

Univerzita Karlova v Praze
Pedagogická fakulta
Katedra biologie a ekologické výchovy

***Problematika komunálních odpadních
vod ve výuce biologie na SŠ***

Autor: Zuzana Čábelová

Vedoucí práce: RNDr. Lenka Pavlasová, Ph.D.

Praha 2008

Abstract

The sewerage water in biology education on second schools

The contents of this diploma work compose of cleaning sewerage water and adding an excursion in education according to The General education Programs for Grammar School (RVP-G).

Two working hypothesis where tested: 1) The students, which pass an excursion in sewage plant and work job sheets up, keep in mind the information about cleaning sewerage water better.

2) The students, which can view only a PowerPoint presentation without any other active working on presented information, keep in mind this information worth.

First, the list of sewage plants within borders of the Capital city Prague was created. These plants can be visited by students of second schools. The next step was the creation of education materials (a PowerPoint presentation, the First information for students before an excursion started, the Job sheets). Information about the PowerPoint presentation was added for lectors need.

There where 134 students of second level of grammar school in Prague in the investigation. Given hypotheses where tested via control test for students. This test shows which the students, which view the PowerPoint presentation and can fill the job sheets in classes, keep in mind the piece of knowledge about the sewage plants questions in better way. The students, which can only follow up the explanation, keep in mind the information about sewage plants the worst.

The first hypothesis was disproved, on the other hand the second hypothesis was confirmed.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením RNDr. Lenky Pavlasové, Ph.D. a že jsem citovala všechny použité informační zdroje.

Praha, 26. března 2008

Luciana Čáková
.....

podpis

Poděkování

Své školitelce RNDr. Lence Pavlasové, Ph.D. děkuji za všestrannou pomoc a cenné rady, které mi v průběhu mé práce s ochotou poskytovala.

Dále chci poděkovat všem nejmenovaným členům Katedry biologie a ekologické výchovy za jejich podporu, bez které by tato práce nemohla být vypracována.

Ing. Vladimíru Todtovi a Ing. Vítovi Navrátilovi za odborné konzultace.

RNDr. Janě Skýbové za zapůjčení materiálů.

V neposlední řadě děkuji své rodině za pomoc a porozumění, které mi poskytovala v průběhu celého studia.

Obsah

Abstract.....	2
Prohlášení	3
Poděkování.....	4
Obsah	5
1. Úvod	8
2. Teoretická část	10
2.1 Vodní právo v České republice - historie a současnost.....	10
2.1.1 Vývoj vodního práva v České republice	10
2.1.2 Normy Evropské unie	13
2.1.3 Evropská vodní charta a Světový rok sladké vody	15
Shrnutí.....	17
2.2 Typy odpadních vod	18
2.2.1 Komunální odpadní vody	19
2.2.2 Průmyslové odpadní vody	20
2.2.3 Srážkové vody	21
2.2.4 Podzemní vody	21
Shrnutí.....	22
2.3 Čistírny odpadních vod.....	23
2.3.1 Parametry sledované v čištěné vodě	23
2.3.1.1 Teoretická spotřeba kyslíku	24
2.3.1.2 Biologická spotřeba kyslíku	24
2.3.1.3 Chemická spotřeba kyslíku.....	25
2.3.1.4 Nutrienty ve vodě	26
2.3.1.5 Ekvivalentní počet obyvatel	31
Shrnutí.....	32
2.3.2 Procesy čištění komunálních odpadních vod	33
2.3.2.1 Mechanické čištění.....	34
2.3.2.2 Biologické čištění.....	37
2.3.2.3 Terciární stupeň	41
Shrnutí.....	42

2.4	Téma ČOV ve výuce biologie	44
2.4.1	Rámcové vzdělávací programy pro gymnázia	44
2.4.1.1	Téma čištění odpadních vod ve vzdělávacím oboru Biologie a Geologie	45
2.4.1.2	Průřezová témata RVP	46
2.4.2	Exkurze ve výuce	47
2.4.2.1	Exkurze do čistíren odpadních vod	48
2.4.2.2	Rizika v objektech čistírny odpadních vod	49
3.	Praktická část	51
3.1	Tvorba výukových materiálů	51
3.1.1	PowerPoint prezentace	51
3.1.2	Průvodce prezentací	51
3.1.3	Pracovní listy	51
3.1.4	Informace studentům před zahájením exkurze	52
3.2	Metody výzkumu	53
3.2.1	Možnosti exkurzí do čistíren odpadních vod na území hlavního města Prahy	53
3.2.2	Znalostní test pro studenty	54
3.3	Výsledky	57
3.3.1	Výsledky možností využití ČOV na ÚHMP ve výuce biologie	57
3.3.2	Výsledky znalostního testu	59
4.	Diskuse	72
5.	Závěr	75
6.	Seznam literatury	76
7.	Seznam tabulek a grafů	79
	Tabulka číslo 2:	79
	Tabulka číslo 3:	79
8.	Přílohy	81
	Příloha číslo I	I
	Příloha číslo II	I
	Příloha číslo III	II
	Příloha číslo IV	II
	Příloha číslo V	III

Příloha číslo VI	III
Příloha číslo VII.....	IV
Příloha číslo VIII.....	IV
Příloha číslo IX	V
Příloha číslo X.....	XI
Příloha číslo XI	XXI
Příloha číslo XII.....	XXX
Příloha číslo XIII.....	XXIV
Příloha číslo XIV	XXV
Příloha číslo XV.....	XXXIX
Příloha číslo XVI	XLII

1. Úvod

Lidská společnost se od pradávna potýká s problematikou odpadů (ať již v podobě tuhých odpadů, emisí či znečištění vody). Několik posledních let se tato otázka stává natolik palčivou, že před ní již lidstvo nemůže zavírat oči a musí ji začít okamžitě řešit. Začínáme se řídit zásadou, že vše, co si z přírody vezmeme (půjčíme), musíme do ní vrátit minimálně v takovém stavu, v jakém se původně nacházelo. V tomto duchu je nutné vychovávat i mladé generace, aby i ony chtěly účelně chránit přírodu a svět, ve kterém žijí. Jednu z hlavních úloh v procesu výchovy k environmentálnímu citění by měla hrát škola, především v předmětech biologie a environmentální výchově. Studenti by se v nich měli dozvědět základní informace o faktech ochrany životního prostředí, především by ale měli pochopit provázanost jednotlivých ekosystémů a důsledky narušení této rovnováhy. Škola by k tomuto účelu měla využívat co nejvíce praktických ukázek a cvičení, pohyb v přírodě, ale také exkurze.

Pro tuto diplomovou práci proto bylo zvoleno téma problematiky odpadních vod ve výuce biologie na vyšším stupni gymnázia z důvodu nutnosti seznámení studentů s tímto tématem pokud možno zážitkovou pedagogikou, která studentům umožňuje hlubší pochopení problematiky odpadních vod a jejich čištění, než pouhý frontální výklad. Téma čištění odpadních vod je velmi rozsáhlé, proto se tato diplomová práce omezí jen na část problému, a sice na čištění komunálních odpadních vod. Toto zúžení je záměrné také proto, že se nejvíce dotýká každodenního života studentů a ti se tak mohou, např. na exkurzích, dovědět, jak jejich chování ovlivňuje proces čištění městských odpadních vod.

Jedním z vhodných témat v této souvislosti je exkurze komunální čistírny odpadních vod, při které si studenti vytvoří představu o tom, kolik každý z nich vyprodukuje znečištěné vody během dne a jak se následně tato odpadní voda musí čistit.

Cíle této diplomové práce jsou tyto:

1. Vytipovat možnosti zařazení exkurze do čistírny odpadních vod do výuky biologie, případně chemie a v mezipředmětových tématech, v souladu s platnými Rámcovými vzdělávacími programy pro gymnázia.
2. Zjistit možnosti exkurzí do čistíren odpadních vod na území hlavního města Prahy.
3. Vytvoření výukových materiálů na téma komunální čistírny odpadních vod (PowerPoint prezentace pro učitele, Průvodce prezentací pro učitele, Pracovní listy pro studenty, Úvodní informace před exkurzí pro studenty) použitelných ve výuce.
4. Odkoušení vytvořených výukových materiálů ve výuce.
5. Pomocí znalostního testu zjistit optimální kombinaci využití výukových materiálů, která by vedla k nejtrvalejšímu osvojení daných poznatků žáky.

Pro splnění cíle číslo 5 byly stanoveny tyto pracovní hypotézy:

1. Informace o problematice čištění odpadních vod si nejlépe zapamatují studenti, kteří absolvují exkurzi do čistírny odpadních vod spojenou s jejich aktivní činností pomocí pracovních listů.
2. Informace o problematice čištění odpadních vod si nejhůře zapamatují studenti, kteří mají možnost shlédnout pouze PowerPoint prezentaci bez dalšího aktivního zpracování informací.

2. Teoretická část

2.1 Vodní právo v České republice - historie a současnost

2.1.1 Vývoj vodního práva v České republice

Prvním právním ustanovením o vodách ve střední Evropě byly takzvané zemské zákony z roku 1870, konkrétně český zákon zemský č. 71/1870, dále moravský zákon zemský č. 65/1870 a slezský zákon zemský č. 51/1870, které platily až do roku 1942, kdy byla platnost českého zákona zemského rozšířena i na Moravu a Slezsko vládním nařízením č. 305/1942 Sb. V této podobě platil český zákon zemský až do roku 1955, kdy byl vydán zákon č. 11/1955 Sb. o vodním hospodářství. Zákon o vodním hospodářství byl nahrazen až v roce 1973 federálním zákonem o vodách č. 138/1973 Sb.

Kvalita vody do konce 18. století byla ve vodních tocích vyhovující, protože znečištění produkované lidmi ve městech a v obcích zpravidla nepřesahovalo samočisticí schopnosti vody. V té době vznikaly jen místní havárie na malých územích. K citelnému zhoršení dochází ale již koncem 19. století v souvislosti s průmyslovou revolucí, kdy byly do recipientu vypouštěny nečištěné průmyslové odpadní vody. Vliv na kvalitu vody mělo také stěhování obyvatelstva do měst. K čištění komunálních odpadních vod již nepostačovala samočisticí schopnost recipientu, neboť městské a splaškové vody obsahovaly již velmi mnoho organických rozložitelných látek. Situace se dále vyhrcovala mezi světovými válkami a i v době po 2. světové válce. O tomto faktu svědčí i zřízení první instituce zabývající se problémem odpadních vod, v roce 1912 (Komitét pro odpadní vody při Ústavu k podpoře průmyslu Obchodní a živnostenské komory v Praze). V roce 1935 byl v Praze zřízen Poradní sbor pro péči o čistotu vod (Plecháč 1999). V následujících letech pak byla zřízena při Ministerstvu techniky Komise pro péči o čistotu vod. V roce 1955 byl vydán již zmiňovaný zákon

o vodním hospodářství, který přenesl odpovědnost za péči o jakost vody na ústřední vodohospodářský orgán Ústřední správu vodního hospodářství.

Od roku 1957 se započalo s rozsáhlou výstavbou čistíren odpadních vod, nad kterou si vzala patronát tehdejší vláda. Mezi lety 1957 - 1970 bylo v Československu postaveno zhruba 1 300 městských a průmyslových čistíren odpadních vod.

V roce 1966 k zlepšování vodního hospodářství přispěl i vznik Státní vodohospodářské inspekce, jejímž zřizovatelem bylo Ministerstvo lesního a vodního hospodářství. Taktéž v roce 1966 byly zavedeny náhrady za vypouštění nečištěných nebo nedostatečně vyčištěných vod, které se platí dodnes Státnímu fondu životního prostředí (do roku 1991 Státní fond vodního hospodářství).

Před rokem 1989 nemělo Československo žádný enviromentální zákon kromě zákonu č. 138/1973, který nebyl 21 let aktualizován (Böhne, Brockmann 1995). Milníkem se stal rok 1989, kdy byla schválena Československá státní norma (ČSN 7511 Pitná voda, s účinností od 1. 1. 1991).

V současné době se nakládání s vodami v České republice řídí především Zákonem o vodách ze dne 28. 6. 2001, zákon č. 254/2001 Sb. Tento zákon vstoupil v platnost, spolu se změnami některých zákonů, dnem 1. 1. 2002. Zákon o vodách vychází ze svého předchůdce, tedy z federálního zákonu č. 138/1973, o vodách. Tento zákon vyhovuje i právním normám Evropské unie (Richter 2005). V současnosti je již schválena novela tohoto zákona č. 20/2004, která vstoupila v platnost 23. 1. 2004.

Účelem Vodního zákona je chránit povrchové a podzemní vody, stanovit podmínky pro hospodárné využívání vodních zdrojů a pro zachování i zlepšení jakosti povrchových a podzemních vod, vytvořit podmínky pro snižování nepříznivých účinků povodní a sucha a zajistit bezpečnost vodních děl v souladu s právem Evropské unie. Účelem tohoto zákona je též přispívat k ochraně vodních ekosystémů a na nich přímo závislých suchozemských ekosystémů. Dále Vodní zákon upravuje právní vztahy

k povrchovým a podzemním vodám, vztahy fyzických i právnických osob k využívání povrchových a podzemních vod, také vztahy k pozemkům a stavbám, s nimiž výskyt těchto vod přímo souvisí, a to v zájmu zajištění trvale udržitelného užívání těchto vod, bezpečnosti vodních děl a ochrany před účinky povodní a sucha (viz Technická zařízení budov 2008).

Dalším platným zákonem v ČR je zákon č. 274/2001 Sb., O vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu. Tento zákon upravuje některé vztahy vznikající při rozvoji, výstavbě a provozu vodovodů a kanalizací sloužící veřejné potřebě, přípojek na ně, dále i působnost orgánů územních samosprávních celků a správních úřadů na tomto úseku. Vodovody a kanalizace se zřizují a provozují ve veřejném zájmu. Tento zákon se nevztahuje na vodovody a kanalizace, u kterých je průměrná denní produkce nižší než 10 m³, nebo je-li počet fyzických osob trvale využívajících vodovod nebo kanalizaci nižší než 50, na vodovody sloužící k trvalému rozvodu jiné než pitné vody a na oddílné kanalizace sloužící k odvádění povrchových vod vzniklých odtokem srážkových vod. Tento zákon se nadále nevztahuje na ty vodovody a kanalizace, na které není připojen alespoň jeden odběratel (viz Technická zařízení budov 2008). O výjimkách, na které se tento zákon vztahuje či nevztahuje, rozhoduje příslušný vodoprávní úřad.

Platné je i nařízení vlády ze dne 29. 1. 2003 č. 61/2003 Sb., O ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech¹. Toto nařízení ustanovuje, v souladu s evropskými normami, tyto ukazatele a normy:

- ukazatele vyjadřující stav vody ve vodním toku
- ukazatele a hodnoty přípustného znečištění povrchových vod

¹ Citlivé oblasti: jsou vodní útvary povrchových vod, ve kterých dochází nebo v blízké budoucnosti může dojít v důsledku vysoké koncentrace živin k nežádoucímu stavu jakosti vod, nebo které jsou využívány nebo se předpokládá jejich využití jako zdroje pitné vody, v níž koncentrace dusičnanů přesahuje hodnotu 50 mg/l. Také vody, u kterých je z hlediska zájmů chráněných Vodním zákonem nutný vyšší stupeň čištění odpadních vod.

- ukazatele a hodnoty přípustného znečištění odpadních vod
- ukazatele a hodnoty přípustného znečištění odpadních vod pro citlivé oblasti a pro vypouštění odpadních vod do povrchových vod ovlivňujících kvalitu vody v citlivých oblastech
- ukazatele a hodnoty přípustného znečištění pro zdroje povrchových vod, které jsou využívány nebo u kterých se předpokládá jejich využití jako zdroje pitné vody
- ukazatele a hodnoty přípustného znečištění povrchových vod, které jsou vhodné pro život a reprodukci původních druhů ryb a dalších živočichů
 - ukazatele a hodnoty přípustného znečištění povrchových vod, které jsou využívány ke koupání osob (viz Technická zařízení budov 2008).

2.1.2 Normy Evropské unie

Legislativa Evropské unie v oblasti vody pochází převážně ze sedmdesátých let 20. století a byla přepracována a doplňována od let devadesátých po současnost. Na legislativním procesu se podílí Evropská komise, Evropský parlament a Rada EU.

Evropská komise vybrala skupinu směrnic z oblasti voda, na jejichž dodržování by měla být zaměřena pozornost.

Jedná se o tyto směrnice:

- Čištění komunálních odpadních vod SR 91/271/EHS
- Ochrana vod před nitráty ze zemědělských zdrojů SR 91/676/EHS
- Znečištění povrchových vod nebezpečnými látkami SR 82/176/EHS (problematiku nebezpečných látek zpracovává také zákon 254/2001Sb. viz příloha)
- Vody pro koupání SR 76/160/EHS
- Pitná voda SR 80/778/EHS
- Surová voda pro výrobu vody pitné SR 75/440/EHS a její monitoring SR 79/869/EHS
- Informační systém kvality povrchových sladkých vod SR 77/795/EHS

- Ochrana podzemních vod SR 80/68/EHS
- Podpora života ryb a měkkýšů SR 78/659/EHS a SR 79/923/EHS
- Rámcová směrnice pro vodní politiku Společenství je 2000/60/ES (Richter 2005).

Vodního práva v České republice se týká i několik směrnic Evropské unie, především Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES ze dne 23. 10. 2000, které ustanovují rámec pro činnost Společenství (EU) v oblasti vodní politiky. Dále Směrnice Rady 91/271/EHS o čištění městských odpadních vod. Pro vypouštěnou vodu z komunálních čistíren odpadních vod do recipientu požaduje stanovení emisních limitů a systémy vzorkování, rozborů a kontroly. Limity se týkají především hodnot BSK, CHSK, NI (celkový obsah dusíku, pro citlivé oblasti také N a P). Přehled požadovaných limitů naleznete v tabulce číslo 1.

Tabulka číslo 1: Požadované limity sledovaných látek. Převzato z Richtera 2005.

Parametr	Koncentrace (mg/l)	Účinnost (% snížení)
<i>Limity pro dvoustupňové čištění</i>		
BSK ₅	25	70 - 90
CHSK _{Cr}	125	75
Nerozpuštěné látky	35	90
<i>Limity pro vyšší stupeň čištění</i>		
Celkový dusík		
do 100 000 EO	2	80
nad 100 000 EO	1	80
Celkový fosfor		
do 100 000 EO	15	70 - 80
nad 100 000 EO	10	70 - 80

Další pravidla jsou například tato: vypouštění vyčištěných vod z ČOV musí podléhat povolení; pokud je to vhodné, mají být tyto vody znovu využívány; je zakázáno vypouštění kalů z čistírenských procesů do

recipientu; čistírny odpadních vod musí bezpodmínečně naplno fungovat při běžných klimatických podmínkách.

Požadavkům v těchto směrnících u nás vyhovuje Vodní zákon (Zákon č. 254/2001 Sb.) a Nařízení vlády č. 61/2003 Sb. směrnice Rady.

Pokud dojde k zjištění neplnění směrnic ze strany členského státu, vyzve tento stát Komise Evropské unie k vysvětlení. Pokud není s tímto vysvětlením spokojena, zašle porušovateli sdělení, ve kterém detailně definuje porušení komunálního práva. Pokud ani po této výzvě nedojde k nápravě, předá celou věc Komise EU Evropskému soudnímu dvoru. Pokud soud uzná, že došlo k porušení evropského komunálního práva, vydá rozsudek, kde toto porušení uznává. Tato rozhodnutí však ještě neobsahuje sankci.

Pokud stát nerespektuje ani ustanovení soudu, je Komise EU oprávněna navrhnout finanční pokutu, který státu uloží Evropský soudní dvůr. Pokuta může dosahovat i několik desítek tisíc eur za každý den prodlení. Při projednávání sankcí se individuálně přihlíží k míře překročení, přípravě opatření (délka přípravy), čerpání z fondů EU, zda je projekt v běhu a je zajištěno jeho financování atd.

Pokud se do takovéto situace dostane Česká republika, budou se sankce přičítat k příspěvku ČR do rozpočtu EU. Sankce je pro členský stát jako celek. Po roce 2010 vypracuje gestor Ministerstvo zemědělství (MZE) zprávu o stavu splnění směrnice 271/91/EHS a oficiálně zašle zprávu směrem do EU, kde uvede skutečný stav za celou ČR s rozpracováním jednotlivých konkrétních problémů (Tódt 2007).

2.1.3 Evropská vodní charta a Světový rok sladké vody

Evropská vodní charta byla vyhlášena 6. 5. 1968 ve Strasbourgu. Dále je uvedeno celé znění Evropské vodní charty:

I. Bez vody není života. Voda je drahocenná a pro člověka ničím nenahraditelná surovina.

- II. Zásoby sladké vody nejsou nevyčerpatelné. Je proto nezbytné tyto udržovat, chránit a podle možností rozhojňovat.
- III. Znečišťování vody způsobuje škody člověku a ostatním živým organismům, závislým na vodě.
- IV. Jakost vody musí odpovídat požadavkům pro různé způsoby jejího využití, zejména musí odpovídat normám lidského zdraví.
- V. Po vrácení použité vody do zdroje nesmí tato zabránit dalšímu jeho použití pro veřejné i soukromé účely.
- VI. Pro zachování vodních zdrojů má zásadní význam rostlinstvo, především les.
- VII. Vodní zdroje musí být zachovány.
- VIII. Příslušné orgány musí plánovat účelné hospodaření s vodními zdroji.
- IX. Ochrana vody vyžaduje zintenzivnění vědeckého výzkumu, výchovu odborníků a informování veřejnosti.
- X. Voda je společným majetkem, jehož hodnota musí být všemi uznávána. Povinnost každého je užívat vodu účelně a ekonomicky.
- XI. Hospodaření s vodními zdroji by se mělo provádět v rámci přirozených povodí a ne v rámci politických a správních hranic.
- XII. Voda nezná hranic, jako společný zdroj vyžaduje mezinárodní spolupráci (viz Ministerstvo životního prostředí 2008)

Světový rok sladké vody

Rok 2003 byl vyhlášen OSN Světovým rokem sladké vody. K tomuto kroku OSN inspiroval stále markantnější problém dostupnosti pitné vody v některých oblastech světa. Podle statistik se uvádí, že dnes již každý šestý člověk na Zemi nemá stálý přístup k pitné vodě a ze stejného důvodu umírá denně 41 tisíc dětí (viz Pražské vodovody a kanalizace 2008).

