

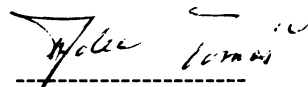
**Tomáš Hudec**

**Implementace interaktivních prvků do výuky chemie  
na příkladu:**

**„Chemie odpadních vod“**

Souhlasím se zapůjčením mé práce ke studijním účelům. Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval sám s použitím uvedené literatury.

Ostrava 5.3. 2007

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Hudec Tomáš', written over a horizontal dashed line.

Tomáš Hudec

Úvod.....	2
1 Řešená hypotéza.....	3
1.1 VYMEZENÍ ŘEŠENÉ HYPOTÉZY .....	3
1.2 ZPŮSOB ŘEŠENÍ HYPOTÉZY.....	4
1.3 ZPŮSOB OVĚŘOVÁNÍ ŘEŠENÉ HYPOTÉZY. ....	6
2 Experimentální řešení hypotézy.....	8
2.1 KLASICKÝ TEXT .....	8
2.1.1 <i>Klasický text pro výuku standardní třídy všeobecného zaměření na gymnáziu (2. ročník)</i> .....	8
2.1.2 <i>Klasický text pro výuku v Semináři z chemie – volitelný předmět</i> .....	8
2.1.3 <i>Struktura textu a základní učební úlohy k textu.</i> .....	9
2.2 INTERAKTIVNÍ MODEL MĚSTSKÉ ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD .....	11
2.2.1 <i>Struktura modelu a základní ovládací prvky</i> .....	11
2.2.2 <i>Flexibilní úpravy modelu</i> .....	15
2.2.2.1 <i>Úprava fotografií</i> .....	15
2.2.2.2 <i>Úprava videosekvence</i> .....	15
2.2.2.3 <i>Úprava otázek</i> .....	16
2.3 E – LEARNINGOVÝ MODUL .....	16
2.3.1 <i>E-learningový modul pro všeobecné třídy gymnázia</i> .....	17
2.3.2 <i>E-learningový modul pro seminář z chemie</i> .....	22
2.3.3 <i>Flexibilní úpravy e-learningového modulu</i> .....	28
2.3.3.1 <i>Úprava obsahu</i> .....	28
2.3.3.2 <i>Úprava fotografií</i> .....	29
2.3.3.3 <i>Úprava a tvorba testů</i> .....	29
2.3.3.4 <i>Základní struktura e-learningového kurzu ve spojení s modelem ČOV a možné úpravy</i> .....	31
2.4 VÝSLEDKY VÝZKUMU .....	33
2.4.1 <i>Třídy všeobecného gymnázia</i> .....	33
2.4.2 <i>Žáci semináře z chemie</i> .....	45
2.4.3 <i>Didaktická analýza výzkumu</i> .....	55
3 Závěr a diskuse.....	60
3.1 ZÁVĚREČNÉ VYHODNOCENÍ HYPOTÉZY.....	60
3.2 DISKUSE.....	60
4 Konec a shrnutí práce.....	62
4.1 KONEC .....	62
4.2 SHRUTÍ (SUMMARY) .....	62
5 Přílohy .....	64
5.1 PŘÍLOHA 1.....	64
5.2 PŘÍLOHA 2.....	71
5.3 PŘÍLOHA 3.....	73
5.4 PŘÍLOHA 4.....	74
6 Seznam literatury .....	75

## Úvod

Dynamika doby, ve které žijeme, si vyžaduje adekvátní reakci ve všech oblastech našeho života. Styl práce učitele i žáka se zásadně mění. Nové metody a formy výuky se objevují a zase mizí rychlostí světla. Která z nich je lepší, která horší, co je pro příjemce informací vhodné a co ne? To je otázka, kterou si kladu v průběhu celé své učitelské praxe.

Půvab a jedinečnost chemie, jako experimentální vědecké disciplíny, vždy spočíval v syntéze teoretické a praktické formy výuky. Současný nástup informačních technologií umožňuje některé situace z experimentální praxe zpracovat a následně předkládat žákům a studentům. Chemický experiment stále zůstává nenahraditelnou součástí výuky chemie, ale možnost opakování, zpomalení, zastavení i okamžité reflexe je značně omezena. Pochopit technologické procesy chemických výrob není možné pouze z nákresů, schémat nebo krátkých exkurzí.

Zpracování vhodných témat učiva pomocí informačních technologií a předložení žákům ve formě uceleného a strukturovaného výstupu s flexibilní zpětnou vazbou, je dobrou cestou k modernizaci výuky chemie. Záporem práce s informačními technologiemi v procesu výuky je občasná převaha efektnosti nad efektivitou práce. Složitost a nepřehlednost pro učitele a žáka způsobují stále poměrně malé rozšíření informačních technologií ve výuce chemie i dalších předmětů. Učitel i žák musí být schopen v procesu vzájemné interakce schopný měnit obsah učiva v závislosti na konkrétní situaci. Jedním z cílů mé práce je ukázat možnosti pro učitele, který není nutně odborníkem v oblasti informačních technologií, ale má zájem je používat.

Výuka pomocí klasické vzdělávací opory, interaktivní multimediální modely, využití distanční formy práce? Která forma a metoda práce je nejvhodnější? Je nejvhodnější syntéza výše uvedených postupů? Nejen na tyto otázky se pokusím odpovědět ve své práci.

# 1 Řešená hypotéza

V souladu s kurikulární reformou školství, s tvorbou rámcových vzdělávacích programů(RVP), tvorbou školních vzdělávacích programů(ŠVP) a s ohledem na vzdělávací obsah oboru chemie, musí každá škola a v ní každý učitel adekvátním způsobem reagovat na změny v oblasti osvojování učiva. Přírodovědné vzdělávání musí být objektivní a pravdivé. Toho lze dosáhnout takovým způsobem předkládání poznatků, který umožňuje interaktivní formy práce s možností objektivní diskuse. Vzdělávací obsah musí umožnit žákům všech stupňů škol zaujmout vlastní postoje k různým informacím. Jednou z cest je modelování reálných situací a jejich předkládání žákům nejvhodněji zvolenou formou.

## 1.1 Vymezení řešené hypotézy

Rozvoj společnosti jde ruku v ruce se stále rychlejším a mohutnějším tokem informací. Má – li člověk správné informace, vždy bude mít náskok před těmi, kteří je nemají. Člověk musí s informacemi pracovat, třídít je a uchovávat pro **použití v pravý čas a na pravém místě**. Podle mého názoru je tento požadavek mnohem důležitější, než informace samotná. Způsob předložení informace musí být v souladu s charakterem znalostí, které následně od příjemce požadujeme. Chemie jako věda empiricko – teoretického charakteru je pro předkladatele informací (učitele) skutečným oříškem. Problémy s používáním chemických experimentů v praxi učitele gymnázia, který je zásadně omezen v prvé řadě nesouladem mezi hodinovou dotací pro předmět chemie a obsahem učiva. Následně výuku chemie limituje neúměrné zpřísnění bezpečnostních předpisů v oblasti práce s chemickými látkami. Základem pro osvojení učiva chemie tedy jsou a budou různé typy studijních opor. S průnikem moderních informačních technologií do světa středního i základního školství se rozšířily možnosti využití různých forem i metod osvojování učiva. Základní imperativ, který je minimálně na gymnáziích splněn, je přístup žáků k počítačům a internetu. Téma vhodné k rozpracování pomocí klasického textu i pomocí interaktivního modelu s použitím distanční formy výuky bylo nabíledni. Požadavky na ochranu životního prostředí, svého zdraví i zdraví ostatních lidí jsou pevně zakomponovány v cílovém zaměření vzdělávací

oblasti Člověk a příroda. Zpracování oblasti čištění odpadních vod je v dostupných učebnicích středního i základního školství značně podceněno, ve většině z nich se objevuje pouze povšechná informace. Rozvoj ochrany vod a následný požadavek na informované absolventy středních škol z praxe mě vedl ke zpracování standardního textu i distanční formy studijní opory. Zásadním výstupem je interaktivní model městské čistírny odpadních vod. Analyzoval jsem společný i izolovaný vliv zvolených prostředků na efektivitu osvojování učiva. Pozornost jsem věnoval rozdílům mezi žáky i v oblasti motivační. Jsem si vědom nedostatku, který tkví v omezení konkrétní experimentální práce v laboratoři. Z časových i bezpečnostních důvodů se domnívám, že mnou zvolená cesta je pro výuku středoškolského charakteru vhodná. Následně předložené výsledky mě utvrdily v názoru, že nejvhodnější pro výuku zvoleného tématu a témat podobného charakteru, je kombinace klasického textu s použitím audiovizuálních a interaktivních prvků s upevněním učiva pomocí distančního studia.

Na základě výše uvedených názorů se ve své práci zaměřím na řešení následující hypotézy:

**Prostřednictvím použití interaktivních prostředků v procesu osvojování tématu „Čištění odpadních vod“ se tento proces výrazně zefektivní. Prokazatelného zkvalitnění se dosáhne zejména společnou aplikací klasické výuky s výukou interaktivní a distanční (blended learning). Flexibilita použitého modelu výuky umožní jednoduše zasahovat učitelům i žákům do obsahu výuky podle konkrétních požadavků. Izolovaným používáním výše uvedených postupů nelze dosáhnout odpovídajících výsledků ve všech oblastech výuky výše uvedeného tématu. Kompaktní zpracování učiva „Čištění odpadních vod“ umožní jeho hladké začlenění do školního vzdělávacího programu v souladu se vzdělávacím obsahem oboru chemie v oblasti „Chemie kolem nás“. Výstupy práce mohou být použity i v jiných oblastech výuky chemie.**

## 1.2 Způsob řešení hypotézy

**Klasický text** byl zpracován na základě dostupné literatury a osobní zkušenosti s technologickým procesem čištění odpadních vod. Je zpracován tak, aby pokryl

základní problematiku tématu a aby po jeho prostudování měli příjemci informací – žáci dostatek znalostí k napsání srovnávacích testů. Text je vytvořen pro dvě skupiny žáků:

- pro skupinu žáků klasické třídy gymnázia,
- pro žáky dobrovolně navštěvující volitelný předmět „Seminář z chemie“.

**Model čistírny odpadních vod** byl vytvořen s cílem vizualizace předkládaného tématu s možností jednoduché zpětné vazby při studiu. Dalším imperativem při tvorbě tohoto modelu byla interaktivita, snadné ovládání a úprava jednotlivých prvků. Model umožňuje například:

- pracovat pouze s konkrétní částí technologické linky ČOV
- měnit druh a počet použitých fotografií, jejich velikost, popis a další charakteristiky
- upravit obsah, délku a počet použitých filmových sekvencí
- měnit počet a obsah otázek, které ověřují osvojené znalosti, přičemž zde konkrétně byly použity dva stupně otázek podle obtížnosti opět v rámci klasické gymnaziální třídy a skupiny z chemického semináře.
- propojit model s distančním textem ve formě e-learningu

Interaktivní schéma modelu ČOV bylo vytvořeno v programu Macromedia Flash, samotný obsah technologií XHTML, filmové sekvence byly zpracovány pomocí programu Microsoft Movie Maker, fotografie v programu Zoner Photo Studio 8. Technologie zpracování byla volena s ohledem na dostupnost, finanční nenáročnost a jednoduchost ovládání pro autora a potenciální uživatele. Jazyk XHTML je v současné době výchozím standardem pro tvorbu webových aplikací, jasně odděluje logickou strukturu stránky od vzhledu, který je definován pomocí „kaskádových stylů“ CSS. Kladem XHTML je malá odlišnost od jazyka HTML, se kterým se mohli učitelé setkat již dříve v rámci školení SIPVZ.

**Distanční text pro e-learning** je k dispozici v elektronické podobě a byl vytvořen pomocí značkového jazyka XHTML, fyzický vzhled pak je určen vlastnostmi CSS. Výhodou e-learningového modulu je nezávislost na prostředí LMS (systémy pro řízení výuky) a je spustitelný ve většině internetových prohlížečů. Zpětnovazební testy, které jsou zařazeny mezi jednotlivými kapitolami, jsou tvořeny kombinací XHTML, CSS a Javascriptu, u kterého může autor vhodně optimalizovat obsah a výsledné stránky jsou plně přenositelné. Využití je možné ve formě on – line i bez

přístupu k internetu. Pro tvorbu tohoto modulu byly zároveň důležité zásady pro tvorbu opory k distančnímu studiu, jako je:

- přehlednost a srozumitelnost učiva
- použití vizuálních prvků
- využití zpětné vazby

Předností je opět jednoduchost ovládání toku výuky a možnost změny obsahu modulu. Modul umožňuje například:

- měnit druh a počet použitých fotografií, jejich velikost, popis a další charakteristiky
- průběžně doplňovat a modifikovat slovník
- doplňovat, upravovat a měnit počet otázek v jednotlivých testech, které v základní struktuře musí absolvovat každý příjemce informací (i to lze samozřejmě jednoduše změnit)
- měnit samotný text, počet a pořadí kapitol.

Síla celého systému je ve společném využití všech výše uvedených prvků. Obdobné zpracování některých témat obdobného charakteru nejen z chemie (například technologie výroby) umožní uchopení problematiky většinou žáků i učitelů. Výsledkem bude hladké zapracování do procesu školního vzdělávacího programu (ŠVP) v daném oboru.

### 1.3 Způsob ověřování řešené hypotézy.

Cílem ověřování bylo zjistit kvalitu výukového procesu a stanovit nejvhodnější strategii osvojování učiva „Čištění odpadních vod“. Pro zabezpečení co nejněvhodnějších výsledků evaluace výukového procesu jsem využil výzkum formou testu. Test byl zaměřen na ověření znalostí učebních úloh, na které jsem výše uvedené téma rozdělil. Srovnání proběhlo na úrovni klasických tříd gymnázia ... třech tříd druhých ročníků (80 žáků), **dále 2. A, 2. B, 6. p**, pro které byl test z pohledu Bloomovy taxonomie intelektuálních cílů výuky zaměřen na maximálně třetí hladinu (1. *znalost*, 2. *porozumění*, 3. *aplikace*). Pro dvě skupiny účastníků volitelného předmětu „Seminář z chemie“ (25 žáků), **dále S1, S2**, byly některé otázky upraveny tak, aby ověřily také vyšší kategorie intelektuálních cílů dle výše uvedené

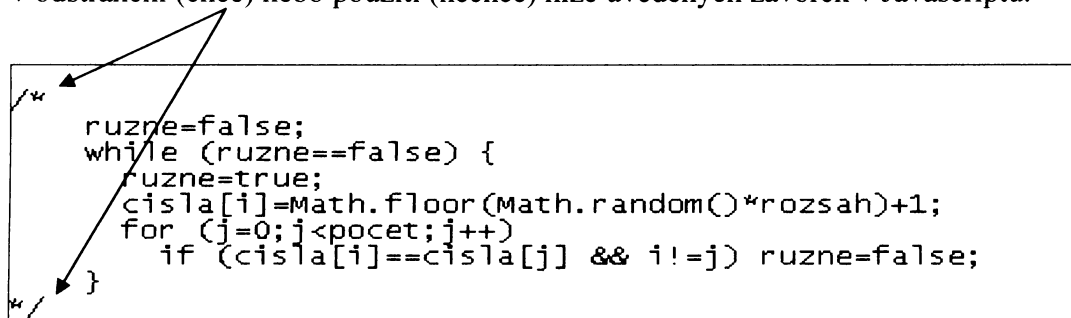


taxonomie(4. *analýza* – prozkoumá, vybere a 5. *hodnocení* – porovná). Otázky testu byly koncipovány pro všechny žáky sledovaných skupin bez rozdílu způsobu výuky.

Každý žák tříd 2. A, 2. B, 6. p měl k dispozici klasický text (*příloha 1*), skupina 2. A a 6. p také interaktivní model ČOV s e-learningem. Skupina 6. p pracovala distanční formou. Na závěr všechny skupiny psaly jednotný test, jehož vyhodnocení a závěry komentují v kapitole „Výsledky výzkumu“. Test byl předložen žákům on-line neanonymní formou se třemi možnostmi volitelné odpovědi u každé otázky, kterých bylo 20. Pro napsání testu byl stanoven časový interval 20 minut, který se následně jevil jako dostatečný.

**Žáci semináře z chemie** (S1, S2) měli rovněž k dispozici klasický text, třída S2 pracovala kombinovaně a třída S1 pomocí e-learningu. Test psali 15 minut a podle neformálních rozhovorů byli pod časovým tlakem, na který nejsou zvyklí.

Pro potřeby výzkumu byly otázky generovány pro žáky ve stejném pořadí, pro praktickou výuku je použit generátor otázek v náhodném pořadí (pro zvýšení objektivitu hodnocení). Veškerá činnost učitele, který chce nebo nechce generovat náhodně spočívá v odstranění (chce) nebo použití (nechce) níže uvedených závorek v Javascriptu.

A screenshot of a code editor showing JavaScript code for generating questions. The code is enclosed in a rectangular box with a dashed border. Two arrows point from the text above to the code: one points to the opening curly brace of the while loop, and the other points to the closing curly brace of the while loop. The code is as follows:

```
ruzne=false;
while (ruzne==false) {
  ruzne=true;
  cisla[i]=Math.floor(Math.random()*rozsah)+1;
  for (j=0;j<pocet;j++)
    if (cisla[i]==cisla[j] && i!=j) ruzne=false;
}
```

Obrázek 1 Generování otázek v Javascriptu

Test byl vytvořen kombinací XHTML, CSS a Javascriptu.

Test 1 - semestr 1

Vaše jméno:

1/20 : Obvyklá reakce splaškových odpadních vod je

- alkalická  
 kyselé  
 neutrální

2/20 : Některé látky rozpustné v odpadní vodě jsou schopny udržovat stále pH, mají tedy :



- neutralizační účinek  
 pufrací účinek  
 redukční účinek

### Obrázek 2 Závěrečný test - vstup

Testy jsou k dispozici na příloženém CD k této práci a na adrese:

[http://www.gym-bohumin.cz/predmety/chemie/cov/zaverecny\\_test/test1.html](http://www.gym-bohumin.cz/predmety/chemie/cov/zaverecny_test/test1.html)

<http://www.gym->

[bohumin.cz/predmety/chemie/cov\\_seminar/zaverecny\\_test/test1.html](http://www.gym-bohumin.cz/predmety/chemie/cov_seminar/zaverecny_test/test1.html)

## 2 Experimentální řešení hypotézy

### 2.1 Klasický text

#### 2.1.1 Klasický text pro výuku standardní třídy všeobecného zaměření na gymnáziu (2. ročník)

Text je koncipován na 2 hodiny výuky prezenční formou ve třídě a na možnost samostudia. Byl k dispozici všem žákům testovaných tříd. Je členěn do několika celků, které umožňují následnou formulaci učebních úloh v rámci ověřování stanovené hypotézy.

#### 2.1.2 Klasický text pro výuku v Seminári z chemie – volitelný předmět

Text je koncipován na 1 hodinu výuky prezenční formou ve třídě a na možnost samostudia. Byl k dispozici všem žákům semináře. Výuka v seminári probíhala pouze kombinovaně nebo formou e-learningu. To znamená, že žáci semináře nebyli

vyučování pouze za využití tohoto textu. Proti textu, který byl určen třídám všeobecného zaměření, jde v některých otázkách do větší obsahové hloubky a náročnosti. Je členěn do několika celků, které umožňují následnou formulaci učebních úloh v rámci ověřování stanovené hypotézy:

### 2.1.3 Struktura textu a základní učební úlohy k textu.

Členění textů i základní učební úlohy jsou stejné. Text pro seminář má náročnější obsahovou stránku.

1. Základní pojmy
2. Hodnocení kvality odpadních vod.
3. Možnosti čištění odpadních vod
4. Kyslík, to je ale plyn !
5. Městská čistírna odpadních vod
6. Kontrolní otázky

#### **Řešené učební úlohy:**

ad 1)

- Co je to odpadní voda?
- Jak se dělí odpadní vody?
- Jaké je složení odpadní vody?

ad 2)

- Jaká jsou hlavní kritéria pro stanovení znečištění odpadní vody

ad 3)

- Jaké existují možnosti čištění odpadních vod?
- Jak fungují mechanické procesy přirozeného čištění odpadních vod?
- Jak fungují biochemické procesy přirozeného čištění odpadních vod?
- Jak fungují chemické procesy přirozeného čištění odpadních vod?
- Co ovlivňuje jednotlivé procesy čištění odpadních vod?
- Jaké jsou možnosti umělého čištění odpadních vod?

ad 4)

- Jaký je význam kyslíku při čištění odpadních vod?

ad 5)

- Jaká je struktura čistírny odpadních vod?

