

**Univerzita Karlova v Praze**

**Přírodovědecká fakulta**

Katedra učitelství a didaktiky chemie



**Bc. Lucie Kristlová**

**OXID UHLIČITÝ VE VÝUCE PŘÍRODOVĚDNÝCH PŘEDMĚTŮ  
(STUDIJNÍ OPORY PRO GYMNÁZIA)**

**Carbon Dioxide in Science Education (Study Aids for Grammar School)**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Vedoucí diplomové práce: RNDr. Renata Šulcová, Ph.D.**

**Praha 2011**

**KLÍČOVÁ SLOVA:**

Oxid uhličitý; uhlíková stopa; RVP; projektový přístup k výuce; PISA; metoda IBSE (badatelsky orientované přírodovědné vzdělávání); PowerPointová prezentace; laboratorní práce; pracovní listy.

**KEYWORDS:**

Carbon Dioxide; Carbon Footprint; Framework Educational Programme; Project Management; PISA; IBSE (Inquiry Based Science Education); PowerPoint Presentation; Laboratory Work; Worksheets.

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem předloženou diplomovou práci vypracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

Souhlasím se zapůjčením diplomové práce ke studijním účelům.

V Praze, 20. 5. 2011

---

Bc. Lucie Kristlová

Na tomto místě bych chtěla poděkovat RNDr. Renatě Šulcové, Ph.D. v první řadě za její cenné rady, připomínky a poskytnutí studijních materiálů, které přispěly ke vzniku této diplomové práce. Dále děkuji za její ochotu a čas, který mi věnovala.

Děkuji Mgr. Janě Hrabíkové za spolupráci při ověřování navržených materiálů v praxi.

Především děkuji svým rodičům za jejich podporu, kterou mi poskytovali během celé doby mého vysokoškolského života.

# OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD A CÍLE.....</b>	<b>6</b>
1.1	ÚVOD.....	6
1.2	CÍLE PRÁCE.....	7
<b>2</b>	<b>TEORETICKÁ ČÁST .....</b>	<b>8</b>
2.1	KURIKULÁRNÍ DOKUMENTY .....	8
2.1.1	Rámcový vzdělávací program pro gymnaziální vzdělávání.....	9
2.1.2	Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání .....	11
2.2	PROJEKTOVÝ ZPŮSOB MYŠLENÍ A VYUČOVÁNÍ.....	13
2.3	BADATELSKY ORIENTOVANÉ PŘÍRODOVĚDNÉ VZDĚLÁVÁNÍ .....	15
2.4	MEZINÁRODNÍ VÝZKUMY.....	18
2.4.1	Projekt PISA.....	18
2.4.2	PISA 2006 .....	20
2.4.3	PISA 2009 .....	33
2.4.4	Závěry z výsledku šetření výzkumů PISA .....	35
2.5	UČEBNÍ PODKLADY K TÉMATU OXID UHLÍČITÝ.....	36
2.5.1	Oxid uhličitý.....	36
2.5.2	Uhlík.....	43
2.5.3	Koloběh uhlíku .....	44
2.5.4	Metoda CCS - zachycení, doprava a dlouhodobé uložení CO <sub>2</sub> .....	46
2.5.5	Carbon Footprint (Uhlíková stopa) .....	47
<b>3</b>	<b>PRAKTICKÁ A EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST .....</b>	<b>50</b>
3.1	POWERPOINTOVÁ PREZENTACE, METODICKÉ POKYNY .....	50
3.2	NÁVRH PRACOVNÍHO LISTU, METODICKÉ POKYNY .....	58
3.3	NÁVRHY ÚLOH PRO LABORATORNÍ PRÁCI, METODICKÉ POKYNY .....	64
<b>4</b>	<b>OVĚŘENÍ NAVRŽENÝCH MATERIÁLŮ V PRAXI.....</b>	<b>79</b>
4.1	ÚVOD.....	79
4.2	DOTAZNÍKOVÉ ŠETŘENÍ A DISKUZE K JEJICH VÝSLEDKŮM.....	80
4.3	TESTOVÁNÍ MATURANTŮ Z CHEMIE .....	87
4.4	ZÁVĚRY ŠETŘENÍ.....	92
<b>5</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>94</b>
	<b>ABSTRAKT.....</b>	<b>95</b>
	<b>ABSTRACT .....</b>	<b>96</b>
	<b>SEZNAM CITOVANÉ A PROSTUDOVANÉ LITERATURY A DALŠÍCH ZDROJŮ.....</b>	<b>97</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ .....</b>	<b>100</b>

## Seznam použitých zkratk

apod.	a podobně
atd.	a tak dál
BOV	badatelsky orientovaná výuka
cca	přibližně
CCS	Carbon Dioxide Capture and Geological Storage
G	gymnázium
GHS	Globálně harmonizovaný systém klasifikace a označování chemikálií
IBSE	Inquiry Based Science Education (badatelsky orientované přírodovědné vzdělávání)
ITC	Information and Communication Technologies (informační a komunikační technologie)
mj.	mimo jiné
např.	například
NVP	Národní program vzdělávání
obj.	objemový
obr.	obrázek
OECD	Organization of Economic Cooperation and Development (Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj)
PISA	Programme For International Student Assessment (Program pro mezinárodní hodnocení žáků)
resp.	respektive
RVP	rámcový vzdělávací program
RVP G	Rámcový vzdělávací program pro gymnaziální vzdělávání
RVP GSP	Rámcový vzdělávací program pro gymnázia se sportovní přípravou
RVP SOV	Rámcový vzdělávací program (programy) pro střední odborné vzdělávání
RVP ZV	Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání
ŠVP	Školní vzdělávací program
TIMSS	Trends in International and Science Study
tab.	tabulka
tzn.	to znamená
tzv.	takzvaně
VH	vyučovací hodina
ZŠ	základní škola

### **Písmenné bezpečnostní symboly použité v této práci**

GHS05	korozivní a žíravé látky
GHS09	látky nebezpečné pro životní prostředí

# 1 ÚVOD A CÍLE

## 1.1 Úvod

Pro svou diplomovou práci jsem si vybrala téma *Oxid uhličitý ve výuce přírodovědných předmětů* (s podtitulem *Studijní opory pro gymnázia*). Navázala jsem tak na svou bakalářskou práci [27], v níž jsem se zabývala problematikou skleníkových plynů. Oxid uhličitý je široké veřejnosti znám zejména jako skleníkový plyn, jehož nežádoucí účinky narušují ve výsledku stabilitu pozemských systémů. Málokdo si je však vědom jeho nezastupitelné úlohy v globálním koloběhu uhlíku a také v životě každého z nás. Informovanost lidí v této oblasti by však mohla být zlepšena, kdyby se téma *Oxidu uhličitého* stalo součástí běžné výuky chemie a biologie.

Tematika *Oxidu uhličitého* byla v této diplomové práci zpracována tak, aby splňovala požadavky nové koncepce RVP. Ta si žádá především moderní a interdisciplinární pojetí výuky.

Má práce je členěna na tři části. V první části, části teoretické, nejprve stručně charakterizují metodu IBSE neboli badatelsky orientované přírodovědné vzdělávání a projektový přístup k výuce. Větší pozornost pak věnuji analýze výsledků mezinárodního výzkumu PISA 2006, který zjišťoval přírodovědnou gramotnost patnáctiletých žáků. Do této části jsem také zařadila učební podklady k výuce vybraného tématu, které by měly sloužit především vyučujícím chemie a biologie na gymnáziích.

V části druhé, praktické a experimentální, jsou zahrnuty mnou navržené výukové materiály s jejich vypracovaným správným řešením a metodické pokyny pro učitele.

Vypracované studijní opory byly také ověřeny v praxi. Získané výsledky z této studie jsou podrobeny rozsáhlému rozboru, o němž pojednává třetí část mé diplomové práce.

## 1.2 Cíle práce

Cíle mé diplomové práce jsou:

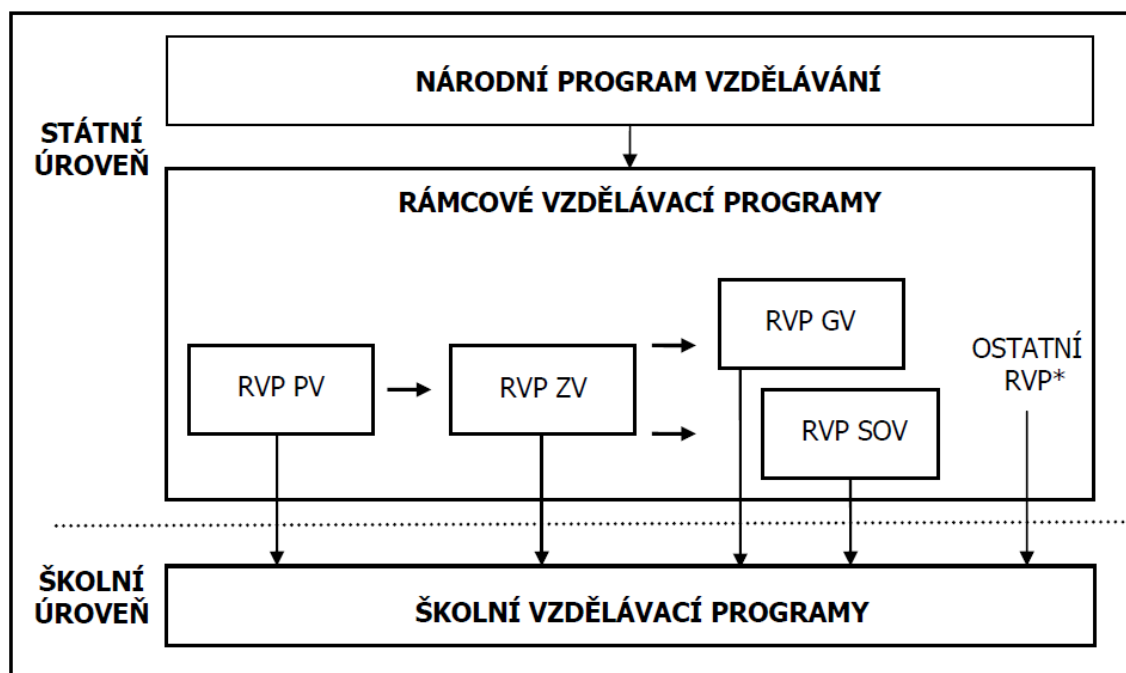
- prozkoumat možnosti zařazení tématu *Oxid uhličitý ve výuce přírodovědných předmětů* do vzdělávání na nižším i vyšším stupni gymnázia v souladu s RVP ZV a RVP G [33, 34]
- provést srovnání metody IBSE s projektovým přístupem k výuce; zhodnotit výsledky mezinárodního výzkumu PISA 2006 a porovnat je s výsledky z roku 2009
- na základě odborné literatury a internetových zdrojů vypracovat učební podklady pro výuku interdisciplinárního tématu *Oxidu uhličitého* na nižším i vyšším stupni gymnázia
- navrhnout PowerPointovou prezentaci, pracovní list a návody laboratorních úloh pro žáky gymnaziálního vzdělávání, to vše včetně metodických podpor pro vyučující
- ověřit navrženou studijní oporu v praxi a zpracovat výsledky této studie

## 2 TEORETICKÁ ČÁST

### 2.1 Kurikulární dokumenty

V souladu se školským zákonem představují rámcové vzdělávací programy hlavní kurikulární dokumenty pro vzdělávání žáků od 3 do 19 let. Kurikulární dokumenty jsou vytvářeny na dvou úrovních – státní a školní. Státní úroveň představují **rámcové vzdělávací programy (RVP)**, které byly uzákoněny školským zákonem<sup>1</sup> v roce 2004. Dnes platí nový zákon<sup>2</sup> z roku 2009. RVP specifikují obecně závazné požadavky pro jednotlivé stupně a obory vzdělání, vymezují rámec pro návrh učebních plánů a formulují pravidla pro tvorbu školních vzdělávacích programů. Nejnižší úrovní systému jsou **školní vzdělávací programy (ŠVP)**, podle nichž se uskutečňuje vzdělávání v konkrétní škole. Jednotlivé školy si je zpracovávají pro své vlastní podmínky, záměry a plány. [33, 34]

Na systém a především provázanost kurikulárních dokumentů poukazuje následující obrázek.



Obr. 1: Systém kurikulárních dokumentů

<sup>1</sup> Zákon č. 561/2004 Sb., o předškolním, základním, středním, vyšším odborném a jiném vzdělávání

<sup>2</sup> Zákon č. 49/2009 Sb., o předškolním, základním, středním, vyšším odborném a jiném vzdělávání



## 2.1.1 Rámcový vzdělávací program pro gymnaziální vzdělávání

**Rámcový vzdělávací program pro gymnaziální vzdělávání (RVP G)**, který je určen pro čtyřletá gymnázia a vyšší stupeň víceletých gymnázií, byl schválen v roce 2007 Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy. Učivo v něm je závazné a je třeba naplnit všechny jeho body. [33]

Smyslem vzdělávání na gymnáziu není předat žákům co největší objem dílčích poznatků, fakt a dat, ale vybavit je systematickou a vyváženou strukturou vědění, naučit je zařazovat informace do smysluplného kontextu životní praxe a motivovat je k tomu, aby chtěli své vědomosti a dovednosti po celý život dále rozvíjet. To předpokládá uplatňovat ve vzdělávání postupy a metody podporující tvořivé myšlení, pohotovost a samostatnost žáků, využívat způsoby diferencované výuky, nové organizační formy, zařazovat integrované předměty apod. [33]

Žák by si měl také osvojit **klíčové kompetence** - souhrn vědomostí, dovedností, schopností, postojů a hodnot, které jsou důležité pro osobní rozvoj jedince, jeho aktivní zapojení do společnosti a budoucí uplatnění v životě. Na čtyřletých gymnáziích a na vyšším stupni víceletých gymnázií by si žák měl osvojit:

- *kompetenci k učení*
- *kompetenci k řešení problémů*
- *kompetenci komunikativní*
- *kompetenci sociální a personální*
- *kompetenci občanskou*
- *kompetenci k podnikavosti.* [33]

### Vzdělávací oblasti

Vzdělávací obsah, propojený celek očekávaných výstupů a učiva, je na čtyřletých gymnáziích a na vyšším stupni víceletých gymnázií v RVP G orientačně rozdělen do **osmi vzdělávacích oblastí**:

- *Jazyk a jazyková komunikace*
- *Matematika a její aplikace*
- *Člověk a příroda*
- *Člověk a společnost*
- *Člověk a svět práce*
- *Umění a kultura*

- *Člověk a zdraví*
- *Informatika a informační a komunikační technologie.* [26, 33]

### **Vzdělávací oblast Člověk a příroda**

Do vzdělávací oblasti *Člověk a příroda* patří následující vzdělávací obory:

- *Fyzika*
- *Chemie*
- *Biologie*
- *Geografie*
- *Geologie.* [33]

Jednotlivé obory této vzdělávací oblasti jsou velmi propojené, je nutné na ně pohlížet jako na komplexní celek. Pedagogové by se měli snažit o zapojení interdisciplinárního přístupu do výuky těchto přírodovědných předmětů, který by zároveň přispěl k eliminaci jakýchkoliv bariér mezi nimi.

### **Průřezová témata**

Průřezová témata zastupují okruhy aktuálních problémů současného světa a jejich účelem je ovlivňovat postoje, hodnotový systém a jednání žáků. Lze je využít jako součást vzdělávacího obsahu vyučovacích předmětů nebo v podobě samostatných projektů, seminářů, kurzů, besed apod.

Průřezová témata tvoří povinnou součást vzdělávání. Žáci se poprvé setkávají s průřezovými tématy na základní škole a vzděláváním na gymnáziu na ně navazují.

Do vzdělávání ve čtyřletých gymnáziích a na vyšším stupni víceletých gymnázií jsou zařazena tato průřezová témata:

- *Osobnostní a sociální výchova*
- *Výchova k myšlení v evropských a globálních souvislostech*
- *Multikulturní výchova*
- *Environmentální výchova*
- *Mediální výchova.* [33]

## 2.1.2 Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání

**Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání (RVP ZV)** je určen pro 2. stupeň základního vzdělávání (resp. pro 6. – 9. ročník), i pro odpovídající ročníky šestiletých a osmiletých gymnázií. Byl schválen v roce 2007 Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy. Učivo v něm je stejně jako v RVP G závazné a je třeba naplnit všechny jeho body.

### Klíčové kompetence

V etapě základního vzdělávání jsou za klíčové kompetence považovány:

- *kompetence k učení*
- *kompetence k řešení problémů*
- *kompetence komunikativní*
- *kompetence sociální a personální*
- *kompetence občanské*
- *kompetence pracovní.* [34]

### Vzdělávací oblasti

Vzdělávací obsah základního vzdělávání je v RVP ZV rozdělen do **devíti vzdělávacích oblastí**:

- *Jazyk a jazyková komunikace*
- *Matematika a její aplikace*
- *Informatika a komunikační technologie*
- *Člověk a jeho svět* (koncipována pouze pro 1. stupeň ZV)
- *Člověk a společnost*
- *Člověk a příroda*
- *Umění a kultura*
- *Člověk a zdraví*
- *Člověk a svět práce.* [34]

### Vzdělávací oblast člověk a příroda

Do vzdělávací oblasti *Člověk a příroda* patří následující vzdělávací obory:

- *Fyzika*
- *Chemie*

- *Přírodopis*
- *Zeměpis. [34]*

### **Průřezová témata**

Průřezová témata tvoří povinnou součást základního vzdělávání. Přispívají ke komplexnosti vzdělávání žáků a pozitivně ovlivňují proces utváření a rozvíjení klíčových kompetencí žáků. Žáci dostávají možnost utvářet si integrovaný pohled na danou problematiku a uplatňovat širší spektrum dovedností. [34]

Vymezena jsou následovně:

- *Osobnostní a sociální výchova*
- *Výchova demokratického občana*
- *Výchova k myšlení v evropských a globálních souvislostech*
- *Multikulturní výchova*
- *Environmentální výchova*
- *Mediální výchova. [34]*

## 2.2 Projektový způsob myšlení a vyučování

Problematika oxidu uhličitého, jakožto významného skleníkového plynu, se svým obsahem řadí mezi interdisciplinární témata. Není pochyb o tom, že více či méně zasahuje do všech vzdělávacích oborů vzdělávací oblasti *Člověk a příroda*, ale také i do vzdělávacích oblastí *Člověk a společnost* a *Informatika a informační a komunikační technologie* (v případě RVP ZG se jedná o *Informatiku a komunikační technologie*).

Povinnou součástí vzdělávání tvoří průřezová témata. Promítají se nejen svým výchovným zaměřením, ale i obsahem do vzdělávacích oblastí (oborů) a pomáhají doplňovat či propojovat, co si žáci během studia osvojili. Pojetí a funkce průřezových témat příznivě ovlivňují proces utváření a rozvíjení klíčových kompetencí. [33] V souvislosti s problematikou oxidu uhličitého si můžeme klást otázky ekologické, politické a ekonomické, a tak je možné toto téma zařadit do průřezových témat *Osobnostní a sociální výchova*, *Výchova k myšlení v evropských a globálních souvislostech*, *Environmentální výchova* a *Mediální výchova*.

Jako vhodná metoda výuky interdisciplinárních témat se jeví tzv. **projektový způsob myšlení a vyučování**. Důležitým rysem projektového vyučování je jednak systematická týmová práce podložená exaktními metodami, jednak snaha žáků ve všem hledat souvislosti na základě vlastních řešení problémů.

Projektové vyučování vycházející z myšlenek pedagogického pragmatismu na přelomu 19. a 20. století (J. Dewey a W. H. Kilpatrick) se začalo rozvíjet po 2. světové válce. K následné renesanci principů projektového vyučování došlo v 70. letech 20. století, kdy se pedagogové snažili o překonání hranic jednotlivých vyučovacích předmětů, o jejich integraci. [upraveno podle 53]

Jak už bylo řečeno, důležitým rysem projektové výuky je spolupráce. Žáci proto pracují ve skupinkách (nikoli individuálně), organizují si postup práce, kdy, kde a v jakém pořadí se budou dílčí problémy řešit, které materiály a jak se využijí. Učitel je při tomto vyučování rádcem a koordinátorem, který však musí být stále připraven na možné otázky ze strany žáků a zároveň by měl být schopen nabídnout odborné i technické zázemí při realizaci řešení projektu, jako např. odbornou literaturu a časopisy, školní pomůcky, informační a komunikační technologii školy – PC, internet, pomoc při zajišťování exkurzí do podniků, obecné správy, školní laboratoř a vybavení, seznam vhodných odkazů a internetových stránek. [upraveno podle 53]

Součástí projektu by mělo být vytvoření prezentace celé skupiny, třídy. Může to být časopis, odborný článek, nástěnka, výstava, populárně naučná přednáška s besedou pro spolužáky apod. A v závěru nesmí chybět diskuze, při které žáci obhajují a hodnotí své výsledky, zdůvodňují postupy při praktickém ověřování. [53]

Při projektové výuce si žáci osvojují hned celou řadu dovedností najednou, a to je také důvod, proč by měly být projekty zaváděny do školní výuky, ale pouze jako doplňková, nikoli základní forma vyučování. [53]

Metody práce při projektové výuce spojují hledání a třídění informací a vzájemné diskuze s odborníky, laboratorní činnost a měření a vyhodnocování vlastních a originálních řešení dílčích problémů spojené s badatelskou a objevitelskou činností a v neposlední řadě prezentaci získaných výsledků a jejich obhajobu.

## 2.3 Badatelsky orientované přírodovědné vzdělávání

Badatelsky orientovaná výuka<sup>3</sup>, v zahraničí známá pod zkratkou IBSE<sup>4</sup>, je jednou z účinných aktivizujících metod problémového vyučování. Vychází z konstruktivistického přístupu ke vzdělávání. Učitel nepředává učivo výkladem v hotové podobě, ale vytváří znalosti cestou řešení problému a systémem kladených otázek (komunikačního aparátu). Má funkci zasvěceného průvodce při řešení problému a vede přitom žáka postupem obdobným, jaký je běžný při reálném výzkumu. Od **formulace hypotéz** (Jak co asi funguje? Jakou to má roli ...?), přes **konstrukci metod řešení** (Jak to zjistit ...?), přes **získání výsledků** zjištěných metodikou, na které se žáci s učitelem dohodli (Co jsme pozorovali? Co jsme změřili? Co nám ukázal ten který experiment?) a jejich **diskusi** (Co může být jinak? Co lze formulovat jinak? Co tomu říkají informace na internetu a v literatuře?) až k **závěrům** (Takhle to je. Takhle by to mohlo být ...). To umožňuje žákovi relativně samostatně a v kooperaci se spolužáky formulovat problém, navrhnout metodu jeho řešení, vyhledávat informace, řešit problém prodiskutovaným způsobem, a tak aktivně získávat potřebné kompetence, znalosti, dovednosti a komunikační schopnosti. [44]

Rozdíly v badatelském přístupu od klasického vyučování ukazuje tabulka 1.

Tab. 1: Porovnání tradiční výuky a badatelsky orientované výuky [12]

	Tradiční výuka	Badatelsky orientovaná výuka
Teorie principu učení	behaviorismus	konstruktivismus
Účast žáků	pasivní	aktivní
Zapojení žáků do výsledků práce	snížená odpovědnost	zvýšená odpovědnost
Role žáka	nechává se vést učitelem	sám řeší problémy
Cíle osnov	orientace na cíl	procesní orientace
Role učitele	vedoucí	průvodce

<sup>3</sup> V dalším textu bude pro jeho označení užívána zkratka BOV

<sup>4</sup> IBSE = Inquiry-Based Science Education

Badatelsky orientované přírodovědné vzdělávání bylo shledáno efektivní u všech skupin žáků, tzn. počínaje těmi nejslabšími až po ty nejschopnější. Navíc se BOV ukázalo být prospěšné i při podpoře zájmu dívek o přírodní vědy. Jako důležitý je také uváděn fakt, že BOV a tradiční pedagogické přístupy nejsou vzájemně protikladné a mohou a měly by být ve výuce přírodních věd vzájemně kombinovány tak, aby výuku přizpůsobily různým způsobům myšlení žáků i preferencím žáků podle jejich věku. [upraveno podle 12]

Badatelsky orientovaná výuka by měla respektovat následující kroky:

- *aktivace zvědavosti žáků a zvýšení jejich zájmu o vědecké problémy;*
- *posun tohoto stavu zvědavosti k vzdělávacímu projektu; vyzývat žáky k formulaci toho, o čem vybraný problém je jejich vlastními slovy; použití běžného jazyka je v této fázi klíčovým faktorem pro definování problému;*
- *od definice problému dojít k naplánování badatelsky orientovaného projektu; součástí je i definování kroků, které povedou k realizaci projektů;*
- *realizace naplánovaných projektových aktivit; toto se obvykle děje různými způsoby podle volby učitele;*
- *konfrontace výsledků s realitou poté, co jsou naplánované činnosti uskutečněny; komparace konkrétních výsledků či výstupů s očekávanými; součástí této fáze je individuální nebo kolektivní potvrzení výsledků;*
- *zpracování závěrů, jež byly projektem dosaženy; je možné poukázat na propojení těchto závěrů s jinými vědeckými problémy;*
- *propojení vědy s etikou, technologiemi, rozhodováním a volbou řešení. [12]*

Učitelova úloha spočívá především v roli koordinátora činností žáků, který jim pomáhá dosáhnout požadovaného cíle. Vede žáky k tomu, aby si uměli informace vyhledávat pokud možno sami, vybírali z dostupných informací ty, které potřebují pro řešení úlohy, k vyřešení úlohy je uměli využít. Díky tomu se do procesu učení může zapojit více žáků najednou a žáci se mohou zabývat více než jen jedním typem úloh. [12]

Implementace badatelsky orientovaného přístupu do výuky s sebou přináší jisté problémy. Především jsou jimi:

- *obavy pedagogů základních a středních škol z realizace práce založené na experimentu ve vlastních třídách;*
- *odpor vůči inovacím, strach z neznámého;*



- *skutečnost, že pedagogové nebyli školení v „aktivní“ výuce (jsou zvyklí spíše přednášet, zvláště na středních školách);*
- *skutečnost, že hierarchie školy (zde míněno ve smyslu nadřizení) není vždy dostatečně přesvědčena o užitečnosti výuky vědy a její roli v efektivitě výuky. [12]*

Na druhou stranu má však tento způsob práce spoustu kladů:

- *žáci se učí týmově řešit problémy*
- *je zvyšován zájem žáků o vědu*
- *žáci si osvojují metodologii vědy (např. sběr a srovnávání dat, využití IT a internetu apod.)*
- *žáci jsou daleko lépe připraveni pro další život a celoživotní vzdělávání. [12]*

V USA se stal tento výukový směr natolik rozšířenou záležitostí, že v roce 1996 byly společností National Research Council (NRC) vyhlášeny a publikovány národní standardy vzdělávání v přírodních vědách (National Science Education Standards – NSES), které mj. definují kompetence, k jejichž dosažení je IBSE užíváno [38]. V Evropě se uvedený pedagogický směr objevuje v 90. letech a v Čechách až na samém konci minulého tisíciletí. [upraveno podle 43] Tato výuková metoda je tedy poměrně mladá, a tak se nabízí otázka, zda pojem IBSE (či jeho český překlad BOV) označuje opravdu něco nového v procesech a vyučování, nebo jen jiným způsobem zdůrazňuje aspekty něčeho, co pedagogická praxe již dlouhou dobu realizuje. [upraveno podle 50] Pokud bychom srovnali badatelsky orientované vyučování s projektovým způsobem myšlení a vyučování, dospěli bychom k závěru, že pojetí jejich výuky je v mnohém velmi podobné, ne-li stejné. V posledních letech se v Evropě objevily velmi naléhavě požadavky badatelského přístupu k učení a vyučování, je třeba si však uvědomit, že tyto formy výuky zde již dávno existují a kromě vznešenějšího označení metoda BOV nepřináší příliš mnoho nového.

## 2.4 Mezinárodní výzkumy

Z výsledků mezinárodních srovnávacích studií provedených na přelomu 20. a 21. století vyplynulo, že u mladých lidí značně poklesl zájem o studium přírodních věd a matematiky. Předmět chemie patří dlouhodobě jak u žáků základních, tak u žáků středních škol mezi nejméně oblíbené předměty.

Se snižujícím se zájmem o přírodní vědy úzce souvisí také zhoršující se výsledky českých žáků v této oblasti. Vývoj znalostí českých žáků v uplynulých letech ukazují výsledky především ze dvou mezinárodních výzkumů, a to z výzkumu **PISA**<sup>5</sup> a výzkumu **TIMSS**<sup>6</sup>, které zkoumaly matematickou, přírodovědnou a čtenářskou gramotnost. Cílem výzkumu PISA je porovnat výsledky patnáctiletých žáků v různých oblastech vzdělání. Zjišťuje úroveň osvojených dovedností důležitých pro další studium a pro uplatnění v dalším životě. Pro výzkum TIMSS jsou cílovou skupinou žáci 4. a 8. ročníků základních škol a odpovídajících ročníků víceletých gymnázií. Zaměřuje se na vědomosti a dovednosti žáků rozvíjené ve výuce a vychází z učebních dokumentů zúčastněných zemí. Zkoumá podrobněji podmínky a průběh výuky a obsah kurikula jednotlivých zemí. [upraveno podle 35]

### 2.4.1 Projekt PISA

Mezinárodní projekt **OECD**<sup>7</sup> (Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj) PISA (Program pro mezinárodní hodnocení žáků), založený v roce 1997, je vzdělávací výzkum, jehož cílovou skupinou jsou patnáctiletí žáci v různých zemích světa.

V oblasti hodnocení výsledků ve vzdělávání patří k nejdůležitějším a nejznámějším výzkumům. Jeho hlavním záměrem je informovat jednotlivé země a především tvůrce jejich školské politiky o úspěšnosti a efektivitě jejich vzdělávacích systémů. Oproti jiným výzkumům, které jsou zaměřeny spíše na zjišťování školních vědomostí a dovedností, klade výzkum PISA větší důraz na vědomosti a dovednosti potřebné pro uplatnění mladých lidí v reálném životě, ať již při jejich dalším studiu, nebo při vstupu na pracovní trh.

---

<sup>5</sup> PISA = Programme for International Student Assessment

<sup>6</sup> TIMSS = Trends in International Mathematics and Science Study

<sup>7</sup> OECD = Organisation for Economic Co-operation and Development

Testování PISA probíhá v tříletých cyklech. Každý cyklus se detailněji zaměří na jednu ze tří sledovaných oblastí. V roce 2000, kdy byli čeští žáci testování poprvé, zjišťoval výzkum především čtenářskou gramotnost žáků. V roce 2003 se výzkum výrazněji zaměřil na matematickou gramotnost, v roce 2006 pak na přírodovědnou gramotnost. V roce 2009 se stala středem zájmu opět gramotnost čtenářská. Počet zemí účastnících se výzkumu se s každým cyklem zvyšuje. Do výzkumu jsou od roku 2003 zapojeny všechny členské země OECD a postupně se k nim připojují země nečlenské. [41]

Věk žáků je na rozdíl od jiných mezinárodních výzkumů jasně daný. Testovaným žákům je 15 let, neboť v tomto věku končí ve většině zemí OECD povinná školní docházka.

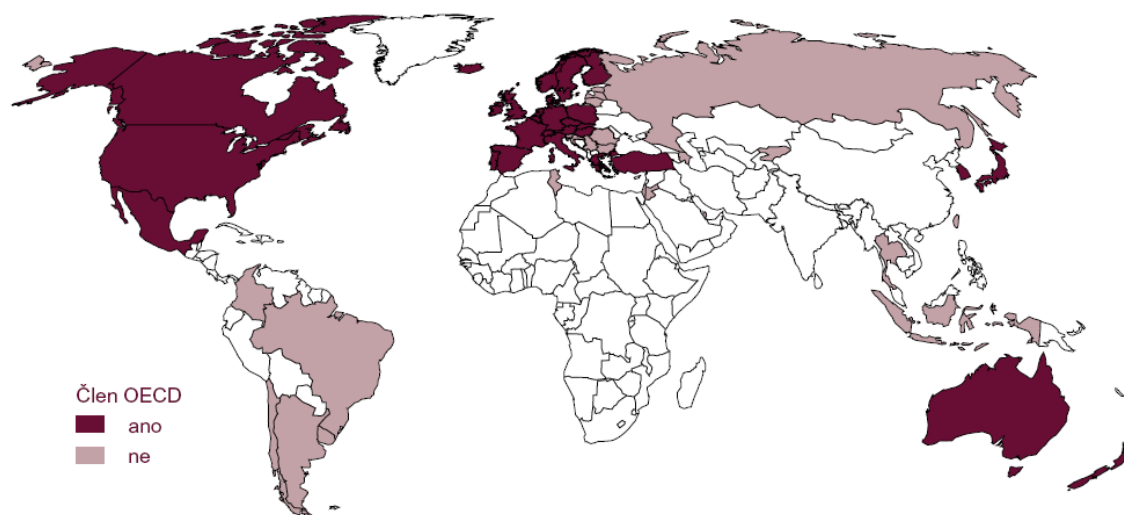
Žáci během testování PISA vypracovávají písemný test a dotazník. Gramotnost žáků ve všech sledovaných oblastech je zjišťována pomocí testu, na jehož vypracování má žák dvě hodiny. V testu jsou zastoupeny otázky s výběrem jedné správné odpovědi, s otevřenou nebo uzavřenou odpovědí a dichotomické otázky. Dotazník pro žáky zkoumá jejich rodinné zázemí, průběh výuky či jejich postoje k přírodním vědám. Na vypracování dotazníku mají žáci třicet minut. Součástí testování je také dotazník pro ředitele zúčastněných škol, který zjišťuje podmínky výuky a další charakteristiky školy.

Výzkum kromě mezinárodního porovnávání výsledků patnáctiletých žáků také umožňuje porovnávání rozdílů mezi výsledky jednotlivých škol, typů škol, regionů nebo jinak definovaných skupin žáků. Díky opakovanému sběru dat lze hodnotit jak aktuální situaci v jednotlivých zemích, tak její vývoj v čase.

## 2.4.2 PISA 2006

V roce 2006 byly hlavní testovanou oblastí přírodní vědy. Výzkum zaměřil nejen na zjišťování vědomostí a dovedností žáků, ale i na zjišťování jejich vztahu k přírodním vědám, jejich postojů k možnostem uplatnění v přírodovědných oborech a k tomu, co jim škola v této oblasti studia nabízí. [41]

Výzkumu se zúčastnilo celkem 57 zemí (z toho 30 členských zemí OECD). V České republice se do něj zapojilo 245 škol, což představovalo 9016 žáků z 9. ročníku základních škol, 1. ročníku středních škol a odpovídajících ročníků víceletých gymnázií. [41]



**Obr. 2: Země zapojené do výzkumu PISA 2006**

Pro potřeby výzkumu je **přírodovědná gramotnost** definována následovně: *Přírodovědná gramotnost je schopnost využívat přírodovědné vědomosti, klást otázky a z daných skutečností vyvozovat závěry, které vedou k porozumění světu přírody a pomáhají v rozhodování o něm a o změnách působených lidskou činností.* [17]

Pro účely výzkumu lze v definici přírodovědné gramotnosti rozlišit čtyři hlavní složky:

➤ **vědomosti**

- *porozumění světu přírody prostřednictvím přírodovědných vědomostí, mezi něž patří jak vědomosti o světě přírody, tak vědomosti o samotných přírodních vědách*

- přírodovědné vědomosti jsou ve výzkumu rozčleněny na:
  - **Vědomosti z přírodních věd**
    - Neživé systémy
    - Živé systémy
    - Systémy Země a vesmíru
  - **Vědomosti o přírodních vědách**
    - Vědecký výzkum
    - Vědecká vysvětlení

➤ **kompetence**

- *prokázání kompetencí, k nimž řadíme rozpoznání přírodovědných otázek, vysvětlování jevů pomocí přírodních věd a vyvozování závěrů na základě vědeckých důkazů*

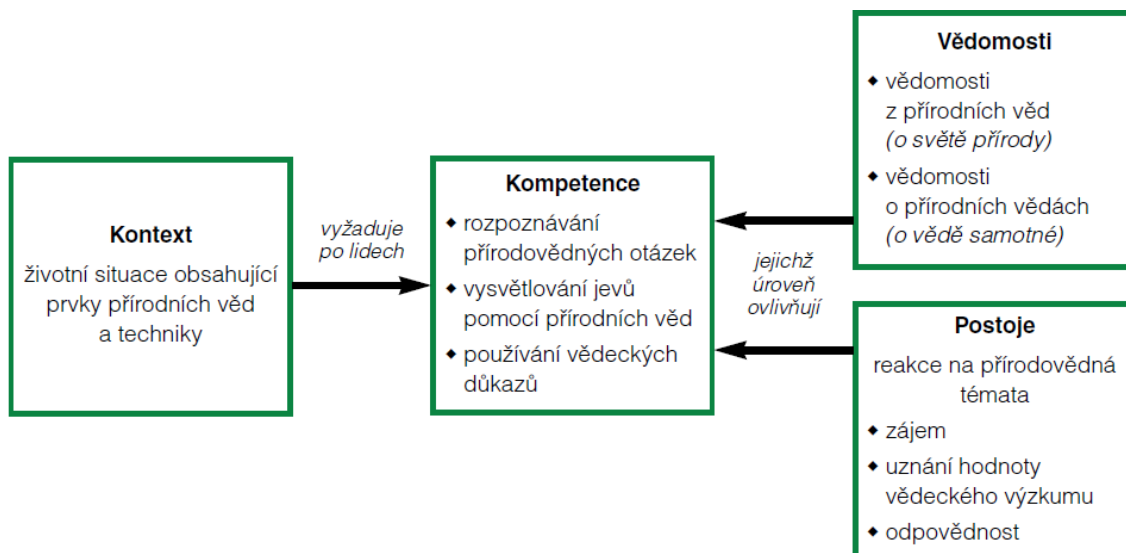
➤ **kontext**

- *rozpoznání životních situací, které obsahují prvky přírodních věd a techniky*

➤ **postoje**

- *vyjádření zájmu o přírodní vědy, uznání hodnoty vědeckého výzkumu a motivace jednat odpovědně vůči přírodním zdrojům a životnímu prostředí*
- [17]

Na obrázku 3 je graficky znázorněno, jak spolu tyto složky souvisejí a jak se ovlivňují.