Celosvětová osvětová kampaň si klade za cíl zlepšení hospodaření s pitnou vodou, důraz je ovšem kladen na rozvojové země.

Shrnutí

Hlavním zákonem v oblasti vod v České republice je Zákon o vodách, tzv. Vodní zákon č. 254/2001, v kterém jsou mj. uvedeny limity, sazby a ostatní náležitosti k poplatkům za vypouštění odpadních vod do vod povrchových, pokuty, pravomoci České inspekce životního prostředí (ČIŽP), vodoprávního úřadu a samozřejmě ostatní náležitosti týkající se nakládání s vodami. V současnosti je již schválena novela tohoto zákona č. 20/2004, která vstoupila v platnost 23. 1. 2004.

Dalším platným zákonem v ČR je zákon č. 274/2001 Sb., O vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu.

Platné je i nařízení vlády ze dne 29. 1. 2003 č. 61/2003 Sb., O ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech.

Vodního práva v České republice se týká i několik směrnic Evropské unie, především Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES ze dne 23. 10. 2000, které ustanovují rámec pro činnost Společenství (EU) v oblasti vodní politiky. Dále Směrnice Rady 91/271/EHS o čištění městských odpadních vod.

Požadavkům v těchto směrnicích u nás vyhovuje Vodní zákon (Zákon č. 254/2001 Sb.) a Nařízení vlády č. 61/2003 Sb. směrnice Rady. Pokud dojde k porušení či neplnění směrnic daných EU, má Komise EU právo vyžadovat po státu vysvětlení a okamžitou nápravu věci. V případě neuposlechnutí předá Komise EU kauzu Evropskému soudnímu dvoru a dále navrhne finanční pokutu.

2.2 Typy odpadních vod

Odpadní vodou se myslí voda, jejíž kvalita byla zhoršena antropoidním zásahem, to znamená, že původní čistá voda byla znehodnocena lidskou činností a že má horší vlastnosti než před použitím. Znečištění může být způsobeno rozpuštěnými či nerozpuštěnými organickými i anorganickými látkami. Existuje ale i například tepelné znečištění (kdy se do recipientu vypouští voda citelně chladnější či naopak, a to je častější případ, voda teplejší) a znečištění radioaktivní.

Odpadní voda, ve které je mnoho rozložitelného organického materiálu, je označována jako voda polysaprobni. Míra znečištění lze odhadnout podle saprobního indexu ² (viz Wikipedia 2008).

Charakter znečišťujících látek dále určuje, jak se s odpadní vodou bude nakládat. Látky mohou být rozpuštěné nebo nerozpuštěné, organické, nebo anorganické. Organické látky mohou být biologicky rozložitelné nebo nerozložitelné. Anorganické látky rozpuštěné ve vodách mohou být například anorganické soli. Dále látky můžeme dělit na látky usaditelné a neusaditelné.

S anorganickými látkami je spojen dnes velmi aktuální problém eutrofizace. Eutrofizace je soubor přírodních i uměle způsobených procesů, díky nimž se ve vodě zvyšuje hladina anorganických živin. Přírozená eutrofizace (způsobena uvolňováním fosforu a dusíků například z rozkládajících se rostlin) je znásobena látkami, které do vod vypouští

² Saprobní index-je dán vztahem:

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \cdot s_i \cdot g_i}{\sum_{i=1}^n A_i \cdot g_i}$$

Kde A_i je početnost zjištěného organismu, s_i je individuální saprobní index organismu a g_i je indikační hodnota organismu. Saprobní systém (saprobie) je systém třídění stavu znečištění vod podle zastoupení saprobních organismů. Saprobní systém odpovídá systému saprobií, což je systém třídění sladkovodních organismů podle jejich odolnosti vůči znečištění v jejich životním prostředí, saprobní valence (viz Wikipedia 2008).

člověk a které obsahují vysoké procento fosforu a dusíku (například prášky na praní, zvýšené vypouštění komunálního odpadu, rozvoj umělého hnojení v zemědělství). Důsledkem takového chování člověka je vznik masového rozvoje vodního květu, který je tvořen především zelenými řasami a sinicemi (viz Vysoká škola chemicko-technologická 2008).

2.2.1 Komunální odpadní vody

Komunální odpadní vody jsou vody splaškové a městské odpadní vody, které pocházejí z domácností, restaurací, škol a podobně. Jedná se o vody velmi zatížené látkami, které znásobují problém eutrofizace. Složení splaškových vod kolísá během dne, týdne i roku. Maximum se objevuje ráno a večer.

Nebezpečné jsou hlavně choroboplodné bakterie, kvasinky a houby. Dále jsou tyto vody zatížené zeminou a pískem, fekáliemi, zbytky potravy, vlasy, papírem a jinými materiály. Jsou v nich rozpuštěny dusičnany, dusitany, močovina, amonné soli, fosforečnany, chlorid sodný, sloučeniny síry a sloučeniny těžkých kovů. Komunální odpadní vody obsahují především organicky rozložitelné látky (z 1/2 až 3/4), proto lze index BSK (biologická spotřeba kyslíku)³ považovat za hlavní ukazatel míry veškerého organického znečištění ve splaškových a městských vodách. Rozkladem organických nečistot ve vodě vzniká oxid uhličitý, metan, amoniak, sulfan a jiné sloučeniny.

Aktuální spotřeba vody v České republice se pohybuje kolem 110 litrů na obyvatele a den (Richter 2005). Koncentrace znečišťujících látek v komunálních vodách postupně vzrůstá. Tento jev má několik důvodů.

³ BSK-biologická spotřeba kyslíku. Udává množství kyslíku, který je třeba k úplné oxidaci biologicky odbouratelných látek ve zkoumaném vzorku vody. Tato odbouratelnost se váže k pěti dnům, proto se někdy značí BSK₅. Čím vyšší je hodnota BSK, tím je voda více biologicky znečištěna.

Jednak se zvyšuje spotřeba chemických látek (například různé čističe, prací prášky, mycí prostředky), jednak se obyvatelé snaží šetřit s užitkovou vodou kvůli stoupajícím cenám vodného a stočného.

2.2.2 Průmyslové odpadní vody

Průmyslová odpadní voda vzniká během procesu výroby v průmyslových podnicích. Procento a charakter znečištění závisí na použitých technologiích, při kterých tyto odpadní vody vznikají. V podstatě průmysl využívá vodu dvěma základními způsoby. Za prvé je to voda technologická, která se používá přímo při průmyslovém procesu, a za druhé voda, která je používána do chladících zařízení. Tento typ vody bývá zpravidla pouze tepelně znečištěn.

Průmyslové podniky (například farmaceutické, chemické, strojírenské, hutě atd.) mají zpravidla své vlastní podnikové čistírny odpadních vod specializované právě na ten typ odpadních vod, který produkují. Takto vyčištěné vody se mohou vypouštět přímo do recipientu nebo jsou podnikové kanalizační sítě napojeny na městské, kterými se voda dostává do komunální čistírny odpadních vod. Dočištění v městských čistírnách bývá však jen výjimečné. Jedná se především o potravinářské podniky, jejichž odpadní vody se vyznačují vysokým BSK.

Pro volbu čištění průmyslových odpadních vod jsou důležité především tyto parametry: BSK, CHSK⁴ a jejich poměr; obsah sloučenin fosforu a dusíku; pH; procentuální zastoupení nerozpustitelných látek a jejich usaditelnost; obsah rozpuštěných látek; teplota odpadní vody; obsah tuků a olejů; obsah toxických látek.

⁴ CHSK - chemická spotřeba kyslíku. Taktéž se používá při analýze převážně povrchových vod. Udává množství kyslíku, který je třeba k odbourání všech rozpustných látek ve vodě za použití chemických látek.

2.2.3 Srážkové vody

Vody srážkové neboli dešťové mají v České republice rozhodující význam pro tvorbu vodních zdrojů. Na naše území spadne v průměru 668 mm srážek ročně. Nejsušší rok byl rok 1943, kdy na Českou republiku dopadlo pouze 485 mm. Naopak nejvlhčeji bylo v roce 1939 s úhrnem srážek 880 mm (Böhme, Brockmann 1995).

V problematice odpadních vod jsou vody srážkové většinou chápány poněkud jinak. Jedná se o vody, které se svádí z území obcí a měst (z ulic a chodníku, ze střech budov) především ze zpevněných a vydlážděných ploch do dešťové kanalizace (Richter 2005). Dešťové vody jsou znečištěny mnoha látkami, například prachem ze střech, zplodinami z výfuků aut atd. Nejhorší je situace v zimním období, kdy jsou silnice posypávány štěrkem, škvárou a solí.

2.2.4 Podzemní vody

Podzemní vody se převážně využívají jako zásobárny pitné vody (postupně se upouští od užívání k tomuto účelu, dnes je tímto způsobem využíváno méně než 45% podzemních vod). Podzemní vody mohou pronikat jako malé vodní toky na území měst. V takovémto případě jsou sváděny drenážemi do kanalizace, aby nedošlo ke komplikacím při výstavbě inženýrských sítí. Dále díky drenážím nedochází k podmáčení sklepů, podzemních garáží, metra atd. Odtok podzemních vod během dne významně nekolísá, je poměrně stálý. Podzemní vody zvyšují objem vod odváděných stokovou sítí do čistíren odpadních vod (ČOV), čímž zvyšují její zátěž. Zajímavé je, že podzemní vody, které jsou sváděny do kanalizací, zvyšují platby za objem vod vypouštěných z čistíren odpadních vod (Richter 2005).

Shrnutí

Odpadní vody jsou komunální, průmyslové, srážkové a podzemní. S každým typem vod se musí zacházet jinak podle toho, z jaké oblasti lidské činnosti pocházejí a zda například obsahují těžké kovy jako Zn, Cu, Co, Pb, Cr, Hg (především s průmyslovými odpadními vodami).

2.3 Čistírny odpadních vod

2.3.1 Parametry sledované v čištěné vodě

Ukazatelů znečištění vody může být celá řada. Pro odpadní vody se obvykle používají tzv. skupinové ukazatele znečištění, ve kterých jsou zahrnuty látky podobné charakteristiky, například organické látky biologicky rozložitelné a podobně.

Skupinové (technologické) ukazatele znečištění vod jsou:

- BSK₅: biologická spotřeba kyslíku
- CHSK: chemická spotřeba kyslíku
- C_{org}: organický uhlík
- NL: nerozpuštěné látky
- RL: rozpuštěné látky
- VL: veškeré látky
- NEL: nepochybně extrahovatelné látky
- Sloučeniny: N, P, Cl, S, Fe, Mn, Ca, Mg
- Toxické kovy: Hg, Cd, Pb, As, Cu, Cr, Ni, Zn, Ag, aj.
- PCB: polychlorované bifenyly
- PAU: polyaromatické uhlovodíky
- RAS: rozpuštěné anorganické soli
- AOX: adsorbovatelné organicky vázané halogeny
- LEF: látky extrahovatelné freonem - ropné látky a tuky (viz Systém multimediální elektronické publikace 2008).

V této práci budou uvedeny jen ty nezákladnější parametry, se kterými se také setkají studenti buď ve třídě při prezentování prezentace „Komunální čistírny odpadních vod“, nebo během exkurze. Jedná se o sledování hladin TSK (teoretická spotřeba kyslíku), BSK (biologická spotřeba kyslíku), CHSK (chemická spotřeba kyslíku), dusík, fosfor, EO/EQ (ekvivalentní počet obyvatel).

2.3.1.1 Teoretická spotřeba kyslíku

Teoretická spotřeba kyslíku (TSK) je celkové množství kyslíku v g potřebné k úplné oxidaci 1 g organické látky přítomné ve vodě na oxid uhličitý a vodu. Tato úplná oxidace může být vyjádřena pro jakoukoliv sloučeninu (s obecným vzorcem $C_xH_yO_z$) stechiometrickou oxidační rovnicí:



Specifická hodnota teoretické spotřeby kyslíku je pro určitou organickou látku vypočítána podle Richtera 2005 takto:

$$TSK = (4x + y - 2z) / M_r^5$$

Pro spotřeby kyslíku platí tento vztah: $TSK > CHSK > BSK$.

2.3.1.2 Biologická spotřeba kyslíku

Biologická spotřeba kyslíku, zkratka BSK (někdy se uvádí i BSK_5), je parametr, jenž je používán k charakterizování úrovně znečištění povrchových vod nebo vod odpadních organickými látkami, k posouzení vlivu znečištění na recipient a na život v něm a na samočisticí schopnost vodního toku.

BSK určuje množství kyslíku v mg O_2 na litr znečištěné vody, které je spotřebováno biologickým rozkladem organických látek přítomných ve vodě za pět dní⁶ (odtud označení BSK_5) při teplotě 20°C bez přístupu slunečního záření, tedy s vyloučením fotosyntézy (Richter 2005).

Znalost hodnot biologické spotřeby kyslíku je podstatná při navrhování čistíren odpadních vod, především pro správné určení jejich kapacity v biologickém stupni a pro sledování hodnot parametrů v čištěné vodě. Obecně platí, že v komunálních vodách během 5 dnů dojde k oxidaci 2/3

⁵ M_r je označení pro relativní molekulovou hmotnost určité látky.

⁶ Organické látky obsažené ve vodě jsou využívány aerobními organismy (zdroj energie, uhlíku), které je rozkládají. Při tomto procesu je spotřebováván kyslík rozpuštěný ve vodě. Úplná biochemická oxidace uvnitř buněk mikroorganismů probíhá za běžné teploty asi 10-20 dnů.

původně přítomných látek organického původu. K jejich úplnému zoxidování by pak došlo přibližně po 20 dnech. Vzorke zkoumané vody se odebírají před zahájením biologického rozkladu a po něm.

Při stanovení koncentrace kyslíku se používají tyto metody:

- Metoda založená na reakci manganové soli s kyslíkem. Vícemocné sloučeniny manganu po okyselení a po přidání jodidu uvolní množství jodu, které odpovídá původní koncentraci rozpuštěného kyslíku.
- Metoda využívající měření poklesu tlaku během biochemického rozkladu a jeho vyrovnání elektrolytickým vývojem kyslíku. Množství kyslíku, vyloučeného při elektrolýze, je kvantitativně srovnatelné se spotřebou kyslíku během biologického rozkladu.
- Potenciometrické stanovení rozpuštěného kyslíku kyslíkovou elektrodou. Jedná se o druh elektrochemické metody, při níž neprochází sledovaným vzorkem vody proud, soustava je v rovnováze. Principiálně se jedná o typ iontově selektivní metodu. Využívá se při ní plastová semipermeabilní membrána, přes níž mohou procházet jen plyny. Kyslík je pak jediný, který dále reaguje s elektrodami, umístěnými za membránou. Závislost potenciálu kyslíkové elektrody na obsahu rozpuštěného kyslíku (kalibrace elektrody) je určována podle 2 standardů: vzduch se stálým procentuálním zastoupením kyslíku a voda kyslíku zbavená, například převařením (viz Univerzita Palackého v Olomouci 2008).

2.3.1.3 Chemická spotřeba kyslíku

Chemická spotřeba kyslíku (CHSK, CHSK₅) je spotřeba kyslíku v mg O₂ na litr znečištěné vody, která je potřeba k oxidaci organických látek působením oxidačních činidel při teplotě 20°C během 5 dní. Podle použitého činidla se pak specifikuje v označení jako CHS_{Cr} či CHSK_{Mn} (Richter 2005).

U komunálních odpadních vod je nejběžněji používána oxidace dichromanem draselným v roztoku 50% kyseliny sírové po dobu 2 hodin při teplotě 150°C. K oxidaci organických látek se používá také manganistan

draselný v alkalickém prostředí. U nepříliš znečištěných vod se používá metoda přidání manganistanu draselného v kyselém prostředí.

Ke stanovení hladin CHSK se dnes používá mnoho instrumentálních metod s použitím počítačové techniky (například fotometrie). Výhodou stanovení CHSK těmito metodami je jejich rychlost a možnost použití výsledků při kontrole a úpravách vod v procesu čištění odpadních vod.

Je nutné si uvědomit, že hodnoty CHSK jsou vždy nutně vyšší než hodnoty BSK. Příčinou je vyšší intenzita chemické oxidace organických látek chemickými činidly oproti přirozené oxidaci. Této nerovnosti (tedy poměru BSK a CHSK) se využívá pro charakteristiku biologické rozložitelnosti určité látky.

2.3.1.4 Nutrienty ve vodě

Nutrienty ve vodě se běžně rozumí anorganické sloučeniny dusíku (N) a fosforu (P). Zvýšená přítomnost sloučenin těchto dvou prvků ve vypouštěných vodách vyvolává řadu problémů (například amoniak je toxický pro vše živé ve vodním ekosystému, eutrofizace povrchových vod).

Formy výskytu jsou především tyto:

1. Dusík

- amoniakální dusík (NH_4^+ a NH_3)
- organický dusík N_{org} ($-\text{NH}_2$)
- dusičnanový (NO_3^- -N) a dusitanový (NO_2^- -N)

2. Fosfor

- orthofosforečnany (PO_4^{3-} , HPO_4^{2-})
- organicky vázaný fosfor P_{org}
- polyfosforečnany PP (lineární, cyklické).

Vliv eutrofizace na vodní prostředí je poměrně známý. Díky němu se opakovaně v letním období na vodních hladinách objevuje masový rozvoj

vodního květu sinic, zelených řas a rozsivek. Nadměrný nárůst fytoplanktonu způsobuje problémy vyšším rostlinám a zapříčiňuje jejich úbytek. Jedním z důsledků je pak i snížená samočisticí schopnost řek a jezer. Řasy a sinice u vodní hladiny vytvářejí bariéru, která nepropouští, nebo velmi omezeně, sluneční paprsky, které jsou životně důležité pro organismy ve větších hloubkách. Dále velká koncentrace fytoplanktonu způsobuje úbytek citlivějších organismů, místo nichž nastupují organismy odolnější, které se v důsledku malého množství přirozených více citlivých konzumentů a predátorů přemnožují a způsobují další, často nevratné, změny v ekosystémech. Lze tedy říci, že čím vyšší stupeň eutrofizace, tím nižší biodiverzita daného vodního ekosystému.

Dalším negativním faktorem zvýšeného výskytu řas a sinic je narušení kyslíkového režimu. Při hladině se fotosyntetickou činností vytvářejí podmínky přesycené kyslíkem a narůstá pH. Během dne je sice kyslík produkován, ale v noci, je naopak kyslík spotřebováván. Proto v ranních hodinách nastává takzvané anoxické prostředí, které je smrtelné pro přisedle žijící organismy a další pohyblivé živočichy, kteří se nestačili přesunout do bezpečnějšího prostředí.

K dalšímu úbytku kyslíku dochází mikrobiálním rozkladem velkého množství odumřelých sinic a řas. Po úhynu řas a sinic jejich biomasa klesne ke dnu. Zde pak vlivem činnosti bakterií rozkládajících řasovou hmotu dochází k úbytku rozpuštěného kyslíku a opět vznikají anoxické zóny, na což jsou citlivé zejména některé bentické organismy.

Navíc mnohé druhy sinic produkují celou škálu toxických látek, které mohou způsobovat alergie koupajícím se osobám, především citlivějším jedincům a dětem. Alergie se projevují jako zarudnutí a puchýřky na pokožce, bolesti hlavy, zánět spojivek a jiné.

Sloučeniny dusíku (N)

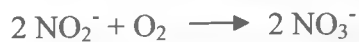
Základními formami výskytu dusíku v odpadních vodách jsou amoniakální a organický dusík. Cílem biologického odstraňování sloučenin dusíku je zoxidovat většinu redukováného dusíku na dusičnany a poté snížit koncentraci dusičnanů na hodnoty přijatelné jak z hlediska odtokových parametrů, tak technologické a ekonomické náročnosti procesu (viz Česká zemědělská univerzita 2008).

Oxidace amoniakálního dusíku až na dusičnany se nazývá nitrifikace. Nitrifikace může probíhat výhradně v aerobním prostředí a má dva základní kroky. Prvním z nich je nitritace, kdy nitrozobakterie (např. *Nitrosomonas*, *Nitrosococcus*, *Nitrospira*) oxidují amoniakální dusík na dusitanový ion NO_2^- . Nitritace se vyznačuje vysokou spotřebou kyslíku, při čemž mikroorganismy získávají energii. Jedná se o velmi citlivý proces, který vyžaduje stálé pH. Nitritaci lze zapsat touto zjednodušenou rovnicí (podle Lelláka, Kubička 1991):



Druhým procesem nitrifikace je nitrace, při které nitrobakterie (např. *Nitrobacter*, *Nitrocystis*) oxidují dusitany na dusičnany. Tento děj spotřebovává méně kyslíku a je stabilnější než nitritace.

Zjednodušeně lze zapsat rovnicí (viz Lellák, Kubiček 1991):

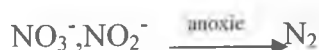


Nitrifikační bakterie využívají při nitrifikaci energie z oxidace amoniakálního a dusitanového dusíku, zároveň syntetizují novou biomasu z anorganického uhlíku, tedy z CO_2 . Jejich zastoupení v aktivačmm kalu se pohybuje v rozmezí cca 1 – 3%. Tyto nitrifikační bakterie podléhají celému spektru inhibičních vlivů, jako jsou: stáří aktivovaného kalu (12-15 dní), pH (zpomalení při 7,0-7,2; úplné zastavení nitrifikace při 6,5-6,0), optimální teplota vody je 12°C (viz Vysoká škola chemicko-technologická 2008).

Další důležitý proces v odbourávání dusíku je denitrifikace. Na rozdíl od nitrifikace probíhá v bezkyslíkatém, tedy anaerobním prostředí. Při

denitrifikaci je dusičnanový a dusitanový dusík využíván jako konečný akceptor elektronů. Denitrifikací dochází k redukcí dusíku v oxidačním stupni N^{V+} a N^{III+} na dusík v oxidačním stupni N^0 (elementární dusík). Plynný dusík (N_2) pak uniká z vodního prostředí. Podmínky, při kterých k denitrifikaci dochází (tj. absence molekulárního kyslíku, přítomnost dusičnanového nebo dusitanového dusíku) se nazývají anoxické.

Denitrifikace lze zapsat takto (podle Lelláka, Kubíčka 1991):



I při denitrifikaci hrají velkou roli bakterie, denitrifikační. Ty využívají jako zdroj energie uhlík z organických látek. Procentuální zastoupení denitrifikačních bakterií v aktivovaném kalu se pohybuje v rozmezí 80 – 90%. Jsou více odolné vůči změnám okolních podmínek než bakterie nitrifikační.

