění resp. vysušení. Voda obsažená v kalu se totiž při spalování odpařuje a spotřebovává tak značné množství vznikající tepelné energie. Tím se snižuje energetický přínos procesu spalování, případně je tento proces znemožněn.

Problémem spalování je vznik jemnozrnného popelu. Ten je odváděn z topeniště a odlučován v odprašovacích zařízeních. V jiných případech spalování zůstává část popelovin v topeništi a musí být odváděny mechanicky. Popílek odchází při použití těchto technologií jen v malé míře. Popílek je zachycen v odlučovačích, elektrofiltrech a v hadicových filtrech. Další zpracování je možné ve stavebnictví, při terénních úpravách či spalování. U popelů a popílků z některých kalů lze použít úpravu vysokoteplotním tavením při teplotách až okolo 1400 °C. Zpracují-li se takto popely kalů z čistíren odpadních vod, dochází k jejich mineralizaci a snížení škodlivosti. Získá se zpravidla sklovitá škvára, odolná proti vyluhování vodou, která je lépe zpracovatelná než neupravený popel.

Z literatury (dle Binzar, 2009) lze vyhledat informace, kde je použití kalu zakázáno. Jedná se zejména o zemědělské půdy, které jsou součástí chráněných přírodních území; lesní půdy využívaných klasickou lesní pěstební činností. Kal nelze použít v pásmu ochrany zaplavaných, zamokřených a v pásmu ochrany vodních zdrojů; na trvalých ravních porostech a porostech na orné půdě ve vegetačním období až do poslední seče; v plodících ovocných výsadbách, na pozemcích s vegetací pro pěstování píce, kukuřice, pěstování cukrové řepy ke krmení, na pozemcích k pěstování zelenin. Půdy s hodnotou nižší než 5,6 ani plochy sloužící k rekreaci a sportu taktéž nesmí přijít do styku s kaly. Nikde se nesmí použít kaly, jestliže nesplňují mikrobiologická kritéria daná prováděcím právním předpisem.

2.7 Nutrieny

V odpadní vodě jsou rozpuštěny látky, které nejsou schopny sedimentace. Aerobní bakterie, které jsou do nádrží dosazovány, v rámci svých životních procesů tyto látky rozkládají. Tyto aerobní bakterie díky svému metabolismu odbourají až 99 % organického znečištění. Předpokladem pro tento děj je biologická rozložitelnost a nezávadnost. V odpadní vodě nesmí být žádné toxické látky, smrtelné pro bakterie. Jsou to zejména těžké kovy, měď, chrom, olovo apod. ale také těkavý chlor. Je třeba sledovat pH roztoku. Teplota hraje také velkou roli, proto sledujeme tyto ukazatele pro správné fungování.

Chudoba (1991) ve své publikaci uvádí, že chemická spotřeba kyslíku CHSKCr; přibližně odpovídá množství kyslíku, kterého je zapotřebí pro úplnou oxidaci uhlíkových sloučenin včetně redukovaných uhlíkových anorganických sloučenin.

Biologická spotřeba kyslíku BSK5; tato hodnota ukazuje spotřebu elementárního kyslíku během pěti dní biologického rozkladu prostřednictvím mikroorganismů za standardních podmínek.

Mezi nutrienty řadíme zplodiny metabolismu bakterií, jsou to anorganické sloučeniny dusíku a fosforu v odpadních vodách. Jejich zvýšená hodnota vyvolává řadu problémů - eutrofizace povrchových vod (množení sinic apod.), toxicita amoniaku pro vodní organismy i zvýšené náklady na přečištění této vody na vodu pitnou. Vyrovnaný poměr nutrientů má zásadní význam pro dobrou funkci mikroorganismů.

- odstraňování dusíku

Amoniakální a organický dusík se odstraňuje ve dvou krocích. Nejprve probíhá nitrifikace v aerobním prostředí a poté je dusičnanový dusík redukován jako plynný dusík a

uniká do ovzduší. Tento jev se nazývá denitrifikace a probíhá v anaerobním prostředí.

- odstraňování fosforu

„Fosfor se do odpadních vod dostává z pracích prášků, myček, apretačních prostředků. Odstraňují se vysrážením, kdy do dosazovací nádrže je dávkovány železnaté, železité nebo hlinité soli.“⁸

⁸ CHUDOBA, Jan. *Odpadní vody a jejich čištění*. Praha: [KONEKO], 1991. ISBN 80-85122-09-X, str. 46

3 Město Benešov

Benešov je největší město okresu Benešov, leží 40 km jihovýchodně od Prahy v nadmořské výšce 368 m. Rozloha je 46,87 km² a v Benešově žije cca 17 tisíc obyvatel. Husto obydlení je 353 obyvatel / km². Klima je teplé, suché, s dlouhým létem. Přejídné období je krátké stejně jako zima. Zima je krátká, suchá s krátkým trváním sněžové pokrývky. Průměrná teplota je 6 - 8 °C. Roční srážky v rozmezí 600 – 680 mm.

Předchůdcem města byl opevněný dvorec na žulovém ostrohu dnes zvaném Karlov, který tu zřejmě ve 2. polovině 11. století založil Benedikt (Beneš). Opevněný dvorec se rozrostl o kostel, ulici Na Karlově a stal se hlavním sídlem pánů z Benešova. Poté se výstavba přesunula k tržišti. Na Karlově byl založen minoritský klášter a majitelem byl pražský biskup Tobiáš z Benešova. Benešovci zde pobývali do roku 1318, kdy získali nedaleký hrad Konopiště a dvorec opustili. V roce 1327 se stal majitelem rod Šternberků, z jejichž erbu vznikl i pozdější znak města, kterou tvoří osmicípá zlatá hvězda v modrém poli. V této době lze najít první zmínku o Benešově jako o městečku a v roce 1512 jako město. Roku 1420 husité vypálili minoritní klášter, když táhli na Prahu, ale nebyl zničen úplně. V pohusitské době Benešov patřil mezi nejvýznamnější města v Čechách. Za vlády Jiřího z Poděbrad se v prostorách dnes zaniklého kláštera konal zemský sněm. V roce 1627 proběhlo na Benešovsku vzbouření poddaných protestujících proti násilné rekatolizaci. Třicetiletá válka byla velkou ranou pro město, zvláště obsazení švédským vojskem v roce 1648, jehož následky město poznamenaly na mnoho let. Roku 1703 byla založena piaristická kolej s kostelem sv. Anny. Benešov se stal centrem vzdělanosti celého regionu, ve městě se vyučovalo základní vzdělání a založili zde gymnázium, které je zde dodnes. Další rozvoj Benešova souvisí s průmyslovou revolucí. Od 1. poloviny 18. století existovalo poštovní spojení s Prahou a zejména pak dokončení železniční trati z Prahy do Českých Budějovic a lokální trať do Vlašimi roku 1871. Od konce 19. století se stal majitelem zdejšího panství následník trůnu František Ferdinand d'Este, který je spojován se zámek Konopiště. V Benešově nechal vystavět pivovar, který je tam dodnes. Postavena byla nemocnice a vzniklo spoustu dalších významných staveb na náměstí. Za nacistické okupace v roce 1942 byla část města násilně vystěhována kvůli zřízení rozsáhlého vojenského cvičiště Zbraní SS Benešov. V Benešově bylo sídlo vedení cvičiště jednotek SS, které se rozléhalo od železniční stanice až k řece Vltavě západně od Benešova (dle archivu města Benešov).

3.1 Významné firmy Benešova

Potravinářství a strojírenství patří mezi nejvýznamnější průmyslová odvětví v Benešově.

Schreiber – výroba mléčných výrobků. Tato mlékárna je ve městě od roku 1990 jako Danone. Původně francouzský potravinářský koncern prodal mlékárnu v Benešově americké společnosti Schreiber Foods. Soriment výroby je zachován.

Benea – výroba pekařských a cukrářských výrobků. Benea vznikla v šedesátých letech minulého století. V roce 1969 byla zahájena výstavba pekárensko-cukrárenského kombinátu v Benešově. V provozovně byly nainstalovány čtyři samostatné výrobní linky na chléb, housky, rohlíky a jemné pečivo. Privatizací závodu Benešov vznikla v roce 1994 Benea s.r.o. Pekárna byla plynofikována, dochází k další modernizaci technologického zařízení. V současné době má společnost 19 vlastních prodejen, je držitelem certifikátu Systém hygienické a zdravotní nezávadnosti potravin.

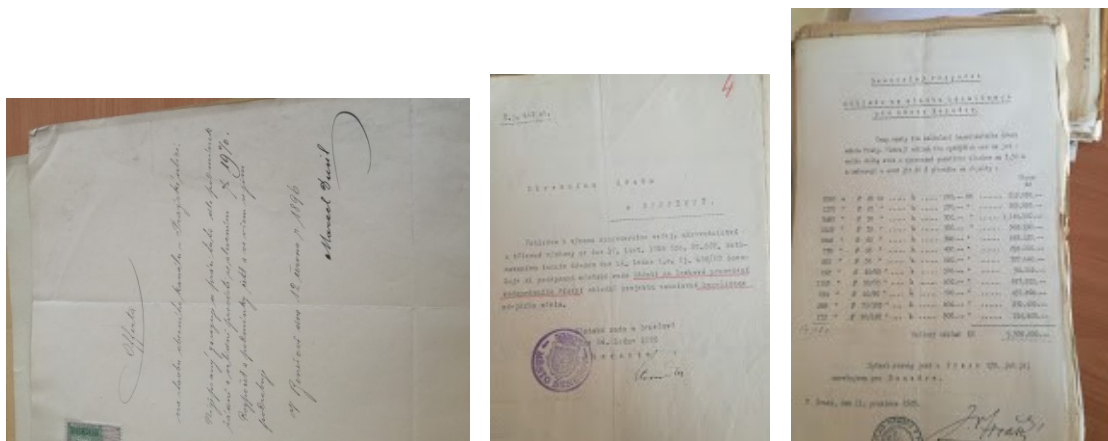
Baest – strojírenská společnost vyrábějící ocelové konstrukce, tlakové nádrže, nádrže na naftu, komponenty do obalovny, výroba jeřábů a zařízení pro energetiku a ekologii, výrobky z nerez. Historie tohoto strojírenského závodu začíná v roce 1979, kdy závod byl vybudován za účelem výroby techniky do paneláren pro výrobu dílců pro občanskou, bytovou a průmyslovou výstavbu. Závod byl začleněn do podnikového seskupení Stavební stroje Zličín – Stavební stroj Benešov. V roce 1991 byl závod transformován na samostatný podnik Stavební stroje Benešov, který pokračoval kontinuálně ve výrobě formovací techniky a komponent pro stavební stroje. V roce 1996 byl podnik Stavební stroje Benešov privatizován společností BEST s.r.o. Benešov na soukromou společnost. V tomto období došlo k zásadní změně ve výrobním programu, kdy formovací technika je nahrazena výrobou nádrží, stavebních a portálových jeřábů a vrtací techniky. V roce 2002 převzala veškerou obchodní a výrobní činnost společnosti BEST s.r.o. akciová společnost BAEST, která doplnila a rozvinula výrobní program.

Pinko – výroba zmrzlin. Tato společnost byla založena italskou rodinou Sarafini a vyráběla zmrzliny podle italských receptů a výhradně z italských surovin. Tuto značku s celou výrobou koupil v roce 1996 český majitel a do zmrzlin se začaly dodávat i české suroviny. Většina obalů etiket a kartonů se začala vyrábět v Čechách a postupem času se i chutě zmrzlin začaly upravovat pro český trh. V současné době jsou v sortimentu zastoupeny zmrzliny pro všechny věkové kategorie i příležitost.

Ferdinand – pivovar. Pivovar byl založen roku 1897 arcivévodou Františkem Ferdinandem d'Este. Benešovský pivovar vyrábí okolo 25 000 hl piva ročně. Součástí pivovaru je sladovna, která vyrábí slad pro vlastní potřebu i prodej dalším pivovarům (dle portálu města Benešov).