**Obr. 3: Schéma složek přírodovědné gramotnosti ve výzkumu PISA 2006**

Výsledky jednotlivých zemí jsou ve výzkumu prezentovány dvěma různými způsoby:

- pomocí **skórů** (počtu bodů) **na škálách výsledků**, které vyjadřují úspěšnost žáků při řešení testových úloh;
- pomocí **šesti úrovní způsobilosti**, na nichž se žáci mohou nacházet. [41]

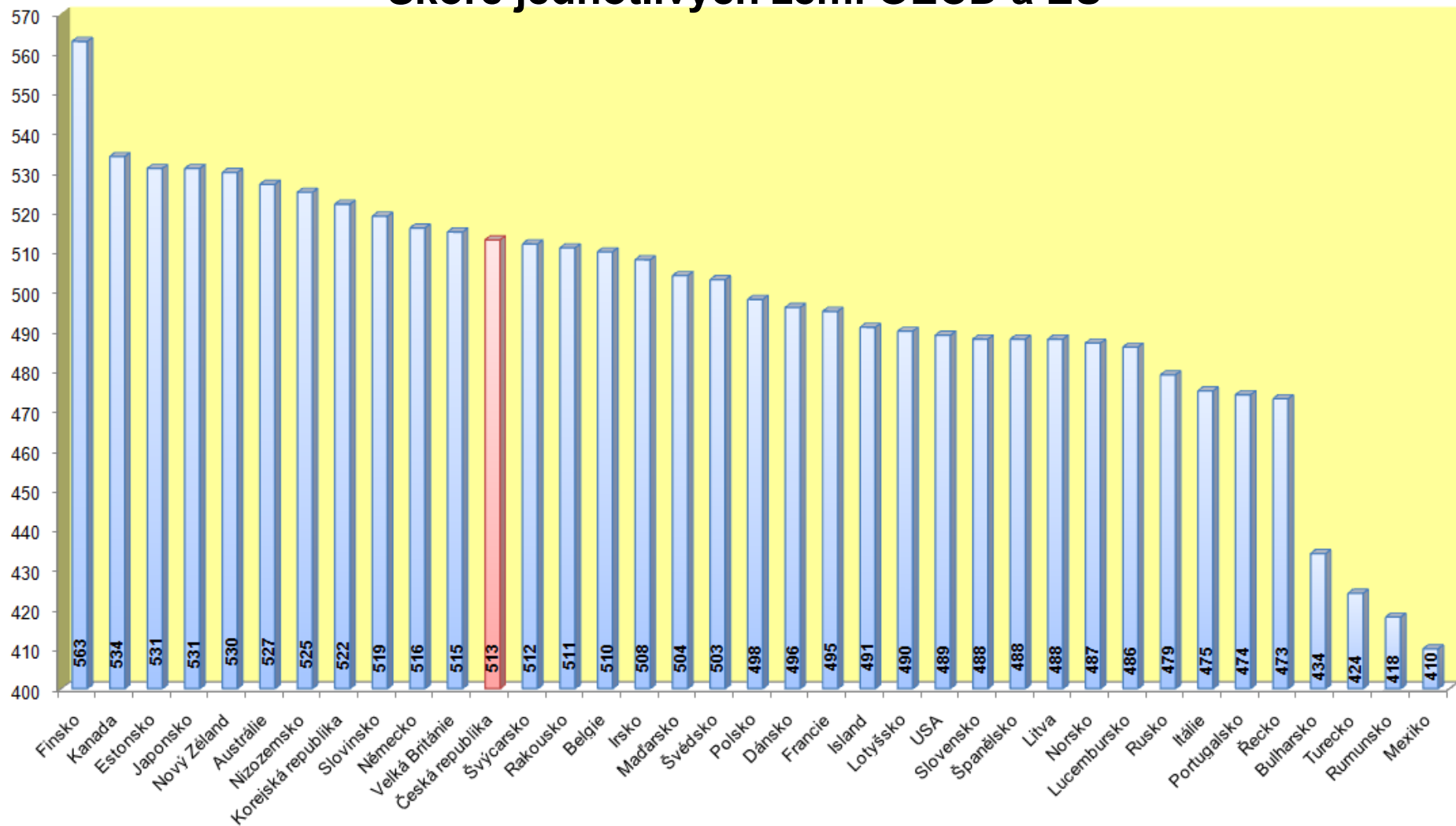
### **Výsledky výzkumu PISA 2006 hodnocené pomocí skórů**

Následující údaje jsou vyčteny z grafu 1 na str. 23, který uvádí průměrný výsledek žáků na jedné celkové přírodovědné škále zemí OECD a EU. Čeští žáci patří se skórem 513 mezi země s nadprůměrným výsledkem v přírodovědném testu. Průměr zemí OECD byl 500 bodů. Ze třiceti zúčastněných zemí OECD tak připadá na Českou republiku 10. příčka. V žebříčku všech 57 zemí se žáci České republiky umístili na 14. místě [41]. Nejlepšího výsledku dosáhli žáci Finska se skórem 563. Mezi země OECD s podprůměrným výsledkem se řadí se skórem 488 Slovensko a připadá tak na ně 21. místo. Propad mezi Českou republikou a Slovenskem je 25 bodů. Tento bodový rozdíl je opravdu výrazný, vezmeme-li v úvahu naši společnou historii, a tudíž i podobnou tradici přírodovědného vzdělávání.

Česká republika se řadí mezi země s nadprůměrným rozdílem mezi dobrými a slabými žáky. Hodnota rozdílu mezi výsledky pěti procent nejlepších a pěti procent nejslabších žáků u nás činí 322 bodů. Přitom např. ve Finsku, které dosáhlo nejlepšího výsledku, je tento rozdíl jen 281 bodů. Možnou příčinou tohoto malého rozdílu může být i fakt, že ve Finsku se slabším žákům a jejich individuálním potřebám věnuje pozornost již od samého počátku jejich vzdělávání. [41]

Pomocí skórů (počtu bodů) byly také hodnoceny výsledky žáků v různých dílčích oblastech. Dílčí škály jsou vytvořeny jak pro tři zkoumané přírodovědné kompetence, tak pro přírodovědné vědomosti [41]. Srovnáním výsledku žáků v celkovém přírodovědném testu s jejich výsledky na dílčích škálách můžeme určit, které dílčí oblasti jsou silnými nebo slabými stránkami žáků.

## Skóre jednotlivých zemí OECD a EU







Graf 1: Průměrný výsledek skóre jednotlivých zemí OECD a EU [upraveno podle 41]

## Kompetenční škály

Z tabulky 2 je patrné, že se Česká republika spolu s dalšími pěti zeměmi Evropské unie – Maďarskem, Slovenskem, Estonskem, Polskem a Litvou – zařadila do skupiny, jejíž žáci jsou více úspěšní na škále vysvětlování jevů pomocí přírodních věd (aplikace vědomostí). Tato šestice zemí je zároveň méně úspěšná na škále rozpoznávání přírodovědných otázek (rozpoznávání otázek, které lze vědecky zodpovědět). Výsledky českých a slovenských žáků jsou navíc výrazně horší i na škále používání vědeckých důkazů (interpretace a používání vědeckého dokazování).

**Tab. 2: Rozdíly ve výsledcích na kompetenčních škálách [upraveno podle 41]**

Země	Průměr za přírodní vědy	Kompetence		
		Rozpoznávání přírodovědných otázek	Vysvětlování jevů pomocí přírodních věd	Používání vědeckých důkazů
Česká republika	513	-12	15	-12
Maďarsko	504	-21	14	-7
Slovensko	488	-13	13	-11
Estonsko	531	-16	9	0
Polsko	498	-15	8	-4
Litva	488	-12	7	-1

	výsledek je o 10 až 20 bodů lepší než na celkové škále
	výsledek je o méně než 10 bodů lepší než na celkové škále
	výsledek je o 20 a více bodů horší než na celkové škále
	výsledek je o 10 až 20 bodů horší než na celkové škále
	výsledek je o méně než 10 bodů horší než na celkové škále

## Vědomostní škály

Z tabulky 3 můžeme vidět, že výsledky českých žáků na škále vědomosti o přírodních vědách jsou z celé skupiny šesti zemí nejhorší. Výrazně lépe si vede Česká republika na škále vědomosti z přírodních věd, kde na škále živé systémy dosáhla nejvíce bodů. Na škále neživé systémy patří spolu s Maďarskem mezi dvě země OECD s nejlepším relativním výsledkem. Spolu se Slovenskem, Švédskem, Slovinskem a Rumunskem tvoří skupinu šesti evropských zemí, jejichž žáci dosáhli na této škále výrazně lepších výsledků než na celkové přírodovědné škále [4]. Rozdíl mezi výsledky na škálách vědomosti o přírodních vědách a vědomosti z přírodních věd je v České republice největší v zemích OECD [41].



**Tab. 3: Rozdíly ve výsledcích na vědomostních škálách [upraveno podle 41]**

Země	Průměr za přírodní vědy	Vědomosti o přírodních vědách	Vědomosti z přírodních věd		
			Neživé systémy	Živé systémy	Země a vesmír
Maďarsko	504	-12	29	5	9
Česká republika	513	-14	21	12	13
Slovensko	488	-10	15	11	15
Švédsko	503	-5	14	8	-5
Slovinsko	519	-9	12	-2	15
Rumunsko	418	-6	10	8	-12

	výsledek je o 20 a více bodů lepší než na celkové škále
	výsledek je o 10 až 20 bodů lepší než na celkové škále
	výsledek je o méně než 10 bodů horší než na celkové škále
	výsledek je o 10 až 20 bodů horší než na celkové škále
	výsledek je o méně než 10 bodů horší než na celkové škále

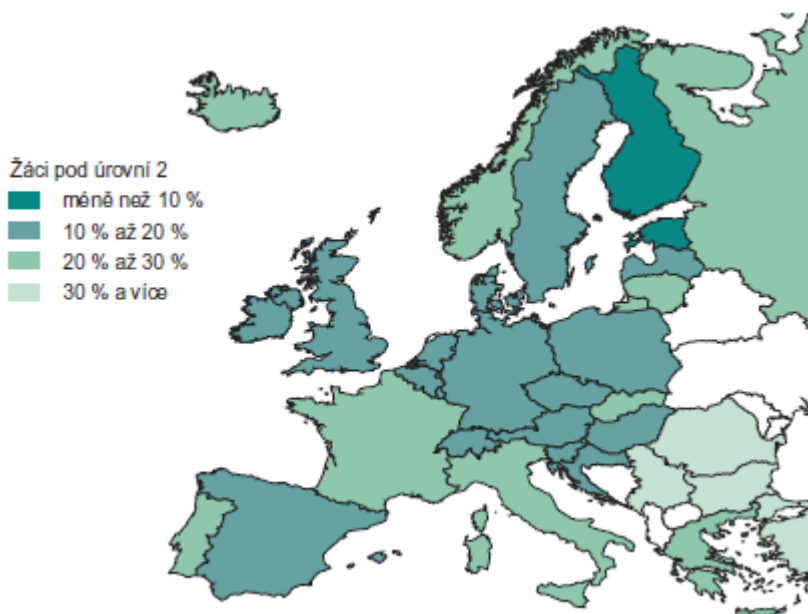
## Výsledky výzkumu PISA 2006 hodnocené pomocí šesti úrovní způsobilosti

Úrovně způsobilosti na celkové škále přírodovědné gramotnosti nás informují o tom, nakolik si žáci osvojili přírodovědné kompetence a vědomosti. Žákům je přiřazena jedna ze šesti úrovní způsobilosti podle výše skóre, jakého v testu dosáhli. První úroveň způsobilosti odpovídá nejhorším výsledkům, žáci ovládají pouze nejjednodušší kompetence. Šesté úrovně dosahují žáci s nejlepšími výsledky, tito žáci ovládají nejsložitější kompetence. Výčet kompetencí odpovídající jednotlivým úrovním jsou shrnuty v tab. 4 na následující straně.

Druhá úroveň byla stanovena jako základní. Žáci, kteří této úrovni nedosáhnou, budou mít pravděpodobně problémy jak v dalším studiu, tak s uplatněním na trhu práce.

Nejvyšší dvě úrovně, tzn. pátá a šestá, vypovídají o podílu žáků, kteří mají velmi dobře osvojené přírodovědné kompetence a vědomosti (obr. 5). Těchto dvou úrovní dosáhlo v České republice 12 % žáků. Ze sousedních zemí dosáhli stejného výsledku i němečtí žáci. Hůře na tom byli žáci Rakouska (10 %), Polska (7 %) a Slovenska (6 %). Na průměr zemí OECD, který činí 9 %, tak nedosáhli žáci Polska a Slovenska.

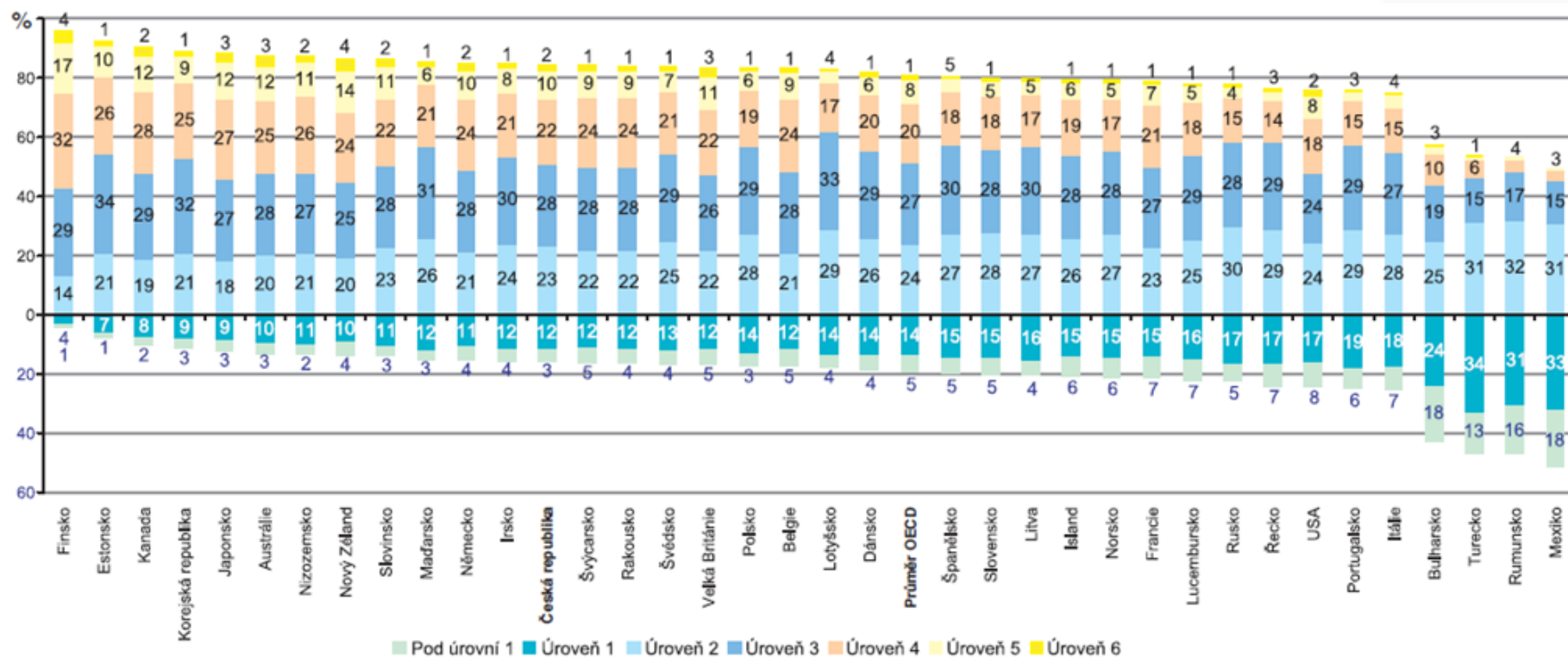
Důležité jsou i údaje o zastoupení žáků na nejnižších dvou úrovních. Jak již bylo řečeno, tito žáci mají velmi omezené přírodovědné kompetence, což jim nedává mnoho příležitostí uplatnit se na trhu práce nebo ve společnosti. Průměrné zastoupení žáků v zemích OECD na těchto dvou úrovních je 19 %. V České republice a Německu je to 15 %, v Rakousku 16 % a v Polsku 17 %. Slovenští žáci se svými 20 % opět nedosáhli průměru zemí OECD.



Obr. 4: Žáci evropských zemí s omezenými kompetencemi

**Tab. 4: Úrovně způsobilosti na celkové škále přírodovědné gramotnosti** [upraveno podle 41]

Úroveň	Zastoupení žáků	Co umějí žáci na dané úrovni
6	1,3 % průměr OECD  1,8 % Česká republika	Žáci využívají znalosti z přírodních věd a znalosti o přírodních vědách v mnoha rozmanitých situacích denního života. Propojují různá vysvětlení a různé informační zdroje a k podpoře svých rozhodnutí používají podklady z těchto zdrojů. Jasně a důsledně prokazují své pokročilé vědecké myšlení a schopnost argumentovat a jsou ochotni zapojit se do řešení neobvyklých přírodovědných či technických situací. Na základě svých přírodovědných vědomostí vhodně argumentují pro konkrétní doporučení a rozhodnutí v osobních, sociálních i globálních situacích.
5	9,1 % průměr OECD  11,6 % Česká republika	Žáci rozpoznávají přírodovědné aspekty mnoha situací běžného života a používají v nich jak znalosti z přírodních věd, tak znalosti o přírodních vědách. Přitom porovnávají, vybírají a hodnotí důkazy, týkající se takových situací. Žáci důkladně zkoumají problematiku, vhodně propojují své vědomosti, používají pro podporu svých názorů důkazy a na dané situace se dívají kriticky. Vysvětlení formulují na základě podkladů a argumentů získaných vlastní analýzou problému.
4	29,4 % průměr OECD  33,3 % Česká republika	Žáci efektivně pracují v situacích, které po nich vyžadují vytvářet závěry o významu přírodních věd a techniky. Žáci vybírají a propojují vhodná vysvětlení z různých oborů přírodních věd nebo techniky, a dále tato vysvětlení spojují s aspekty denního života. S využitím svých přírodovědných vědomostí a dalších podkladů hodnotí svou činnost a sdělují svá rozhodnutí.
3	56,8 % průměr OECD  61,1 % Česká republika	Žáci rozpoznávají v různých situacích přírodovědné problémy od jiných druhů problémů. Pro vysvětlení daného jevu vybírají důležitá fakta a používají jednoduché modely nebo jednoduché vědecké metody. Používají, interpretují a aplikují vědecké poznatky a teorie z různých oborů. S využitím daných faktů vytvoří krátké sdělení. Při rozhodování využívají své přírodovědné vědomosti.
2	80,9 % průměr OECD  84,5 % Česká republika	Žáci mají přírodovědné vědomosti potřebné k vysvětlování běžných problémů nebo k vyvozování závěrů z jednoduchých pokusů, pozorování apod. Na základní úrovni zdůvodňují a interpretují jednoduché výsledky vědeckého zkoumání nebo řešení technického problému.
1	94,9 % průměr OECD  96,8 % Česká republika	Žáci na úrovni 1 mají pouze omezené přírodovědné vědomosti, které mohou použít pouze při řešení malého počtu běžných situací. Předkládají vědecká vysvětlení, která jsou zřejmá a jasně plynou z daných podkladů.



Země jsou řazeny sestupně podle zastoupení žáků na úrovních 2, 3, 4, 5 a 6.

Obr. 5: Rozdělení žáků podle úrovně způsobilosti v zemích OECD a EU (PISA 2006 – přírodovědná gramotnost)

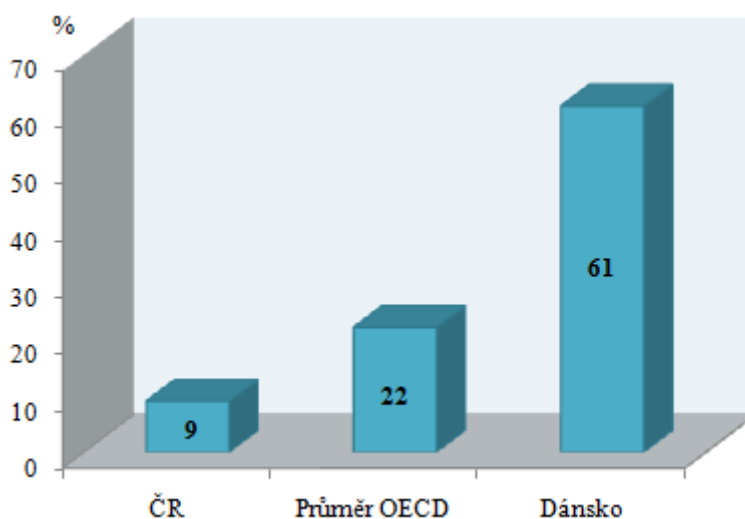
## Výsledky výuky

Žákovský dotazník PISA 2006 také zjišťoval některé charakteristiky výuky v České republice. Odpovědi českých žáků jsou porovnávány s průměrem zemí OECD a se zemí s nejvyšší hodnotou. Výsledky jsou graficky zpracovány do grafů 2 – 6.

### Každou hodinu nebo ve většině hodin...

➤ ...provádějí žáci praktické pokusy v laboratoři

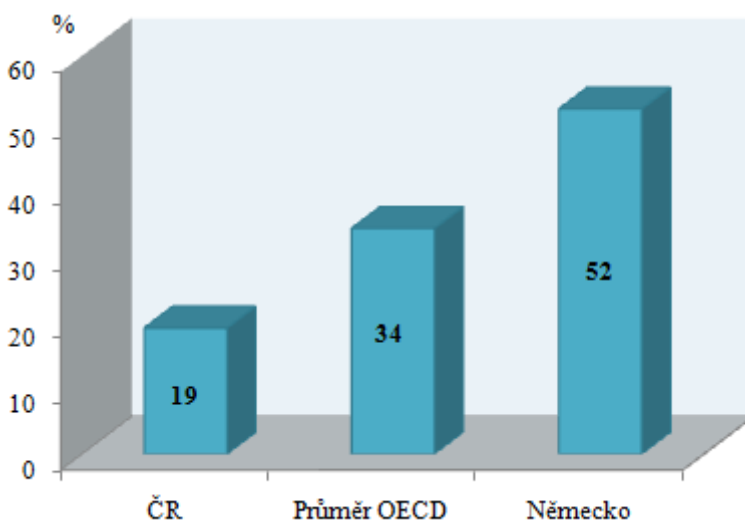
- kladnou odpověď v ČR zvolilo 9 % žáků
- zajímavostí je, že odpověď *nikdy* nebo *téměř nikdy* zvolilo v ČR 42 % žáků



**Graf 2: Provádění praktických pokusů v laboratoři** [upraveno podle 41]

➤ ...předvádí učitel žákům demonstrační pokusy

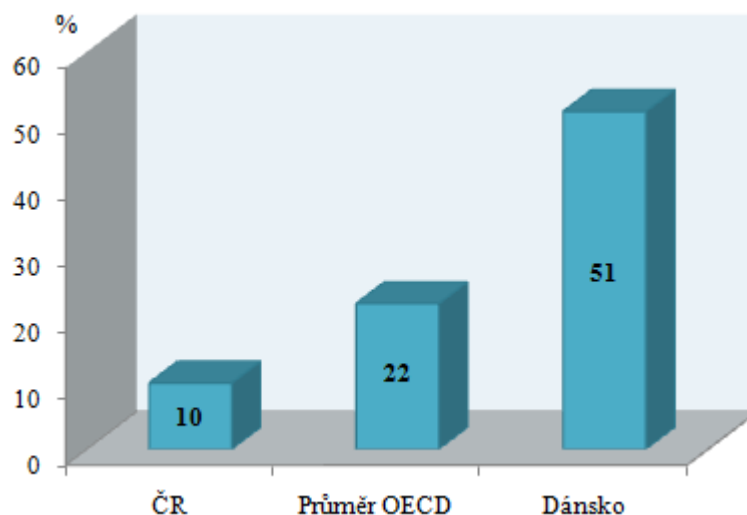
- kladnou odpověď v ČR zvolilo 19 % žáků
- zajímavostí je, že odpověď *nikdy* nebo *téměř nikdy* zvolilo v ČR 36 % žáků



**Graf 3: Předvádění demonstračních pokusů učitelem** [upraveno podle 41]

➤ ...vyžaduje učitel od žáků, aby navrhli, jak by se přírodovědné otázky daly zkoumat v laboratoři

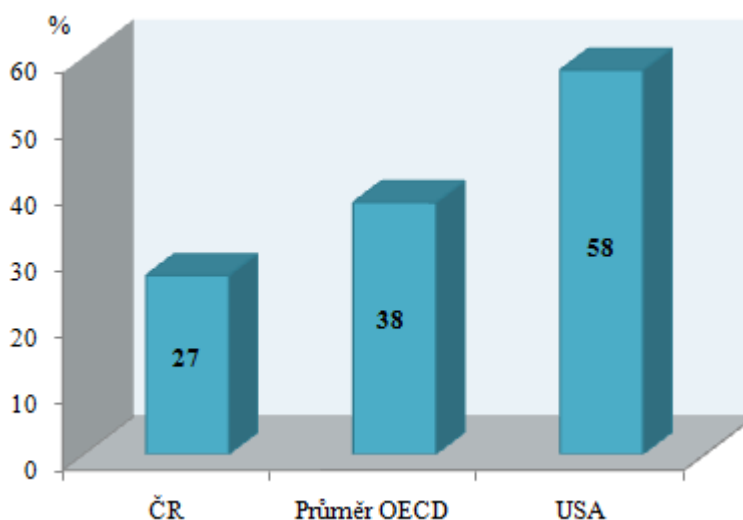
- kladnou odpověď v ČR zvolilo 10 % žáků
- zajímavostí je, že odpověď *nikdy* nebo *téměř nikdy* zvolilo v ČR 58 % žáků



**Graf 4: Návrhy žáků zkoumání přírodovědných otázek v laboratoři** [upraveno podle 41]

➤ ...využívá učitel přírodních věd k tomu, aby žákům pomohl porozumět světu mimo školu

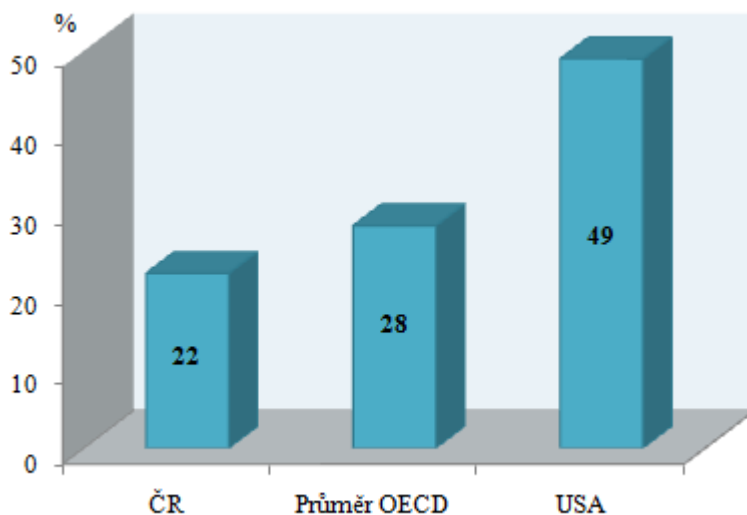
- kladnou odpověď v ČR zvolilo 27 % žáků
- zajímavostí je, že odpověď *nikdy* nebo *téměř nikdy* zvolilo v ČR 26 % žáků



**Graf 5: Využití přírodních věd k porozumění světu mimo školu** [upraveno podle 41]

➤ ...chce učitel od žáků, aby přírodovědné poznatky aplikovali na problémy, se kterými se setkávají v každodenním životě

- kladnou odpověď v ČR zvolilo 22 % žáků
- zajímavostí je, že odpověď *nikdy* nebo *téměř nikdy* zvolilo v ČR 31 % žáků



**Graf 6: Aplikace přírodovědných poznatků na problémy v každodenním životě**

[upraveno podle 41]

### Vztah k životnímu prostředí

Během výzkumu PISA byly zkoumány i stanoviska žáků k problematice životního prostředí. Dle průzkumu si většina žáků zemí OECD uvědomuje značnou zodpovědnost vůči životnímu prostředí, jsou si vědomi problémů spojených se znečišťováním životního prostředí a s čerpáním přírodních zdrojů.



Tabulka 5 srovnává postoje českých žáků a žáků sousedních zemí (Rakousko, Německo, Polsko, Slovensko) k sedmi vybraným ekologickým problémům. Zdá se, že největší zájem o životní prostředí mají polští žáci, šestkrát prokázali nejvyšší míru souhlasu s daným výrokem. Naopak u německých žáků můžeme zaznamenat nejnižší míru souhlasu s výrokem rovnou třikrát. Ve srovnání s žáky ostatních zemí čeští žáci nejvíce souhlasí s výrokem, že pravidelné kontroly emisí jsou pro používání aut velmi důležité a nejméně českým žákům vadí používání plastových obalů a plýtvání elektrickou energií.

Ve srovnání se sousedními zeměmi jsou čeští žáci nejméně obeznámeni s vybranými ekologickými problémy, pouze 11 % z nich odpovědělo, že hodně vědí o zvyšování množství skleníkových plynů v atmosféře (průměr v sousedních zemích je 19

%), 3 % o používání geneticky upravených organismů (průměr v sousedních zemích 8 %), 14 % o kyselých deštích (průměr v sousedních zemích 24 %) a 16 % o radioaktivním odpadu (průměr v sousedních zemích 18 %). [41]

**Tab. 5: Názory žáků České republiky a sousedních zemí [41]**

Výroky vyjadřující postoje k ekologickým problémům	Žáci, kteří souhlasí s uvedenými výroky (%)				
	ČR	Rakousko	Německo	Polsko	Slovensko
Pravidelné kontroly emisí jsou pro používání aut velmi důležité	92	86	89	89	90
Průmyslové závody by měly vždy prokázat, že bezpečně nakládají s toxickým odpadem	92	91	89	93	93
Měly by existovat zákony na ochranu lokalit s ohroženými druhy rostlin nebo zvířat	92	91	90	94	83
Elektrina by se měla vyrábět v nejvyšší možné míře z obnovitelných zdrojů, byť by to zvýšilo její cenu	70	68	65	87	80
Plastové obaly by se měly používat co nejméně, aby nevznikalo tolik odpadu	64	80	79	88	72
Měly by existovat zákony regulující emise z továren, třebaže by to zvýšilo ceny výrobků	62	68	52	84	56
Nemělo by se tolik plýtvat energií kvůli přílišnému užívání elektrických spotřebičů	51	63	63	79	72

 nejnižší míra souhlasu s výrokem  
 nejvyšší míra souhlasu s výrokem



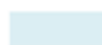


### 2.4.3 PISA 2009

V roce 2009 se výzkum PISA výrazněji zaměřil na oblast čtenářské gramotnosti. Testována však byla i matematická a přírodovědná gramotnost. Výsledky žáků České republiky v přírodovědné části testu jsou lehce pod průměrem zemí OECD. Jejich průměrný výsledek v přírodovědném testu je 500 bodů, zatímco průměr zemí OECD je 503 bodů. Došlo tak k patrnému zhoršení oproti testování v roce 2006. Česká republika dosáhla v roce 2006 skóre 513 a řadila se tak mezi země s nadprůměrným výsledkem. Průměr OECD byl 500 bodů. Jak vyplývá z grafu 8, v roce 2009 mělo patnáct zemí OECD statisticky lepší výsledek než výsledek českých žáků. Přitom v roce 2006 mělo jen 9 zemí OECD lepší skóre než Česká republika.

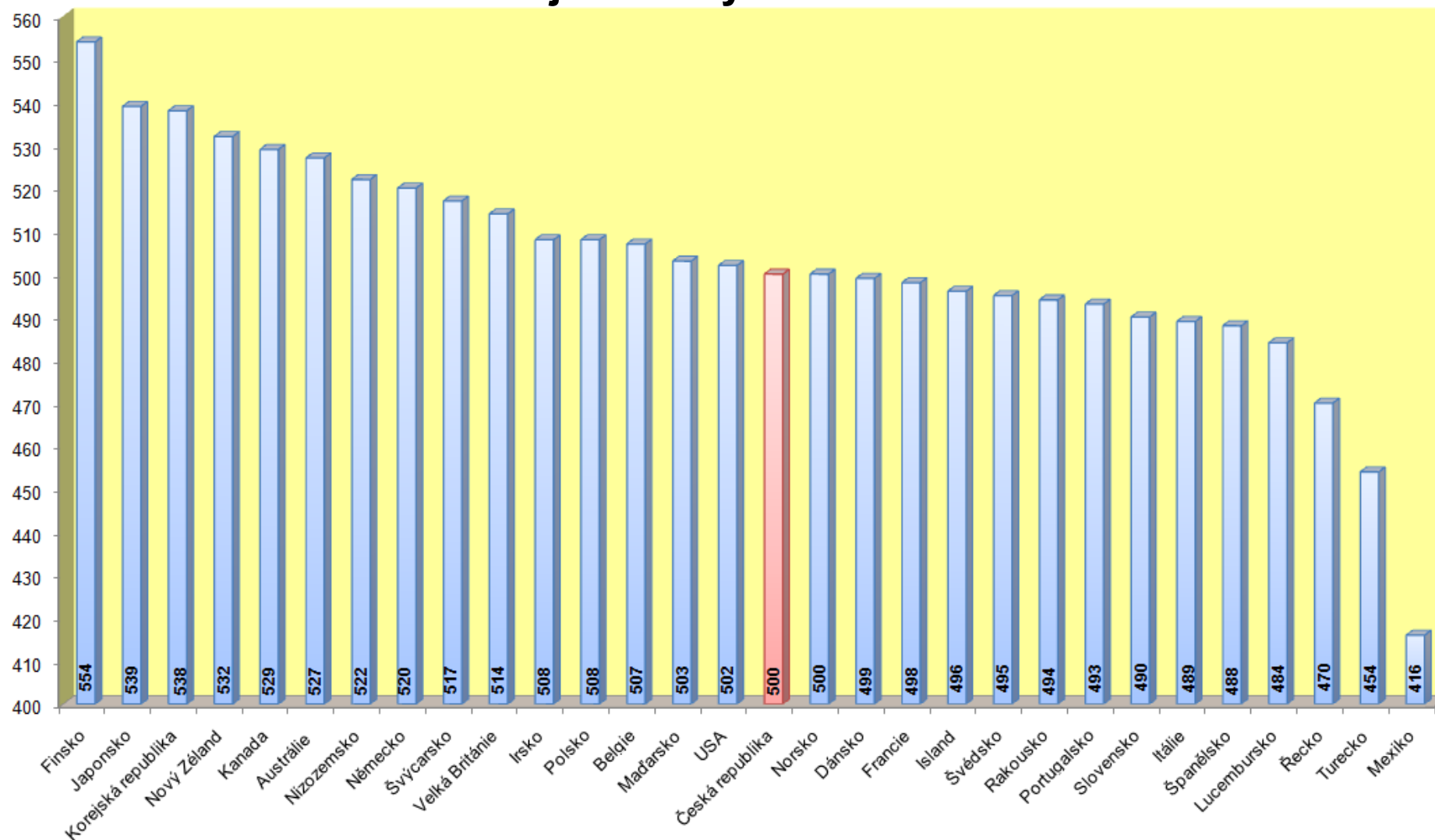
Tabulka 6 porovnává průměrné výsledky přírodovědné gramotnosti jednotlivých zemí OECD ve výzkumu PISA 2006 a PISA 2009. Ačkoliv se průměr 30 členských zemí OECD v roce 2009 zvýšil, a to ze skóre 500 na 503, celkově si od posledního testování v roce 2006 šestnáct zemí pohoršilo, jedenáct polepšilo a u tří zemí (Austrálie, Irsko, Španělsko) zůstaly výsledky neměnné. Významné zhoršení výsledků bylo zaznamenáno u žáků Rakouska (pokles o 17 bodů), dále České republiky (pokles o 13 bodů) a Finska (pokles o 9 bodů). Naopak nejvíce se zlepšili žáci Turecka (nárůst o 30 bodů), Portugalska (nárůst o 19 bodů) a žáci Korejské republiky (nárůst o 16 bodů).

**Tab. 6: Průměrný výsledek přírodovědné gramotnosti zemí OECD ve výzkumu PISA 2006 a PISA 2009** [upraveno podle 19 a 20]

Země	2006	2009
Finsko	563	554
Kanada	534	529
Japonsko	531	539
Nový Zéland	530	532
Austrálie	527	527
Nizozemsko	525	522
Korejská republika	522	538
Německo	516	520
Velká Británie	515	514
<b>Česká republika</b>	513	500
Švýcarsko	512	517
Rakousko	511	494
Belgie	510	507
Irsko	508	508
Maďarsko	504	503
Švédsko	503	495
Polsko	498	508
Dánsko	496	499
Francie	495	498
Island	491	496
USA	489	502
Slovensko	488	490
Španělsko	488	488
Norsko	487	500
Lucembursko	486	484
Itálie	475	489
Portugalsko	474	493
Řecko	473	470
Turecko	424	454
Mexiko	410	416

	statisticky horší než výsledek v roce 2006
	statisticky stejný výsledek jako v roce 2006
	statisticky lepší než výsledek v roce 2006

## Skóre jednotlivých zemí OECD



Graf 7: Průměrný výsledek skóre jednotlivých zemí OECD ve výzkumu PISA 2009 [upraveno podle 46]

#### **2.4.4 Závěry z výsledku šetření výzkumů PISA**

*Výzkum ukázal, že čeští žáci mají osvojeno velké množství přírodovědných poznatků a teorií, problémy jim ale dělá vytvářet hypotézy, využívat různé výzkumné metody, experimentovat, získávat a interpretovat data, posuzovat výsledky výzkumu, formulovat a dokazovat závěry apod. [41]* Tento závěr z výzkumu PISA 2006 by neměl být pro nikoho překvapující, zcela odpovídá způsobu vzdělávání v České republice. Klade se u nás velký důraz na teoretické znalosti, které jsou předávány učitelem, místo aby je žáci objevovali sami. Opomíjí se důležitost experimentování, dokazování závěrů a především hledání jakýchkoliv souvislostí mezi jednotlivými poznatky. To vše také dokazují grafy 2 – 6, které byly sestaveny na základě odpovědí z dotazníkového šetření žáků PISA 2006 na otázky týkající se charakteristik výuky.

V posledních letech se do výuky zavádějí nejrůznější nové metody, např. projektové nebo badatelsky orientované vyučování, které by měly posílit kompetence českých žáků a přispět tak ke zlepšení jejich výsledků. Porovnáním výsledků PISA 2006 a 2009 se ukazuje pravý opak, a to, že výsledky českých žáků se zhoršují. To jen potvrzuje, že zájem českých žáků o studium přírodních věd stále klesá. A je na nás, na učitelích, abychom v nich oblibu přírodovědných předmětů opět vzbudili.

## 2.5 Učební podklady k tématu Oxid uhličitý

Ke zvolenému tématu *Oxid uhličitý* jsem zpracovala následující učební podklady, které by měly primárně posloužit středoškolským vyučujícím chemie a biologie. Vzhledem k jejich obsahu je možné, že je ocení i vyučující jiných vzdělávacích oborů ze vzdělávací oblasti *Člověk a příroda* nebo je využijí při výuce průřezových témat, např. *Environmentální výchovy*.

Jedním z cílů RVP je vzdělávání novým a moderním způsobem. V návaznosti na tento požadavek jsem do této kapitoly zahrnula tyto náměty: oxid uhličitý, uhlík a jeho koloběh, metodu CCS a uhlíkovou stopu.