Sloučeniny fosforu

Základními formami výskytu fosforu v odpadních vodách jsou orthofosforečnany, polyfosforečnany, a organicky vázaný fosfor (P_{org}). Přírodním zdrojem fosforečnanů je minerál apatit $Ca_5(PO_4)_3(F,Cl,OH)$. Antropogenním zdrojem fosforečnanů jsou odpadní vody z průmyslu a textilního průmyslu, komunální odpadní vody a fosforečná hnojiva v zemědělství. Ve splaškových vodách vlivem celkového složení a přítomnosti mikroorganismů dochází k rychlé hydrolyze polyfosforečnanů na orthofosforečnany.

Odhady množství polyfosforečnanů vypouštěných ročně do našich povrchových vod se pohybují od 10 000 t do 20 000 t (viz Vysoká škola chemicko-technologická 2008).

Podstatná část fosforu je přítomná ve formě polyfosforečnanů, které již v kanalizaci podléhají chemické či biologické hydrolyze na orthofosforečnany. Prací prostředky jsou významným zdrojem fosforu v

komunálních odpadních vodách. Fosforečnany z hnojiv se do povrchových toků dostávají erozními splachy z polí.

Při biologickém čištění odpadních vod dochází vždy k částečnému odstraňování fosforu z odpadních vod, neboť je tato látka součástí nově syntetizované biomasy odstraňované jako přebytečný kal. V biocenóze aktivovaného kalu se však nalézají i bakterie schopné zvýšené akumulace fosforu do buněk. Tyto bakterie jsou souhrnně označovány jako poly-P bakterie. Ty mají schopnost akumulovat a ukládat fosfor. Energie potřebná k tomuto procesu je uvolňována depolymerizací buněčných polyfosforečanů, uložených ve volutinových granulích bakterií. Po přenosu do aerobních podmínek jsou organické zásobní látky v buňkách poly-P bakteriích oxidovány za přítomnosti molekulárního kyslíku. Fosfor se z odpadní vody odstraňuje vázán ve volutinových granulích v přebytečném aktivovaném kalu. Problém nastává při vyhnívání přebytečného kalu, kdy se fosfor uvolňuje do kalové vody, která se obvykle vrací do aktivace, fosfor tedy neustále cirkuluje v čistícím systému.

K odstraňování fosforu a jeho sloučenin nestačí pouze biologické procesy, proto se do čištěné vody přidávají takzvaná srážedla, s jejichž pomocí se tento nutriet odstraňuje. Tento proces se nazývá chemické srážení fosforu a provádí se dávkováním železitých, železnatých nebo hlinitých solí. Srážedlo (fakulant) je do vody přidáváno zpravidla před usazovací nádrží (lapák písku, přítok do usazovací nádrže) nebo do aktivační směsi před nádrží dosazovací (do vratného kalu, do přítoku do aktivační nádrže).

Obecně se uvádějí tyto typy dávkování:

1. Předsrážení: je nutná přítomnost fosforu k nasyntetizování biomasy, probíhá zde jen částečná koagulace. Dávkování před usazovací nádrží (do lapáku písku či do usazovací nádrže).

2. Simultánní srážení: dávkování se provádí buď do odtoku z aktivace, nebo do aktivace. Probíhá simultánně s biologickými procesy, separuje se společně s kalem.

3. Post-precipitace: fakulant se přidává do terciárního stupně čištění (viz Vysoká škola chemicko-technologická 2008).

2.3.1.5 Ekvivalentní počet obyvatel

Ekvivalentní počet obyvatel, EO či EQ, je měřítkem pro vyjádření znečištění vody člověkem, tedy míry znečištění, které průměrně vyprodukuje jedna osoba za den (viz tabulka číslo 2). Toto číslo bývá poměrně stálé a přesně určitelné, ovšem může občas zakolísat pod vlivem různých okolností (vybavenost bytů, hygienické a stravovací návyky osoby a tak dále). EQ/EO se určuje z hodnoty celkového množství znečištění a počtu obyvatel připojených na kanalizaci. Tyto normované hodnoty se vyjadřují jako specifická (měrná) produkce znečištění od jednoho obyvatele, označují se jako „populační ekvivalent“ a používají se pro stanovení tzv. počtu ekvivalentních obyvatel (EO).

Pro návrhy kanalizací a čistíren se používají normované hodnoty znečištění od jednoho obyvatele. Znečištění produkované z jiných zdrojů než od obyvatelstva se přepočítává tak, jako by bylo produkováno lidmi. Množství znečištění, které je stejně velké jako znečištění od jednoho obyvatele (tj. populační ekvivalent), se označuje jako znečištění od ekvivalentního obyvatele (EO). Tak jsou přepočítávány např. hodnoty znečištění produkované kuchyněmi, restauracemi, průmyslovými podniky, chovy v živočišné výrobě. Počet EO je souhrnný ukazatel, který charakterizuje velikost čistírny.

Protože jednotlivé složky znečištění (např. organické látky, usaditelné látky, suspendované látky) se mohou u různých zdrojů znečištění lišit, bude se potom v jednotlivých složkách lišit i počet ekvivalentních obyvatel pro stejnou odpadní vodu. To je třeba brát v úvahu při navrhování čistíren. Například odpadní vody z mlékárny mají výrazně nižší obsah suspendovaných látek než splašková voda od obyvatelstva, ale zároveň mají výrazně vyšší organické znečištění vyjádřené jako BSK₅.

Počet EO se stanoví jako podíl celkového a specifického znečištění (viz tabulka číslo 2), nejčastěji vyjádřeného jako BSK5 (viz Systém multimediální elektronické publikace 2008).

Tabulka číslo 2: Orientační hodnoty znečištění v g/den na 1 obyvatele (EO). Převzato ze Systému multimediální elektronické publikace 2008.

Látky	Ukazatel specifického znečištění						
	Látky						Ostatní
nerozpuštěné	Minerální	Organické	Veškeré	BSK	CHSK	Nc	Pc
a) usaditelné	10	30	40	20	40	1	0,2
b) neusaditelné	50	10	15	10	20	0	0
rozpuštěné	75	50	125	30	60	10	2,3
celkem	90	90	180	60	120	11	2,5

Shrnutí

V čištěné a následně vypouštěné vodě je sledována široká škála parametrových skupin. Sledované látky a jejich limity se také liší podle typu znečištěné vody. V komunálních vodách se jedná o hladiny fosforu a dusíku a o tyto sledované parametry: TSK, BSK a CHSK.

TSK, tedy teoretická spotřeba kyslíku, je celkové množství kyslíku v potřebné k úplné oxidaci 1 g organické látky přítomné ve vodě na oxid uhličitý a vodu.

Biologická spotřeba kyslíku neboli BSK (BSK₅) určuje množství kyslíku v mg O₂ na litr znečištěné vody, které je spotřebováno biologickým rozkladem organických látek přítomných ve vodě za pět dní (odtud označení BSK₅) při teplotě 20°C bez přístupu slunečního záření s vyloučením fotosyntézy. Znalost hodnot biologické spotřeby kyslíku je podstatná při navrhování čistíren odpadních vod, především pro správné určení jejich kapacity v biologickém stupni a pro sledování hodnot parametrů v čištěné vodě.

Chemická spotřeba kyslíku (CHSK, CHSK₅) je spotřeba kyslíku v mg O₂ na litr znečištěné vody, která je potřeba k oxidaci znečišťujících organických látek působením oxidačních činidel při teplotě 20°C během 5 dní. Podle použitého činidla se pak specifikuje v označení jako CHSK_{Cr} či CHSK_{Mn} (dichroman draselný či manganistan draselný). U komunálních odpadních vod je nejběžněji používána oxidace dichromanem draselným v roztoku 50% kyseliny sírové po dobu 2 hodin za teploty 150°C. K oxidaci organických látek se používá také manganistan draselný v alkalickém prostředí. U ne příliš znečištěných vod se používá metoda přidání manganistanu draselného v kyselém prostředí. Pro stanovení CHSK se dnes využívá mnoho rychlých instrumentálních metod propojených s počítačovou technikou.

Nebezpečné jsou i sloučeniny dusíku a fosforu, neboť zvýšené procento těchto látek v recipientu způsobují zvýšenou tvorbu fytoplanktonu, především zelených řas, sinic a rozsivek. Mimo toxicity těchto organismů pro člověka při jejich přemnožení, je tento takzvaný vodní květ nebezpečný pro vše živé ve vodním ekosystému. V noci tato biomasa spotřebovává kyslík a ostatní organismy, především přisedle žijící, se ocitají v bezkyslíkaté zóně, která je pro ně smrtelná. Dále rozmnožený vodní květ pohlcuje a nepropouští sluneční záření, které je nutné pro životní cyklus organismu v hloubkách. Přemnožení sinic, zelených řas a rozsivek tedy způsobuje snížení biodiverzity v dané vodní ploše. Sloučeniny fosforu a dusíku jsou odstraňovány biologickými i chemickými postupy.

Posledním sledovaným parametrem je takzvané EQ či EO. Jedná se o zkratky pro určení množství znečištění vody člověkem za jeden den. EQ je velmi důležitý údaj při projektování čistíren odpadních vod, neboť se od něj odvíjí kapacita především biologické části čištění.

2.3.2 Procesy čištění komunálních odpadních vod

Technologie čištění odpadních vod komunálních a průmyslových se v mnohém neliší, pouze do průmyslových čistíren odpadních vod jsou

přidány specifické postupy a úpravy zařízení vyhovující chemickému složení, vlastnostem a koncentracím znečišťujících látek.

Čistírny odpadních vod bývají budovány poblíž vodních toků a pokud možno v nížině, aby se snížily energetické náklady. Jednotlivé technologické stupně jsou řazeny kaskádovitě za sebou tak, aby bylo možné využít gravitační sílu a přirozeného spádu vody do dalšího stupně čištění. Tam, kde není možno využít příhodných geografických podmínek, musí být čištěná voda hnána pomocí čerpadel, což je poměrně finančně nákladné (například šnekovitá čerpadla, která vhání vodu z kanalizačního řadu do ČOV).

Ve větších čistírnách jsou technologické stupně zdvojeny, je tak zajištěn kontinuální chod po celý rok i v případě náhlé poruchy některé části čistírny. Čistírny odpadních vod mají následující základní technologické stupně: mechanické čištění, biologické čištění a terciární čištění.

2.3.2.1 Mechanické čištění

Mechanické čištění je prvním zařízením čistírny odpadních vod, kam je hnána voda z kanalizační sítě. Úkolem tohoto zařízení je oddělit nerozpuštěné sedimentující i nesedimentující látky a také látky kapalné, plovoucí na hladině (s vodou nemísitelné) od čištěné vody, která pokračuje do dalšího stupně čištění. K tomuto účelu slouží tyto mechanické části: česle, lapák písku a lapák šterku, lapák tuků a olejů, usazovací nádrže. Dále bude rozebrána funkce každého zařízení.

Česle

Česle zachytí hrubé plovoucí nebo vznášející se nečistoty, které by mohly poškodit následující technologická zařízení. Sklon česlí vůči hladině vody je pod úhlem 45°. Materiál (větší jak 3 cm) je zachycován na takzvaných shrabkách a z nich je buď strojově, nebo ručně (malé čistírny) odstraňován. Během odstraňování z česlí je odpad i částečně slisován a odvodněn. Takto upravený materiál je shromažďován v kontejnerech a

odvezen ke spálení či ke skládkování v komunálních skládkách tuhých odpadů.

Lapáky štěrku a písku

Lapáky štěrku a písku (fotografie viz Příloha číslo I) bývají často řazeny v nově budovaných čistírnách jako vůbec první technologické zařízení. Zajišťují sedimentování hrubých nečistot a tak chrání, stejně jako česle, další zařízení před poškozením například kameny. Zachytí se v nich pevné a těžké částice s velikostí nad 0,1 – 0,2 mm. Lapáky jsou povětšinou dvě paralelně zapojené sedimentační komory, z nichž je v chodu vždy jen jedna. Druhá je čištěna nebo zůstává v záloze. Čištění zajišťují dráповitý bagr (fotografie viz Příloha číslo II). Za česlemi a za lapáky štěrku a písku je do čištěné vody vpravován síran železitý, který reaguje s nečistotami (koagulace), spojuje se s nimi do vloček a tím je podporována sedimentace v dalších procesech čištění.

Lapáky tuků a olejů

Lapáky tuků a olejů zachycují veškeré organické látky nemísitelné s vodou s hustotou nižší než má voda (fotografie viz Příloha číslo III). Odstraňování těchto látek je nutné pro správný chod čistírny. Tuky a oleje by totiž snadno zalepily a ucply potrubí a spoje mezi jednotlivými procesy čištění. Kapky tuků a olejů díky vztlakové síle vyplavou na hladinu vody, kde jsou sbírány buď pomocí shrabek nebo jsou odváděny kanálky těsně nad hladinou čištěné vody.

Lapáky tuku jsou konstruovány jako horizontální betonové vany, v nichž se určitou rychlostí pohybuje voda. Rychlost nesmí být příliš vysoká, optimum je kolem 15 cm/s. Nedochází tak k narušování procesu odlučování tuků a olejů od vody. V lapáku se čištěná voda zadržuje přibližně 1,5 hodiny. Protože jsou v lapolech dobré podmínky i pro sedimentování

pevných částí, bývá lapák tuků a olejů spojen v jedno s usazovacími nádržemi (nádrží). Mají tedy dvojí využití.

Usazovací nádrže

Usazovací nádrže jsou posledním technologickým zařízením mechanického stupně. V procesu čištění vody se objevují ještě jednou těsně před terciárním stupněm, tam jsou ovšem nazývány dosazovacími nádržemi. Jejich funkce spočívá v usazování jemných tuhých nečistot, které ještě nebyly z čištěné vody odstraněny v předešlých krocích (česle, lapák písku a šterku, lapák tuků a olejů) a odstraňování odumřelých mikroorganismů. Při tomto odstraňování se využívá gravitační síly. Při velkém znečištění (v komunálních čistírnách naprosto běžné) se přidávají do vody chemické látky, které podporují strážení tuhých látek, aglomeraci do vloček, které pak snadněji padají ke dnu. K tomuto účelu se používají především železité a železnaté soli. Velmi často bývají usazovací nádrže spojené s lapákem tuků a olejů.

Usazováký mají nejčastěji tvar hranolu, ve kterém voda protéká horizontálně. Čištěná voda vtéká do usazováku z lapáku tuků a olejů, nebo z předešlého mechanického procesu, přes normou stěnu, takzvaný rozdělovací úsek. Díky tomu je zajištěno rovnoměrné rozmístění vody, a tím pádem i rovnoměrné sedimentování nečistot, po celé ploše usazovací nádrže. Nedochozí tedy k hromadění kalu ve středu usazováku. Kalová jímka je umístěna buď uprostřed, nebo po straně nádrže.

Další normá stěna, tentokrát u výpusti vody do dalšího stupně čištění, zajišťuje rovnoměrné rozmístění tuků a olejů v případě spojení funkcí usazováku a lapáku tuků a olejů. Pokud nejsou tukové částice sbírány jinak, pohybuje se tato stěna pomalu k jímce, kde se hromadí tukové nečistoty.

Dosazováký (dosazovací nádrže) mají na rozdíl od usazováků, kruhový tvar (fotografie viz Příloha číslo IV). Vodu do nich přivádí centrální rozdělovač, naopak odvádí obvodový sběrný žlab. Dosazovací nádrže

slouží, stejně jako usazováky, k sedimentaci posledních zbytků tuhých látek, které se hromadí na dně. Kal je tu ovšem mechanicky shrnován radličkami na otočném rámu s otáčivým pojezdovým mostem. Kal je přemísťován doprostřed, kde je odváděn do středové jímky.

Velikost usazovacích i dosazovacích nádrží určuje množství nejmenších částic, které se ještě musí usadit.

2.3.2.2 Biologické čištění

Jeho úkolem je odstranění všech organických látek, to znamená biochemický rozklad látek rozpustných, koloidních i nerozpustných a nesedimentujících, které již prošly mechanickým stupněm. Simulují se zde přirozené procesy ve vodním prostředí, a protože biologický rozklad organických látek probíhá poměrně pomalu, v závislosti na teplotě od 1 týdne až několik týdnů, je v čistírnách odpadních vod navozen intenzivní růst heterotrofních mikroorganismů. Tyto mikroorganismy pak tvoří aktivovaný kal. V biologickém stupni čištění probíhá i proces takzvané biokoagulace – koloidní a rozpuštěné organické látky jsou přeměněny na látky nerozpustné. Pro biologický stupeň je velmi důležitá stálost teploty. Její optimum je 12°C, nesmí pak klesnout pod 10°C (to se biologické procesy čištění odpadních vod zastavují).

V aktivovaném kalu (fotografie viz Příloha číslo V) se objevuje celá řada mikroorganismů. Jedná se v podstatě o směsnou kulturu tvořenou převážně z bakterií (rody *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Achromobacter*, *Chromobacterium*, *Azotobacter*, *Micrococcus*, *Bacillus*, *Nocardia*, *Nitromonas*, *Nitrobacter*), kvasinek, plísní, hub a vláknitých mikroorganismů (*Leptomitus*, *Leucotrix*, *Thiotrix*, *Beggiata*, *Mircoaccila*, *Nocardia*, *Lineola longa*, *Mitrothrix parvicella*, *Spirulina albina*, *Nostocoida limicola aj.*). Dále se v aktivovaném kalu vyskytují protozoa, hlístice, viřníci. Z prvoků, kteří snižují obsah volně pohyblivých bakterií a tím i kvalitu vyčištěné vody, jsou nejčastější *Vorticella*, *Opercularia* a *Epistylis*.

Dalším důležitým jevem je bioflokulace. Tento proces podporuje shromažďování nečistot do vloček, které pak snadněji sedimentují v dosazovacích nádržích.

Pokud v aktivovaném kalu převládnu vláknité mikroorganismy, odrazí se tato skutečnost zpravidla ve zhoršené schopnosti kalu sedimentovat. Dále se tak zvýší nároky na jeho zahušťování.

Do biologického stupně, těsně před vstupem vody do aktivačních nádrží, je do vody přidáván síran hlinitý (fotografie viz Příloha číslo VI), kterým se právě tyto vláknité bakterie⁷ likvidují. Taktéž je do vody před vstupem do aktivace vpouštěn aktivovaný kal z dosazováků, kterým se naočkovává kultura mikroorganismů. V aktivační nádrži voda setrvá přibližně 2-20 hod, během kterých je voda intenzivně provzdušňována, neboť se tímto podporuje činnost nitrifikačních bakterií. Vzduchuje se cca 0,5-2 mg O₂/l vody. V aktivaci je odstraňován dusík a jeho sloučeniny pomocí nitrifikačních bakterií. Za nitrifikací následuje anaerobní zóna, ve které pracují takzvané poly-P bakterie, které vychytávají fosfor, také zde probíhá denitrifikace. Aby poly-P bakterie mohly vychytávat sloučeniny fosforu, potřebují plynulé střídání aerobních a anaerobních podmínek. Aby se urychlilo odstraňování fosforu a jeho sloučenin, je do čištěné vody přidáván Al³⁺ nebo častěji železité soli či levné vápenné mléko. Reakcí s P sloučeninami dojde k vyvločkování v podobě FePO₄. Stáří kalu v biologickém stupni (to znamená v nitrifikaci a denitrifikaci) se pohybuje v rozmezí 9, 12 nebo 15 dní. V aktivačním procesu se také odbourává uhlík, který mikroorganismy zabudovávají do svých struktur.

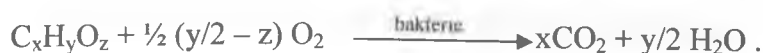
Hlavními podmínkami biologického čištění vod je, jak již bylo naznačeno výše, aerobní a anaerobní prostředí.

⁷ Vláknnité bakterie v ČOV způsobují při přemnožení četné problémy, jeden z těch hlavních je, že brání hladkému průběhu sedimentace. Takovými to nežádoucími bakteriemi je např. *Microthrix parvicella*. Přidáváním Al₂(SO₄)₃ během jara, podzimu a v zimě se tyto bakterie selektivně hubí.

Aerobní podmínky

Aerobní čištění probíhá v takzvaných aktivačních nádržích (viz. Příloha číslo VII). V podmínkách aerobních, to znamená za přístupu vzdušného kyslíku, a za teploty vyšší než 10°C (optimum je 12°C) probíhá rozklad části organických látek pomocí mikroorganismů. Organické látky se tak mění na oxid uhličitý a vodu. Fosfolipidy se přemění na fosforečnany a sloučeniny dusíku na dusičnany. Bakterie zde také z vody vychytávají uhlík a jeho sloučeniny a zabudovávají si ho do svých struktur. Dusičnany jsou základní podmínkou pro rozvoj biomasy, tedy přispívají k sekundárnímu znečištění vody.

Biologický rozklad v aerobním prostředí lze popsat schematicky touto rovnicí:



Dále v aerobní fázi probíhá nitrifikace amonných iontů pomocí nitrifikačních bakterií (viz výše). Nitrifikace má dva stupně. Prvním je nitritace (amoniakální dusík se oxiduje na dusitany) a druhým nitratace (vzniklé dusitany jsou oxidovány na dusičnany). Amonné ionty se do vod dostávají hydrolyzou močoviny nebo z umělých hnojiv.

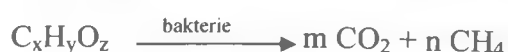
Anaerobní fáze

Celý proces čištění odpadní vody by nemohl správně fungovat bez anaerobní fáze, tedy fáze bez přístupu kyslíku.

Aby mohl rozklad organických látek probíhat optimálně, je nutné zajištění teploty v rozmezí 35 - 45°C. V anaerobním prostředí probíhají redukční procesy, konečný výtěžek biomasy je zde mnohem nižší (cca 5x) než při aerobní fázi (Richter 2005).

Anaerobní prostředí se využívá hned dvěma způsoby. Jednak k získání bioplynu, který vzniká ve vyhnívacích nádržích (viz. Příloha číslo VIII), jednak k denitrifikaci. V obou případech je opět využíváno bakterií, které rozkládají biologické látky.