3.2 Odkanalizování města Benešov

Historický vývoj Benešova se nelišil od vývoje kanalizace jemu podobných měst. Zadní části dvora sloužily k ukládání odpadů. Tam byly odpadní jímky, později vznikají rigoly zajišťující odvedení nežádoucích vod a splašků mimo městskou zástavbu. Byla to jakási prvotní kanalizace. Benešov se historickým vývojem nelišil od vývoje kanalizace jemu podobných měst. Nejprve slouží. Stavební deníky jako např. Stavební journal z roku 1884, jsou dochovány v archivu města Benešova. Popisují stavbu betonové stoky od lihovaru k Pazderně. Doklady o současné kanalizaci jsou uvedeny pod rokem 1925 – 1931. V archiváliích lze dohledat nákresy kanalizace, výběru týmu a dokonce i vyjádření lékaře k nezbytnosti a dohady o úpravě vodoteče. Zajímavé jsou i zápisy dohadů, kudy kanalizace povede, přes čí pozemky i jaké půjčky byly nárokovány u zemské banky.



Obr. č. 2: Ukázky archiválií (foto autor)

3.3 ČOV Benešov

Čistírna odpadních vod v Benešově byla uvedena do provozu v r. 1976 jako mechanicko-biologický koridorový systém Vodních staveb Praha. Prvním rekonstrukčním zásahem byla pak v r. 1995 komplexní výstavba provozního celku hrubého předčištění.

„V roce 1999 byla znovu technologicky vstrojena linka nádrží biologického čištění.“⁹ Roku 2003 proběhla modernizace a rekonstrukce úpravy provozních souborů odvodnění a zahuštění kalu, dále pak vyhnívacích nádrží kalu včetně energetického využití produkovaného bioplynu, uvádí v rozhovoru zaměstnankyně ČOV Benešov paní Zbejvalová. V letech 2013 - 2014 proběhla rozsáhlá rekonstrukce, během níž byla navýšena kapacita z původních 25 330 ekvivalentních obyvatel na současných 53 738 obyvatel. Významně došlo k navýšení účinnosti čištění díky modernizaci technologie, rozšíření biologických linek a vybudování dvou kruhových dosazovacích nádrží. Kalové hospodářství bylo doplněno o druhý stupeň vyhnívání, který navýšil kapacitu produkce bioplynu.

⁹ <http://www.vhs-sro.cz/cs/>

4 Domácí čistírny odpadních vod

Domácí čistička odpadních vod je potřeba všude tam, kde nelze připojit dům, chatu či provozovnu na veřejnou čistírnu odpadních vod. Pro zdárný čistící proces je nutné sledovat tři základní kritéria pro vhodný typ domácí čov.

- Počet napojených osob – všechny osoby trvale žijící v daném objektu, návštěvy se nepočítají. Pokud bude čistírna předdimenzovaná či poddimenzovaná, nebude správně fungovat.
- Způsob vypouštění vyčištěných vod – do povrchových vod (potoka, řeky,...), do kanalizace, která není zakončena obecní čistírnou, do podzemních vod. Při vypouštění do povrchových recipientů musí čistička dosahovat předepsaných hodnot zbytkového znečištění.
- Způsob úředního schválení – rozhodnutím ve správním řízení nebo schválení na ohlášení stavby.

Instalaci a uvedení čistírny do provozu provede autorizovaný prodejce v souladu s projektovou dokumentací zpracovnou oprávněnou osobou. Majitel zkontroluje typ a výrobní číslo čistírny a zda typ čistírny odpovídá typu čistírny v projektové dokumentaci (dle Mičín, 1990)

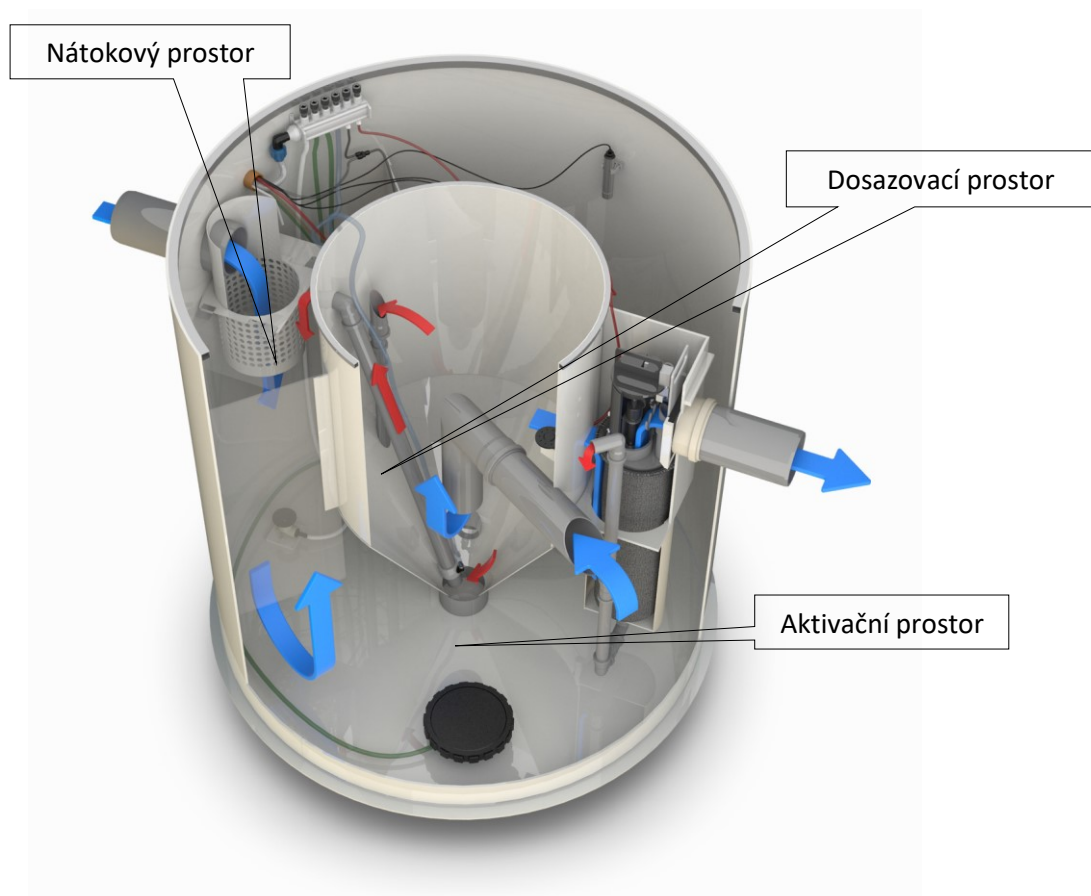
4.1 Popis čistírny

Čistírna odpadních vod je biologická čistírna pracující na principu nízko zatěžované aktivace s úplnou aerobní stabilizací kalu. Aktivace je uspořádána jako proces aktivizace s nitrifikací. Proces probíhá v jediné nádrži, která je rozdělena na několik zón s odlišnými technologickými provozy. Komplexní čištění odpadních vod je založený na biologickém čištění biologických kalem, kde zdrojem uhlíku pro procesy denitrifikace je samotné organické znečištění odpadní vody. Celý proces je řízen pomocí spínacích hodin.

Biologický reaktor je vybudovaný jako plastová nádrž, do které je uložena vestavba z plastu. Kovové části konstrukce jsou zhotoveny z nerezavějící oceli. Vestavbou v nádrži jsou vytvořeny tři hydraulicky samostatné prostory.

- Nátokový prostor – denitrifikační zóna
- Aktivační prostor – aktivačně-nitrifikační zóna

- Dosazovací prostor – dosazovací zóna



Obr. č. 3: Biologický reaktor čistírny odpadních vod¹⁰

Do denitrifikační zóny je zaústěno přítokové potrubí, za kterým se osazený provzdušňovaný vyjímatelný lapač hrubých mechanických nečistot ve tvaru děrovaného koše. Pro čerpání vratného kalu je zaústěno hydro-pneumatické čerpadlo a promíchání vratného kalu s odpadní vodou a provzdušňování lapače hrubých nečistot je zajištěno pomocí středo bublinného provzdušňovače.

Aktivačně-nitrifikační zóna zabírá část biologického reaktoru mezi stěnami nádrže, denitrifikační a dosazovací zónou. Míchání aktivační směsi je zajištěno pomocí jemno bublinných provzdušňovačů.

Dosazovací zóna je vyrobena z plastu jako kužel, který je směrem k hladině rozšířený a zakončený válcovou součástí. Na nátoky aktivační směsi do dosazovací zóny je osazena trubka lapače plovoucích nečistot a odplynění vstupující aktivační směsi. Součástí této zóny je

¹⁰ <http://www.envi-pur.cz/cz/domovni-cistirny-odpadnich-vod/>

odtokový žlab navařený na stěnu, do které je napojeno odtokové potrubí s přelivnou hranou. Stěna zóny tvoří nornou stěnu pro zachycení plovoucích nečistot před nátokem do odtokového žlabu. V zóně je umístěno hydro-pneumatické čerpadlo pro čerpání vratného kalu a provzdušňovací rám pro čerání hladiny prostoru dosazovací zóny při čištění.

Membránové dmyhadlo umístěné vně reaktoru je zdrojem tlakového vzduchu. Rozvod vzduch k jednotlivým částem je proveden pomocí plastových hadic z rozvaděče umístěného v reaktoru. Přívod ke každé části je regulovatelný pomocí ručních ventilů umístěných na rozvaděči vzduchu.

Chod čistírny je řízen pomocí spínacích hodin, které zapínáním a vypínáním elektrické energie do zásuvky pro napájení dmyhadla střídá fáze provozu dmyhadla (dle Junga, 2015).

5 Kořenové čistírny odpadních vod

Tato kapitola zpracovává problematiku alternativního zdroje čištění odpadních vod – kořenové čističky. Jsou vhodné všude tam, kde není kanalizace a je nutné vyřešit otázku odpadu a majitel má zájem o spojení krásy a využitelnosti, protože příznivě ovlivňují mikroklima okolí a vykazují velmi dobrý čistící účinek již od počátku provozu. Kořenové čistírny nepotřebují elektrickou energii, mají minimální údržbu, využívají přirozené přírodní procesy, mají nízké provozní náklady i dlouhou životnost. Kořenové čistírny svými čistícími účinky bez problémů splňují limity pro vypouštění odpadních vod do vod povrchových.

Než dojde ke stavbě kořenové čističky je potřeba vyřešit několik základních podmínek, zejména vhodnost. Kořenová čistička vyžaduje 3 m² na jednoho obyvatele. Další objekty pro mechanické přečištění, regulační šachtu a zasakovací objekt, cca 2 m² na obyvatele. Pokud je toto splněno, lze čistit odpadní vody s obsahem organických i anorganických látek a vod s mikrobiálním zatížením. Organické látky se v kořenové čističce velmi efektivně odstraňují; odpadní vody s mikrobiálním znečištěním jsou po průchodu kořenovou čističkou zbaveny téměř všech nebezpečných bakterií.

Dle nařízení vlády č. 401/2015 Sb. jsou u malých zdrojů znečištění do 500 obyvatel sledovány parametry jako je biochemická i chemická spotřeba kyslíku a obsah nerozpuštěných látek. U zdrojů znečištění nad 500 EO je navíc sledován i amoniakální dusík a při vypouštění do vod povrchových také obsah fosforu. V tomto směru kořenové čističky svou účinností plně postačují. Dnes používané vertikální kořenové filtry dosahují svou účinností čištění parametrů Best Available Technology. V případě potřeby odbourávání celkového dusíku, je možné zařadit recirkulaci odpadní vody filtrem nebo kombinaci více vertikálních filtrů zapojených za sebou. Organické látky jsou v kořenových čističkách snadno odstraňovány. Účinnost odstranění je 95% (dle Hlavínek, 2006).