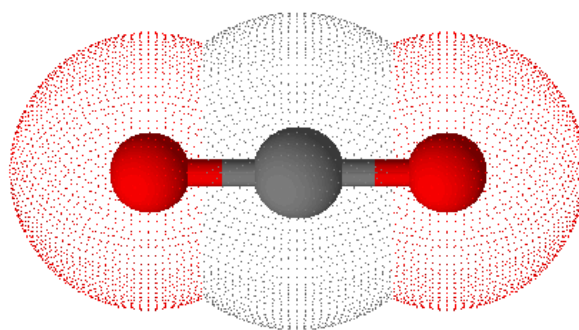
Záleží na každém učiteli, jak moc se bude danou látkou zabývat (zda pouze okrajově, či naopak do hloubky), kolik jí věnuje času a jaké zvolí metody a formy výuky.

### 2.5.1 Oxid uhličitý

#### Chemické a fyzikální vlastnosti oxidu uhličitého

Vypracováno podle: [10, 20]

Oxid uhličitý je plyn bez barvy a zápachu, málo rozpustný ve vodě. Je těžší než vzduch, takže se hromadí při zemi. Vzniká při dýchání, ale též při kvašení a hnití. Není jedovatý, ale nedýchatelný. Používá se proto k hašení ohně jako látka, která dusí plameny. Je obsažen v atmosféře v množství asi 0,04%, jeho množství se však v posledních letech zvyšuje a způsobuje tzv. "skleníkový efekt".

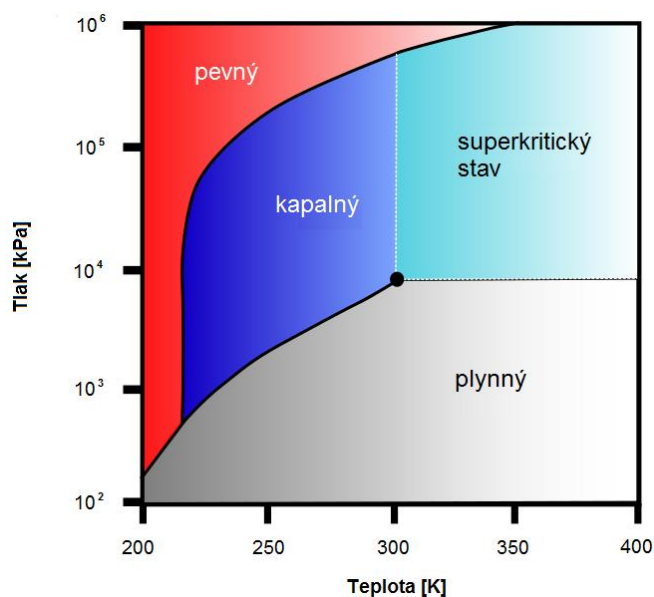


**Obr. 6: Tyčinkový a kuličkový model molekuly CO<sub>2</sub>**

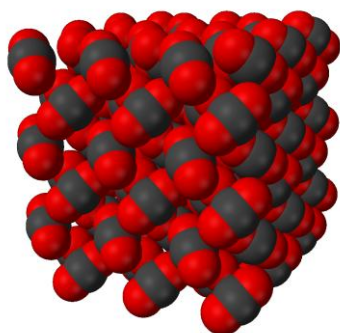
Vazebné poměry v oxidu uhličitém lze odvodit na základě teorie hybridizace. Mezi atomem uhlíku a každým atomem kyslíku je dvojná vazba. Dalším důležitým poznatkem je skutečnost, že orbitály *p* atomu uhlíku vytvářejí vazby  $\pi$  se nehybridizují (platí obecně). Proto je atom uhlíku v hybridizaci *sp* a molekula CO<sub>2</sub> je lineární, viz obr. 6.

Velká pevnost vazby  $\text{C}=\text{O}$  je příčinou velké stálosti této molekuly. Oxid uhličitý je však chemicky reaktivní a mnohé jeho reakce mají velký průmyslový význam.

Oxid uhličitý lze zkapalnit při libovolné teplotě mezi jeho trojným bodem  $-56,6\text{ }^{\circ}\text{C}$  a kritickým bodem  $31^{\circ}\text{C}$  ( $7,63\text{ MPa}$ ), viz obr. 7. Plyn lze buď stlačit na  $7,6\text{ MPa}$  a potom ochladit vodou na normální teplotu, nebo zchladit asi na  $-15^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) a potom stlačit na  $1,545\text{ MPa}$ .



**Obr. 7: Fázový diagram oxidu uhličitého**



**Obr. 8: Krystalová struktura suchého ledu**

Pevný oxid uhličitý neboli suchý led (viz obr. 9) se získá expandováním kapalného  $\text{CO}_2$  z tlakové láhve, čímž vzniká sníh, který lze mechanicky stlačit do bloků vhodných rozměrů.

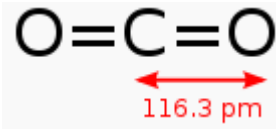
Dříve se vyrábělo velké množství pevného  $\text{CO}_2$ , ale od roku 1960 nahradila pevnou formu forma kapalná, protože má nižší výrobní cenu, snadný transport a dobře se odměřuje.



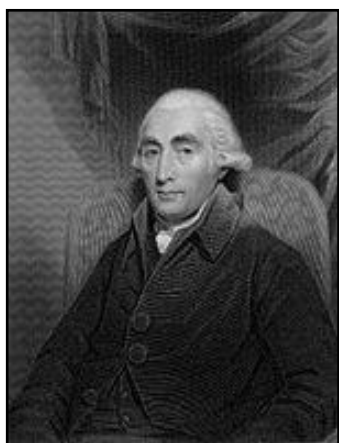
**Obr. 9: Suchý led**

Některé obecné informace, vlastnosti, struktura a bezpečnost (podle nového systému GHS, viz kapitola 3.3) oxidu uhličitého jsou uvedeny v tab. 7.

**Tab. 7: Vlastnosti, struktura a bezpečnost oxidu uhličitého [upraveno podle 40]**

<b>Oxid uhličitý</b>	
	
<b>Obecné</b>	
Systematický název	Oxid uhličitý
	Karbid dioxid
	Kyselina dioxy-karbanoxylová
Triviální název	Suchý led (pevný)
Ostatní názvy	Kysličník uhličitý (zastaralý název)
Sumární vzorec	CO <sub>2</sub>
Vzhled	Bezbarvý plyn
<b>Vlastnosti</b>	
Molární hmotnost	44,0095 g/mol
Teplota tání	-78 °C (195 K); za norm. tlaku sublimuje
Teplota varu	-57 °C (216 K); pod zvýšeným tlakem
Teplota sublimace	-78,48 °C (195 K)
Hustota	1,6 g/cm <sup>3</sup> (pevný)
	1,98 kg/m <sup>3</sup> (plynný)
Rozpustnost ve vodě	1,45 g/l
<b>Struktura</b>	
Dipólový moment	nulový
Vzdálenost (C-O)	116,3 pm
Vzdálenost (C-C)	-
Energie vazby D (C-O)	531,4 kJ/mol
<b>Termodynamické vlastnosti</b>	
Standardní slučovací entalpie $\Delta H_{sl}^0$	-393,51 kJ/mol
Standardní slučovací Gibbsova energie $\Delta G_{sl}^0$	-394,36 kJ/mol
<b>Bezpečnost</b>	
P-věty	P280 (v pevném skupenství)
	P305 (v pevném skupenství)
	P403 (v pevném skupenství)

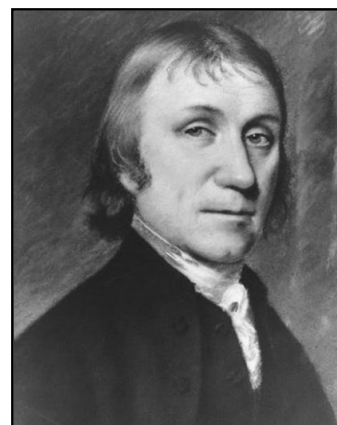
Oxid uhličitý byl první chemickou sloučeninou, která byla popsána jako plyn odlišný od vzduchu. Kolem roku 1630 vlámský chemik Jan Baptista van Helmont (1577-1644) zjistil, že při spalování dřevěného uhlí v uzavřené nádobě váha zbylého popelu je menší než původního uhlí. Vysvětlil to přeměnou části uhlí na neviditelnou substanci, kterou nazval *plyn spiritus sylvestre*. Dnes již víme, že tím plynem byl oxid uhličitý. Van Helmontův objev byl důležitý, nejenže objevil oxid uhličitý, ale také jako první pochopil, že vzduch není tvořen jedním jediným plynem, ale je kombinací více plynů.

**Obr. 10: Jan Baptista van Helmont****Obr. 11: Joseph Black**

V polovině 18. století vlastnosti tohoto plynu studoval podrobněji skotský lékař Joseph Black (1728 – 1799). V roce 1756 zjistil, že zahříváním vápence nebo jeho reakcí s kyselinami vzniká plyn, který nazval „fixovatelný vzduch“, protože jej bylo možno vázat silnými zásadami (například hydroxidem vápenatým). Zjistil také, že je těžší než vzduch a že na rozdíl od normálního vzduchu nepodporuje hoření a že zvířata v něm hynou.

Vázání na hydroxid vápenatý použil k důkazu, že je oxid uhličitý ve vydechovaném vzduchu a také, že se uvolňuje při procesu kvašení (fermentace). Oxid uhličitý identifikoval ve vzduchu vydechovaném lidmi.

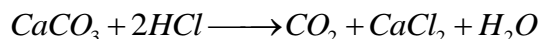
První praktické využití oxidu uhličitého je připisováno vynálezu anglického chemika Josepha Priestleyho (1733-1804) v polovině 18. století. Priestley objevil, že rozpouštění oxidu uhličitého ve vodě může produkovat svěží, šumivý nápoj s příjemnou příchutí. Priestleyho objev postrádá pouze cukr a ochucení k udělání moderní sodovky nebo coly. Náležitě může být nazýván otcem průmyslu nealkoholických nápojů.

**Obr. 12: Joseph Priestley**

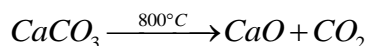
Oxid uhličitý vzniká při dokonalém (tzn. v přebytku kyslíku) **spalování** uhlíku:



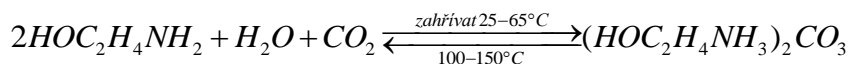
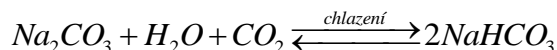
V **laboratoři** se většinou připravuje rozkladem uhličitanu vápenatého (mramoru) působením minerální kyseliny (kyseliny chlorovodíkové):



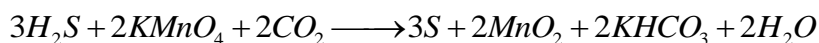
**Průmyslově** se vyrábí jako vedlejší produkt při výrobě páleného vápna tepelným rozkladem vápence při teplotách okolo 800 °C ve vápenkách:



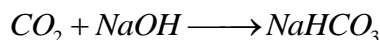
Oxid uhličitý se též ekonomicky získává z kouřových plynů vznikajících spalováním uhelnatých paliv, z fermentačních procesů a při kalcinaci vápence. Oxid uhličitý se absorbuje do vodného roztoku uhličitanu sodného nebo 2-aminoethan-1-olu (známého také pod názvem ethanolamin) - Girbotolův proces:



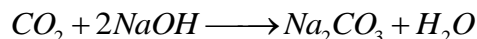
Na některých místech lze CO<sub>2</sub> získat z vrtů přírodního plynu. H<sub>2</sub>S se odstraní tlumeným alkalickým roztokem nasyceným KMnO<sub>4</sub>:



Oxid uhličitý reaguje se silnými hydroxidy za vzniku solí, které se vyskytují ve dvou formách, jako uhličitanu a hydrogenuhličitanu, např. s hydroxidem sodným vzniká buď hydrogenuhličitan sodný:



nebo při větším množství hydroxidu uhličitan sodný:





Oxid uhličitý je důležitou průmyslovou chemikálií, ale jeho využití, i když je občas chemické, závisí na jeho fyzikálních vlastnostech. Slouží např. jako chladicí médium, jako plyn pro inertní atmosféru, na syčení nápojů a při výrobě pěnových plastů.

**Pevný** oxid uhličitý se užívá jako chladicí médium při výrobě zmrzliny, k uchování masa a zmražených potravin. Je též výborným laboratorním chladivem a mrazicí látkou.

**Kapalný** oxid uhličitý se široce používá na zlepšení brousitelnosti nízkotajících kovů (a při drcení masa na hamburgery) a pro rychlé ochlazení naložených nákladních vagonů a vozů. Rovněž se používá pro nafukování záchranných člunů, do hasičských přístrojů a k trhacím pracem v dolech. Uplatňuje se též jako náhrada chlorfluorovaných aerosolových hnacích plynů, i když množství spotřebované pro tento účel není velké.

**Plynný** oxid uhličitý se používá ve velkém měřítku pro přípravu šumivých nápojů a jeho spotřeba činí 25 % produkce (představu o obrovské spotřebě šumivých nápojů lze získat z americké statistiky. V roce 1975 bylo vyrobeno v USA 3 916 000 000 nádobek na oxid uhličitý).

Dále se používá jako čisticí plyn, jako inertní ochranný plyn při sváření a pro neutralizaci alkalických odpadních vod. Malé množství se využívá při výrobě salicylanu sodného, zásaditého uhličitanu olovnatého a různých uhličitanů, jako  $M_2CO_3$  a  $MHCO_3$  (M = Na, K,  $NH_4$  atd.).

Podstatné množství  $CO_2$  se nyní spotřebovává při výrobě močoviny přes karbaminan amonný:

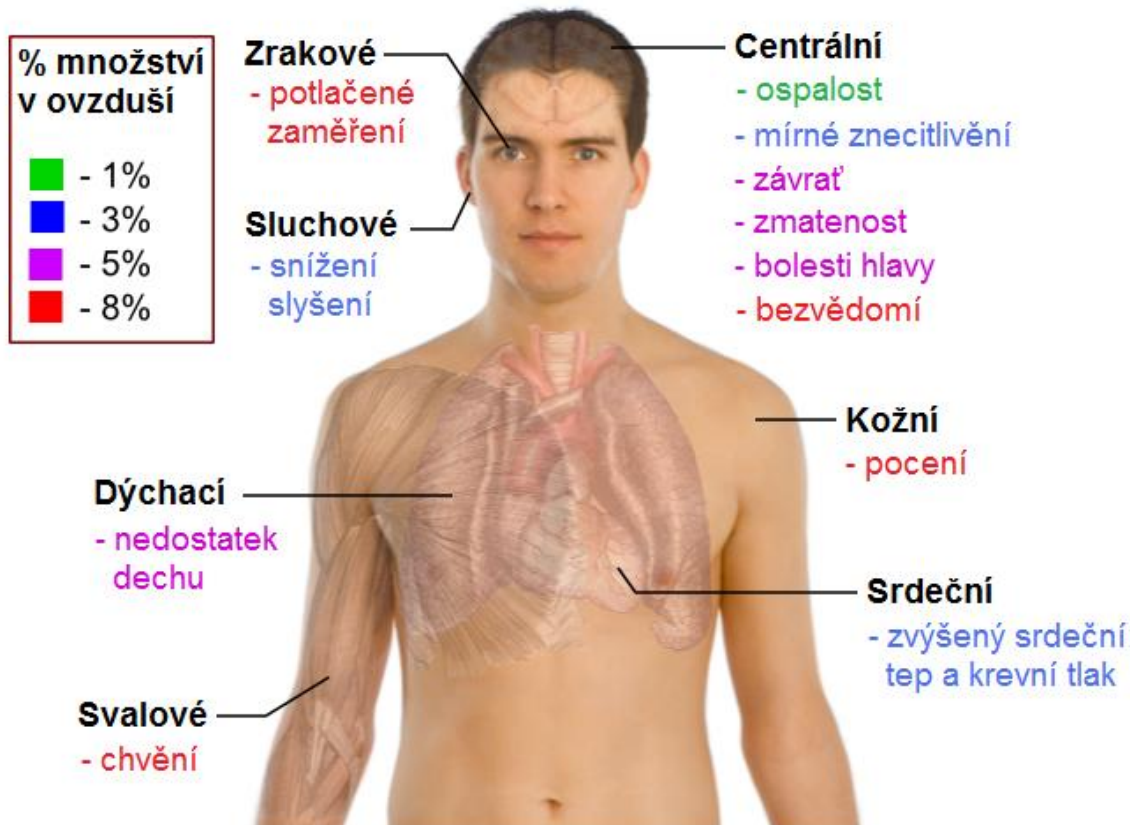


Produkce oxidu uhličitého dosáhla v roce 1980 v samotných USA 33 miliónů tun. 52 % produkce se spotřebuje jako chladicí médium.

**Tab. 8: Množství vyrobeného oxidu uhličitého [20]**

Výroba $CO_2$ [kt]	1955	1960	1962	1977
pevný	520	426	406	340
kapalný nebo plynný	185	432	522	1660
celkem	705	858	928	2000

## Hlavní příznaky otravy oxidem uhličitým



Obr. 13: Hlavní příznaky otravy oxidem uhličitým

Toxické účinky oxidu uhličitého se objevují již při obsahu 2% ve vzduchu, při obsahu nad 5% tělo nestačí oxid uhličitý ventilovat ven a dochází tedy k jeho hromadění v těle. Oxid uhličitý pak tlumí centrální nervovou soustavu a dýchací centrum. Postižení si stěžují na bolesti hlavy. Při vdechování vzduchu o koncentracích větších než 20% nastává smrt zástavou dechu v průběhu několika sekund.

Koncentrace oxidu uhličitého ve vdechovaném vzduchu od 10% výše má za následek rychlou ztrátu vědomí a při delší expozici smrt.

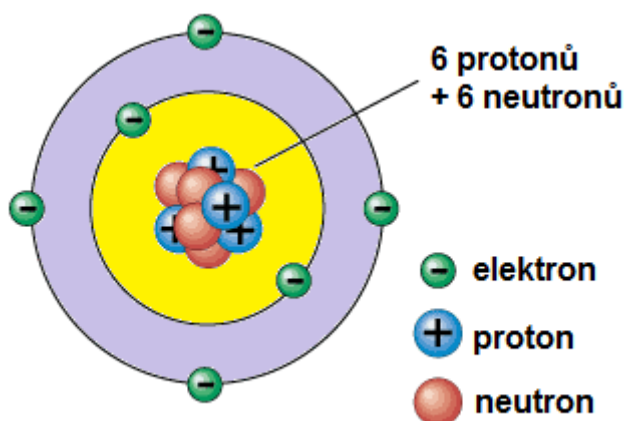
Dlouhodobé působení zvýšených koncentrací oxidu uhličitého může způsobit acidózu a změny metabolismu vápníku a fosforu, což může vyústit v tvorbu kalcifikací (depozit vápníku) v měkkých tkáních. Oxid uhličitý působí toxicky na myokard (srdeční sval) a může způsobit snížení síly srdečního stahu (kontrakce), což vede k nedostatečnému přečerpávání krve srdcem a hemodynamickým změnám oběhu v lidském těle.

Molekula oxidu uhličitého je velmi jednoduchá látka, skládá se z atomů dvou prvků – uhlíku a kyslíku. Oxid uhličitý představuje ze všech skleníkových plynů největší hrozbu pro planetu Zemi právě díky narušení koloběhu uhlíku lidskými aktivitami. Předtím, než se budeme zabývat koloběhem uhlíku (viz kapitola 2.5.3), je třeba se zmínit o samotném uhlíku.

## 2.5.2 Uhlík

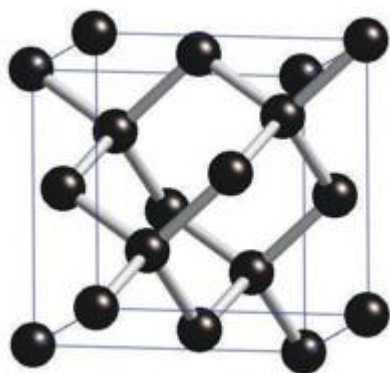
Vypracováno podle: [10]

Uhlík patří na Zemi mezi běžné a hojně se vyskytující látky. Sloučeniny uhlíku jsou odvozeny od excitovaného stavu atomu uhlíku. V excitovaném stavu má atom uhlíku čtyři nespárované elektrony, proto vytváří čtyři kovalentní vazby. Podle povahy vazebních partnerů může být uhlík v různých sloučeninách v hybridním stavu  $sp^3$  (methan), nebo v hybridním stavu  $sp^2$  (grafit), či v hybridním stavu  $sp$  (oxid uhličitý).

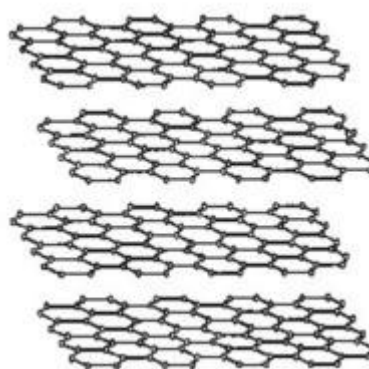


**Obr. 14: Atom uhlíku**

Čistý uhlík se v přírodě vyskytuje ve dvou alotropických modifikacích: v diamantu a v grafitu.



**Obr. 15: Struktura diamantu**



**Obr. 16: Struktura grafitu**

## Výskyt a použití uhlíku

Vypracováno podle: [10]

Volný uhlík se v přírodě vyskytuje v diamantu a grafitu, vázaný v anorganických a organických sloučeninách. Z anorganických sloučenin se vyskytuje hlavně v uhličitanech, např. ve vápenci  $\text{CaCO}_3$ , magnezitu  $\text{MgCO}_3$ , dolomitu  $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$  atd. Ve vzduchu je uhlík přítomen v oxidu uhličitém.

Organické sloučeniny uhlíku tvoří uhlí. Podle stáří rozeznáváme antracit (asi 90% C), černé uhlí (asi 80% C), hnědé uhlí (asi 70% C), lignit (asi 60% C) a rašelinu (asi 50% C). Sloučeniny uhlíku tvoří ropu, zemní plyn, asfalt, zemní vosk atd. Na pozoruhodné stálosti vazeb mezi atomy uhlíku a na rozmanitosti takto vzniklých řetězců je založen život. Těla rostlin, živočichů, lidí jsou složena ze sloučenin uhlíku. Zelené rostliny přijímají z ovzduší oxid uhličitý a působením sluneční energie ho přeměňují v organické sloučeniny, které potřebují pro stavbu svého těla. Přitom získávají energii potřebnou k životu. Tento děj se nazývá **fotosyntéza**.

### 2.5.3 Koloběh uhlíku

Vypracováno podle: [25, 37]

Koloběh uhlíku je biochemický cyklus, při němž se uhlík vyměňuje mezi biosférou, litosférou, hydrosférou a atmosférou – uhlík se tedy nachází ve čtyřech zásobnících neboli rezervoárech, viz obr. 17.

Uhlík existuje v atmosféře hlavně jako plyn oxid uhličitý. Přestože tvoří velmi malý podíl atmosféry (asi 0,04%), je zásadní pro život na Zemi. K ostatním atmosférickým plynům, které obsahují uhlík, patří methan a antropogenní chlor-fluorované uhlovodíky.

#### **Uhlík se z atmosféry dostává pryč několika způsoby:**

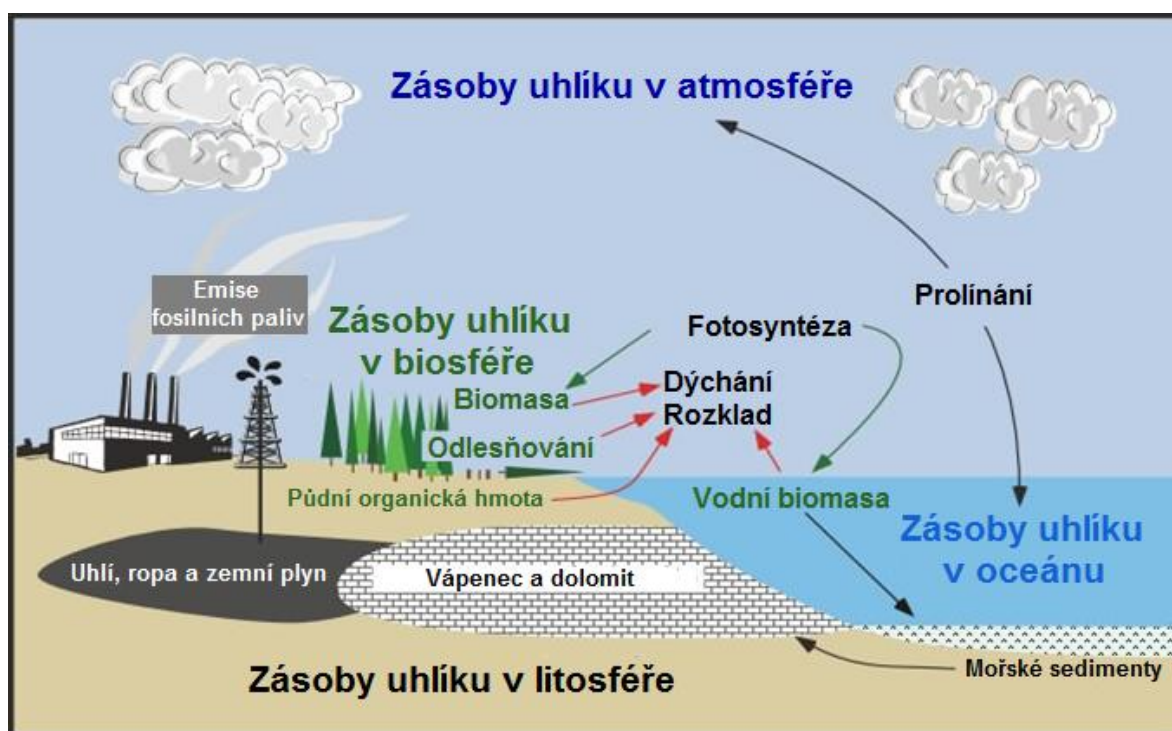
- Když svítí Slunce, autotrofní organismy (především rostliny) fotosyntetizují, přičemž pohlcují oxid uhličitý a mění ho na sacharidy a zároveň vylučují kyslík. Tento proces je nejrychlejší u lesů (či jiných biotopů), kde probíhá velmi rychlý růst nové biomasy.
- Na mořské hladině se rozpouští atmosférický oxid uhličitý. Čím je voda chladnější, tím více oxidu uhličitého může pohltnout.
- Ve vyšších vrstvách oceánu fytoplankton (řasy, sinice) ukládá oxid uhličitý ve svých tkáních a schránkách. Schránky pak klesají ke dnu a zvětrávají. Zvětrávání těchto křemičitých hornin způsobuje kyselina uhličitá. Při tomto procesu se

uvolňují hydrogenuhličitany. Na dně se pak ukládají nánosy uhličitany (např. vápenec).

### Uhlík se do atmosféry dostává několika způsoby:

- Respirací živočichů a rostlin. Při této reakci se organické molekuly rozkládají na vodu a oxid uhličitý.
- Rozkládáním rostlinné a živočišné biomasy. Hlavní roli v tom mají houby a bakterie. Pokud je přítomen kyslík, mění organické látky na oxid uhličitý, pokud je prostředí anaerobní, mění organické látky na methan.
- Spalování organického materiálu. Při spalování fosilních paliv (uhlí, ropa, zemní plyn) se rozpadají organické látky, které se po miliony let ukládaly v biosféře.
- Při sopečných erupcích se uvolňují plyny, které mimo jiné obsahují oxid uhličitý. Množství uhlíku, které takto vznikne, plně kompenzuje úbytek uhlíku při zvětrávání.

Rovnováha koloběhu uhlíku byla nejprve narušena spalováním fosilních paliv. Od počátku průmyslové éry (2. polovina 18. století) výrazně stoupají emise oxidu uhličitého hromaděného v biomase desítky miliónů let. Masivní odlesňování, které začalo o století později, snížilo množství oxidu uhličitého zadržného vegetací. V současnosti je v tzv. úložištích uhlíku – ekosystémech schopných absorbovat uhlík – vázána méně než polovina celkového množství oxidu uhličitého.



Obr. 17: Koloběh uhlíku 1

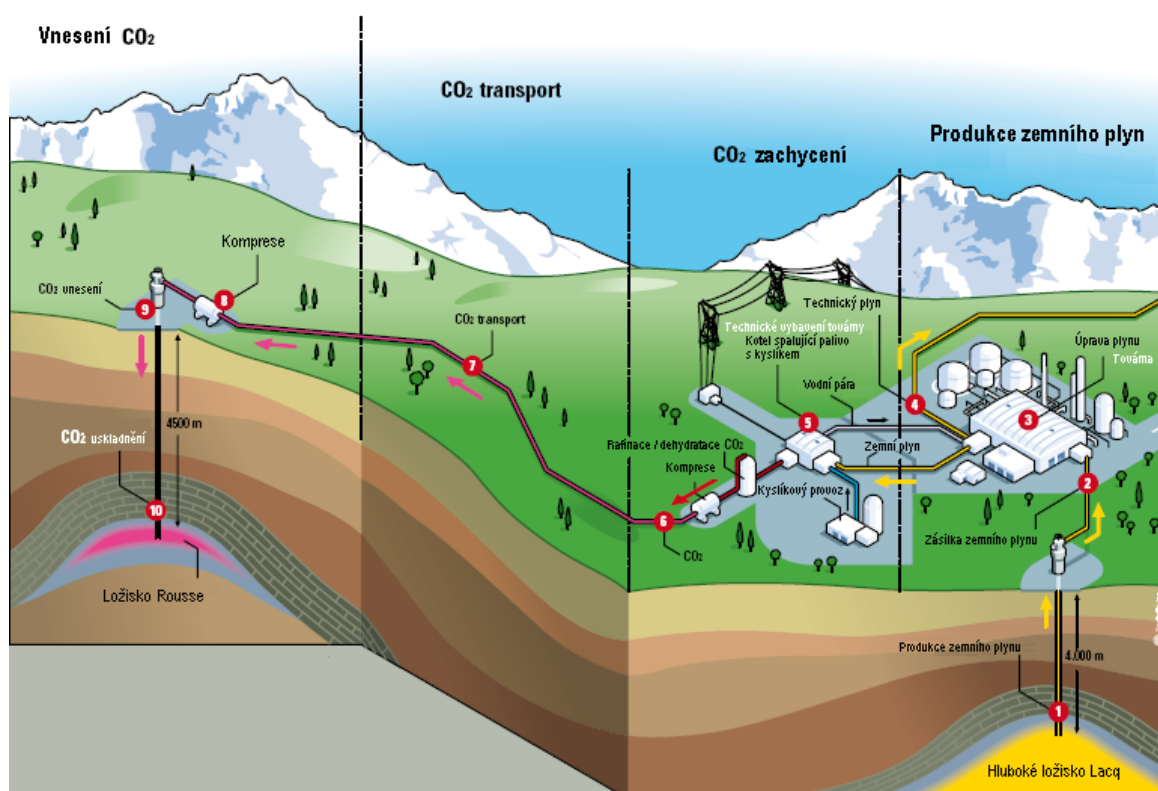
## 2.5.4 Metoda CCS - zachycení, doprava a dlouhodobé uložení CO<sub>2</sub>

Technologie CCS<sup>8</sup> by mohla být jedním z řešení, jak využít fosilní paliva tak, aby dále nepředstavovala hrozbu pro klima. [27]

Metoda CCS je zkratkou pro Carbon Capture and Storage neboli do češtiny překládáno jako zachycení, transport a uložení oxidu uhličitého (dokud se pro něj nenajde vhodné využití).

Obr. 18 zachycuje princip této metody. Jedná se o projekt v jihozápadní Francii, který začal v roce 2008. Zemní plyn se vytěží z hloubky 4 000 m a spálí se pomocí kyslíku (účinnější postup → vznikne čistější forma oxidu uhličitého). Oxid uhličitý se dále transportuje existujícím ropovodem (nebo plynovodem) do již dříve vytěženého, 4 500 m hlubokého, ložiska Rouse. Okolní skály tvoří tlakovou bariéru a brání tak oxidu uhličitému v úniku. Bylo plánováno během dvou let uložit do podzemí 150 000 t oxidu uhličitého.

Pro uskladnění se jeví jako vhodná také plynová a ropná ložiska, hluboké podmořské vrty, hlubinná jezera, uhelné sloje.



Obr. 18: Pilotní projekt v Lacq

<sup>8</sup> CCS = Carbon Dioxide Capture and Geological Storage

## 2.5.5 Carbon Footprint (Uhlíková stopa)

Vypracováno podle: [7]

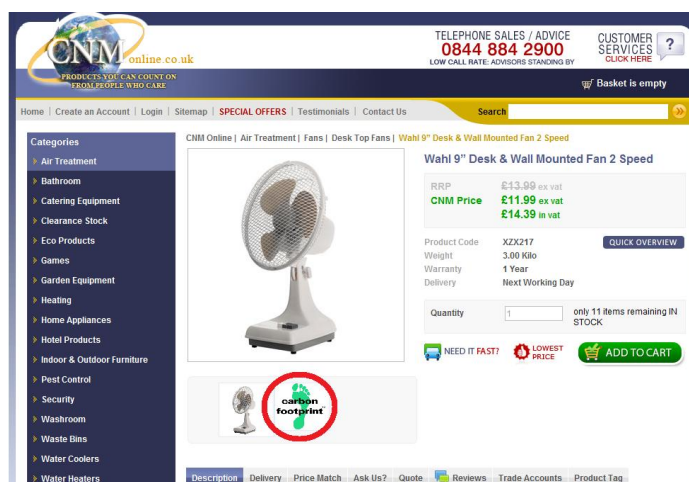


Obr. 19: Logo uhlíkové stopy

Carbon Footprint neboli v českém překladu uhlíková stopa poukazuje na množství oxidu uhličitého, k jehož emisím každý z nás přispívá. K uhlíkové stopě přispíváme naším každodenním způsobem života, například spalováním fosilních paliv pro výrobu elektřiny a tepla, dopravou a cestováním (jízda autem nebo autobusem, let letadlem atd.). Do výčtu činností, které se podílejí na zvyšování emisí skleníkových plynů, mohou být také zahrnovány i nepřímé aktivity jako návštěvy restaurací, nakládání s odpady nebo dokonce konzumace jídla (způsob stravování).

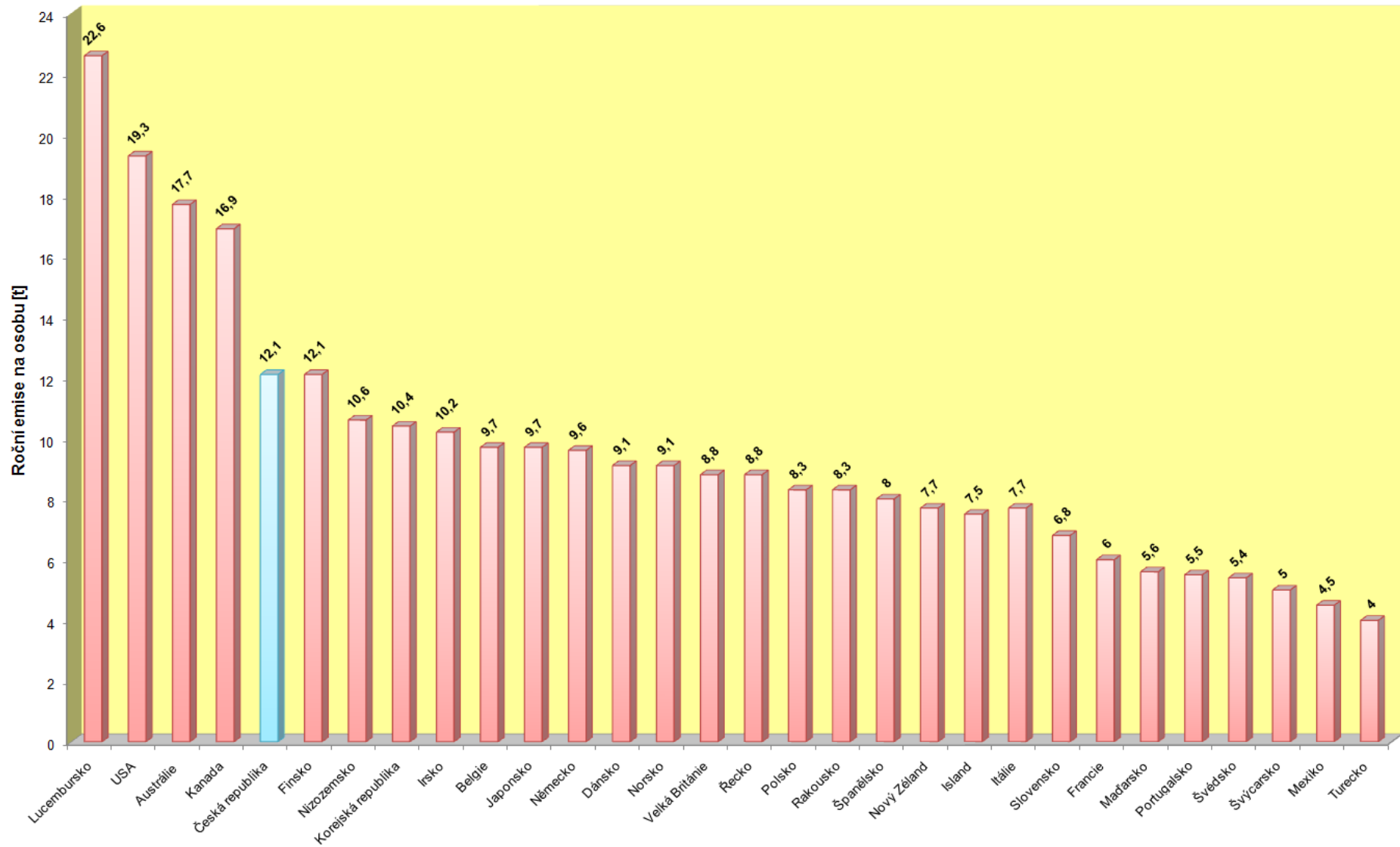
Uhlíková stopa se vyjadřuje v ekvivalentech oxidu uhličitého a obvykle se udává v hmotnostních jednotkách - v tunách, které člověk vyprodukuje za rok. Vyspělejší země mají průměrnou uhlíkovou stopu větší, než země rozvojové. Ale i mezi jednotlivými vyspělými zeměmi mohou být markantní rozdíly. Například průměrná uhlíková stopa pro jednoho obyvatele USA se pohybuje kolem 19 tun za rok, zatímco ve Velké Británii se blíží k 9 tunám za rok (viz graf 8). Z grafu je dále patrné, že průměrná uhlíková stopa v České republice je 12,1 tun na obyvatele za rok. Celosvětový průměr jsou 4 tony na obyvatele za rok.

Logo uhlíkové stopy se dostává čím dál více do podvědomí, a tak se není čemu divit, že se objevuje u výrobků s elektrotechnikou, u nichž značí nižší spotřebu energie.