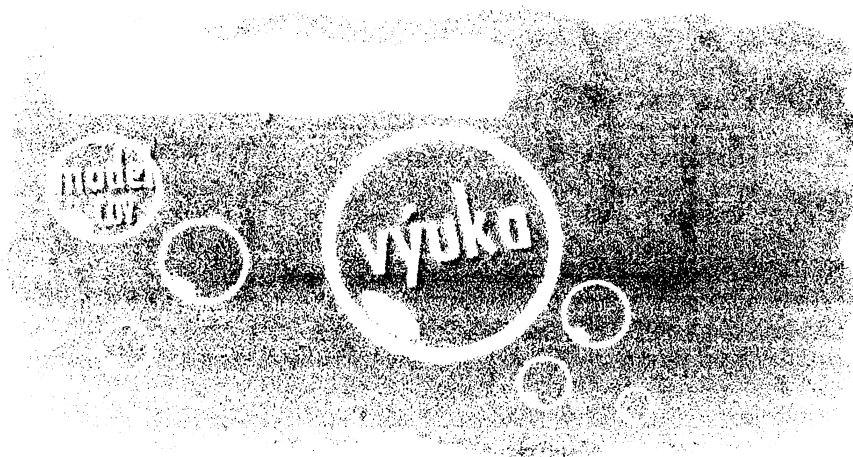
- Jak pracuje mechanický stupeň čištění odpadních vod?
- Jak pracuje biologický stupeň čištění odpadních vod?
- Jakým způsobem je zapojeno do systému ČOV kalové hospodářství?

Text je uveden v příloze č. 1.

## 2.2 Interaktivní model městské čistírny odpadních vod

### 2.2.1 Struktura modelu a základní ovládací prvky

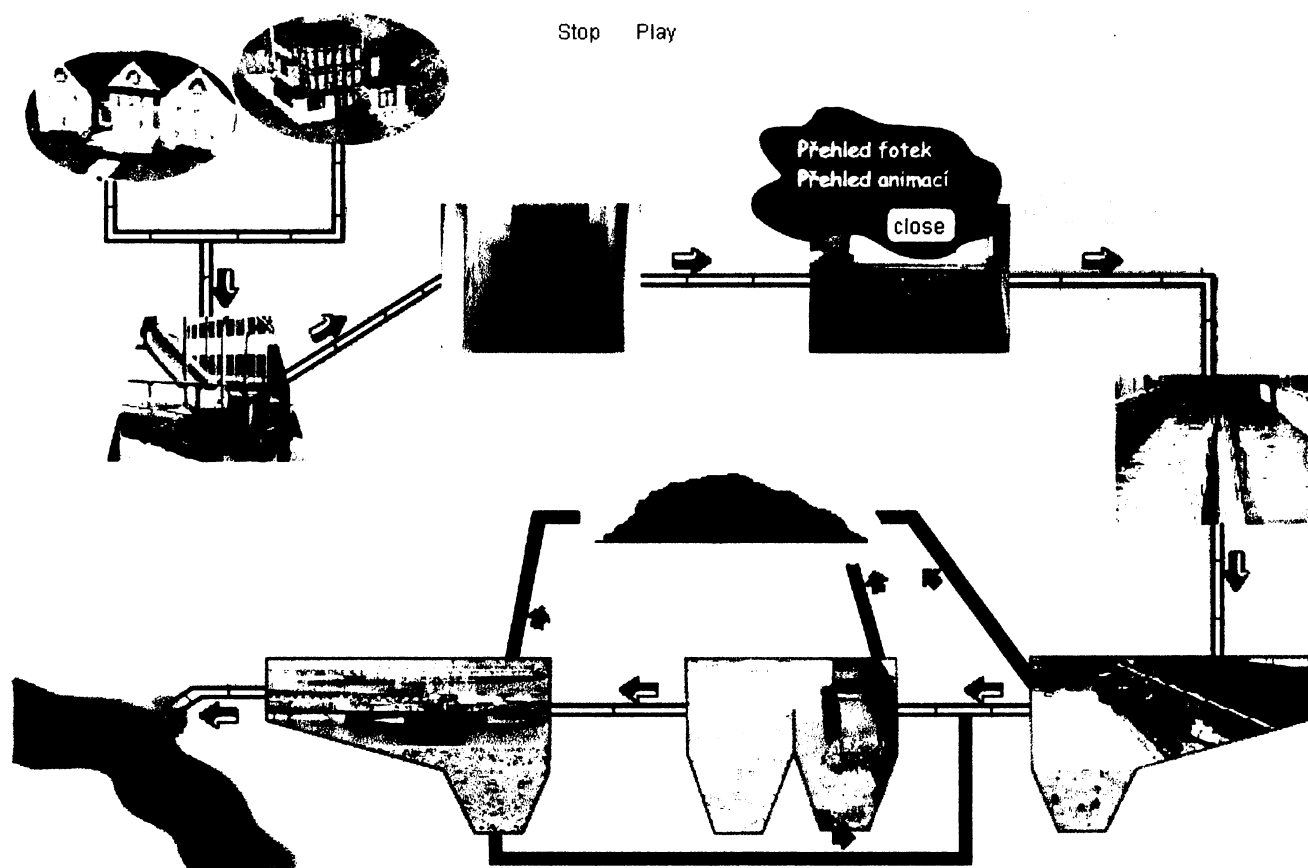
Model ČOV je standardně propojen s elektronicky publikovaným textem pro e-learning, proto na počátku uživatel (učitel nebo žák) volí oblast, do které chce vstoupit.



*Obrázek 3 ČOV intro*

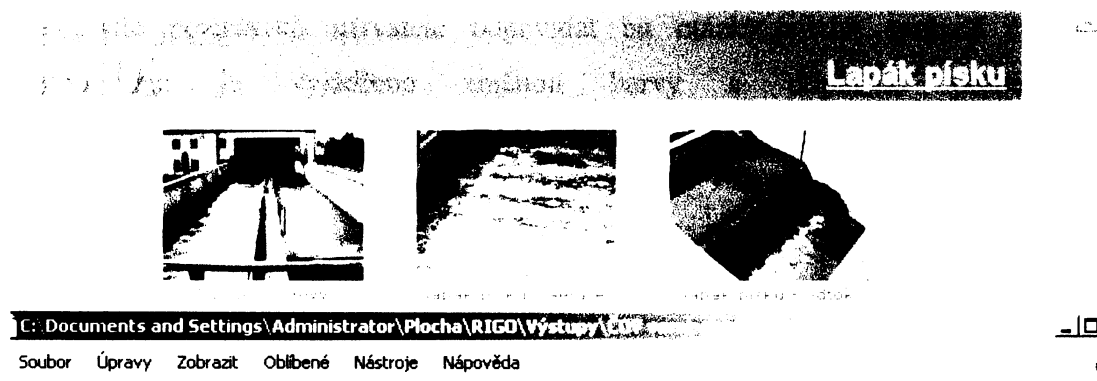
Po zvolení modelu ČOV dojde ke spuštění technologického schématu čistírny a po označení některého z obrázků dojde k aktivaci menu. Fotografie i videosekvence byly pořízeny v MČOV Karviná. Můžeme rovněž přejít do e-learningového modulu pomocí tlačítka

Info



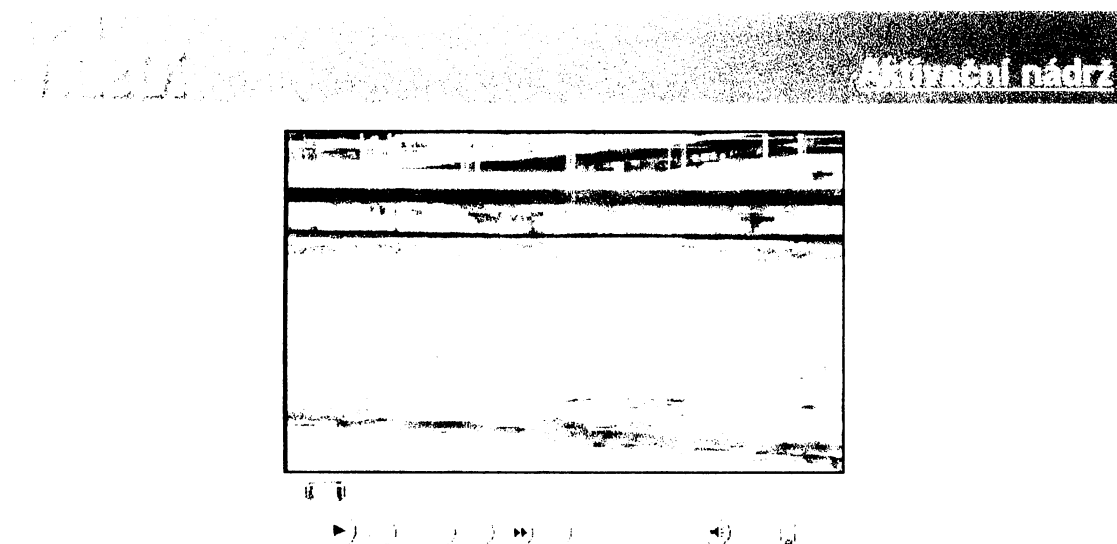
Obrázek 4 Technologické schéma ČOV s aktivními prvky

Zvolíme – li si přehled fotek, můžeme si prohlížet jednotlivá zobrazení zvolené části technologické linky v náhledu i ve zvětšení v novém okně.



*Obrázek 5 Zobrazení fotografií v modelu ČOV*

Volbou Přehled animací můžeme spustit videosekvence, které jsou pro uživatele opatřeny vysvětlujícími titulky a doplněny metodickým listem – příloha č. 2. Zároveň lze podle požadavků uživatele odpovídat na otázky, jejichž správné či špatné zodpovězení je vyjádřeno změnou barvy a doplněno procentuálním vyhodnocením. .



Výřez otázky

Nitrifikace probíhá ve dvou stupních. Výsledek první reakce  $2\text{NH}_3 + 3\text{O}_2 =$    
 Průběh následující reakce  $\dots\text{NO}^{2-} + \dots\text{O}_2 = \dots\text{NO}^{3-}$  po vyčíslení je  Výstupem z následné denitrifikace je  $\text{N}_2$ .

Odstraněním nadbytečného fosforu se vysráží např. fosforečnan železitý

Výsledná statistika

Správných odpovědí:

Špatných odpovědí:

Úspěšnost odpovědí:  %

ukázka konkrétních  
odpovědí s  
vyhodnocením

Obrázek 6 Okno přehledu animací

Interaktivní model je určen k prezenční výuce jako pomoc vyučujícímu. V rukou aktivního učitele například ve spojení s interaktivní tabulí je vynikajícím doplňkem klasického textu. Pro uživatele e-learningu je opět ideálním doplňkem distančního textu. V tomto případě je nutné doplnění metodickým listem.



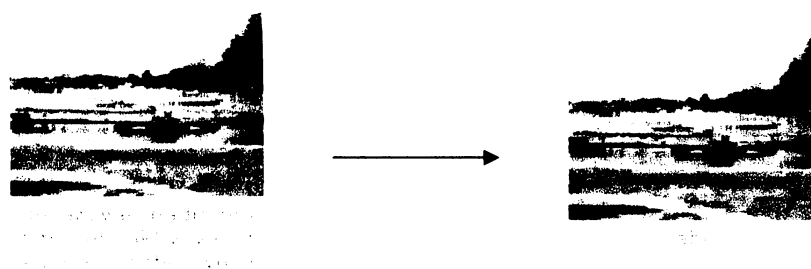
## 2.2.2 Flexibilní úpravy modelu

### 2.2.2.1 Úprava fotografií

```
<div class='foto'><h1>Dosazovací nádrž</h1></div>
<table>
<tr>
  <td>
    <div class='nahled'>
      <a href='../pixy/dosazovací_nadrz.jpg' target='_blank'><img src='../pixy/dosazovací_nadrz.jpg' border='0' alt='' WIDTH=128 HEIGHT=96></a>
      <p>dosazovací nádrž pro odstranění aktivovaného kalu a dočištění vody</p>
    </div>
```

Obrázek 7 Úprava fotografií

Ve zdrojovém kódu mohu upravit odkaz na požadovanou fotografii a její popis pouhým přepsáním části kódu.



Obrázek 8 Změna popisku fotografie

### 2.2.2.2 Úprava videosekvence

Opět stačí změnit část zdrojového kódu pro načtení jiného videosouboru. Pro učitele i pro žáka, který není sběhlý v informatice je tento krok i metoda stříhání filmu poměrně jednoduchá. Nastavení prostředí doporučuji ponechat nebo se informovat u odborníka.

```
<param name='filename' value='hrube_česle.wmv' />
<param name='filename' value='jemne_česle.wmv' />
```

Obrázek 9 Nastavení videa

### 2.2.2.3 Úprava otázek

U otázek je nejjednodušší měnit samotný text a následně pravdivostní hodnotu odpovědi. Provádíme opět ve zdrojovém kódu stránky.

```
<p>Vyčištěná voda z ČOV se
<select id="vyber1" name="vyber1" size="1" onchange="var moznosts='nemůže'; var moznostv=newform.vyber1;
check(moznosts,moznostv); newform.vyber1.disabled='true';">
<option value="0">——</option>
<option value="může">může</option>
<option value="nemůže">nemůže</option>
</select>přímo použít jako pitná.
```

Vyčištěná voda z ČOV se  přímo použít jako pitná.

```
<p>Vyčištěná voda z ČOV se
<select id="vyber1" name="vyber1" size="1" onchange="var moznosts='může'; var moznostv=newform.vyber1;
check(moznosts,moznostv); newform.vyber1.disabled='true';">
<option value="0">——</option>
<option value="může">může</option>
<option value="nemůže">nemůže</option>
</select>přímo použít jako pitná.
```

Vyčištěná voda z ČOV se  přímo použít jako pitná.

Obrázek 10 Nastavení otázek

## 2.3 E – learningový modul

Modul pro distanční studium byl vytvořen s cílem přehledně a stručně odpovědět po spojení se standardním textem na řešené učební úlohy z kapitoly 2. 1. 3. Modul je zaměřen na popsání činnosti městské čistírny odpadních vod. Doplnění textu o některé další poznatky z oblasti čištění odpadních vod může rozšířit znalosti příjemců informací. Základním znakem tohoto modulu je univerzálnost použití bez závislosti na LMS (systém pro řízení výuky), takže nejde o klasický e-learning. Nepotřebnost tohoto systému je dána osobním kontaktem žáka s vyučujícím – tutorem ve škole. Problémy aktuálního rázu lze řešit pomocí e-mailu, ICQ apod. Samotný výukový text byl vytvořen pomocí značkového jazyka XHTML, fyzický vzhled pak je určen vlastnostmi CSS. Za každou kapitolou je zařazen jednoduchý test, který ověří, zda žák prostudoval

pozorně danou problematiku. Pokud ne, je vrácen zpět ke studiu, pokud ano, je propuštěn do další kapitoly. Prostředí testu bylo vytvořeno kombinací XHTML, CSS a Javascriptu.

Pro všeobecně vzdělávací třídy gymnázia byl vytvořen e-learningový kurz jednodušší, pro seminaristy z chemie těžší s některými informacemi potřebnými pro praktickou činnost pracovníka ČOV. Samotný výukový text je prokán odkazy na fotografie, tabulky a u problematických slov rovněž funguje hypertextový slovník. Oba výukové kurzy jsou k dispozici na adrese:

<http://www.gym-bohumin.cz/predmety/chemie/cov/intro.html> všeobecné třídy

[http://www.gym-bohumin.cz/predmety/chemie/cov\\_seminar/intro.html](http://www.gym-bohumin.cz/predmety/chemie/cov_seminar/intro.html) seminář

### 2.3.1 E-learningový modul pro všeobecné třídy gymnázia

Tento modul je tvořen čtyřmi kapitolami:

#### 1. Základní pojmy a informace



##### Základní pojmy a informace

Všechna voda, která byla použita v domácnosti, v průmyslu nebo dalších oblastech hospodářství, se nazývá **odpadní voda**. Ve správném případě odchází **kanalizací do čistírny odpadních vod** a po vyčištění zpět do přírody.

**Odpadní vody** dělíme podle původu na:

##### I splaškové vody

společným znakem těchto vod je odtok veřejnou kanalizací obvykle tmavě hnědá barva, fekální zápach, mírně alkalická obsahují

nerozpuštěné látky, jako papír, hadry, potraviny, písek, rozpuštěné látky, jako různé mikroorganismy, plyny a mr jsou vysoce rizikovým faktorem šíření infekce

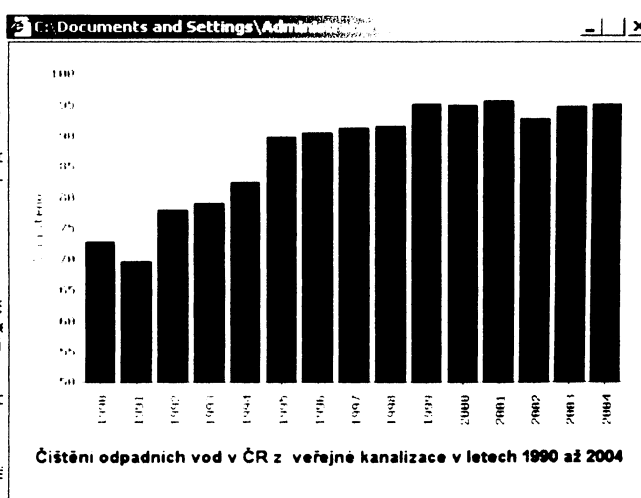
##### II průmyslové odpadní vody

podle jakosti se mohou dělit na :

mimořádně škodlivé ... obsahují toxické látky a musí se č obsahující biologicky odolné látky ... čistí se převážně č obsahující biologicky rozložitelné organické látky ... lze č

Veškeré znečištění odpadních vod se přepočítává na jednotku EQ). Produkce odpadní vody se uvádí cca 150 l/obv. a den.

Další sledovanou hodnotou je **BSK<sub>5</sub>** ... je to biochemická organického znečištění za 5 dní. (mg.l<sup>-1</sup>) Určuje míru organické BSK<sub>5</sub> roste kvalita vody.



Čistírny tzv. **městských odpadních vod** tedy čistí směs vod splaškových i průmyslových s dalšími příměsemi jiných typů vod a jejich složení není stejné. Průměrná hodnota BSK<sub>5</sub> městských odpadních vod se pohybuje mezi 150 - 400 mg . l<sup>-1</sup>

*Obrázek 11 kapitola 1 s obrázkem v novém okně*

## 2. Mechanický stupeň čištění odpadních vod

### Mechanický stupeň čištění odpadních vod

Mechanicky (v podstatě různými způsoby) a usaditelné látky.

Prvním článkem mechanického čištění bývají obvykle česle :

- ! skládají se z ocelových tyčí , kterými protéká odpadní voda.
- ! odpad z česlí - "shrabky" se následně kompostuje , spaluje atp

Dalším zařízením je lapák písku :

- ! slouží nejen k odstranění písku, ale i dalších převážně anorganických
- ! pracuje na principu snížení průtokové rychlosti vody

Za tyto lapáky se někdy zařazují lapáky tuků a olejů :

- ! pracují na principu
- ! v průběhu provzdušňování se tukové částice nabalují na vzduch

Základním procesem mechanického čištění je usazování ( sedimentace )

- ! probíhá v usazovacích nádržích před biologickým stupněm čištění
- ! také v dosazovacích nádržích v průběhu biologického čištění - **sekundární usazování**
- ! k usazování dochází snížením průtokové rychlosti a uplatněním gravitačních sil při průtoku vody nádržemi různých tvarů ( nejčastěji kruhových )
- ! v průběhu sedimentace dochází k pravidelnému odstraňování kalu.



Obrázek 12 kapitola 2 s obrázkem v novém okně

## 3. Biologický stupeň čištění odpadních vod

### Biologický stupeň čištění odpadních vod

**Biologický stupeň** je základní metodou čištění vody v městských čistírnách odpadních vod. Výsledkem je přeměna nežádoucích látek na látky neškodné.

Biologického čištění se účastní **aktivovaný kal** :

- ! obsahuje bakterie, které se živí znečištěním, které se vyskytuje v odpadní vodě a tímto ji čistí.
- ! složení kalu není stálé, pružně se přizpůsobuje změnám ve složení odpadních vod.

Čistý proces je založen na kontaktu čištěné odpadní vody s aktivovaným kalem v **aktivační nádrži** :

- ! základem jsou , které probíhají v aktivační nádrži
- ! společenstvo organismů je zde přítomno ve formě vloček
- ! přímo stravitelné živiny ( např. cukry ) jsou využity jako potrava , odstranění dalších látek závisí na schopnostech
- ! vloček V jedné z částí pracovního prostoru aktivační nádrže probíhá neustálé provzdušňování - **aerace** , další část pracuje pouze za stálého míchání - a jiná oblast je
- ! Účinnost vyčištění závisí na mnoha faktorech, například :
  - ! ... optimum 7,0 - 7,5
  - ! teplota ... při nízkých teplotách cca 8 st.C se proces zastavuje
  - ! složení odpadní vody ... těžké kovy, kyanidy, organické látky, které ve své molekule obsahují síru a dusík ničí aktivovaný kal.
  - ! koncentrace rozpuštěného kyslíku ( bez kyslíku nelze odpadní vody čistit !)