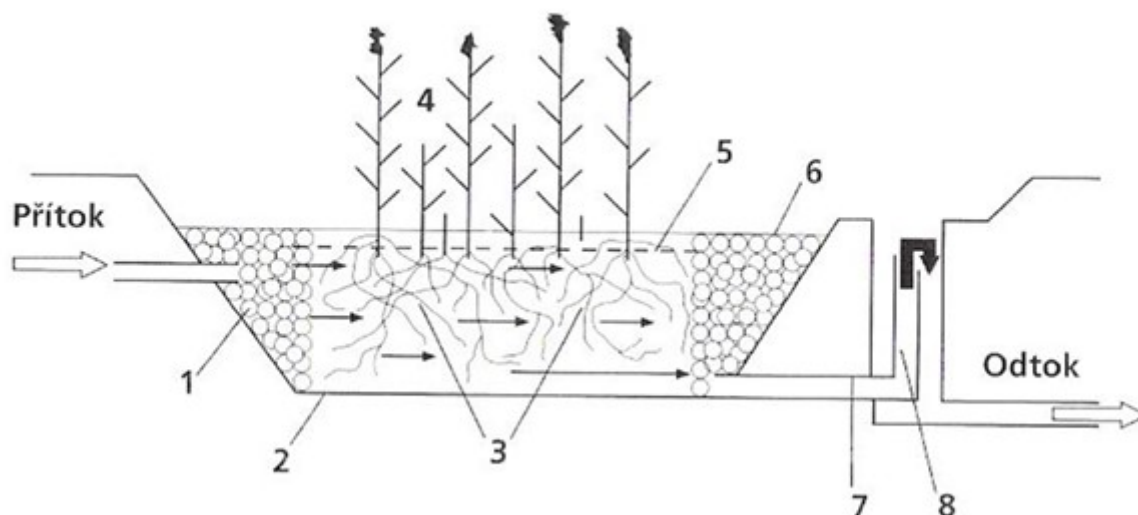
Mikrobiální rozklad organických látek probíhá v septiku bez kyslíku – anaerobně, v kořenovém filtru převážně za přítomnosti kyslíku - aerobně . Účinnost odstraňování organických látek je v podstatě nezávislá na ročním období, mocnosti přítoku či na obsahu odpadních organických látek. K eliminování mikrobiálního znečištění dochází v kořenových čističkách kombinací fyzikálních, biologických a chemických procesů. Uvádí se, že ve většině kořenových čističek je odstraněno více než 99 % koliformních bakterií – bakterií obývajících střeva lidí a přes 95 % fekálních streptokoků.

Kořenové čističky dokáží eliminovat obsah dusíku, V případě nároků na odbourání celkového dusíku je možné využít recirkulaci odpadní vody, která spočívá v opakované distribuci odpadní vody na filtr. Další možnost, jak zvýšit odstranění celkového dusíku, je zapojení do kaskády více vertikálních filtrů. Účinnost odstranění dosahuje více než 75%. Fosfor je v kořenových čističkách odstraňován především shlukováním částic a srážením ve filtračním loži, případně absorpcí rostlinami. Materiály, které jsou běžně využívány pro filtraci (kačírek, štěrk, drcené kamenivo), však mají velmi malou sorpční kapacitu, a proto je odstraňování fosforu v kořenových čističkách jen kolem 40%. Účinnost lze zvýšit použitím materiálů jako je např. kalcit či struska. Stejně tak je možné ho odstraňovat pomocí elementu na odtoku z čistírny. Obsah lze navíc snížit již v domácnosti používáním bezfosfátových mycích prostředků, zvláště pak tablet do myček.

Nejpodstatnější přirozený proces plní v kořenových čističkách odpadních vod vegetace. Nezastupitelné funkce lze shrnout do těchto bodů:

- Rostliny odebírají část látky – pro ně jako živiny - obsažených v odpadní vodě.
- Kořenový systém rostlin vytváří podmínky pro rozvoj mikroorganismů významně se uplatňujících v čistícím procesu.
- V zimním období vytvářejí rostliny tepelnou izolaci kořenového pole, a tím snižují hloubku promrzání.
- Díky odpařování vytváří ve svém okolí příznivé mikroklima.
- Většina z využívaných rostlin zkrášluje svým květenstvím okolí.
- Některé z rostlin patří lze využít jako léčivky.

Z internetového portálu je převzato schéma kořenové čistírny.



Obr. č. 4: Typické uspořádání kořenové čistírny

Popis:

- 1) kamenivo (distribuční zóna)
- 2) bariéra nepropustná (PE nebo PVC)
- 3) filtrační materiál
- 4) vegetace
- 5) vodní hladina v kořenovém loži, výška nastavitelná v odtokové šachtě
- 6) odtoková zóna
- 7) sběrná drenáž
- 8) výška hladiny pro odtok

Čištění vody v kořenové čistítku je komplexní a propracované. V první fázi je voda tzv. předčištěna ve štěrkovém poli, kde se zbaví nečistot. Potom putují do jímací nádrže neboli jezírka, které je vyplněné pískem a osázené rostlinami, typicky rákosem nebo chrasticí rákosovitou.

Tato nádrž je mělká, sklon je kolem 1 procenta, takže nevyžaduje speciální terénní úpravy. Voda je zde čištěna bakteriemi, které žijí na kořenech rostlin. Potom je voda opět začleněna do koloběhu. Využit ji lze například k zalévání rostlin na zahradě.

Z výše uvedeného je zřetelně vidět, že pro kořenové čistírny je nedůležitější místo tam, kde jsou vysázeny rostliny. Musí to být rostliny mokřadní, protože mají značnou schopnost adaptace na stálé, popř. periodické zaplavení, na nedostatek kyslíku. Tyto rostlin se

musí umět vyrovnat s vysokým obsahem solí a častou změnou pH prostředí. Na druhou stranu pro rostliny vhodné k osázení vyhovuje právě voda z domácností, bohatá na odpadní látky. Tyto látky jsou pro mokřadní rostliny zdrojem živin (dle Zajoncova, 2010).

Před kořenovou čistírnou musí být čtyřkomorový septik, ve kterém se pevné látky usazují a rozkládají. Takto předčištěná voda se dále odvádí do kořenového pole. Kal ze septiku se následně musí cca jednou za rok odstranit (např. na kompost).

Mezi rostliny, které najdeme v kořenové čistírně, patří zejména rákos. Je to v České republice nejvyšší tráva a v půdě vytváří spleť dlouhých plazivých oddenků. Také orobince, lidově nazývané doutníky, jsou vytrvalé rostliny se silnou lodyhou. V kořenové čistírně najdeme ten nejčastější – orobinec širokolistý. V minulosti se užívaly zejména oddenky orobince, které obsahují velké množství škrobu. Sušené listy, které působí močopudně, se také užívaly k pročišťování krve, proti úplavici a proti vředům v ústech, rozdrčené listy s olejem léčily vředy i otevřené rány. Chrastice rákosovitá se stala známou až v poslední době právě díky používání v kořenových čističkách. Má ráda fosfor v půdě a je využitelná i jako biopalivo. Zblochan vodní je 80–200 cm vysoká, dlouze plazivá tráva; používá se ke zpevnění břehů vodních nádrží a toků. Zevar je vytrvalá, 30–60 cm vysoká, svěže zelená rostlina. Často vytváří monokulturní porosty charakteru rákosin na březích stojatých nebo pomalu tekoucích vod. Stejně jako ostatní uváděné rostliny má rád stanoviště s vysokým obsahem minerálních látek. Sítiny jsou časté rostliny podmáčených luk a mělkých mokřadů. Dorůstají až 120 cm a vytváří husté trsy trávově jasné zelené barvy, proto jsou velmi žádané k osazování kořenových čistíren. Raději má kyslejší půdu s dostatkem živin a patří mezi nenáročné odolné rostliny, které se umí vyrovnat i s dočasným kolísáním hladiny vody. Je mrazuvzdorná. Kosatec má rád bahnitě a spíše kyslejší půdy bohaté na živiny, zejména na dusíkaté látky. Oddenek kosatce žlutého obsahuje slabě jedovaté třísloviny, silice a glykosidy. Právě díky obsahu tříslovin se v minulosti používal k vydělávání kůží a také v léčitelství jako prostředek na zastavení krvácení. Blatouch bahenní snese i nedostatek vzduchu v důsledku záplav. Pozor rostlina je jedovatá. Kyprej je nejen vhodná jako doplňková rostlina do kořenových čističek, ale patří také mezi léčivky. Sbírá se kořen nebo kvetoucí nať, a to na jaře či na podzim. Kořen se následně se používá při průjmeh, zánětu žaludku a střev nebo při menstruaci; má rovněž močopudné účinky. Nať se užívá při epilepsii a šumění v uších. Kašovitě obklady z čerstvé natě jsou nejlepší na nehojící se rány, tinktura má pozitivní vliv při migrénách (dle Burnie, 2007 a Grešík, 2013).

Stejně jako všechno, i kořenová čistička stárne a potřebuje jednou za čas obnovit. Pokud je dobře udržována, náplň vydrží 30 – 40 let. Jakmile po povrchu čističky teče a stojí voda, je nutná obnova zejména rostlin a vyčištění bariér.

6 Legislativa

- Zákon č. 254/2001 Sb. o vodách, který definuje pojem odpadní vody.
- Zákon č.274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu ve znění zákona 76/2006 Sb.
- Nařízení vlády 61/2003 Sb. ve znění 229/2007 Sb. a 23/2011 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod, náležitostech k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech.
- Zákon č. 185/2001 Sb. o odpadech (v platném znění) - určuje nakládání s odpady z ČOV (kaly, shrabky, písek, půda z kořenových polí apod.).
- 293/2002 Sb. Vyhláška Ministerstva životního prostředí o poplatcích za vypouštění odpadních vod do vod povrchových.
- 382/2001 Sb. Vyhláška o podmínkách použití kalů na zemědělské půdě. Upravené kaly lze na zemědělské půdě používat za zákonem stanovených podmínek.
- V rámci Evropské unie byla přijata směrnice Rady ES z 21. 5. 1991 č. 91/271/EEC, která uložila svým členům identifikovat tzv. citlivé oblasti, ve kterých odtoky z čistíren o kapacitě nad 10000 ekvivalentních obyvatel (EO) musí po 1. 1. 1999 splňovat přísná kritéria pro fosfor a dusík. Pro celkový dusík je to průměrná roční hodnota 15 mg/l a pro fosfor 2 mg/l, při kapacitě ČOV v EO 10000 – 100000.
- (Vše dostupné z webu www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/).

7 Exkurze jako organizační forma výuky

Slyším a zapomínám. Vidím a pamatuji si. Dělán a rozumím. Toto je přes dva tisíce staré čínské přísloví a doslova se hodí jako moderní forma výuky. Učení probíhá aktivně, úspěšné učení se uskutečňuje formou vytváření osobních hypotéz.

Vycházky a čas strávený mimo školní budovu se odlišuje od běžných způsobů školního vyučování. Pro pedagoga jde o příležitost k lepšímu poznání žáků, k navázání neformálních vztahů a často dojde k pochopení dlouhodobých problémů. Žáci vnímají tyto formy výuky jako změnu a zpestření. Výuka je koncipována jako osobní prožitek, s různým podílem zapojení jednotlivých žáků v období přípravy, v průběhu akce i závěru vyhodnocení. Mnohdy jde o odlišné složení než jsou vlastní třídy. Exkurze může být celodenní, členěna do více předmětů či projektových aktivit; zahrnuje činnosti pro osobnostní a sociální rozvoj žáka. Exkurze bývá náročnější na přípravu než klasická výuka, klade vyšší nároky na učitele i žáka. V Pedagogickém slovníku je exkurze definována jako: *„Skupinová návštěva významného nebo zajímavého místa či zařízení, která má poznávací cíl. Jedna z organizačních forem výuky konaných v mimoškolním prostředí, má přímý vztah k obsahu vyučování: ilustruje, doplňuje, rozšiřuje žákovu zkušenost.“*¹¹

Hlavním účelem exkurze je poznávací činnost v reálném prostředí, shromažďování poznatků a propojení s dříve získanými vědomostmi v daném předmětu či skupině předmětů. Obsah exkurze ovlivňuje odborná orientace a především typ školy. Na základní škole převládají exkurze s historickým, vlastivědným nebo přírodovědným zaměřením. Rozsah exkurze je volen dle cílů, které předpokládáme v rámci akce splnit.

Tematická exkurze má žákům ukázat zařízení pracoviště, určitý technologický postup nebo způsob organizace práce při konkrétní činnosti v praxi v rozsahu přiměřenému věku jedince. Ukázat, jak naučené procesy probíhají v podmínkách, které nelze v podmínkách školy v celém komplexu zabezpečit. Tematická exkurze není tolik náročná z hlediska zvláštní přípravy ani potřebného času. Je organizována v trvání několika vyučovacích hodin v relativně lehce dostupném okolí školy.