Obr. 20: Logo uhlíkové stopy značí nižší spotřebu energie

# Emise CO<sub>2</sub> v zemích OECD v roce 2007



Graf 8: Emise CO<sub>2</sub> v zemích OECD v roce 2007 [upraveno podle 29]



## Kalkulátor uhlíkové stopy

Vypracováno podle: [8]

Spočítat vaši produkci oxidu uhličitého vám pomůže „Kalkulačka uhlíkové stopy“, kterou můžete nalézt např. na webové adrese: [www.carbonfootprint.com](http://www.carbonfootprint.com). Kalkulačka se zaměřuje na ty oblasti, které výrazně emise ovlivňují, např.:

- spotřebu energie v domech a bytech
- dopravu
- emise uložené v materiálech, které považujeme za odpady
- emise související s naším jídlem.

**Kalkulátor uhlíkové stopy**

Jazyk: čeština [Proč vytvářet účet?](#)

Vítejte Dům Lety Auto Motocykl Autobus & Železnice Druhotné Výsledky kalkulace vaší

Vítejte v nejzavedenějším kalkulatoru uhlíkové stopy na webu

Nejdiřivě nám prosím řekněte, kde žijete: [Proč?](#)

Zemi: Czech Republic

Propočty uhlíkových stop jsou obvykle založeny na ročních emisích za předchozích 12 měsíců.  
Vložit období, které tento kalkulator zahrnuje (nepovinné)

od  do  [Uložit](#)

V dalším kroku vyberte vhodné okénko, abyste započítali tu část životního stylu, která vás zajímá nejvíc, např. vaše lety.  
Nebo se vraťte ke každému z okének a vypočítejte svou plnou uhlíkovou stopu.

Po výpočtu můžete vyrovnat / neutralizovat emise díky jednomu z našich projektů, které jsou šetrné ke klimatu.

**Zdroje našich výpočtů**

Výpočty primárních emisí jsou založeny na konverzních faktorech (přesaz) z:

- Ministerstvo životního prostředí, pozemí a venkova (DEFRA) - UK
- World Resource Institute (WRI) Greenhouse Gas (GHG) Protocol
- Vehicle Certification Agency (VCA) - UK
- US Environmental Protection Agency (EPA) - USA
- US Department of Energy (DOE) - USA
- Green House Office - Australia
- Standard Association (CSA) GHG Registries - Canada

Propočty sekundárních emisí jsou založeny na odhadech výroby uhlíkové stopy (Carbon Footprint) a mají / ilustrovat opad každodenních činností na životní prostředí. Vše sekundární stopy má být správně seřazeno (včetně nebo výše) než se odhaduje. Vše celkové uhlíkové stopy je součet primárních a sekundárních emisí.

[Dům >](#)

Obr. 21: Kalkulátor uhlíkové stopy

Výsledek je možné porovnat s českým nebo světovým průměrem či s průměrem pro industrializované národy:

- průměrná stopa pro lidi v České republice je 11,48 tun
- průměr pro industrializované národy je kolem 11 tun
- průměrná uhlíková celosvětová stopa je kolem 4 tun
- **celosvětovým cílem v boji s klimatickými změnami jsou 2 tuny.**

Na stránkách také najdete rady, jak své emise snížit. K tomu, aby člověk svou uhlíkovou stopu významným způsobem snížil, stačí pouhé dodržování jednoduchých zásad.

### 3 PRAKTICKÁ A EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Součástí výukových materiálů ke zvolenému tématu *Oxid uhličitý* je také navržená PowerPointová prezentace, pracovní list a pět návodů k vybraným laboratorním pracím, to vše včetně metodických pokynů a doporučení pro vyučující. Při vypracovávání těchto podkladů byly zohledněny požadavky RVP - vzdělávací oblasti *Člověk a příroda* a průřezového tématu *Environmentální výchova*.

#### 3.1 PowerPointová prezentace, metodické pokyny

K tématu *Oxid uhličitý* byla vytvořena PowerPointová prezentace, která by měla posloužit především vyučujícím jako materiál při výuce této látky. Její obsah byl zpracován tak, aby byl pro žáky co nejvíce zajímavý a motivující.

Jednotlivé snímky PowerPointové prezentace jsou očíslovány. Ke každému snímku jsou níže dodány metodické pokyny a náměty pro vyučující. Obrázky použité v prezentaci jsou uvedeny v seznamu obrázků.

Prezentace byla vytvořena s přispěním následujících zdrojů: [27, 37, 47]. Graf na snímku 15 byl zhotoven podle: [9].

**Snímek 3:**    **Obr. 22:** Skleník

**Snímek 4:**    **Obr. 23:** Skleníkový efekt 1

**Obr. 24:** Skleníkový efekt 2

**Obr. 25:** Skleníkový efekt 3

**Obr. 26:** Skleníkový efekt 4

**Obr. 27:** Skleníkový efekt 5

**Snímek 5:**    **Obr. 14:** Atom uhlíku

**Snímek 6:**    **Obr. 17:** Koloběh uhlíku 1

**Snímek 7:**    **Obr. 28:** Atmosféra

**Snímek 8:**    **Obr. 29:** Biosféra

**Snímek 9:**    **Obr. 30:** Hydrosféra

**Snímek 10:** **Obr. 31:** Litosféra

**Snímek 12:** **Obr. 18:** Metoda CCS

**Snímek 13:** **Obr. 19:** Logo uhlíkové stopy

1)

## Oxid uhličitý

**Skleníkový efekt  
Koloběh uhlíku  
Metoda CCS  
Uhlíková stopa**

2)

## Oxid uhličitý

- skleníkový plyn
  - spolu s: vodní párou
  - methanem
  - oxidem dusným
  - freony
- skleníkové plyny vynikají v pohlcování a zachycování tepla
  - podstata skleníkového efektu

3)

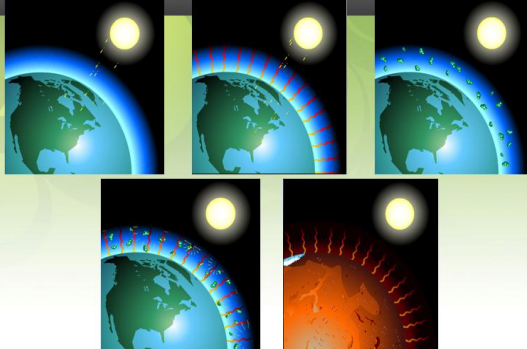
## Skleníkový efekt

- **přírodní**
  - vyskytuje se na Zemi přirozeně
  - bez jeho působení by průměrná teplota klesla na -18 st. C
- **antropogenní (přidavný)**
  - původ v lidské činnosti
  - způsobuje globální změny klimatu



4)

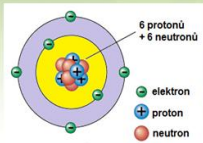
## Skleníkový efekt



5)


## Proč je CO<sub>2</sub> největší hrozbou?

- narušen koloběh uhlíku
- ve třech formách - plynné skupenství CO<sub>2</sub>
  - kapalné skupenství ROPA
  - pevné skupenství UHLÍ




6)

## Koloběh uhlíku



7)


### Atmosféra



- 800 Gt uhlíku
- jediný systém, který vyměňuje významné množství uhlíku přímo se všemi dalšími systémy

8)


### Biosféra



- 2 000 Gt uhlíku
- veškeré žijící a rozkládající se organismy
- uhlík ve formě sacharidů a bílkovin

9)


### Hydrosféra



- 39 000 Gt uhlíku
- uhlík se nachází v oceánech, ale také v čerstvých vodních zdrojích
- do podsystemu zahrnuta mořská flóra a fauna

10)

### Litosféra



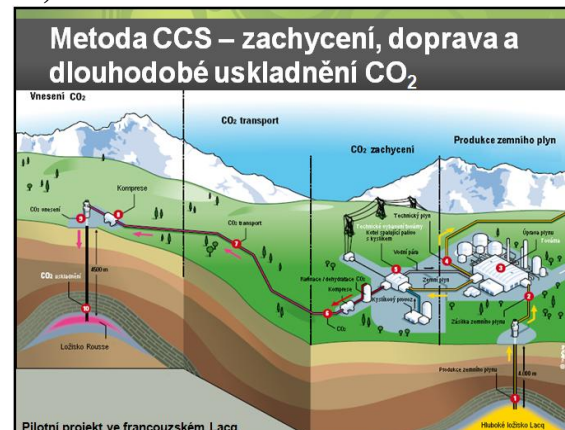
- 55 000 000 Gt (fosilní paliva = 5 000 Gt uhlíku)
- uhlík zejména v horninách a nerostech, ale obsahují jej i **fosilní paliva**
- před průmyslovou revolucí uhlík pozvolna opouštěl litosféru skrze zvětrávání a sopečnou činnost

11)

### Narušení rovnováhy koloběhu uhlíku

- **spalováním** fosilních paliv
- masivním **odlesňováním**
- v současnosti je v tzv. úložištích uhlíku vázána méně než polovina celkového množství CO<sub>2</sub>

12)



13)

### Uhlíková stopa (Carbon Footprint)

- poukazuje na **množství** oxidu uhličitého, k jehož emisím každý z nás přispívá
- např. **spalování** fosilních paliv pro výrobu elektřiny a tepla, doprava a cestování
- **nepřímé aktivity** jako návštěvy restaurací, nakládání s odpady nebo dokonce konzumace jídla

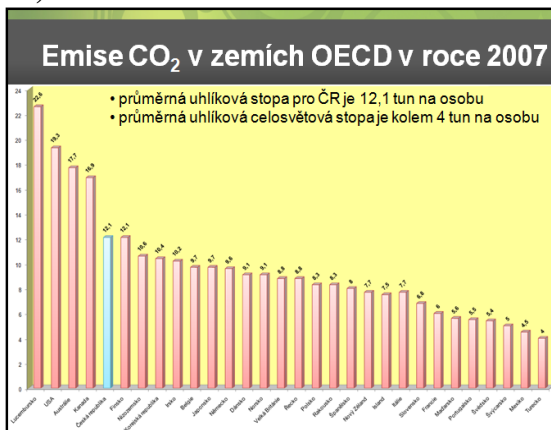


14)

### Uhlíková stopa (Carbon Footprint)

- Kupujete balenou vodu nebo pijete vodu z kohoutku?
- Snažíte se nenechávat žádné spotřebiče v režimu standby?
- Odpojujete přenosný počítač od napájení vždy, když jej vypínáte?
- Odmítáte v obchodech igelitové tašky a pytlíky?
- Dáváte před výtahem a eskalátorem přednost schodům?
- Zhasínáte v prázdné místnosti?
- Používáte veřejnou dopravu?

15)



16)

### Seznam převzatých obrázků

- <http://www.slideshare.net/mrcornish/what-are-the-human-causes-of-recent-climate-change>
- <http://academics.rmu.edu/faculty/short/phys2610/phys2610-anim/greenhouse-effect/>
- <http://newenergyandfuel.com/wp-content/uploads/2008/06/carbon-atom.gif>
- <http://www.physicalgeography.net/fundamentals/images/carboncycle.jpg>
- <http://www.need.org/node/156>
- [http://bioage.typepad.com/photos/uncategorized/carbon\\_capture\\_geological\\_storage.jpg](http://bioage.typepad.com/photos/uncategorized/carbon_capture_geological_storage.jpg)
- <http://www.carbonfootprint.com>

17)

# DĚKUJI ZA POZORNOST

Zpracovala:  
Bc. Lucie Kristlová  
Přírodovědecká fakulta UK  
Praha 2011

### **Snímek 1)**

Úvodní snímek seznamující žáky s obsahem prezentace.

### **Snímek 2)**

Oxid uhličitý je významný skleníkový plyn. Před promítnutím snímku může vyučující s žáky diskutovat také o dalších skleníkových plynech (vodní pára, methan, oxid dusný, halogenderiváty uhlovodíků). Žáci objasní funkci skleníkových plynů v atmosféře. Jsou to plyny, které se v atmosféře Země vyskytují ve velmi malých množstvích, jsou takřka propustné pro sluneční záření, silně však pohlcují dlouhovlnnou radiaci vyzařovanou zemským povrchem a vyzářují ji tak zpět k povrchu Země.

### **Snímek 3)**

Vyučující zdůrazní, že je třeba rozlišovat dva druhy skleníkového efektu. Přirozený skleníkový efekt udržuje na Zemi příznivou teplotu pro život, bez jeho působení by bylo na Zemi o 33,5 °C méně, teplota by klesla na -18 °C.

Původ antropogenního skleníkového efektu tkví v lidské činnosti. Žáci by měli vědět, že je způsoben spalováním fosilních paliv, kácením lesů a celkovými změnami krajiny. Antropogenní skleníkový efekt přispívá ke globálním změnám klimatu.

Vyučující žákům vysvětlí, že v atmosféře Země se odehrává zcela identický proces, jako v zahradním skleníku, viz obrázek. Žlutá šipka naznačuje, že světelné záření ze Slunce prochází skrze sklo a ohřívá zemi. Červená šipka pak signalizuje, že část infračerveného záření ze země se odrazí a část se zachytí uvnitř skleníku.

### **Snímek 4)**

Vyučující pomocí obrázků naznačí princip skleníkového efektu. Na prvním obrázku jsou zobrazeny paprsky sluneční energie ohřívající Zemi. Na druhém obrázku Země pohlcuje sluneční záření a vysílá jej zpět do vesmíru ve formě infračerveného záření.

Třetí obrázek zachycuje skleníkové plyny v atmosféře. Žáci by měli vědět, že 1% zemské atmosféry tvoří skleníkové plyny - vodní pára, oxid uhličitý, ozón, methan, oxid dusný. Žáci mohou diskutovat, který ze skleníkových plynů je v atmosféře zastoupen přirozeným způsobem nejvíce (60% tvoří vodní pára).

Čtvrtý obrázek naznačuje, jak skleníkové plyny odrážejí dostatek tepla zpět k Zemi a udržují tak průměrnou teplotu atmosféry okolo 15,5 °C. Vyučující opět zdůrazní důležitost těchto plynů, respektive mimořádný význam skleníkového efektu, bez kterého by byla Země studeným a neobyvatelným místem.

Na pátém obrázku je vyobrazen Mars. Tenká atmosféra této planety nepodporuje prakticky žádný skleníkový efekt, proto je průměrná teplota na Marsu -33 °C.

Pokud by chtěl učitel žákům ukázat animaci skleníkového efektu, nalezne ji na této webové adrese: <<http://academics.rmu.edu/faculty/short/phys2610/phys2610-anim/greenhouse-effect/>>

### **Snímek 5)**

Vyučující položí žákům otázku, proč zrovna oxid uhličitý představuje ze všech skleníkových plynů největší hrozbu pro planetu Zemi. Správná odpověď je narušení rovnováhy koloběhu uhlíku. Dříve než se však bude vyučující zabývat koloběhem uhlíku, je třeba, aby se s žáky podíval na samotný uhlík jakožto chemický prvek.

Uhlík je prvek velmi rozšířený nejen na Zemi, ale i na Slunci, obsahují jej hvězdy, komety a atmosféry jiných planet. Žáci by měli odvodit, že má uhlík čtyři valenční elektrony (viz obrázek). Díky nim se uhlík snadno váže s ostatními prvky, existuje téměř 10 miliónů jeho sloučenin. Dále by žáci měli vědět, že je uhlík klíčovým prvkem v mnoha skleníkových plynech jako  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  a  $\text{CO}$ . Stejně jako energie, uhlík nemůže být vytvořen ani zničen, pouze přeměněn v jiný druh. Žáci si zapamatují, že se uhlík nachází ve třech skupenstvích: plynné (oxid uhličitý), kapalné (ropa) a pevné (uhlí).

### **Snímek 6)**

Koloběh uhlíku je biochemický cyklus, při němž se uhlík vyměňuje mezi biosférou, litosférou, hydrosférou a atmosférou – uhlík se tedy nachází ve čtyřech zásobnících neboli rezervoárech.

Uhlík je prvek neustále putující ze Země do atmosféry a z atmosféry zpět na Zem. Je absorbován zelenými rostlinami během procesu zvaného fotosyntéza. Žáci by měli tento pojem znát velmi dobře z biologie, proto se na něj vyučující může ptát podrobněji, např. může po žácích vyžadovat rovnici tohoto děje.

Dále by žáci měli opět vědět z biologie, že rostliny mají nezastupitelnou roli v pastevně kořistnickém potravním řetězci – jsou primárními producenty – tzn., že část zelených rostlin je zkonsumována živočichy. Část se uvolňuje až při rozkladných procesech a ve formě opadu se dostává na půdu a do ní, což je podstatou tzv. detritového potravního řetězce.

### **Snímek 7)**

Ačkoliv v atmosféře nalezneme nejmenší množství uhlíku (asi 800 Gt), je to jediný systém, který vyměňuje významné množství uhlíku se všemi dalšími soustavami (biosféra, hydrosféra, litosféra). Kromě zdrojů antropogenních (spalování fosilních paliv, odlesňování) by žáci také měli znát přírodní zdroje uvolňující do atmosféry oxid uhličitý (vulkanická činnost, minerální prameny, požáry, dýchání mikroorganismů, rostlin i živočichů).

Před průmyslovou revolucí se hodnota oxidu uhličitého v zemské atmosféře pohybovala okolo 280 – 290 ppm (vyučující vysvětlí jednotku ppm – parts per milion, odpovídá asi 0,03%), současná hodnota je kolem 380 ppm (0,04%). V dnešní době je úroveň  $\text{CO}_2$  a  $\text{CH}_4$  v atmosféře nejvyšší za 160 000 let. Vyučující zdůrazní, že čtvrtina oxidu uhličitého v atmosféře je přidána lidskou aktivitou.

### **Snímek 8)**

Biosféra obsahuje 2 000 Gt uhlíku a je tedy jeho druhým největším zásobníkem. Biosférické rezervoáry zahrnují veškeré žijící a rozkládající se organismy. Žáci mohou diskutovat, v jaké formě se v nich uhlík převážně nachází (sacharidy a bílkoviny). Žáci si

dále zapamatují, že uhlík tvoří 45 – 50% hmotnosti živých těl (v sušině). I my patříme mezi organismy založené na uhlíku!

### **Snímek 9)**

V hydrosférických rezervoárech se nachází 39 000 Gt uhlíku. Nejvíce uhlíku se nachází v oceánech, ale také v čerstvých vodních zdrojích. Do podsystému tohoto rezervoáru se zahrnuje mořská flóra a fauna.

### **Snímek 10)**

Litosféra je největším uhlíkovým rezervoárem, obsahuje 55 000 000 Gt uhlíku. Žáci mohou hádat, kolik Gt uhlíku z tohoto množství tvoří fosilní paliva (5 000 Gt).

Uhlík je zejména v horninách a nerostech, ale obsahují jej i fosilní paliva: ropa, zemní plyn (methan) a uhlí.

Žáci si zapamatují, že před průmyslovou revolucí (začátek ve 2. polovině 18. století) uhlík pozvolna opouštěl litosféru skrze zvětrávání a sopečnou činnost.

### **Snímek 11)**

Rovnováha koloběhu uhlíku byla nejprve narušena spalováním fosilních paliv. Od počátku průmyslové éry (2. polovina 18. století) výrazně stoupají emise oxidu uhličitého hromaděného v biomase desítky miliónů let.

Masivní odlesňování, které začalo o století později, snížilo množství oxidu uhličitého zadržného vegetací → zvýšilo jeho množství v atmosféře. Vyučující se může opět zeptat žáků, jak se nazývá proces, při kterém fotoautotrofní organismy (zelené rostliny) vážou uhlík (v plynné formě, tzn. oxid uhličitý) z atmosféry a zabudovávají jej do svých těl (fotosyntéza).

V současnosti je v tzv. úložištích uhlíku – ekosystémech schopných absorbovat uhlík – vázána méně než polovina celkového množství oxidu uhličitého.

### **Snímek 12)**

Technologie CCS by mohla být jedním z řešení, jak využít fosilní paliva tak, aby dále nepředstavovala hrozbu pro klima.

Metoda CCS je zkratkou pro Carbon Capture and Storage neboli do češtiny překládáno jako zachycení, transport a uložení oxidu uhličitého (dokud se pro něj nenajde vhodné využití).

Obrázek na snímku zachycuje princip této metody. Jedná se o projekt v jihozápadní Francii, jež započal v roce 2008. Zemní plyn se vytěží z hloubky 4 000 m a spálí se pomocí kyslíku (účinnější postup → vznikne čistější forma oxidu uhličitého). Oxid uhličitý se dále transportuje existujícím ropovodem (nebo plynovodem) do již dříve vytěženého, 4 500 m hlubokého, ložiska Rousse. Okolní skály tvoří tlakovou bariéru a brání tak oxidu uhličitému v úniku. Bylo plánováno během dvou let uložit do podzemí 150 000 t oxidu uhličitého.

Pro uskladnění se jeví jako vhodná také plynová a ropná ložiska, hluboké podmorské vrty, hlubinná jezera, uhelné sloje. Vyučující může s žáky diskutovat o možných rizicích plynoucích z uskladnění např. v oceánu (pokud by oxid uhličitý unikl →



snížil by pH mořské vody → došlo by k rozpouštění schránek mořských živočichů, které jsou tvořené z  $\text{CaCO}_3$ ).

### **Snímek 13)**

Uhlíková stopa je veličina, která poukazuje na množství emisí oxidu uhličitého, ke kterým každý z nás přispívá. Zahrnuje v sobě tzv. přímé i nepřímé aktivity. Mezi přímé patří velmi dobře známé spalování fosilních paliv pro výrobu elektřiny a tepla, doprava a cestování.

Vyučující upozorní žáky především na nepřímé aktivity, kam se řadí např. návštěvy restaurací, nakládání s odpady nebo dokonce konzumace jídla. Žáci mohou diskutovat, jaký vliv mohou mít tyto aktivity na jejich uhlíkovou stopu.

### **Snímek 14)**

Vyučující žáky upozorní, že každý z nás může množství své uhlíkové stopy významně snížit, stačí dodržovat pár jednoduchých zásad. Formou diskuze bude řídit vyučující následující otázky:

*Kupujete balenou vodu nebo pijete vodu z kohoutku?*

Pravidelné pití balené vody je až padesátkrát dražší než pití vody z kohoutku. Její prodej navíc představuje významný zdroj znečištění – od energie spotřebované při výrobě plastových obalů a při plnění lahví až po pohonné hmoty spálené při její distribuci.

*Snážíte se nenechávat žádné spotřebiče v režimu standby?*

O tom, že k nemalé radosti dodavatelů energie pomalu, ale jistě spotřebovávají neustále nezanedbatelné množství elektřiny, svědčí jen nenápadné malé světýlko. Ale pozor, standby mód tvoří téměř 40% jejich celkové spotřeby! Pravidelné vypínání pěti elektrospotřebičů, které fungují v průměru tři hodiny denně, povede k celoroční úspoře 69 kg oxidu uhličitého.

*Odpojujete přenosný počítač od napájení vždy, když jej vypínáte?*

Pravidelné odpojování napájení přenosného počítače, který funguje v průměru 3 hodiny denně, pomůže za jeden rok uspořit asi 4 kg emisí oxidu uhličitého.

*Používáte veřejnou dopravu?*

Přepočteno na osobu způsobí jeden automobil desetkrát až patnáctkrát větší znečištění než autobus. Spálením jediného litru benzínu se vyprodukuje 2,4 kilogramu oxidu uhličitého.

### **Snímek 15)**

Žáci z grafu odvodí, že z třiceti zemí OECD (Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj) se Česká republika v roce 2007 nacházela na 5. místě v produkci emisí oxidu uhličitého. Průměrná uhlíková stopa v České republice je 12,1 tun na obyvatele za rok. Žáci mohou hádat, jaká je průměrná uhlíková celosvětová stopa (kolem 4 tun na osobu za rok). Vyučující zdůrazní, že tendenci vyspělých států je se této hodnotě přiblížit.

Pozn.: V roce 2007 měla OECD 30 členských zemí, v současnosti jich má 34.

### **Snímek 16)**

Seznam odkazů převzatých obrázků.

### **Snímek 17)**

Závěrečný snímek s informacemi o autorovi.

## 3.2 Návrh pracovního listu, metodické pokyny

Při sestavování pracovního listu jsem brala v potaz výsledky českých žáků v mezinárodním průzkumu PISA 2006 [41]. Podle něho sice čeští žáci oplývají rozsáhlými faktickými poznatky, problémy jim ale dělá např. vytváření hypotéz, získávání a následná interpretace dat, posuzování výsledků výzkumu, formulování a dokazování závěrů. Proto byly úlohy pracovního listu vytvořeny tak, aby podnítily vlohy žáků k logickému myšlení a zároveň ověřily, jak žáci v praxi uplatňují metodu IBSE. Nadto při jejich řešení žáci využijí, a jistě i ocení, znalosti i z jiných předmětů než jen z chemie, a to především z matematiky a biologie, ale i zeměpisu.

V pracovním listu jsou zastoupeny různé typy úloh, např. doplňovací, přiřazovací, úlohy s otevřenou odpovědí, které jsou navíc zaměřeny na práci s grafem, textem a obrázkem.

K pracovnímu listu jsem vypracovala autorské řešení. Červeným písmem jsou označeny správné odpovědi a navržená bodová ohodnocení. Modrým a tučným pak má vlastní doporučení plynoucí z postřehů, které jsem nabyla během ověřování pracovního listu u žáků na Gymnáziu Zlín – Lesní Čtvrť. Na konci autorského řešení je navržena známková stupnice podle celkového počtu dosažených bodů. Tu může vyučující využít, pokud pojme pracovní list jako test nebo motivační domácí úlohu. V následujícím textu je uveden vyřešený pracovní list, žakovská verze pracovního listu je součástí přílohy č. 1 na str. 103 - 106.

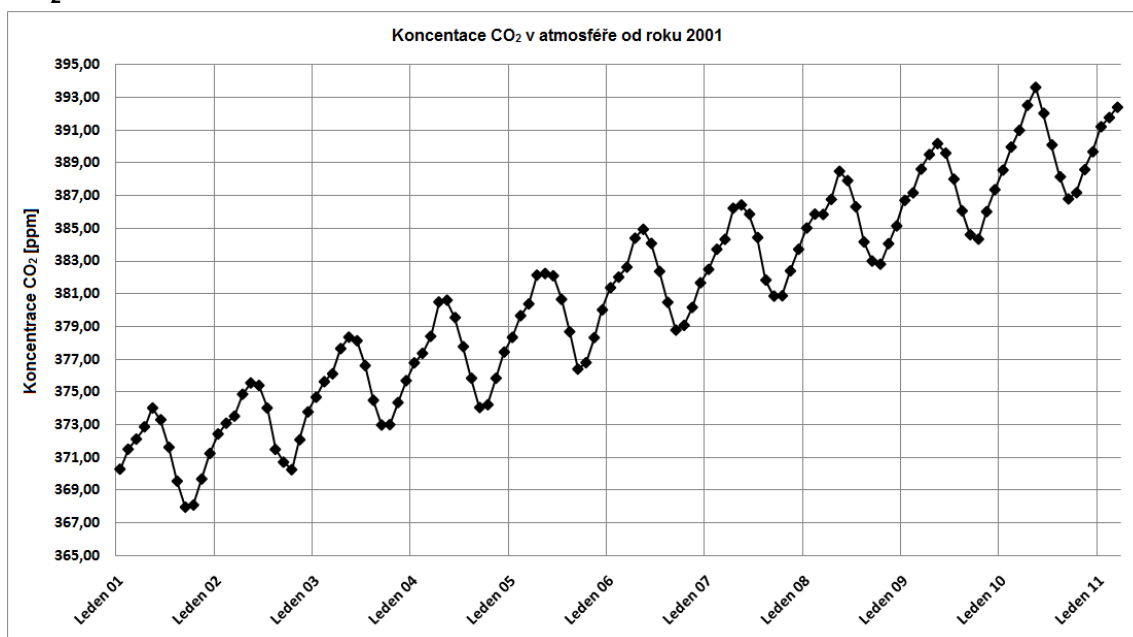
Pracovní list je určen pro samostatnou práci žáků druhých ročníků čtyřletého gymnázia a pátých ročníků (kvint) osmiletého gymnázia. Aplikovat jej mohou vyučující v chemii i biologii.

Pracovní list, resp. srozumitelnost jeho zadání, časové podmínky a další jeho aspekty, byl verifikován pomocí dotazníkového šetření na již zmíněném Gymnáziu Zlín – Lesní Čtvrť. Testování se účastnilo 85 žáků, z toho 12 maturantek. Navíc byly pracovní listy maturantek vybrány, opraveny a ohodnoceny patřičnou známkou. Z výsledků (viz kapitola 4.3) vyplynulo, že je třeba upravit, lépe řečeno upřesnit, zadání některých úkolů (viz kapitola 4.4).

Pracovní list byl vytvořen s příspěvkem těchto zdrojů: [14, 24, 31]. Verze pro žáka se nachází v příloze 1 na str. 102. Ukázka vyplněného pracovního listu žákyní z kvinty je v příloze 7 na str. 118.

## Pracovní list (Samostatná práce)

1. Měsíční průměry koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře jsou již od roku 1957 zaznamenávány havajskou observatoří Mauna Loa. Při řešení následujících úkolů vycházejte z hodnot uvedených v grafu, který zaznamenává koncentrace CO<sub>2</sub> od roku 2001 až do současnosti.



Graf 9: Koncentrace CO<sub>2</sub> v atmosféře od roku 2001 [upraveno podle 31]

- A) Odhadněte (na celá čísla) množství oxidu uhličitého v lednu 2001.

Výsledek 370 ppm

- B) Odhadněte (na celá čísla) množství oxidu uhličitého v lednu 2011.

Výsledek 391 ppm

- C) Zjistěte, o kolik se zvýšila koncentrace CO<sub>2</sub> od ledna 2001 do ledna 2011. Výsledek přepočítejte z jednotek ppm (parts per milion) na procenta.

$$\begin{aligned} & \text{koncentrace}_{2011} - \text{koncentrace}_{2001} = \\ & = 391 - 370 = 21 \text{ ppm} \\ & 21 \text{ ppm} = \frac{21}{1\,000\,000} \times 100 = 0,0021\% \end{aligned}$$

Výsledek 0,0021 %

D) Odhadněte, za kolik let bude množství CO<sub>2</sub> v atmosféře dvojnásobné oproti dnešní hodnotě za předpokladu, že trend v jeho růstu zůstane stejný jako v posledních deseti letech.

$$\begin{aligned} & \text{koncentrace}_{2011} - \text{koncentrace}_{2002} = \\ & = 391 - 372 = 19 \text{ ppm} \\ & 19 \text{ ppm} \dots\dots\dots 10 \text{ let} \\ & \underline{391 \text{ ppm} \dots\dots\dots x \text{ let}} \\ & \underline{x = 206 \text{ let}} \end{aligned}$$

Výsledek 206 let

Výsledek se pohybuje přibližně kolem 206 let, ale může být i vyšší. Záleží na tom, zda žáci počítají s hodnotou odečtenou v grafu za 10 let či méně. Žáci nejčastěji chybovali, když se snažili si zjednodušit práci a do výpočtu dosazovali hodnotu vypočítanou již z předchozího úkolu – čili 21 ppm a jako počet let uvedli 10. Neuvědomili si však, že 21 ppm je rozdíl koncentrací mezi lety 2011 a 2001 včetně krajních hodnot – což odpovídá 11 rokům.

E) Z grafu vyplývá, že koncentrace CO<sub>2</sub> v průběhu každého roku kolísá. Pokuste se vysvětlit, co je příčinou tohoto jevu. Také popřemýšlejte, jakou roli v tom může hrát geografická poloha Havajského souostroví. Najděte Havajské souostroví na mapě a zakroužkujte jej.



Nápověda:  
 Zeměpisná šířka:  
 18°55' s.š. - 29° s.š.  
  
 Zeměpisná délka:  
 154°40' z.d. - 162° z.d.

Obr. 32: Mapa světa

Z grafu lze vyzorovat, že množství oxidu uhličitého ve vzduchu od května do září prudce klesá. Jelikož byly údaje měřeny na Havaji, která se nachází na severní polokouli naší Země, odpovídají měsíce květen až září ročnímu období jaro a léto. Během těchto dvou ročních období probíhá intenzivní fotosyntéza, která přes růst vegetace váže uhlík do biomasy rostlin, a tudíž koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře klesá. Na podzim se však tento trend obrací.

- Hodnocení:**
- A) Za správně vyplněný údaj 1 b.
  - B) Za správně vyplněný údaj 1 b.
  - C) Za správný výpočet 2 b.
  - D) Za správný výpočet 2 b.
  - E) Za správnou odpověď na otázku 3 b.
- Maximálně 9 b za správné řešení úlohy.**

2. Oxid uhličitý je plynem dvou tváří: pro život na Zemi je velmi důležitý, zároveň je ale škodlivý. Pokuste se sepsat z ekologického hlediska 2 kladné a 2 záporné stránky tohoto plynu.

### + KLADY

- rostliny jej potřebují k fotosyntéze
- skleníkový plyn udržující atmosféru planety teplou a životaschopnou

### - ZÁPORY

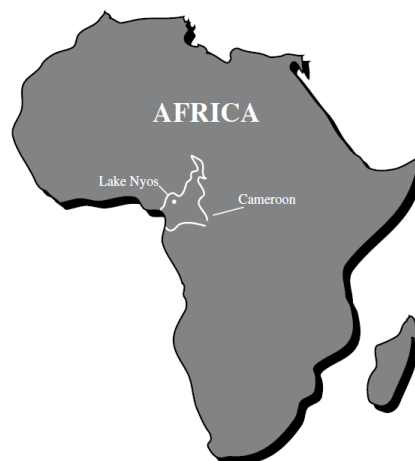
- příliš  $\text{CO}_2$  v atmosféře mění klima – globální změny klimatu
- $\text{CO}_2$  a další plyny reagují s vodou a tvoří kyselý déšť
- přispívá k úbytku ozónové vrstvy

**Hodnocení: Za každý správně uvedený klad i zápor po 1 b, maximálně 4 b za správné řešení úlohy.**

3. Přečtěte si následující text a odpovězte na otázky, které se k němu vztahují.

26. srpna 1986 bylo více než 1700 lidí žijících v údolí pod jezerem Nyos v Kamerunu zabito oxidem uhličitým. Jezero se nachází v kráteru staré sopky. Oxid uhličitý unikal z magmatu hluboko uvnitř Země a sytil vodu v jezeře. Rozpuštěný oxid uhličitý zůstával u dna jezera.

Pravděpodobný sesuv půdy narušil rovnováhu jezera a způsobil, že voda bohatá na oxid uhličitý vystoupala k povrchu jezera. Během noci se však oblak oxidu uhličitého uvolnil, putoval dolů do údolí a zadusil všechny vesničany a dobytek v okolí.



Obr. 33: Afrika

**A) Proč zůstával oxid uhličitý u dna jezera (před sesuvem půdy)?**

Protože voda syčená  $\text{CO}_2$  má větší hustotu než voda nesycená.

**B) Proč se oxid uhličitý šířil dolů do údolí?**

Protože  $\text{CO}_2$  je těžší než  $\text{O}_2$ .

C) Kolik procent oxidu uhličitého je ve vdechovaném vzduchu? Kolik procent oxidu uhličitého vydechujete? A kolik procent oxidu uhličitého je pro lidský organismus smrtelných (odhadněte)?

Oxid uhličitý	Množství [obj. %]
Vdechovaný	0,04
Vydechovaný	4 - 6
Pro lidský organismus smrtelný	10

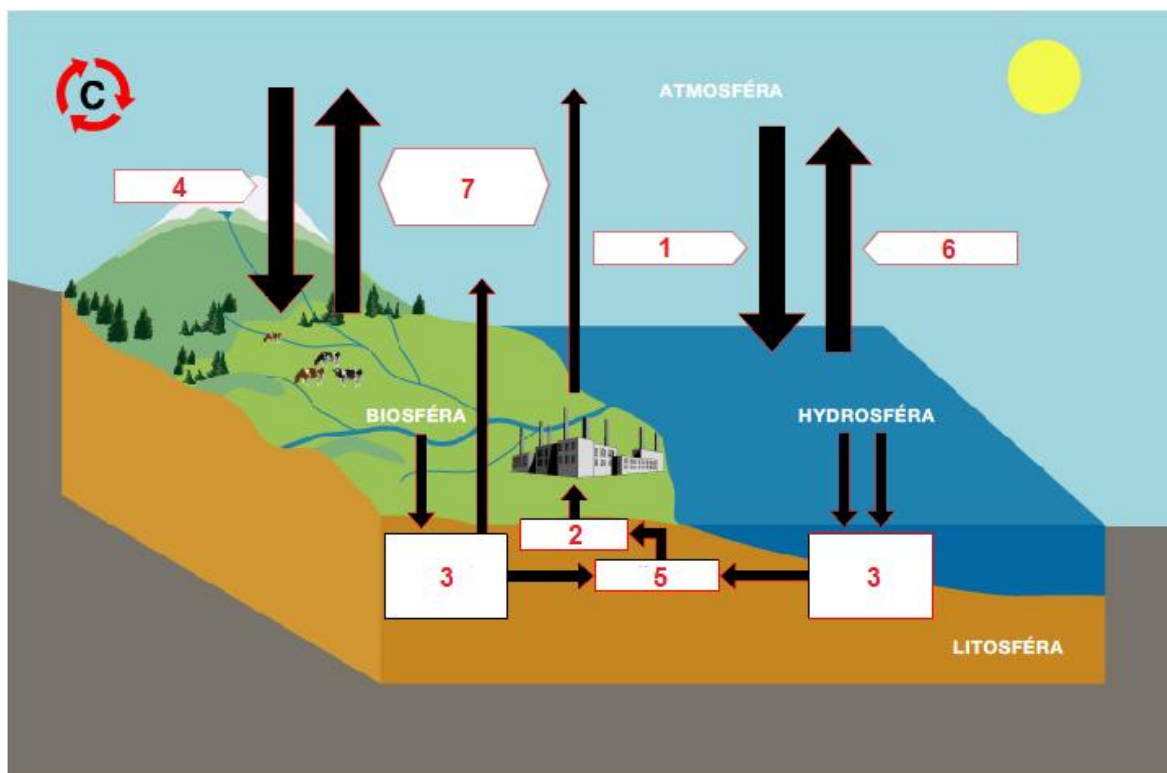
Koncentraci oxidu uhličitého ve vdechovaném vzduchu žáci nemusejí znát, mohou ji odečíst z grafu v úloze 1 a z jednotek ppm převést na procenta stejným způsobem jako v úkolu 1C.

Pokud žáci množství vdechovaného vzduchu nebudou znát nazpaměť ani tuto hodnotu nevyčtou pomocí grafu, mohou ji alespoň přibližně odhadnout. Žáci by měli vědět, že vzduch obsahuje cca 78 obj. % dusíku, cca obj. 21% kyslíku a ve zbytku (to odpovídá 1 obj. %) se nacházejí vzácné a skleníkové plyny.