Oddělení od vyčištěné odpadní vody je základním úkolem **dosazovací nádrže** :

- ! Zde se usadí zbytky znečištění a kalu, který je neustále odstraňován.
- ! Izolovaný aktivovaný kal se zadržuje a odvádí se do prostoru **kalového hospodářství**.
- ! Z dosazovací nádrže odtéká vyčištěná voda do říčního systému

Obrázek 13 kapitola 3 s odkazem na slovník

pH

Kyselost neboli pH (anglicky potential of hydrogen), též vodíkový exponent je číslo, kterým v chemii vyjadřujeme, zda vodný roztok reaguje kyselé či alkalicky. pH nabývá hodnot od 0 do 14 (platí pro vodné roztoky). Chemicky čistá voda má pH = 7, kyseliny pH < 7, zásady pH > 7.

**Proteiny**

(bílkoviny) jsou z aminokyselin složené vysokomolekulární přírodní látky s relativní molekulární hmotností  $10^3$  až  $10^6$ . Proteiny jsou podstatou všech živých organismů.

**Populační ekvivalent**

je množství znečištění, které je stejné, jako znečištění tohoto druhu produkované denně jednou osobou.

**Pufry**

(tlumivé roztoky) udržují přibližně stejné pH v případě přidavku malého množství kyseliny nebo báze. Pufry jsou obvykle směsí slabých kyselin a jejich solí, nebo směsí slabých bazí a jejich solí (kyselina octová+ octan sodný, hydroxid amonný + chlorid amonný). Příklad: krev, udržuje stále pH cca 7,4

**Sacharidy**

(glycidy) jsou polyhydroxysloučeniny, obsahující v molekule karbonylovou (aldehydovou nebo ketonovou skupinu). Jsou přítomny ve všech organismech, kde plní několik významných funkcí: a) Tvoří některé strukturální molekuly (celulosa, chitin, pektiny, hemicelulosa, atd.) nebo jsou jejich součástí (stavební glykoproteiny, atd). b) podílejí na struktuře informačních molekul (DNA, RNA). c) Tvoří pohotovou energetickou zásobu organismů (škroby, glykogen, sacharosa, glukosa). d) Jsou jednou ze základních živin heterotrofních organismů.

*Obrázek 14 ukázka slovníku*

## 4. Kalové hospodářství

Kalové hospodářství

V kalovém hospodářství dochází ke stabilizaci a odvodnění kalu:

Cílem zpracování kalu je redukovat jeho objem, zápach a získat možnost znovuvyužití.

Technologickou linku zpracování kalu tvoří obvykle následující procesy:

• **zahuštění kalu**

kalolis ... oddělení vody na sítopásovém lisu  
... přesycení kalu kyslíkem a odebrání vloček z povrchu kalu  
odstředování

• **stabilizace kalu**

v bezkyslíkatém prostředí dojde k rozkladu organické hmoty, provázené produkcí bioplynu (vyhívání)... převážně  $\text{CH}_4$ , vyhívání probíhá ve **vyhívacích nádržích**, uvolněný plyn se zachycuje v **plynojemu** a využívá hlavně k vytápění, výrobě elektrické energie atd.

Vyhnilý kal se následně spaluje nebo využívá jako hnojivo, zkouší se přidávat do stavebních materiálů - cement atd.

Šířte si poznatky

Vaše znalosti ověřte tento

*Obrázek 15 kapitola 4 s odkazem na test*

Na konci kapitoly je odkaz na test, kterým musí každý žák projít. Testy jsou tvořeny pěti jednoduchými otázkami, u kterých lze libovolně měnit jejich pořadí, počet otázek zadaných žákovi i počet otázek, ze kterých je test generován. Pokud udělá žák maximálně jednu chybu, je propuštěn do další kapitoly. Pokud udělá chyb více, může volit mezi opakováním testu a opakováním kapitoly, po které musí test psát znovu.

1/5/1

1/5 : Barva odpadní vody je obvykle



- světle modrá
- tmavě hnědá
- žlutá

2/5 : Na hladině odpadní vody můžeme najít

- písek
- kal
- tuky

3/5 : Splaškové vody mají obvykle reakci

- mírně alkalickou
- mírně kyselou
- neutrální

4/5 : Hodnota pH splaškové odpadní vody je :

- menší než 7
- větší než 7
- rovna 7

5/5 : Splaškové odpadní vody jsou zdravotně :

- nezávadné
- závadné pouze při požití
- závadné, velmi nebezpečné

Vyhodnotit

## Obrázek 16 test po 1. kapitole

2/5

= | 0 | X |

Address: C:\Documents and Settings\Administrator\Plocha\RIGO(Výstupy)\ČOV verze klasika S5\html\test2.html

flokulace  
 sedimentace

2/5 : 4 nakloněných ocelových tyčí se skládají :

lapáky písku  
 lapáky tuků a olejů

3/5 : Základním způsobem mechanického :

flotace  
 flokulace  
 sedimentace

4/5 : Do dusazovacích nádrží přitéká voda :

zpomaluje  
 zrychluje  
 nemění

Vyhodnotit

Microsoft Internet Explorer  
Neodpovězena otázka č. 31  
OK

Obrázek 17 test po 2. kapitole s nezodpovězenou otázkou – upozornění

Počet otázek: 5  
 Z toho správných odpovědí: 5  
 Z toho špatných odpovědí: 0  
 Celková úspěšnost: 100 %

Danou kapitolu jste zvládl(a).

Testováni otázek s odpověďmi

1/5 : Základní metodou čištění splaškových odpadních vod je čištění :

Možnost A: chemické  
 Možnost B: mechanické  
 Možnost C: biologické  
 Možnost S: c

2/5 : Složení aktivovaného kalu :

Možnost A: není stálé, přizpůsobuje se složení odpadních vod  
 Možnost B: závisí na konstrukci řesáky  
 Možnost C: je stálé  
 Možnost S: a

Správná odpověď?

3/5 : K čištění odpadních vod potřebujeme

Možnost A: vodík  
 Možnost B: kyslík  
 Možnost C: dusík  
 Možnost S: b

4/5 : Aktivovaný kal je složen z:

Možnost A: živých mikroorganismů  
 Možnost B: převážně z anorganických látek  
 Možnost C: fenolických derivátů  
 Možnost S: a

5/5 : Aeraci rozumíme :

Možnost A: recirkulaci kalu  
 Možnost B: provzdušňování  
 Možnost C: usazování nečistot  
 Možnost S: b

*Obrázek 18 Vyhodnocení testu po třetí kapitole, umožněno pokračování*

Počet otázek: 5  
 Z toho správných odpovědí: 5  
 Z toho špatných odpovědí: 0  
 Celková úspěšnost: 100 %

Danou kapitolu jste zvládl(a).

| Studium jste zvládl

Testováni otázek s odpověďmi

1/5 : Zahušťováním se z kalu odstraňuje :

Možnost A: amoniak  
 Možnost B: fosfáty  
 Možnost C: voda  
 Možnost S: c

2/5 : V dosazovacích nádržích voda odtéká:

Možnost A: zpět do přírody - recipient  
 Možnost B: do usazovací nádrže  
 Možnost C: do vyhnivač nádrže  
 Možnost S: a

3/5 : Hlavní složkou bioplynu je:

Možnost A: metan  
 Možnost B: etan  
 Možnost C: propan  
 Možnost S: a

4/5 : Stabilizace kalu ve vyhnivačích nádržích probíhá :

Možnost A: bez přístupu kyslíku - anaerobně  
 Možnost B: za přístupu kyslíku - aerobně  
 Možnost C: bez přístupu kyslíku - aerobně  
 Možnost S: a

5/5 : Hlavním plynným produktem zpracování kalů je :

Možnost A: C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>  
 Možnost B: CH<sub>4</sub>  
 Možnost C: C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>  
 Možnost S: b

*Obrázek 19 Po posledním testu umožněn návrat do hlavní nabídky*

### 2.3.2 E-learningový modul pro seminář z chemie

Tento modul je tvořen šesti kapitolami.

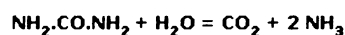
#### Základní pojmy a informace

	organické	anorganické	celkové	BSK <sub>5</sub>	N	P
<b>ČSN 75 6401</b>						
nerozp.látky (z nich usaditelné)	40	15	55	30	1	0,2
rozpuštěné látky	30	10	40			
látky celkem	50	75	125	30	10	2,3
produkty metabolismu	90	90	180	60	11	2,5
látky celkem	80	30	110	-	10	1,6

#### Čistírny tzv. městských odpadních vod

tedy čistí směs vod splaškových i průmyslových s dalšími příměsemi jiných typů vod a jejich složení není konstantní. Průměrná hodnota BSK<sub>5</sub> městských odpadních vod se pohybuje mezi 150 - 400 mg . l<sup>-1</sup>

**Koncentrace nerozpuštěných látek** je v městských odpadních vodách zpravidla 100 až 500 mg.l<sup>-1</sup>, **koncentrace rozpuštěných látek** bývá 500 až 1000 mg.l<sup>-1</sup>. V desítkách mg.l<sup>-1</sup> (10 až 50 mg.l) bývá obsažen amoniakální dusík i dusík vázaný do organických sloučenin, kdežto dusík dusičnanový a dusitanový, které jsou v tomto prostředí velice labilní, řádově desetiny mg.l<sup>-1</sup>. Převážná část produkované, která obsahuje 46,6% dusíku, je rozložena na amoniak:



Ten tvoří ve splaškových vodách dominantní látku, která obsahuje dusík v jednotkách mg.l<sup>-1</sup> bývá obsažen celkový fosfor, v desítkách mg.l<sup>-1</sup> se vyskytují koncentrace Na, K, Mg, Ca, Cl a SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>, přičemž u posledních tří mnohdy kolem 1000-1100 mg.l<sup>-1</sup> i více. Významný je obsah HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, jichž bývá i několik set mg.l<sup>-1</sup>. Tyto mají účinek (brání změnám pH přidavkem kyselin a zásad). Obvykle je pH v rozsahu od 7,0 do 8,0. Koncentrace extrahovatelných látek, z nichž tvoří největší část tuky jsou řádově v desítkách mg.l. Velmi důležitá je teplota odpadních vod, která ovlivňuje rychlost biochemických reakcí ... obvyklá teplota je mezi 10 - 20 °C.

Efektivita čištění městských odpadních vod tedy závisí na mnoha faktorech, z nichž některé umíme ovlivnit a jiné ne.

BSK <sub>5</sub> - sur.odp.voda	mg.l <sup>-1</sup>	223
BSK <sub>5</sub> - mech.čst.voda	mg.l <sup>-1</sup>	155
BSK <sub>5</sub> - biol.čst.voda	mg.l <sup>-1</sup>	37

#### Obrázek 20 část kapitoly 1

Text je doplněn o další informace, které se týkají složení odpadních vod a některých faktorů ovlivňujících kvalitu odpadní vody, jako je teplota, koncentrace rozpuštěných a nerozpuštěných látek.



## Mechanický stupeň čištění odpadních vod

Text opět doplněn převážně o technické názvy částí technologického zařízení.

Mechanické čištění odpadních vod

Mechanicky (v podstatě různými způsoby a ) se z odpadní vody odstraňují plovoucí, sunuté a usaditelné látky až do velikosti cca 1 $\mu$ m.

Prvním článkem mechanického čištění bývají obvykle česle :

skládají se z vertikálních nebo nakloněných ocelových tyčí ( česlic ) umístěných ve stejných vzdálenostech ( průlinách ) napříč žlabu, kterým protéká odpadní voda.

podle velikosti průlin jsou česle hrubé a jemné, ručně nebo strojně stírané. "shrabky" se následně kompostují , spalují atp

Dalším zařízením je lapák písku :

slouží nejen k odstranění písku, ale i dalších převážně anorganických pracuje na principu snížení průtokové rychlosti vody existuje několik typů lapáku písku : např. komorový, štěrbinový,pr zachycuje částice do velikosti cca 0,25 mm

Za tyto lapáky se někdy zařazují lapáky tuků a olejů :

pracují na principu

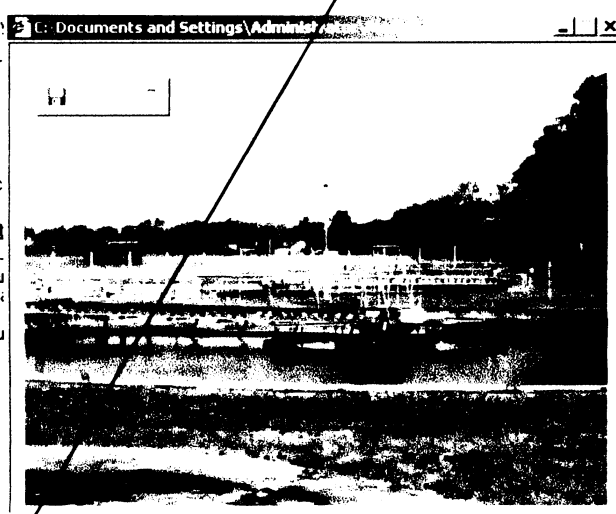
v průběhu provzdušňování se tukové částice nabalují na vzduch

Základním procesem mechanického čištění je usazování ( sediment

probíhá v usazovacích nádržích před biologickým stupněm čištění - také v dosazovacích nádržích v průběhu biologického čištění - seku k usazování dochází snížením průtokové rychlosti a uplatněním gr: ( nejčastěji kruhových) v průběhu sedimentace dochází k pravidelnému odstraňování kalu

Starší kapitoly

Vaše znalosti ověř tento



Obrázek 21 kapitola číslo 2 – doplnění o technické detaily

## Biologické čištění odpadních vod

Text doplněn o složení aktivovaného kalu se souborem fotografií.

### Biologické čištění odpadních vod

**Biologický** stupeň je základní metodou čištění vody v městských čistírnách odpadních vod. Výsledkem je přeměna nežádoucích rozpustěných či látek na neškodné anorganické látky a na nerozpustný kal, který se odstraňuje sedimentací.

#### Biologického čištění se účastní **aktivovaný kal**:

obsahuje převážně aerobní bakterie. Tyto organismy se živí znečištěním, které se vyskytuje v odpadní vodě a tímto ji čistí. Složení mikroorganismů v aktivovaném kalu není stálé, pružně se přizpůsobuje změnám ve složení odpadních vod, v době zdržení a v kultivačních podmínkách.

Základem jsou organotrofní bakterie (*Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Achromobacter*, *Chromobacterium*, atd.), bezbarvé sinice, bakterie koloběhu dusíku, síry a fosforu, vyšší organismy (bičíkovci, nálevníci, háďátka, vířníci, případně chudoštětinatí červi a roztoci).

#### Čistící proces je založen na kontaktu čištěné odpadní vody s aktivovaným kalem v **aktivační nádrži**:

společenstvo organismů je zde přítomno ve formě vloček přímo stravitelné živiny (např. cukry) jsou využity jako potrava, odstranění dalších látek závisí na schopnostech vloček

V jedné z částí pracovního prostoru aktivační nádrže probíhá neustálé provzdušňování, další část pracuje pouze za stálého míchání - a jiná oblast je

#### Oddělení od vyčištěné odpadní vody je základním úkolem

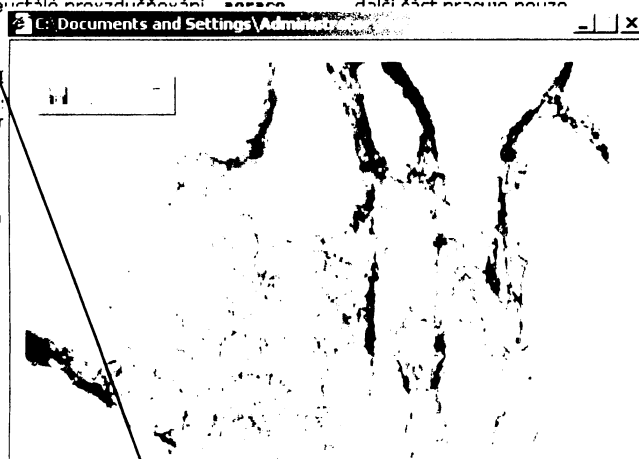
Zde se usadí zbytky znečištění a kalu, který je permanentně oddělen. Izolovaný aktivovaný kal se musí současně i zahustit, aby se z **kalového hospodářství**.

#### Z dosazovací nádrže odtéká vyčištěná voda do říčního systému

Kal se částečně recykluje zpět do aktivační nádrže a částečně o

#### Vraťte si kapitoly

Vaše znalosti ověřte tento



Obrázek 22 kapitola 3 s podrobným popisem složení aktivovaného kalu

## Biologické čištění odpadních vod – chemické procesy

Zde je podána podrobná informace o biochemických procesech, které probíhají v rámci čištění odpadních vod pomocí aktivovaného kalu. Tato část informuje žáky podrobně o podstatě chemických procesů, probíhajících v průběhu odstraňování nežádoucích sloučenin dusíku a fosforu. Procesy jako nitrifikace, denitrifikace nebo srážení fosforečnanů lze následně využít v chemii dusíku a fosforu, jako biogenních prvků.

Adresa | C:\Documents and Settings\Administrator\Plocha\RIG0(Výstupy)\C0V verze seminář\html\kapitola4.html

**Nitrifikace** probíhá ve dvou stupních:

1. **Nitritace:**  $2\text{NH}_3 + 3\text{O}_2 = 2\text{NO}_2^- + 2\text{H}^+ + 2\text{H}_2\text{O}$  Těto reakce se účastní bakterie: Nitrosomonas, Nitrosococcus, Nitrospira, Nitrosocystis.
2. **Nitratace:**  $2\text{NO}_2^- + \text{O}_2 = 2\text{NO}_3^-$  Těto reakce se účastní bakterie: Nitrobacter, Nitrocystis.

nitrifikaci ovlivňuje celá řada faktorů, např.:

- ... optimum 7,0 - 7,5
- teplota ... při nízkých teplotách cca 8 st.C se proces zastavuje
- složení odpadní vody ... těžké kovy, kyanidy, organické látky, které bakterie
- koncentrace rozpuštěného kyslíku ... doporučuje se udržovat kon

**Denitrifikace** je opakem nitrifikace a znamená redukcí dusičnanů a c  
K denitrifikaci dochází v anoxických podmínkách ... vyloučí se aera  
 $\text{NO}_3^- = \text{NO}_2^- = \text{NO} = \text{N}_2 (\text{N}_2\text{O})$ , je -li pH menší než 6,5)  
Denitrifikace se účastní bakterie Micrococcus, Pseudomonas, Chro

**Odstraňování fosforu:**  
Fosfor je v odpadních vodách přítomen ve formě **fosforečnanů** a ( převážně z rodu Acinobakter) může syntetizovat vnitrobuněčné p  
zvýší až na cca 10 %. Fosfor je potom ze systému odstraňován bio  
**chemické srážení fosforečnanů**, protože dochází k tvorbě **nerozpus**  
nejběžnějšími srážedly jsou  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  ... vznik ner  
Srážedlo se dávákuje buď před usazovací nádrž, do aktivční nádrže  
Dochází ke shlukování - agregaci vloček do větších agregátů  
popř.

Obdobně se podle složení odpadní v

Vaše znalost ověř tento

Start | Text... | Zon... | html | Učeb... | C:\D... | 17:32

## Obrázek 23 chemické procesy v průběhu aktivace

### Kalové hospodářství

... ve ... hospodářství

V kalovém hospodářství dochází ke stabilizaci a odvodnění :

**primárních kalů** ... kal z usazovacích (primárních) nádrží, má zpravidla zrnitou strukturu a je tvořen nerozpuštěnými látkami, které prošly lapákem písku a česlemi.

**sekundárních kalů** ...přebytečná z biologického růstu, kal z dosazovacích nádrží, má vločkovitou strukturu a jeho charakter je ovlivněn čistícím zařízením, v němž vznikl

Cílem zpracování kalu je redukovat objem kalu, redukovat zápach a získat možnost znovuvyužití kalu.

**Městské odpadní vody** produkují tzv. organický kal, který se vyznačuje vysokým obsahem organických látek (obvykle 10 až 60%)

Technologickou linku zpracování kalu tvoří obvykle následující procesy:

#### zahuštění kalu

lis ... ( pomocí polymeru) a následně oddělení vody na sítopásovém lisu

... přesycení kalu kyslíkem a odebrání vloček z povrchu kalu  
odstředování

#### stabilizace kalu

mikrobiálními procesy v bezkyslíkatém anaerobním prostředí dojde k rozkladu biologicky rozložitelné organické hmoty, provázené produkcí bioplynu.

konečnými produkty jsou  $\text{CH}_4$  ( metanizace),  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{N}_2$  atd.

vyhňování probíhá ve **vyhňovacích nádržích**, uvolněný plyn se zachycuje v **plynojemu** a využívá hlavně k vytápění, výrobě elektrické energie např. k pohonu čerpadel plynu nebo k míchání kalu ve vyhňovacích nádržích..

Vyhňilý kal se následně spaluje nebo využívá jako hnojivo, zkouší se přidávat do stavebních materiálů - cement atd.