Komplexní exkurze pokrývá problematiku zasahující do větších tematických celků. V rámci komplexní exkurze se žáci seznámí nejen s jednotlivými technologickými postupy na dílčích pracovištích, s jejich vybavením, zařízením a personálním obsazením v reálné situaci,

¹¹ Pedagogický slovník, 2003; str. 134

ale především s jejich vzájemnou návazností v rámci celého výrobního nebo pracovního cyklu. Ve skutečnosti je to jediná možnost, jak žákům názorně přiblížit skutečnou výrobu nebo pracovní proces ve všech jeho souvislostech a vzájemných vazbách. Takto pojaté vyučování probíhá převážně na konci pololetí a na konci školního roku zejména na středních školách či odborných učilištích.

Mezipředmětové exkurze se dotýkají několika učebních předmětů. Jejich využití je ojedinelé a efektivita je závislá především na tom, jak se podaří skloubit jednotlivá témata různých předmětů, aby byla zachována logická souvislost. Dobrý výsledek je zajištěn celkovým klimatem školy resp. schopnosti vzájemné komunikace mezi vyučujícími.

Exkurze přináší řadu výhod, a pokud je dobře připravena a provedena, je jednou z nejúčinnějších forem výuky. Lze však najít i problematické stránky. Hlavní příčina je náročnost celého projektu. Ne všichni pedagogové jsou nakloněni této organizační formě výuky, protože to pro ně znamená nutnost vynaložit podstatně více úsilí než v případě vyučování v podmínkách školy, kde pracují a hlavně se o žáky dále nemusí starat.

V současné době se řada pedagogů bojí, že v průběhu exkurze se zvýší nebezpečí vzniku úrazů nebo kázeňských přestupků. Jsou to zejména začínající učitelé či učitelé s malou autoritou u žáků a nedokáží udržet kázeň. Dalším negativním faktorem může být i limit finančních prostředků, které může škola na danou exkurzi vyčlenit, nebo které jsou rodiče žáků ochotni uhradit z vlastních prostředků. S tímto se lze setkat především u vícedenních akcí, kde náklady na stravování, ubytování a dopravu rok od roku narůstají.

Přesto lze konstatovat, že návštěvy a exkurze jsou vyučovací metody, z nichž si žáci nejvíce pamatují. Jsou důležité pro vztah učitele – žák, ale za předpokladu, že jsou dobře naplánované, pak žáky motivují a umožňují, aby do učení vstoupil skutečný svět (dle Petty, 2008).

PRAKTICKÁ ČÁST

8 Výzkumné šetření

Tato kapitola je věnována metodologii pro výzkumná šetření. Jakým způsobem získávat data, jak je zpracovávat a vybírat korespondenty pro psaní práce.

Nejrozšířenější a nejpropracovanější technikou získávání dat je dotazník. Snadno a poměrně levně zasáhne velký počet i velmi prostorově vzdálených zkoumaných osob. Jeho příprava a zpracování je rychlá. Klade malé požadavky na počet výzkumníků a malé požadavky na zaškolení pracovníků. Dotazník je také vstřícný k respondentům, protože poskytuje větší čas na rozmyšlení. Pro respondenta tvoří přesvědčivou anonymitu. Přesto najdeme i nevýhody. Zde lze vyjmenovat možnost přeskočení otázky, odpověď od jiného člověka či rodinného týmu. Největším problémem však spočívá v nízké návratnosti. V současné době jsou dotazníky zasílány elektronickou formou a zde je návratnost ještě menší než papírový dotazník. Mnoho respondentů elektronickým formulářům nevěnuje pozornost. Bylo vyvinuto několik způsobů, jak návratnost dotazníků zvýšit. Např. rozdat dotazníky ve školách, zaměstnancům firmy na poradě a požádat o vyplnění a odevzdání na místě. V případě zasílání dotazníků poštou, přiložit ofrankovanou obálku nebo nabídnout odměnu za vyplnění. Pokud cca do 14 dnů není odpověď, poslat upomínku. Dotazník nemá být dlouhý, doba vyplnění do 20 minut, otázky mají být vyčerpávající, srozumitelné, jednoznačné a nemají respondenta znechutit. Velký formát představuje velký počet informací a tím mohou odradit. Ale i příliš malý formát nutí k velkému soustředění (dle Gavora, 2010).

Dotazník začíná úvodním oslovením, které má vzbudit zájem korespondenta, má zdůraznit význam odpovědí a zdůrazňuje význam poskytnutých informací. Nejprve jsou kladeny jednoduché otázky, nejdůležitější jsou umístěny doprostřed dotazníku a neutrální otázky řadit na konec dotazníků. Vše zpracovat tak, aby zkoumané osoby všem otázkám rozuměli stejně. Volíme otázky otevřené, polozavřené, uzavřené. Doporučovaným způsobem, jak zajistit validitu otázek, je provést předvýzkum.

Dále následuje analýza dat. Je žádoucí podívat se na výzkumné otázky, kódovat data v současné době pomocí počítačového programu, který naše data zpracuje. *„Kvantitativní výzkum je objektivní způsob sběru dat, který vychází z filozofie přírodních věd. Sběr dat probíhá pomocí standardizovaných technik rozhovorů, dotazníků nebo pozorování.*

*Kvantitativní výzkum umožňuje reprezentativní šetření vzorku, které lze zobecnit na populaci.*¹²

Jelikož není možné zkoumat celou populaci, vybírá se tzv. reprezentativní vzorek. To je menší část skupiny, která má být zkoumána. V případě, že je vzorek vybrán dobře, dá se výsledek šetření zobecnit na celou populaci. Vybrání toho správného vzorku lidí je velmi složité. Skupina vybraných lidí musí být typická pro celou populaci a pro dané výzkumné šetření. Vzorek se shání podle ochoty dotazovaných, tj. ve skupině dotazovaných je každý, kdo je ochotný zúčastnit se dotazníkového šetření. Taková metoda výběru vzorku se používá často při výzkumu sociálních skupin (dle Chráska, 2016).

8.1 Metodika výzkumného šetření

Pro získání dat bylo zvolena metoda dotazníkového šetření. Bylo obesláno všech 35 škol benešovského okresu. Výzkumným cílem nebylo srovnání výsledků mezi školami vesnickými či ve městech, ale pouze ověřit hypotézy práce. Vyhodnocení je uspořádáno v grafech.

Dotazník byl sestaven podle kritérií uvedených v předcházející kapitole pro relevantnost výzkumu. V dotazníku byla věnována velká pozornost srozumitelnosti, věcnosti. První dvě položky byly určeny pro informaci o velikosti a vzdálenosti školy od čistírny odpadních vod. Celkově dotazník obsahuje 12 otázek, z toho 7 uzavřených, 5 polootevřených a 1 otázka volná.

Dotazníky byly zaslány na mailové adresy ředitelům všech škol na okrese Benešov. Adresy byly získány z webového portálu. V průvodním dopise bylo ředitelům objasněno, za jakým účelem byl dotazník sestaven a jak se bude zacházet s daty. Ředitelé byly požádáni o vyplnění či předání dotazníků předmětové komisi přírodopisu. Celkem bylo rozesláno 35 dotazníků, navráceno bylo pouze od 24 škol. Následně byly dotazníky zpracovány a vyhodnoceny.

Data byla tříděna pomocí tabulkového procesoru Microsoft Office Excel 2013. Ve stejném procesoru byla ke každé otázce vypracován graf, kde jsou uvedeny odpovědi respondentů a číselné údaje pro rychlejší orientaci.

¹² PRŮCHA, Jan. *Andragogický výzkum*. Praha: Grada, 2014. Pedagogika (Grada). ISBN 978-80-247-5232-7; str. 116

8.2 Hypotézy diplomové práce

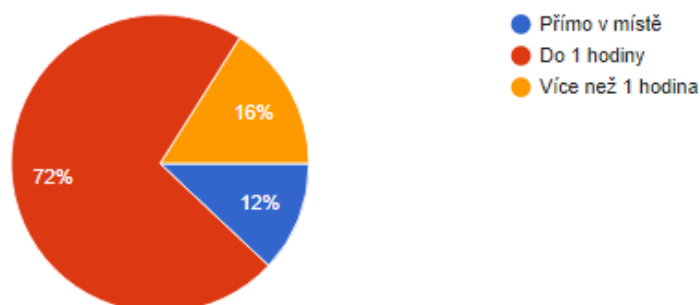
- Exkurzi do čov organizuje pouze 30 % z dotázaných základních škol okresu Benešov.
- Učitelé by uvítali vypracované pracovní listy.
- Vyučující vyberou 4 a více procvičovacích metod pro sestavování pracovního listu.

8.3 Výsledky dotazníkového šetření

Otázka a graf č. 1: Jak časově je vzdálena Vaše škola od Benešova?

Jak časově je vzdálena Vaše škola od Benešova?

25 odpovědí

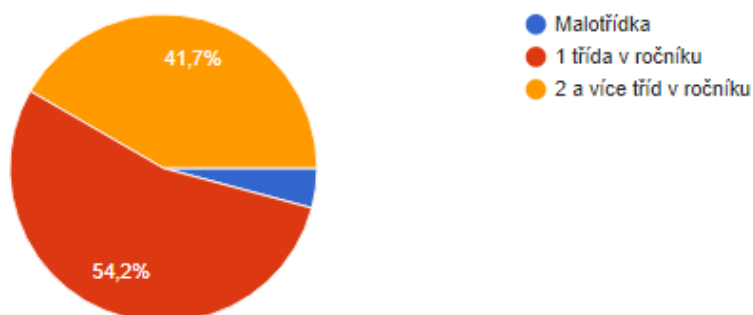


Z celkového počtu 35 respondentů se dotazníkového šetření účastnilo 25 základních škol. Z grafu lze sledovat, že nejvíce škol se nachází do 1 hodiny od Benešova, resp. od čistírny odpadních vod v Benešově.

Otázka a graf č. 2: Jak velká je Vaše škola?

Jak velká je Vaše škola?

24 odpovědí

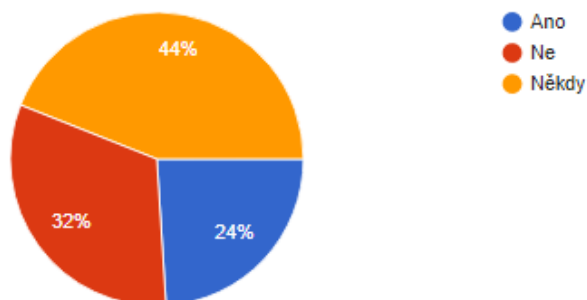


Na druhou otázku odpovědělo 54,2 % respondentů, že jejich škola má pouze 1 třídu v ročníku a 41,7 % 2 a více tříd v ročníku. Zbylé procento tvoří malotřídky.

Otázka a graf č. 3: Navštěvujete ČOV?

Navštěvujete ČOV?

25 odpovědí

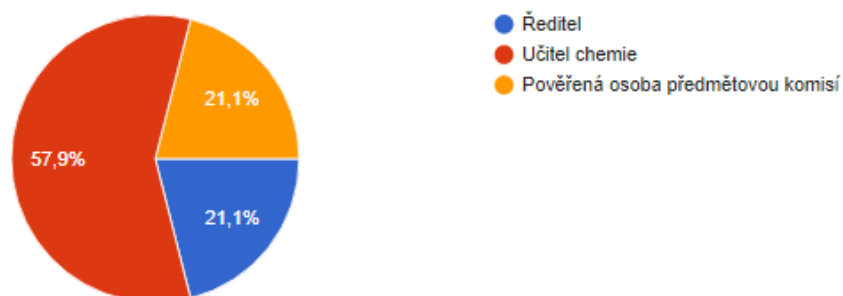


Otázka návštěvnosti čistírny odpadních vod vykazuje alarmující údaj. Pouhých 24 % škol navštěvují toto zařízení. Po revoluci 1989 dochází ke změnám k vyučovacímu procesu a je jisté, že badatelsky orientovaná výuka je žádoucí a velmi aktivní. Získávání informací praktickými zkušenostmi z řad odborníků je pro žáky nezastupitelnou složkou vzdělávání a přenos do praxe.

Otázka a graf č. 4: Kdo objednává exkurzi?

Kdo objednává exkurzi?