- Hodnocení:**
- A) Za správnou odpověď na otázku 1 b.**
  - B) Za správnou odpověď na otázku 1 b.**
  - C) Za každý správně vyplněný údaj po 1 b, celkem 3 b.**

4. Správně přiřadte pojmy 1 - 7 do prázdných míst obrázku a podle vlastního uvážení vyplňte vynechaný text úkolů A - E.

- |                               |                                      |
|-------------------------------|--------------------------------------|
| 1) absorpce CO <sub>2</sub>   | 5) sedimenty                         |
| 2) uhlí, ropa                 | 6) desorpce CO <sub>2</sub>          |
| 3) mrtvá organická hmota (2x) | 7) dýchání, spalování, lesní požáry. |
| 4) fotosyntéza                |                                      |



Obr. 34: Koloběh uhlíku 2

- A) Oxid uhličitý je uvolňován do atmosféry přírodním způsobem: **dýcháním, desorpcí, zvětráváním, sopečnými plyny, rozkladem rostlinných a živočišných těl a produkcí bioplynu.**
- B) Tři lidské aktivity, které uvolňují CO<sub>2</sub>, jsou **spalování fosilních paliv, spalování biomasy, změna v užívání půdy a odlesňování.**
- C) Oxid uhličitý je zachycován rostlinami během procesu zvaného **fotosyntéza.**
- D) Rostliny z oxidu uhličitého a **vody** za pomoci **slunečního záření** vyrábějí **kyslík a glukózu (cukr).**
- E) Pro organismus jsou sacharidy z biochemického hlediska **okamžitým zdrojem energie.**

**Hodnocení:** Za každý správně přiřazený pojem do obrázku 1 b, celkem 8 b. Za každou správnou odpověď v A) a B) maximálně 3 b; v C) a E) 1 b; v D) 4 b. Celkem 12 b. Maximálně 20 b za správné řešení úlohy.

**Dosažený počet bodů, případně doporučená známková stupnice:**

38 - 32 b	31 - 27 b	26 - 19 b	18 - 13 b	12 - 0 b
známka 1	známka 2	známka 3	známka 4	známka 5

### 3.3 Návrhy úloh pro laboratorní práci, metodické pokyny

Chemický experiment má ve výuce chemie nezastupitelné místo. Pomocí vhodného experimentu je možné žáky motivovat, vysvětlit nové učivo nebo učivo již probrané hlouběji fixovat. Na velké většině škol však žáci minimálně provádějí praktické pokusy v laboratoři a většina vyučujících jim nepředvádí demonstrační pokusy. Důvodů se nabízí hned několik: od chybějící chemické laboratoře ve škole, přes sníženou hodinovou dotaci samotného předmětu chemie, po pouhou neochotu vyučujícího věnovat čas navíc přípravě pokusu.

Na podporu výuky tématu *Oxidu uhličitého* jsem vypracovala pět rozmanitých námětů, které mohou najít uplatnění jako laboratorní nebo demonstrační pokusy:

1. *Příprava a vlastnosti oxidu uhličitého* (str. 66)
2. *Důkaz  $CO_2$  pomocí vápenné vody  $Ca(OH)_2$*  (str. 69)
3. *Kyselost oxidu uhličitého* (str. 71)
4. *Kolik  $CO_2$  je obsaženo v Coca-Cole?* (str. 74)
5. *Vyrobte oxidu uhličitý a uhaste jím oheň* (str. 77)

Výhodou těchto experimentů je jejich nenáročnost na přípravu a provedení jak z hlediska časového, tak z hlediska chemikálií. Pátý pokus je navíc navržen tak, aby jej mohli žáci provést v domácím prostředí.

Metodické pokyny pro vyučující jsou shrnuty v tab. 9. Časová dotace je odhadnuta podle toho, zda práce obsahuje výpočet, přípravu roztoku, tvorbu grafu apod.

**Tab. 9: Metodické pokyny pro učitele**

Pokus	Druh pokusu	Druh práce	Časová náročnost	Doporučený ročník
1	laboratorní	skupinová	45 min	2. vyšší G
2	laboratorní	samostatná	20 min	2. vyšší G
3	laboratorní	samostatná	20 - 45 min	1. a 2. vyšší G
4	laboratorní	skupinová	45 min	2. vyšší G
5	domácí	samostatná	5 - 15 min	3. nižší G

K jednotlivým návodům jsem vypracovala autorská řešení. Červeným písmem jsou označeny správné odpovědi. Ojedinele se vyskytujícím modrým a tučným písmem pak má vlastní doporučení.



V následujícím textu jsou uvedeny protokoly s autorským řešením pro učitele, žákovské protokoly jsou součástí příloh 2 – 6 na str. 108 – 118.

Vyučující by měli dbát na to, aby žáci v laboratoři dodržovali bezpečnostní pravidla: měli by mít po celou dobu práce na sobě ochranný oděv, tzn. plášť, vždy mít na očích ochranné brýle a při práci s kyselinou chlorovodíkovou a hydroxidem vápenatým na rukách rukavice. Žáci by měli znát nebezpečné vlastnosti chemických látek a jejich výstražné symboly nebezpečnosti uvedené na zásobních lahvích. V roce 2008 přijal Evropský parlament a Rada *Nařízení o klasifikaci, označování a balení látek a směsí*, který sladuje stávající legislativu Evropské unie se systémem GHS<sup>9</sup> [52]. Proti minulému systému klasifikace přináší nařízení GHS některé změny. Renovací prošly např. symboly, dříve čtverce s oranžovou výplní jsou nyní červeně orámovanými kosočtverci, viz obr. 35 a 36. Pod zkratkou GHS05 se skrývá označení pro *korozivní a žíravé látky*, pod GHS09 pak označení pro *látky nebezpečné pro životní prostředí*.



Obr. 35: GHS05



Obr. 36: GHS09

Nové přístupy využití ICT<sup>10</sup> ve výuce přírodovědných předmětů na středních školách a gymnáziích představují systémy Pasco a Vernier. Ty má čím dál více škol ve svých laboratořích k dispozici. Jsou ideální pro sběr dat a jejich následné zpracování. K provádění jednoduchých pokusů je zapotřebí pouze počítačového softwaru a příslušné sondy (čidla). Firma Vernier má ve své nabídce také čidlo na měření koncentrace oxidu uhličitého. Výčet experimentů, které je možné s tímto čidlem provést v chemii i biologii, naleznou vyučující na této webové adrese <http://www.vernier.cz/experimenty/podle-produktu/kod/CO2-BTA>.

Laboratorní práce byly vytvořeny s příspěvkem těchto zdrojů: [1, 2, 11, 13, 15, 16, 21, 23, 28, 32, 42, 49, 51, 55]. Verze pro žáky se nachází v přílohách 2 – 6 na str. 107 - 117.

---

<sup>9</sup> GHS = Globálně harmonizovaný systém klasifikace a označování chemikálií

<sup>10</sup> ICT = Information and Communication Technologies = informační a komunikační technologie

# PŘÍPRAVA A VLASTNOSTI OXIDU UHLIČITÉHO

## Zadání

Připravte oxid uhličitý reakcí uhličitanu s kyselinou a ověřte vlastnosti pro něj typické.

## Úvod

Oxid uhličitý se v laboratoři připravuje rozkladem uhličitanů silnou anorganickou kyselinou. V této laboratorní práci budete pracovat s kyselinou chlorovodíkovou, která se řadí mezi žíraviny. Je třeba pracovat velmi opatrně, samozřejmě je pracovní plášť, na očích ochranné brýle a na rukách rukavice. Protože je kyselina chlorovodíková velmi nebezpečná látka pro životní prostředí, nikdy ji nevylévejte do výlevky, ale do odpadní láhve.

K důkazu oxidu uhličitého slouží vápenná voda. Ve styku s oxidem uhličitým vzniká bílá sraženina uhličitanu vápenatého. Jako vápenná voda se označuje čistý (přefiltrovaný) roztok rozpuštěného hydroxidu vápenatého ve vodě. Hydroxid vápenatý je bílá pevná látka. Je žíravý, a proto je třeba dodržovat bezpečnostní opatření, tj. pracovat s ochrannými brýlemi a rukavicemi.

Oxid uhličitý nepodporuje hoření, proto jeho přítomnost můžeme dokázat hořící špejlí, která v prostředí  $\text{CO}_2$  zhasne. Hořící špejlí můžeme ověřit i další vlastnost oxidu uhličitého – a to, že je to plyn těžší než vzduch.

## Chemikálie

HCl (w = 20%),  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{Ca(OH)}_2$

## Pomůcky

Dělicí nálevka, frakční baňka, promývací baňka, válec, špejle, zápalky

## Pracovní postup

- 1) Sestavte aparaturu na vývoj plynu, připojte k ní promývací baňku s vodou a za ní prázdný skleněný válec, postavený na stole, přívodní zahnutá trubice z promývací baňky by měla sahat do spodní části válce.
- 2) Do kádinky s destilovanou vodou nasypejte lžičku hydroxidu vápenatého a zamíchejte skleněnou tyčinkou, dokud se roztok nenasytí. (Proces můžete urychlit, když roztok v kádince mírně zahřejete.) Následně směs zfiltrujte. Výsledný roztok se nazývá vápenná voda.
- 3) Do dělicí nálevky nalijte asi  $30 \text{ cm}^3$  kyseliny chlorovodíkové, do frakční baňky nasypejte asi 10 g uhličitanu vápenatého a do promývacího válce nalijte do  $\frac{1}{4}$  čirou vápennou vodu. Přesvědčte se o dobrém těsnění všech uzávěrů a spojů. Reakci spusťte až po zkontrolování/odsouhlasení vaší aparatury vyučujícím.

- 4) Z dělicí nálevky přidávejte k vápenci postupně kyselinu chlorovodíkovou. Vznikající oxid uhličitý probublává vodu v promývací baňce, pozorujte, co se děje s vápennou vodou.
- 5) Nerozpuštěný CO<sub>2</sub> je odváděn do válce. Po ukončení reakce zasuňte do válce s CO<sub>2</sub> hořící špejli. Pozorujte, zda špejle zhasne. Po chvíli opět zasunujte hořící špejli do válce a pozorujte, v které části válce špejle zhasne.

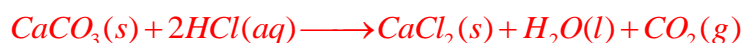
### **Výsledky pozorování a závěr**

Vápenná voda se zakalila. Nerozpuštěný CO<sub>2</sub> byl odváděn do válce. Je těžší než vzduch, proto klesl ke dnu válce. Po zasunutí hořící špejle do válce s CO<sub>2</sub> špejle zhasla. Po chvíli byla opět hořící špejle zasunuta do válce, v jeho horní části hořela, ve spodní opět zhasnula.

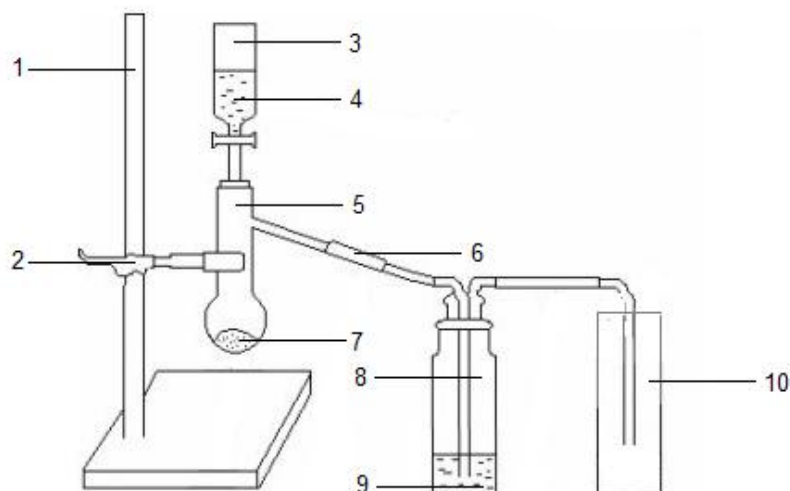
Přítomnost oxidu uhličitého se potvrdila zakalením vápenné vody. Oxid uhličitý je těžší než vzduch, a proto se ve válci držel v jeho spodní části.

### **Otázky a úkoly**

1. Napište rovnici reakce uhličitanu vápenatého s kyselinou chlorovodíkovou, rovnici vyčíste a doplňte symboly skupenství ke všem reaktantům a produktům.



2. Popište číslicemi označené části aparatury na přípravu a jímání plynu.



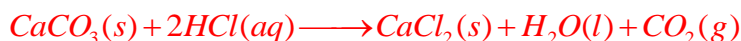
**Obr. 37: Příprava oxidu uhličitého – aparatura na přípravu a jímání plynu**

- |                    |                           |
|--------------------|---------------------------|
| 1 - stojan         | 6 - spojovací hadička     |
| 2 - klema          | 7 - CaCO <sub>3</sub> (s) |
| 3 - dělicí nálevka | 8 - promývací válec       |
| 4 - HCl (l)        | 9 - vápenná voda          |
| 5 - frakční baňka  | 10 - odměrný válec        |

3. Kolik  $\text{dm}^3$   $\text{CO}_2$  vznikne reakcí 10 g  $\text{CaCO}_3$  s kyselinou chlorovodíkovou za standardních podmínek ( $t = 0\text{ }^\circ\text{C}$ ;  $p = 101\,325\text{ Pa}$ ) a za předpokladu, že se oxid uhličitý chová jako ideální plyn?

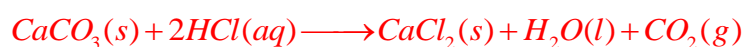
A) Žáci musí vždy napsat rovnici reakce a vyčíslit ji (stechiometrie):

- musí platit zákon zachování hmotnosti – počty atomů jednotlivých prvků musí být na obou stranách rovnice stejné



B) Žáci zapíšou veličiny, jejichž hodnoty znají, nebo vyčtli ze zadání, popřípadě údaje, které mohou zjistit z periodické tabulky (molární hmotnost), dále zapíšou, kterou veličinu chtějí spočítat (je jejich neznámá):

- pro přehlednost je vhodné psát známé hodnoty pod příslušné reaktanty a produkty



$$m = 10\text{ g}$$

$$V = ? [\text{dm}^3]$$

$$M = 100,1\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

$$V_n = 22,4\text{ dm}^3\cdot\text{mol}^{-1}$$

C) Vlastní výpočet, žáci musí vycházet ze stechiometrie!!!:

- látkové množství uhličitanu vápenatého se musí rovnat látkovému množství oxidu uhličitému (vyplývá ze stechiometrie reakce)

$$n_{\text{CaCO}_3} = n_{\text{CO}_2}$$

- žáci napíšou vhodné vztahy pro výpočet látkového množství ze zadaných veličin

$$n = \frac{m}{M}$$

$$n = \frac{V}{V_n}$$

- žáci vyjádří neznámou ze vzorce, dosadí hodnoty i s jednotkami!!!

$$\frac{m_{\text{CaCO}_3}}{M_{\text{CaCO}_3}} = \frac{V_{\text{CO}_2}}{V_n} \Rightarrow V_{\text{CO}_2} = \frac{m_{\text{CaCO}_3}}{M_{\text{CaCO}_3}} \cdot V_n$$

$$V_{\text{CO}_2} = \frac{10\text{ g}}{100,1\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}} \cdot 22,4\text{ dm}^3\cdot\text{mol}^{-1}$$

$$\underline{\underline{V_{\text{CO}_2} = 2,24\text{ dm}^3}}$$

D) Žáci zformulují odpověď:

Z 10 g uhličitanu vápenatého vznikne 2,24  $\text{dm}^3$  oxidu uhličitého.

## DŮKAZ CO<sub>2</sub> POMOCÍ VÁPENNÉ VODY Ca(OH)<sub>2</sub>

### Zadání

Dokažte ve vydechovaném vzduchu oxid uhličitý.

### Úvod



Obr. 38: Vápenná voda na začátku pokusu



Obr. 39: Vápenná voda na konci pokusu

Oxid uhličitý je součástí naší atmosféry, kde tvoří 0,04 objemových procent. Vzniká při spalování látek organického původu a je produktem látkové přeměny v organismu. Je proto také součástí vzduchu, který vydechujeme. Přiložená tabulka ukazuje rozdílné složení vdechovaného a vydechovaného vzduchu.

Zastoupené prvky	Složení vzduchu [obj. %]	
	Vdechovaný	Vydechovaný
Kyslík	20,94	15 - 16
Dusík a vzácné plyny	79,02	79
Oxid uhličitý	0,04	4 - 6

K důkazu oxidu uhličitého slouží vápenná voda. Vzniká bílá sraženina uhličitanu vápenatého. Vápenná voda se připravuje rozpuštěním hydroxidu vápenatého ve vodě. Hydroxid vápenatý je bílá pevná látka. Je žíravý, a proto je třeba dodržovat bezpečnostní opatření, tj. pracovat s ochrannými brýlemi a rukavicemi.

### Chemikálie

Ca(OH)<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>

### Pomůcky

Kádinky, brčko

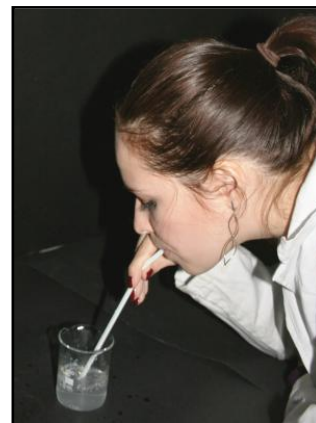
### Pracovní postup

1. Do kádinky s destilovanou vodou nasypejte lžičku hydroxidu vápenatého a zamíchejte skleněnou tyčinkou, dokud se roztok nenasytí. (Proces můžete urychlit, když roztok v kádince mírně zahřejete.) Následně směs zfiltrujte. Výsledný roztok se nazývá vápenná voda.
2. Do 1/3 kádinky nalijte vápennou vodu.
3. Brčkem vdechujte vzduch z plic do vápenné vody.
4. Pozorujte, co se děje s vápennou vodou a svá pozorování pečlivě zapište.

### Výsledky pozorování a závěr

Wydechováním vzduchu z plic do vápenné vody se vytvořil bílý zákal.

Wydechovaný oxid uhličitý reaguje s hydroxidem vápenatým za vzniku nerozpustného uhličitanu vápenatého a vody. Uhličitán vápenatý způsobuje zakalení roztoku.



Obr. 40: Vdechování vzduchu

### Otázky a úkoly

1. Vysvětlete pojem vápenná voda.  
Vápenná voda je nasycený roztok hydroxidu vápenatého.
2. Napište rovnici reakce vápenné vody a oxidu uhličitého, rovnici vyčíslete a doplňte symboly skupenství ke všem reaktantům a produktům.  
$$Ca(OH)_2(aq) + CO_2(g) \longrightarrow CaCO_3(s) + H_2O(l)$$
3. Napište dva triviální názvy pro hydroxid vápenatý.  
Hašené vápno, vápenné mléko

# KYSELOST OXIDU UHLIČITÉHO

## Zadání

Na základě barvy Vámi vyrobeného acidobazického indikátoru ověřte kyselé vlastnosti oxidu uhličitého.

## Úvod



Obr. 41: Listy červeného zelí



Obr. 42: Výluh z červeného zelí

Hodnoty pH se dají stanovit několika způsoby. Jedním z nich je použití tzv. acidobazických indikátorů. Jedná se o látky, jejichž zabarvení je závislé na pH roztoku. Tyto látky obsahují antokyany, ve vodě rozpustné pigmenty ve vakuolách některých buněk. Kyselé roztoky antokyanů bývají červené, neutrální fialové a zásadité modré.

Antokyany mají značné rozšíření v přírodě. Zbarvují např. modře květy pomněnek, červeně květy máků či růží, dále jsou obsaženy v mnohých plodech (ptačí zob, černý rybíz aj.) v listech (červené zelí) apod. Příložená tabulka ukazuje změny barvy v závislosti na pH pro výluh z červeného zelí.

Přibližné pH	2	4	6	8	10	12
Barva indikátoru	červená	fialová	purpurová	modrá	modrozelená	zelená

Oxid uhličitý se jako E 290 přidává do celé řady sycených nebo perlivých nápojů. Jeho přídavek způsobuje mírnou kyselost nápoje, a ten se tak stává chutnějším, navíc nápoj vydrží delší dobu, aniž by se zkazil.

## Chemikálie

Červené zelí, voda, CO<sub>2</sub>, Coca-Cola<sup>®</sup>, jemně perlivá minerální voda

## Pomůcky

Kádinka, zkumavky, kapátko, brčko, pH papírky

### Pracovní postup

1. Listy (2 až 3) červeného zelí nakrájejte na kousky a dejte vařit do 200 cm<sup>3</sup> vody, vznikne vám výluh červené barvy. Výluh nechte vychladnout tak, abyste s ním mohli zacházet a opatrně ho slijte.  
**Výluh je možné připravit den předem a klidně nechat listy louhovat přes noc. Čím déle tím lépe.**
2. Vytvořte roztok slabé kyseliny uhličitě: do kádinky s vodou vdechujte brčkem vzduch z plic.
3. Do zkumavek nalijte 2 - 3 cm<sup>3</sup> vzorků (roztok kyseliny uhličitě, Coca-Cola, jemně perlivá minerální voda).
4. Ke každému vzorku přidejte kapátkem několik kapek připraveného výluhu, důkladně protřepejte a sledujte barevnou změnu. Svá pozorování запиšte do tabulky, případně si svůj odhad můžete ověřit pomocí pH papírku.

### Výsledky pozorování a závěr

Vzorek	Barva výluhu	Odhadnuté pH výluhu	pH podle papírku
Roztok kyseliny uhličitě	fialová	5	4,5
Coca-Cola	zabarvena do červena	3	2,5
Jemně perlivá minerálka	purpurová	6	6



**Obr. 43: Roztok kys. uhličitě, jemně perlivá minerálka, Coca-Cola (zleva)**

Oxid uhličitý patří mezi kyselinotvorné oxidy, při reakci s vodou vzniká slabá kyselina uhličitá, což také bylo dokázáno barvou výluhu a pH papírkem. Kyselé pH Coca-Coly způsobuje přidavek oxidu uhličitěho. pH jemně perlivé minerální vody se blíží neutrálnímu pH, mírná kyselost je stejně jako u Coca-Coly způsobena přidavkem oxidu uhličitěho (v jemně perlivé minerální vodě je ho však podstatě méně).



- Jiné pH bude mít čerstvě otevřená minerálka a odstátá minerálka, ze které už vyprchaly bublinky oxidu uhličitého.
- Kyselina uhličitá (vzniká reakcí vody a oxidu uhličitého vydechovaného z plic) je velmi nestálá a rozkládá se varem.
- U Coca-Coly někdy není jasně pozorovatelná změna zbarvení.
- Odhadování pH na základě barvy je velmi subjektivní, proto by byl pokus efektivnější, kdyby byl prováděn, např. se školním systémem Vernier. Jeho pH čidlo by změřilo pH vzorků přesně.

### Otázky a úkoly

1. Doplňte produkt následující reakce, reakci запиšte pomocí chemické rovnice a vyberte z nabídky, jaké pH bude produkt mít.

Oxid uhličitý + voda  $\longrightarrow$  kyselina uhličitá



pH:      kyselé      slabě kyselé      neutrální      slabě zásadité      zásadité

2. Zapište vzorcem uhličitanový aniont.



3. Do průmyslu a laboratoří se oxid uhličitý dodává zkapalněný pod tlakem v ocelových lahvích. Jakou barvou jsou tyto lahve označeny?

Černou barvou

## KOLIK CO<sub>2</sub> JE OBSAŽENO V COCA-COLE?

### Zadání

Zjistěte množství oxidu uhličitého rozpuštěného v různých sycených nápojích a jeho množství uvolněné za rozdílných teplot.

### Úvod

První sycené nápoje byly vody přirozeně sycené oxidem uhličitým z minerálních pramenů. V roce 1772 známý anglický chemik Joseph Priestley vynalezl postup pro umělé sycení nápojů. Oxid uhličitý vyráběl kapáním kyseliny sírové na křidu. V té době byl oxid uhličitý nazýván „nehybným vzduchem“.

Přídavek oxidu uhličitého způsobuje mírnou kyselost nápoje a ten se tak stává chutnějším, navíc nápoj vydrží delší dobu, aniž by se zkazil.

Cola ve Vaší lahvi je natlakovaná a hodnota jejího tlaku je 0,2 MPa. Pokud byste dostali z obsahu lahve všechn oxid uhličitý, naplnili byste objem 4x větší než má samotná Cola.

Tato limonáda patří pro svou lahodnou chuť k nejoblíbenějším nápojům mladých lidí. Colové nápoje obsahují kofein, který má povzbuzující účinky na organismus, dále cukr, karamel (pro odbarvení), vodu a oxid uhličitý.

Kofein se získává ze semen ořechů dřeviny kola, která pochází z Afriky. Množství cukru v 1 l Coca-Coly odpovídá 108 g cukru.



Obr. 44: Cola

### Chemikálie

0,5 l plastová láhev Coca-Coly<sup>®</sup> (3 ks)

### Pomůcky

Laboratorní váhy

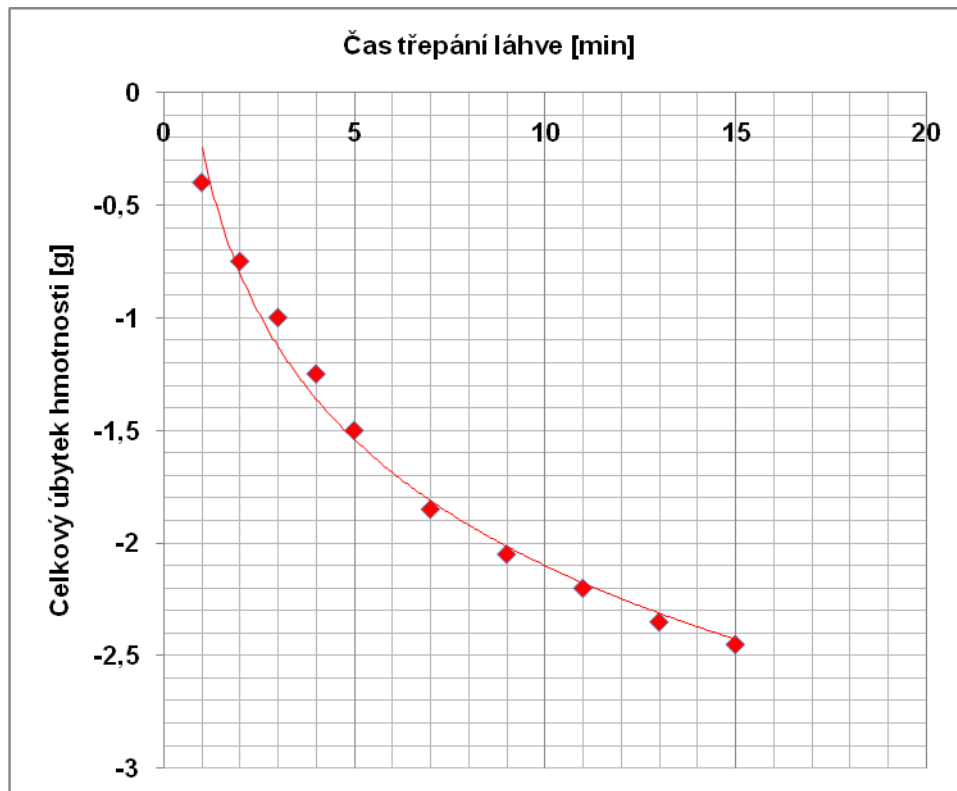
### Pracovní postup

1. Zvažte láhev Coca-Coly na laboratorních vahách. Poté s lahví důrazně třeste po dobu několika sekund, dokud nevidíte pěnu. Nechte pěnu klesat a pomalu otevírejte lahvový uzávěr tak, aby se tlak plynu uvolnil bez vystříknutí jakékoliv tekutiny. Následně uzávěr utáhněte a zvažte láhev na vahách. Změna v hmotnosti nám říká, kolik plynu se uvolnilo, když jsme otevřeli uzávěr.
2. Tento proces opakujte v přesných minutových intervalech ještě několikrát. Zaznamenávejte si změnu v hmotnosti (zaokrouhlujte na 3 desetinná místa) do té doby, dokud se změna hmotnosti téměř nemění.
3. Tento pokus opakujte ještě s dalšími dvěma lahvemi. Následně pokusy zprůměrujte. Do průměru nezahrnujte měření s první lahví – je to proto, že se učíte zacházet s natlakovanou lahví (tak aby nebyla Cola po celé místnosti!!!). Zprůměrované hodnoty vyneste do grafu a proložte je logaritmickou křivkou.

## Výsledky pozorování a závěr

Měření č.	Čas [min]	Hmotnost [g]			
		Láhev 1	Láhev 2	Láhev 3	Průměr *
1	1	0,385	0,411	0,391	0,401
2	2	0,740	0,757	0,745	0,751
3	3	0,990	1,008	0,994	1,001
4	4	1,235	1,262	1,240	1,251
5	5	1,438	1,552	1,452	1,502
6	7	1,840	1,857	1,847	1,852
7	9	2,037	2,065	2,039	2,052
8	11	2,197	2,210	2,196	2,203
9	13	2,350	2,361	2,345	2,353
10	15	2,446	2,461	2,442	2,453

\* Zprůměrujte pouze výsledky z „láhev 2“ a „láhev 3“



### Výsledky pozorování a závěr

Z výsledků v tabulce je možné vypočítat, že asi po 5 minutách třepání se hmotnost mění méně. V grafu lze vidět, že úbytek hmotnosti klesá exponenciálně. V průměru bylo získáno 2,45 g oxidu uhličitého pod tlakem rozpuštěného v kapalině.

**To je dost plynu pro naplnění litrové láhve za standardní teploty a tlaku.**

Z 500 ml láhve Coca-Coly bylo získáno 2,45 g oxidu uhličitého.

### Otázky a úkoly

1. Jak by se změnil výsledky tohoto experimentu, kdyby byla použita vychlazená sodovka?

Při nižších teplotách si limonády udržují více oxidu uhličitého než při teplotách vyšších. Pokud byste tento experiment prováděli se studenou Coca-Colou, dostali byste z láhve méně plynu.

2. Mohli byste změřit pH limonády před a po vytřepávání? Jak se podle Vás změní?

Ano, mohli pomocí pH papírku. Oxid uhličitý dodává limonádě kyselost, to znamená, že po jeho vytřepání pH mírně stoupne.

3. Obsahují stejné množství oxidu uhličitého limonády uzavřené v plastové a skleněné lahvi?

Ne, plastové (PET lahve) obsahují méně oxidu uhličitého, protože vzduch může skrze plast částečně pronikat (jedná se však o dlouhodobý proces). Z toho důvodu ztrácejí sodovky po delší době svou šumivost (perlivost) a jsou oxidovány vzduchem a snižují tak svou skladovací dobu (životnost skladování).

4. Vypočítejte, kolik oxidu uhličitého se nachází ve 2l láhvi Coca-Coly?

$500 \text{ cm}^3 \dots\dots\dots 2,45 \text{ g}$

$2\,000 \text{ cm}^3 \dots\dots\dots x \text{ g}$

$x = 9,8 \text{ g}$

Ve 2l láhvi Coca-Coly se nachází 9,8 g oxidu uhličitého.

## VYROBTE OXID UHLIČITÝ A UHAŠTE JÍM OHEŇ

### Zadání

Vyrobte pomocí běžných kuchyňských přísad oxid uhličitý, ověřte jeho hasící účinky a vypracujte zadané úkoly.

### Úvod



**Obr. 45: Jedlá soda a kyselina citrónová**

Oxid uhličitý je plyn bez barvy a zápachu, který nepodporuje hoření a hasí plamen. Proto se v podobě sněhu nebo plynu používá v hasicích přístrojích.

Oxid uhličitý se uvolňuje při spalování dřeva, uhlí, nafty a všech produktů z nafty a zemního plynu. Rovněž vzniká při dýchání a kvašení cukrů. Např. vzduchové bubliny v upečeném chlebu nebo pečivu jsou způsobené právě uvolňujícím se oxidem uhličitým.

Oxid uhličitý není jedovatý, ale přesáhne-li obsah oxidu uhličitého ve vzduchu 10%, působí nevolnost a může dojít k udušení v důsledku nedostatečného přístupu kyslíku do plic. Proto je třeba v kvasných sklepích, v silech se zelenou pící, v hlubokých studnách aj., kde se může ve zvýšené míře vyskytovat oxid uhličitý, dbát opatrnosti.

### Chemikálie

Voda, jedlá soda, citrónka nebo kyselina citrónová nebo ocet

### Pomůcky

Sklenice, lžička, špejle, zápalky

### Pracovní postup

1. Sklenici naplňte do půlky vodou a nasypťte ½ lžičky jedlé sody.
2. Přilijte 1 lžičku citrónky nebo přisypte ½ lžičky kyseliny citrónové (nebo 1 lžičku octa), zamíchejte a pozorujte, co se děje.
3. Poté vložte do sklenice nad bublající směs hořící špejli a pozorujte, co se děje.
4. Svá pozorování pečlivě zapište.

### Výsledky pozorování a závěr

Oxid uhličitý okamžitě po zahájení reakce uniká ve formě bublinek, které lze pozorovat pouhým okem. Oxid uhličitý je bezbarvá látka bez zápachu.

Oxid uhličitý je bezbarvý plyn, bez zápachu, který nepodporuje hoření. Používá se při hašení požárů.

### Otázky a úkoly

1. Napište systematický název a vzorec jedlé sody.

Hydrogenuhlíčan sodný:  $\text{NaHCO}_3$

2. Vyhledej chybějící údaje v matematických, fyzikálních a chemických tabulkách.

Název	Vzorec	Barva	$M_r$	$t_t$ [°C]	$t_v$ [°C]	$\rho^*$ [kg/m <sup>3</sup> ]
Oxid uhličitý	$\text{CO}_2$	bezbarvý	44,01	-78,5	-56,6	1,977

\* při teplotě 25 °C

3. Oxid uhličitý, produkt alkoholového kvašení (přesněji ethanolového kvašení), uniká v bublinkách z pravého šampaňského vína a z piva, jakmile se láhev otevře. Napište rovnici této reakce, vyčíslete ji, doplňte symboly skupenství a názvy k reaktantům a produktům.



Glukóza  $\longrightarrow$  etanol + oxid uhličitý

4. Pevný oxid uhličitý (zkapalněný a následně ztužený) se používá v potravinářství k chlazení. Pod jakým triviálním názvem je znám?

Suchý led

## 4 OVĚŘENÍ NAVRŽENÝCH MATERIÁLŮ V PRAXI

### 4.1 Úvod

Z navržených materiálů jsem se rozhodla pro ověření pracovního listu v praxi. Pomocí krátkého dotazníku o šesti otázkách jsem např. zjišťovala, zda je pracovní list pro žáky srozumitelný, zda je čas vymezený k jeho vypracování dostatečný či se kterou jeho částí se žáci nejvíce potýkali.

Testování proběhlo na Gymnáziu Lesní Čtvrť ve Zlíně, jehož jsem sama absolventkou. Gymnázium bylo založeno v roce 1936, v roce 2009 se stalo fakultní školou Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci. Škola má celkem 32 tříd, z toho 16 je v osmiletém cyklu všeobecného vzdělávání, vždy dvě v ročníku. V každém ročníku čtyřletého studia jsou tři třídy všeobecného vzdělávání a jedna třída je obor živé jazyky s posílenou výukou cizích jazyků.

Ve škole jsou tři plně vybavené chemické učebny, dvě třídy mají PC a dataprojektor, ve třetí se nachází interaktivní tabule.



Obr. 46: Gymnázium Zlín – Lesní Čtvrť

Paní Mgr. Jana Hrabíková, předsedkyně předmětové komise chemie a rovněž koordinátorka ŠVP, mi nabídla k ověření tři třídy různých ročníků, které shledala pro toto testování jako vhodné. Ověřování probíhalo ve třídě 2A (čtyřleté studium, zaměření

všeobecné vzdělávání podle ŠVP), která dokončovala učivo anorganické chemie, dále ve třídě 5QA (osmileté studium, zaměření všeobecné dobíhající), která právě probírala učivo „Uhlík a jeho sloučeniny“. Třetí testovanou třídou byla 3TB (osmileté studium, zaměření všeobecné vzdělávání podle ŠVP), žáci mají chemii prvním rokem, vyučující v této třídě dokončovala učivo „Prvky“ a dalším navazujícím učivem mělo být názvosloví kyselin a oxidů. Až během probíhajícího testování mi byla nabídnuta možnost ověření pracovního listu také v semináři z chemie, ve kterém byli nakombinováni žáci všech tříd maturitního ročníku jak čtyřletého, tak osmiletého studia. Celkem byl tedy pracovní list testován na 85 žácích (22 žáků druhého ročníku, 23 kvinty, 28 tercie a 12 maturantek).

Ověřování v jednotlivých třídách probíhalo vždy podle stejného scénáře. Žákům jsem přednesla 15 minutovou prezentaci, ve které jsem je seznámila s oxidem uhličitým jakožto důležitým skleníkovým plynem, objasnila jsem jim princip metody CCS a vysvětlila pojem „uhlíková stopa“. Poté žáci dostali pracovní listy, na jejichž vyplnění měli 15 minut času. Poslední třetina vyučovací hodiny byla věnována správnému řešení pracovního listu a vyplnění dotazníků.

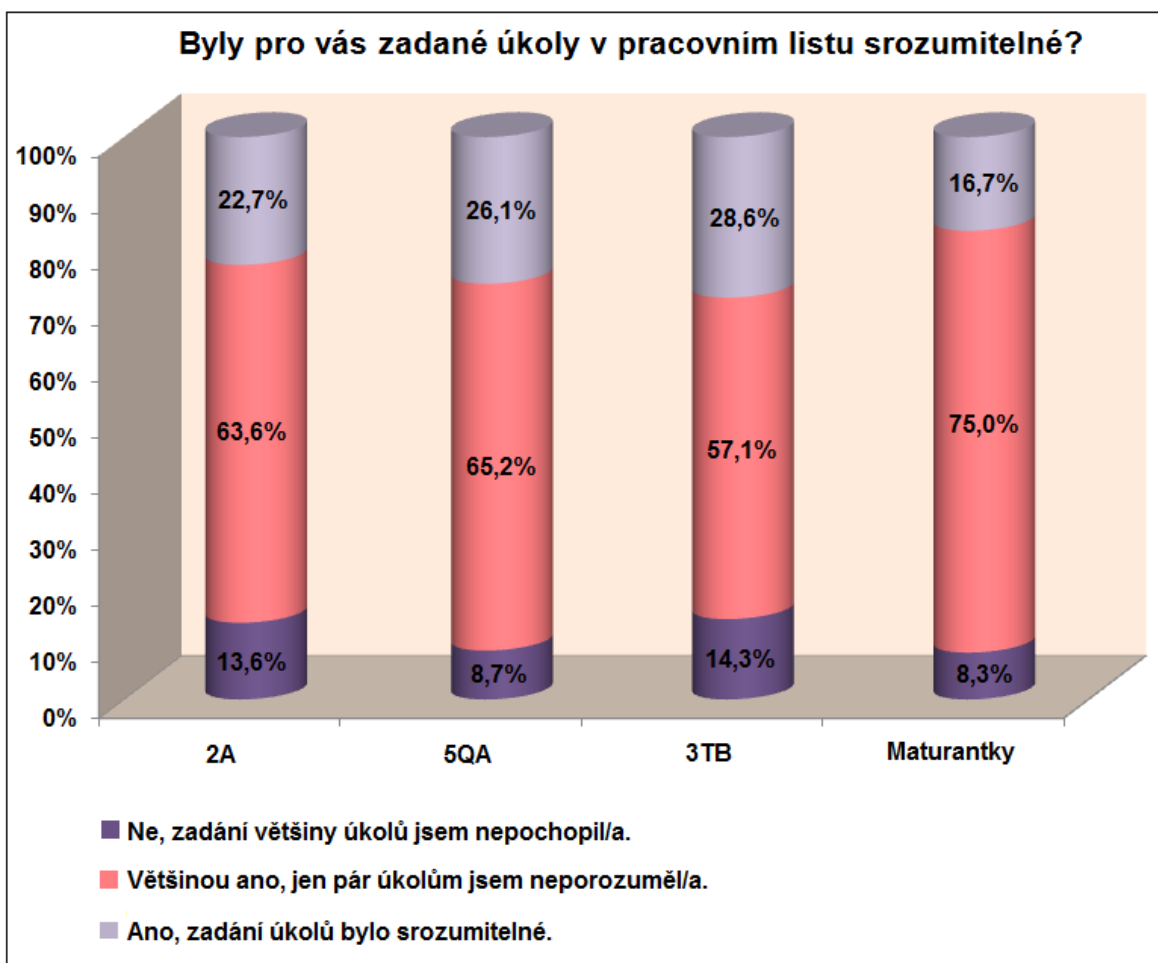
Nejlepší ohlasy vyvolala úvodní prezentace a pracovní list u žáků kvinty. Taktéž žáci tercie reagovali pozitivně, byť některé úlohy byly k jejich věku, a tudíž znalostem, nepřiměřené. Ve všech třídách proběhlo ověření bez jakýchkoliv obtíží, žákem vyplněný pracovní list a dotazník je doložen v příloze 8 na str. 122.