Stavba ... papíru

Vaše znalosti ověř tento

## Obrázek 24 kalové hospodářství

## Vybrané ukazatele rozboru odpadní vody

Nová kapitola je zařazena z důvodu obtížné realizace laboratorních cvičení v oblasti výuky o odpadních vodách, z důvodů převážně hygienických a časových. Proto jsou zde některé procesy stručně popsány.

### Vybrané ukazatele rozboru odpadní vody

Odběrová místa jsou na několika místech technologické linky - převážně před a po technologickém procesu ( např.surová voda a nátok na biologický stupeň)  
Správná volba odběrových míst je klíčovým rozhodnutím při monitorování ČOV.

### Uvedeme si několik základních stanovovených ukazatelů:

pH optimum pro kvalitní průběh čistících procesů je v rozmezí 7-8

#### Teplota

ČOV je dimenzována pro teplotu odpadní vody nad 12 °C ( při nižších teplotách může dojít ke zhroucení procesu nitrifikace i na několik týdnů, při vysokých teplotách může dojít ke kyslíkovému deficitu)

#### Koncentrace rozpuštěného kyslíku

v aktivní nádrži je optimální provozní koncentrace kyslíku na úrovni 2,0 mg.l<sup>-1</sup>.

informuje o schopnosti aktivovaného kalu oddělovat se od vyčištěné vody a tím o funkci dosazovací nádrže.Kvalita kal má obsah sušiny 1,0 - 1,5 % hm. a kalový index 60 - 100 ml.g<sup>-1</sup>.  
Tato stanovení se provádí pomocí sondy přímo v toku odpadní vody, kterou se odebere vzorek vody, rozdělí se na kde v prvním vzorku se stanoví nerozpuštěné látky - sušina a v druhém se stanoví objemově v tzv. l kuželi.

#### Následující stanovení se provádí v odebraném vzorku v laboratoři.

**CHSK**(chemická spotřeba kyslíku)

je mírou celkového obsahu organických látek ve vodě (mg.l<sup>-1</sup>)

**BSK<sub>5</sub>**( biologická spotřeba kyslíku za 5 dní)

stanovuje množství kyslíku spotřebovaného mikroorganismy při biochemických pochodech na rozklad organických za přístupu vzduchu. ( slouží tedy k nepřímému stanovení organických látek, které podléhají biochemickému rozkladu aerobních podmínek) Vypočte se hmotnost kyslíku spotřebovaného 1 litrem vody( mg.l-1).

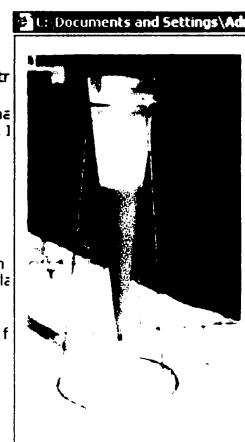
#### Stanovení N,P

Ncelk. celkový dusík N-NH<sup>4+</sup> amoniakální dusík N-NO<sup>2-</sup> dusitanový dusík N-NO<sup>3-</sup> dusičnanový dusík Poelk. celkový f

fosforečnanový fosfor

Výsledek se udává vždy v mg.l<sup>-1</sup>.

Další stanovení probíhají dle složení odpadních vod a požadavků provozovatele ČOV



### Obrázek 25 popis

*Obrázek 25 popis některých stanovovaných ukazatelů odpadní vody v ČOV*

Testy jsou strukturovány podobně jako ve výuce všeobecných tříd, samozřejmě s upravenými otázkami. Uvádím proto pouze testy pro kapitoly, které obsahuje navíc modul pro seminář.

1/5 : Ustřednány svoty podporou růstu řas.



- snižují obsah kyslíku ve vodě
- zvyšují obsah kyslíku ve vodě
- nemají vliv na obsah kyslíku ve vodě

2/5 : Odstaňování nutrienty z odpadních vod probíhá na bázi reakcí:

- protolytických
- komplexotvorných
- redoxních

3/5 : Nízké teploty jsou pro biologické čištění odpadních vod

- vhodné
- nevhodné
- kvalita čištění na teplotě nezávisí

4/5 : V anoxických podmínkách probíhá:

- denitrifikace
- nitrifikace
- nitratace

5/5 : Mezi makronutrienty v odpadní vodě nepatří:



- dusík
- hořčík
- fosfor

Obrázek 26 test po 4. kapitole

1/5 : Rozhory vody v ČOV se provádí:



- pouze na výstupu z ČOV
- na několika místech ČOV
- pouze na vstupu a výstupu z ČOV

2/5 : koncentraci kyslíku ve vodě můžeme zvýšit pomocí:

- aerace
- flotace
- flokulace

3/5 : Vhodné pH pro čisticí procesy je v oblasti:



- mírně kyselé
- silně kyselé
- mírně zásadité

4/5 : Neročinnost oddělování kalů z vody nám pomůže určit:

- kalový index
- koncentrace rozpuštěného kyslíku
- teplota

5/5 : O schopnosti odstranit organické znečištění z vody nejlépe informuje stanovení

- CHSK
- BSK5
- pH

Obrázek 27 test po závěrečné kapitole

## 2.3.3 Flexibilní úpravy e-learningového modulu

### 2.3.3.1 Úprava obsahu

Jednoduchým zásahem do zdrojového kódu můžeme měnit text. Tento zásah zvládne každý laik, který je schopen zapnout počítač. Po zobrazení zdrojového kódu ZOBRAZIT-ZDROJOVÝ KÓD, příslušný text upraví.

#### Biologického čištění se účastní **aktivovaný kal**:

obsahuje převážně aerobní bakterie. Tyto organismy se živí znečištěním, které se vyskytuje v odpadní vodě a tímto ji čistí. Složení mikroorganismů v aktivovaném kalu není stálé, pružně se přizpůsobuje změnám ve složení odpadních vod, v době zdržení a v kultivačních podmínkách. Základem jsou organotrofní bakterie (*Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Achrommobacter*, *Chromobacterium*, atd.), bezbarvé sinice, bakterie koloběhu dusíku, síry a fosforu, vyšší organismy (bičkovci, nálevníci, háďátka, viřníci, případně chudoštětinatí červi a roztoči).

```
<p> <div class='vlevo' style='text-decoration:underline;'>Biologického čištění se účastní <b>aktivovaný kal:</b></div></p>
<ol class="sipka">
<li>obsahuje převážně aerobní bakterie. Tyto organismy se živí znečištěním, které se vyskytuje v odpadní vodě a tímto ji čistí.

```

#### Bububukukuku

obsahuje převážně aerobní bakterie. Tyto organismy se živí znečištěním, které se vyskytuje v odpadní vodě a tímto ji čistí. Složení mikroorganismů v aktivovaném kalu není stálé, pružně se přizpůsobuje změnám ve složení odpadních vod, v době zdržení a v kultivačních podmínkách. Základem jsou organotrofní bakterie (*Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Achrommobacter*, *Chromobacterium*, atd.), bezbarvé sinice, bakterie koloběhu dusíku, síry a fosforu, vyšší organismy (bičkovci, nálevníci, háďátka, viřníci, případně chudoštětinatí červi a roztoči).

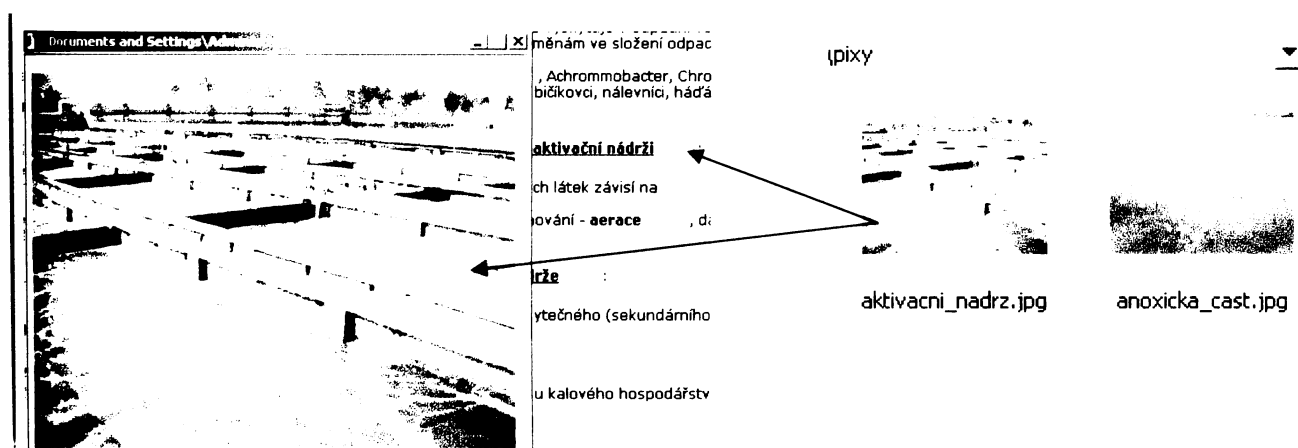
```
<p> <div class='vlevo' style='text-decoration:underline;'>Bububu<b>kukuku</b></div></p>
<ol class="sipka">
<li>obsahuje převážně aerobní bakterie. Tyto organismy se živí znečištěním, které se vyskytuje v odpadní vodě a tímto ji čistí.

```

*Obrázek 28 změna textu*

### 2.3.3.2 Úprava fotografií

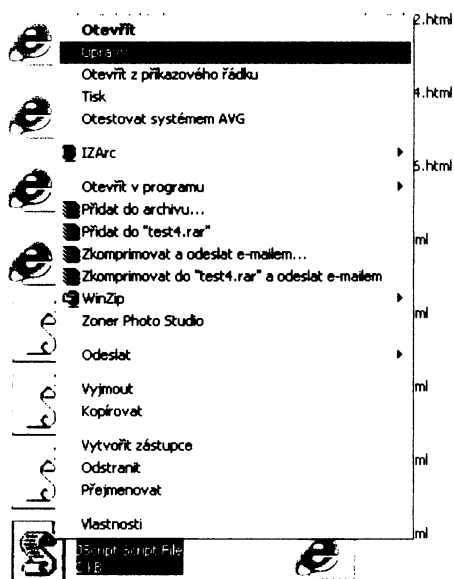
Jednoduchým zásahem do zdrojového kódu. Postup je stejný jako u modelu ČOV. Pokud chceme vyměnit fotografie, využijeme změny ve složce v našem případě pojmenované pixy. Název si může uživatel zvolit samozřejmě libovolně.



Obrázek 29 vkládání fotografií – foto s názvem v konkrétní složce

### 2.3.3.3 Úprava a tvorba testů

Samotné otázky jsou vkládány spolu s odkazy na obrázky do Javascriptu poměrně jednoduchým způsobem. Pro kvalitní zobrazení je využit soubor HTML, který otevřeme v libovolném internetovém prohlížeči. V první fázi musíme otevřít soubor Javascriptu pro úpravy a následně vkládáme do šablony své otázky s odkazy na obrázky, které máme uloženy ve vhodné složce.



Obrázek 30 tvorba testu

**Ukázka šablony pro vkládání otázek:**

```

var pocet=5; // počet otázek k výběru
var rozsah=5; // celkový počet otázek
var ok=0; // počet správných odpovědí
var bad=0; // počet špatných odpovědí
var uspesnost=0; // úspěšnost v procentech
var nadpis="Test 1"; // nadpis testu

otazky=new Array(rozsah); //pole celkového počtu otázek
cisla=new Array(pocet); //pole nalosovaných čísel

otazky[1]=new Array(6);
otazky[1]["ot"]="Splaškové vody mají obvykle reakci";
otazky[1]["img"]=".. /obrazkyt/test1/ot1. jpg";//vlození obrázku
otazky[1]["a"]="mírně alkalickou";
otazky[1]["b"]="mírně kyselou";
otazky[1]["c"]="neutrální";
otazky[1]["ok"]="a";

otazky[2]=new Array(6);
otazky[2]["ot"]="Barva odpadní vody je obvykle";
otazky[2]["img"]=".. /obrazkyt/test1/ot3. jpg";
otazky[2]["a"]="světle modrá";
otazky[2]["b"]="tmavě hnědá";
otazky[2]["c"]="žlutá";
otazky[2]["ok"]="b";
function vylosuj() { //nalosování otázek
  for (i=0;i<pocet;i++) {
    ruzne=false;
    while (ruzne==false) {
      ruzne=true;
      cisla[i]=Math. floor(Math. random()*rozsah)+1;
      for (j=0;j<pocet;j++)
        if (cisla[i]==cisla[j] && i!=j) ruzne=false;
    }
  }
}

```



Po vyhodnocení testu je pro uživatele poměrně jednoduché určit, jak bude výuka pokračovat. Další postup nastavujeme ve zdrojovém kódu stránky HTML.

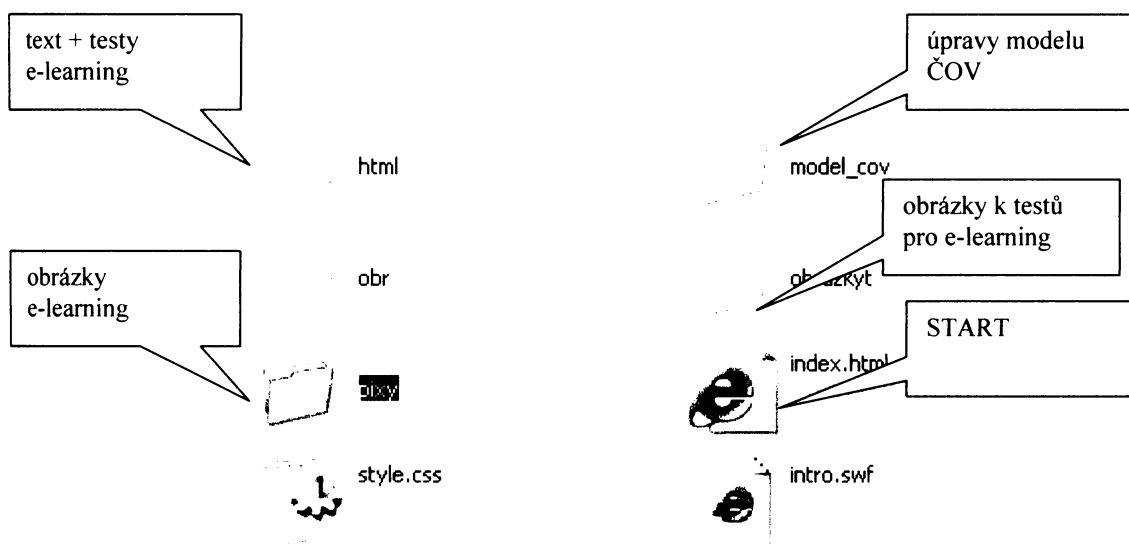
Úspěšnost testu: Test 4		Úspěšnost testu: Test 6	
Počet otázek:	5	Počet otázek:	5
Z toho správných odpovědí:	5	Z toho správných odpovědí:	5
Z toho špatných odpovědí:	0	Z toho špatných odpovědí:	0
<b>Celková úspěšnost:</b>	<b>100 %</b>	<b>Celková úspěšnost:</b>	<b>100 %</b>

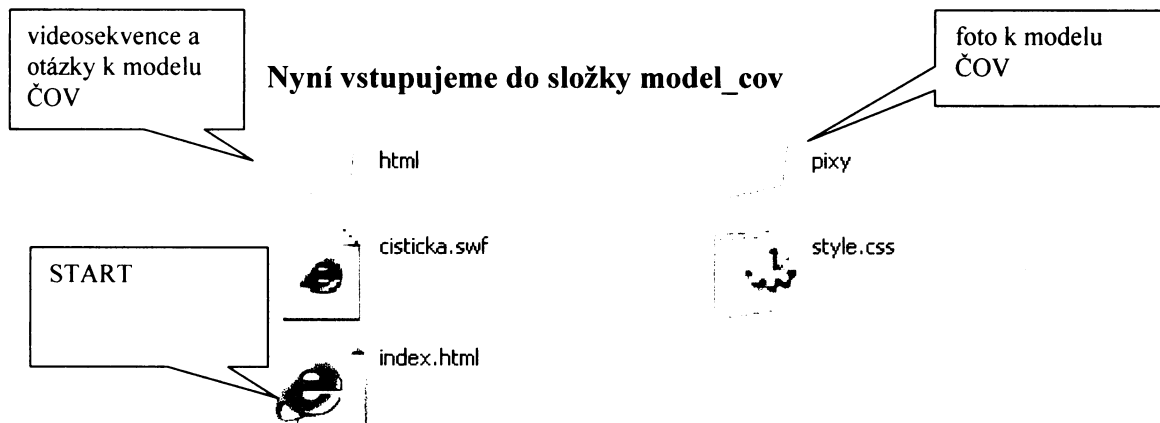
Danou kapitolu jste zvládl(a).  
| Studium jste zvládl

Danou kapitolu jste zvládl(a).  
|

Obrázek 31 úpravy testu- zásah do zdrojového kódu

### 2.3.3.4 Základní struktura e-learningového kurzu ve spojení s modelem ČOV a možné úpravy





Soubory, které jsem neoznačil, nedoporučuji měnit bez pomoci odborníka. Struktura modelu ČOV a e-learningového modulu je zvolena tak, aby byly úpravy, ke kterým je nucen sáhnout učitel nebo žák v průběhu výuky, co nejjednodušší. Zároveň je celý komplex nenáročný na hardware i software tak, aby bylo v možnostech školy jej zprovoznit a v možnostech žáků celý soubor provozovat na svých počítačích doma. Umístění v prostředí internetu například na stránkách školy pak umožňuje další využití, jako skupinovou výuku, individuální výuku nebo on-line testování.

## 2.4 Výsledky výzkumu

### 2.4.1 Třídy všeobecného gymnázia

Testování se účastnili žáci Gymnázia Františka Živného v Bohumíně. V průběhu výzkumu bylo otestováno ze třídy 2. A 28 žáků, ze třídy 2. B 29 žáků a ze třídy 6. p 23 žáků. Všechny třídy paralelně končily učivo tématického celku „Vodík, kyslík, voda a její vlastnosti“, takže nenásilně pokračovali ve studiu. Každá třída ovšem jiným způsobem.