19 odpovědí

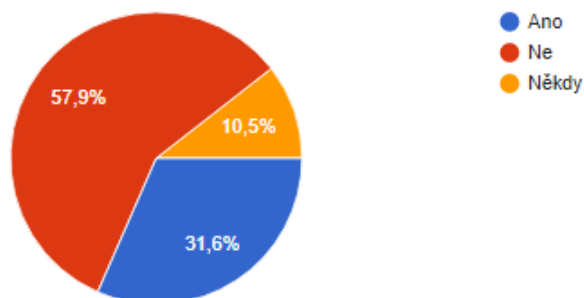


Na tuto otázku odpovědělo pouze 19 respondentů. Pokud je tedy exkurze objednána, je to učitel chemie, který je hlavní postavou (57,9 %) a stejnou měrou 21,1 % se podílí buď ředitel školy, nebo osoba pověřená předmětovou komisí.

Otázka a graf č. 5: Seznamujete žáky s provozem ČOV před exkurzí?

Seznamujete žáky s provozem ČOV před exkurzí?

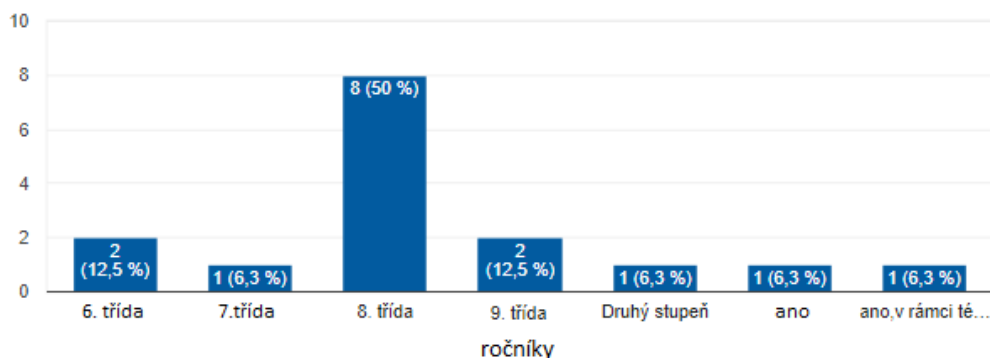
19 odpovědí



Z výsledků jednoznačně vyplývá, že 57,9 % pracovníků škol neseznamuje žáky s provozem čov před exkurzí. 10,5 % někdy a pouze 31,6 % seznámí s provozem. Je možné spekulovat o tom, zda, v případě dostupnosti přehledných materiálů o čov, využije tuto možnost a bude vhodně své žáky motivovat před exkurzí.

Otázka a graf č. 6: Ve kterém ročníku je exkurze realizována?

počet odpovědí

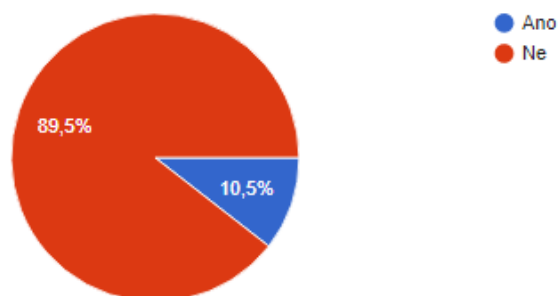


Jednoznačnou odpověď lze vyčíst i z tohoto grafu. Přesná polovina dotazovaných odpovědělo, že exkurze organizují pro žáky 8. ročníku. Toto procento je ovlivněno faktem, že kapitola „Voda“ je zařazena do výuky chemie v tomto ročníku. Je zajištěna provázanost s předmětem.

Otázka a graf č. 7: Vyplňují žáci pracovní listy během exkurze?

Vyplňují žáci pracovní listy BĚHEM exkurze?

19 odpovědí

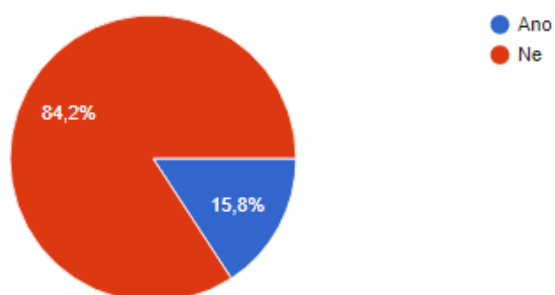


Tato otázka se týkala práce s pracovním listem. Téměř 90 % respondentů uvedlo, že pracovní list během exkurze nevyplňují. Zbylá část pracovní list využívá i během výkladu pracovníka ČOV. Výsledky by mohly být jiné, pokud by byla na výběr i možnost „někdy“.

Otázka a graf č. 8: Vyplňují žáci pracovní listy po exkurzi?

Vyplňují žáci pracovní listy PO exkurzi?

19 odpovědí

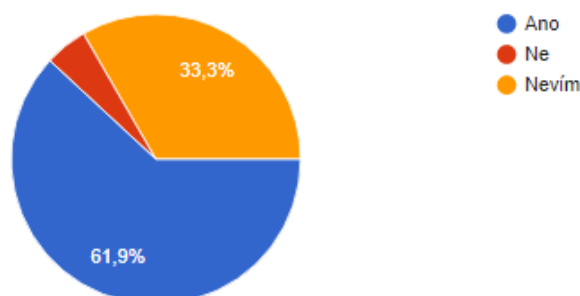


Na otázku, zda žáci vyplňují pracovní listy po exkurzi, odpověděli dotazovaní přibližně stejně jako v předchozí části. Pouze 15,8 % žáků ověří své znalosti vyplněním zadaného pracovního listu. Pracovní list hraje také funkci upevňovací a kontrolní. Slouží k podání zpětné vazby prostřednictvím úloh a otázek.

Otázka a graf č. 9: Uvítali byste vytvoření pracovního listu pro exkurzi?

Uvítali byste vytvoření pracovního listu pro exkurzi?

21 odpovědí

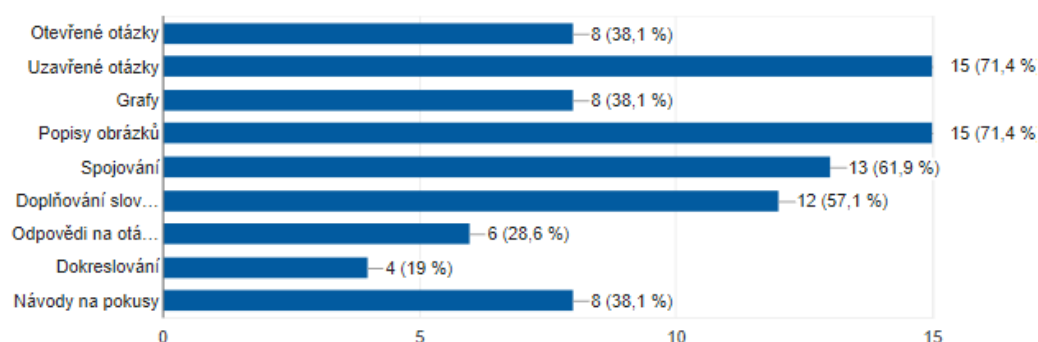


Celkově 21 respondentů odpovědělo na tuto otázku. Tedy více než těch, kteří organizují žákům exkurzi. Lze se tedy domnívat, že pedagogové považují pracovní list za součást edukace a ve výuce by jej využili. 61,9 % dotazovaných by pracovní listy uvítalo, 33,3 % neví a jen zanedbatelné množství uvedlo odpověď „ne“.

Otázka a graf č. 10: Co by měl podle Vás pracovní list obsahovat?

Co by měl podle Vás pracovní list obsahovat?

21 odpovědí

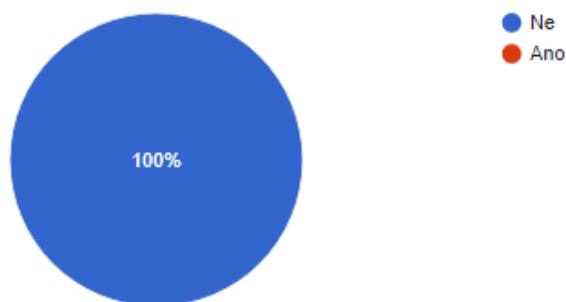


Předmětem zjišťování v této otázce bylo, co by podle názoru dotázaných pedagogů měl pracovní list obsahovat. Na výběr bylo dáno 9 návrhů. Všechny možnosti byly několikrát uvedeny jako vhodné, přesto za nejvhodnější považují respondenti uzavřené otázky a popisy obrázků (shodně 71,4 %).

Otázka a graf č. 11: Poskytujete ČOV zpětnou vazbu?

Poskytujete ČOV zpětnou vazbu?

18 odpovědí



Alarmující jsou odpovědi na poslední otázku. Ani jedna z dotazovaných škol neposkytuje ČOV zpětnou vazbu pro další práci. Předmětem zjišťování ovšem nebylo, proč tomu tak je.

Otázka č. 12: Zde je prostor pro Váš názor na organizování exkurzí do ČOV.

Zde je prostor pro Váš názor na organizování exkurzí do ČOV.

Poslední část dotazníku tvořila otevřená otázka. Zde respondenti mohli napsat, jaký mají názor na organizování exkurzí do ČOV. Očekávala jsem velké množství názorů a podnětů k dalšímu zamyšlení. To se ovšem nepotvrdilo.

Z 21 dotazníků pouze dva z nich měly vyplněné i toto políčko. Odpovědi:

- „Jsou přínosné, děti alespoň vědí, kde je a jak doopravdy vypadá.“
- „Náhled do praxe.“

8.4 Vyhodnocení hypotéz šetření

Hypotéza 1: Předpokládala jsem, že exkurzi do ČOV organizuje pouze 30 % z dotázaných základních škol okresu Benešov.

Hypotéza se potvrdila

Pro ověření předpokladu 1 jsem využila otázku číslo 3. Navštěvujete ČOV? (odpověď ano) Pouze 24% respondentů uvádí, že ČOV navštěvují, tedy ještě méně, než bylo předpokládáno. Považuji toto číslo za nedostačující. Součástí environmentální výuky musí být i získávání poznatků z praxe. V současné době je instituce školy terčem kritiky ze strany společnosti. Kritizuje zastaralý způsob výuky, nevhodný obsah a struktura učiva. Sonda do pedagogické praxe bohužel tuto kritiku potvrzuje. Je třeba mít na paměti, že výuka realizovaná metodou aktivní role žáků zvyšuje efektivitu edukačního procesu.

Hypotéza 2: Nadpoloviční většina korespondentů by uvítala vypracované pracovní listy.

Hypotéza se potvrdila

Otázku č. 9 Uvítali byste vytvoření pracovního listu pro exkurzi? (odpověď – ano) jsem sledovala pro verifikaci předpokladu 2. Téměř 69 % dotazovaných uvedlo, že by pracovní list přivítali. Hypoteticky tedy předpokládám, že vyučující pracovní listy nemají. Jedním ze základních cílů environmentální výchovy je osvěta. Práce s informacemi představuje významnou metodu práce s dětmi. Sdělování informací nestačí. Je nutné využívat různých metod pro aktivizující charakter výuky žáků.

Hypotéza 3: Oslovení vyučující vyberou 4 a více procvičovacích metod pro sestavování pracovního listu.

Hypotéza se potvrdila

Devět možností výběru aktivit byly zadány v otázce číslo 10 pro hypotézu 3. Uveďte možnosti, co by podle Vás měl pracovní list obsahovat. Vzdělávání a výchova získává smysl pouze, je-li úspěšně realizována. K tomu napomáhá zodpovědná příprava, tedy i vhodně strukturovaný pracovní list. Dotazovaní pedagogové uvedli všechny navržené předlohy, tj. uzavřené, otevřené otázky, grafy, popisy obrázků, spojování termínů, doplňování slov do textu, odpovědi na otázky, dokreslování i návody pro pokusy. Z hlediska pedagogických zásad je jasné, že učení probíhá aktivně a tedy i pracovní list by měl být pestrý a jednotlivé postupy se přiměřeně střídaly.

8.4.1 Shrnutí dotazníkového šetření

V dotazníkovém šetření byly obsaženy otázky mapující přístup k organizování exkurzí na čistírny odpadních vod a otázky týkající se pracovních listů.