Bioplyn⁸ produkují bakterie, kterým vyhovuje vyšší teplota. Proces vyhnívání prochází dvěma změnami teploty. Nejprve je kal zahříván na teplotu 56°C, poté se teplota snižuje na 52°C. Protože bioplyn, po opuštění vyhnívacích nádrží, obsahuje velké množství vodních par, je hnán do ždímaček, kde se vysuší. Taktéž přechází přes aktivované uhlí, kde je zbaven silikátů (silikáty jsou obsaženy ve velké míře v pracích prostředcích, kosmetice aj.). Vznik bioplynu předchází mnoho mezikroků, při kterých vzniká řada organických sloučenin, například aldehydy, ketony, alkoholy, aminy. Přibližně kolem 90% hmotnosti organických látek se tímto procesem vyhnívání přemění v bioplyn. Přeměna probíhá podle této schematické rovnice (podle Richtera 2005):



Proces redukčního anaerobního rozkladu (vyhnívání) je tvořen několika kroky:

- Hydrolytické štěpení makromolekul celulózy, bílkovin, škrobů a lipidů na jednodušší sloučeniny (prostředí kyselé).
- Jednodušší sloučeniny vzniklé v prvním kroku jsou dále štěpeny (acetogenezi) na nižší mastné kyseliny, alkoholy, oxid uhličitý, kyselinu octovou a vodík.
- Metanogenezi je kyselina octová štěpena na methan a oxid uhličitý (alkalické prostředí).

Produkce bioplynu není v čistírně odpadních vod náhodná, nejenom že se během vyhnívacího procesu kal vysuší, ale především je bioplyn využíván k pokrytí tepelných a energetických⁹ nároku provozu čistírny.

Dále za bezkyslíkatých podmínek probíhá denitrifikace, taktéž za účasti organotrofních bakterií¹⁰. Jak název napovídá, je denitrifikace pravým

⁸ Bioplyn: z methan (60%), oxid uhličitý (40%), amoniak a sulfan (stopově).

⁹ Tepelné a elektrické nároky ČOV jsou díky bioplynu pokryty zhruba z 60-70%. Pokud je produkce bioplynu nadbytečná, musí se spálit v hořácích bioplynu, neboť se nesmí vypouštět volně do ovzduší.

opakem nitrifikace a znamená redukci dusičnanů a dusitanů na plynný dusík (N_2) nebo N_2O (rovnice viz výše).

Ve znečištěné vodě, která prochází procesem čištění, vyskytuje i síranový anion. Je odbouráván za anaerobních podmínek.

Za anaerobních podmínek také poly-P bakterie vycytávají z čištěné vody fosfor a jeho sloučeniny. O tomto již bylo hovořeno výše.

Často literatura uvádí, že výsledkem procesů v anaerobním prostředí je mineralizace. Je to proto, že rozkladem organických látek, jak je vidět z výše uvedených rovnic, vznikají původní látky anorganické.

Biologický stupeň a jeho výsledky podléhají mnoha kontrolám parametrů nežádoucích látek (N a P aj.). Účinnost biologického stupně je posuzována podle hodnot BSK, CHSK a obsahu organického uhlíku.

2.3.2.3 Terciární stupeň

Terciární stupeň je většinou řazený na konci čistícího procesu, tedy za biologickým stupněm. Někdy je však tento stupeň integrován právě do stupně biologického.

Zajišťuje snížení koncentrací sloučenin dusíku a fosforu (a tím i možnost eutrofizace) přidáním železitých solí, především síranu železitého a také vápenného mléka¹¹. Aktivním činidlem je následnou hydrolyzou vzniklý hydroxid železitý. Obsah dusičnanů je snižován nitrifikací a denitrifikací. Síran a chlorid železitý či hlinitý zároveň vyvolávají koagulaci koloidních látek na bázi křemičitanů a hlinitokřemičitanů do vloček, které se z vody odstraňují sedimentací či filtrací. V terciárním stupni se také odstraňují chemické látky přidané do vody v předešlých procesech čištění a samozřejmě těžké kovy. Těžké kovy, respektive kationty těžkých kovů¹², se odstraňují zvýšením pH ve formě hydroxidů. Kal, který zůstává na konci

¹⁰ Organotrofní bakterie: například rody *Micrococcus*, *Pseudomonas*, *Chromobacterium*, *Denitrobacillus*.

¹¹ Vápenné mléko sráží anionty fosforečnanů, síranů, uhličitanů, fluoridů aj.

¹² Kationty těžkých kovů: Fe, Mn, Pb, Cd, Cr, Zn, Sn, Ni aj.

celého čistícího procesu, je odvodňován v odstředivacích bubnech. Poté je odvezen ke skládkování či kompostování.

Shrnutí

V této kapitole byly představeny procesy čištění odpadní vody v komunálních čistírnách odpadních vod. Jedná se o tyto procesy: mechanické předčištění, biologické čištění (spojené s chemickým) a terciární stupeň čištění vody před vypuštěním do recipientu.

V mechanickém předčištění se odpadní voda přitékající z kanalizačního řádu zbavuje hrubých plovoucích, neplovoucích, nerozpustitelných nečistot. Postupně se čištěná voda dostává do těchto technických zařízení: česle, lapák šterku a lapák písku, lapák tuků a olejů, usazovací nádrže. Česle zbavují vodu plovoucích větších nečistot, lapák písku a lapák šterku zachycují těžké částice do 3 cm. Za lapáky šterku je do vody přidáván síran železitý, který podporuje proces sedimentace. Usazovací nádrže bývají někdy spojovány s lapáky tuků a olejů. Ty mají za úkol z vody odstranit plovoucí tuk a oleje, které by jinak poškozovaly další technická zařízení ČOV. Lapák tuků a olejů, ale může být samostatně. V usazovacích nádržích končí proces primárního hrubého předčištění vody. Usazují se zde organické látky a vzniká zde takzvaný primární kal. Nečistoty z česlí, lapáků šterku a písku, lapáků tuků a olejů a z usazovacích nádrží se povětšinou skládkují nebo spalují.

Za mechanickým stupněm čištění následují biologické procesy. Zde se využívá přirozené schopnosti bakterií vychytávat z vody organické i anorganické látky. Teplota vody zde nesmí klesnout pod 10 stupňů Celsia. Biologické čištění má dvě hlavní části, část aerobní a anaerobní. V aerobních procesech probíhá odbourávání dusíku a jejich sloučenin (nitrifikace) a také uhlíku a jeho sloučenin. Nitrifikace má dva stupně. Prvním je nitritace (amoniakální dusík oxiduje na dusitany) a druhým nitratace (vzniklé dusitany oxidovány na dusičnany). Tato část probíhá v takzvaných aktivačních nádržích, které jsou provzdušňovány.

Anaerobního prostředí se využívá k několika procesům, jedním z nich je denitrifikace, což znamená redukci dusičnanů a dusitanů na plynný dusík (N_2) nebo N_2O . V bezkyslíkatém prostředí je také odstraňován fosfor a jeho sloučeniny. Tyto látky vychytávají poly-P bakterie. Za anoxických podmínek probíhá také tvorba bioplynu. Tyto procesy se odehrávají ve vyhnívacích nádržích, ve kterých je organický kal, získaný během čištění vody, zahříván na teplotu 56 a 52 stupňů Celsia. Složitými chemickými procesy zde vzniká z cca 60% methan a z 30% CO_2 , ve stopovém množství sulfan a jiné plyny. Bioplyn v ČOV slouží k ohřevu čištěné vody, a také pokrývá z velké části energetické nároky provozu čistírny odpadních vod.

Posledním stupněm, který voda musí absolvovat před vypuštěním do recipientu, je terciární čištění. V něm se odstraňují zbytky dusíku a fosforu, kationty těžkých kovů a zbytky chemických látek, které byly do vody přidávány v biologickém stupni čištění.

2.4 Téma ČOV ve výuce biologie

2.4.1 Rámcové vzdělávací programy pro gymnázia

Téma čištění odpadních vod je zařazeno do vzdělávací oblasti Člověk a příroda, která se rozděluje do 5 vzdělávacích oborů: Fyzika, Chemie, Biologie, Geografie a Geologie. Cílem oblasti Člověk a příroda je rozvinutí klíčových kompetencí žáka v dále uvedených oblastech. Následující řádky jsou upraveny podle RVP G z internetového portálu MŠMT (ke dni 15. 3. 2008).

Rozvíjené klíčové kompetence studenta:

- formulace přírodovědného problému, hledání odpovědi na něj a případné zpřesňování či oprava řešení tohoto problému
- provádění soustavných a objektivních pozorování, měření a experimentů (především laboratorního rázu) podle vlastního či týmového plánu nebo projektu, vedoucí k zpracování a interpretaci získaných dat a hledání souvislostí mezi nimi
- tvorbě modelu přírodního objektu či procesu umožňujícího pro daný poznávací účel vhodně reprezentovat jejich podstatné rysy či zákonitosti
- používání adekvátních matematických a grafických prostředků k vyjadřování přírodovědných vztahů a zákonů
- využívání prostředků moderních technologií v průběhu přírodovědné poznávací činnosti
- spolupráci na plánech či projektech přírodovědného poznávání a k poskytování dat či hypotéz získaných během výzkumu přírodních faktů ostatním lidem
- předvídání průběhu studovaných přírodních procesů na základě znalosti obecných přírodovědných zákonů a specifických podmínek
- předvídání možných dopadů praktických aktivit lidí na přírodní prostředí
- ochrana životního prostředí, svého zdraví i zdraví ostatních lidí

- využívání různých přírodních objektů a procesů pro plnohodnotné naplňování vlastního života při současném respektování jejich ochrany

Rámcové vzdělávací programy (RVP G 2007) jsou velmi obsáhlé, proto je zde uveden pouze výtah, který ukazuje, kam je možno problematiku odpadních vod zařadit ve výuce na středních školách gymnaziálního typu.

Téma čištění odpadních vod nalezneme ve vzdělávacím oboru Biologie, ale také Geologie a Geografie. Ve vzdělávacím oboru Chemie, lze toto téma využít především v tematické části anorganická chemie. V ní lze využít faktu, že odpadní vody, nejen komunální, obsahují sloučeniny dusíku a fosforu. Je důležité poukázat na nutnost odbourávání těchto látek (cestou biologickou a chemickou) a vliv sloučenin dusíku a fosforu na vodní ekosystém. V neposlední řadě je čištění odpadních vod obsaženo také v průřezovém tématu Enviromentální výchova.

2.4.1.1 Téma čištění odpadních vod ve vzdělávacím oboru Biologie a Geologie

Téma čištění odpadních vod nalezneme v těchto částech vzdělávacího oboru Biologie:

- obecná biologie (student by měl umět objasnit stavbu a funkci strukturních složek a životní projevy prokaryotních a eukaryotních buněk, v návaznosti na vliv bakterií v čistícím procesu)
- biologie bakterií (student má charakterizovat bakterie z ekologického, zdravotnického a hospodářského hlediska a umět zhodnotit způsoby ochrany proti bakteriálním onemocněním a metody jejich léčby, v návaznosti na možné patogeny ve znečištěné vodě)
- biologie rostlin (v rámci nižších rostlin a jejich vlivu na eutrofizaci dokáže student zhodnotit jako primární producenty biomasy a možnosti využití rostlin v různých odvětvích lidské činnosti, respektive vliv lidské činnosti na množení nižších rostlin)
- ekologie (student objasňuje základní ekologické vztahy a vliv člověka na tyto vztahy, nutnost chránit různé ekosystémy).

Dále, kam lze zařadit problematiku odpadních vod, je oblast Geologie. Pro vodu je zde vyčleněn celý jeden celek, výstupem je, že student zhodnotí využitelnost různých druhů vod a posoudí možné způsoby efektivního hospodaření s vodou v příslušném regionu. Další uplatnění tématu odpadních vod nalezneme v části Člověk a anorganická příroda, kde se probírají i odpady a jejich likvidace. Pedagog zde může poukázat na fakt, že z ČOV se odvázejí kaly, které se musejí také nějakým způsobem zabezpečit. Očekávaným výstupem této části je například tento: student vyhodnotí bezpečnost ukládání odpadů a efektivitu využívání druhotných surovin v daném regionu (Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy 2008).

I v geografii lze začlenit téma odpadních vod a jejich čištění, konkrétně v oblasti Životní prostředí (student hodnotí některá rizika působení přírodních a společenských faktorů na životní prostředí v lokální, regionální a globální úrovni).

2.4.1.2 Průřezová témata RVP

RVP obsahuje tato Průřezová témata:

- Osobnostní a sociální výchova;
- Výchova k myšlení v evropských a globálních souvislostech;
- Multikulturní výchova;
- Environmentální výchova;
- Mediální výchova.

Z hlediska odpadních vod a jejich čištění je podstatná především část Environmentální výchova, Osobnostní a sociální výchova a Výchova k myšlení v evropských a globálních souvislostech (životní prostředí a udržitelný rozvoj: globální environmentální problémy přírodního a společenského prostředí). V environmentální části jde především o to, aby studenti pochopili, že člověk z hlediska své existence potřebuje využívat přírodní zdroje ve svůj prospěch, ale vždy tak, aby nedošlo k nevratnému

poškození životního prostředí. Aby si uvědomili, že k ochraně přírody může napomoci každý jedinec svým ekologicky zodpovědným přístupem k běžným denním činnostem, a aby vnímali místo, ve kterém žijí a změny, které v něm probíhají, a cítili být se zodpovědní za jeho další vývoj, a to nejen z hlediska životního prostředí. Dále je důležité poznat složitou propojenost přírodních systémů a pochopit, že narušení jedné složky systému může vést ke zhroucení celého systému (viz Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy 2008)

2.4.2 Exkurze ve výuce

Exkurze patří do organizačních forem vyučování, jenž probíhá v mimoškolním prostředí. Exkurze může mít různé cíle, podle toho, jak ji učitel pojme. Exkurze například podporuje názornost vyučování, prohlubuje společenskovední, přírodovědné, technické nebo pracovní znalosti žáků, ukazuje praktický význam osvojovaných poznatků (Skalková; 1999). Exkurze může mít buď charakter orientační nebo intenzivní (hlubší odborné poznání). V souvislosti s cíly a úkoly bývají exkurze jednooborové, či víceoborové.

Aby exkurze měla maximální didaktický účinek, musí být pečlivě naplánovaná každá její část:

- **Část přípravná:** V této první části si musí pedagog především ujasnit cíle a úkoly exkurze. Také se musí seznámit s prostředím, ve kterém bude exkurze probíhat. Zajistí nerušený průběh exkurze (objednání odborníka, zajištění možnosti exkurze v nějakém zařízení aj.). Také seznamuje studenty s předběžným obsahem exkurze, upozorní je na jevy, se kterými se během exkurze setkají. Pedagog vysvětluje možné způsoby zaznamenání průběhu exkurze (náčrtky, zápis, sběr přírodního materiálu aj.).
- **Vlastní provedení exkurze:** Je velmi náročné na metodické schopnosti učitele. Je používáno mnoho výukových metod, ale hlavní úlohu by

měla hrát demonstrace. Studenti mají být otázkami orientováni na podstatné a důležité jevy.

- **Fáze zhodnocení a využití exkurze:** Tato část probíhá ve třídě. Ve spolupráci učitel – studenti je exkurze zhodnocena. Poznatky, které studenti během exkurze získali, jsou řazeny do širších souvislostí. Je také zpracováván dokladový materiál, například portfolio, nástěnka (Skalková 1999).

Pedagogové, bohužel, často opomíjejí nutnost aktivního zapojení studentů do průběhu exkurze. Studenti jsou tak pouhými posluchači a příjemci velkého množství informací. K lepšímu osvojení získaných poznatků napomáhá například práce s pracovním listem, který si studenti vyplňují přímo během exkurze. Z tohoto důvodu jsem vypracovala různé výukové materiály, které mohou pomoci zapojit aktivně studenty do exkurze v prostorách čistírny odpadních vod.

2.4.2.1 Exkurze do čistíren odpadních vod

Exkurze do ČOV lze uplatnit v předmětech biologie (případně chemie) a v rámci realizace průřezového tématu Enviromentální výchova v obou těchto předmětech. Trvání exkurze do tohoto objektu se pohybuje v časovém rozmezí 1 až 1,5 hodiny (bez dopravy), podle možností školy a samozřejmě podle rozsáhlosti ČOV. Před samotnou návštěvou v areálu čistírny odpadních vod je nutné seznámit studenty s možnými riziky, která jsou spojena s exkurzí. Pedagog, který vede tuto školní akci, musí podepsat dokument, v němž stvrzuje, že obeznámil studenty s možnými riziky.

Je také vhodné, aby byli studenti před exkurzí obeznámeni se základními procesy a technologickým zařízením čištění. Z tohoto důvodu byla v rámci této diplomové práce vytvořena Úvodní informace studentům, která slouží k rychlé orientaci v problematice čištění odpadních vod.

2.4.2.2 Rizika v objektech čistírny odpadních vod

Při plánování exkurze do čistíren odpadních vod je nezbytné poučit studenty o možných rizicích, s nimiž se mohou při pohybu v takovémto zařízení setkat.

Především pedagog musí sám dbát na dodržování základních pravidel. Z informací z materiálů ÚČOV v Bubenči je jasné, že na exkurzi není možno brát více jak 30 osob. Samotná čistírna vyžaduje, aby pedagog, který vyřizuje náležitosti spojené s exkurzí, představil studentům všechna možná rizika, která jim mohou v areálu ÚČOV hrozit.

Každý, kdo bude chtít se svou třídou navštívit objekt čistírny odpadních vod, musí mít na zřeteli tato nebezpečí:

- riziko infekce (kontaktem s odpadní vodou, usazeninami, aerosoly a kaly)
- zásah elektrickým proudem z porušené instalace (el. čerpadla, osvětlení, regulace, kabeláž atd.), riziko zásahu horkou vodou z porušeného potrubí
- kontakt s nebezpečnými zvířaty (hlodavci, hmyz)
- riziko pádu na vlhkých, kluzkých a zledovatělých plochách, riziko pádu do prohlubní a šachet
- nebezpečí pádu zavěšených břemen na zdvihacím zařízení
- kontakt s pohyblivými součástmi strojního zařízení, stroje se spouštějí nečekaně automaticky nebo dálkově (čerpadla, kompresory, dopravníky apod.)
- výskyt nebezpečných koncentrací nedýchatelných, toxických a výbušných plynů: sirovodík, kyanovodík, oxid uhličitý, metan, oxid uhelnatý, páry aromatických uhlovodíků, přítomnost nebezpečných plynů v kalovém potrubí, které je v provozu i mimo chod ČOV, v prostorách pod úrovní terénu i ve vypuštěných nádržích

- riziko utonutí v nádržích (konzistence v aktivační nádrži nedovoluje plavání)
- kontakt s chemikáliemi (např. síran železitý, chlornan sodný, kyseliny, louhy)
- riziko zvýšeného hluku (odstředivky, kompresorovny, kotelny)
- riziko vyplývající z provozu vozidel na vnitřních komunikacích.

Další povinnosti, zákazy a podmínky exkurze:

- v celém areálu ÚČOV je zakázáno jíst, pít a kouřit (až na prostory k tomu určených)
- zákaz vstupu cizích osob bez doprovodu zaměstnance PVK dovnitř budov a ohrazených objektů v areálu ÚČOV
- zákaz ovládání a manipulace jakéhokoli technického a technologického zařízení na ÚČOV
- respektovat ochranná pásma elektrického VN a NN vedení
- v objektech plynového, kalového hospodářství a v objektech s přítomností hořlavých látek v jakémkoli skupenství se nesmí používat otevřený oheň
- povinnost respektovat zákazy a výstrahy dle výstražných značek a bezpečnostního značení, dodržovat další předpisy (Lorenc, 2008).

3. Praktická část

3.1 Tvorba výukových materiálů

3.1.1 PowerPoint prezentace

Protože ne všechny školy mají možnost navštívit čistírnu odpadních vod, byla vytvořena PowerPoint prezentace, jejímž účelem je nahrazení, v rámci možností, exkurze do ČOV. Její rozsah odpovídá 1 vyučovací hodině, tedy 45 min. Žáci se v jejím rámci dozví základní informace o procesu čištění v čistírnách odpadních vod, ale také to, jaké zákony se týkají vod a hospodaření s nimi v České republice. PowerPoint prezentace je doplněna nákresy čistírenského procesu a také fotografiemi, které byly pořízeny v areálu ÚČOV v Bubenči. Prezentace je přiložena k diplomové práci na CD.

3.1.2 Průvodce prezentací

Průvodce prezentací byl vypracován pro potřeby pedagogů, kteří budou prezentaci o komunálních čistírnách odpadních vod používat během výuky. Jsou v ní obsaženy informace ke každé stránce či tematickému bloku, tak, aby je pedagog, pokud možno, nemusel sám hledat a doplňovat. Rozsah Průvodce prezentací je 7 stran a celé jeho znění je uvedeno v Příloze číslo IX.

3.1.3 Pracovní listy

Pracovní listy byly vytvořeny jak pro potřeby studentů během exkurze, tak pro práci během prezentace. Text pracovních listů je rozdělen na tři části. První část je terénní. Ta obsahuje 10 položek (5 položek s výběrem variant odpovědí, 5 položek otevřených), jenž jsou určeny k vypracování přímo během exkurze nebo při přednášení prezentace. Další částí je část školní, která slouží k dalšímu procvičování a získávání informací o dané problematice. K vypracování položek je třeba práce na internetu, neboť

studenti zde musí sami vyhledávat informace. Tato část obsahuje 11 úkolů. Posledním oddílem pracovních listů je část nazvaná Návrhy pro pedagogy na další aktivity, ve které jsou 4 položky. Pracovní listy mají tedy celkem 25 položek. Pedagog podle svým možností či uvážení může použít jen některou část. Znění pracovních listů, spolu s vyplněnou verzí, je uvedeno v Příloze číslo X a v Příloze číslo XI.

V rámci ověřování pracovních listů, prezentací a exkurzí, z časových důvodů, kdy byla k dispozici vždy jen jedna vyučovací hodina s konkrétní třídou, byla vypracována pouze část terénní. Školní část měli studenti zadání k vypracování doma. Pracovní listy byly vybírány společně s kontrolním testem.

3.1.4 Informace studentům před zahájením exkurze

Je důležité, aby studenti měli alespoň základní povědomí o procesu čištění odpadních vod již před návštěvou areálu ČOV. Pro jejich rychlou orientaci v problematice, byla vypracována právě Informace studentům před zahájením exkurze. Dokument obsahuje náčrtek ČOV a základní text, který studenty seznamuje se základními procesy čištění vody, studenti zde také naleznou internetové odkazy na dva hlavní zákony o vodě a nakládání s ní, jenž jsou platné v České republice. Text také koresponduje s pracovními listy a s otázkami v testu. Znění dokumentu Informace studentům před zahájením exkurze je uvedeno v Příloze číslo XII.