Závěrečný test, který byl sestaven z 20 otázek s možnostmi a, b, c, se soustředil na řešení učebních úloh, které jsem stanovil pro zvládnutí učiva „Čištění odpadních vod“

- **Co je to odpadní voda?**
- **Jak se dělí odpadní vody?**
- **Jaké je složení odpadní vody?**
- **Jaká jsou hlavní kritéria pro stanovení znečištění odpadní vody?**
- **Jaké existují možnosti čištění odpadních vod?**
- **Jak fungují mechanické procesy přirozeného čištění odpadních vod?**
- **Jak fungují biochemické procesy přirozeného čištění odpadních vod?**
- **Co ovlivňuje jednotlivé procesy čištění odpadních vod?**
- **Jaké jsou možnosti umělého čištění odpadních vod?**
- **Jaký je význam kyslíku při čištění odpadních vod?**
- **Jaká je struktura čistírny odpadních vod?**
- **Jak pracuje mechanický stupeň čištění odpadních vod?**
- **Jak pracuje biologický stupeň čištění odpadních vod?**
- **Jakým způsobem je zapojeno do systému ČOV kalové hospodářství?**

Za správnou odpověď byl přidělen 1 bod, za špatnou odpověď 0 bodů, zkoušený musel odpovědět na všechny otázky testu. Časová dotace testu byla 20 minut. Test byl neanonymní a pro zvýšení motivace standardně hodnocen známkou. Z didaktického pohledu byla použita maximálně třetí hladina Bloomovy taxonomie cílů výuky (znalost – porozumění – aplikace). Znění otázek pro všeobecné třídy uvádím i s řešením:

**Test závěrečný**Vaše jméno: **1/20: Splaškové vody reagují většinou**

- zásaditě
- kysele
- neutrálně

**2/20: Hodnota pH splaškové odpadní vody je obvykle větší než 7:**

- ne
- ano
- nestanovuje se

**3/20: Barva odpadní vody je obvykle**

- světle zelená
- tmavě hnědá
- modrá

**4/20: Na hladině odpadní vody nenajdeme**

- písek
- kusy dřeva
- tuky

**5/20: Splaškové odpadní vody jsou zdravotně:**

- závadné, velmi nebezpečné
- závadné pouze při požití
- nezávadné

**6/20: Samočisticí procesy v přírodě jsou vzhledem k procesům umělým (ČOV):**

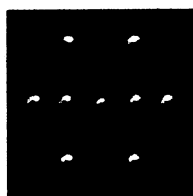
- rychlejší
- stejně rychlé
- pomalejší

**7/20: Pro rychlé odstranění organického znečištění z odpadních vod je nejvhodnější**

- mechanicko - biologické čištění
- mechanické čištění
- samočištění

**8/20: Nejblíže přirozeným čistícím procesům jsou**

- kořenové čistírny odpadních vod
- domovní čistírny odpadních vod
- městské čistírny odpadních vod

**9/20: Bez tohoto plynu je čištění odpadních vod všeho druhu nemožné**

- kyslík
- dusík
- oxid uhličitý

**10/20: Aerací rozumíme**

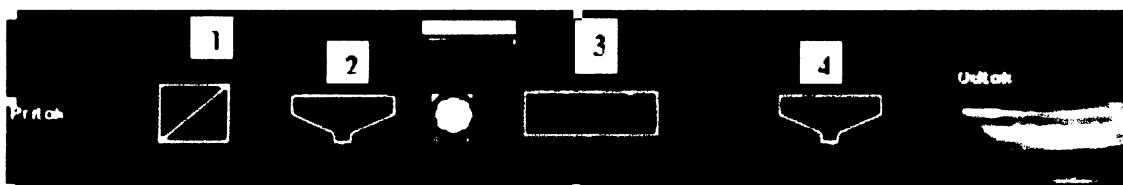
- promíchávání
- provzdušňování
- odstředivání

**11/20: Z pohledu chemie jsou základními reakcemi v průběhu čištění odpadních vod reakce**

- protolytické
- oxidačně - redukční
- komplexotvorné

**12/20: Zahušťováním se z kalu odstraňuje**

- vodík
- kyslík
- voda

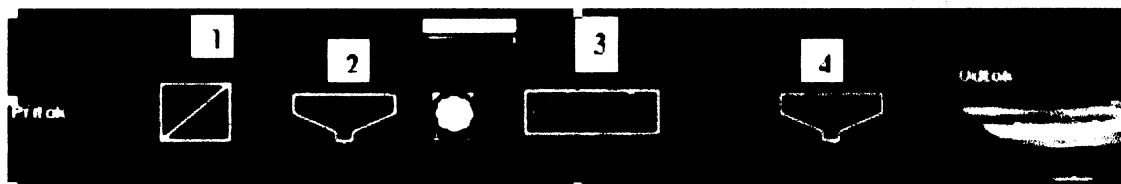
**13/20: Ve schématu ČOV je jako číslo 2 uvedena část**

- vyhnivací nádrž
- aktivační nádrž
- usazovací nádrž

**14/20: Oddělení zbytků aktivovaného kalu od vyčištěné odpadní vody je úkolem pro**

- česle
- dosazovací nádrž
- aktivační nádrž

**15/20: Ve schématu ČOV je jako číslo 4 uvedena část**



- dosazovací nádrž
- aktivační nádrž
- usazovací nádrž

**16/20: Čistící proces je založen na kontaktu čištěné odpadní vody s aktivovaným kalem v**

- vyhnívací nádrži
- aktivační nádrži
- usazovací nádrži

**17/20: Zařízení, které zachycuje volně plovoucí nečistoty v ČOV se nazývá**

- česle
- lapák písku
- usazovací nádrž

**18/20: Na principu snížení průtokové rychlosti vody pracuje.**

- česle
- lapák písku
- aktivační nádrž

**19/20: Prací prostředky s fosfáty  $[(PO_4)^{-3}]$  mohou ve vodě zvyšovat obsah**



- silic
- síry
- sinic

**20/20: Znečištění řek se vzhledem k 90. létům 20. století v současnosti**

- zlepšuje
- zhoršuje
- nemění

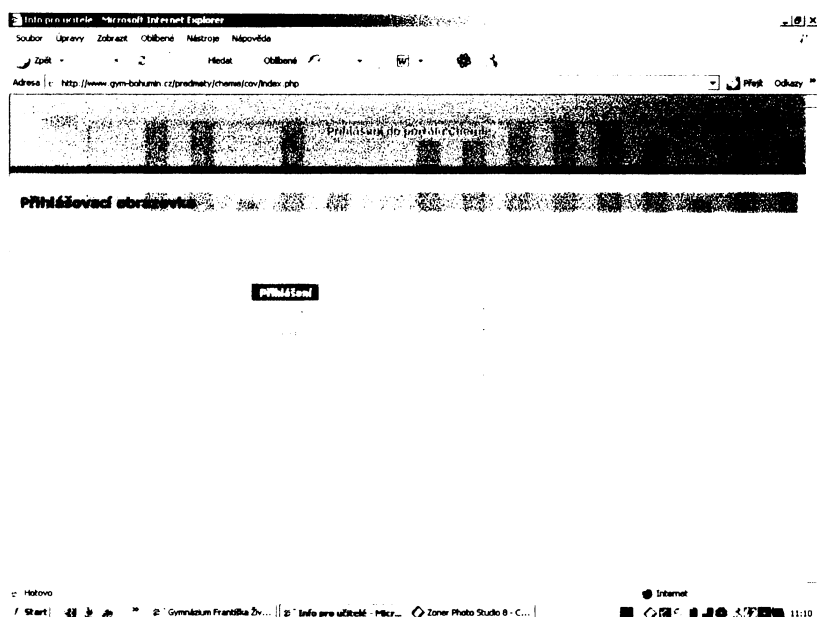
**Správné odpovědi:**

1a, 2b, 3b, 4a, 5a, 6c, 7a, 8a, 9a, 10b, 11b, 12c, 13c, 14b, 15a, 16b, 17a, 18b, 19c, 20a

Funkční test je uveden na přiloženém CD nebo je možné jej vyplnit na adrese:  
[http://www.gym-bohumin.cz/predmety/chemie/cov/zaverecny\\_test/test1.html](http://www.gym-bohumin.cz/predmety/chemie/cov/zaverecny_test/test1.html)

**Třída 2. A** pracovala kombinovaným způsobem, tedy s klasickým textem, který byl při výkladu učitele doplňován prací s interaktivním modelem ČOV s problémovými otázkami. Následně měl každý žák třídy k dispozici celý systém tvořený e-learningovým kurzem s modelem ČOV. Výuka tématu „Čištění odpadních vod“ probíhala ve dvou vyučovacích hodinách a následně měli žáci 4 dny na samostudium s využitím výše zmíněného systému. Model s e-learningovým kurzem byl umístěn na stránkách gymnázia a všichni studenti měli zajištěný přístup na školních počítačích ve svém volném čase a samozřejmě z domu. Za sledované časové období jsem zaregistroval u třídy 2. A 90 přístupů. Menším nedostatkem je fakt, že jsem nesledoval dobu připojení. Test napsali průměrně na 18,57 bodu, tedy na 92,85 %.



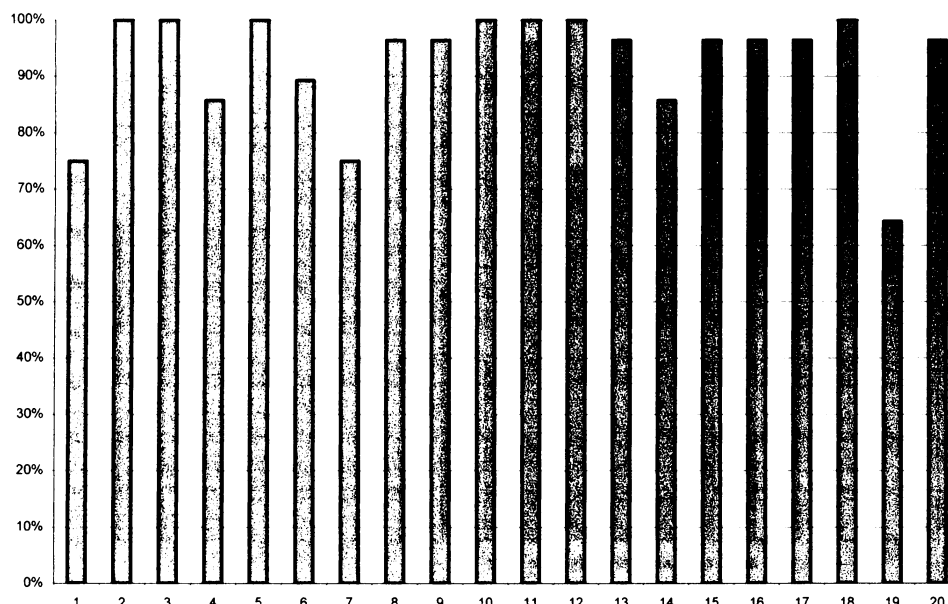


Obrázek 32 přihlašovací formulář do systému e-learningu

Výsledky třídy 2. A byly zpracovány z pohledu procentuální úspěšnosti jednotlivých otázek testu.

otázka č.	úspěšnost
1	75%
2	100%
3	100%
4	86%
5	100%
6	89%
7	75%
8	96%
9	96%
10	100%
11	100%
12	100%
13	96%
14	86%
15	96%
16	96%
17	96%
18	100%
19	64%
20	96%

Procentuální úspěšnost jednotlivých otázek 2.A

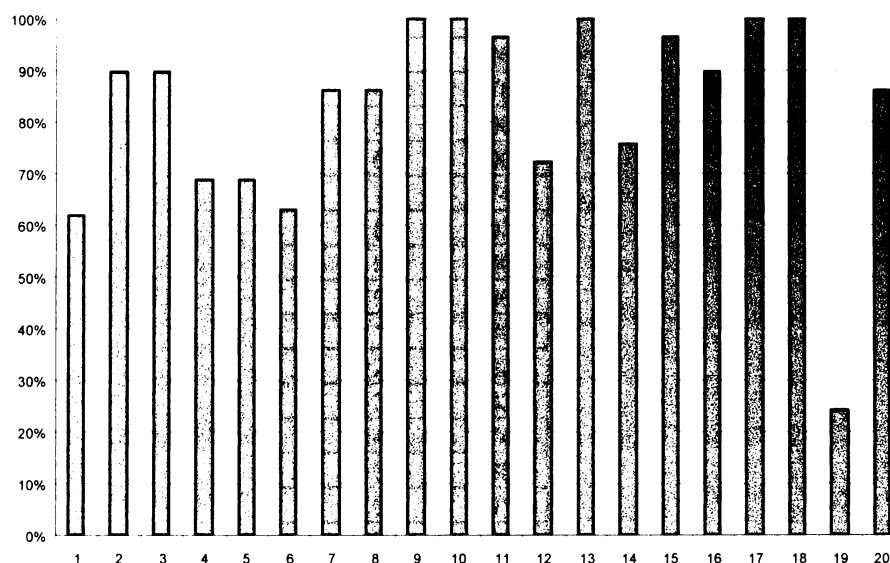


**Třída 2. B** pracovala se standardním textem bez dalších interaktivních pomůcek. Výuka probíhala ve 2 vyučovacích hodinách a po 4 dnech psala třída stejný test jako 2. A. Test napsali průměrně na 17,28 bodu, tedy na 86,4 %.

Výsledky třídy 2. B byly zpracovány z pohledu procentuální úspěšnosti jednotlivých otázek testu.

otázka č.	úspěšnost
1	62%
2	90%
3	90%
4	69%
5	69%
6	63%
7	86%
8	86%
9	100%
10	100%
11	97%
12	72%
13	100%
14	76%
15	97%
16	90%
17	100%
18	100%
19	24%
20	86%

Procentuální úspěšnost jednotlivých otázek 2.B

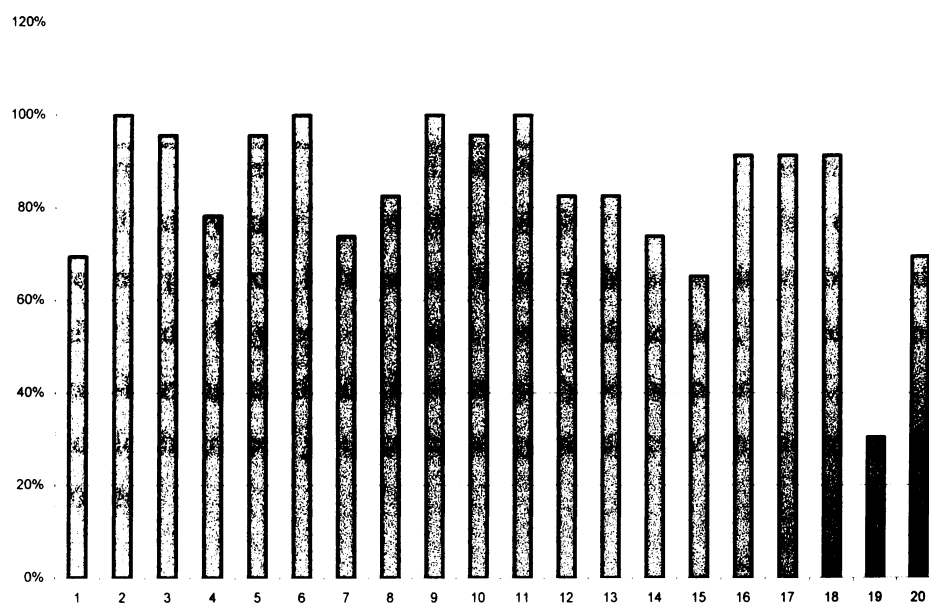


**Třída 6. p** měla k dispozici pouze e-learningový modul s modelem ČOV a klasický text bez jakýchkoliv dalších informací k učivu. Ke studiu měli žáci třídy 10 dnů, což odpovídá dvěma klasickým hodinám chemie (2 hodiny týdně) a samostatné přípravě, kterou měli k dispozici žáci ostatních dvou tříd. Žáci měli přednostní přístup ke školnímu internetu nebo studovali doma. Počet přístupů byl 67. Test napsali průměrně na 16,7 bodu, tedy na 83,5 %.

Výsledky třídy 6. p byly zpracovány z pohledu procentuální úspěšnosti jednotlivých otázek testu.

otázka č.	úspěšnost
1	70%
2	100%
3	96%
4	78%
5	96%
6	100%
7	74%
8	83%
9	100%
10	96%
11	100%
12	83%
13	83%
14	74%
15	65%
16	91%
17	91%
18	91%
19	30%
20	70%

Procentuální úspěšnost jednotlivých otázek 6.p

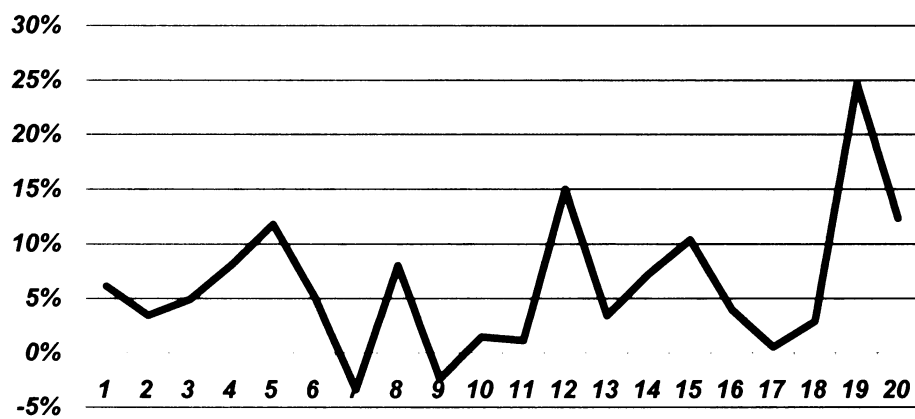


Již z těchto grafů je patrná větší kvalita ve výsledcích třídy 2. A. Následně jsem porovnal jednotlivé otázky s jejich úspěšností ve srovnání jednotlivých tříd.

č. ot.	2. A	2. B	6. p	prům. úspěšnost	odchylka 2. A	odchylka 2. B	odchylka 6. p
1	75%	62%	70%	69%	6%	-7%	1%
2	100%	90%	100%	97%	3%	-7%	3%
3	100%	90%	96%	95%	5%	-5%	1%
4	86%	69%	78%	78%	8%	-9%	1%
5	100%	69%	96%	88%	12%	-19%	7%
6	89%	63%	100%	84%	5%	-21%	16%
7	75%	86%	74%	78%	-3%	8%	-4%
8	96%	86%	83%	88%	8%	-2%	-6%
9	96%	100%	100%	99%	-2%	1%	1%
10	100%	100%	96%	99%	1%	1%	-3%
11	100%	97%	100%	99%	1%	-2%	1%
12	100%	72%	83%	85%	15%	-13%	-2%
13	96%	100%	83%	93%	3%	7%	-10%
14	86%	76%	74%	78%	7%	-3%	-5%
15	96%	97%	65%	86%	10%	10%	-21%
16	96%	90%	91%	92%	4%	-3%	-1%
17	96%	100%	91%	96%	1%	4%	-5%
18	100%	100%	91%	97%	3%	3%	-6%
19	64%	24%	30%	40%	25%	-15%	-9%
20	96%	86%	70%	84%	12%	2%	-15%
počet odchylek + od průměru					18	8	8
počet odchylek - od průměru					2	12	12

Po zpracování průměrné úspěšnosti jednotlivých otázek za všechny zúčastněné třídy jsem počítal odchylku u jednotlivých otázek v konkrétní třídě od průměrné úspěšnosti. S velkou převahou byla nejuspěšnější třída s kombinovanou výukou – 2. A. Ostatní dvě třídy byly cca na stejné úrovni. Upozorňuji, že třída 6. p, která využívala pouze e-learning se s tímto způsobem výuky setkala poprvé.

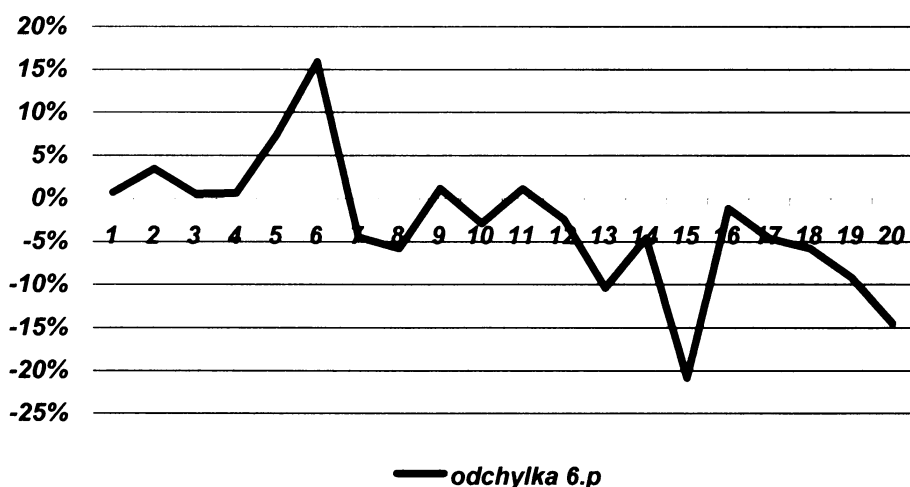
V následujících grafech je ukázána odchylka jednotlivých tříd v jednotlivých otázkách od průměru.



— odchylka 2.A



— odchylka 2.B



### Aplikace statistických metod

Pro statistické zpracování výsledků testů jsem zvolil párový t – test, pro ověření výsledků párového testu byla použita metoda ANOVA (Analysis of variance).

Jako statisticky významné se ukázaly rozdíly ve výsledcích třídy 2. A proti výsledkům ostatních tříd, rozdíl ve výsledku třídy 2. B a 6. p se ukázal statisticky nevýznamný. Tím se potvrdila hypotéza, že výuka zvoleného tématu metodou kombinované výuky je neefektivnější. Výsledky statistického zpracování výstupů jsou k dispozici na CD 2.

**Výsledky potvrzují, že 2. A je z těchto výběrů nejlepší.**

#### 2.4.2 Žáci semináře z chemie

Testování se účastnili žáci Gymnázia Františka Živného v Bohumíně. V průběhu výzkumu bylo otestováno ze skupiny S1 14 žáků, ze skupiny S2 11 žáků. Na rozdíl od všeobecných tříd tyto skupiny si dobrovolně zvolili předmět „Seminář z chemie“ a proto byly předpokladem lepší znalosti. Téma „Čištění odpadních vod“ bylo ovšem **zcela mimo** v té době probírané učivo semináře a výuku standardně vedl jiný učitel než já. .

Závěrečný test, který byl sestaven z 20 otázek s možnostmi a, b, c, se soustředil na řešení učebních úloh, které jsem stanovil pro zvládnutí učiva „Čištění odpadních vod“. Byl náročnější, než test pro všeobecné třídy. Na vypracování testu byl stanoven

čas pouze 15 minut, což se následně pravděpodobně projevilo na horších výsledcích. Vyhodnocení probíhalo stejným způsobem jako u všeobecných tříd gymnázia.