Ze shromážděných dat celkově vyplývá, že edukace v rámci exkurze je na dobré úrovni. Školy exkurze organizují a považují za účinné získávat informace od pracovníků tohoto zařízení. Exkurzi objednává ve velkém procentu učitel chemie, nejčastěji v 8. ročníku základní školy.

Přesto z celkového výzkumu vzešlo, že exkurze probíhají jakoby „starým způsobem výuky“. Žáci jsou přivedeni na exkurzi, nejsou seznámeni s provozem, nemají pracovní listy a v žádném případě neposkytují pedagogové zpětnou vazbu pracovníkům čistírny, kteří tyto exkurze pro žáky organizují.

Z dotazníku jednoznačně vyplynulo, že učitelé by uvítali vytvoření pracovního listu, který by byl využitelný po exkurzi. Podle respondentů by tento list měl obsahovat uzavřené otázky a popis obrázků. Je vidět, že pracovní listy jsou součástí edukace a poskytují zpětnou vazbu pro pedagogy.

Cíle práce nebylo získávání informací od žáků, přesto je nutné si uvědomit, že exkurze a jiné edukační přístupy realizované jinými organizacemi jsou přínosné. Z všeobecné praxe lze konstatovat, že proces lépe probíhá s výukovým materiálem, kde jsou žáci aktivně zapojeni. Pracovní list je tvořen cíleně k danému tématu a věku žáků.

8.5 Návrh exkurze do čistírny odpadních vod

Z výsledků sledovaného vzorku základních škol v Benešovském okrese vyplývá, že je více než potřebné motivovat školy a evokovat v nich větší zájem o tuto oblast. Ukazovat jim, že badatelsky orientované vzdělávání je správná cesta ke vzdělávání. Badatelsky orientovaná výuka by měla být nedílnou součástí výuky, která se v současné době stále více prosazuje. Takto získané informace jsou trvalejší, lépe přenosné do praxe a vedou ke správnému environmentálnímu chování každého jedince.

Učitelé by si měli zjistit, jaké postoje daná skupina k čistírnám odpadních vod zaujímá, mnohé rodiny mají svou vlastní domácí čistírnu. Najdou se i tací, kteří mají o tuto oblast zájem a lze využít jejich znalosti např. ve skupinové práci, v předávání informací vrstevníkům. Kamarádi kamarádům více naslouchají a více jim věří.

Do školní výuky vhodně zařazovat projektové dny či projekty věnované této oblasti, kde opět lze využít pracovní listy. Z hlediska genderu jsou vhodné koedukované skupiny, ve kterých se diskutují a odstraňují se mylné informace. Je nutné využívat mezipředmětové vztahy, aby se zmechanizovaly správné postoje a zlepšil se vztah k životnímu prostředí.

8.5.1 Návrh exkurze do čističky odpadních vod Benešov

V této kapitole je navržena exkurze jako pomoc pro pedagogy, kteří by rádi svým žákům poskytli netradiční styl výuky mimo školní prostor. Je koncipována pro žáky 8. – 9 tříd základních škol a příslušných tříd víceletých gymnázií. Je zde také navržen pracovní list vhodný pro vyplnění po ukončení exkurze buď v prostorách čistírny odpadních vod nebo při evaulaci ve škole.

V praxi současné školy se uplatňují častěji formy vyučování mimo školní učebny, často v podobě exkurze. Jde o řízenou učební činnost žáků v autentickém přírodním, pracovním a kulturním prostředí. Tato forma má za úkol seznámit žáky s poznávanou realitou v životní podobě a přirozených souvislostech.

Exkurze je jednorázová akce a má spíše nazírací charakter. Jejím účelem je umožnit žákům, aby získali zkušenost z přímého styku s poznávanou realitou a tím si utvořili přesnější představy o konkrétní situaci. Bezprostřední kontakt s poznávanou skutečností umocňuje zážitek z poznání, navozuje citový vztah k předmětu poznání. Tím exkurze významně dotváří teoretické poznatky žáků získané v hodinách vyučování (dle Burda, 2012).

8.5.2 Organizační záležitosti

Účinnost exkurze závisí na mnoha faktorech, které se uplatňují v přípravě učitele i žáků na exkurzi, v jejím průběhu i zapojení exkurze do výuky předmět, k němuž se váže. V současné době se stále více prosazují formy, kde se propojuje teorie s praxí – aktivizace žáků.

Rezervace exkurze je potřeba domluvit s příslušným pracovníkem ČOV Benešov telefonicky a domluvit potřebné informace – kdy a jak bude exkurze probíhat, o čem je potřeba žáky informovat před příchodem na čistírnu. Pověřená osoba čistírny provádí prohlídku s výkladem zdarma, což také zvyšuje motivaci pro vyučující. Čistírna v Benešově má dobrou dopravní dostupnost. Přestože je situována v opačné části města, z vlakového či autobusového nádraží lze dojít za 20 minut až do místa konání. Cesta vede po chodnících a je tedy bezpečná. Exkurze probíhá ve venkovních prostorách po dobu cca 40 minut. Teenagery je nutné připravit na skutečnost, že v rámci bezpečnosti budou muset obléknout reflexní vesty a také ochranné helmy.

Při příchodu do prostor VHS Benešov je nutné se nahlásit na vrátnici. Zde si objednanou skupinu vyzvedne pověřený pracovník čistírny a odvede ji do prostoru pro

návštěvníky. Tam proběhne poučení a žáci také získají první informace o kanalizaci Benešova. Průvodkyně zábavnou formou získá prvotní přehled o znalostech žáků a také opraví některé faktické nedostatky. V závěru této části si žáci obléknou reflexní vesty a helmy a vyráží do terénu. Projdou celý prostor čistírny, vedoucí exkurze zastavuje u jednotlivých jednotek a vysvětluje technologii zpracování odpadních vod. Stále je potřeba dbát na bezpečnost v provozu.

Učitelům doporučuji, pokud půjdou sami se třídou, jít za celou skupinou. Všechny žáky budou mít přehledně před sebou a nikdo se nemůže nikam ztratit či někam spadnout. V prostorách není možnost zakoupení občerstvení, proto doporučuji upozornit žáky na tento fakt. Dále je nutné upozornit žáky na vhodné oblečení, exkurze probíhá za každého počasí.

8.6 Pracovní list k exkurzi

Z výsledků šetření vyplynula potřeba učitelů na vytvoření pracovního listu pro žáky. List byl vytvořen a následně ověřen v praxi. Pracovní listy jsou velmi častou pomůckou, provází žáka jednotlivými úkoly a vede ho k řešení úkolů až následně k dosažení cíle hodiny. Poznatky a dovednosti získané během exkurzí mají na základě zkušeností, jak uvádí Hoffmann a kol. (2005) trvalejší charakter v porovnání s tradičními formami výuky. Exkurze jsou nepochybně důležitou a v mnoha ohledech nenahraditelnou součástí výuky.

Pro sestavení pracovního listu je nutné dbát metodických pravidel, tak se stávají vhodnou didaktickou pomůckou, prospěšnou v edukačním procesu. Nevhodně zvolený pracovní list může být pro pedagogický proces kontraproduktivní. Pracovní listy by neměly být samoúčelné a vytvořené jen pro to, že se to očekává. Jedním ze základních předpokladů je cíl takového listu. Kdy bude využit – před, během či v závěru exkurze, jaký je záměr. V této práci bude popsán pracovní list jako aktivizující aktivita pro ověření správného pochopení získaných poznatků.

Aktivizující pracovní list je textově, informačně i materiálově méně náročný. Sestává z jednoduchých zadání jednotlivých úkolů, prázdných polí pro vlastní záznamy. Velmi důležitým faktorem je zvolení cílové skupiny, resp vhodné obtížnosti pracovního listu, zadaných úkolů. Nemají být ani příliš lehké, ani příliš obtížné, což vede k demotivaci žáků a často vedou pouze k rychlému vyplnění. Informací v dané exkurzi je velké množství, dalším determinantem je tedy volba cílů. Cíle modelují pracovní list. Mnohdy stačí dva či tři cíle dle záměru, kde kterému chcete žáky dovést. Pracovní list by ve své podstatě měl

dokončit exkurzi, umožnit snadnější porozumění, oživení a prohloubení s cílem mezioborového propojení a přínosem do praxe.

Dalším didakticky vhodným kritériem, který podmiňuje úspěch pracovního listu, je jeho struktura. Logické uspořádání, grafická přehlednost a volba úkolů a otázek má vliv na vyváženosti a srozumitelnosti tématu. Je vhodné promyšleně a rovnoměrně střídat různé druhy úkolů tak, aby žáci zapojili kognitivní (intelektuální, rozumové), afektivní (citové, postoje) i psychomotorické (pohybové, smyslové) dovednosti. Aby si vytvořili postoje k danému tématu, vytvářeli souvislosti a zaznamenávali své myšlenky. Tím vedeme žáky k hlubšímu uvědomování významu exkurze, k sebereflexi a změně svých postojů.

8.6.1 Pracovní list

Dával jsi na exkurzi pozor?

- 1) *Jak se nazývá potrubí, kterým se odpadní voda z domácností a podniků odvádí na čistírnu odpadních vod?*
 - a) Kanalizace a stoková síť
 - b) Odpad a odpadní potrubí
 - c) Čistírenské potrubí

- 2) *Doplň tato slova do textu*

| | | | | |
|------|---------|--------|---------|-------|
| kaly | podniků | nádrži | potrubí | hadry |
|------|---------|--------|---------|-------|

Kanalizace je....., kterým se odpadní voda odvádí z domácností a..... na čistírnu odpadních vod. Lapák písku odstraňuje z odpadních vod např..... Pro regulaci provzdušňování v nitrifikační slouží kyslíkové sondy. Čistírenské..... se používají k výrobě bioplynu.

3) *Očísluj fáze čistícího procesu, tak jak jdou za sebou:*

Denitrifikační nádrž

Aktivační nádrž

Lapák písku

Nátok

Odtok

Dosazovací nádrž

Česle

4) *Pro vysrážení fosforečnanů se do odpadních vod dávkuje síran železitý. Napiš jeho vzorec*

5) *Pojmenuj obrázky čistírny odpadních vod:*

dosazovací nádrž

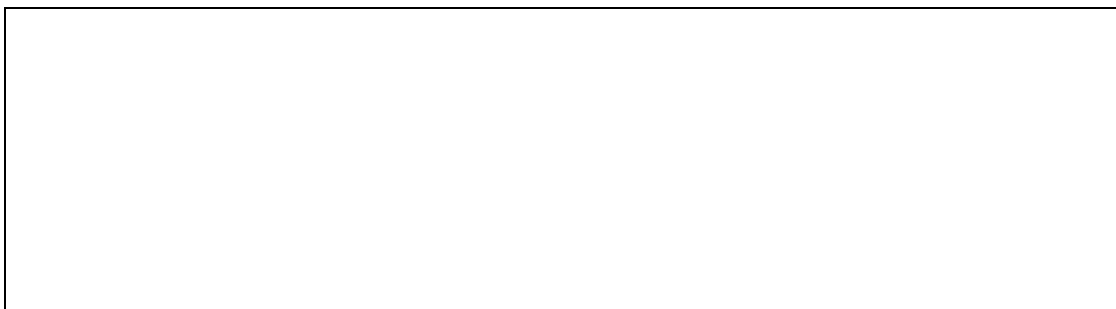
česle

kanalizace a stoková síť



6) *V denitrifikační nádrži se odbourává největší část dusíkatého znečištění. To dokáží bakterie.*

Nakresli, jak takové bakterie vypadají.



7) *Spoj, co k sobě patří:*

| | |
|-------------------------|---|
| a) Denitrifikační nádrž | I) Nádrž s aktivovaným kalem. |
| b) Aktivační nádrž | II) Místo, odkud je vyčištěná voda vypouštěna do přírody. |
| c) Lapák písku | III) Odstranění písku a dalších nerozpuštěných nečistot. |
| d) Nátok | IV) Místo vstupu odpadních vod na čistírnu. |
| e) Odtok | V) Mříže sloužící k zachycení hrubých nečistot. |
| f) Dosazovací nádrž | VI) Usazení a oddělení kalu. |
| g) Česle | VII) Aktivování kalu vháněním kyslíku. |

8) *Škrtni odpad, který by do kanalizace neměl přijít.*

Čaj olej z auta limonáda zbytky jídla pivo vlhčené ubrousky voda
z nádobí barvy

9) *Vodou je potřeba šetřit. Proč?*

.....
.....