3.2 Metody výzkumu

3.2.1 Možnosti exkurzí do čistíren odpadních vod na území hlavního města Prahy

Čistírenství odpadních vod na území hlavního města Prahy (dále jen ÚHMP) provozují, z velké části, Pražské vodovody a kanalizace¹³. Jen několik ČOV patří pod kompetence jednotlivých městských částí, nebo pod jiné subjekty.

Z celkového počtu 30 čistíren odpadních vod na ÚHMP provozuje PVK, a. s. 22 čistíren. Na ostatní subjekty, například příslušné městské úřady, zbývá tedy 8 ČOV.

PVK, a.s. provozují tyto čistírny odpadních vod:

Březiněves, Běchovice, Čertouzy, Holyně, Chabry, Jesenice, Kbely, Koloděje, Kolovraty, Královice, Lochkov, Miškovice, Nebušice, Nedvězí, Sobín, Svěprovice, ÚČOV Praha, Uhřetěves, Újezd nad Lesy, Újezd u Průhonic, Vinoř, Zbraslav (platí k lednu 2008).

Další ČOV na ÚHMP:

Běchovice¹⁴, Klánovice, Modřany, Lipence, Přední Kopanina, Ruzyně – jih, Ruzyně – sever, Xaverov (platí k lednu 2008).

Možnost využití těchto čistíren ke školním exkurzím byla zkoumána dotazníkovým šetřením. Dotazníky byly distribuovány elektronickou poštou. Úplné znění dotazníku je uvedeno v Příloze číslo XIII. Odeslaných dotazníků bylo 23. Na ČOV Xaverov se nepodařilo zjistit kontakt.

¹³ Pražské vodovody a kanalizace (PVK, a.s.) mají tyto čistírny pouze v pronájmu.

¹⁴ V Běchovicích jsou 2 ČOV, proto se dvakrát nacházejí v seznamu čistíren odpadních vod.

3.2.2 Znalostní test pro studenty

Znalostní test byl použit pro potvrzení stanovených hypotéz. Test byl rozdán další vyučovací hodinu předmětu, ve kterém byla prezentována PowerPoint prezentace, či ve kterém probíhala návštěva areálu čistírny odpadních vod.

Test vychází z informací, které jsou obsažené v PowerPoint prezentaci, nebo které se studenti dozví buď během exkurze, či v textu Úvodní informace před exkurzí.

Položky v testu mají charakter buď otevřených otázek, nebo položek s možností výběru z nabízených variant odpovědí. V celém testu platí, že je pouze jedna odpověď správná (a to i v případě nabízených možností). Celé znění testu je uvedeno v Příloze číslo XIV spolu s vyplněnou verzí (Příloha číslo XV).

Hodnocení testu: Každá správně zodpovězená položka je ohodnocena 1 bodem, za chybně zodpovězenou otázku (či nezodpovězenou) se žádný bod neodebírá. Student může dosáhnout maximálního počtu bodů 12. Jedna otázka je bonusová, kterou si student může vylepšit skóre o 1 bod. Maximální počet v takovémto případě je tedy 13. Pokud student nezodpoví bonusovou otázku, nebo ji zodpoví chybně, nemá toto vliv na získaný počet bodů. Hodnocení testu bude stanoveno podle těchto kritérií (tabulka číslo 3):

Tabulka číslo 3: Hodnocení testu.

Dosažený počet bodů	Dosažená známka
10-13	1
8-9	2
6-7	3
5	4
4-0	5

Výzkumu se účastnili studenti vyšších ročníků ze čtyř gymnázií v Praze. Jednalo se o tato gymnázia: Trojské gymnázium Svatopluka Čecha (třídy:

VII. A s počtem studentů 15; VI. A s počtem studentů 15; celkový počet studentů 30), Karlínské gymnázium (4. A s počtem studentů 30), Ekologické gymnázium Malešice (VII. A s počtem studentů 19), Gymnázium Budějovická (spojené sexty v předmětu volitelný seminář z ekologie s počtem studentů 25; V. A s počtem žáků 30). Celkový počet studentů, kteří absolvovali jednu z vyučovacích hodin ve své skupině je, 134.

Výzkumu se účastnilo celkem 6 tříd pražských gymnázií, které byly rozděleny do 3 skupin. Všechny tři skupiny se zúčastnily výuky zaměřené na problematiku komunálních odpadních vod a ČOV ve formě exkurze či PowerPoint prezentace, ale s různým podílem aktivního zapojení studentů do vlastní výuky. Podle různé míry zapojení studentů do výuky je zkoumána odlišná míra osvojení poznatků studenty.

Typy skupin:

Skupina č. 1: Studenti se zúčastnili exkurze v ÚČOV Bubeneč. K dispozici měli pracovní listy a Úvodní informace pro studenty (shrnutí základních informací o ČOV), se kterými během exkurze pracovali. Aktivně v areálu čistírny odpadních vod vyplňovali pouze Terénní částí pracovního listu. Část školní, která je určena k práci další vyučovací hodinu, měli vypracovat za domácí úkol. Studenti byli upozorněni, že pracovní listy budou odevzdávat spolu s kontrolním testem. V této skupině jsou tyto třídy: sexta z Gymnázia Svatopluka Čecha, septima z Gymnázia Svatopluka Čecha¹⁵.

Skupina č. 2: Studentům, kteří nemají možnost fyzicky navštívit čistírnu odpadních vod, byla prezentována PowerPoint prezentace za současného využívání pracovních listů. V této skupině byly testovány tyto třídy: 4. A

¹⁵ Kontaktní údaje na Gymnázium Svatopluka Čecha: Trojská 211/110, 171 00 Praha – Trója, Telefon: +420 233 541 232, E-mail: tgsc@trojskegymnazium.cz, WWW: <http://www.trojskegymnazium.cz>

z Karlínského gymnázia¹⁶; studenti ze 2 VI (volitelný seminář z ekologie) z Gymnázia Budějovická¹⁷.

Skupina č. 3: Studentům byla prezentována pouze PowerPoint prezentace bez pracovních listů, jednalo se tedy pouze o frontální výklad bez aktivní účasti studentů na výuce. V této skupině jsou tyto třídy: septima Ekologické gymnázium Malešice¹⁸ a studenti V. A z Gymnázia Budějovická.

¹⁶ Kontaktní údaje na Karlínské gymnázium: Pernerova 25, 186 00 Praha 8, Telefon: 221 871 414, E-mail: gymnazium@gyperner.cz, WWW: <http://www.gyperner.cz>

¹⁷ Kontaktní údaje na Gymnázium Budějovická: budějovická 680, Praha 4, WWW: <http://www.gybu.cz/oskole/index.asp>

¹⁸ Kontaktní údaje na Ekologické gymnázium Malešice: Nad vodovodem 460/81, 108 00 Praha-Malešice, Telefon: +420 274 783 072, E-mail: ekogym@bohem-net.cz, WWW: <http://www.volny.cz/ekogym>

3.3 Výsledky

3.3.1 Výsledky možností využití ČOV na ÚHMP ve výuce biologie

Pokud pedagog bude uvažovat o návštěvě ČOV v Praze, měl by vědět, které čistírny odpadních vod, má k tomuto účelu k dispozici. Proto byla, v rámci této diplomové práce, kontaktována většina čistíren odpadních vod na ÚHMP. Výsledky jsou uvedeny v tabulce číslo 4.

Umožnění exkurzí je velmi variabilní. Mění se podle momentální situace v konkrétní čistírně odpadních vod (např. závada na některém technickém zařízení ČOV aj.). Také uvedené kontakty v tabulce číslo 4, se mohou měnit. Proto doporučuji nejprve kontaktovat informační centrum PVK¹⁹. Tam pedagogům odpovědní pracovníci poradí, která čistírna odpadních vod momentálně exkurze povoluje.

Běžně exkurze do svého areálu umožňuje Ústřední čistírna odpadních vod v Praze v Bubenči²⁰. O exkurzi je nutné oficiálně požádat a to prostřednictvím emailu, kdy je třeba zaslat žádost o povolení exkurze na tyto dva emaily: ludek.pospesch@pvk.cz (provozní vedoucí ÚČOV) a vaclav.lorenc@pvk.cz (databáze exkurzí). Tyto kontakty platí k březnu 2008 (nelze zaručit platnost v pozdějším čase). Do žádosti je nutné uvést název školy, počet osob (minimum 10 osob, maximum 30 osob), den a hodinu, o který má pedagog zájem. Obratem by měla čistírna odpadních vod odpovědět. K odpovědi připojí, v případě kladného vyřízení žádosti, dokument o rizicích spojených s návštěvou čistírny, jehož obsah je nutný přetlumočit studentům, kteří se exkurze účastní.

¹⁹ Informační centrum PVK: info@pvk.cz

²⁰ Adresa ÚČOV v Bubenči: Papírenská 6, 160 00 Praha 6

Tabulka číslo 4: Možnosti exkurzí v ČOV na ÚHMP (platí k únoru 2008).

Název ČOV	Možnost exkurze	Kontakt
Březiněves	ANO	PVK ²¹ , p. Král: jiri.kral@pvk.cz
Běchovice	NE ²²	posta@cityofprague
Čertouzy	ANO	PVK, Bc. Okrouhlický: 221 402 230
Holyně	ANO	PVK, p. Král: jiri.kral@pvk.cz
Chabry	Údaj nezjištěn	Neodpovězeno
Jesenice	ANO	Novadus@novadus.cz ²³
Kbely	ANO	PVK, Bc. Okrouhlický: 221 402 230
Koloděje	ANO	PVK, p. Král: jiri.kral@pvk.cz
Kolovraty	ANO	PVK, p. Král: jiri.kral@pvk.cz
Klánovice	ANO	p. Zdrůbka: 603 889 572
Královice	NE ²⁴	Městská část Královice
Lipence,	ANO	I.vodohospodářská společnost: 220 911 739; vedoucí pracovník Ing. Ivanov: 220 910 331
Lochkov	ANO	PVK, p. Král: jiri.kral@pvk.cz
Miškovice	ANO	PVK, p. Král: jiri.kral@pvk.cz
Modřany	Údaj nezjištěn	Neodpovězeno
Nebušice	ANO	PVK, p. Král: jiri.kral@pvk.cz

²¹ PVK: Pražské vodovody a kanalizace

²² ČOV se budou v Běchovicích rušit kvůli zastaralé technologii.

²³ Firma Novadus také spravuje ČOV Bohostice, Hvožd'any a Kotenčice.

²⁴ Jedná se o velmi malou ČOV.

Nedvězí	Po domluvě	PVK, info@pvk.cz
Přední Kopanína	Údaj nezjištěn	Neodpovězeno
Ruzyně – jih, Ruzyně – sever	Údaj nezjištěn	Neodpovězeno
Sobín	ANO	PVK, p. Král: jiri.kral@pvk.cz
Svéprovice	ANO	PVK, p. Král: jiri.kral@pvk.cz
ÚČOV Praha	ANO	PVK, p. Pospěch: ludek.pospach@pvk.cz; p. Lorenc: vaclav.lorenc@pvk.cz
Uhřetěves	ANO (po domluvě)	PVK, p. Král: jiri.kral@pvk.cz
Újezd nad Lesy	ANO	PVK, Bc. Okrouhlický: 221 402 230
Újezd u Průhonic	ANO	PVK, Bc. Okrouhlický: 221 402 230
Vinoř	ANO	PVK, Bc. Okrouhlický: 221 402 230
Xaverov	Údaj nezjištěn	Není zjištěn kontakt
Zbraslav	Údaj nezjištěn	Neodpovězeno

3.3.2 Výsledky znalostního testu

Celkem bylo rozdáno 134 testů. Vráceno bylo 110 testů, z toho vyplněných bylo 94 testů, návratnost testů je 70,15%. V 1. skupině bylo rozdáno 30 testů (vráceno vyplněných 23). V 2. skupině bylo rozdáno 46 testů (vráceno vyplněných 27). Ve 3. skupině bylo rozdáno 49 testů (vráceno vyplněných 44).

Testy byly vyhodnoceny podle kritérií uvedených v kapitole 3.2.2 Znalostní test pro studenty a byly u nich zjištěny tyto parametry: průměrná známka, celkový počet bodů, průměrný počet bodů včetně směrodatné

odchylky²⁵, počet správných odpovědí, počet chybných (či nevyplněných) položek testu a procentuální četnost správných odpovědí. Dále byly porovnány výsledky skupin mezi sebou. Výsledné hodnoty byly zaznamenány do tabulek a grafů. Každé skupině byla v grafech přidělena pouze jedna barva: 1. skupina - oranžová barva, 2. skupina – zelená barva, 3. skupina – modrá barva.

Výsledky studentů v 1. skupině jsou uvedeny v tabulce číslo 5-7 a v grafu číslo 1-3.

V tabulce číslo 5 je zachycen počet konkrétních známek a známka průměrná. Tuto skutečnost znázorňuje také graf číslo 1. Nejvíce bylo jedniček. Těch dosáhlo 12 studentů. Následovaly 2, které dostalo 8 studentů. Trojka, čtyřka a pětka byla udělena pouze jednou. Průměrná známka 1. skupiny je 1,739.

Tabulka číslo 5: Četnost dosažených známek studentů z 1. skupiny

Četnost dosažených známek studentů z 1. skupiny						
známky	1	2	3	4	5	celkem studentů
počet studentů	12	8	1	1	1	23
průměrná známka	1,739					

²⁵ Pro výpočet směrodatné odchylky byl použit vzorec:

$$s = \sqrt{\frac{\sum (\bar{p} - p_i)^2}{N-1}}$$

kde: \bar{p} je průměr dosažených bodů všech studentů, p_i je dosažený počet bodů konkrétního žáka.

Graf číslo 1: Četnost dosažených známek studentů z 1. skupiny

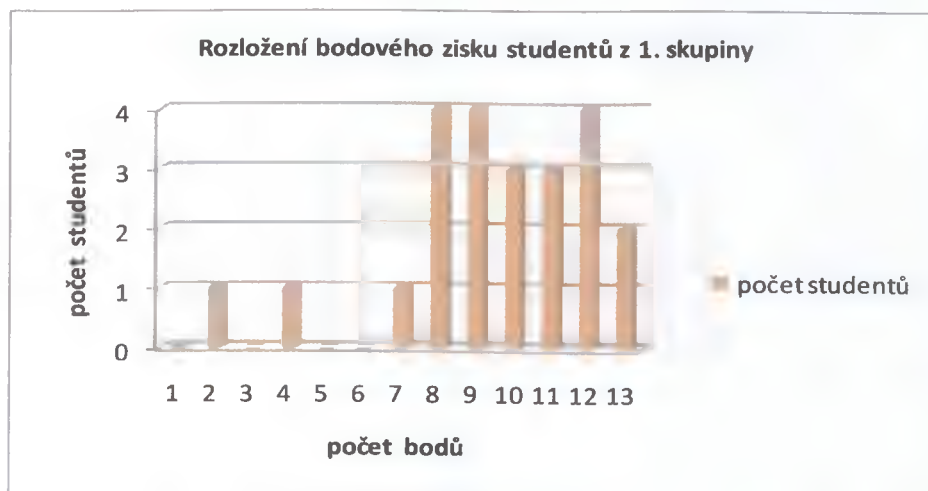


Tabulka číslo 6 zachycuje četnost dosažených bodů v rámci skupiny. Nejvíce bylo studentů s 8, 9 a 12 body. Pouze 2 studenti měli plný počet bodů (tedy i s bonusovou otázkou). Skupina jako celek má 220 bodů a průměrné skóre $9,478 \pm 2,695$. Údaje v tabulce číslo 6 jsou převedeny do grafu číslo 2.

Tabulka číslo 6: Četnost dosažených bodů studentů z 1. skupiny

Četnost dosažených bodů studentů z 1. skupiny														
počet bodů	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	celkem studentů
počet studentů	0	1	0	1	0	0	1	4	4	3	3	4	2	23
celkem bodů	220													
průměrné skóre 1. skupiny	$9,478 \pm 2,695$													

Graf číslo 2: Rozložení bodového zisku studentů z 1. skupiny

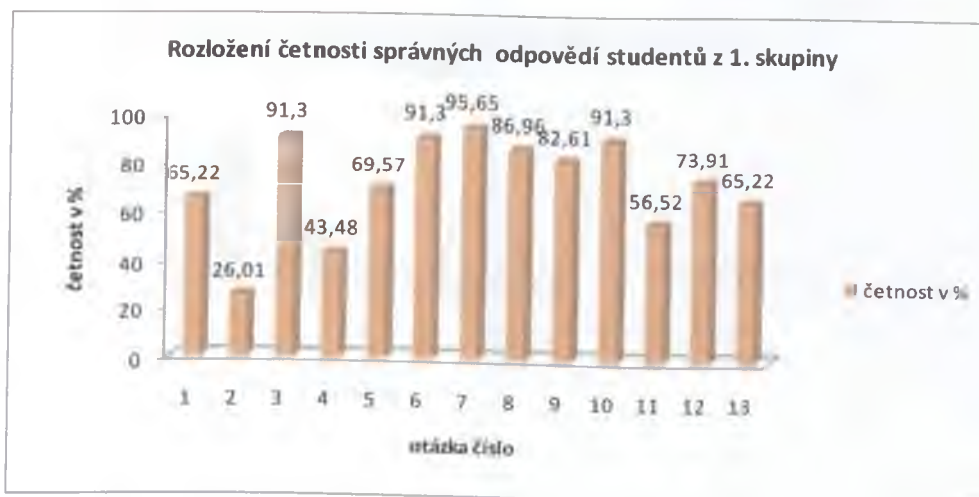


V tabulce číslo 7 je zachyceno, kolik odpovědí bylo vyplněno správně (216) spolu s procentuální úspěšností žáků. Z té je patrné, že nejlépe dopadla otázka číslo 7 (četnost správné odpovědi 95,65%). Dalšími, nejčastěji správně zodpovězenými položkami, jsou úlohy číslo 3, 6 a 10. K tabulce číslo 7 patří graf číslo 3.

Tabulka číslo 7: Četnost správně zodpovězených položek v testu studentů z 1. skupiny

Četnost správně zodpovězených položek v testu studentů z 1. skupiny														
otázka číslo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	celkový počet
počet správných odpovědí	15	6	21	10	16	21	22	20	19	21	13	17	15	216
četnost správných odpovědí v %	65,22	26,01	91,30	43,48	68,57	91,30	95,65	86,96	82,61	91,30	56,52	73,91	65,22	

Graf číslo 3: Rozložení četnosti správných odpovědí studentů z 1. skupiny



Výsledky studentů 2. skupiny jsou uvedeny v tabulkách číslo 8-10 a v grafech číslo 4-6. Druhá skupina dosáhla průměrné známky 1,296. Nejvíce bylo jedniček (20 studentů). Šest studentů mělo dvojku a jeden student 3. Čtyřku a pětku neměl nikdo. V tabulce číslo 8 je uveden přehled četnosti jednotlivých známek. Údaje z tabulky dosažených známek jsou převedeny do grafu číslo 4.

Tabulka číslo 8: Četnost dosažených známek studentů z 2. skupiny

Četnost dosažených známek studentů z 2. skupiny						
známky	1	2	3	4	5	celkem studentů
počet studentů	20	6	1	0	0	27
průměrná známka	1,296					

Graf číslo 4: Rozložení četnosti dosažených známek studentů z 2. skupiny

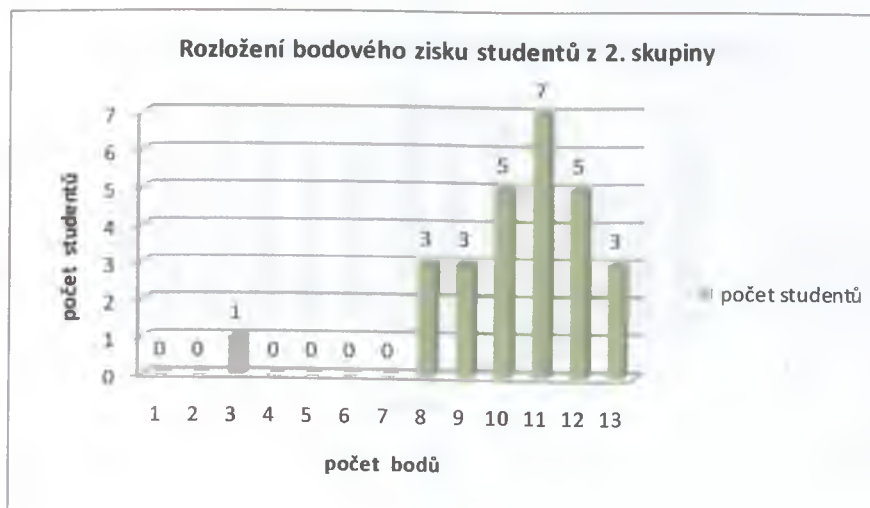


Ve druhé skupině dosáhli plného počtu bodů, tedy 13 i s bonusovou otázkou, tři studenti. Nejvíce, sedm, studentů mělo 11 bodů. Nejnižší dosažené skóre bylo 3 body. Celkový počet skupiny bylo 280 bodů. Průměrné skóre činí $10,37 \pm 2,384$. Přehled, kolik studentů dosáhlo určitého počtu bodů, je uveden v tabulce číslo 9, která je graficky znázorněna v grafu číslo 5.

Tabulka číslo 9: Četnost dosažených bodů studentů z 2. skupiny

Četnost dosažených bodů studentů z 2. skupiny														
počet bodů	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	celkem studentů
počet studentů	0	0	1	0	0	0	0	3	3	5	7	5	3	27
celkem bodů	280													
průměrné skóre 1. skupiny	$10,370 \pm 2,384$													

Graf číslo 5: Rozložení bodového zisku studentů z 2. skupiny



Všichni studenti z 2. skupiny odpověděli správně na otázky číslo 3 a 7. Nejhůře naopak dopadla otázka číslo 12, kterou vyplnilo správně 13 studentů z 27. V této skupině, ve které studenti absolvovali vyučovací hodinu s PowerPoint prezentací a aktivně pracovali s pracovními listy, bylo celkem 283 správných odpovědí. Údaje o správných odpovědích, spolu s jejich procentuálním vyjádřením, jsou uvedeny v tabulce číslo 10 a v grafu číslo 6.