Test pro seminář:

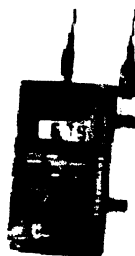
### Test závěrečný

Vaše jméno:

**1/20: Obvyklá reakce splaškových odpadních vod je**

- alkalická
- kyselá
- neutrální

**2/20: Některé látky rozpuštěné v odpadní vodě jsou schopny udržovat stálé pH, mají tedy:**



- neutralizační účinek
- pufrační účinek
- redukční účinek

**3/20: Máme -II hodnoty  $BSK_5$  ( $mg \cdot l^{-1}$ ): a) 223 b) 37, přísluší hodnota b vodě**



- na vstupu do ČOV
- na výstupu z ČOV
- pitné



**4/20: Na hladině odpadní vody najdeme látky:**



- sedimentující
- rozpuštěné
- koloidní

**5/20: Jako jednotka znečištění odpadních vod se používá:**

- EO. . . ekvivalentní obyvatel
- BSK<sub>5</sub>
- CHSK

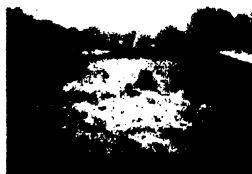
**6/20: Samočistící procesy v přírodě jsou vzhledem k procesům umělým (ČOV):**

- rychlejší
- stejně rychlé
- pomalejší

**7/20: Nízké teploty při čištění vadí nejvíce**

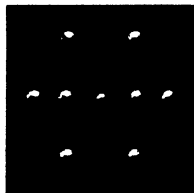
- nitrifikačním bakteriím
- česlím
- aeraci

**8/20: Nejbližše přirozeným čistícím procesům jsou**



- kořenové čistírny odpadních vod
- domovní čistírny odpadních vod
- městské čistírny odpadních vod

**9/20: Vysoké teploty vody v ČOV (nad 20 st. C) mohou způsobit**



- kyslíkový deficit
- zničení čerpadel
- uvolnění toxických látek

**10/20: K odstranění zápachajících látek (například amoniaku  $\text{NH}_3$  a sirovodíku  $\text{H}_2\text{S}$ ) a také k oxidaci železnatých kationtů  $\text{Fe}^{2+}$  na železité kationty  $\text{Fe}^{3+}$  používáme „praní vody vzduchem“ neboli**

- flotace
- aerace
- flokulace

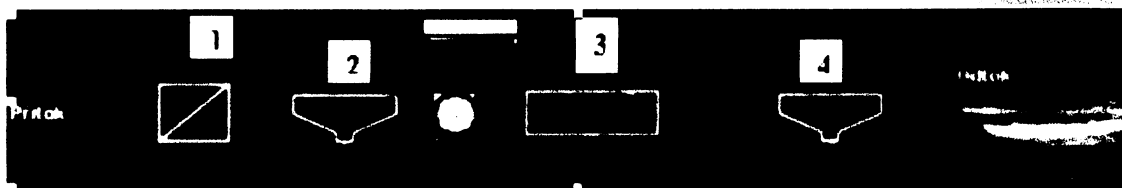
**11/20: Z pohledu chemie jsou základními reakcemi v průběhu čištění odpadních vod reakce**

- protolytické
- oxidačně - redukční
- komplexotvorné

**12/20: Denitrifikace probíhá za vývinu**

- $\text{NH}_3$
- $\text{HNO}_3$
- $\text{N}_2$

**13/20: Ve schématu ČOV je jako číslo 3 uvedena část**

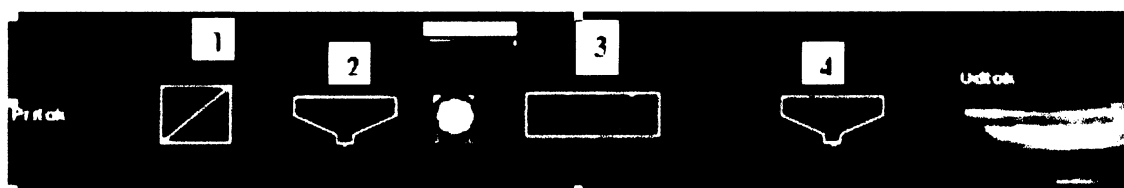


- vyhnivací nádrž
- aktivační nádrž
- usazovací nádrž

**14/20: Oddělení zbytků aktivovaného kalu od vyčištěné odpadní vody je úkolem pro**

- česle
- dosazovací nádrž
- aktivační nádrž

**15/20: Ve schématu ČOV je jako číslo 1 uvedena část**



- česle
- aktivační nádrž
- usazovací nádrž

**16/20: Čistící proces je založen na kontaktu čištěné odpadní vody s aktivovaným kalem v**



- vyhnívací nádrži
- aktivační nádrži
- usazovací nádrži

**17/20: Separace biomasy od vyčištěné odpadní vody je úkolem pro**

- dosazovací nádrž
- sedimentační nádrž
- aktivační nádrž

**18/20: Na principu snížení průtokové rychlosti vody pracuje.**

- česle
- sedimentační nádrž
- aktivační nádrž

**19/20: Prací prostředky s fosfáty  $[(PO_4)^{-3}]$  mohou ve vodě zvyšovat obsah**



- silic
- síry
- sinic

**20/20: o schopnosti aktivovaného kalu oddělovat se od vyčištěné vody nás informuje**



- kalový index
- BSK<sub>5</sub>
- CHSK

**Správné odpovědi:**

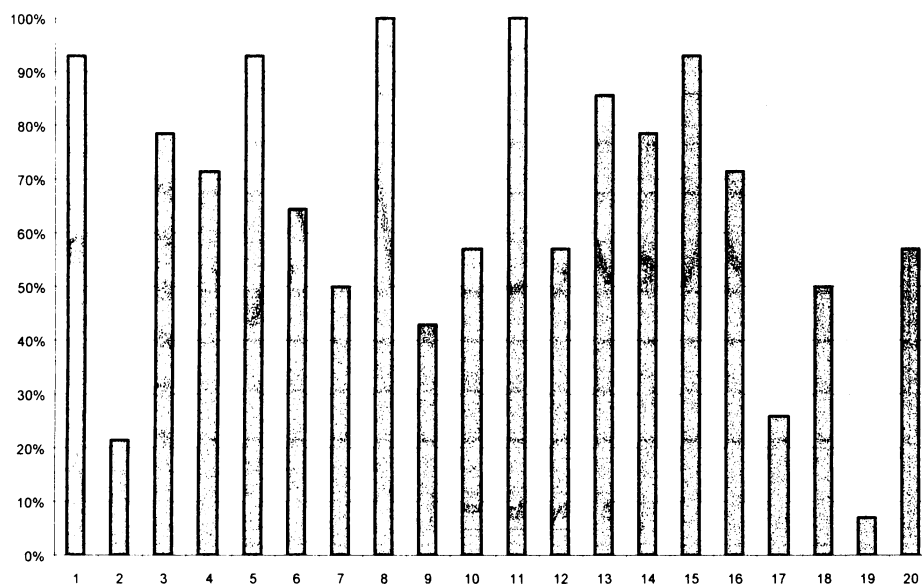
1a, 2b, 3b, 4c, 5a, 6a, 7a, 8a, 9a, 10b, 11b, 12c, 13b, 14b, 15a, 16b, 17a, 18b, 19c, 20a.

**Skupina S2** pracovala kombinovaným způsobem, tedy s klasickým textem, který byl při výkladu učitele doplňován prací s interaktivním modelem ČOV s problémovými otázkami. Následně měl každý žák třídy k dispozici celý systém tvořený e-learningovým kurzem s modelem ČOV. Výuka tématu „Čištění odpadních vod“ probíhala pouze v jedné vyučovací hodině a následně měli žáci 2 dny na samostudium s využitím výše zmíněného systému. Model s e-learningovým kurzem byl umístěn na stránkách gymnázia a všichni studenti měli zajištěný přístup na školních

počítačích ve svém volném čase a samozřejmě z domu. Test napsali průměrně na 14,45 bodů, tedy na 72,3 %. Výsledky skupiny S2 byly zpracovány z pohledu procentuální úspěšnosti jednotlivých otázek testu.

<b>otázka č.</b>	<b>úspěšnost</b>
1	100%
2	55%
3	55%
4	91%
5	27%
6	82%
7	91%
8	55%
9	64%
10	73%
11	73%
12	73%
13	91%
14	100%
15	82%
16	91%
17	64%
18	36%
19	73%
20	73%

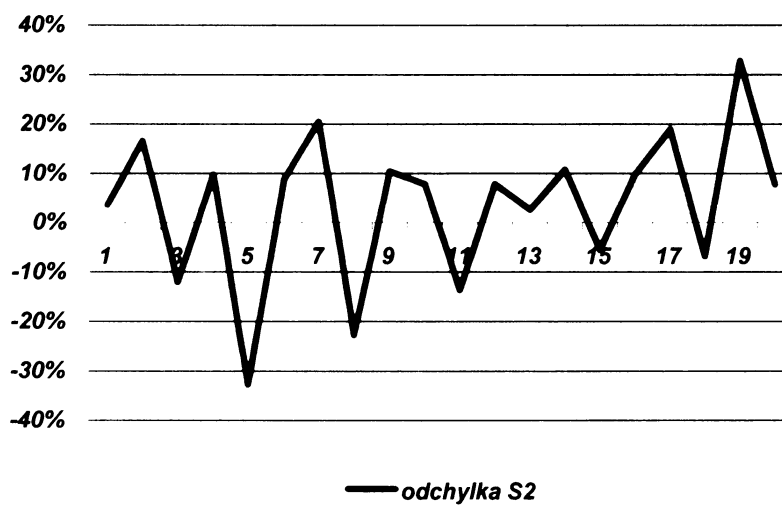
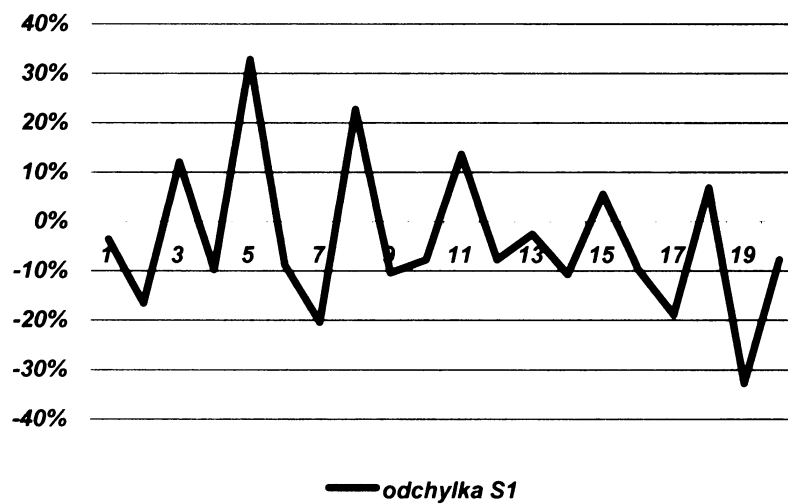
Procentuální úspěšnost jednotlivých otázek - test 2-S1

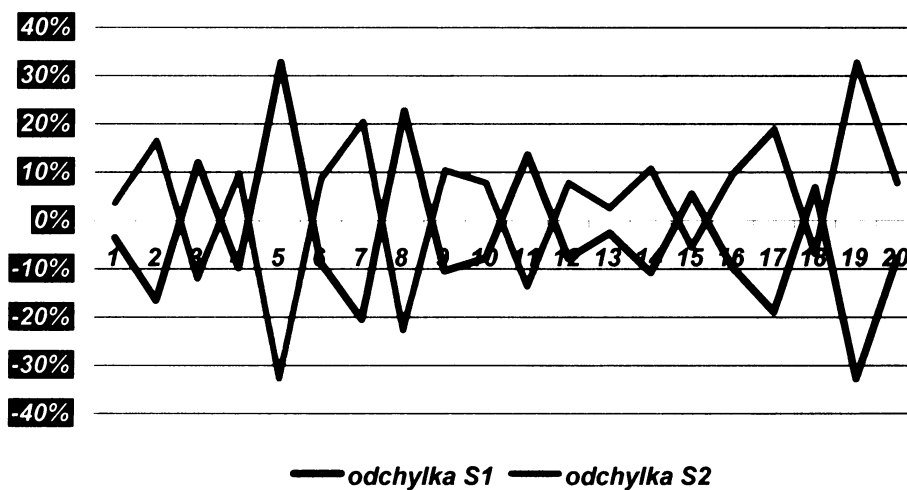


Již z těchto grafů je patrná větší kvalita ve výsledcích skupiny S2. Dále srovnávám jednotlivé otázky s jejich úspěšností u jednotlivých skupin.

č. ot.	S1	S2	prům. úspěšnost	odchylka S1	odchylka S2
1	93%	100%	96%	-4%	4%
2	21%	55%	38%	-17%	17%
3	79%	55%	67%	12%	-12%
4	71%	91%	81%	-10%	10%
5	93%	27%	60%	33%	-33%
6	64%	82%	73%	-9%	9%
7	50%	91%	70%	-20%	20%
8	100%	55%	77%	23%	-23%
9	43%	64%	53%	-10%	10%
10	57%	73%	65%	-8%	8%
11	100%	73%	86%	14%	-14%
12	57%	73%	65%	-8%	8%
13	86%	91%	88%	-3%	3%
14	79%	100%	89%	-11%	11%
15	93%	82%	87%	6%	-6%
16	71%	91%	81%	-10%	10%
17	26%	64%	45%	-19%	19%
18	50%	36%	43%	7%	-7%
19	7%	73%	40%	-33%	33%
20	57%	73%	65%	-8%	8%
počet odchylek + od průměru				6	14
počet odchylek - od průměru				14	6

V následujících grafech je ukázána odchylka jednotlivých skupin v jednotlivých otázkách od průměru.





### Aplikace statistických metod

Pro statistické zpracování výsledků testů jsem zvolil párový t – test, pro ověření výsledků párového testu byla použita metoda ANOVA (Analysis of variance).

Při tomto testování byly k dispozici dvě populace S1, S2 s rozdílným počtem žáků. V párovém testu byl vidět velký vliv chybějících pozorování, protože tato metoda připouští pouze shodný počet pozorování (který v tomto případě nebyl). Proto byla použita i metoda oboustranného t-testu a deskriptivní statistika.

U párového testu a dvouvýběrového t-testu byla zamítnuta alternativa o nerovnosti středních hodnot na dané hladině významnosti (0, 05) z čehož vyplývá, že **není možné na základě středních hodnot určit větší úspěšnost některého výběru.**

Z tabulky Analýzy rozptylu vidíme, že  $p=0,213$ , tedy nulovou hypotézu (shody středních hodnot) nemůžeme zamítnout na žádné rozumně zvolené hladině významnosti. Rozdíly v poloze pozorovaných hodnot („výsledky testů“) v jednotlivých skupinách nemůžeme přičítat nějakým systematickým rozdílům mezi skupinami, ale pouze důsledkům nahodilého kolísání.

Tyto skutečnosti jednoznačně nepotvrzují, ale ani nevyvracejí, že skupina S2 z těchto výběrů dosáhla lepších výsledků než skupina S1. Na základě grafického zpracování „box ploty“ je ovšem patrný určitý rozdíl a to, že **S2 je „lepší“ než S1** (hlavně v poloze střední hodnoty, zatímco mezikvartilové rozdíly jsou minimální). To by se také dalo říct z deskriptivní statistiky, kde na základě většího mediánu (střední hodnoty) je vidět, že

**v testech je lepší S2.**



### 2.4.3 Didaktická analýza výzkumu

Výsledky testování prokazatelně potvrzují stanovenou hypotézu, že výuka kombinovaným způsobem (blended learning) je nejefektivnější a žáci vyučovaní tímto způsobem vykazují výrazně lepší výsledky studia. Klasický způsob výuky i metoda e-learningu vykazují přibližně stejné výsledky, které bych u obou skupin označil za průměrné. Osobně si myslím, že studium formou e-learningu je pro zkoumanou věkovou skupinu (16-17 let) poměrně náročné z hlediska motivace i orientace v problematice tohoto stylu výuky. Doporučuji tuto formu volit na vyšším stupni škol a na školách 2. stupně pouze jako doplněk výuky. Stále se projevuje velmi důležitá funkce učitele v průběhu předávání informací. Musí mít ovšem k dispozici v oborech jako je chemie i další prostředky výuky než pouze tabuli a křidu.

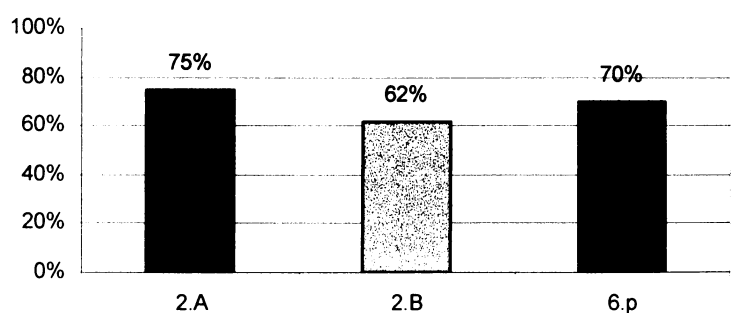
U všeobecných tříd gymnázia, které byly hlavním cílem výzkumu, byly sledovány nižší hladiny intelektuálních cílů podle Bloomovy taxonomie (zvolena mj. z důvodů jejího využití v rámci tvorby ŠVP) a dobré výsledky testů u všech sledovaných tříd tomuto odpovídají (průměrný bodový zisk na žáka 17,5 bodu – 87,6%).

Velké problémy měli žáci všech tří skupin se zodpovězením otázky č. 1:

**1/20: Splaškové vody reagují většinou  
zásaditě  
kyselé  
neutrálně**

Zde museli žáci prokázat schopnost **aplikace**, protože v textech bylo uvedeno, že splašková voda má  $\text{pH} > 7$  a z této informace museli odvodit její zásaditost. Z následujícího grafu je patrné, že největší problém s touto otázkou měla třída vyučovaná klasicky, pro kterou mj. chyběla zpětná vazba formou závěrečného testu k první kapitole e-learningu.

Otázka č.1



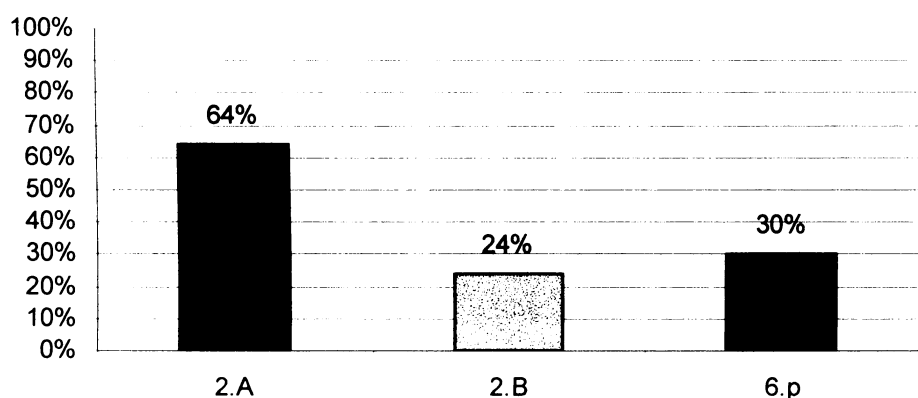
Největší problémy měli žáci všech tří skupin se zodpovězením otázky č. 19:

**19/20: Práci prostředky s fosfáty  $[(PO_4)^{-3}]$  mohou ve vodě zvyšovat obsah:**  
*silic*  
*síry*  
*sinic*

Zde museli žáci opět použít **aplikace**, kdy informace o vztahu fosfátů k výskytu sinic byly podány v rámci výuky jiného tematického celku (V. A skupina) a v rámci mezipředmětových vztahů získali poznatky v rámci výuky **biologie**. Opět je zřejmá vyšší úspěšnost třídy vyučované formou kombinovanou.

V této otázce byl zaznamenán nejvyšší rozdíl ve správných odpovědích ve prospěch třídy 2. A.

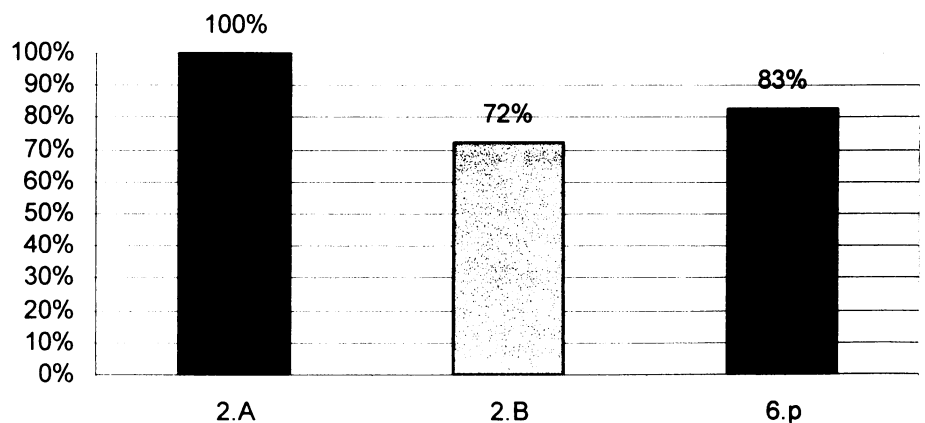
Otázka č.19



Rovněž otázka č. 12 dopadla pro skupinu 2. A výrazně lépe než pro ostatní dvě skupiny.