10) *Jak je to ve Vaší domácnosti? Jak hospodaříte s vodou? Označte vaši rodinu jako ve škole a zdůvodněte, proč?*

.....
.....

8.6.2 Ověření v praxi

Při sestavování pracovního listu a otázek jsem vycházela z publikací Jáč, Kasíková, kde jsou shrnuty cíle vyučování. Pracovní list byl realizován na Základní škole Dukelská 1818, Benešov. Tato základní škola je městského typu s téměř 900 žáky. Čištění odpadní vody je zahrnuto ve školním vzdělávacím obsahu do učiva chemie 8. ročníku. Exkurze do čistírny v Benešově je navrhována předmětovou komisí pro žáky 9. ročníku v podzimním období. Informace získané z exkurze žáci uplatní nejen v hodinách chemie, ale i přírodopisu, výchovy ke zdraví, člověk a svět práce a jiné.

Exkurze byla ověřena v dubnu 2017 se žáky 9. ročníků, kteří během tří dnů navštívili zařízení v Benešově v doprovodu vždy jednoho vyučujícího chemie. V jedné skupině, kde je integrována žákyně se smyslovým postižením, byla přítomna i její asistentka. Čistírna odpadních vod je 500 metrů od školy, pro exkurzi vhodná. Jáč (2013) uvádí, že stačí nenáročné organizační zásahy, aby žáci i při „obyčejné“ exkurzi žáci aktivně získávali nové poznatky. Po hodinové kvalitně vedené přednášce pověřeným pracovníkem ČOV, pokládání otázek žákům a prohlídkou zařízení byl ve škole stejný den žákům předložen pracovní list, sestaven podle determinantů uvedených výše, který byl následně kolektivně vyhodnocen. Žáci pracovali v tříčlenných skupinách. Členové skupin byly vybrány náhodně a odpovídali 15 minut.

Závěrečné fáze je konečné hodnocení projektu, či exkurze, prezentace výsledků a vyvození závěrů či řešení problémů. Je nabízeno několik možností hodnocení jako hodnocení učitelem, hodnocení žáky navzájem, sebehodnocení žáků či hodnocení odborníka zvnějšku což může být kompetentní rodič, pracovník správy města nebo jiný kolega ze školy (Marada, 2006, Kalhous, Obst a kol. 2009). Toto hodnocení, či feedback by měl proběhnout vždy. Zpětná vazba je vhodná nejen pro žáky, ale i pracovníky, kteří danou akci koordinovali. Je na místě vyvarovat se chyb.

Žáci vyplňovali pracovní list ve skupinách po dobu čtvrt hodiny. Během této doby aktivně kooperovali v klidné pracovní atmosféře, nikdo nebyl vyčleněn a i integrovaná dívka se zapojila do práce skupiny. Pozorováním práce žáků byla vidět, že práce je baví, že na dané úkoly dokáží odpovídat. Je na místě se domnívat, že exkurze doplněná přednáškou byla pro

žáky zajímavá, odpovídala věkovému složení a že si žáci zapamatovali důležité informace. Po dokončení pracovního limitu, byla položena otázka, zda žákům časový limit vyhovoval a zda mají vyplněno. Byla jsem ujištěna, že ano. Kontrola vyplněných listů proběhla ve stejné vyučovací hodině. Žáci seděli v kruhu po jednotlivých skupinách a prezentovali své odpovědi. Do této fáze shrnutí výsledků nebylo nutno zasahovat. Vše probíhalo bezkonfliktně a žáci byli schopni přijmout přesnější fakta od druhých skupin. Další fáze činností ve škole bylo shrnutí a zamyšlení od žáků, zda exkurze je pro ně přínosná a zda práce s pracovním je efektivním nástrojem pro výuku a upevnění si získaných poznatků. Žáci zhodnotili práci s pracovním listem jednodušší po výkladu a praktické prohlídce zařízení, než pouze výkladem či prací s učebnicí. Výborně hodnotili výklad pracovníka čistírny, jiný pohled, jiná osoba, to vše vedlo k vyšší motivaci. Na druhou stranu si uvědomili, že exkurze a následná práce na pracovním listu je časově náročná a tato edukace má být pouze zpestřením výuky a získávání informací pouze v místě dané školy. Také uváděli, že časté exkurze by vedly k zevšednění činností a už by pro ně nebyly vzácné. Úplným závěrem bylo vyvěšení několika pracovních listů na nástěnku v učebně chemie. Sloužily nejen dané skupině, ale i pro ostatní třídy. Zpětná vazba pro čistírnu odpadních vod neproběhla.

9 Diskuze

Znečištění vody mořské i sladké v hydrosféře Země je fenoménem, se kterým je v novodobých dějinách nutné počítat. V počátcích vývoje průmyslu a zemědělství nikdo nepřemýšlel o čistotě vody. Znečištění bylo malé a příroda si sama poradila. Toto idylické období brzy vzalo za své. Ohrožená čistota vod je v současné době závažným problémem znečištění vody je přímo úměrné stupni industrializace té které země a kopíruje vyspělost průmyslu. Nárůst obyvatel, rozsáhlejší výstavba měst a vyšší potřeba vody pro domácnost a různá odvětví hospodářství bude zvyšovat nároky na hospodaření s vodou. Zásoby čisté pitné vody jsou omezené a další prostě neexistují, vyplývá z toho jednoznačně vodou šetřit a vracet ji do koloběhu v přírodě ve stavu, kdy nenarušuje ekologické vztahy.

Nejhorším znečišťovatelem sladkých vod je průmysl. Velmi nežádoucími látkami ve vodě jsou ropné produkty. Detergenty snižují oxidační schopnost vody, snižují povrchové napětí vody, ničí druhy bakterií důležitých pro čistotu vody. Ve vodě mohou tvořit chuchvalce pěny, zasazené bakterie nemohou rozkládat přebytečné organické látky ve vody. Některé detergenty působí na vodní rostliny jako jed. Toxicky působí na rybí potěr i dospělé ryby. Tyto jedy jsou mimo jiné i v pracích prostředcích. Znečišťujícími látkami ze zemědělství jsou průmyslová hnojiva, která se podílejí na vzniku eutrofizace vod a přebujelého vodního květu.

Některé látky znečišťující vodu mají také fyzikální účinky. To znamená, že mění povrchové napětí a průhlednost vody, absorpci světla a ve větších koncentracích též přirozenou barvu, hustotu a teplotu vody. Nejlépe viditelným důsledkem je jejich odporná chuť a zápach.

Vnější prostředí, které výrazně ovlivňuje myšlení, působí na každého jedince. Ovlivňuje představy o normách a tím přispívá k vytváření názorů pro život. Škola velice významně ovlivňuje chování žáků a tím přispívá k vytváření správných názorů pro jejich budoucí život.

Díky exkurzím, náhledu do praxe, získávají žáci praktickou představu o ekologickém chování. Správné pochopení hodnotového žebříčku může ovlivnit jejich další život, a proto je nutné všechny motivovat a evokovat zájem nejen o životní prostředí, ale i ukázat, jak se dobře chovat v oblasti ochrany životního prostředí. Přestože jsou žáci ještě pod vlivem školy a rodiny, jednou to budou oni, kdo budou uplatňovat své životní postoje v praxi a předávat je další generaci.

Dotazníkové šetření v benešovských školách prokázalo, že o organizování exkurzí tohoto typu je zájem. Vyšší efektivita by byla zajištěna využitím pracovního listu, protože pracovní listy patří mezi běžné edukační procesy současného školství. Praktickým ověřením lze konstatovat, že žáci byli všichni do práce zapojeni a teoretické znalosti byli schopni převést do praxe, čímž hodnotím, že délka exkurze a sestavením pracovního listu odpovídá věkové skupině žáků. Informace využili žáci nejen v hodinách chemie, ale tím, že pracovní listy byly vystaveny ve třídách, přispěly k doplňování výuky i v jiných předmětech – zeměpis, fyzika, chemie a jiné.

Z mého pohledu organizování exkurzí, které by časově a vědomostně odpovídaly věku dané skupiny a bude-li práce obohacena o pracovní list, je vysoce efektivní. Pokud budou exkurze promyšlené a důsledně připravené, k některým tematickým celkům jsou jedním z hlavních způsobů získávání informací, zejména v okolí dané školy. Tím časově nezatíží výuku a nezasáhne do dalšího vzdělávacího procesu.

10 Závěr

Téma diplomové práce Čistírny odpadních vod s využitím ve výuce na II. stupni základních škol jsem si vybrala z několika důvodů. Uvědomuji si důležitost čisté a pitné vody v životě člověka. Lidský jedinec nemůže bez vody existovat, to je zcela zřejmé. Bohužel té ubývá a je nutné vodu chránit. Uvědomuji si, že návyky k používání vody, její ochraně je nutné budovat od nejúžšího věku. Již žáci základní školy by měli znát, jak si vody vážit, jak ji chránit a smysluplně využívat. Ve své práci se zaměřuji na čistírny odpadních vod, jelikož cítím, že každý jedinec by měl vědět, na jaké bázi čistírna pracuje a proč je potřeba vodu čistit. Přípomínkou významu vody je také Světový den vody, který byl vyhlášen na 22. březen.

Dalším důvodem je fakt, že pro svou práci učitelky biologie jsem nenašla přehledně zpracovanou problematiku čištění vod, která by mohla sloužit pedagogům jako příručka. Před první exkurzí do čistírny odpadních vod jsem měla nedostatečné informace, nedokázala jsem odpovědět na podrobnější otázky svých žáků a vlastně jsem ani nevěděla, jak exkurze v čistírně v Benešově bude koncipována. Chci tedy připravit manuál pro vyučující základních škol použitelný pro zdárný průběh exkurze.

Práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. V teoretické části jsem uvedla zajímavosti z historie, druhy odpadních vod a jejich čištění. Zpracovala jsem procesy čištění v čistírně odpadních vod a informuji o čov v Benešově. Nedílnou součástí je i shrnutí legislativy pro tento obor, problematika čistíren pro rodinné domy a čtenáři získají náhled a alternativní způsob čištění vody – kořenové čistírny.

Empirická část mapuje návštěvnost čistírny odpadních vod pro školy v Benešovském okrese, dotazuje se na práci s pracovním listem a obsahuje také dotaz na respondenty, jak by měl vhodný pracovní list obsahovat. V praxi současné školy se uplatňují častěji formy vyučování mimo školní učebny, často v podobě exkurze. Jde o řízenou učební činnost žáků v autentickém přírodním, pracovním a kulturním prostředí. Tato forma má za úkol seznámit žáky s poznávanou realitou v životní podobě a přirozených souvislostech.

Magisterská práce byla zaměřena na čistírnu odpadních vod v Benešově. Teoretická část mapovala historii odpadních vod, byly vymezeny základní pojmy s akcentem na problematiku čištění vody a její návrat do recipientu. Do teoretické části bylo přidáno i pojednání o domácích čistírnách vod. Zásadním úkolem bylo navržení pracovního listu pro

žáky a návrh exkurze na čistírnu odpadních vod. Žák získává poznatky, vlastnosti, dovednosti a schopnosti na základě vlastních aktivit.

Nástrojem empirického výzkumu bylo dotazníkové šetření pro všechny základní školy benešovského okresu. Celý výzkum představoval verifikaci tří hypotéz. Přestože daný vzorek není vysoký, výzkumné šetření potvrdilo, že pedagogové si uvědomují důležitost environmentálního vzdělávání. Dnešní mladá generace bude v budoucnu předávat své znalosti, návyky a správné postoje svým potomkům.

Hodnoty a závěry mé práce nechci relativizovat ani absolutizovat. Předpokládaná tvrzení jsou platná „na daném vzorku“. Předpokládám, že práce budou přínosná pro vyučující biologie či chemie a přispěje ke zdárně koncipované exkurzi s využitím pracovních listů.