## **4.2 Dotazníkové šetření a diskuze k jejich výsledkům**

Jak už bylo řečeno, testování proběhlo u žáků druhého ročníku (2A), kvinty (5QA), tercie (3TB) a u žákyň čtvrtého ročníku a oktávy, maturujících z chemie. Celkem byly výsledky zpracovávány ze vzorku 85 žáků.

Anonymní dotazník obsahoval šest otázek, u každé měli žáci vybrat pouze jednu ze tří odpovědí nejvíce se blížící jejich vlastní. Na konci dotazníku měli žáci prostor pro vyjádření svých názorů, námětů, postřehů či připomínek, vztahujících se ať už k celé vyučovací hodině či pouze k pracovním listům. Každá otázka byla zpracována do grafu. Vzhledem k různým počtům žáků v testovaných třídách, jsou výsledky uváděny v procentech.





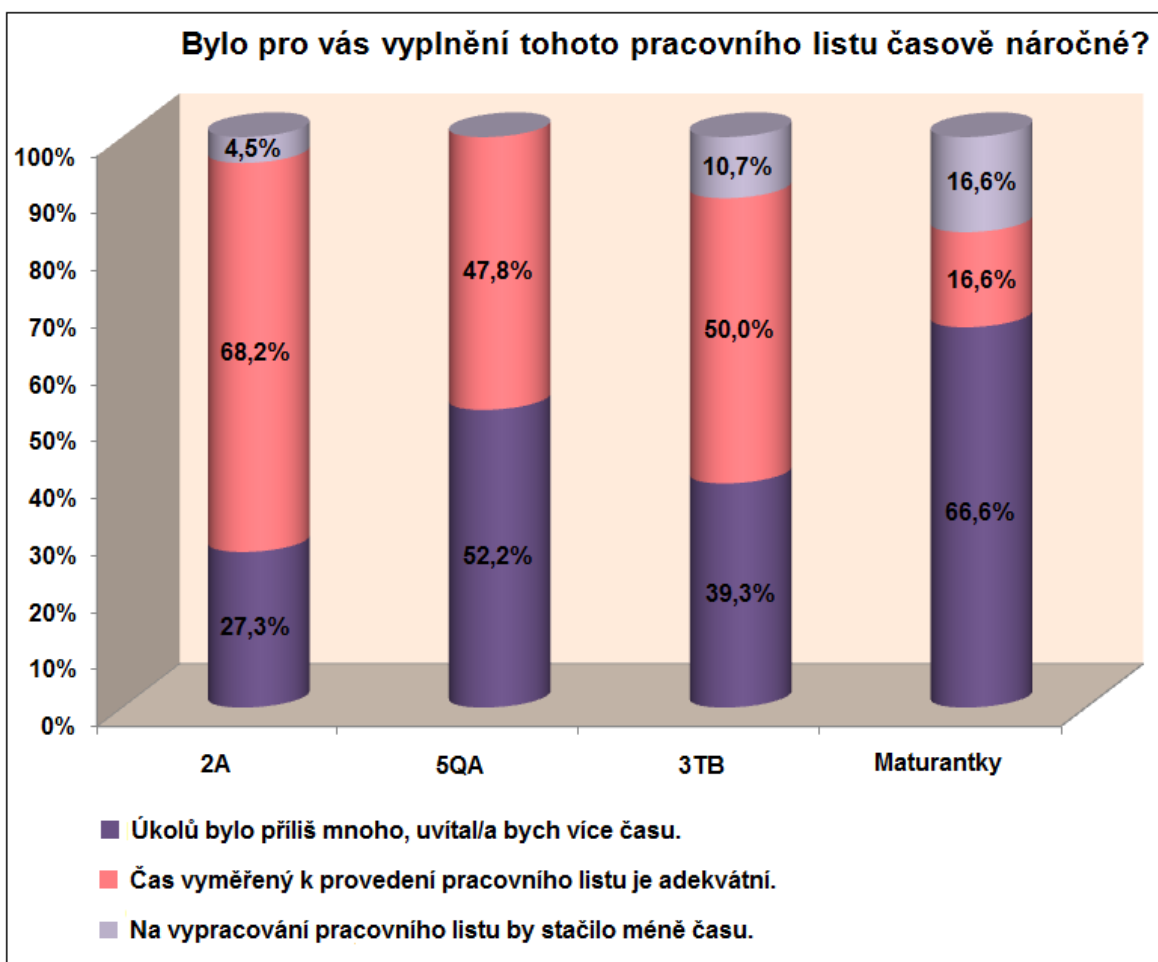
**Graf 10: Srozumitelnost úkolů v pracovním listu**

První otázka zjišťovala, nakolik je zadání pracovního listu pro žáky srozumitelné. Podle grafu 10 se s **pochopením zadání většiny úkolů** potýkalo nejvíce žáků z tercie, a to 28,6%, podobně na tom byli žáci druhého ročníku (22,7%). Přibližně shodné výsledky mají žáci kvinty a maturantky.

**Zadání všech úkolů bylo srozumitelné** ze čtyř testovaných tříd nejméně pro maturantky (16,7%). Nejvíce pak překvapivě pro žáky z tercie (28,6%). Na druhém místě byli žáci z kvinty (26,1%) a na třetím žáci z druhého ročníku (22,7%).

I když tento pracovní list nebyl primárně určen pro žáky nižších ročníků osmiletého studia (a tudíž ani jeho zadání), jsou výsledky žáků tercie nadstandardně dobré. Přestože je mezi maturantkami a terciánky rozdíl pěti tříd, ve společném srovnání dopadly maturantky hůře. Z grafu je patrné, že nejlépe si celkově vedli žáci kvinty.

Převážně na základě výsledků v kapitole 4.3 jsem se rozhodla zadání některých úkolů mírně poupravit, viz kapitola 4.4.

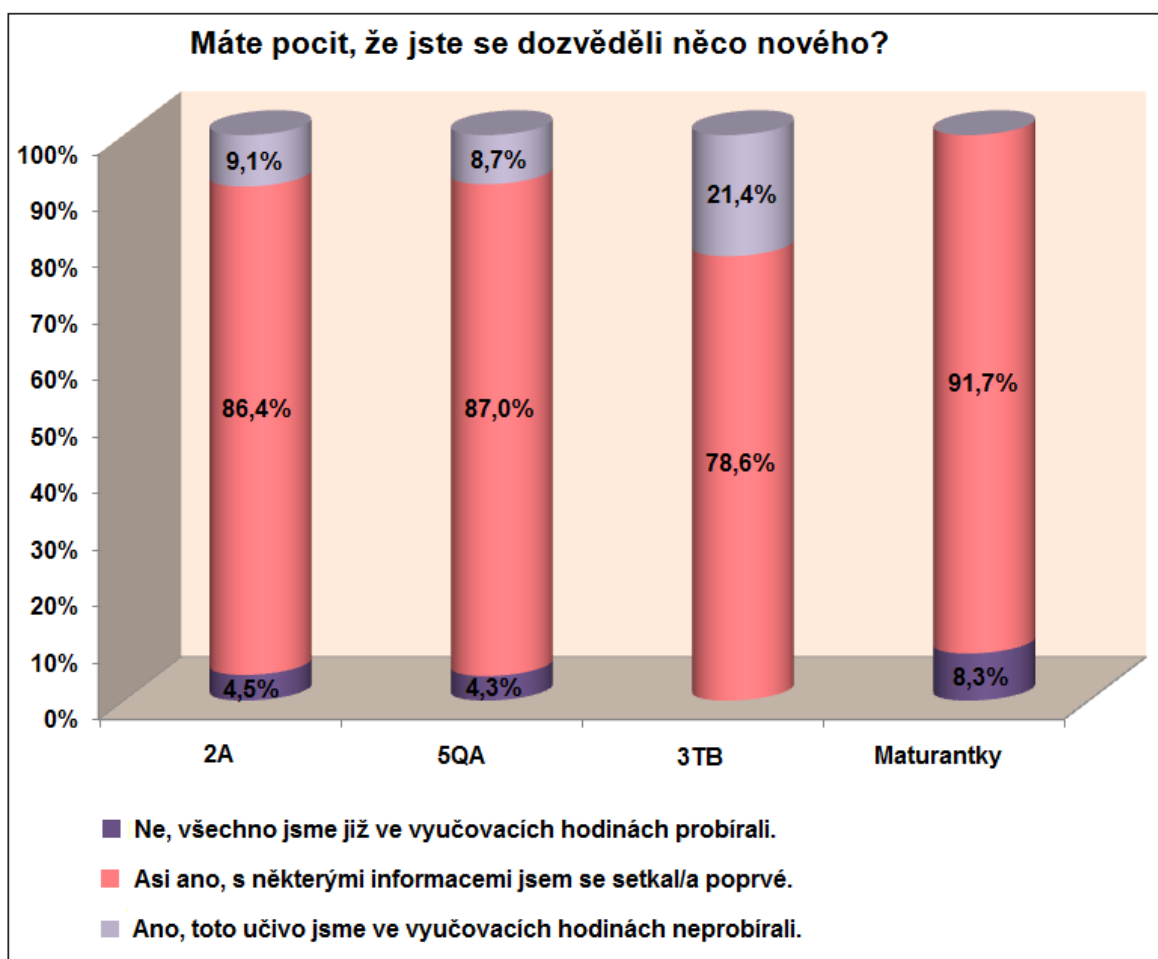


**Graf 11: Časová náročnost**

Žáci druhého ročníku, kvinty a tercie měli na vyplnění pracovního listu cca 15 minut, maturantky pak o 5 minut více, tedy celkem 20 minut. I přes navýšení časového limitu si však dvě třetiny maturantek myslí, že **na vypracování** pracovního listu **nebylo dostatek času**. Překvapivě z ostatních tří testovaných tříd by nejvíce uvítalo delší časový limit 52% žáků kvinty, tedy více než polovina třídy. Více času by ocenilo 39% terciánů a 27% žáků druhých ročníků. Žáci druhých ročníků a tercie jsou vzděláváni podle školního vzdělávacího programu (ŠVP), který mj. žáky učí zahrnovat při hledání odpovědí na méně obvyklé otázky interdisciplinární vědomosti (viz graf 14). Na vypracování spotřebují proto mnohem méně času než žáci kvinty nebo maturantky.

Zajímavé je, že téměř 11% terciánů uvedlo, že **na vypracování** pracovního listu **by stačilo méně času**. Totéž si myslí 16,6% maturantek. Tento názor sdílelo podstatně méně žáků druhého ročníku (4,5%). A dokonce u žáků kvinty se nenašel žádný, který by tuto alternativu zatrhl. Vzhledem k výsledkům z dotazníkového šetření, které ukázalo, že si

v každé třídě minimálně jedna třetina žáků myslí, že je třeba na vyplnění pracovního listu více času, jsem se rozhodla navýšit časový limit z 15 na 20 minut.

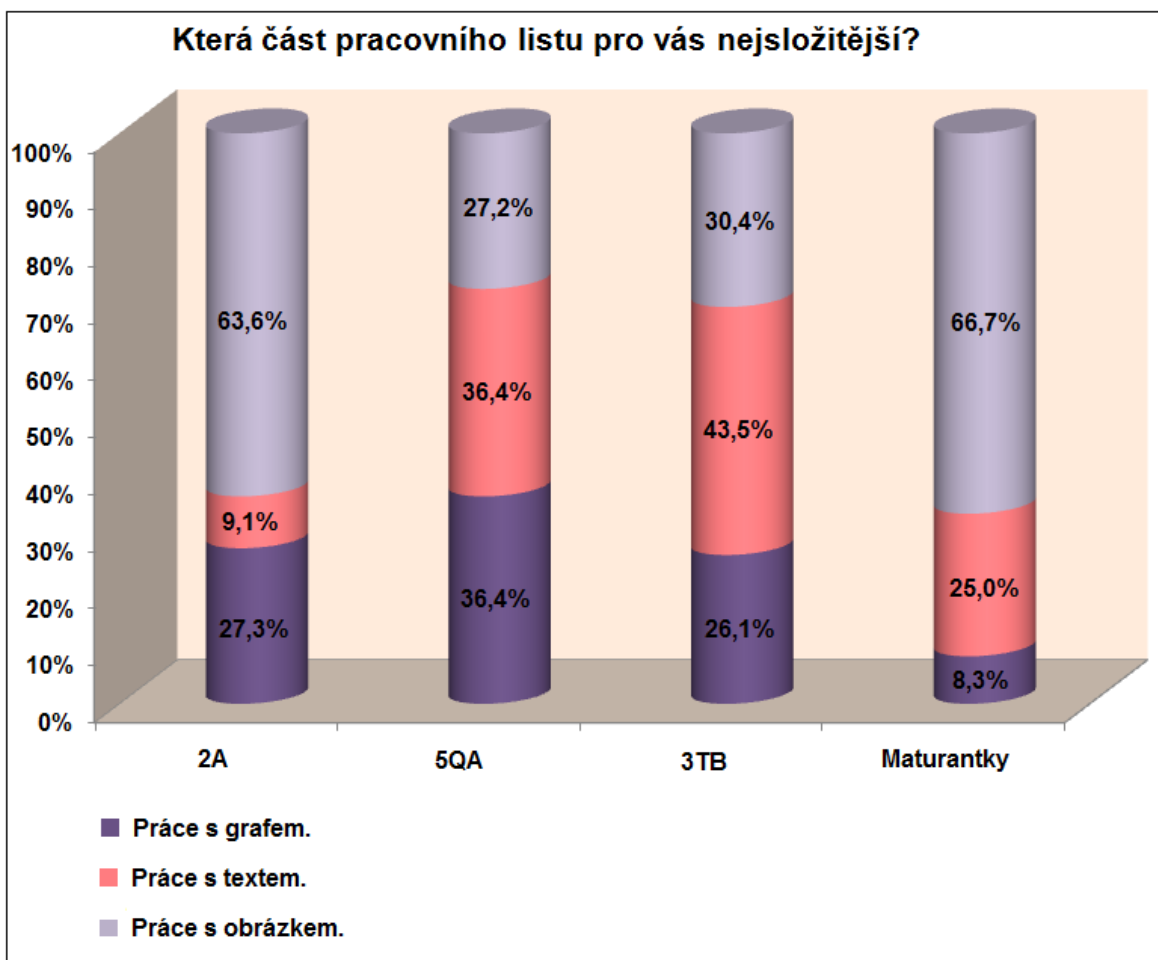


**Graf 12: Nové poznatky**

Graf 12 shrnuje, nakolik byl pracovní list pro žáky přínosný z hlediska nových poznatků a vědomostí. Z grafu je patrné, že názory žáků druhých ročníků a kvinty jsou téměř shodné. To také potvrzuje všeobecně známý fakt, že znalosti žáků čtyřletého studia jsou na stejné úrovni s žáky osmiletého studia avšak o ročník níže.

Zhruba 4% žáků druhého ročníku a kvinty přiznalo, že **všechno již ve vyučovacích hodinách probírali**. Totéž připustilo 8,3% maturantek.

Všichni žáci tercie, téměř 96% žáků druhého ročníku a kvinty a 92% maturantek nabyli dojmu, že si díky pracovnímu listu alespoň zčásti **rozšířili své znalosti**. Tato čísla dosvědčují, že zadávání pracovního listu, či jiných aktivizačních forem práce, má smysl a učí žáky základům metod badatelského myšlení.



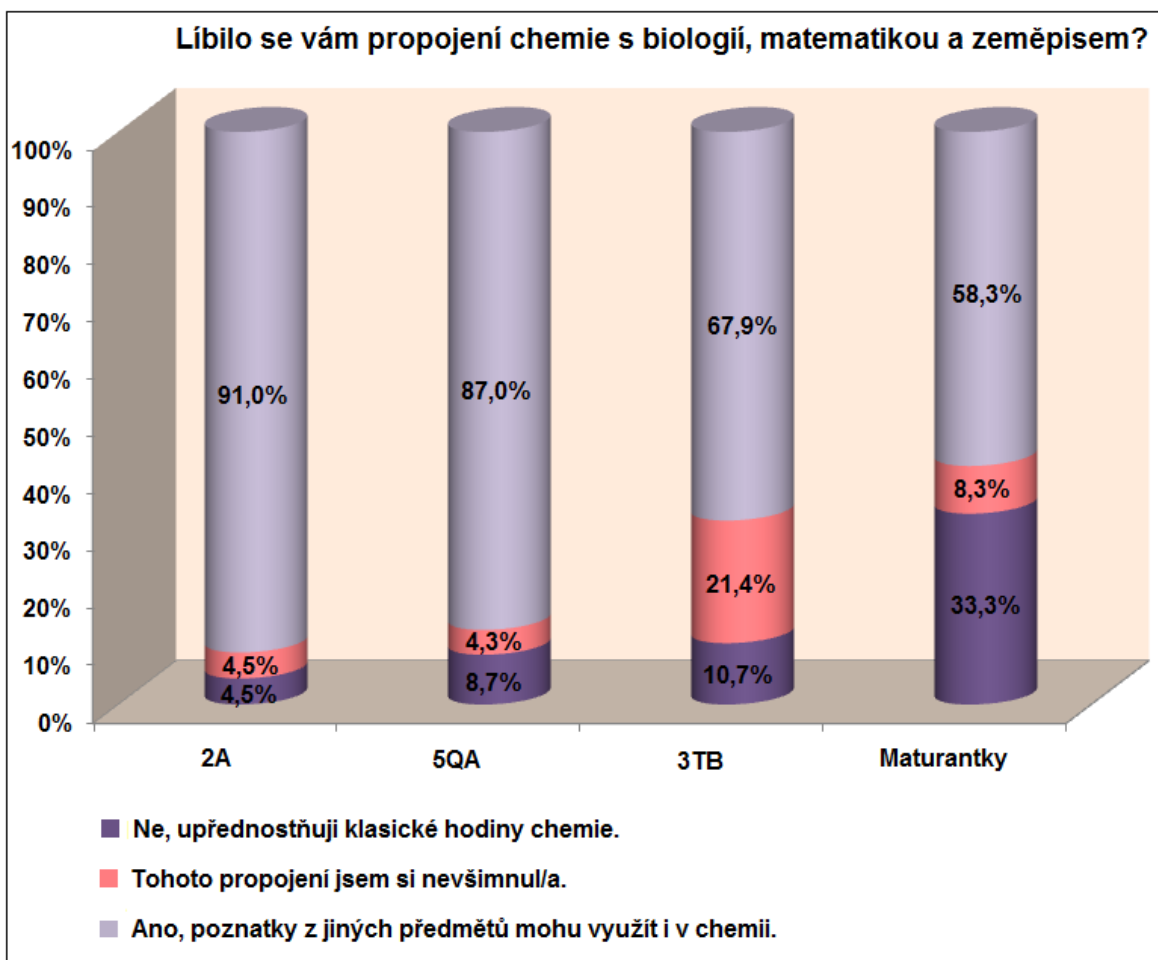
**Graf 13: Nejsložitější část pracovního listu**

Pomocí čtvrté otázky byli žáci dotazováni, která část pracovního listu jim činila největší problém - zda práce s grafem, textem či s obrázkem. Odpovědi žáků jsou vyhodnoceny v grafu 13 a je patrné, že výsledky jsou velmi rozdílné.

Do zpracování výsledků bylo zahrnuto 79 žáků. Jeden žák/žačka z kvinty a pět žáků z tercie nedodrželi pokyny v úvodu dotazníku a zatrhli všechny tři možné varianty, tedy že je pro ně těžká práce s grafem, textem i obrázkem. Výsledky těchto žáků proto nebyly statisticky vyhodnoceny.

**Práce s grafem** se jevila jako nejtěžší žákům kvinty (36,4%). Zároveň však stejné procento žáků (36,4%) uvedlo, že pro ně byla nejsložitější **práce s textem**. Ta také činila nejvíce obtíží terciánům (43,5%). Za nejsložitější část pracovního listu označili shodně žáci druhého ročníku (63,6%) a maturantky (66,7%) **práci s obrázkem**.

Odpovědi maturantek však nekorrespondují s jejich výsledky z pracovního listu, viz kapitola 4.3.

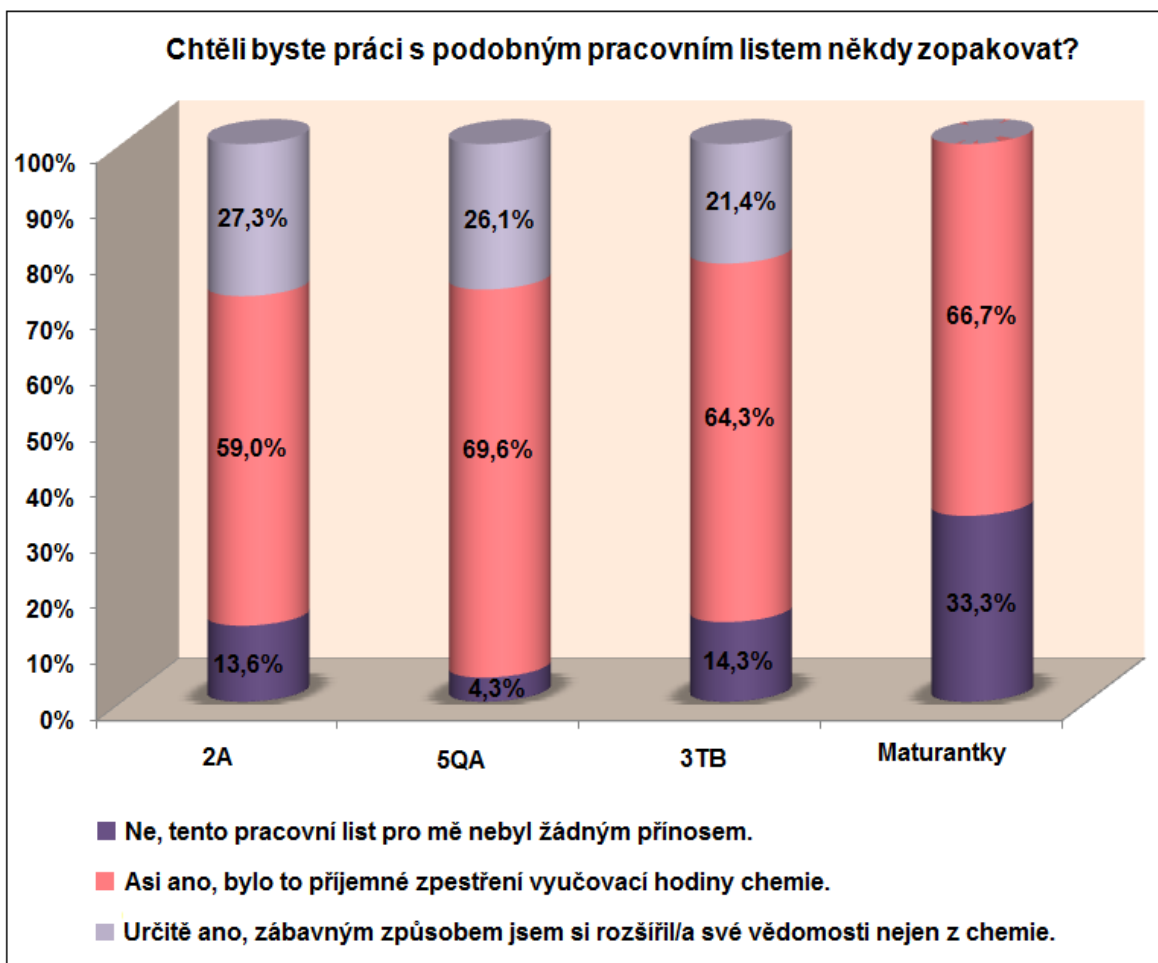


**Graf 14: Propojení chemie s ostatními předměty**

Pátá otázka zjišťovala, zda žáci shledávají jako výhodu propojení chemie s jinými přírodovědnými předměty. Ve všech čtyřech testovaných skupinkách patřila **kladná odpověď** „Ano, poznatky z jiných předmětů mohou využít i v chemii.“ mezi nejčastější. Nejvíce však tuto alternativu zatrhllo žáků z druhého ročníku (91%), což odpovídá způsobu, jakým jsou vzděláváni. V této třídě se učí podle školního vzdělávacího programu (ŠVP). Jedním ze základních pilířů ŠVP je co nejčastější zařazování mezipředmětových vztahů do výuky.

V grafu 14 je patrné, že mínění žáků druhého ročníku a kvinty je přibližně srovnatelné. **Klasické hodiny chemie** upřednostňují nejvíce maturantky, a to rovnou jedna třetina z nich.

V každé třídě se našel alespoň jeden žák, který si **nepovšimnul propojení chemie s dalšími předměty** v úlohách pracovního listu. Není nic zarážejícího na tom, že tuto možnost zatrhlí žáci druhého ročníku, kvinty a tercie. Do očí bijící je však tato odpověď označená v dotazníku jedné z maturantek.



**Graf 15: Motivace k další práci s podobným pracovním listem**

Odpovědi žáků na poslední otázku vypovídají o jejich postoji k aktivizačním metodám zařazovaným do výuky. Výsledky z dotazníkového šetření jsou zpracovány v grafu 15.

Práci s pracovním listem nejvíce ocenili žáci kvinty (téměř 96%). Protipólem jsou naopak maturantky, jedna třetina z nich se domnívá, že pro ně **nebyl pracovní list žádným přínosem**. Ani jedna z maturantek si nemyslí, že by si díky pracovnímu listu **rozšířila své znalosti**, a to **nejen z chemie**.

Vyjma maturantek cca 96% žáků z kvinty, cca 86% žáků z druhého ročníku a kvinty připouští, že by si práci s podobným pracovním listem rádi zopakovali.

### 4.3 Testování maturantů z chemie

Díky velké ochotě paní Mgr. Jany Hrabíkové, která navrhla ověření pracovního listu v maturitním semináři z chemie, jsem mohla do výsledků zařadit i vzorek 12 maturantů. Testovány byly pouze dívky (chlapci ve třídě chyběli z důvodu konání písemné maturitní zkoušky z fyziky), 7 žákyně čtyřletého (zaměření všeobecné dobíhající + 1 žákyně z oboru živé jazyky dobíhající) a 5 žákyně osmiletého studia (zaměření všeobecné dobíhající).

Na vyplnění pracovního listu měly dívky téměř 20 minut času, tedy o 5 minut více, než jiné testované třídy. Pracovní listy jsem si poté vybrala, opravila a oznámkovala. Vzhledem k odpovědím v dotazníku, byly známky velmi překvapivé. Na otázku „*Chtěli byste práci s podobným pracovním listem někdy zopakovat?*“ odpověděla jedna třetina „*Ne, tento pracovní list pro mě nebyl žádným přínosem.*“ Tato odpověď by se dala očekávat buď u žáků zaměřených humanitním směrem, což se rozhodně netýká maturantek z chemie, nebo u těch žáků, jejichž vědomosti jsou natolik rozsáhlé, že už je nemůže vypracování pracovního listu jakkoliv obohatit. Pak je zarážející, proč byl průměr známek z ohodnocených pracovních listů 4,3.

#### Výsledky a vyhodnocení pracovních listů maturantek z chemie

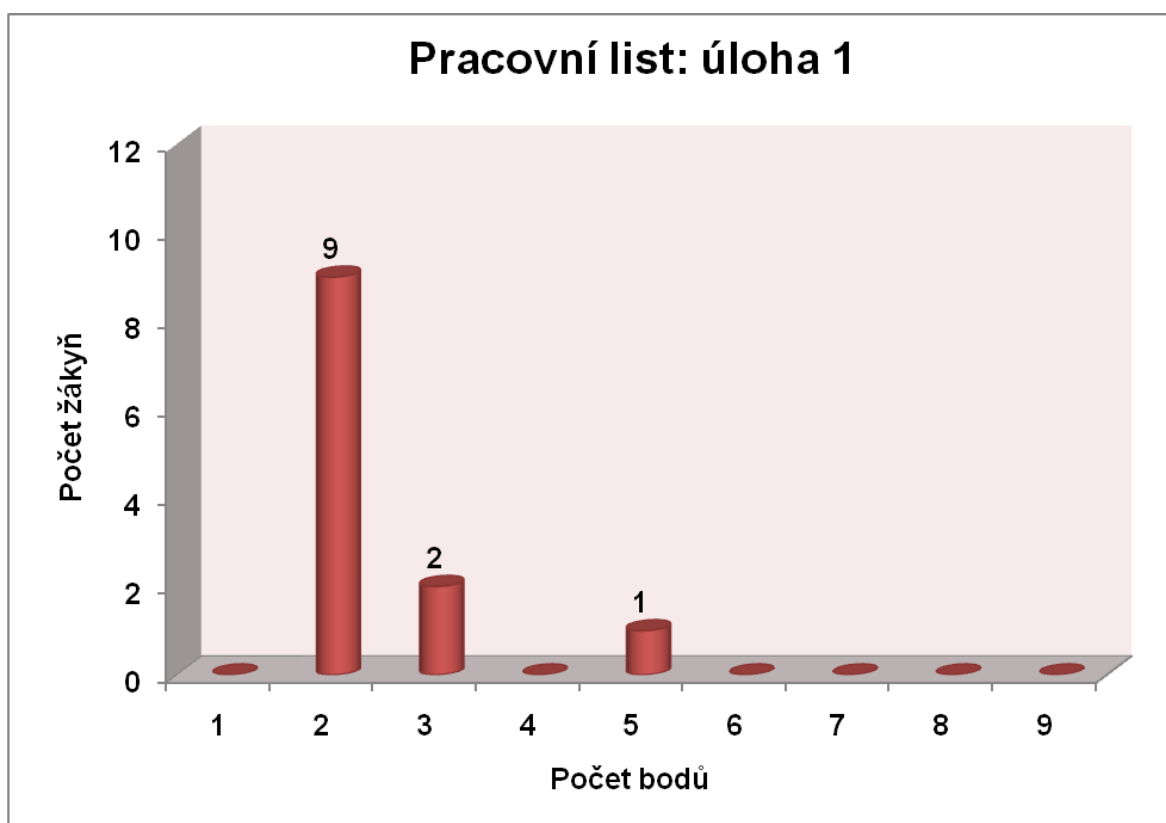
První úloha v pracovním listu sestávala z pěti podotázek vztahujících se k grafickému zobrazení každoročně stoupající koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře.

Úkoly 1A a 1B byly velmi triviální, jednalo se o pouhé odečtení hodnot z grafu, není tedy překvapením, že je mělo správně všech 12 dívek.

Správnému řešení úkolu 1C se nejvíce přiblížila pouze jedna žačka (čtyřleté studium), proto byla ohodnocena ze dvou možných jedním bodem. Tatáž žačka pak měla jako jediná zcela správně úkol 1D. Dvě žákyně osmiletého studia obdržely za tento úkol po jednom bodu, obě měly správně postup, chybně však odečetly data z grafu. Logické myšlení se zdálo býti horší u dívek čtyřletého studia, nacházely se u nich výsledky (stále úkol 1D) např. 9 let, 10 let, 37 let, 40 let. I bez jakéhokoliv výpočtu je zřejmé, že pokud se během deseti let zvýšila koncentrace oxidu uhličitého o 19 ppm, tak se za dalších ať už 9 či 40 let nezvýší o téměř 400 ppm.

Poslední úkol, 1E, neměla správně žádná dívka. Na otázku proč koncentrace CO<sub>2</sub> v průběhu každého roku kolísá, se dokonce v odpovědích dvou dívek (čtyřleté studium) objevilo, že v létě je koncentrace CO<sub>2</sub> vyšší (jedna to odůvodnila různou teplotou v různém ročním období a druhá větším suchem v létě). Přitom z grafu lze jasně vyzorovat, že je tomu právě naopak a koncentrace oxidu uhličitého od května do září významně klesá.

Za správné vyřešení úlohy 1 mohly získat dívky maximálně 9 bodů. Jak je patrné z grafu 15, devět žákyně mělo 2 body, tzn. správně vyřešily pouze úkol A a B, dvě žákyně 3 body a jedna 5 bodů. Výsledky jsou tedy více než špatné, celkem dívky obdržely za tento úkol 27% možných bodů. V dotazníkovém šetření (graf 13) přitom jen jedna dívka (odpovídá 8,3%) uvedla jako nejsložitější část pracovního listu práci s grafem.



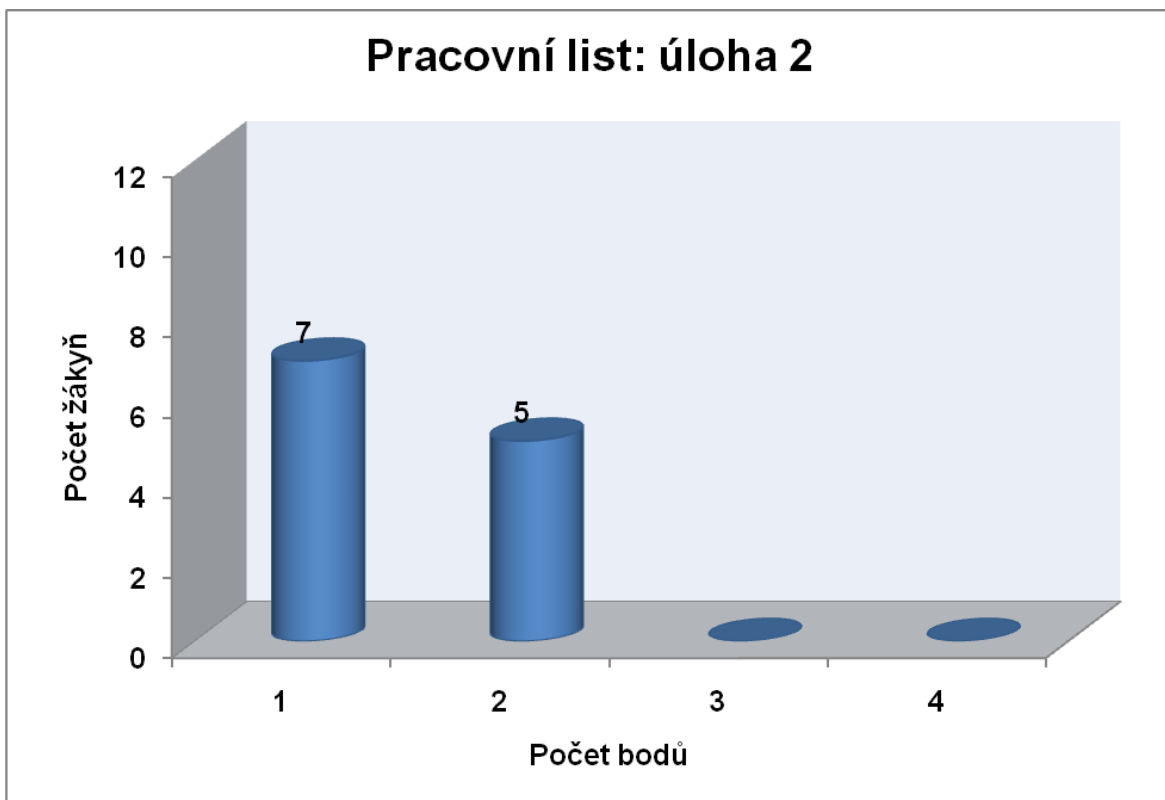
**Graf 16: Úloha 1 – práce s grafem**

Ve druhé úloze měly žákyně za úkol vyjmenovat dvě kladné a dvě záporné stránky oxidu uhličitého. Velká většina maturantek nepochopila, že jsou myšleny klady a zápory z ekologického hlediska, ačkoliv bylo v zadání jasně napsané „*Oxid uhličitý ... pro život na Zemi je velmi důležitý, zároveň je ale škodlivý.*“ Nejčastější odpovědi v kolonce „klady“ bylo „*produkt dýchání*“ a v kolonce „zápory“ „*smrtelný pro člověka (udušení), jedovatý*“. Přestože je pojem *globální změny klimatu* (resp. velmi často nesprávně uváděné



*globální oteplování*) neustále mediálně propírán, neuvedla jej žádná dívka. Skleníkový efekt do negativ zmínily pouze 3 maturantky.

Maximální počet bodů za tuto úlohu byly 4 body. Graf 17 ukazuje, že sedm žákyň mělo po 1 bodu a pět žákyň získalo 2 body (dvě ze čtyřletého a tři z osmiletého studia). Dohromady obdržely dívky za tuto úlohu 35% možných bodů.