**12/20: Zahušťováním se z kalu odstraňuje:**  
*vodík*  
*kyslík*  
*voda*

Otázka č.12



Třída 2. A pracovala v rámci výuky s videoklipy a fotografiemi v rámci modelu ČOV a tato poměrně jednoduchá otázka (max. úroveň 2 Bloomovy taxonomie – porozumění) je zpracována mj. v klipu video č. 9 ... „Kalové hospodářství“.

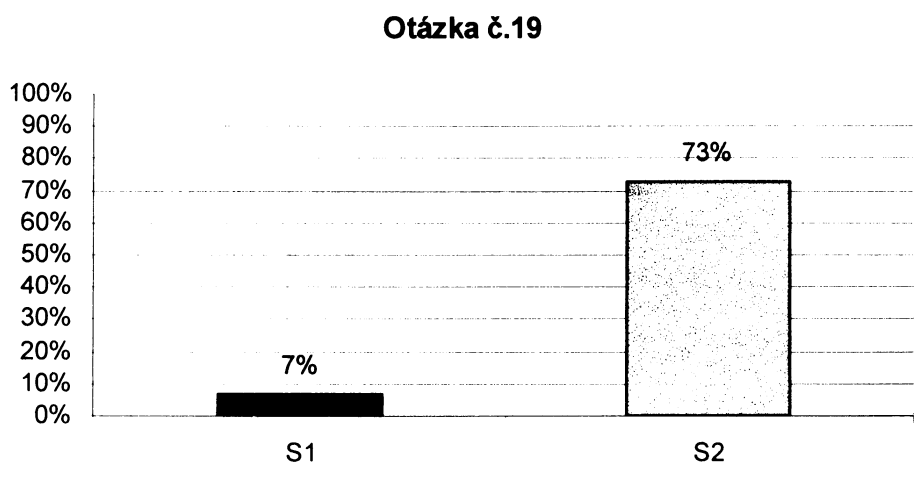
Z celkového pohledu na odpovědi vyplývá, že třída 2. A byla nejlepší v 10 otázkách, třída 2. B ve 3 otázkách a třída 6. p v 1 otázce.

U tříd **semináře z chemie** byly některé otázky upraveny na vyšší hladinu intelektuálních cílů podle Bloomovy taxonomie (zejména ot. č. 3 – hodnocení - 5. hladina, ot. 11, 4, 6, 7, 8 – analýza - 4. hladina, výsledky testů u všech sledovaných tomuto odpovídají (průměrný bodový zisk na žáka 13, 7 bodu – 68, 7%).

Největší problémy měli žáci skupiny S1 se zodpovězením otázky č. 19 (stejně zadání jako u tříd všeobecných):

**19/20: Prací prostředky s fosfáty  $[(PO_4)^{-3}]$  mohou ve vodě zvyšovat obsah:**  
*silic*  
*síry*  
*sinic*

Výrazně zde „nezafungovaly“ mezipředmětové vztahy s **biologií** a podle mého názoru výrazně chyběl výklad učitele. Z časových důvodů učitel stihne **orientovat** žáky v problému, což je mimořádně důležité. Také proto dopadla skupina S2 výrazně lépe.



V této otázce byl zaznamenán nejvyšší rozdíl ve správných odpovědích ve prospěch skupiny S2.

Významně problematickou se pro skupinu S1 stala otázka č. 2, kde informace o ústojných roztocích – pufrch, je podána pouze v rámci e-learningu. Samostatně, bez vedení učitelem tak nebyli žáci této skupiny schopni najít hlavní informace v textu.

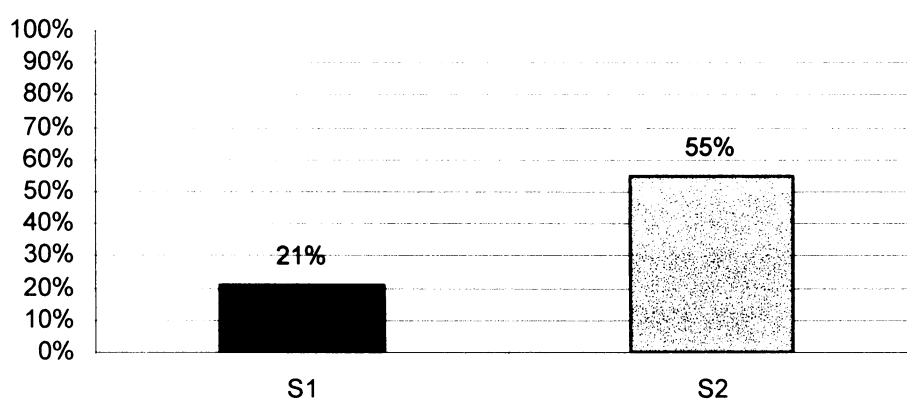
**2/20: Některé látky rozpuštěné v odpadní vodě jsou schopny udržovat stálé pH, mají tedy:**

*neutralizační účinek*

***pufrační účinek***

*redukční účinek*

**Otázka č.2**



Pro skupinu S2 byla největším problémem otázka č. 5, kde podle mého názoru svou snahou o co nejrychlejší odpověď přehlédli význam zkratk (CHSK). V této otázce byl zaznamenán nejvyšší rozdíl ve správných odpovědích ve prospěch skupiny S1.

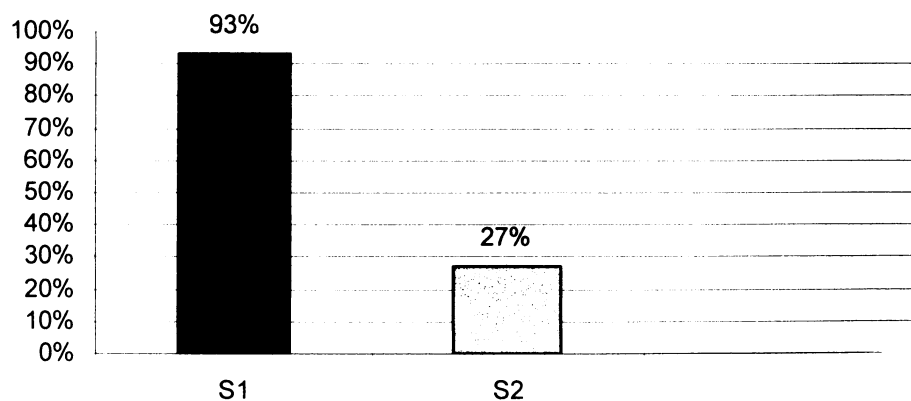
**5/20: Jako jednotka znečištění odpadních vod se používá:**

*EO ... ekvivalentní obyvatel*

*BSK<sub>5</sub>*

*CHSK*

**Otázka č.5**



Z celkového pohledu na odpovědi vyplývá, že skupina S2 byla lepší ve 14 otázkách. Z uvedených příkladů je patrné, že ve všech sledovaných skupinách kombinovaná výuka vykazuje nejlepší výsledky. V didaktické analýze jsem uvedl základní informace, které jsou dále zpracovány na příloženém CD 2.

## 3 Závěr a diskuse

### 3.1 Závěrečné vyhodnocení hypotézy

Hypotéza, kterou jsem na začátku práce stanovil, byla potvrzena prostřednictvím statistického zpracování testů, do kterých se promítly řešené učební úkoly. Použitím vytvořeného interaktivního modelu, spojeného se samostudiem formou e-learningu (blended learning) dosáhli žáci uspokojivých výsledků. Izolovaným využíváním pouze některé z forem výuky byly výsledky průměrné, což mě v první fázi překvapilo zejména u e-learningu. Předpokládal jsem, že žáci gymnázia jsou tuto formu výuky schopni standardně používat s relevantními výsledky. Potvrdilo se, že tato metoda je výborným doplňkem klasické výuky chemie. Tvorbou kompaktního systému výuky tématu „Čištění odpadních vod“ je možné tento celek jednoduše začlenit do školního vzdělávacího programu gymnázia a v praxi pravidelně využívat. Systém kombinované výuky doporučuji používat i v obdobných tematických celcích chemie a výhledově vytvořit na bázi interaktivního modulu výuku celé části RVP „Chemie a životní prostředí. Výuka chemie bez názornosti, interaktivity a samostatné tvorby názoru žáka na danou problematiku, je v současné praxi učitele neudržitelná. Motivující atmosféra ve třídě, kde byl použit model kombinované výuky, se mi potvrdila i v rámci rozhovorů s vybranými žáky všech zkoumaných tříd. Žáci, kteří pracovali bez kontaktu s učitelem tuto skutečnost cítili jako poměrně značný „hendikep“ a žákům s klasickou výukou chyběla při přípravě možnost volby pracovního tempa se zpětnou vazbou, která byla k dispozici v rámci e-learningu a stěžovali si na nedostatek vizuálních podnětů pro přiblížení dané problematiky (k dispozici měli pouze technologické schéma ČOV s několika fotografiemi).

### 3.2 Diskuse

Cílem mé práce bylo vytvořit kompaktní celek pro výuku oblasti chemie „Čištění odpadních vod“ s následnou možností využití v dalších tematických celcích.

oborech. Struktura celku ideově vycházela z praxe flexibilních učebnic chemie skupiny učitelů chemie kolem prof. Čipery. Přístup k tématu byl však odlišný. Jiný model technologického celku spojený s využitím fotografií, videosekvencí a zpětnovazebními otázkami mi doposud není znám. Proto samozřejmě sebou nese určité nedostatky, které budu v průběhu své pedagogické praxe průběžně odstraňovat.

U skupin účastníků semináře lze diskutovat o délce přípravy, jejíž malá hodinová dotace se negativně projevila na výsledcích a také o vhodnosti zařazení tématu odpadních vod do situace, kdy stávající učivo bylo naprosto odlišné. Motivace těchto skupin byla navíc problematická – hodnocení známkou bylo pouze formální. Také počet žáků těchto skupin nebyl vhodný pro relevantní statistické zpracování. Počet zájemců o chemii ovšem vycházel z reálné situace na gymnáziích. Že se tento počet snižuje, je jeden z hlavních problémů, které stojí před učiteli chemie.

Je možné se zamýšlet a vylepšovat uživatelský komfort pro úpravy celého modulu, diskutovat nad zařazením některých otázek a pojmů. K diskusi jsem vždy otevřen, ale jako autor si dovoluji vyjádřit prezentovanou prací svůj postoj k výuce chemie.

## 4 Konec a shrnutí práce

### 4.1 Konec

Výsledkem je kompaktní celek, který zahrnuje klasický učební text, interaktivní model čistírny odpadních vod a e-learningový kurz. Předpokládám rozšíření tohoto modelu práce do dalších oblastí výuky chemie a minimálně dalších přírodovědných oborů. Nastolenou cestu této nové metody práce ověří nejen čas, ale i znalosti žáků, které budou schopni uplatnit v praktickém životě.

### 4.2 Shrnutí (Summary)

#### Shrnutí

Komplexní výukový modul „Čištění odpadních vod“ je nový produkt, který je tvořen klasickým výukovým textem, interaktivním modelem čistírny odpadních vod a e-learningovým kurzem.

Vytvořený komplex má proti jiným didaktickým prostředkům následující **výhody**:

- obsahuje reálné fotografie a filmové sekvence z technologické linky ČOV, která je za normálních okolností nedostupná v tom rozsahu, v jakém je v práci podána
- model ČOV umožňuje přiblížit požadovanou část procesu čištění odpadní vody podle požadavků uživatele bez mimořádných nároků na počítačové vybavení.
- umožňuje plynulý přechod z výuky k modelu a naopak podle požadavků uživatele
- uživatel používá tu část komplexu, kterou v dané chvíli preferuje
- lze měnit obsah textů, fotografií, filmových sekvencí i testů bez mimořádných znalostí informačních technologií
- umístěním na internet je univerzálně použitelný
- prokazatelně umožňuje lepší výsledky v osvojování daného učiva (**blended learning**) než klasické studium



### **Summary**

- The comprehensive tutorial modul, „Waste Water Treatment“, is a new product.
- Consists of a classical tutorial text, an interactive model of waste water treatment plant and an e-learning course.
- This new tutorial modul has some advantages over other tutorial moduls:
- It consists of wide range of real photos as well as video sequences from a waste water treatment plant which is not accesible, under common circumstances, in the scale given by the paper.
- This new tutorial modul can show requested part of the waste water treatment plant according to users request without any special PC equipment.
- There is a possibility of smooth transition from education to the modul and vice versa, according to the user's request.
- User can take the specific part of the modul according to the current situation
- It is possible to change texts, images, video sequences and tests without any extra computer skills.
- It is widely applicable when placed on web.
- There are evidently better results in mastering of the subject matter (blended learning) in comparison with classical learning.

## 5 Přílohy

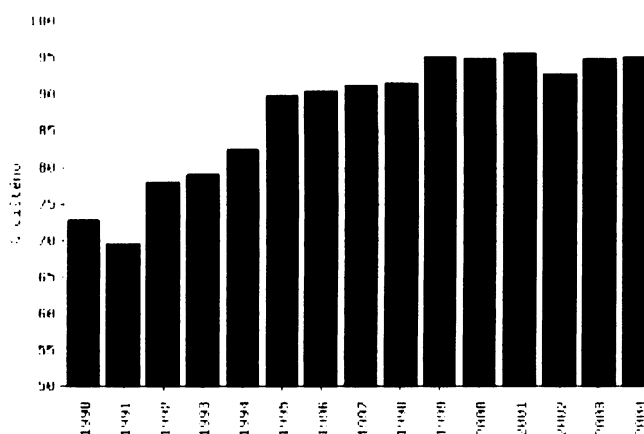
### 5.1 Příloha 1

## Čištění odpadních vod

### 1. Základní pojmy

Ochrana a čištění vod je jednou ze základních podmínek přežití lidského rodu. Dostatek pitné vody a kvalitní čištění vod odpadních je důkazem nejen průmyslové, ale i kulturně – sociální vyspělosti společnosti. Česká republika se postupem let zařadila mezi země s vysokou úrovní vodohospodářství.

#### Čištění odpadních vod v ČR z veřejné kanalizaci v letech 1990 až 2004



Odpadní vody jsou vody použité v obytných, průmyslových, zemědělských, zdravotnických a jiných stavbách, zařízeních a dopravních prostředcích, pokud mají po použití změněnou jakost (složení nebo teplotu), jakož i jiné vody z nich odtékající, pokud mohou ohrozit jakost povrchových nebo podzemních vod. Odpadní vody se dělí na dvě hlavní skupiny, a to na odpadní vody splaškové a průmyslové.

**Splaškové odpadní vody** (splašky) jsou odpadní vody z domácností, hygienických zařízení, objektů společného stravování, ubytování apod. ( $\text{pH} > 7$ ). Jsou vysoce rizikovým faktorem šíření infekce

Koncentrace nerozpuštěných látek je v městských odpadních vodách, koncentrace rozpuštěných látek bývá Obsahují:

**nerozpuštěné látky** (zpravidla 100 až 500  $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$  v městských odpadních vodách):

- papír, hadry, potraviny, písek, rozemleté fekálie, kal, oleje, tuky atd.

**rozpuštěné látky** (zpravidla 500 až 1000  $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$  v městských odpadních vodách):

- různé mikroorganismy, plyny ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CH}_4$ , aj.) a množství organických látek -sacharidy, lipidy a proteiny

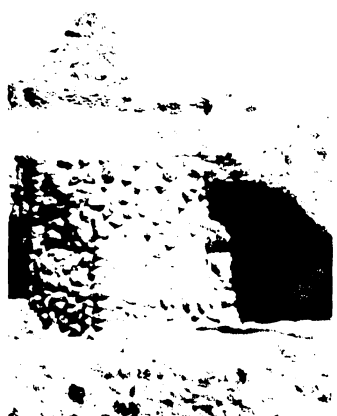
Průmyslové odpadní vody jsou vody použité a znečištěné při výrobním procesu. Řadí se mezi ně i odpadní vody ze zemědělství.

Podle jakosti se mohou dělit na:

- **mimořádně škodlivé** ... obsahují toxické látky a musí se čistit samostatně
- **obsahující biologicky odolné látky** ... čistí se převážně chemicky
- **obsahující biologicky rozložitelné organické látky** ... lze čistit mechanicko - biologicky

Na území Českých zemí v období středověku splašková kanalizace nebyla. Po ulicích vedly obvykle otevřené“ rigóly“, do kterých se vylévalo vše, co bylo tekuté. Ve městech byla spousta nečistot a hromad hnoje i na náměstích a v hlavních ulicích. Důsledkem byl nesnesitelný zápach a časté epidemie jako mor a cholera (1483 v Praze 30 000 lidí zemřelo na mor). Je záhadou, že perfektně propracovaný kanalizační systém Římské říše (např. cloaca maxima – ústřední kanalizační systém města Řím) upadl po jejím zániku v zapomnění v celé Evropě.

### **Zbytky lázní a kanalizačního systému - Kartágo (období Říma, př. n. l.)**



Kanalizační systémy odpadní vodu odváděly do nejbližšího řečiště, a tím kontaminovaly vodu, která se obvykle používala i jako pitná. Čištění odpadních vod je tedy odedávna klíčovým tématem kvality života lidské společnosti.

### **2. Hodnocení kvality odpadních vod.**

Znečištění odpadních vod se přepočítává na jednotky tzv. populačního ekvivalentu (ekvivalentní obyvatel EO, EQ (cca 150 l/obyv. a den.)

Významnou sledovanou hodnotou je BSK<sub>5</sub> ... je to biochemická spotřeba kyslíku, který spotřebují organismy na rozklad organického znečištění za 5 dní. (mg. l<sup>-1</sup>) Určuje míru organického (biologicky odbouratelného) znečištění. Se snižujícím se BSK<sub>5</sub> roste kvalita vody.

### **3. Možnosti čištění odpadních vod**

Odpadní vody se čistí **přirozeným samočisticím procesem v přírodě** nebo **uměle v čistírnách odpadních vod**, kde se snažíme přírodní procesy kopírovat a urychlit.

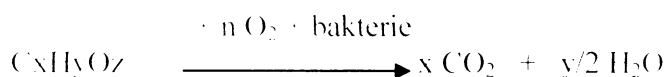
Vodní tok jako každý ekosystém reaguje na znečištění tak, že se snaží vrátit do původního stavu. Přitom se převážně uplatňují následující procesy:

– **mechanické procesy**

Látky těžší než voda sedimentují a tím se snižuje negativní vliv na čistotu a prosvětlení vody. Za zvýšených průtoků jsou sedimenty odplavovány a usazují se v klidnějších částech toku (pozor na nevhodnou regulaci toků)

– **biochemické procesy**

Řada kmenů bakterií, žijících ve vodě, je schopno odbourávání organických nečistot. Základem je oxidace organického znečištění a následně sedimentace neškodného kalu. Účinkem bakterií vznikají konečné produkty rozkladu - voda a oxid uhličitý.



– **chemické procesy**

Látky přirozeně přítomné ve vodách mohou chemicky reagovat se sloučeninami vstupujícími do toků s odpadními vodami. Tím se může část znečišťujících látek přeměnit na látky neškodné, sedimentující, ale i na látky zhoršující kvalitu vody (nevhodné je pH <7). Samočisticí kapacita povrchových vod je omezená a zastaví se například v případě přítomnosti toxických látek ve vodách, které blokují biochemické procesy.

Standardním zařízením pro umělé čištění odpadních vod jsou tzv. čistírny odpadních vod, které čistí směs vod splaškových i průmyslových s dalšími příměsemi jiných typů vod. Jsou stavěny zpravidla poblíž vodních toků a pracují tzv. kontinuálně bez přerušování. Základními metodami čištění je v těchto čistírnách mechanicko – biologický způsob čištění, který zrychluje a zefektivňuje přírodní procesy čištění. Podle typu odpadní vody se nasazují další metody např. chemického odstraňování nežádoucích látek (fosfor, dusík aj.)

Liší se hlavně množstvím zpracované odpadní vody. Jako standard si dále představíme městskou čistírnu odpadních vod střední velikosti (5 000 – 100 000 EO).

Zajímavým zařízením jsou pak tzv. kořenové ČOV, které jsou vhodné pro oblasti s malým počtem EO a tvoří spojovací článek mezi přírodním a umělým čištěním OV. Jedná se o mělký rybníček, vyplněný oblázky a štěrkem, pokrytý mulčem nebo půdou a osázený bahenními a vodními rostlinami. Hladina vody se drží pod povrchem štěrku. Odpadní voda vstupuje na jednom konci, pomalu prochází celým objemem čistírky, kde je čištěna rostlinami a mikroby. Potom opouští čistírnu buď do rybníčku, sudu, rozváděcího výkopu apod. Správný výběr rostlin pro naše dílo je velmi důležitý. Naprosto nepostradatelné k tomuto účelu jsou například orobince, chrastice rákosovitá, skřípínek jezerní, kosatec žlutý atd.