Tabulka číslo 10: Četnost správně zodpovězených položek testu studentů z 2. skupiny

Četnost správně zodpovězených položek v testu studentů z 2. skupiny														
otázka číslo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	celkový počet
počet správných odpovědí	16	17	27	24	21	23	27	23	25	26	17	13	24	283
četnost správných odpovědí v %	59,36	62,96	100	88,89	77,78	85,19	100	85,19	92,59	96,30	62,96	48,15	88,89	

Graf číslo 6: Rozložení četnosti správných odpovědí studentů z 2. skupiny



Výsledky studentů ze třetí skupiny jsou uvedeny v tabulkách číslo 11-13 a v grafech číslo 7-9. Studenti vyplnili kontrolní test na průměrnou známku 1,795. Nejvíce bylo jedniček (25 studentů), poté dvojek (11 studentů). Čtyři studenti dostali čtyřku a dva pětku. Dva studenti byli ohodnoceni známkou 3. Přehled počtu známek je uveden v tabulce číslo 11 a rovněž v grafu číslo 7.

Tabulka číslo 11: Četnost dosažených známek studentů z 3. skupiny

Četnost dosažených známek studentů z 3. skupiny						
známky	1	2	3	4	5	celkem studentů
počet studentů	25	11	2	4	2	44
průměrná známka	1,795					

Graf číslo 7: Rozložení četnosti dosažených známek studentů z 3. skupiny



Z tabulky číslo 12 je patrné, že tato skupina získala celkem 405 bodů za správné odpovědi. Nejvíce studentů dosáhlo 10 bodů, poté 11 bodů (7 studentů) a 9 bodů (7 studentů). Dva studenti vyplnili test pouze na dva body. Tři studenti naopak dosáhli plného počtu bodů. Průměrné skóre je $9,205 \pm 2,717$. Rozložení získaných bodů v této skupině je uvedeno v grafu číslo 8.

Tabulka číslo 12: Četnost dosažených bodů studentů z 3. skupiny

počet bodů	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	celkem studentů
počet studentů	0	2	0	2	2	0	2	4	7	9	7	6	3	44
celkem bodů	405													
průměrné skóre 1. skupiny	$9,205 \pm 2,717$													

Graf číslo 8: Rozložení získaných bodů ve skupině číslo 3

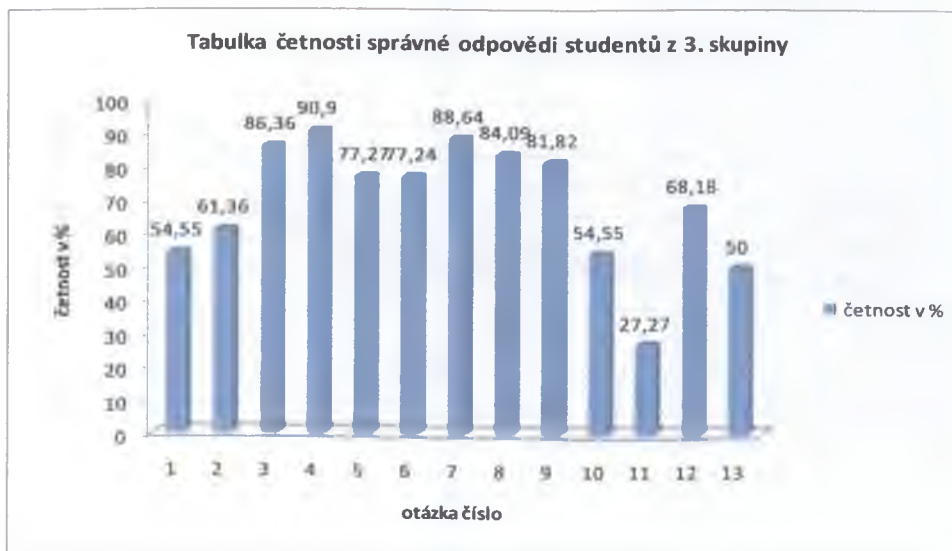


Třetí skupina nejlépe odpověděla na otázku číslo 4, správně ji zodpovědělo 40 studentů z celkového počtu 44. Nejméně bodů tato skupina dostala za otázku číslo 11. Celkový počet správných odpovědí je 397. Podrobnější údaje jsou uvedeny v tabulce číslo 13 a v grafu číslo 9.

Tabulka číslo 13: Četnost správných odpovědí studentů z 3. skupiny

Četnost správných odpovědí studentů z 3. skupiny														
otázka číslo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	celkový počet
počet správných odpovědí	24	27	38	40	34	34	39	37	36	24	12	30	22	397
četnost správných odpovědí v %	54,55	61,36	86,36	90,90	77,27	77,24	88,64	84,09	81,82	54,55	27,27	68,18	50,00	

Graf číslo 9: Znárodnění četnosti správné odpovědi studentů z 3. skupiny

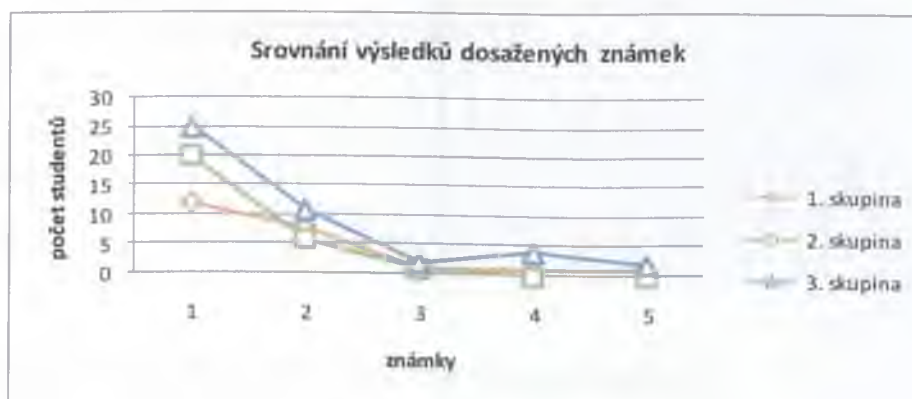


Rozdíly mezi skupinami v průměrných známkách jsou nepatrné mezi 1. a 3. skupinou, které se liší jen v setinách (viz tabulka číslo 14). Nejlepší průměrnou známkou má skupina číslo 2, poté skupina číslo 1. Grafické porovnání všech 3 skupin je uvedeno v grafu číslo 10.

Tabulka číslo 14: Srovnání výsledků dosažených známek skupin

Srovnání výsledků dosažených známek							
známky	1	2	3	4	5	průměrná známka	počet studentů ve skupině
1. skupina	12	8	1	1	1	1,739	23
2. skupina	20	6	1	0	0	1,296	27
3. skupina	25	11	2	4	2	1,795	44

Graf číslo 10: Srovnání výsledků dosažených známek skupin



Jak vyplývá ze srovnání průměrných bodů, nejlepšího průměrného skóre dosáhla skupina číslo 2 ($10,37 \pm 2,384$). Druhý nejlepší výsledek dosáhla skupina číslo 1 ($9,478 \pm 2,695$). Poslední je 3. skupina (viz tabulka číslo 15).

Tabulka číslo 15: Srovnání výsledků dosažených bodů skupin

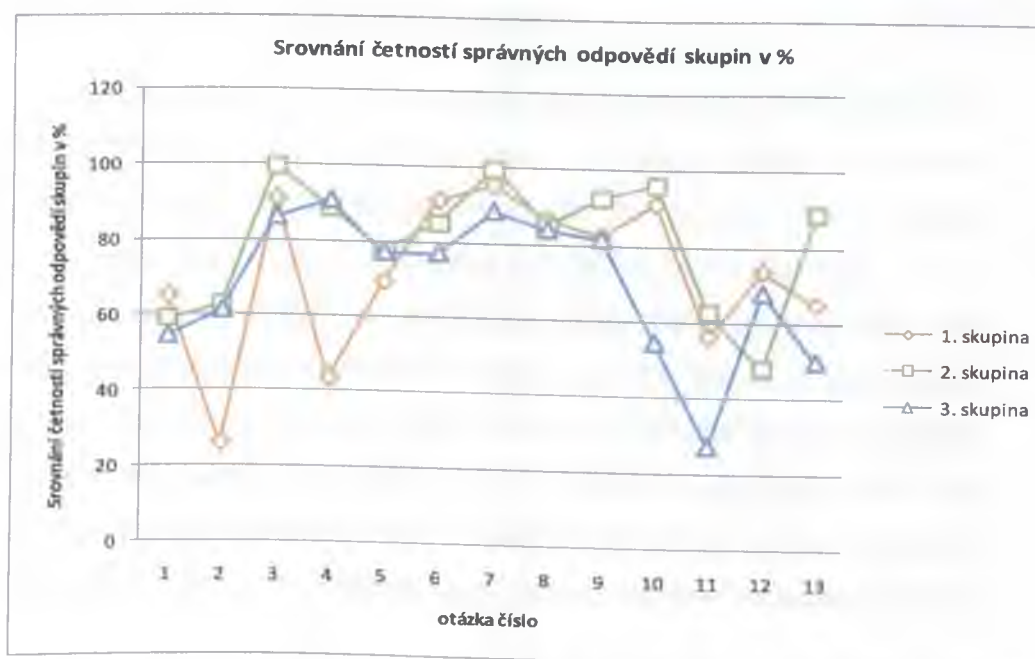
počet bodů	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	celkový počet bodů	průměrné skóre
1. skupina	0	1	0	1	0	0	1	4	4	3	3	4	2	220	$9,478 \pm 2,695$
2. skupina	0	0	1	0	0	0	0	3	3	5	7	5	3	280	$10,370 \pm 2,384$
3. skupina	0	2	0	2	2	0	2	4	7	9	7	6	3	405	$9,205 \pm 2,717$

Srovnání četností správných odpovědí ukazuje, že pouze druhá skupina odpověděla ve dvou případech 100% správně. Veliký rozdíl je v úspěšnosti u 2 otázky testu. Správnost odpovědí se pohybuje v rozmezí od 26,01% (1. skupina) do 62,96% (2. skupina). Nejvyrovnanější jsou odpovědi na otázky číslo 8, 9, 3 a 7. Podrobnější informace jsou v tabulce číslo 16 a grafu číslo 11.

Tabulka číslo 16: Srovnání četností správných odpovědí skupin

Srovnání četností správných odpovědí skupin v %													
otázka číslo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1. skupina	65,22	26,01	91,30	43,48	69,57	91,30	95,65	86,96	82,61	91,30	56,52	73,91	65,22
2. skupina	59,36	62,96	100	88,89	77,78	85,19	100	85,19	92,59	96,30	62,96	48,15	88,89
3. skupina	54,55	61,36	86,36	90,90	77,27	77,24	88,64	84,09	81,82	54,55	27,27	68,18	50

Graf číslo 11: Srovnání četností správných odpovědí skupiny v %



4. Diskuse

Bylo zjištěno, že informace o problematice čištění odpadních vod si nejlépe zapamatovali studenti, kteří absolvovali výuku s PowerPointovou prezentací s možností aktivního zapojení do chodu vyučovací hodiny pomocí vyplňování pracovních listů. Studenti, u kterých se očekávalo, že si nejlépe osvojí poznatky předkládané v ČOV, se umístili na druhém místě. Informace o problematice čištění komunálních odpadních vod si nejhůře zapamatovali studenti, kteří měli možnost shlédnout pouze PowerPointové prezentace bez dalšího propracování. Byla tedy potvrzena hypotéza číslo 2, zatímco hypotéza číslo jedna byla vyvrácena.

Hypotéza číslo 1 pravděpodobně nebyla potvrzena z toho důvodu, že nebyla zvážena všechna fakta, která se týkají průběhu vyučování v mimoškolních prostorách. Například, že na exkurzi budou studenti rozptylováni mnoha jevy, se kterými se v běžné výuce nesetkají a ty jim brání se plně soustředit na probíranou látku. Další příčinou může být nedostatečná příprava studentů na exkurzi do ČOV, kdy si ne plně přečetli základní informace o procesu čištění. Nemuseli také plně zpracovat položky v pracovních listech, které měli za úkoly vyplnit. Bohužel jsem tento fakt neměla možnost zhodnotit, neboť rozdané pracovní listy nebyly vráceny. Je to důsledek někdy problematické komunikace s kmenovými pedagogy tříd.

Vyvrácení první hypotézy lze také interpretovat tak, že studentům více vyhovuje frontální výklad (jsou na něj více zvyklí) s nároky na jejich částečné zapojení do vyučující hodiny, kdy jsou ve známém prostředí a nepůsobí na ně tolik rušivých elementů (hluk, který vzniká při chodu technických zařízení ČOV; zápach, počasí). Počasí uvádím záměrně. První exkurze, která byla naplánovaná do Ústřední čistírny odpadních vod v Bubenči, byla právě ovlivněna rozmary počasí. Uvažovalo se dokonce o přesunutí exkurze na jiný den, kvůli silnému větru. Díky němu si studenti nemohli například na začátku exkurze vyplňovat pracovní listy.

Musíme mít také na paměti fakt, že během exkurzí dochází ke komplexnějšímu rozvoji osobnosti studenta. Tento rozvoj se tedy nemusí

nutně projevit jen ve větších znalostech na dané téma. O tomto ovšem můžu jen spekulovat, neboť v této diplomové práci nebyl tento přínos exkurzí v dalších oblastech zkoumán.

Nepotvrzení hypotézy číslo jedna mohlo být také způsobeno jistou odchylkou výkladu odborného pracovníka ČOV od PowerPoint prezentace a testových položek. Toto jsem se ale snažila eliminovat právě vytvořením pracovních listů, ve kterých se objevuje většina testových otázek.

Potvrzení hypotézy číslo 2 jsem očekávala s velkou pravděpodobností. Studentům se totiž při frontálním výkladu, bez jejich aktivity, předkládá velké množství informací, které si studenti nemají možnost zažít. To vede nutně k uchování si jen malého procenta poznatků z dané problematiky. Na tento jev byly zaměřeny první dvě testové položky, ve kterých se zjišťovalo, jak si studenti jednotlivých skupin zapamatovali dva hlavní zákony České republiky o nakládání s vodou, a měli také zvolit správnou variantu na otázku, kdo povoluje vypouštění vod do recipientu. Tyto dvě položky měly jednu z nejmenších četností správných odpovědí.

Celkově se výsledky všech tří skupin se příliš neliší. Jedním z hlavních důvodů je poměrně malý vzorek testovaných tříd. Toto řešení bylo zvoleno z časového nedostatku a z důvodu nechuti některých středních škol, které jsem oslovila, spolupracovat. Vhodnější by jistě byl vzorek, který by zahrnoval alespoň 5 tříd v každé skupině. Zpřesnily by se tak výpočty například směrodatné odchylky. Vytěsnily by se nápadné výkyvy výkonů uvnitř jednotlivých skupin. Doporučuji například, pokud by někdo měl zájem o zopakování podobných výzkumů, rozšířit testovaný vzorek studentů, pevně se domluvit s pedagogy testovaných tříd na pravidlech a trvat na nich. Zohlednit náročnost testu či náročnost probíraného tématu ve smyslu časového rozpětí mezi výkladem a zadáním testu. Vhodné je rozdávat test další vyučovací hodinu daného předmětu. Při tvorbě PowerPointových prezentací pamatovat na původní záměr, a sice pokusit se studentům, kteří nemají možnost fyzicky navštívit čistírnu odpadních vod, nahradit exkurzi do takového zařízení. Pedagog nesmí zahltit jednotlivé

stránky informacemi, ale spíše se má snažit přiblížit jednotlivé jevy a děje. Téměř nutností se stávají fotografie, plánky a náčrtky.

Závěrem lze říci, že v případě, kdy nemají studenti možnost navštívit čistírnu odpadních vod, je možno ji s velmi dobrými výsledky nahradit použitím PowerPointové prezentace a dalších popsaných výukových materiálů.

5. Závěr

V úvodu diplomové práce byly vysloveny dvě hypotézy, z nichž byla první vyvrácena a druhá potvrzena. Stanovené hypotézy byly ověřovány kontrolním testem pro studenty, který ukázal, že si poznatky o problematice čištění komunálních odpadních vod nejlépe osvojili studenti, jimž byla předvedena PowerPoint prezentace, přičemž se mohli aktivně zapojit do vyučování pomocí vyplňování pracovních listů. Nejhůře si informace o ČOV zapamatovali studenti, kteří měli možnost pouze frontálního výkladu bez jejich aktivní činnosti. V úvodu bylo stanoveno pět cílů, které se podařilo splnit. Byl vytvořen seznam čistíren odpadních vod (včetně kontaktních údajů) na území hlavního města Prahy, které umožňují exkurze středním školám. Byly vypracovány výukové materiály (PowerPoint prezentace pro učitele, Úvodní informace studentům před zahájení exkurze, Pracovní listy pro studenty). Pro potřeby pedagogů byla vypracována informace k PowerPointovým prezentacím.

6. Seznam literatury

Použitá literatura:

- BÖHME, M. et BROCKMANN, A. *Ekologická konzultace pro místní rozvoj. Ochrana vod*. Berlín: DIFU, 1995. 72 s.
- LELLÁK, J. et KUBÍČEK, F. *Hydrobiologie*. Praha: Univerzita Karlova, 1991. 257s.
- LORENC, V. *Rizika v objektech Ústřední čistírny odpadních vod v Praze*. Praha, 2008. 3 s.
- PLECHÁČ, V. *Vodní hospodářství na území České republiky, jeho vývoj a možné perspektivy*. Praha: EVAN, 1999. 248 s.
- RICHTER, M. *Technologie ochrany životního prostředí. Ochrana čistoty vod*. Ústí nad Labem: Fakulta životního prostředí Univerzity J.E.Purkyně v Ústí nad Labem, 2005. 79s.
- Skalková, J. *Obecná didaktika*. Praha: ISV nakladatelství, 1999. 292 s.

Použité internetové zdroje:

- Česká zemědělská univerzita – internetové stránky. *Člověk a odpadní voda. Část 2*. Dostupné z <http://posta.tf.czu.cz/U3V/U3V_text3-1.htm>. [Citováno 6. 3. 2008].
- Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy – internetové stránky. *RVP pro gymnázia*. Dostupné z <<http://www.msmt.cz/vzdelavani/ramcove-vzdelavaci-programy-zaslani-do-vnejsiho-pripominkoveho-rizeni>>. [Citováno 15. 3. 2008].
- Ministerstvo životního prostředí – internetové stránky. *Voda v České republice*. Dostupné z <<http://www.env.cz/www/zamest.nsf/defc72941c223d62c12564b30064fdcc/ce0abdb07d492781c12565160027e570?OpenDocument>>. [Citováno 28. 2. 2008].

Wikipedia – internetová encyklopedie. *Odpadní voda*. Dostupné z <http://cs.wikipedia.org/wiki/Odpadn%C3%AD_voda>. [Citováno 27. 2. 2008].

Wikipedia – internetová encyklopedie. *Saprobní systém*. Dostupné z <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Saprobita>>. [Citováno 27. 2. 2008].

7. Seznam tabulek a grafů

Tabulka číslo 1: Požadované limity sledovaných látek.	str. 14
Tabulka číslo 2: Orientační hodnoty znečištění v g/den na 1 obyvatele (EO).	str. 32
Tabulka číslo 3: Hodnocení testu. str. 54	
Tabulka číslo 4: Možnosti exkurzí v ČOV na ÚHMP.	str. 58-59
Tabulka číslo 5: Četnost dosažených známek studentů z 1. skupiny	str. 60
Tabulka číslo 6: Četnost dosažených bodů studentů z 1. skupiny	str. 61
Tabulka číslo 7: Četnost správně zodpovězených položek v testu studentů z 1. skupiny	str. 62
Tabulka číslo 8: Četnost dosažených známek studentů z 2. skupiny	str. 63
Tabulka číslo 9: Četnost dosažených bodů studentů z 2. skupiny	str. 64
Tabulka číslo 10: Četnost správně zodpovězených položek v testu studentů z 2. skupiny	str. 65
Tabulka číslo 11: Četnost dosažených známek studentů z 3. skupiny	str. 66
Tabulka číslo 12: Četnost dosažených bodů studentů z 3. skupiny	str. 67

Tabulka číslo 13: Četnost správných odpovědí studentů z 3. skupiny	str. 68
Tabulka číslo 14: Srovnání výsledků dosažených známek skupin	str. 69
Tabulka číslo 15: Srovnání výsledků dosažených bodů skupin	str. 70
Tabulka číslo 16: Srovnání četností správných odpovědí skupin	str. 71
Graf číslo 1: Četnost dosažených známek studentů z 1. skupiny	str. 61
Graf číslo 2: Rozložení bodového zisku studentů z 1. skupiny	str. 62
Graf číslo 3: Rozložení četnosti správných odpovědí studentů z 1. skupiny	str. 63
Graf číslo 4: Rozložení četnosti dosažených známek studentů z 2. skupiny	str. 64
Graf číslo 5: Rozložení bodového zisku studentů z 2. skupiny	str. 65
Graf číslo 6: Rozložení četnosti správných odpovědí studentů z 2. skupiny	str. 66
Graf číslo 7: Rozložení četnosti dosažených známek studentů z 3. skupiny	str. 67
Graf číslo 8: Rozložení získaných bodů ve skupině číslo 3	str. 68
Graf číslo 9: Znázornění četnosti správné odpovědi studentů z 3. skupiny	str. 69
Graf číslo 10: Srovnání výsledků dosažených známek skupin	str. 70
Graf číslo 11: Srovnání četností správných odpovědí skupin v %	str. 71

8. Přílohy

Příloha číslo I: Fotografie lapáku písku

Příloha číslo II: Fotografie čištění lapáku písku

Příloha číslo III: Lapák tuků a olejů spojený s usazovací nádrží

Příloha číslo IV: Fotografie dosazovací nádrže

Příloha číslo V: Fotografie zásobárny aktivovaného kalu

Příloha číslo VI: Přidávání síranu hlinitého do čištěné vody, probublávání zpětného kalu.

Příloha číslo VII: Fotografie aktivačních nádrží.

Příloha číslo VIII: Fotografie vyhnívacích nádrží

Příloha číslo IX: Úplné znění Průvodce prezentací

Příloha číslo X: Úplné znění pracovních listů

Příloha číslo XI: Úplné znění pracovního listu – vyplněný.