**Graf 17: Úloha 2 - klady a zápory oxidu uhličitého**

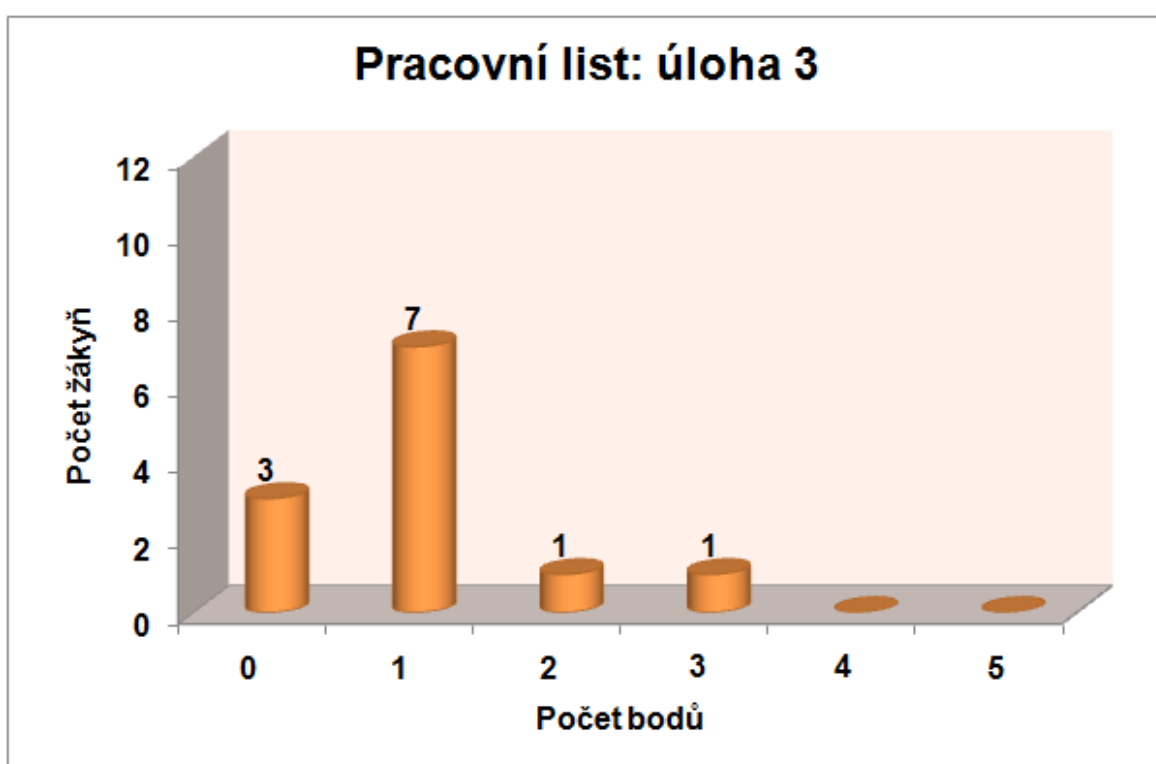
Třetí úloha, která byla zaměřená převážně na práci s textem, se skládala ze tří úkolů. Pět dívek správně zodpovědělo otázku v úkolu 3A, všechny byly ze čtyřletého studia. Nad otázkou v úkolu 3B se dobře zamyslely tři dívky ze čtyřletého a dvě dívky z osmiletého studia.

Tabulku v úkolu 3C vyplnila ze dvou třetin dobře pouze jedna dívka ze čtyřletého studia, a proto získala 2 body, ostatní maturantky nezískaly bod žádný. Hodnotu vdechovaného množství oxidu uhličitého nemusely dívky znát nazpaměť, stačilo ji vyčíst z grafu v úloze 1 a poté převést z jednotek ppm na procenta. Žádná z maturantek tak neučinila. Pět dívek dokonce v tabulce uvedlo (dvě dívky ze čtyřletého a tři dívky z osmiletého studia), že procentuální koncentrace oxidu uhličitého ve vydechovaném vzduchu (odpovědi se pohybovaly od 80 – 95%) je vyšší než smrtelná koncentrace pro

lidský organismus (odpovědi se pohybovaly od 20 – 70%), což jen dokazuje fakt, že dívky nad svými odpověďmi absolutně neuvažovaly.

Výsledky z této úlohy ukazuje graf 18. Dívky mohly dostat celkem 5 bodů. Tři dívky z osmiletého nezískaly žádný bod. Sedm maturantek mělo 1 bod, jedna 2 body a jedna 3 body. V této úloze dosáhly dohromady 20% možných bodů.

Do statistického zpracování jsem jako práci s textem zahrnula úkol 3A a 3B. Dívky z těchto dvou úkolů získaly 41% možných bodů. Podle výsledků z dotazníkového šetření (vypracovaných v grafu 13) si 25% dívek myslí, že práce s textem byla nejtěžší částí pracovního listu.



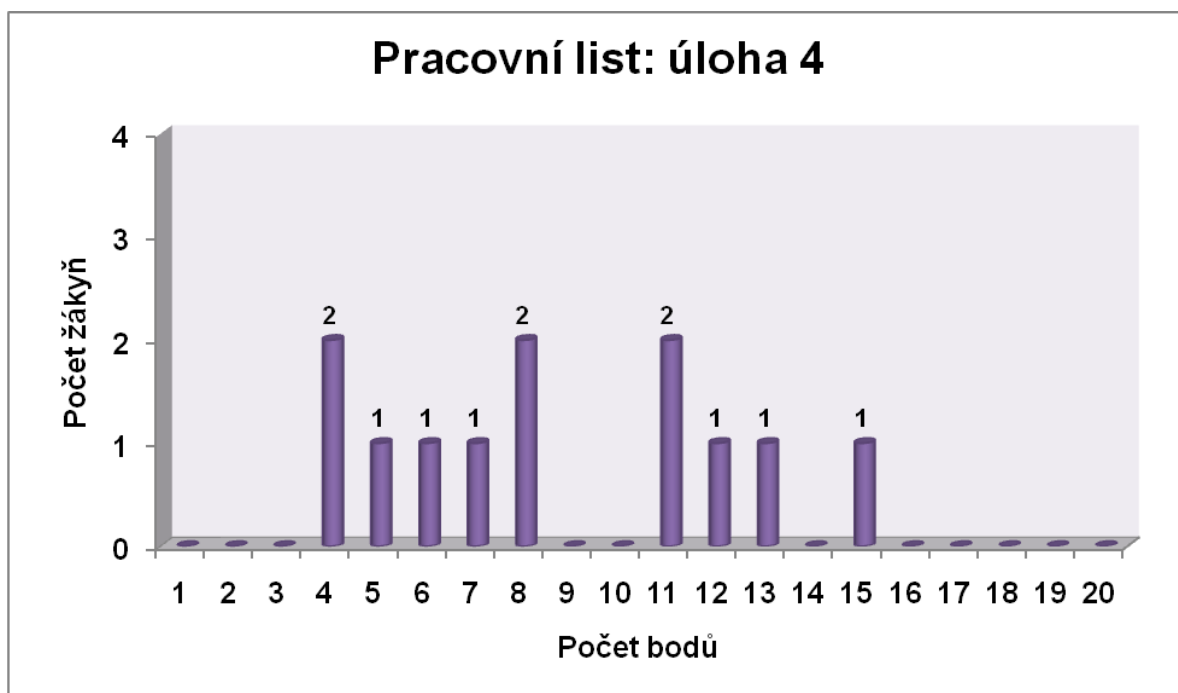
**Graf 18: Úloha 3 – práce s textem a doplnění tabulky**

Prvním úkolem ve čtvrté úloze je přiřazení pojmů z nabídky do prázdných míst v obrázku, druhým úkolem je vyplnění vynechaných míst v textu tak, aby věty A – E dávaly smysl.

Dohromady bylo možné získat z této úlohy 20 bodů, 8 bodů za obrázek a 12 bodů za text. Dohromady obdržely dívky 34% možných bodů za obrázek. Dvě dívky nezvládly jeho vyplnění a dostaly nula bodů (jedna ze čtyřletého + jedna z osmiletého studia). V grafu 13 uvedly dvě třetiny dívek, že je pro ně nejtěžší práce s obrázkem.

Celkově získaly maturantky za vyplnění textu 49% možných bodů. Pouze jedna žákyně čtyřletého studia si s vyplněním textu neporadila a neměla tak žádný bod.

Z obou dvou úkolů dosáhly maturantky 43% možných bodů. Z hlediska procentuálního skóre byla pro ně tato úloha tedy neúspěšnější. Rozložení bodů se v grafu 19 zobrazuje ve tvaru Gaussovy křivky.



**Graf 19: Úloha 4 – práce s obrázkem a doplnění textu**

Maximální počet dosažitelných bodů z pracovního listu je 38. Maturantky byly oznámkovány podle doporučené známkové stupnice uvedené na konci autorského řešení pracovního listu v kapitole 3.2.

Graf 20 ukazuje, že pět dívek mělo známku 5 (z toho čtyři žákyně čtyřletého a jedna osmiletého studia), šest dívek známku 4 (dvě žákyně čtyřletého a čtyři osmiletého studia) a jedna dívka známku 3 (čtyřleté studium). Průměr známek maturantek čtyřletého studia byl 4,4. Žákyně z oktávy pak měly průměr 4,2. Průměr všech maturantek dohromady byl 4,3. Rozdíl ve výsledcích žákyní čtyřletého a osmiletého studia je zanedbatelný.



**Graf 20: Známkové ohodnocení dívek**

#### 4.4 Závěry šetření

Z vyhodnocení jednotlivých otázek v dotazníkovém šetření vyplynulo, že je zapotřebí poupravit časové podmínky a zadání některých úkolů pracovního listu. Na vypracování pracovního listu doporučuji žákům ponechat 20 minut. Nutnost modifikovat zadání byla umocněna výsledky z pracovních listů maturantek. Jedná se však jen o malé změny, které by měly pomoci upřesnit účel problémových úkolů. Pozměněny byly tyto úlohy:

- 1A a 1B
  - přidáno doporučení zaokrouhlovat hodnoty odečtené z grafu na celá čísla
- 2
  - v zadání zdůrazněno, že mají žáci na daný úkol pohlížet z ekologického hlediska a ne z pozice člověka
- 4
  - upřesnění zadání tak, aby žáci nedoplňovali pojmy z nabídky patřící k obrázku také do textu
- 4E
  - zpřesnění formulace úlohy

Přestože byl pracovní list určen pro žáky prvních a druhých ročníků a jejich osmileté paralelky, při kontrole výsledků ve vyučovací hodině si paradoxně nejlépe vedli žáci tercie, dále pak žáci kvinty. Naopak žáci druhého ročníku a maturantky v tomto testování vyloženě neprošly. Tomu odpovídají i ohlasy žáků, kteří využili možnosti sdělení svých názorů, postřehů či připomínek na konci dotazníku. Namátkou jsem vybrala následující:

- „Práce se mi líbila, i když některým úkolům jsme nemohli rozumět. Rozhodně jsem se ale dozvěděl něco nového.“ (tercie)
- „Myslím, že by se takto měla učit chemie častěji, pro většinu lidí je to užitečnější než suché chemické vlastnosti (ne že by mě nebavily...)“ (kvinta)
- „Bylo to pro mě těžké, nevěděla jsem většinu věcí.“ (druhý ročník)
- „Úkoly byly složitě popsány a musela jsem si je několikrát přečíst.“ (maturantky)

Výsledky potvrzují, že v českém školství je stále kladen velký důraz na teoretické znalosti, na prosté memorování. Žáci oplývají vědomostmi, neumí je však aplikovat, natož implementovat do ostatních předmětů.

To že žáci postrádají jakékoliv logické myšlení, dokazují i výsledky analýzy pracovních listů maturantek. Podle grafu 13 označilo v dotazníku jako nejtěžší část pracovního listu 66,7% dívek práci s obrázkem, 25% práci s textem a 8,3% (to odpovídá jedné žákyni) práci s grafem. Procentuální skóre, které dívky u jednotlivých typů úloh dosáhly, tomu však neodpovídá. Nejhůře si dívky vedly při práci s grafem, získaly pouhých 27% možných bodů. Tato úloha byla přitom nejvíce založená na racionálním myšlení a k jejímu řešení nebylo třeba jakýchkoliv vědomostí z chemie. Druhým nejtěžším úkolem bylo pro dívky přiřazování pojmů do obrázku, dosáhly 34% možných bodů. Nejlépe si dívky vedly při práci s textem, za tuto úlohu obdržely 41% možných bodů.

Závěrem se dá říci, že z vyhodnocení dotazníkového šetření a především z rozboru pracovních listů maturantek, vplynuly velmi zajímavé závěry. Je důležité, aby vyučující nepodceňovali propojení chemie s ostatními předměty začleňováním mezipředmětových témat do vyučování, častěji zařazovali formy výuky vedoucí žáky k samostatné práci (např. s textem) či aktivizační metody rozvíjející myšlení žáků.

## 5 Závěr

Třebaže je problematika oxidu uhličitého, potažmo skleníkových plynů, velmi aktuální, doposud nebyla systematicky zařazena do běžné gymnaziální výuky chemie nebo biologie. Ekologické otázky jsou mně, jakožto studente učitelství s aprobací chemie a biologie, velmi blízké, a proto jsem se ve své diplomové práci zaměřila na tuto obsáhlou tematiku.

V teoretické části byl stručně zanalyzován projektový způsob myšlení a vyučování a badatelsky orientovaná výuka. Dále byly zhodnoceny výsledky mezinárodního výzkumu PISA 2006. Ze srovnání výsledků studií provedených v roce 2006 a v roce 2009 vyplynulo, že si čeští žáci na poli přírodovědné gramotnosti významně pohoršili. Zatímco v roce 2006 se Česká republika s přehledem řadila mezi země OECD s nadprůměrným výsledkem, v roce 2009 již tomu tak nebylo. Výsledky žáků České republiky byly lehce pod průměrem zemí OECD.

Na podporu výuky tématu *Oxid uhličitý* byly pro učitele chemie a biologie zpracovány učební podklady, které přehledně shrnují oxid uhličitý jak po chemické stránce, tak i jeho historii, dále uhlík a jeho koloběh, metodu CCS a uhlíkovou stopu. Pro žáky nižšího i vyššího stupně gymnaziálního vzdělávání byla vytvořena PowerPointová prezentace, pracovní list a pět návrhů laboratorních úloh. Vše je doplněno metodickými poznámkami a pokyny pro vyučující.

Navržený pracovní list byl ověřován žáky Gymnázia Zlín – Lesní Čtvrť. Výsledky z dotazníkového průzkumu, který odrážel kvality pracovního listu, byly podrobně vyhodnoceny.

Cíle a úlohy stanovené v úvodu mé diplomové práce byly tímto naplněny.

## **ABSTRAKT**

Univerzita Karlova v Praze – *Přírodovědecká fakulta*  
Katedra učitelství a didaktiky chemie  
Albertov 3, 128 40 Praha 2, Česká republika

### **OXID UHLIČITÝ VE VÝUCE PŘÍRODOVĚDNÝCH PŘEDMĚTŮ (STUDIJNÍ OPORY PRO GYMNÁZIA)**

**Bc. Lucie Kristlová**

lucie.kristlova@gmail.com

V této diplomové práci byly shrnuty principy tzv. projektového způsobu myšlení a uvažování a tzv. metody IBSE neboli badatelsky orientovaného přírodovědného vzdělávání. V práci byly zhodnoceny výsledky mezinárodního výzkumu PISA 2006, který testoval žáky v oblasti přírodních věd. Dále byly v teoretické části zpracovány učební podklady k výuce tématu Oxid uhličitý. Ty by měly posloužit vyučujícím chemie a biologie především na gymnáziích. Byly vytvořeny i metodicky zpracované výukové materiály – prezentace, pracovní list a náměty laboratorních úloh včetně autorských řešení. Pracovní list byl ověřen žáky nižšího a vyššího stupně gymnázia.

## **ABSTRACT**

Charles University in Prague – *Faculty of Science*  
Department of Teaching and Didactics of Chemistry  
Albertov 3, 128 40 Praha 2, Czech Republic

### **CARBON DIOXIDE IN SCIENCE EDUCATION (STUDY AIDS FOR GRAMMAR SCHOOL)**

**Bc. Lucie Kristlová**

lucie.kristlova@gmail.com

In this thesis the principles of Framework Educational Programme and method IBSE alias Inquiry Based Science Education were summarized. The results of international research PISA 2006 were evaluated. In 2006 the focus was on scientific literacy. In the theoretical part the study supporting documents on the theme Carbon Dioxide were worked up. The documents would serve teachers of Chemistry and Biology mainly at the grammar schools. Methodically processed materials were created such as presentation, worksheet and subject matter of chemical experiments with the inclusion of the author solutions. The worksheet was verified by pupils at grammar school.



## Seznam citované a prostudované literatury a dalších zdrojů

- [1] *Antokyany* [online]. [cit. 2011-03-31]. Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Antokyany>>.
- [2] BANÝR, J.; BENEŠ, P. *Chemie pro střední školy*. Praha: SPN, 1995.
- [3] BÖHMOVÁ, H. *Vzdělávání žáků v chemii prostřednictvím jednoduchých experimentů s přírodními látkami: podpora empirických poznávacích postupů a rozvoj souvisejících kompetencí*. Praha, 2009. Dizertační práce. Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta.
- [4] BRITSKÉ LISTY [online]. [cit. 2010-06-20]. *Výsledky mezinárodního výzkumu PISA 2006*. Dostupné z WWW: <<http://www.blisty.cz/2007/12/7/art37672.html>>.
- [5] *Carbon Dioxide*. [online]. [cit. 2010-06-21]. Dostupné z WWW: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Carbon\\_dioxide](http://en.wikipedia.org/wiki/Carbon_dioxide)>
- [6] *Carbon Dioxide* [online]. [cit. 2010-06-22]. Dostupné z WWW: <<http://www.scienceclarified.com/Ca-Ch/Carbon-Dioxide.html>>.
- [7] *Carbon Footprint* [online]. [cit. 2011-02-18]. Dostupné z WWW: <<http://www.carbonfootprint.com>>.
- [8] *Carbon Footprint Calculator* [online]. [cit. 2010-11-20]. Dostupné z WWW: <<http://www.carbonfootprint.com/calculator.aspx>>.
- [9] *CO2 emissions (metric tons per capita)*. [online]. The World Bank [cit. 2011-04-11]. Dostupné z WWW: <<http://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.CO2E.PC/countries/1W?display=default>>.
- [10] ČIPERA, J. *Didaktika anorganické chemie*. Praha: Karolinum, 1991.
- [11] ČTRNÁCTOVÁ, H.; et al. *Chemické pokusy pro školu a zájmovou činnost*. Praha: Prospektum, 2000.
- [12] ČTRNÁCTOVÁ, H.; ČÍŽKOVÁ, V. Inovace obsahu a metod výuky přírodních věd v současné společnosti. *Chemické rozhl'ady*. 2010, 5.
- [13] ČTRNÁCTOVÁ, H.; HALBYCH, J. *Didaktika a technika chemických pokusů*. Praha: Karolinum, 2006.
- [14] *Deadly Carbon Dioxide*. In Ola Ka Honua: Volcanoes Alive [online]. Alaska, USA: UAF Geophysical Institute, 2007 [online]. [cit. 2011-04-02]. Dostupné z WWW: <[http://www2.gi.alaska.edu/volcanoes\\_alive/Lessons/VA%20Unit%208/8\\_4Carbon\\_Dioxide.pdf](http://www2.gi.alaska.edu/volcanoes_alive/Lessons/VA%20Unit%208/8_4Carbon_Dioxide.pdf)>.
- [15] EISNER, P.; FLADT, R. *Chemie pro střední školy 1b*. Praha: Scientia, 1997
- [16] *Experiments with Carbon Dioxide* [online]. Microscale Gas Chemistry [cit. 2011-03-30]. Dostupné z WWW: <<http://mattson.creighton.edu/CO2/index.html>>.
- [17] FRÝZKOVÁ, M.; PALEČKOVÁ, J. *Přírodovědné úlohy výzkumu PISA*. Praha: ÚIV, 2007.
- [18] Gymnázium Zlín - Lesní Čtvrť [online]. [cit. 2011-04-20]. Charakteristika školy. Dostupné z WWW: <<http://www.gymzl.cz/page/2015.charakteristika-skoly/>>.
- [19] *Globálně harmonizovaný systém klasifikace a označování chemikálií* [online]. [cit. 2011-04-28]. Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/GHS>>.
- [20] GREENWOOD, N. N.; EARNSHAW, A. E. *Chemie prvků: Svazek I*. Praha: Informatorium, 1993.
- [21] HAASE, D. *How Much CO<sub>2</sub> is in a Bottle of Soda?* [online]. [cit. 2011-03-30]. Dostupné z WWW: <<http://www.science-house.org/CO2/activities/co2/soda.html>>.

- [22] HOUGHTON, J. *Globální oteplování: Úvod do studia klimatu a oteplování*. Praha: Academia, 1990.
- [23] KLEČKOVÁ M., ŠEVČÍK J., LOS P., KVÍTEK L. *Chemická dobrodružství*. Olomouc: Sprint, 1999.
- [24] *Koloběh uhlíku* [online]. Vítejte na Zemi... [cit. 2011-03-04]. Dostupné z WWW: <[http://vitejtenazemi.cenia.cz/hry/vzduch/kolobeh\\_uhliku/index.html](http://vitejtenazemi.cenia.cz/hry/vzduch/kolobeh_uhliku/index.html)>.
- [25] *Koloběh uhlíku* [online]. [cit. 2011-05-07]. Dostupné z WWW: <[http://cs.wikipedia.org/wiki/Kolob%C4%9Bh\\_uhl%C3%ADku](http://cs.wikipedia.org/wiki/Kolob%C4%9Bh_uhl%C3%ADku)>.
- [26] KOTÁSEK, J.; et al. *Národní program rozvoje vzdělávání v České republice: Bílá kniha*. Praha: Tauris, 2001.
- [27] KRISTLOVÁ, L. *Skleníkové plyny v gymnaziálním učivu chemie*. Praha, 2009. Bakalářská práce. Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta.
- [28] LOS P.; KLEČKOVÁ M. *Kamarádka chemie aneb chemie pro každý den*. Praha: Scientia, spol. s.r.o., 1999.
- [29] LUKEŠ, I.; MIČKA, Z. *Anorganická chemie II : Systematická část*. Praha, Karolinum 1998.
- [30] *Manuál pro tvorbu školních vzdělávacích programů na gymnáziu* [online]. Praha: Výzkumný ústav pedagogický v Praze, 2009 [cit. 2010-06-19]. Dostupné z WWW: <[http://www.vuppraha.cz/wp-content/uploads/2009/12/Manual\\_G.pdf](http://www.vuppraha.cz/wp-content/uploads/2009/12/Manual_G.pdf)>.
- [31] *Mauna Loa CO<sub>2</sub> monthly mean data* [online 2011]. Earth System Research Laboratory [cit. 2011-04-17]. Dostupné z WWW: <[ftp://ftp.cmdl.noaa.gov/ccg/co2/trends/co2\\_mm\\_mlo.txt](ftp://ftp.cmdl.noaa.gov/ccg/co2/trends/co2_mm_mlo.txt)>.
- [32] MIKULČÁK, J.; et al. *Matematické, fyzikální a chemické tabulky pro střední školy*. Praha: Prometheus, 1988.
- [33] MŠMT. *Rámcový vzdělávací program pro gymnázia*. Praha: VÚP, 2007.
- [34] MŠMT. *Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání*. Praha: VÚP, 2007.
- [35] MŠMT. *Vývoj české vzdělávací soustavy během uplynulých 20 let* [online]. Praha: MŠMT, 2009 [cit. 2010-06-20]. Dostupné z WWW: <<http://www.msmt.cz/vzdelavani>>.
- [36] MŠMT. *Zákon č. 49/2009 Sb., o předškolním, základním, středním, vyšším odborném a jiném vzdělávání (školský zákon)*. Praha: MŠMT, 2004
- [37] *National Energy Education Development Project* [online]. [cit. 2011-03-02]. Dostupné z WWW: <<http://www.need.org/node/156>>.
- [38] *National Science Education Standards* [online]. [cit. 2011-04-14]. Dostupné z WWW: <[http://www.nap.edu/openbook.php?record\\_id=4962](http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=4962)>.
- [39] NÁTR, L. *Země jako skleník: Proč se bát CO<sub>2</sub>*. Praha: Academia, 2006.
- [40] *Oxid uhličitý*. [online]. [cit. 2010-06-20]. Dostupné z WWW: <[http://cs.wikipedia.org/wiki/Oxid\\_uhli%C4%8Dit%C3%BD](http://cs.wikipedia.org/wiki/Oxid_uhli%C4%8Dit%C3%BD)>.
- [41] PALEČKOVÁ, J.; et al. *Hlavní zjištění výzkumu PISA 2006: Poradí si žáci s přírodními vědami?* [online]. Praha: ÚIV, 2007 [cit. 2010-06-20]. Dostupné z WWW: <<http://www.uiv.cz/clanek/205/1595>>.
- [42] PÁNEK, J.; DOULÍK, P.; ŠKODA, J. *Chemie 8: Pracovní sešit pro základní školy a víceletá gymnázia*. Plzeň: Fraus, 2006.
- [43] PAPÁČEK, M. *Badatelsky orientované přírodovědné vyučování - cesta pro biologické vzdělávání generací Y, Z a alfa?*. *Scientia in educatione* [online]. [cit. 2011-04-06]. Dostupný z WWW: <[www.scied.cz/FileDownload.aspx?FileID=391](http://www.scied.cz/FileDownload.aspx?FileID=391)>.

- [44] PAPÁČEK, M. Limity a šance zavádění badatelsky orientovaného vyučování přírodopisu a biologie v České republice. In. *Didaktika biologie v české republice 2010 a badatelsky orientované vyučování: Sborník příspěvků semináře*. České Budějovice: Jihočeská univerzita, 2010.
- [45] PISA 2006 – OECD Program pro mezinárodní hodnocení žáků. [online 7. 3. 2010] dostupné z URL: <[www.uiv.cz/clanek/240/1869](http://www.uiv.cz/clanek/240/1869)>
- [46] *PISA 2009 Results: Executive Summary* [online]. Paris: OECD Publishing, 2010 [cit. 2011-04-09]. Dostupné z WWW: <<http://www.pisa.oecd.org/dataoecd/34/60/46619703.pdf>>.
- [47] SAUGOUT, N.; ICHBIAH, D. *Život pro planetu Zemi: 365 tipů pro každodenní ekologický život*. Praha: Práh, 2009.
- [48] *Science Education NOW: A renewed Pedagogy for the Future of Europe* [online]. Russels: European Communities, 2007 [cit. 2011-04-06]. Dostupné z WWW: <[http://ec.europa.eu/research/science-society/document\\_library/pdf\\_06/report-rocard-on-science-education\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf)>.
- [49] SOLÁROVÁ, M. *Chemické pro základní a střední školu*. Brno: Paido, 1999.
- [50] STUHLÍKOVÁ, Iva. O badatelsky orientovaném vyučování. *Didaktika biologie v české republice 2010 a badatelsky orientované vyučování: Sborník příspěvků semináře*. České Budějovice: Jihočeská univerzita, 2010.
- [51] ŠKODA, J.; DOULÍK, P. *Chemie 8: Učebnice pro základní školy a víceletá gymnázia*. Plzeň: Fraus, 2006.
- [52] ŠULCOVÁ, R. Příprava učitelů chemie s uplatněním ICT a projektového přístupu. *Sborník příspěvků: Výuka projektového řízení na vysokých školách*. Brno: VUT v Brně, Fakulta Stavební, 2004.
- [53] ŠULCOVÁ, R.; KOLKOVÁ, J.; ŠACHOVÁ, A. Projektové vyučování a jeho význam. *Sborník příspěvků: Výuka projektového řízení na vysokých školách*. Brno: VUT v Brně, Fakulta Stavební, 2004.
- [54] ÚIV – Oddělení mezinárodních výzkumů. *Koncepce přírodovědné gramotnosti ve výzkumu PISA 2006*. Praha: ÚIV, 2006.
- [55] ZASPALOVÁ, J. *Červené zelí jako acidobazický indikátor* [online]. [cit. 2011-03-28]. Dostupné z WWW: <[http://web.natur.cuni.cz/studiumchemie/materialy/Jana\\_Zaspalova/zaci/CerveneZeli.pdf](http://web.natur.cuni.cz/studiumchemie/materialy/Jana_Zaspalova/zaci/CerveneZeli.pdf)>.

### Použité počítačové programy

- Pro tvorbu chemických vzorců byl použit program *ChemSketch 12.0*; dostupný z URL: <<http://www.acdlabs.com/>>
- Pro tvorbu výpočtů z chemických rovnic byl použit program *MathType 6*; dostupný z URL: <<http://www.slunecnice.cz/sw/mathtype/>>

## Seznam použitých obrázků

- Obr. 1:** Systém kurikulárních dokumentů [upraveno podle 34]
- Obr. 2:** Země zapojené do výzkumu PISA 2006 [41]
- Obr. 3:** Schéma složek přírodovědné gramotnosti ve výzkumu PISA 2006 [41]
- Obr. 4:** Žáci evropských zemí s omezenými kompetencemi [41]
- Obr. 5:** Rozdělení žáků podle úrovně způsobilosti v zemích OECD a EU [41]
- Obr. 6:** Tyčinkový a kuličkový model CO<sub>2</sub>; vytvořen v programu ChemSketch
- Obr. 7:** Fázový diagram oxidu uhličitého [40]
- Obr. 8:** Krystalová struktura suchého ledu [5]
- Obr. 9:** Suchý led [5]
- Obr. 10:** Jan Baptista van Helmont; [online 1. 5. 2011] dostupné z URL:  
<<http://www.homeoint.org/photo/uv/vanhel01.jpg>>
- Obr. 11:** Joseph Black; [online 1. 5. 2011] dostupné z URL:  
<[http://en.wikipedia.org/wiki/File:Black\\_Joseph.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Black_Joseph.jpg)>
- Obr. 12:** Joseph Priestley; [online 1. 5. 2011] dostupné z URL:  
<[http://www.wired.com/images/article/full/2007/08/080107\\_dayintech\\_580x.jpg](http://www.wired.com/images/article/full/2007/08/080107_dayintech_580x.jpg)>
- Obr. 13:** Hlavní příznaky otravy oxidem uhličitým [převzato a přeloženo podle 5]
- Obr. 14:** Atom uhlíku; [online 26. 3. 2011] dostupné z URL:  
upraveno podle <<http://newenergyandfuel.com/wp-content/uploads/2008/06/carbon-atom.gif>>
- Obr. 15:** Struktura diamantu; [online 25. 3. 2011] dostupné z URL:  
<[http://www.aldebaran.cz/bulletin/2008\\_08/mrizDiamant.jpg](http://www.aldebaran.cz/bulletin/2008_08/mrizDiamant.jpg)>
- Obr. 16:** Struktura grafitu; [online 25. 3. 2011] dostupné z URL:  
<[http://www.aldebaran.cz/bulletin/2008\\_08/mrizGrafit.jpg](http://www.aldebaran.cz/bulletin/2008_08/mrizGrafit.jpg)>
- Obr. 17:** Koloběh uhlíku 1; [online 25. 3. 2011] dostupné z URL:  
přeloženo podle <<http://www.physicalgeography.net/fundamentals/images/carboncycle.jpg>>
- Obr. 18:** Pilotní projekt v Lacq; [online 1. 3. 2011] dostupné z URL: přeloženo podle  
<[http://bioage.typepad.com/photos/uncategorized/carbon\\_capture\\_geological\\_storage.jpg](http://bioage.typepad.com/photos/uncategorized/carbon_capture_geological_storage.jpg)>
- Obr. 19:** Logo uhlíkové stopy; [online 4. 3. 2011] dostupné z URL:  
<<http://www.carbonfootprint.com>>
- Obr. 20:** Uhlíková stopa značící nižší spotřebu energie výrobku;  
[online 4. 3. 2011] dostupné z URL:  
<<http://www.cnmonline.co.uk/Wahl-9-Desk-amp-Wall-Mounted-Fan-2-Speed-pr-34742.html>>
- Obr. 21:** Kalkulátor uhlíkové stopy; [online 4. 3. 2011] dostupné z URL:  
<<http://www.carbonfootprint.com/calculator.aspx>>
- Obr. 22:** Skleníkové efekty; [online 5. 4. 2011] dostupné z URL:  
<<http://www.slideshare.net/mrcornish/what-are-the-human-causes-of-recent-climate-change>>
- Obr. 23:** Skleníkový efekt 1, [online 25. 3. 2011] dostupné z URL:  
<<http://academics.rmu.edu/faculty/short/phys2610/phys2610-anim/greenhouse-effect/>>
- Obr. 24:** Skleníkový efekt 2, [online 25. 3. 2011] dostupné z URL:

- <<http://academics.rmu.edu/faculty/short/phys2610/phys2610-anim/greenhouse-effect/>>
- Obr. 25:** Skleníkový efekt 3, [online 25. 3. 2011] dostupné z URL:  
<<http://academics.rmu.edu/faculty/short/phys2610/phys2610-anim/greenhouse-effect/>>
- Obr. 26:** Skleníkový efekt 4, [online 25. 3. 2011] dostupné z URL:  
<<http://academics.rmu.edu/faculty/short/phys2610/phys2610-anim/greenhouse-effect/>>
- Obr. 27:** Skleníkový efekt 5, [online 25. 3. 2011] dostupné z URL:  
<<http://academics.rmu.edu/faculty/short/phys2610/phys2610-anim/greenhouse-effect/>>
- Obr. 28:** Atmosféra: [37]
- Obr. 29:** Biosféra: [37]
- Obr. 30:** Hydrosféra: [37]
- Obr. 31:** Litosféra: [37]
- Obr. 32:** Mapa světa; [online 5. 4. 2011] dostupné z URL:  
<[http://mapsof.net/uploads/static-maps/world\\_map\\_outline.gif](http://mapsof.net/uploads/static-maps/world_map_outline.gif)>
- Obr. 33:** Afrika [14]
- Obr. 34:** Koloběh uhlíku 2; [online 5. 4. 2011] dostupné z URL:  
<[http://vitejtenazemi.cenia.cz/hry/vzduch/kolobeh\\_uhliku/index.html](http://vitejtenazemi.cenia.cz/hry/vzduch/kolobeh_uhliku/index.html)>
- Obr. 35:** GHS05; [online 31. 3. 2011] dostupné z URL:  
<<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a1/GHS-pictogram-acid.svg>>
- Obr. 36:** GHS09; [online 31. 3. 2011] dostupné z URL:  
<<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b9/GHS-pictogram-pollu.svg>>
- Obr. 37:** Příprava oxidu uhličitého – aparatura na přípravu a jímání plynu,  
[online 30. 3. 2011] dostupné z URL:  
<<http://www.ped.muni.cz/wchem/sm/hc/anorglab/soubory/navody/1.htm>>
- Obr. 38:** Vápenná voda na začátku pokusu; vlastní fotografie
- Obr. 39:** Vápenná voda na konci pokusu; vlastní fotografie
- Obr. 40:** Vdechování vzduchu; vlastní fotografie
- Obr. 41:** Listy červeného zelí; vlastní fotografie
- Obr. 42:** Výluh z červeného zelí; vlastní fotografie
- Obr. 43:** Roztok kyseliny uhličitě, jemně perlivá minerálka, Coca-Cola; vlastní fotografie
- Obr. 44:** Cola; [online 23. 3. 2011] dostupné z URL:  
<[http://www.nabizi.cz/data/605/\\_vyrn\\_111coca-cola-0-5.jpg](http://www.nabizi.cz/data/605/_vyrn_111coca-cola-0-5.jpg)>
- Obr. 45:** Jedlá soda a kyselina citrónová; vlastní fotografie
- Obr. 46:** Gymnázium Zlín – Lesní Čtvrť; vlastní fotografie
- Obr. 47:** Průběh testování v tercii; vlastní fotografie
- Obr. 48:** Průběh testování v maturitním ročníku; vlastní fotografie

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Pracovní list - zadání
Příloha 2	Protokol k pokusu: Příprava a vlastnosti oxidu uhličitého
Příloha 3	Protokol k pokusu: Důkaz CO <sub>2</sub> pomocí vápenné vody Ca(OH) <sub>2</sub>
Příloha 4	Protokol k pokusu: Kyselost oxidu uhličitého
Příloha 5	Protokol k pokusu: Kolik CO <sub>2</sub> je obsaženo v Coca-Cole?
Příloha 6	Protokol k pokusu: Vytvořte si oxid uhličitý a uhašte jím špejli
Příloha 7	Ukázka pracovních listů vyplněných žáky
Příloha 8	Ukázka dotazníků vyplněných žáky
Příloha 9	Fotografická dokumentace testování ve škole
Příloha 10	CD s PowerPointovou prezentací

## Příloha 1

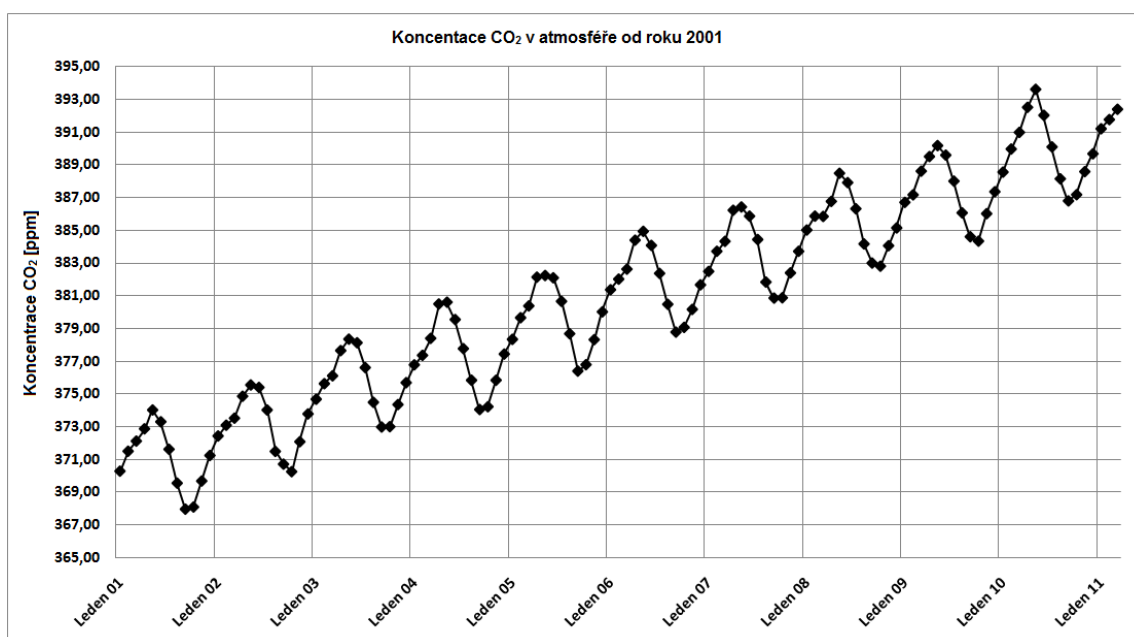
Téma: **Oxid uhličitý**

Jméno a příjmení: .....

# Pracovní list

(Samostatná práce)

1. Měsíční průměry koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře jsou již od roku 1957 zaznamenávány havajskou observatoří Mauna Loa. Při řešení následujících úkolů vycházejte z hodnot uvedených v grafu, který zaznamenává koncentrace  $\text{CO}_2$  od roku 2001 až do současnosti.



- A) Odhadněte (na celá čísla) množství oxidu uhličitého v lednu 2001.

Výsledek \_\_\_\_\_ ppm

- B) Odhadněte (na celá čísla) množství oxidu uhličitého v lednu 2011.

Výsledek \_\_\_\_\_ ppm

- C) Zjistěte, o kolik se zvýšila koncentrace  $\text{CO}_2$  od ledna 2001 do ledna 2011. Výsledek přepočítejte z jednotek ppm (parts per milion) na procenta.