#### **4. Kyslík, to je ale plyn !**

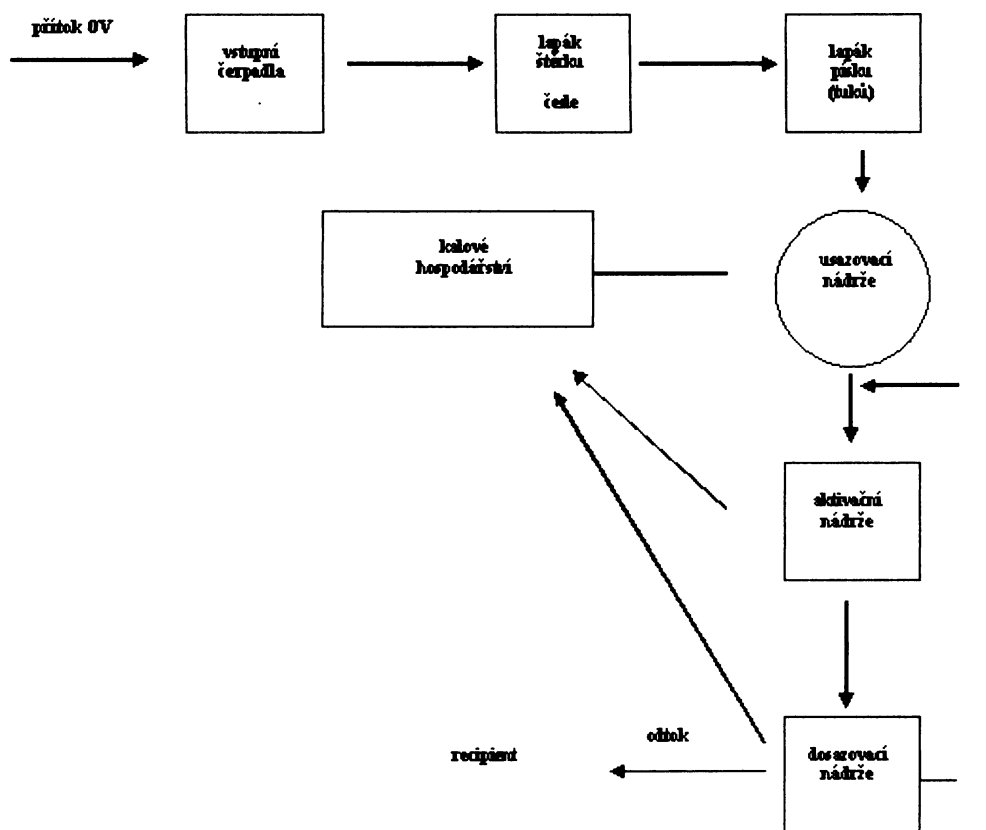
Naprosto výjimečný je v procesu čištění odpadních vod kyslík. Již v rámci samočištění oxidací rozpuštěným kyslíkem snadno podléhají siřičitany (SO<sub>3</sub><sup>2-</sup>) nebo dvojmocné železo (Fe<sup>2+</sup>). Na odstraňování organického znečištění se výrazně podílejí aerobní organismy, které nemohou existovat bez přítomnosti kyslíku. S vyčerpáváním kyslíku rychlost samočisticích procesů klesá a v krajním případě se zcela zastaví. Již v Anglii, jako kolébce umělého čištění OV, bylo jasně řečeno, že „Nebudeme-li mít dostatek kyslíku, nečistíme!“, Od té doby jsou součástí všech technologických zařízení ČOV různá aerační (provzdušňovací zařízení).



## 5. Městská čistírna odpadních vod

Běžná městská ČOV obsahuje následující technologické linky. .

Schema městské čistírny odpadních vod



### – Mechanický stupeň čištění odpadních vod

Mechanicky (v podstatě různými způsoby filtrace a sedimentace) se z odpadní vody odstraňují větší plovoucí, sunuté a usaditelné látky

Prvním článkem mechanického čištění bývají obvykle česle:

skládají se z ocelových tyčí, kterými protéká odpadní voda. odpad z česlí - "shrabky" se následně kompostuje, spaluje atp.

Dalším zařízením je lapák písku:  
slouží nejen k odstranění písku, ale i dalších převážně anorganických nečistot  
pracuje na principu snížení průtokové rychlosti vody Za tyto lapáky se někdy  
zařazují lapáky tuků a olejů:

pracují na principu flotace v průběhu provzdušňování se tukové částice nabalují  
na vzduchové bubliny a stoupají k hladině, kde se zachycují

Základním procesem mechanického čištění je usazování (sedimentace):

probíhá v usazovacích nádržích před biologickým stupněm čištění - primární  
usazování

K usazování dochází snížením průtokové rychlosti a uplatněním gravitačních sil  
při průtoku vody nádržemi různých tvarů (nejčastěji kruhových)

V průběhu sedimentace dochází k pravidelnému odstraňování kalu.

#### – Biologický stupeň čištění odpadních vod

Biologický stupeň je základní metodou čištění vody v městských čistírnách  
odpadních vod. Výsledkem je přeměna nežádoucích látek na látky neškodné.

Biologického čištění se účastní aktivovaný kal:

obsahuje bakterie, které se živí znečištěním, které se vyskytuje v odpadní vodě a  
tímto ji čistí. Složení kalu není stálé, pružně se přizpůsobuje změnám ve složení  
odpadních vod.

Čistící proces je založen na kontaktu čištěné odpadní vody s aktivovaným kalem  
v aktivační nádrži Základem jsou oxidačně - redukční reakce, které probíhají v aktivační  
nádrži. Běžné splaškové vody obsahují tzv. nutrienty:

jsou to sloučeniny prvků, které jsou potřebné pro syntézu biomasy - potrava  
mikroorganismů

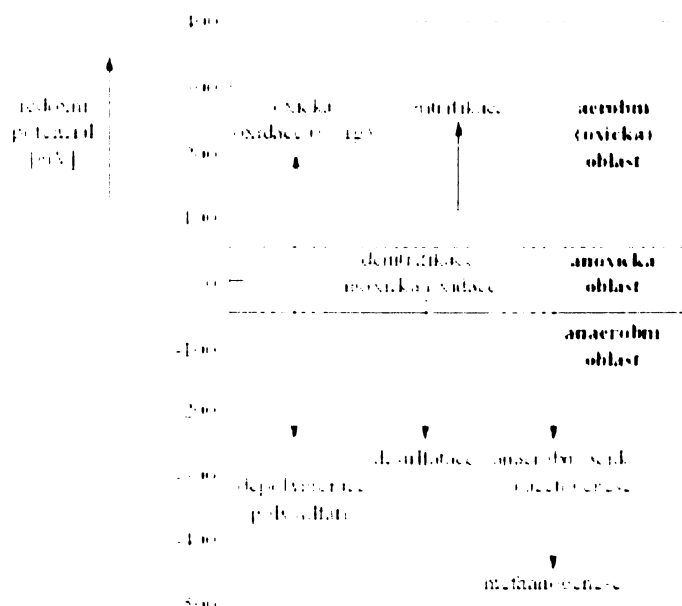
**makronutrienty** - základní: sloučeniny dusíku (N), fosforu (P) a síry (S)

**mikrokronutrienty**: prvky, které jsou zapotřebí ve stopovém množství (K, Ca, Mg  
atd.)

Běžné splaškové vody obsahují nadbytek těchto látek ... hlavně N a P. Proto je  
nutné nadbytečné látky z vody odstraňovat.

Společenstvo organismů je zde přítomno ve formě vloček. Přímě stravitelné  
živiny (např. cukry) jsou využity jako potrava, odstranění dalších látek závisí na  
adsorbčních schopnostech vloček

V jedné z částí pracovního prostoru aktivační nádrže probíhá neustálé  
provzdušňování – aerace (aerobní oblast) ... nitrifikace



Další část pracuje  
pouze za stálého  
míchání - anoxická ...  
**denitrifikace** ...  
odbourání dusičnanů na  
N<sub>2</sub> nebo N<sub>2</sub>O a jiná  
oblast je anaerobní . Zde  
dochází rovněž  
k odstraňování  
dusíku, fosforu  
apod. (obrázek)

**Účinnost vyčištění** závisí na mnoha faktorech, například:

**pH**. . . optimum

7, 0 - 7, 5

**teplota**. . . při nízkých teplotách cca 8 st. C se proces zastavuje.

**složení odpadní vody**. . . těžké kovy, kyanidy, organické látky, které ve své molekule obsahují síru a dusík ničí aktivovaný kal.

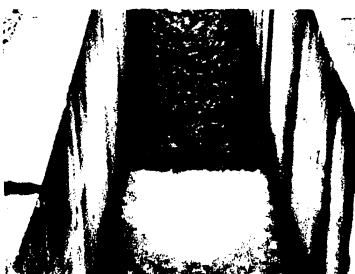
**koncentrace rozpuštěného kyslíku** (bez kyslíku nelze odpadní vody čistit !)

Oddělení organického odpadu od vyčištěné odpadní vody je základním úkolem dosazovací nádrže

Zde se usadí zbytky znečištění a kalu, který je neustále odstraňován.

Izolovaný aktivovaný kal se zahustí a odvádí se do prostoru kalového hospodářství, kde dochází ke stabilizaci kalu převážně vyhníváním ve vyhnívacích nádržích bez přístupu vzduchu – anaerobně. Uvolněný bioplyn se zachycuje v plynojemu a využívá hlavně k vytápění, výrobě elektrické energie atd.

Z dosazovací nádrže odtéká vyčištěná voda do říčního systému



Čištění odpadních pro udržení rovnováhy když se v posledních mnoho (viz pstruzi ve ideální. Čistota řek je nejlepší za posledních sto let, ale stále je v této oblasti mnoho práce. Važme si života v místech, kde je dostatek kvalitní vody.

vod je významným faktorem mezi přírodou a člověkem. I letech udělalo pro čistotu vod Vltavě), není stav

## 6. Zlato z odpadní vody (dobrovolná laboratorní práce)

Pro ty z vás, kteří si chtějí tzv. na vlastní kůži zkusit něco z analýzy vod tady mám jeden jednoduchý pokus, který zvládnete i v průběhu vyučovací hodiny. Jak víme, sloučeniny fosforu je vhodné z odpadních vod odstraňovat. Jak poznáme, že je ve vodě přítomen například fosforečnan sodný (myčky na nádobí)?

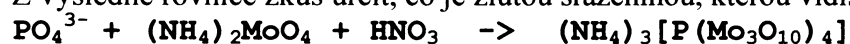
Připravte si do jedné zkumavky roztok fosforečnanu sodného a do druhé roztok molybdenové soluce (roztok molybdenanu amonného ve zředěné kyselině dusičné). Obsah zkumavek smíchej v kádince a výslednou reakční směs mírně zahřej:

- poměry a koncentrace roztoků vymysli sám nebo se zeptej učitele (to ale správný chemik nedělá)

V ideálním případě bude výsledek tento:



Z výsledné rovnice zkus určit, co je žlutou sraženinou, kterou vidíš na obrázku.



## 7. Kontrolní otázky:

1. Jaká je nejvhodnější hodnota pH splaškové odpadní vody a proč?
2. Bez kterého plynu je čištění odpadních vod všeho druhu nemožné a proč?
3. V které části ČOV probíhá hlavní odstraňování organických nečistot a jakým způsobem?
4. Jakým způsobem funguje kalové hospodářství?
5. Můžeme něco konkrétně udělat proti znečišťování vody?
6. Pojmenuj reaktanty a produkty v rovnici z kapitoly

(Pozn. aut.: modře zbarvený text měli k dispozici pouze třídy semináře z chemie S1, S2 !)



## 5.2 Příloha 2

### Metodický list videoklipů modelu čistírny odpadních vod MČOV

#### video č. 1 ... „Přítok splaškové vody na čistírnu odpadních vod“

délka klipu: 0:00:27

formát:wmv

velikost: 1, 78 MB

Ukázka vstupní čerpací stanice s detailem odpadní vody. Můžeme sledovat charakteristickou barvu splašků.

#### video č. 2 ... „Hrubé česle a lapák šterku“

délka klipu: 0:00:17

formát:wmv

velikost: 1, 06 MB

Detail přítoku odpadní vody rozšířeným kanálem ... zpomalení průtoku, usazení nejtěžších částic – lapák šterku. Voda protéká přes hrubé česle ...mechanické zachycení větších plovoucích nečistot. Hrubé česle pozůstávají z vertikálních nebo nakloněných ocelových tyčí (česlic) umístěných ve stejných vzdálenostech (průlinách) napříč žlabu, kterým protéká odpadní voda. Velikost průlin bývá u hrubých česlí 5 až 20 cm. Slouží obvykle jako ochrana čerpadel před poškozením většími předměty, a proto se také nazývají ochranné. Vzhledem k tomu, že množství zachyceného materiálu je poměrně malé, bývají obvykle stírány ručně.

#### video č. 3 ... „Jemné česle“

délka klipu: 0:01:41

formát:wmv

velikost: 19, 6 MB

Detail strojně stíraných jemných česlí s ukázkou regulace množství přitékající vody a pohybu česlí. Ukázka zpracování shrabků. Provedení česlí bývá z oceli. Shrabky padají do podstaveného kontejneru. Odtok vody ze sekce jemných česlí s ukázkou automatické stanice na odběr vzorků vody a detailem čerpací stanice.

video č. 4 ... „Lapák písku“

délka klipu: 0:00:43

formát:wmv

velikost: 2, 85 MB

Detail dvoukomorového provzdušňovaného lapáku písku s odtokem k usazovacím nádržím. Lapáky písku jsou zařízení, které slouží k zachytávání písku a minerálních částic, s takovou účinností, aby byla zajištěna ochrana dalších objektů a zařízení ČOV. Komorové lapáky jsou účinné i při změně průtoku odpadní vody.

video č. 5 ... „Sedimentace - usazování“

délka klipu: 0:00:48

formát:wmv

velikost: 9, 12 MB

Detail kruhových usazovacích nádrží. Odpadní voda se přivádí do středu nádrže přímo do vtokového válce, který usměrňuje průtok vody zdola směrem k hladině. Vidíme detail zařízení na stírání kalu ... mostový shrabovák. Odtah kalu je řešen čerpáním, odkud je přepouštěn do vyhnívacích nádrží nebo do zahušťovací nádrže surového kalu. Po obvodu nádrže je situován odtokový žlab.

video č. 6 ... „Aktivace základní metoda čištění“

délka klipu: 0:02:00

formát:wmv

velikost: 23, 6MB

Biologické čištění – aktivace se skládá z částí provzdušňované – nitrifikace, a částí bez přístupu vzduchu ... anaerobní a anoxické (míchání), kde dochází k denitrifikaci. Dodávka vzduchu se řídí v závislosti na koncentraci kyslíku v nitrifikaci. Aktivační proces je založen na kontaktu čištěné odpadní vody se směsnou kulturou aktivovaného kalu. Aktivovaný kal spolu s nově vzniklou biomasou musí být posléze od vyčištěné odpadní vody odseparován. U aktivace je umístěna čerpací stanice pro recirkulaci kalu a pro odvádění přebytečného kalu k zahušťování.

video č. 7 ... „Dosazovací nádrže“

délka klipu: 0:00:39

formát:wmv

velikost: 7, 34MB

Dosazovací nádrže pracují na stejném principu, jako nádrže usazovací a slouží k oddělení zbytků po aktivaci. Odpadní voda s obsahem aktivovaného kalu přitéká z předchozího stupně čištění středovým ocelovým sloupem, ze kterého natéká vtokovými otvory do nátokového deflektoru. Zde dochází ke snížení rychlosti a usměrnění toku směsí šikmo vzhůru do prostoru flokulačního válce kde dochází k vymíchávání plovoucích nečistot z uzavřeného prostoru válce a k jejich klesnutí ke dnu dosazovací nádrže. Voda odtéká k obvodu nádrže, stoupá vzhůru a přepadá do žlabu. Kal je plynule stírán pomocí systému škrabek po dně nádrže k jejímu středu a odtud je odebírán

dalšímu zpracování. Stírací zařízení je spojeno s otočným mostem, který pojíždí po pojezdové dráze.

video č. 8 ... „Odtok vyčištěné vody do recipientu“

délka klipu: 0:00:18

formát:wmv

velikost: 925 kB

Odtok vyčištěné vody zpět do tzv. recipientu. Detail kontrastního pásu pro vizuální kontrolu kvality vyčištěné vody.

video č. 9 ... „Kalové hospodářství“

délka klipu: 0:01:51

formát:wmv

velikost: 21, 7 MB

Při anaerobní stabilizaci (methanizaci, vyhnívání) dochází mikrobiálními procesy v bezkyslíkatém anaerobním prostředí k rozkladu biologicky rozložitelné organické hmoty, provázené produkcí bioplynu, neboli kalového plynu Bioplyn, vzniklý anaerobním vyhníváním se využívá převážně pro výrobu elektrické energie a tepla. Vidíme detail skupiny nádrží – vyhnivací, uskladňovací, zahušťovací. Následně vidíme některé možnosti zahušťování vyhnílého kalu ... vysokootáčkovou odstředivku, rotační zahušťovač. V závěru klipu vidíme stabilizovaný odvodněný a vyhnílý kal. Při čištění městských odpadních vod aktivací je produkce biologického kalu obvykle 0, 5 až 1, 0 kg sušiny na 1 kg odstraněného BSK<sub>5</sub>.

### 5.3 Příloha 3

CD 1

obsah:

1. Systém interaktivní výuky pro všeobecné třídy středních škol
2. Systém interaktivní výuky pro seminář z chemie

## 5.4 Příloha 4

CD 2

obsah:

1. Závěrečné testy(system generování náhodných otázek)
2. Soubor testů žáků
3. Zpracování výsledků testů
4. Výsledky statistického testování zvolené hypotézy

## 6 Seznam literatury

### L I T E R A T U R A

1. HORÁKOVÁ, M. , LISCHKE, P. , GRÜNWARD, A.: *Chemické a fyzikální metody analýzy vod*, SNTL ALFA, Bratislava, 1986
2. PITTER, P.: *Hydrochemie*, VŠCHT, Praha, 1999
3. AMBROŽOVÁ, J.: *Aplikovaná a technická hydrobiologie*, VŠCHT, Praha, 2003
4. AMBROŽOVÁ, J.: *Mikrobiologie v technologii vod*, VŠCHT, Praha, 2003
5. DOHÁNYOS, M.: *Čištění odpadních vod*, VŠCHT, Praha, 1998
6. HLAVÍNEK, P.: *Čištění odpadních vod – přednášky*, Ústav vodního hospodářství obcí, Fakulta stavební, VUT Brno, dostupné z: <http://nt-uvho.fce.vutbr.cz/staff/hlavinek/kurz1pr.htm>
7. BĚHOUNEK, K. , JANDOVÁ, J.: *Význam ČOV pro životní prostředí*, Aquatest, Praha, 2006
8. FIECHTER, A.: *Biotechnics/Wastewater*, Springer, Berlin/Heidelberg, 1994
9. HUTZINGER, O.: *Water pollution*, Springer, Berlin/Heidelberg, 2004
10. LICHTFOUSE, E. , SCHWARZBAUER, J. , ROBERT, D.: *Environmental chemistry – Green chemistry and pollutants in ecosystems*, Springer, Berlin/Heidelberg, 2005
11. *Voda – elektronický časopis*, dostupné z: <http://www.e-voda.cz/casopis.php>
12. NEISER, J. a kol.: *Obečná chemická technologie*, SPN, Praha, 1981
13. HRANOŠ, P.: *Anorganická technologie*, Hranoš, Ostrava, 1993
14. ČTRNÁCTOVÁ, H.: *Učební úlohy v chemii – 1. díl*, Karolinum, Praha, 1998
15. ČIPERA, J.: *Rozpravy o didaktice chemie I.* , Karolinum, Praha, 2000
16. ČIPERA, J.: *Rozpravy o didaktice chemie II.* , Karolinum, Praha, 2001
17. PACHMANN, E. a kol.: *Speciální didaktika chemie*, SPN, Praha, 1986
18. ZÝKA, J. a kol.: *Chemie ze školy do života*, SPN, Praha, 1993
19. CHLUBNA, P.: *Chemie kyslíku – flexibilní učebnice*, OU, Ostrava, 2006

20. DVOŘÁK, M.: *Chemie manganu - flexibilní učebnice*, OU, Ostrava, 2006
21. TEPLÝ, P.: *Chemie železa - flexibilní učebnice*, OU, Ostrava, 2006
22. KAMLAR, M.: *Chemie rtuti - flexibilní učebnice*, OU, Ostrava, 2006
23. PETTY, G.: *Moderní vyučování*, Portál, Praha, 1996
24. FOJTÍK, R.: *Hodnocení úspěšnosti výuky*, OSU, Ostrava, 2006
25. TROMBIK, L.: *Problémy aplikace On-line testů a jejich řešení*, GFŽ, Bohumín, 2006
26. *RVP pro gymnaziální vzdělávání – pilotní verze*, VÚP, Praha, 2004
27. GAJDA, V. , ZVOLSKÁ, J.: *Úvod do statistických metod*, Pedagogická fakulta v Ostravě, Ostrava, 1979