11 Seznam použité literatury

- Archiv města Benešov
- BINDZAR JAN A KOLEKTIV. *Základy úpravy a čištění vod*. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2009. ISBN 9788070807293.
- BRONCOVÁ, Dagmar, ed. *Historie kanalizací: dějiny odvádění a čištění odpadních vod v Českých zemích*. Praha: MILPO MEDIA, 2002. Z historie průmyslu. ISBN 80-86098-25-7.
- BURDA, Michal. *Metody pedagogického výzkumu*. Hradec Králové: Gaudeamus, 2012. ISBN 978-80-7435-204-1.
- BURNIE, Geoffrey. *Botanika: ilustrovaný abecední atlas 10 000 zahradních rostlin s návodem, jak je pěstovat*. Praha: Slovart, 2007. ISBN 978-80-7209-936-8.
- GAVORA, Peter. *Úvod do pedagogického výzkumu*. 2., rozš. české vyd. Přeložil Vladimír JŮVA, přeložil Vendula HLAVATÁ. Brno: Paido, 2010. ISBN 978-80-7315-185-0.
- GREŠÍK, Valdemar. *Léčivé rostliny: jejich vlastnosti, účinky a použití*. Praha: Eminent, 2013. ISBN 978-80-7281-460-2.
- HLAVÍNEK, Petr, Jan MIČÍN a Petr PRAX. *Stokování a čištění odpadních vod*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2003. ISBN 80-214-2535-0.
- HLAVINEK, Petr. *Integrated urban water resources management*. Dordrecht: Springer, c2006. ISBN 9781402046858.
- CHRÁSKA, Miroslav. *Metody pedagogického výzkumu: základy kvantitativního výzkumu*. 2., aktualizované vydání. Praha: Grada, 2016. Pedagogika (Grada). ISBN 978-80-247-5326-3.
- CHUDOBA, Jan. *Odpadní vody a jejich čištění*. Praha: [KONEKO], 1991. ISBN 80-85122-09-X.
- KLUIBR, Josef. *Pitná voda*. Vodňany: Střední rybářská škola a Vyšší odborná škola vodního hospodářství a ekologie, 2004. ISBN 978-80-87096-05-5.

- KOUŘIL, Milan. Kořenové čistírny: alternativní způsob nakládání s odpadními vodami : (informační brožura pro obce, soukromníky a zemědělce). V Českých Budějovicích: [Attavena], 2006. ISBN 80-86778-22-3.
- MIČÍN, Jan a Dušan REŠETKA. Stokování a čištění odpadních vod. Brno: Vysoké učení technické, 1990.
- MLEJNSKÁ, Eva. *Extenzivní způsoby čištění odpadních vod*. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, 2009. ISBN 978-80-85900-92-7.
- PRŮCHA, Jan. *Pedagogický výzkum a vzdělávací politika: vytváření mostů*. Praha: Ústav pro informace ve vzdělávání, 1997.
- PŘÍVRATSKÝ, Vladimír a Vasilis TEODORIDIS, ed. *Rukověť environmentálního vzdělávání*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, Pedagogická fakulta, 2008. ISBN 978-80-7290-284-2.
- PUNCH, K. F. *Úspěšný návrh výzkumu*. Praha: Portál, 2008. ISBN 978-80-7367-468-7.
- SOJKA, Jan. *Čistírny odpadních vod: pro rodinné domy*. Praha: Grada, 2013. Profi & hobby. ISBN 978-80-247-4504-6.
- ŠÁLEK, Jan, Zdeňka ŽÁKOVÁ a Petr HRNČÍŘ. *Přírodní čištění a využívání vody v rodinných domech a rekreačních objektech*. Brno: ERA, 2008. 21. století. ISBN 978-80-7366-125-0.
- ŠÁLEK, Jan. *Přírodní způsoby čištění odpadních vod*. Brno: PC-DIR, 1995. ISBN 80-214-0712-3.
- VÍTĚZ, Tomáš a Bořivoj GRODA. *Čištění a čistírny odpadních vod*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2008. ISBN 978-80-7375-180-7.
- ZAJONCOVÁ, Dana, ed. *Přírodní čištění vody*. 2., upr. vyd. Hostětín: ZO ČSOP Veronica - Centrum Veronica, 2010. ISBN 978-80-87308-10-3.

12 Elektronické zdroje

- http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/files/210/19554.pdf
- <http://www.vhs-sro.cz>
- <https://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/>
- <http://www.mze.cz>
- http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/files/210/19554.pdf
- <https://www.czso.cz/csu/czso/vodovody-kanalizace-a-vodni-toky-2014>
- https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=27009
- <http://www.bvk.cz/o-spolecnosti/odvadeni-a-cisteni-odpadnich-vod/>
- <https://www.cisteni-kanalizace-ruzicka.cz>
- <http://vodnihospodarstvi.cz/cisteni-odpadnich-vod-cr/>
- <https://voda-organismy.webnode.cz/druhy-vod/>
- http://eagri.cz/public/web/file/26962/cisteni_odpadnich_vod.pdf
- <http://www.korenova-cisticka.cz/>
- <http://www.kcov-rostliny.cz>

13 Seznam příloh

Příloha 1 – dotazník

Příloha 2 – foto autora k exkurzi

Příloha 3 – vzorově vyplněný pracovní list

Příloha 4 – Seznam obrázků

Příloha č. 1: Dotazník

DOTAZNÍK

exkurze ČOV

ČOV = čistírna odpadních vod

1. Jak časově vzdálená je vaše škola od Benešova?
 - a) Přímo v místě
 - b) Do 1 hodiny
 - c) Více než 1 hodina

2. Jak velká je vaše škola?
 - a) Malotřídka
 - b) 1 třída v ročníku
 - c) 2 a více tříd v ročníku

3. Navštěvujete ČOV?
 - a) Ano
 - b) Ne
 - c) Někdy
 - d) Pokud někdy, upřesni.....

4. V rámci kterého ročníku?

5. Kdo objednává exkurzi?
 - a) Ředitel
 - b) Vyučující chemie
 - c) Pověřená osoba předmětovou komisí

6. Seznamujete žáky s provozem ČOV před exkurzí?
 - a) Ano
 - b) Ne
 - c) Někdy

7. Vyplňují žáci pracovní listy BĚHEM exkurze?

- a) Ano
- b) ne

8. Vyplňují žáci pracovní listy PO exkurzi?

- a) Ne
- b) Ano
- c) Pokud ano, kdo je zpracovává?

9. Uvítali byste vytvoření pracovního listu pro exkurzi?

- a) ano
- b) ne
- c) nevím

10. Jak by podle Vás měl pracovní list obsahovat?.....je možné vybrat více možností

- a) Otevřené otázky
- b) Uzavřené otázky
- c) Grafy
- d) Popisy obrázků
- e) Spojování
- f) Doplnování slov do textu
- g) Odpovědi na otázky z textu
- h) Dokreslování
- i) Návodů pro pokusy

11. Poskytujete čov zpětnou vazbu?

- a) Ne
- b) Ano
- c) pokud ano, jak?.....

Zde je prostor pro Váš názor na organizování exkurzí do čov

.....

.....

Příloha č. 2: Foto autora z ČOV Benešov



Příloha č. 3: Pracovní list

Dával jsi na exkurzi pozor?

1) *Jak se nazývá potrubí, kterým se odpadní voda z domácností a podniků odvádí na čistírnu odpadních vod?*

- a) Kanalizace a stoková síť
- b) Odpad a odpadní potrubí
- c) Čistírenské potrubí

7

2) *Doplň tato slova do textu*

| | | | | |
|------|---------|--------|---------|-------|
| kaly | podniků | nádrži | potrubí | hadry |
|------|---------|--------|---------|-------|

Kanalizace je.....**potrubí**, kterým se odpadní voda odvádí z domácností a...**podniků**..... na čistírnu odpadních vod. Lapák písku odstraňuje z odpadních vod např.....**hadry**..... Pro regulaci provzdušňování v nitrifikační ...**nádrži**..... slouží kyslíkové sondy. Čistírenské.....**kaly**..... se používají k výrobě bioplynu.

3) *Očísluj fáze čistícího procesu, tak jak jdou za sebou:*

Denitrifikační nádrž **4**

Aktivační nádrž **5**

Lapák písku **3**

Nátok **1**

Odtok **7**

Dosazovací nádrž **6**

Česle **2**

4) *Pro vysrážení fosforečnanů se do odpadních vod dávkuje síran železitý. Napiš jeho vzorec*



5) *Pojmenuj obrázky čistírny odpadních vod:*

Kanalizace a stoková síť

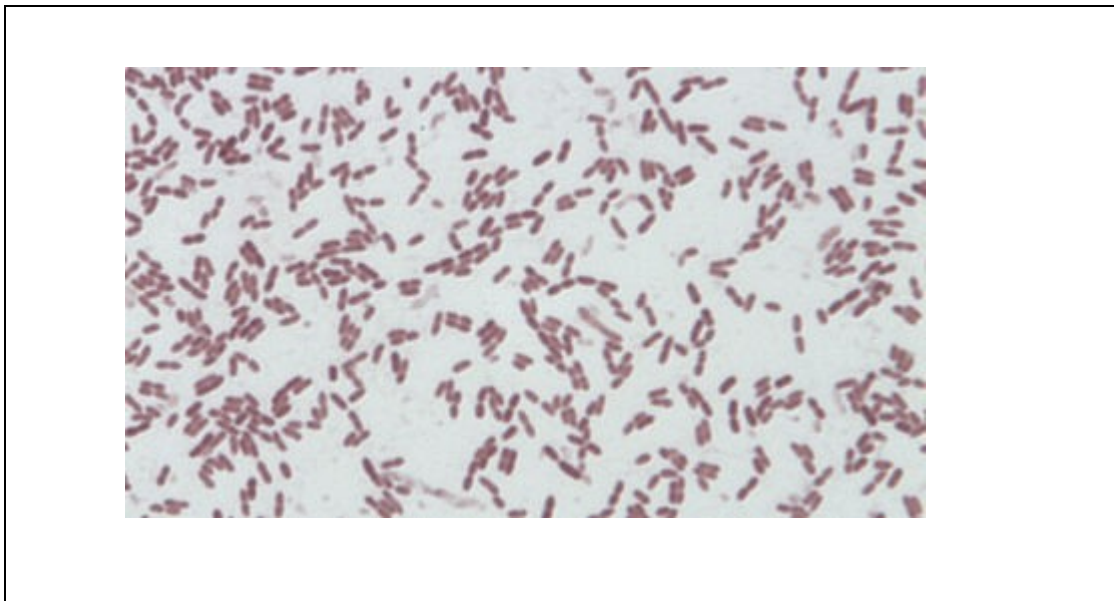
dosazovací nádrž

česle



6) *V denitrifikační nádrži se odbourává největší část dusíkatého znečištění. To dokáží bakterie.*

Nakresli, jak takové bakterie vypadají.



7) *Spoj, co k sobě patří:*

| | |
|----------------------------------|---|
| a) Denitrifikační nádrž I | I) Nádrž s aktivovaným kalem. |
| b) Aktivační nádrž VII | II) Místo, odkud je vyčištěná voda vypouštěna do přírody. |
| c) Lapák písku III | III) Odstranění písku a dalších nerozpuštěných nečistot. |
| d) Nátok IV | |

| | |
|-------------------------------|---|
| e) Odtok II | IV) Místo vstupu odpadních vod na čistírnu. |
| f) Dosazovací nádrž VI | V) Mříže sloužící k zachycení hrubých nečistot. |
| g) Česle V | VI) Usazení a oddělení kalu. |
| | VII) Aktivování kalu vháněním kyslíku. |

8) Škrtni odpad, který by do kanalizace neměl přijít.

Čaj ~~olej z auta~~ limonáda ~~zbytky jídla~~ pivo ~~vlhčené ubrusky~~ voda
z nádobí ~~barvy~~

9) Vodou je potřeba šetřit. Proč?

.....**vlastní názory k diskuzi**

10) Jak je to ve Vaší domácnosti? Jak hospodaříte s vodou? Označuj vaši rodinu jako ve škole a zdůvodni, proč?

.....**vlastní názory k diskuzi**.....

Zdroje pro pracovní list

- <https://www.in-eko.cz>
- <http://www.stavebnictvi3000.cz>
- <https://st2.depositphotos.com>

Příloha č. 4: Seznam obrázků

obr. č. 1 Archeologické vykopávky v Kartágu

obr. č. 2 Ukázky archiválií

obr. č. 3 Biologický rektor čistírny odpadních vod

obr. č. 4 Typické uspořádání kořenové čistírny