Příloha číslo XII: Úplné znění Informací studentům před zahájením exkurze

Příloha číslo XIII: Úplné znění dotazníku pro ČOV

Příloha číslo XIV: Úplné znění kontrolního testu pro studenty

Příloha číslo XV: Úplné znění kontrolního testu pro studenty – vyplněný.

Příloha číslo XVI: PowerPointová prezentace

Příloha číslo I: Fotografie lapáku písku



(fotografie Zuzana Čábelová v ÚČOV)

Příloha číslo II: Fotografie čištění lapáku písku



(fotografie Zuzana Čábelová v ÚČOV)

Příloha číslo III: Lapák tuků a olejů spojený s usazovací nádrží



(fotografie Zuzana Čábelová v ÚČOV)

Příloha číslo IV: Fotografie dosazovací nádrže



(fotografie Zuzana Čábelová v ÚČOV)

Příloha číslo V: Fotografie zásobárny aktivovaného kalu



(fotografie Zuzana Čábelová v ÚČOV)

Příloha číslo VI: Přidávání síranu hlinitého do čištěné vody, probublávání zpětného kalu.



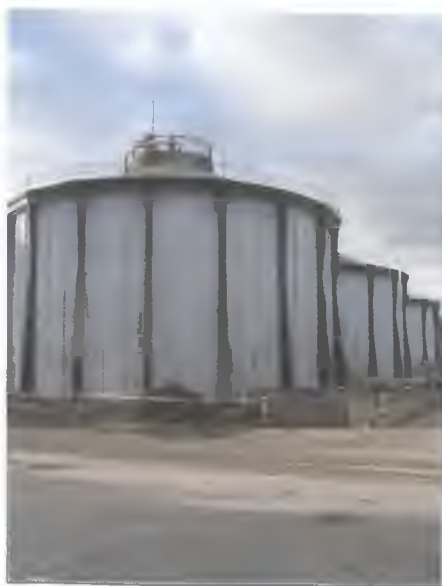
(fotografie Zuzana Čábelová v ÚČOV)

Příloha číslo VII: Fotografie aktivačních nádrží.



(fotografie Zuzana Čábelová v ÚČOV)

Příloha číslo VIII: Fotografie vyhnívacích nádrží.



(fotografie Zuzana Čábelová v ÚČOV)

Příloha číslo IX: Úplné znění Průvodce prezentací.

Průvodce prezentací pro učitele

Několik slov úvodem

Tento text by měl sloužit jako rychlá orientace v problematice komunálních čistíren odpadních vod pro pedagogy na středních školách gymnaziálního typu. Je přiřazen k PowerPoint prezentaci „KOMUNÁLNÍ ČISTÍRNÝ ODPADNÍCH VOD“, která je určena pro školy bez možnosti exkurze právě v tomto provozu. Prezentace by měla zabrat cca 35 min.

V textu je rozepsáno více informací ke každé stránce (či tematickému celku) tak, aby se pedagog nemusel omezovat k pouhému spuštění prezentace, ale aby dokázal odpovědět na možné dotazy studentů k probíranému tématu.

Zákony v ČR

(Stránka 2-7)

V prezentaci jsou probírány dva zákony a sice:

- zákon č. 254/2001 Sb., Vodní zákon,
- zákon č. 274/2001 Sb., Zákon o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu.

Celé znění zákonů naleznete na internetových stránkách:

<http://zakony.gastronews.cz/zivotni-prostredi/zakon-c-254-2001-sb-vodni-zakon>

(ke dni 5. 1. 2008)

<http://www.env.cz/www/zakon.nsf/2a434831dcbe8c3fc12564e900675b1b/60b6df7231ed467cc1256e3200355a9e?OpenDocument>

(ke dni 5. 1. 2008)

Vodní právo všeobecně upravuje právní vztahy jak ke všem druhům vod, vodním tokům, vodním nádržím, vodním zdrojům, nakládání s vodami a vodohospodářským zařízením. V České republice v současné době platí Vodní zákon přijatý 1. 1. 2002, který už splňuje normy EU.

Dále právní vztahy upravují:

Vládní nařízení,

vyhlášky a směrnice ministerstva zdravotnictví, hygienické služby, Ministerstva zemědělství atd.,

české státní normy a normy ISO,

směrnice EU, OSN.

Vodním zákonem je vymezena pravomoc **Ministerstva ŽP** (nejvyšší řídicí a kontrolní úřad), **České inspekce životního prostředí**. Monitoring vod zajišťuje **Český hydrometeorologický ústav**.

Při výkladu by se pedagog neměl zapomenout zmínit o **směrnících EU**. Tyto směrnice o vodách jsou velmi rozsáhlé a vznikly z velké většiny v letech 70. dvacátého století. Doplněny byly v 90. letech 20.st. Pro Českou republiku je závazných **16 legislativ**.

Čištěním komunálních odpadních vod se zabývá směrnice **Rady 91/271/EHS o čištění městských odpadních vod**. Požaduje kontrolu kvality vypouštění vody z ČOV a stanovení hladiny emisí ve vypouštěné vodě, především BSK₅, CHSK, NL, P a N. Zohledňuje přitom počet ekvivalentních obyvatel (EQ či EO). Dále vypouštění odpadních vod musí být schváleno příslušným úřadem (Vodopravní úřad) a pokud je to možné, mají být tyto vody dále využívány a kaly z ČOV nesmí být vypouštěny do recipientu.

Čistírny odpadních vod/ČOV

(Stránka 8-12)

Tato část prezentace se zabývá **obecnými informacemi o komunálních čistírnách**. Doporučuji zdůraznit skutečnost, že s rozrůstáním civilizace vzrůstají její nároky na množství vody, které je lidem k dispozici a jak tato

potřeba zasáhla do přirozenosti vodních toků a jaký dopad má lidská činnost na kvalitu vodu v recipientu. Také to, že nejvíce vodu znečišťují **látky ve vodě rozpustné**. Pokud se jedná o látky organické, může dojít až k převrácení aerobních podmínek na podmínky anaerobní. Pokud jsou ve vodě rozpuštěny látky **anorganického původu**, mění se koncentrace minerálních látek. Ty pak mají vliv na úpravnost vody k jejímu použití. Nejnebezpečnější jsou v tomto směru **ionty amonné, dusičnanové a fosforečnanové**. Nutno také upozornit na existující tzv. tepelné znečištění (stránka č. 8).

Stránka č. 9 nastiňuje způsoby čištění odpadních vod. Pod termínem „**mechanický stupeň**“/„**mechanické čištění**“ se skrývá odstraňování pevných, většinou plovoucích nečistot (igelitové tašky, zbytky jídel apod.), které probíhá například na česlech. **Biologické procesy** jsou založeny na přirozeném čištění vody pomocí heterotrofních bakterií, stejně tak, jako probíhá za normálních podmínek v přírodě. **Chemické čištění** probíhá při přidávání chemikálií, nejčastěji síran železitý, do čistírenského procesu. Tento postup se používá převážně při čištění průmyslových vod, při použití srážedel v komunálních ČOV k odstranění fosforu či při prevenci proti vláknitým bakteriím.

Stránka č. 10: Aby provoz čistírny odpadních vod probíhal bez zbytečných finančních nákladů, jsou jednotlivé stupně a procesy řazeny za sebou tak, aby přepad vody probíhal zcela přirozeně díky **gravitačním zákonům**. Pokud terén toto uspořádání neumožňuje, musí se přistoupit k hnaní vody pomocí turbín a šroubů. Zdvojení technických stupňů je důležité pro kontinuální chod ČOV v případě poruchy.

Stránka č. 11: Přídavná zařízení jsou například **vyhnívací nádrže** (na obr.), zásobárna kalu z vyhnívacích nádrží apod.

Stupně čištění odpadní vody

(Stránka 12-14)

Na těchto třech stránkách naleznete obecná schémata **stupňů čištění odpadní vody**, která slouží k rychlé orientaci studentů v problematice uspořádání ČOV. Jednotlivé stupně a procesy budou rozvedeny dále.

Procesy čištění

(Stránka 15)

Mechanické, biologické a chemické čištění.

Mechanické čištění

(Stránka 15-20)

Na stránce č. 15 je přehled stupňů mechanického čištění, které budou dále rozváděny.

Stránka č. 16 je věnován zpravidla prvnímu kroku v mechanickém čištění, a sice **česlím**. Ve velkých čistírnách jsou čištěny automaticky strojově, menší čistírny mohou mít stále ještě ruční odstraňování nečistot z česlového pásu. Tyto usazeniny jsou brány jako nebezpečný odpad. Mohou se skládkovat, ale v drtivé většině případů **se pálí**.

Za česlemi obvykle následuje **lapák písku** (stránka č. 17). Často bývá kombinován s **lapákem tuků**, který využívá nižší hustoty tuků a olejů než je hustota vody. Pokud by tuky zůstaly v procesu čištění, zalepily by technické zařízení a ucply by propojovací potrubí atd. V důsledku toho by **klesla** účinnost čistírenského procesu.

Lapák písku je založen na přirozeném usazování písku ve vodním prostředí. Písek je pak z těchto nádrží mechanicky odstraňován a převezen ke skládkování.

Stránka č. 18: **Lapák šterku** – bývá řazen jako poslední stupeň mechanického čištění. Taktéž funguje na principu usazování.

Stránka č. 19: fotografie lapáku šterku.

Stránka č. 20: **Usazovací nádrže** – nejdůležitější technologické zařízení, neboť zde dochází k usazování a následném odstraňování převážného podílu nerozpustných látek v čištěné vodě. S usazovacími nádržemi se ještě jednou setkáme na konci celého procesu čištění, tam je však nazýváme **dosazovák**/dosazovací nádrže, které slouží k dočištění vody před tím, než bude vypuštěna do recipientu.

V usazovacích nádržích musí být dodržena podmínka, že voda v každé její části musí protékat **stále stejnou rychlostí**. To je zajištěno tzv. **nornou stěnou**, přes kterou čištěná voda vtéká do nádrží. Norná stěna ještě zajišťuje, při spojení usazovaku a lapáku tuků, hladké oddělení tuků od vody. U výtoku z usazovacích nádrží je druhá norná stěna s odtokovým žlabem.

V tomto místě vzniká primární kal. Část je ho znovu použita na zaočkování biologického stupně a část je odváděna do kalového hospodářství.

Biologické čištění/biologický stupeň

(Stránka 21-27)

Stránka č. 21: Obecné informace o biologickém stupni. Dvě základní fáze: aerobní a anaerobní stupeň.

Aerobní stupeň

(Stránka 22-24)

Důležité upozornit, že se v této fázi využívá přirozené schopnosti **heterotrofních organismů čistit vodu**, a že tento proces využívá namnožených např. nitrifikačních bakterií. Tento proces je ohrožen, stejně jako v přírodě, přítomností těžkých kovů a chlóru. Proto se tyto látky musí z odpadní vody odstraňovat.

Anaerobní stupeň

(Stránka 25-27)

Zdůraznit funkci **bioplynu**. Čistírny jím pokrývají velkou část nároků na energii (teplo a elektrina) a tím šetří náklady na čistírenské procesy.

Zatímco v aerobní fázi docházelo k oxidačním procesům, zde dochází k **redukčním**. Anaerobní fáze probíhá hned za aerobní v těsné návaznosti.

Terciární stupeň

(Stránka 28-29)

Terciární stupeň je zpravidla řazen za mechanický a biologický stupeň, v některých případech je vřazen do stupně biologického. Jeho účelem je **dočištění vody** před tím, než bude vypuštěna do vodního toku. Jsou zde tedy odstraňovány látky, které obsahovala voda již při vstupu do ČOV, ale také látky které se dostaly do vody během procesu čištění. Odstraňují se zde především kovy, anorganické sloučeniny N a P. Obsah dusičnanů je snižován **anaerobní nitrifikací a denitrifikací**.

Do tohoto stupně jsou dávkována **srážedla** (síran železitý aj.). Síran a chlorid železitý vyvolávají vložkování koloidních látek na bázi křemičitanů a

hlinitokřemičitanů. Ty jsou pak odstraňovány sedimentací či filtrací. Takto získaný kal se vysuší, a pokud v něm nejsou přítomny těžké kovy, je kompostován.

Kontrola a regulace čistírenských procesů

(Stránka 30)

BSK je zkratka pro **Biologickou spotřebu kyslíku**. Udává množství kyslíku, který je třeba k úplné oxidaci biologicky odbouratelných látek ve zkoumaném vzorku vody. Tato odbouratelnost se váže k pěti dnům, proto se někdy značí **BSK5**. **Čím vyšší je hodnota BSK, tím je voda více biologicky znečištěna.**

CHSK je značení pro **Chemickou spotřebu kyslíku**. Taktéž se používá při analýze převážně povrchových vod. Udává množství kyslíku, který je třeba k odbourání všech rozpustných látek ve vodě, tedy i těch nebiologického původu.

Ve vodě, která vytéká z ČOV jsou sledovány i jiné hodnoty. Především obsah N a P. Jejich překročení se trestá pokutou.

Co se nevěšlo

(Stránka 31-37)

Fotografie zařízení ČOV.

Příloha číslo X: Úplné znění pracovních listů.

**PRACOVNÍ LIST pro vyšší stupeň gymnázia
KOMUNÁLNÍ ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD**

ČÁST 1: TERÉNNÍ

- 1) K jakým účelům slouží mechanické česle? *Zakroužkuj.***
- a) Slouží k vychytávání těžkých nečistot z vody.
 - b) Slouží k vychytávání tuků.
 - c) Slouží k vychytávání plovoucích nečistot z vody.
- 2) Z jakých důvodů je pro správný chod čistírny odpadních vod nebezpečná přítomnost písku? *Zakroužkuj.***
- a) Písek obsahuje nebezpečné těžké kovy.
 - b) Písek by zanesl technická zařízení ČOV.
 - c) Jeho přítomnost ohrožuje kultury bakterií.
 - d) Jeho přítomnost není nebezpečná a zůstává v čištěné vodě.
- 3) Kolik je v čistírně odpadních vod vyhnívacích nádrží? K čemu slouží?**
-
-

4) Z jakého důvodu jsou důležité usazovací nádrže?

.....
.....

5) Jaké druhy bakterií jsou v čistírnách odpadních vod využívány?

.....
.....

6) K jakým pochodům se využívá zpětný kal? Zakroužkuj.

a) Žádným, veškerý kal se kompostuje nebo spaluje.

b) Zpětný kal se odvádí do vyhnívacích nádrží, kde slouží k výrobě bioplynu.

c) Zpětný kal se využívá k novému naočkování kultur „čisticích“ bakterií.

7) Jak se od sebe liší biologické a chemické čištění?

.....
.....
.....

8) K jakým účelům využívají čistírny vyrobený bioplyn? Zakroužkuj.

a) Nevyužívají ho pro vlastní potřeby, odvádějí ho elektrárnám.

b) K ničemu, volně ho vypouštějí.

c) K vlastnímu pokrytí elektrických a tepelných nákladů.

9) Jaké prvky se především odstraňují z odpadní komunální vody?

Zakroužkuj.

a) P a S

b) K a N

c) P a N

10) Z jakého důvodu je pro správný chod čistírny důležité odstraňování tuků?

.....

.....

ČÁST 2: ŠKOLNÍ

1. Zamysli se a napiš, kde všude v přírodě může vznikat bioplyn (minimálně 4 možnosti).

.....
.....
.....
.....

2. Zamysli se a napiš, jak se s odpady zacházelo ve středověku. Jaké mělo toto zacházení dopady na život ve městech?

.....
.....
.....
.....
.....

3. Představ si, že jsi projektant a tvým úkolem je navrhnout komunální čistírnu odpadních vod. Jaký údaj o městě bude mít pro tebe zásadní význam?

.....

4. Proč nejsou domovní čistírny odpadních vod vhodné do chalup? Jakým systémem bys je nahradil/a?

.....
.....

5. Zamysli se, proč se u nás nesmí používat drtiče kuchyňských odpadů.

.....
.....
.....
.....

6. Z jakých látek je složen bioplyn?

.....
.....
.....

7. Vysvětli termín „samočisticí schopnost vody“.

.....
.....
.....
.....

8. Přiřaď k sobě dvojice.

vyhnívací nádrže
kompostování
aerobní zóna
anaerobní zóna
usazovací nádrže
česle
část kalu
vysoké nároky na prostor
lapáky organiky

- A) přebytečný kal
- B) nitrifikace
- C) bioplyn
- D) fosforylace
- E) rašelina v květinářství
- F) kořenové čištění
- G) tuky, oleje
- H) hrubé nečistoty

9. Můžeme nakládat stejně s komunálními a průmyslovými odpadními vodami?

A) Ano, protože

.....
.....

B) Ne, protože

.....
.....

10. Vysvětli, co znamená tepelné znečištění vod.

.....
.....

11. Vysvětli rozdíl mezi CHSK a BSK.

.....
.....
.....
.....

ČÁST 3: NÁVRHY PRO PEDAGOGY NA DALŠÍ AKTIVITY

- **Zjisti, od kterého roku ve vašem městě/okrese funguje (nejstarší) čistírna odpadních vod.**

.....
.....
.....

- **Zuby bychom měli čistit cca 3 min. Někdo nechává po tuto dobu téci vodu. Změřte, kolik vody takto zcela zbytečně proteče.**

.....
.....
.....
.....

- **Zjisti, proč je jméno anglického inženýra Williama Henryho Lindleye důležité pro české kanalizační síť.**

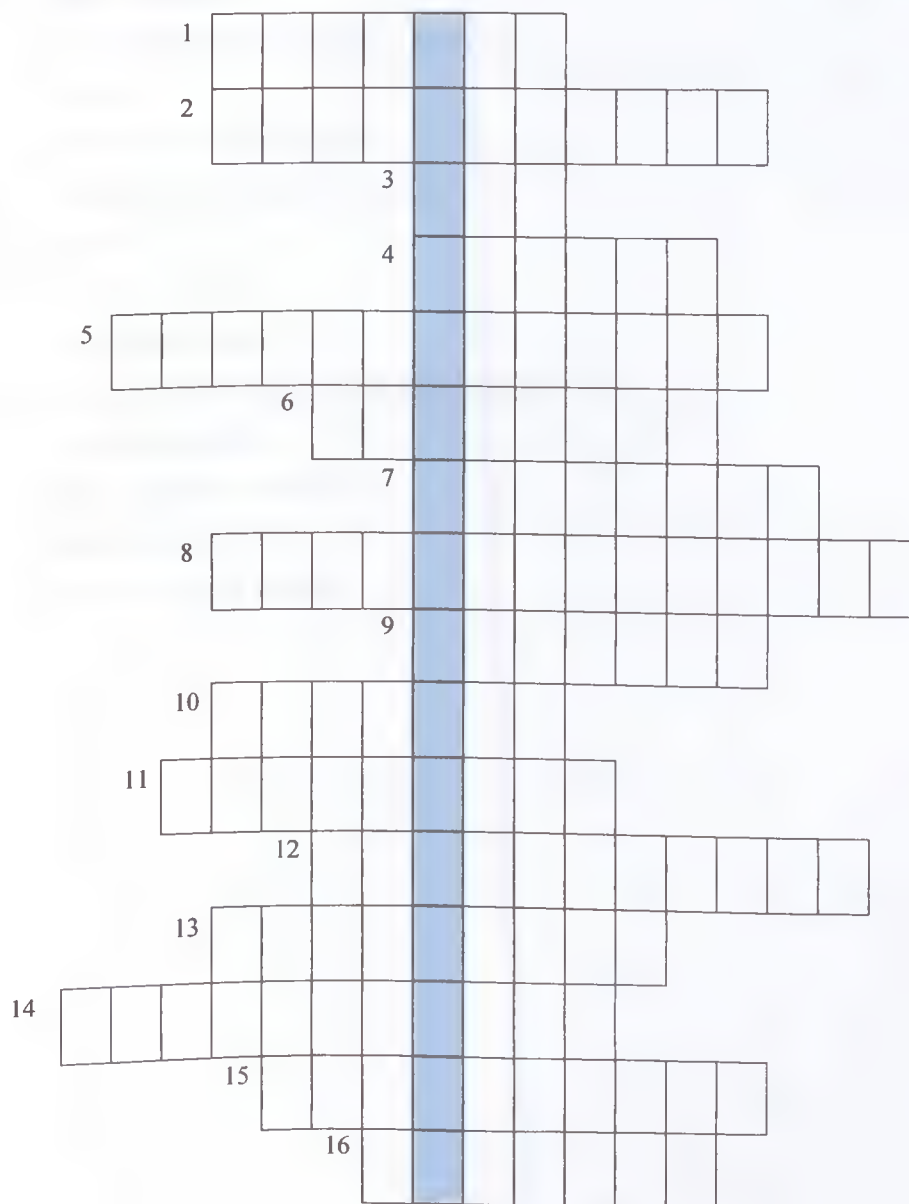
.....
.....
.....

- **Jaké je označení Vodního zákona?**

.....

KŘÍŽOVKA

U odpadních vod je prováděna oxidace organických látek pomocí...(viz tajenka)...v prostředí 50 % kyseliny sírové při teplotě 150 stupňů po dobu dvou hodin.



Legenda:

1. divadelní žánr
2. kouzelník
3. chemická spotřeba kyslíku
4. práce nespisovně
5. lesnaté pohoří mezi Čechami a Moravou
6. můj kraj
7. dánský spisovatel 19. století
8. hromadí se ve svalech při pohybu
9. kalium
10. podlahová krytina
11. negramotný člověk
12. typy srážek poškozující především jehličnaté lesy
13. odvětví matematiky
14. válka mezi léty 1618-1648
15. elektronická součástka
16. stopy po dravých ptácích

Příloha číslo XI: Úplné znění pracovního listu – vyplněný.
Správné odpovědi jsou vyznačeny barevně.

PRACOVNÍ LIST pro vyšší ročníky gymnázia
KOMUNÁLNÍ ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD

ČÁST 1: TERÉNNÍ

- 1) **K jakým účelům slouží mechanické česle? *Zakroužkuj.***
- a) Slouží k vychytávání těžkých nečistot z vody.
 - b) Slouží k vychytávání tuků.
 - c) Slouží k vychytávání plovoucích nečistot z vody.
- 2) **Z jakých důvodů je pro správný chod čistírny odpadních vod nebezpečná přítomnost písku? *Zakroužkuj.***
- a) Písek obsahuje nebezpečné těžké kovy.
 - b) Písek by zanesl technická zařízení ČOV.
 - c) Jeho přítomnost ohrožuje kultury bakterií.
 - d) Jeho přítomnost není nebezpečná a zůstává v čištěné vodě.