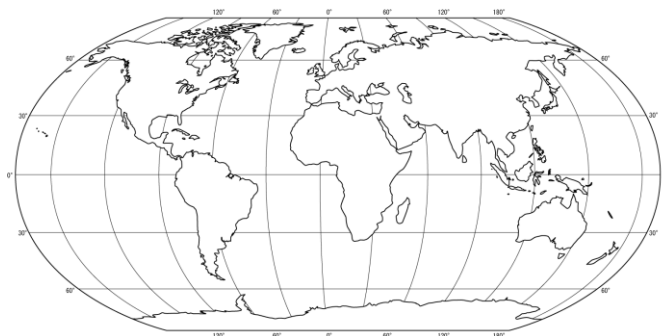
.....

Výsledek \_\_\_\_\_ %

D) Odhadněte, za kolik let bude množství CO<sub>2</sub> v atmosféře dvojnásobné oproti dnešní hodnotě za předpokladu, že trend v jeho růstu zůstane stejný jako v posledních deseti letech.

Výsledek \_\_\_\_\_ let

E) Z grafu vyplývá, že koncentrace CO<sub>2</sub> v průběhu každého roku kolísá. Pokuste se vysvětlit, co je příčinou tohoto jevu. Také popřemýšlejte, jakou roli v tom může hrát geografická poloha Havajského souostroví. Najděte Havajské souostroví na mapě a zakroužkujte jej.



Nápověda:

Zeměpisná šířka:

18°55' s.š. - 29° s.š.

Zeměpisná délka:

154°40' z.d. - 162° z.d.

---



---



---

2. Oxid uhličitý je plynem dvou tváří: pro život na Zemi je velmi důležitý, zároveň je ale škodlivý. Pokuste se sepsat z ekologického hlediska 2 kladné a 2 záporné stránky tohoto plynu.

⊕ **KLADY**

- 
-

⊖ **ZÁPORY**

- 
-



**3. Přečtěte si následující text a odpovězte na otázky, které se k němu vztahují.**

26. srpna 1986 bylo více než 1700 lidí žijících v údolí pod jezerem Nyos v Kamerunu zabito oxidem uhličitým. Jezero se nachází v kráteru staré sopky. Oxid uhličitý unikal z magmatu hluboko uvnitř Země a sytil vodu v jezeře. Rozpuštěný oxid uhličitý zůstal u dna jezera.

Pravděpodobný sesuv půdy narušil rovnováhu jezera a způsobil, že voda bohatá na oxid uhličitý vystoupala k povrchu jezera. Během noci se však oblak oxidu uhličitého uvolnil, putoval dolů do údolí a zadusil všechny vesničany a dobytek v okolí.



**A) Proč zůstal oxid uhličitý u dna jezera (před sesuvem půdy)?**

---

---

**B) Proč se oxid uhličitý šířil dolů do údolí?**

---

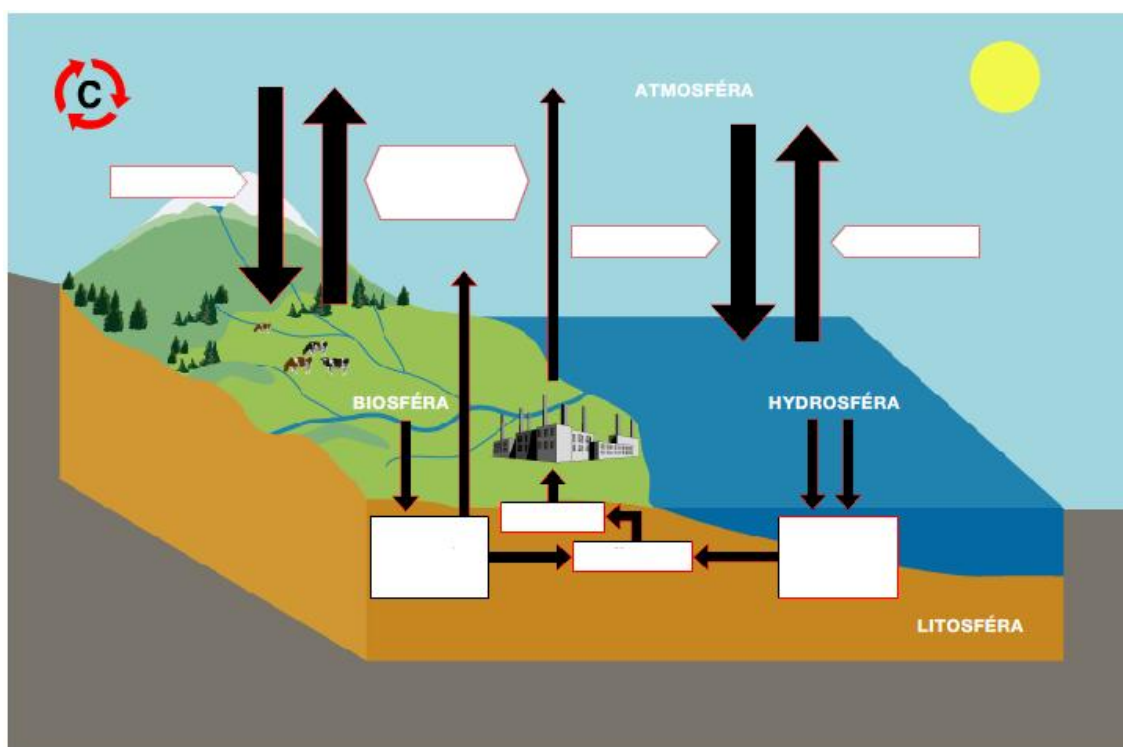
---

**C) Kolik procent oxidu uhličitého je ve vdechovaném vzduchu? Kolik procent oxidu uhličitého vydechujete? A kolik procent oxidu uhličitého je pro lidský organismus smrtelných (odhadněte)?**

Oxid uhličitý	Množství [obj. %]
Vdechovaný	
Vydechovaný	
Pro lidský organismus smrtelný	

4. Správně přiřaďte pojmy 1 - 7 do prázdných míst obrázku a podle vlastního uvážení vyplňte vynechaný text úkolů A - E.

- 1) absorpce CO<sub>2</sub>
- 2) uhlí, ropa
- 3) mrtvá organická hmota (2x)
- 4) fotosyntéza
- 5) sedimenty
- 6) desorpce CO<sub>2</sub>
- 7) dýchání, spalování, lesní požáry.



- A) Oxid uhličitý je uvolňován do atmosféry přírodním způsobem: \_\_\_\_\_,  
 \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_.
- B) Tři lidské aktivity, které uvolňují CO<sub>2</sub>, jsou \_\_\_\_\_,  
 \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_.
- C) Oxid uhličitý je zachycován rostlinami během procesu zvaného \_\_\_\_\_.
- D) Rostliny z oxidu uhličitého a \_\_\_\_\_ za pomoci \_\_\_\_\_  
 vyrábějí \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_.
- E) Pro organismus jsou sacharidy z biochemického hlediska \_\_\_\_\_.

## **Příloha 2**

# **PŘÍPRAVA A VLASTNOSTI OXIDU UHLIČITÉHO**

### **Zadání**

Připravte oxid uhličitý reakcí uhličitanu s kyselinou a ověřte vlastnosti pro něj typické.

### **Úvod**

Oxid uhličitý se v laboratoři připravuje rozkladem uhličitanů silnou anorganickou kyselinou. V této laboratorní práci budete pracovat s kyselinou chlorovodíkovou, která se řadí mezi žíraviny. Je třeba pracovat velmi opatrně, samozřejmě je pracovní plášť, na očích ochranné brýle a na rukách rukavice. Protože je kyselina chlorovodíková velmi nebezpečná látka pro životní prostředí, nikdy ji nevylévejte do výlevky, ale do odpadní láhve.

K důkazu oxidu uhličitého slouží vápenná voda. Ve styku s oxidem uhličitým vzniká bílá sraženina uhličitanu vápenatého. Jako vápenná voda se označuje čistý (přefiltrovaný) roztok rozpuštěného hydroxidu vápenatého ve vodě. Hydroxid vápenatý je bílá pevná látka. Je žíravý, a proto je třeba dodržovat bezpečnostní opatření, tj. pracovat s ochrannými brýlemi a rukavicemi.

Oxid uhličitý nepodporuje hoření, proto jeho přítomnost můžeme dokázat hořící špejlí, která v prostředí  $\text{CO}_2$  zhasne. Hořící špejlí můžeme ověřit i další vlastnost oxidu uhličitého – a to, že je to plyn těžší než vzduch.

### **Chemikálie**

HCl (w = 20%),  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{Ca(OH)}_2$

### **Pomůcky**

Dělicí nálevka, frakční baňka, promývací baňka, válec, špejle, zápalky

### **Pracovní postup**

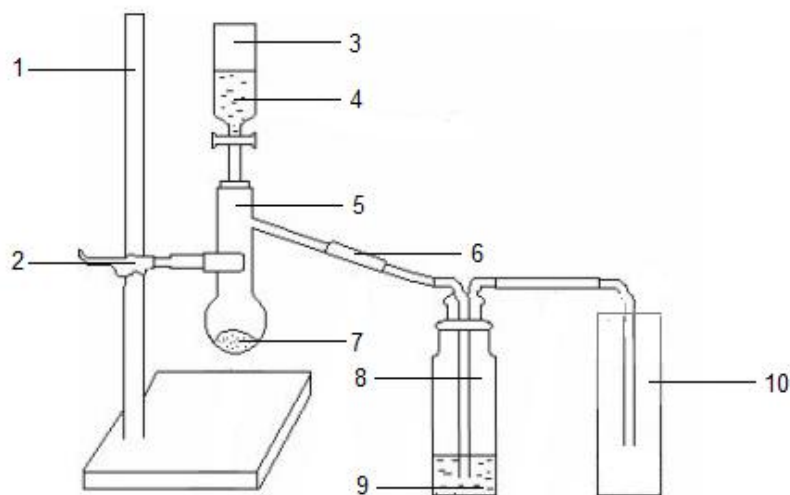
- 1) Sestavte aparaturu na vývoj plynu, připojte k ní promývací baňku s vodou a za ni prázdný skleněný válec, postavený na stole, přívodní zahnutá trubice z promývací baňky by měla sahat do spodní části válce.
- 2) Do kádinky s destilovanou vodou nasypejte lžičku hydroxidu vápenatého a zamíchejte skleněnou tyčinkou, dokud se roztok nenasytí. (Proces můžete urychlit, když roztok v kádince mírně zahřejete.) Následně směs zfiltrujte. Výsledný roztok se nazývá vápenná voda.
- 3) Do dělicí nálevky nalijte asi  $30 \text{ cm}^3$  kyseliny chlorovodíkové, do frakční baňky nasypejte asi 10 g uhličitanu vápenatého a do promývacího válce nalijte do  $\frac{1}{4}$  čirou vápennou vodu. Přesvědčte se o dobrém těsnění všech uzávěrů a spojů. Reakci spusťte až po zkontrolování/odsouhlasení vaší aparatury vyučujícím.

- 4) Z dělicí nálevky přidávejte k vápenci postupně kyselinu chlorovodíkovou. Vznikající oxid uhličitý probublává vodu v promývací baňce, pozorujte, co se děje s vápennou vodou.
- 5) Nerozpuštěný CO<sub>2</sub> je odváděn do válce. Po ukončení reakce zasuňte do válce s CO<sub>2</sub> hořící špejli. Pozorujte, zda špejle zhasne. Po chvíli opět zasunujte hořící špejli do válce a pozorujte, v které části válce špejle zhasne.

### Výsledky pozorování a závěr

### Otázky a úkoly

1. Napište rovnici reakce uhličitanu vápenatého s kyselinou chlorovodíkovou, rovnici vyčíslíte a doplňte symboly skupenství ke všem reaktantům a produktům.
2. Popište číslicemi označené části aparatury na přípravu a jímání plynu.



3. Kolik dm<sup>3</sup> CO<sub>2</sub> vznikne reakcí 10 g CaCO<sub>3</sub> s kyselinou chlorovodíkovou za standardních podmínek (t = 0 °C; p = 101 325 Pa) a za předpokladu, že se oxid uhličitý chová jako ideální plyn?

### Příloha 3

## DŮKAZ CO<sub>2</sub> POMOCÍ VÁPENNÉ VODY Ca(OH)<sub>2</sub>

### Zadání

Dokažte ve vydechovaném vzduchu oxid uhličitý.

### Úvod



Oxid uhličitý je součástí naší atmosféry, kde tvoří 0,04 objemových procent. Vzniká při spalování látek organického původu a je produktem látkové přeměny v organismu. Je proto také součástí vzduchu, který vydechujeme. Příložená tabulka ukazuje rozdílné složení vdechovaného a vydechovaného vzduchu.

Zastoupené prvky	Složení vzduchu [obj. %]	
	Vdechovaný	Vydechovaný
Kyslík	20,94	15 - 16
Dusík a vzácné plyny	79,02	79
Oxid uhličitý	0,04	4 - 6

K důkazu oxidu uhličitého slouží vápenná voda. Vzniká bílá sraženina uhličitanu vápenatého. Vápenná voda se připravuje rozpuštěním hydroxidu vápenatého ve vodě. Hydroxid vápenatý je bílá pevná látka. Je žíravý, a proto je třeba dbát bezpečnostním opatřením, tj. pracovat s ochrannými brýlemi a rukavicemi.

### Chemikálie

Ca(OH)<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>

### Pomůcky

Kádinky, brčko

### **Pracovní postup**

1. Do kádinky s destilovanou vodou nasypejte lžičku hydroxidu vápenatého a zamíchejte skleněnou tyčinkou, dokud se roztok nenasytí. (Proces můžete urychlit, když roztok v kádince mírně zahřejete.) Následně směs zfiltrujte. Výsledný roztok se nazývá vápenná voda.
2. Do 1/3 kádinky nalijte vápennou vodu.
3. Brčkem vdechujte vzduch z plic do vápenné vody.
4. Pozorujte, co se děje s vápennou vodou a svá pozorování pečlivě zapište.

### **Výsledky pozorování a závěr**

### **Otázky a úkoly**

1. Vysvětlete pojem vápenná voda.
2. Napište rovnici reakce vápenné vody a oxidu uhličitého, rovnici vyčíslete a doplňte symboly skupenství ke všem reaktantům a produktům.
3. Napište dva triviální názvy pro hydroxid vápenatý.

## Příloha 4

# KYSELOST OXIDU UHLIČITÉHO

### Zadání

Na základě barvy Vámi vyrobeného acidobazického indikátoru ověřte kyselé vlastnosti oxidu uhličitého.

### Úvod



Hodnoty pH se dají stanovit několika způsoby. Jedním z nich je použití tzv. acidobazických indikátorů. Jedná se o látky, jejichž zbarvení je závislé na pH roztoku. Tyto látky obsahují antokyany, ve vodě rozpustné pigmenty ve vakuolách některých buněk. Kyselé roztoky antokyanů bývají červené, neutrální fialové a zásadité modré.

Antokyany mají značné rozšíření v přírodě. Zbarvují např. modře květy pomněnek, červeně květy máků či růží, dále jsou obsaženy v mnohých plodech (ptačí zob, černý rybíz aj.) v listech (červené zelí) apod. Přiložená tabulka ukazuje změny barvy v závislosti na pH pro výluh z červeného zelí.

Přibližné pH	2	4	6	8	10	12
Barva indikátoru	červená	fialová	purpurová	modrá	modrozelená	zelená

Oxid uhličitý se jako E 290 přidává do celé řady sycených nebo perlivých nápojů. Jeho přídavek způsobuje mírnou kyselost nápoje, a ten se tak stává chutnějším, navíc nápoj vydrží delší dobu, aniž by se zkazil.

### Chemikálie

Červené zelí, voda, CO<sub>2</sub>, Coca-Cola<sup>®</sup>, jemně perlivá minerální voda

### Pomůcky

Kádinka, zkumavky, kapátko, brčko, pH papírky

### Pracovní postup

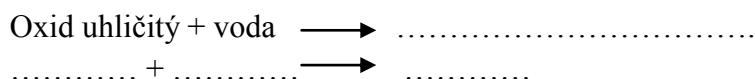
1. Listy (2 až 3) červeného zelí nakrájejte na kousky a dejte vařit do 200 cm<sup>3</sup> vody, vznikne vám výluh červené barvy. Výluh nechte vychladnout tak, abyste s ním mohli zacházet a opatrně ho slijte.
2. Vytvořte roztok slabé kyseliny uhličitě: do kádinky s vodou vdechujte brčkem vzduch z plic.
3. Do zkumavek nalijte 2 - 3 cm<sup>3</sup> vzorků (roztok kyseliny uhličitě, Coca-Cola, jemně perlivá minerální voda).
4. Ke každému vzorku přidejte kapátkem několik kapek připraveného výluhu, důkladně protřepejte a sledujte barevnou změnu. Svá pozorování запиšte do tabulky, případně si svůj odhad můžete ověřit pomocí pH papírku.

### Výsledky pozorování a závěr

Vzorek	Barva výluhu	Odhadnuté pH výluhu	pH podle papírku

### Otázky a úkoly

1. Doplněte produkt následující reakce, reakci запиšte pomocí chemické rovnice a vyberte z nabídky, jaké pH bude produkt mít.



pH:      kyselé      slabě kyselé      neutrální      slabě zásadité      zásadité

2. Zapište vzorcem uhličitánový aniont.
3. Do průmyslu a laboratoří se oxid uhličitý dodává zkapalněný pod tlakem v ocelových lahvách. Jakou barvou jsou tyto lahve označeny?



## Příloha 5

# KOLIK CO<sub>2</sub> JE OBSAŽENO V COCA-COLE?

### Zadání

Zjistěte množství oxidu uhličitého rozpuštěného v různých sycených nápojích a jeho množství uvolněné za rozdílných teplot.

### Úvod

První sycené nápoje byly vody přirozeně sycené oxidem uhličitým z minerálních pramenů. V roce 1772 známý anglický chemik Joseph Priestley vynalezl postup pro umělé sycení nápojů. Oxid uhličitý vyráběl kapáním kyseliny sírové na křídou. V té době byl oxid uhličitý nazýván „nehybným vzduchem“.

Přídavek oxidu uhličitého způsobuje mírnou kyselost nápoje a ten se tak stává chutnějším, navíc nápoj vydrží delší dobu, aniž by se zkazil.

Cola ve Vaší lahvi je natlakovaná a hodnota jejího tlaku je 0,2 MPa. Pokud byste dostali z obsahu lahve všechny oxid uhličitý, naplnili byste objem 4x větší než má samotná Cola.

Tato limonáda patří pro svou lahodnou chuť k nejoblíbenějším nápojům mladých lidí. Colové nápoje obsahují kofein, který má povzbuzující účinky na organismus, dále cukr, karamel (pro odbarvení), vodu a oxid uhličitý.

Kofein se získává ze semen ořechů dřeviny kola, která pochází z Afriky. Množství cukru v 1 l Coca-Coly odpovídá 108 g cukru.



### Chemikálie

0,5 l plastová láhev Coca-Coly® (3 ks)

### Pomůcky

Laboratorní váhy

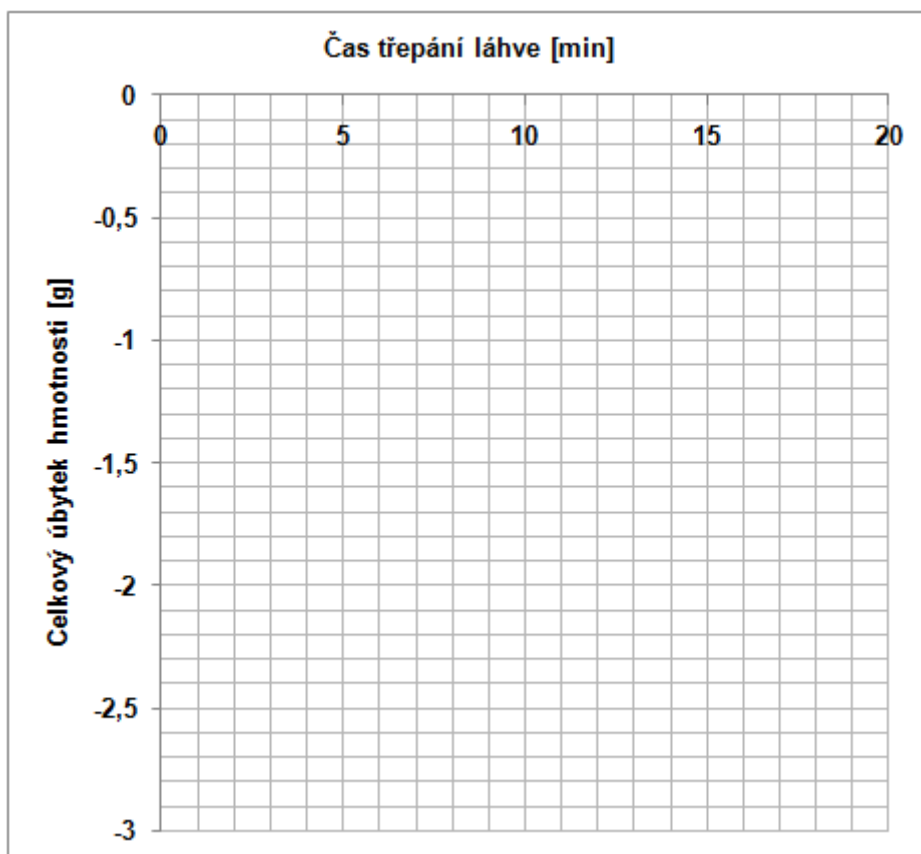
### Pracovní postup

1. Zvažte láhev Coca-Coly na laboratorních vahách. Poté s lahví důrazně třeste po dobu několika sekund, dokud nevidíte pěnu. Nechte pěnu klesat a pomalu otevírejte lahvový uzávěr tak, aby se tlak plynu uvolnil bez vystříknutí jakékoliv tekutiny. Následně uzávěr utáhněte a zvažte láhev na vahách. Změna v hmotnosti nám říká, kolik plynu se uvolnilo, když jsme otevřeli uzávěr.
2. Tento proces opakujte v přesných minutových intervalech ještě několikrát. Zaznamenávejte si změnu v hmotnosti (zaokrouhľujte na 3 desetinná místa) do té doby, dokud se změna hmotnosti téměř nemění.
3. Tento pokus opakujte ještě s dalšími dvěma lahvemi. Následně pokusy zprůměrujte. Do průměru nezahrnujte měření s první lahví – je to proto, že se učíte zacházet s natlakovanou lahví (tak aby nebyla Cola po celé místnosti!!!). Zprůměrované hodnoty vyneste do grafu a proložte je logaritmickou křivkou.

### Výsledky pozorování a závěr

Měření č.	Čas [min]	Hmotnost [g]			
		Láhev 1	Láhev 2	Láhev 3	Průměr *
1	1				
2	2				
3	3				
4	4				
5	5				
6	7				
7	9				
8	11				
9	13				
10	15				

\* Zprůměrujte pouze výsledky z „láhev 2“ a „láhev 3“



## **Výsledky pozorování a závěr**

### **Otázky a úkoly**

1. Jak by se změnilы výsledky tohoto experimentu, kdyby byla použita vychlazená sodovka?
2. Mohli byste změřit pH limonády před a po vytřepávání? Jak se podle Vás změní?
3. Obsahují stejné množství oxidu uhličitého limonády uzavřené v plastové a skleněné lahvi?
4. Vypočítejte, kolik oxidu uhličitého se nachází ve 2l láhvi Coca-Coly?

## Příloha 6

### VYROBTE OXID UHLIČITÝ A UHAŠTE JÍM OHĚŇ

#### Zadání

Vyrobte pomocí běžných kuchyňských přísad oxid uhličitý, ověřte jeho hasící účinky a vypracujte zadané úkoly.

#### Úvod



Oxid uhličitý je plyn bez barvy a zápachu, který nepodporuje hoření a hasí plamen. Proto se v podobě sněhu nebo plynu používá v hasicích přístrojích.

Oxid uhličitý se uvolňuje při spalování dřeva, uhlí, nafty a všech produktů z nafty a zemního plynu. Rovněž vzniká při dýchání a kvašení cukrů. Např. vzduchové bubliny v upečeném chlebu nebo pečivu jsou způsobené právě uvolňujícím se oxidem uhličitým.

Oxid uhličitý není jedovatý, ale přesáhne-li obsah oxidu uhličitého ve vzduchu 10%, působí nevolnost a může dojít k udušení v důsledku nedostatečného přístupu kyslíku do plic. Proto je třeba v kvasných sklepích, v silech se zelenou pící, v hlubokých studnách aj., kde se může ve zvýšené míře vyskytovat oxid uhličitý, dbát opatrnosti.

#### Chemikálie

Voda, jedlá soda, citrónka nebo kyselina citrónová nebo ocet

#### Pomůcky

Sklenice, lžička, špejle, zápalky

#### Pracovní postup

1. Sklenici naplňte do půlky vodou a nasypete  $\frac{1}{2}$  lžičky jedlé sody.
2. Přilijte 1 lžičku citrónky nebo přisypte  $\frac{1}{2}$  lžičky kyseliny citrónové (nebo 1 lžičku octa), zamíchejte a pozorujte, co se děje.
3. Poté vložte do sklenice nad bublající směs hořící špejli a pozorujte, co se děje.
4. Svá pozorování pečlivě zapište.

## Výsledky pozorování a závěr

### Otázky a úkoly

1. Napište systematický název a vzorec jedlé sody.
2. Vyhledej chybějící údaje v matematických, fyzikálních a chemických tabulkách.

Název	Vzorec	Barva	$M_r$	$t_t$ [°C]	$t_v$ [°C]	$\rho^*$ [kg/m <sup>3</sup> ]
Oxid uhličitý						

\* při teplotě 25 °C

3. Oxid uhličitý, produkt alkoholového kvašení (přesněji ethanolového kvašení), uniká v bublinkách z pravého šampaňského vína a z piva, jakmile se láhev otevře. Napište rovnici této reakce, vyčíslete ji, doplňte symboly skupenství a názvy k reaktantům a produktům.
4. Pevný oxid uhličitý (zkapalněný a následně ztužený) se používá v potravinářství k chlazení. Pod jakým triviálním názvem je znám?

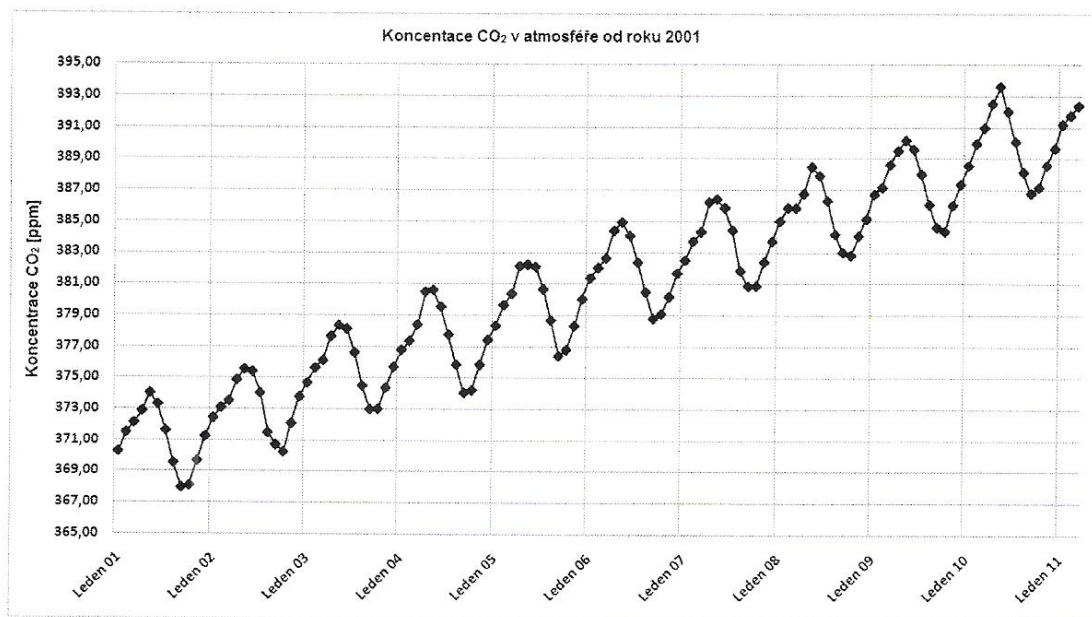
## Příloha 7

Téma: Oxid uhličitý

Jméno a příjmení: Eva Šimáčková

### Pracovní list (Samostatná práce)

1. Měsíční průměry koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře jsou již od roku 1957 zaznamenávány havajskou observatoří Mauna Loa. Při řešení následujících úkolů vycházejte z hodnot uvedených v grafu, který zaznamenává koncentraci CO<sub>2</sub> od roku 2001 až do současnosti.



- A) Odhadněte množství oxidu uhličitého v lednu 2001.

Výsledek 370 ppm

- B) Odhadněte množství oxidu uhličitého v lednu 2011.

Výsledek 391 ppm

- C) Zjistěte, o kolik se zvýšila koncentrace CO<sub>2</sub> od ledna 2001 do ledna 2011. Výsledek přepočítejte z jednotek ppm (parts per milion) na procenta.

$$\begin{aligned} 0 &= 370 && \rightarrow a \text{ 21 ppm} \\ 11 &= 391 \\ \frac{21}{370} &= \frac{x}{100} && \rightarrow x = \frac{2100}{370} = 5,68\% \\ 21 \text{ má } 1000 \text{ 000} \\ 21000 &\rightarrow \\ 0,0021 \text{ má } 100 &&& 0,0021 \end{aligned}$$

21 částí na milion

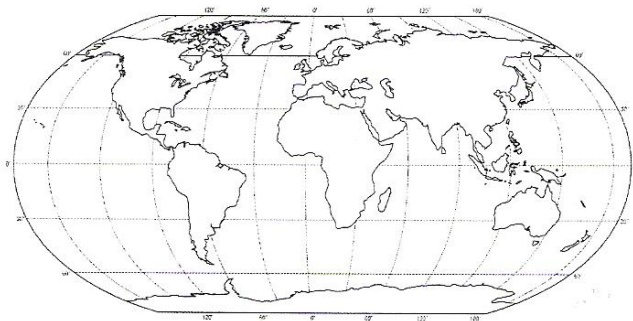
Výsledek 5,68 %

D) Odhadněte, za kolik let bude množství CO<sub>2</sub> v atmosféře dvojnásobné oproti dnešní hodnotě za předpokladu, že trend v jeho růstu zůstane stejný jako v posledních deseti letech.

$$\begin{array}{r}
 12a \quad 10 \text{ let} - 21 \text{ ppm} \\
 2a \quad x \text{ let} \dots 391 \\
 \hline
 391 \cdot 11 = 18,6; \quad 18,6 \cdot 10 = 186 \\
 x = \frac{391 \cdot 11}{21} = 2048 \checkmark = 205
 \end{array}$$

Výsledek 205 let

E) Z grafu vyplývá, že koncentrace CO<sub>2</sub> v průběhu každého roku kolísá. Pokuste se vysvětlit, co je příčinou tohoto jevu. Také popřemýšlejte, jakou roli v tom může hrát geografická poloha havajského souostroví. Najděte havajské souostroví na mapě a zakroužkujte jej.



Nápověda:  
 Zeměpisná šířka:  
 18°55' s.š. - 29° s.š.  
 Zeměpisná délka:  
 154°40' z.d. - 162° z.d.

Každou zimu ve vyspělých zemích (Evropě) které jsou osídlené a na severu lidí dopřevětřina elektrárn spaluje fosilní paliva a vypouští CO<sub>2</sub>. Na Havaji nepotřebují dopřevětřina.

2. Oxid uhličitý je plynem dvou tváří: pro život na Zemi je velmi důležitý, zároveň je ale škodlivý. Pokuste se sepsat 2 kladné a 2 záporné stránky tohoto plynu.

**⊕ KLADY**

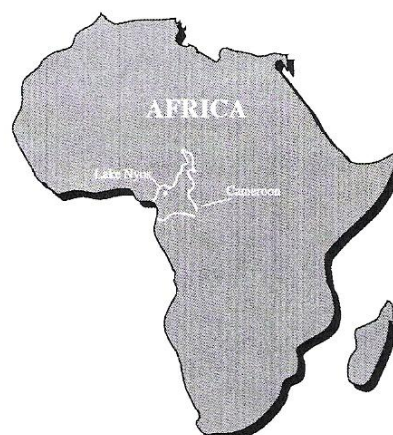
- nezbytný pro fotosyntézu, nepřimo pro dýchání
- bublinky v kofele

**⊖ ZÁPORY**

- skleníkový efekt
- nedýchateľný, pro neopatrné lidi smrt v jeskyních

3. Přečtěte si následující text a odpovězte na otázky, které se k němu vztahují.

26. srpna 1986 bylo více než 1700 lidí žijících v údolí pod jezerem Nyos v Kamerunu zabito oxidem uhličitým. Jezero se nachází v kráteru staré sopky. Oxid uhličitý unikal z magmatu hluboko uvnitř Země a sytil vodu v jezeře. Rozpuštěný oxid uhličitý zůstal u dna jezera.



Pravděpodobný sesuv půdy narušil rovnováhu jezera a způsobil, že voda bohatá na oxid uhličitý vystoupala k povrchu jezera. Během noci se však oblak oxidu uhličitého uvolnil, putoval dolů do údolí a zadusil všechny vesničany a dobytek v okolí.

A) Proč zůstal oxid uhličitý u dna jezera (před sesuvem půdy)?

*těžší než vzduch - těžší i než voda se nasycená  
vzduchem*

B) Proč se oxid uhličitý šířil dolů do údolí?

*- těžší než vzduch - klesal*

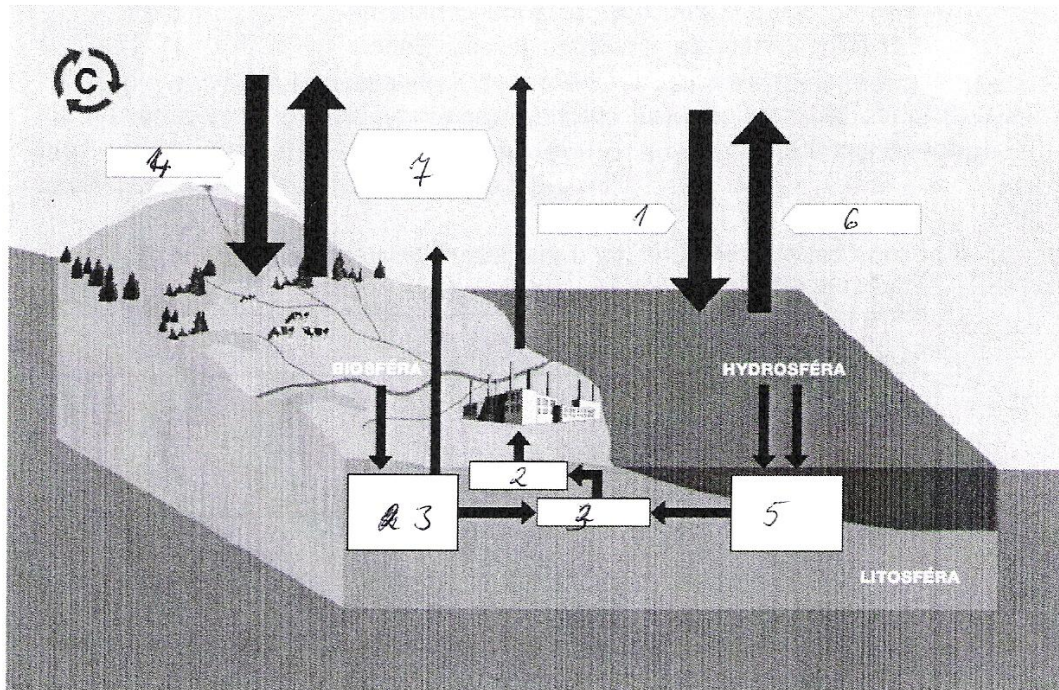
C) Kolik procent oxidu uhličitého je ve vdechovaném vzduchu? Kolik procent oxidu uhličitého vydechujete? A kolik procent oxidu uhličitého je pro lidský organismus smrtelný?

Oxid uhličitý	Množství [%]
Vdechovaný	<i>0,04%</i> <i>0,03%</i>
Vydechovaný	<i>2%</i>
Pro lidský organismus smrtelný	<i>80%</i>



4. Správně přiřaďte pojmy 1 - 7 do prázdných míst obrázku a vyplňte vynechaný text úkolů A - E.

- 1) absorpce CO<sub>2</sub>
- 2) uhlí, ropa
- 3) mrtvá organická hmota (2x)
- 4) fotosyntéza
- 5) sedimenty
- 6) desorpce CO<sub>2</sub>
- 7) dýchání, spalování, lesní požáry.



- A) Oxid uhličitý je uvolňován do atmosféry spalováním (rozkladem), dýcháním a lesními požáry.
- B) Tři lidské aktivity, které uvolňují CO<sub>2</sub> jsou spalování fosilních paliv, biomasy, dýchání a zakládání lesních požárů.
- C) Oxid uhličitý je zachycován rostlinami během procesu zvaného \_\_\_\_\_.
- D) Rostliny z oxidu uhličitého a H<sub>2</sub>O za pomoci slunečního záření vyrábějí O<sub>2</sub> a energii.
- E) Sacharidy mají úlohu přenášení energie v potravním řetězci.

## Příloha 8

### Dotazník pro žáky

U každé otázky zaškrtněte vždy jen jednu variantu.

**1. Byly pro vás zadané úkoly v pracovním listu srozumitelné?**

- Ne, zadání většiny úkolů jsem nepochopil/a.
- Většinou ano, jen pár úkolům jsem neporozuměl/a.
- Ano, zadání úkolů bylo srozumitelné.

**2. Bylo pro vás vyplnění tohoto pracovního listu časově náročné?**

- Úkolů bylo příliš mnoho, uvítal/a bych více času.
- Čas vyměřený k provedení pracovního listu je adekvátní.
- Na vypracování pracovního listu by stačilo méně času.

**3. Máte pocit, že jste se dozvěděli něco nového?**

- Ne, všechno jsme již ve vyučovacích hodinách probírali.
- Asi ano, s některými informacemi jsem se setkal/a poprvé.
- Ano, toto učivo jsme ve vyučovacích hodinách neprobírali.

**4. Která část pracovního listu pro vás byla nejsložitější?**

- Práce s grafem.
- Práce s textem.
- Práce s obrázkem.

**5. Líbilo se vám propojení chemie s biologií, matematikou a zeměpisem?**

- Ne, upřednostňuji klasické hodiny chemie.
- Tohoto propojení jsem si nevšimnul/a.
- Ano, poznatky z jiných předmětů mohu využít i v chemii.

**6. Chtěli byste práci s podobným pracovním listem někdy zopakovat?**

- Ne, tento pracovní list pro mě nebyl žádným přínosem.
- Asi ano, bylo to příjemné zpestření vyučovací hodiny chemie.
- Určitě ano, zábavným způsobem jsem si rozšířil/a své vědomosti nejen z chemie.

Napište, prosím, jakékoliv další Vaše náměty, postřehy či připomínky.

*Zaoblené připomínky nemám, výklad byl super!*

## Příloha 9



**Obr. 47: Průběh testování v tercií**



**Obr. 48: Průběh testování v maturitním ročníku**