3) Kolik je v čistírně odpadních vod vyhnívacích nádrží? K čemu slouží?

Počet individuální u každé ČOV, slouží k výrobě bioplynu za vyšších teplot.

4) Z jakého důvodu jsou důležité usazovací nádrže?

Usazování drobných nerozpuštěných látek; vznik takzvaného primárního kalu. Využíván v nitrifikaci.

5) Jaké druhy bakterií jsou v čistírnách odpadních vod využívány?

Nitrifikační; heterotrofní.

6) K jakým pochodům se využívá zpětný kal? Zakroužkuj.

a) Žádným, veškerý kal se kompostuje nebo spaluje.

b) Zpětný kal se odvádí do vyhnívacích nádrží, kde slouží k výrobě bioplynu.

c) Zpětný kal se využívá k novému naočkování kultur „čistících“ bakterií.

7) Jak se od sebe liší biologické a chemické čištění?

Biologické: využívá přirozených procesů čištění vody s využitím namnožených heterotrofních bakterií.

Chemické: do čištěné vody se přidávají různá srážedla a chemické látky.

8) K jakým účelům využívají čistírny vyrobený bioplyn? Zakroužkuj.

- a) Nevyužívají ho pro vlastní potřeby, odvádějí ho elektrárnám.
- b) K ničemu, volně ho vypouštějí.
- c) K vlastnímu pokrytí elektrických a tepelných nákladů.

9) Jaké prvky se především odstraňují z odpadní komunální vody?

Zakroužkuj.

- a) P a S
- b) K a N
- c) P a N

10) Z jakého důvodu je pro správný chod čistírny důležité odstraňování tuků?

Zalepil by spojovací potrubí a technická zařízení ČOV

ČÁST 2: ŠKOLNÍ

1) Zamysli se a napiš, kde všude v přírodě může vznikat bioplyn (minimálně 4).

Rašeliniště, bažiny, žaludek živočichů (přežvýkavci), hnoje a kejdy, rýžová pole, mokřady.

2) Zamysli se a napiš, jak se s odpady zacházelo ve středověku. Jaké mělo toto zacházení dopady na život ve městech?

Žádná kanalizace, kontaminování studen a pramenů pitné vody splašky; vylévání splašků a fekálií do ulic atd. Díky tomuto mnoho infekčních chorob.

3) Představ si, že jsi projektant a tvým úkolem je navrhnout komunální čistírnu odpadních vod. Jaký údaj o městě bude mít pro tebe zásadní význam?

EQ-počet ekvivalentních obyvatel.

4) Proč nejsou domovní čistírny odpadních vod vhodné do chalup? Jakým systémem bys je nahradil/a?

Aby čistírny byly účinné, musí být nepřetržitě v provozu, při dlouhodobém nepoužívání dojde k vymření „užitečných“ bakterií, které čistí vodu. Z toho důvodu je lepší některý druh septiků.

5) Zamysli se, proč se u nás nesmí používat drtiče kuchyňských odpadů.

V převážné většině měst nejsou kanalizační systémy uspořádány na takové množství poměrně husté hmoty. Došlo by k ucpání potrubí. Pokud není tento

problém, musí tento odpad z vody vycytávat a likvidovat, což je finančně náročné.

6) Z jakých látek je složen bioplyn?

Methan, oxid uhličitý, vodní pára, dusík, kyslík, sulfan, čpavek

7) Vysvětli termín „samočisticí schopnost vody“.

V recipientu se běžně vyskytují heterotrofní bakterie, které se živý organikou rozpuštěnou či nerozpuštěnou ve vodě. Tyto bakterie ohrožuje přítomnost např. těžkých kovů.

8) Přiřaď k sobě dvojice.

vyhnívací nádrže	C
kompostování	A
aerobní zóna	B
anaerobní zóna	D
usazovací nádrže	/
česle	H
část kalu	E
vysoké nároky na prostor	F
lapáky organiky	G

A) přebytečný kal

B) nitrifikace

- C) bioplyn
- D) fosforylace
- E) rašelina v květinářství
- F) kořenové čištění
- G) tuky, oleje
- H) hrubé nečistoty

9) Můžeme nakládat stejně s komunálními a průmyslovými odpadními vodami?

B) Ano, protože

.....
.....

A) Ne, protože průmyslové odpadní vody obsahují různé chemické látky, které je nutné odbourávat speciálními postupy.

10) Vysvětli, co znamená tepelné znečištění vod.

Do recipientu je vypouštěna voda buď o vyšší či nižší teplotě, což má opět vliv na život ve vodním prostředí.

11) Vysvětli rozdíl mezi CHSK a BSK.

CHSK: chemická spotřeba kyslíku

BSK: biologická spotřeba kyslíku

ČÁST 3: NÁVRHY PRO PEDAGOGY

- **Zjistí, od kterého roku ve vašem městě/okrese funguje (nejstarší) čistírna odpadních vod.**

Individuální. Stará čistírna v Praze vznikla během let 1895 – 1906. ČOV Bubeneč od roku 1967 (potud fungovala nepřetržitě stará čistírna).

- **Zuby bychom měli čistit cca 3 min. Někdo nechává po tuto dobu téci vodu. Změřte, kolik vody takto zcela zbytečně proteče.**

- **Zjistí, proč je jméno anglického inženýra Williama Henryho Lindleye důležité pro české kanalizační sítě.**

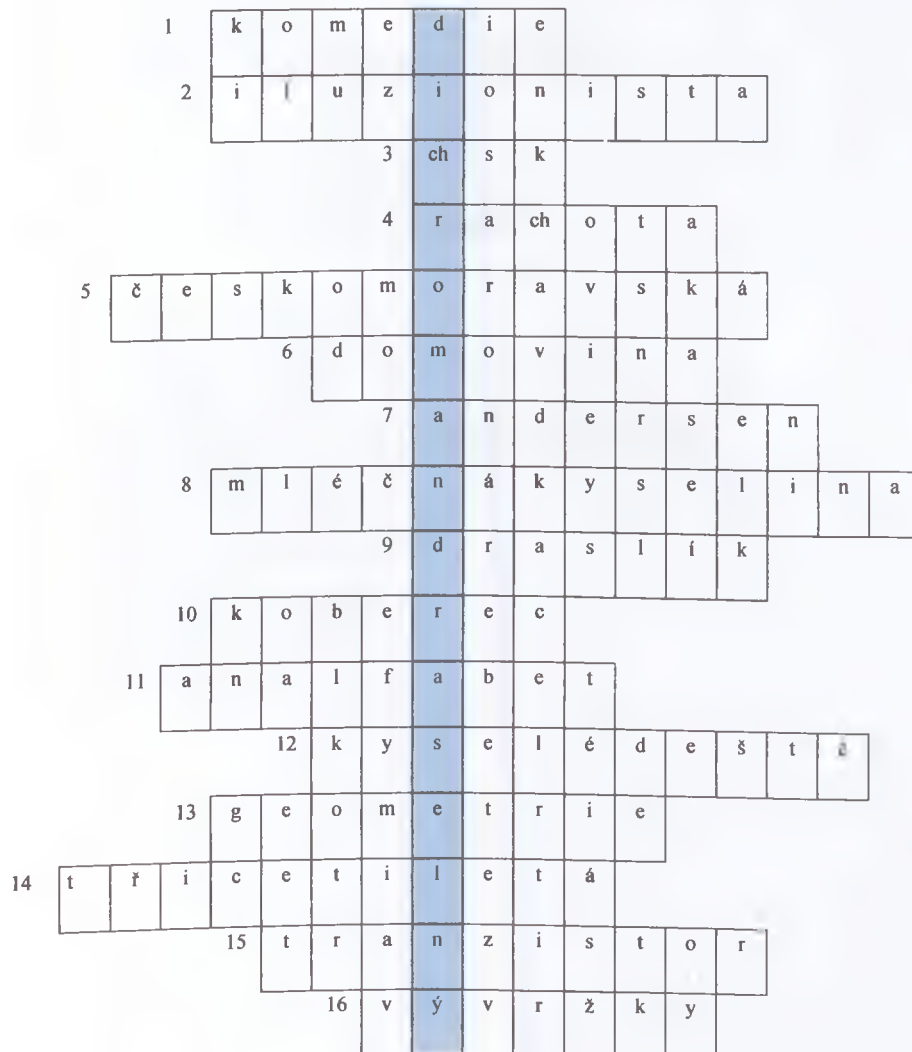
Protože podle jeho návrhu byl vybudován první kanalizační systém v naší zemi, konkrétně v Praze.

- **Jaké je označení Vodního zákona?**

Č. 254/2001 Sb.

KŘÍŽOVKA

U odpadních vod je prováděna oxidace organických látek pomocí...(viz tajenka)...v prostředí 50 % kyseliny sírové při teplotě 150 stupňů po dobu dvou hodin.



Legenda:

1. divadelní žánr
2. kouzelník
3. chemická spotřeba kyslíku
4. práce nespisovně
5. lesnaté pohoří mezi Čechami a Moravou
6. můj kraj
7. dánský spisovatel 19.století
8. hromadí se ve svalech při pohybu
9. kalium
10. podlahová krytina
11. negramotný člověk
12. typy srážek poškozující především jehličnaté lesy
13. odvětví matematiky
14. válka mezi léty 1618-1648
15. elektronická součástka
16. stopy po dravých ptácích

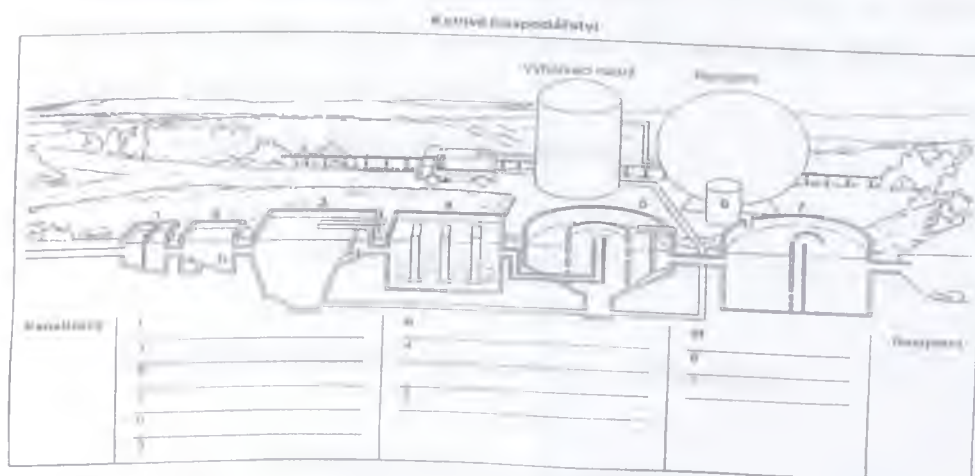
Příloha číslo XII: Úplné znění Informací studentům před zahájením exkurze.

KOMUNÁLNÍ ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD

TEXT PRO STUDENTY VYŠŠÍHO STUPNĚ GYMNÁZIÍ

Tento text by vám měl posloužit k rychlé orientaci v problematice komunálních čistíren odpadních vod před tím, než toto zařízení navštívíte se svou školou. V průběhu exkurze v areálu čistírny odpadních vod je nezbytné dodržovat bezpečnostní pravidla, se kterými Vás seznámí pedagog. Taktéž se řiďte pokyny odpovědného pracovníka ČOV.

Pro rychlou orientaci si prohlédněte nejprve tento nákres.



I. Mechanický stupeň čištění:

- 1 česle
- 2 lapák písku
- 3 usazovací nádrž

II. Biologický čistící stupeň:

4 aktivační nádrž

5 dosazovací nádrž

III. Chemický čistící stupeň:

zásobník srážedla

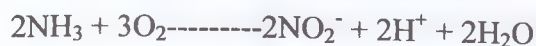
flokulační nádrž

V ČOV probíhají tyto 3 základní procesy čištění: **a) Mechanické předčištění; b) biologické čištění; c) terciární dočištění.**

Do mechanického předčištění patří tato zařízení: česle (slouží k vychytávání plovoucích nečistot); lapák písku, lapák tuků a lapák štěrků; usazovací nádrže (v nich se usazuje primární kal z jemných nečistot).

V biologickém čištění probíhají dva základní děje a to: **nitrifikace a denitrifikace**. **Nitrifikace** probíhá v aerobním prostředí za přítomnosti nitrifikačních bakterií (dále někteří prvoci *Vorticella* atd.; houby, plísně a kvasinky). Nitrifikace má dva stupně:

- 1. amoniakální **dušík** oxiduje na **dušitany**



Bakterie *Nitrosomonas*, *Nitrosococcus*, *Nitrosospina*

- 2. vzniklé **dušitany** oxidovány na **dušičnany**



Bakterie *Nitrobacter*, *Nitrocystis*

Denitrifikace probíhá za anaerobních podmínek. V anaerobních podmínkách také vzniká bioplyn (který se vytváří ve vyhnívacích nádržích za vyšších teplot). **Bioplyn** se dále využívá k pokrytí tepelných a elektrických nákladů čistírenských procesů.

Co vlastně je denitrifikace? Jedná se o **redukci dusitanů** a dusičnanů až na N_2 nebo NO_2 . Vše probíhá za přítomnosti těchto bakterií: *Micrococcus*, *Pseudomonas*, *Denitrobacillus*.

V biologickém stupni čištění vzniká také velké **množství kalu** (jsou to nečistoty a odumřelé bakterie odstraněné z čištěné vody). Nakládání s kalem se odborně označuje jako **kalové hospodářství**. Důležité je si uvědomit, že kal se z vody odstraňuje postupně tak, jak jdou jednotlivé stupně čištění za sebou a podle toho, v jakém stupni se kal odebírá, se s ním také zachází. Na začátku čištění se s kalem nakládá jako s nebezpečným odpadem, protože obsahuje mnoho nebezpečných látek, a proto se pálí. Dále se kal může skládkovat či kompostovat. Existuje i takzvaný **zpětný kal**, kterým se zpětně očkuje kultura bakterií v biologickém procesu čištění.

Terciární stupeň je důležitý a poslední stupeň čištění vody před tím, než bude vypuštěna zpět do recipientu (přírozený vodní tok). Odstraňují se zde poslední nečistoty, které ve vodě ještě zbyly a také se odstraňují chemické látky, které se do vody dostaly během procesu čištění přímo v ČOV.

Celý proces čištění a kvalita vyčištěné vody podléhá přísným **kontrolám**. Jsou stanoveny limity hladin pro mnoho sledovaných prvků a sloučenin. Především se sledují prvky **N a P** a jejich sloučeniny, které jsou odstraňovány v biologickém a terciárním stupni. V čistírenství jsou dále důležité tyto dva termíny: **BSK5** (biologická spotřeba kyslíku za 5 dní) a **CHSK** (chemická spotřeba kyslíku). BSK znamená, kolik je třeba kyslíku k odbourání biologických rozpuštěných látek ve vodě. CHSK znamená, kolik se potřebuje

kyslíku k odbourání i nebiologických (chemických) rozpuštěných látek ve vodě.

V České republice upravují nakládání s vodami dva zákony. Jedná se o **Vodní zákon a Zákon o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu**. Znění zákonů naleznete na těchto webových stránkách (ke dni 5. 1. 2008):

Vodní zákon

<http://zakony.gastronews.cz/zivotni-prostredi/zakon-c-254-2001-sb-vodni-zakon>

Zákon o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu

<http://www.env.cz/www/zakon.nsf/2a434831dcbe8c3fc12564e900675b1b/60b6df7231ed467cc1256e3200355a9e?OpenDocument>

Ať se vám exkurze líbí.

Příloha číslo XIII: Úplné znění dotazníku pro ČOV.

Dobrý den,

v rámci diplomové práce Problematika komunálních odpadních vod ve výuce biologie na SŠ zjišťuji, které čistírny odpadních vod umožňují středním školám exkurze do svých prostor. Prosím o zaslání odpovědi, zda tuto službu školám poskytuje ČOV (*název konkrétní čistírny odpadních vod*).

Děkuji za odpověď. S přáním hezkého dne Zuzana Čábelová

Příloha číslo XIV: Úplné znění kontrolního testu pro studenty.

Kontrolní test: Komunální čistírny odpadních vod

Název školy:.....

Třída:

Jméno:

Datum:

Ve všech položkách testu je vždy jen 1 správná odpověď.

1) Jaké dva zákony o ochraně a zacházení se všemi druhy vod platí v České republice? *Zaškrtněte správnou odpověď.*

- a) Zákon o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a Zákon o odpadech
- b) Vodní zákon a Zákon o životním prostředí
- c) Zákon o odpadech a Zákon o životním prostředí
- d) Vodní zákon a Zákon o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu

2) Kdo vydává povolení k vypouštění odpadních vod do recipientu? *Zaškrtněte správnou odpověď.*

- a) Příslušný obecní úřad
- b) Ministerstvo životního prostředí
- c) Vodoprávní úřad
- d) Není třeba povolení

3) Ve kterém technickém zařízení je vyráběn bioplyn? *Zaškrtněte správnou odpověď.*

- a) Vyhnívací nádrže
- b) Usazovací nádrže
- c) Dosazovací nádrže

4) Jaké dva hlavní procesy probíhají v biologickém stupni čištění odpadní vody vzhledem k využití kyslíku

- a)
- b)

5) Jaký je hlavní rozdíl mezi chemickým a biologickým čištěním odpadních vod?

.....
.....
.....
.....
.....
.....

6) Můžeme nakládat stejně s komunálními a průmyslovými odpadními vodami?

a) Ano, protože

.....
.....

b) Ne, protože

.....
.....

7) Jaké prvky a jejich sloučeniny se především odbourávají při procesu čištění odpadních vod? *Zaškrtněte správnou odpověď.*

- a) N a K a jejich sloučeniny
- b) N a P a jejich sloučeniny
- c) N a S a jejich sloučeniny
- d) N a Hg a jejich sloučeniny

8) Jakým způsobem se z čištěné vody odstraňují tuky?

.....
.....

9) Jaké jsou 3 základní stupně čištění odpadní vody?

I.

II.

III.

10) K čemu v ČOV slouží česle? *Zaškrtněte správnou odpověď.*

- a) Usazují se v nich pevné neplovoucí látky, například štěrk
- b) Slouží k vychytávání tuků z hladiny odpadních vod
- c) Slouží k výrobě bioplynu
- d) Slouží k vychytávání plovoucích nečistot

11) Co znamená tepelné znečištění? Proč je pro život v recipientu nebezpečné?

.....
.....
.....
.....

12) Proč je před vypuštěním vody do recipientu nutný terciární stupeň čištění odpadní vody?

.....
.....
.....
.....

BONUSOVÁ otázka: za tuto správně zodpovězenou otázku můžete získat bod navíc, který Vám vylepší skóre. V případě nezodpovězení, nebo chybné odpovědi, nemá tato otázka na Vaše skóre vliv.

Kde v přírodě může vznikat bioplyn? (min 3)

- a)
- b)
- c)
- d)

Příloha číslo XV: Úplné znění kontrolního testu pro studenty – vyplněný. Správná odpověď vyznačena barevně.

Kontrolní test: **Komunální čistírny odpadních vod** (vyplněné)

Ve všech položkách testu je vždy jen **1 správná odpověď**.

- 1) Jaké dva zákony o ochraně a zacházení se všemi druhy vod platí v České republice? *Zaškrtněte správnou odpověď.*
 - a) Zákon o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a Zákon o odpadech.
 - b) Vodní zákon a Zákon o životním prostředí.
 - c) Zákon o odpadech a Zákon o životním prostředí.
 - d) Vodní zákon a Zákon o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu.

- 2) Kdo vydává povolení k vypouštění odpadních vod do recipientu? *Zaškrtněte správnou odpověď.*
 - a) Příslušný obecní úřad,
 - b) Ministerstvo životního prostředí,
 - c) Vodoprávní úřad,
 - d) není třeba povolení.

- 3) Ve kterém technickém zařízení je vyráběn bioplyn? *Zaškrtněte správnou odpověď.*
 - a) Vyhnívací nádrže,
 - b) usazovací nádrže,
 - c) dosazovací nádrže.

- 4) Jaké dva hlavní procesy probíhají v biologickém stupni čištění odpadní vody vzhledem k využití kyslíku?

Aerobní a anaerobní.

- 5) Jaký je hlavní rozdíl mezi chemickým a biologickým čištěním odpadních vod?

Biologické čištění: využívá přirozené schopnosti heterotrofních organismů/bakterií čistit vodu.

Chemické čištění: přidávají se různé chemické látky, které jsou používány např. jako srážedla.

- 6) Můžeme nakládat stejně s komunálními a průmyslovými odpadními vodami?

a) Ano, protože

b) Ne, protože v průmyslových odpadních vodách se nachází velké množství těžkých kovů a nebezpečných látek.

- 7) Jaké prvky a jejich sloučeniny se především odbourávají při procesu čištění odpadních vod? *Zaškrtněte správnou odpověď.*

- a) N a K a jejich sloučeniny
- b) N a P a jejich sloučeniny
- c) N a S a jejich sloučeniny
- d) N a Hg a jejich sloučeniny

- 8) Jakým způsobem se z čištěné vody odstraňují tuky?

Lapák tuků využívá rozdílnosti hustot tuků a vody.

9) Jaké jsou 3 základní stupně čištění odpadní vody?

Mechanické, biologické, chemické.

10) K čemu v ČOV slouží česle? *Zaškrtněte správnou odpověď.*

- a) Usazují se v nich pevné neplovoucí látky, například štěrk.
- b) Slouží k vychytávání tuků z hladiny odpadních vod.
- c) Slouží k výrobě bioplynu.
- d) Slouží k vychytávání plovoucích nečistot.

11) Co znamená tepelné znečištění? Proč je pro život v recipientu nebezpečné?

Do recipientu je vypouštěna voda o výrazně jiné teplotě (teplejší/studenější), která významně narušuje rovnováhu vodního prostředí.

12) Proč je před vypuštěním vody do recipientu nutný terciární stupeň čištění odpadní vody?

Během tohoto stupně se usazují poslední nečistoty, které ve vodě ještě zůstaly. Dochází rovněž k odbourávání některých chemických látek, které se do vody dostaly během procesu čištění.

BONUSOVÁ otázka:

Kde v přírodě může vznikat bioplyn? (min 3)

Mokřady, rýžová pole, trávicí trakt přežvýkavců, hnoje, bažiny.

Příloha číslo XVI: PowerPointová prezentace - je přiložena na CD jako součást diplomové práce.