Marek Skoršepa

Počítačom podporované experimenty v prírodovednom vzdelávaní

BELIANUM
2015

Citácia

SKORŠEPA, M.: *Počítačom podporované experimenty v prírodovednom vzdelávaní*. Banská Bystrica : Belianum (Vydavateľstvo UMB), 2015, 187 s. ISBN 978-80-557-0898-0.

POČÍTAČOM PODPOROVANÉ EXPERIMENTY V PRÍRODOVEDNOM VZDELÁVANÍ

Marek Skoršepa

Vydavateľstvo Univerzity Mateja Bela v Banskej Bystrici
Fakulta prírodných vied Univerzity Mateja Bela v Banskej Bystrici
2015

POČÍTAČOM PODPOROVANÉ EXPERIMENTY V PRÍRODOVEDNOM VZDELÁVANÍ

© Autor
RNDr. Marek Skoršepa, PhD.

Obálka a ilustrácie
RNDr. Marek Skoršepa, PhD.

Vedecký redaktor
prof. RNDr. Martin Bílek, PhD.

Recenzovali
prof. RNDr. Martin Bílek, PhD.
doc. PaedDr. Jana Duchovičová, PhD.
doc. RNDr. Jarmila Kmeťová, PhD.

Vydavateľ
© BELIANUM. Vydavateľstvo Univerzity Mateja Bela v Banskej Bystrici
Fakulta prírodných vied Univerzity Mateja Bela v Banskej Bystrici

Tlač
EQUILIBRIA, s.r.o., Košice

2015

ISBN 978-80-557-0898-0
EAN 9788055708980

PREDHOVOR

Vedecká monografia sa zaoberá problematikou implementácie školského počítačom podporovaného experimentovania do vyučovania prírodných vied. Jej zámerom je prezentácia metód a výsledkov výskumu realizovaného na platforme overovania novonavrhnutých laboratórnych aktivít s podporou počítačových meracích systémov v pedagogickej praxi.

Navrhnuté počítačom podporované aktivity sú produktom práce medzinárodného konzorcia zloženého z didaktikov troch prírodovedných disciplín (fyziky, chémie a biológie) z piatich krajín Európskej únie: (i) Universitat Autònoma de Barcelona (Španielsko), (ii) Univerzita Karlova v Prahe (Česká republika), (iii) University for Teacher Education (Rakúsko), (iv) Universitat de Barcelona (Španielsko), (v) University of Helsinki (Fínsko) a (vi) Univerzita Mateja Bela v Banskej Bystrici (Slovensko). Za slovenskú časť výskumu v konzorciu pracoval autor monografie. V publikácii sú prezentované výsledky slovenskej časti výskumu, ktorá sa týkala overovania vybraných laboratórnych aktivít pre vyučovanie chémie a biológie.

Okrem získania spätnej väzby o kvalite, možnostiach a efektivite overovaných aktivít s cieľom ich revízie a finalizácie, bolo zámerom realizovaného výskumu aj sledovanie motivačnej orientácie žiakov vo vzťahu k ich práci v počítačom podporovanom laboratóriu, a tiež názorov žiakov a ich učiteľov na rozličné aspekty aplikácie počítačom podporovaných meracích systémov do vyučovania chémie a biológie na slovenských gymnáziách.

Na spracovanie, vyhodnotenie a interpretáciu výsledkov výskumu boli v závislosti od jeho konkrétnych aspektov zvolené rôzne štatistické metódy vychádzajúce z relevantných prác publikovaných v tejto oblasti.

V Banskej Bystrici, máj 2015

Marek Skoršepa

ZOZNAM ILUSTRÁCIÍ

Obr. 1-1 Úrovne usporiadania experimentálnej zostavy pri počítačom podporovanom experimente ... 17
Obr. 1-2 Príklad experimentálneho usporiadania s rôznym koncovým zariadením ... 18
Obr. 2-1 Schéma sekvencie odrážajúcej štruktúru aktivít a ich pracovných listov ... 50
Obr. 3-1 Štruktúrny diagram päťfaktorového hierarchického modelu (M5) vstupného dotazníka ... 69
Obr. 3-2 Štruktúrny diagram päťfaktorového hierarchického modelu (M5) výstupného dotazníka ... 74
Obr. 3-3 Štruktúrny diagram štvorfaktorového kauzálneho modelu (M6) výstupného dotazníka ... 75
Obr. 3-4 Motivačné orientácie chlapcov a dievčat pred realizáciou aktivity (stredné hodnoty) ... 79
Obr. 3-5 Diferencie v motivačných orientáciách žiakov generované aktivitami pre rozdielne predmety pred realizáciou aktivít (stredné hodnoty) ... 80
Obr. 3-6 Diferencie v motivačných orientáciách žiakov generované aktivitami pre rozdielne predmety po realizácii aktivít (stredné hodnoty) ... 80
Obr. 3-7 Diferencie v motivačných orientáciách generované žiakmi rozdielnych škôl pred realizáciou aktivít (stredné hodnoty) ... 81
Obr. 3-8 Diferencie v motivačných orientáciách generované žiakmi rozdielnych škôl po realizácii aktivít (stredné hodnoty) ... 81
Obr. 3-9 Diferencie v motivačných orientáciách generované (len) chemickými aktivitami pred ich realizáciou (stredné hodnoty) ... 82
Obr. 3-10 Diferencie v motivačných orientáciách generované (len) chemickými aktivitami po ich realizácii (stredné hodnoty) ... 83
Obr. 3-11 Zhluková analýza dát vstupného merania motivačnej orientácie (konečné centrá zhlukov) ... 84
Obr. 3-12 Zhluková analýza dát výstupného merania motivačnej orientácie (konečné centrá zhlukov) ... 85
Obr. 4-1 Diferencie v priemerných hodnotách skóre generované rozdielnymi predmetmi ... 105
Obr. 4-2 Diferencie v priemerných hodnotách skóre generované pohlavím žiakov ... 106
Obr. 4-3 Diferencie v priemerných hodnotách skóre generované vekom žiakov ... 107
Obr. 5-1 Priemerné hodnoty skóre pre praktizujúcich učiteľov a budúcich učiteľov ... 116
Obr. 5-2 Priemerné hodnoty skóre pre praktizujúcich učiteľov generované rozdielnymi školami ... 117
Obr. 5-3 Priemerné hodnoty skóre generované rozdielnymi predmetmi ... 119
Obr. 5-4 Zhluková analýza – konečné centrá zhlukov pre chemické aktivity ... 120

ZOZNAM TABULIEK

Tab. 1-1 Výber najbežnejších senzorov použiteľných vo vyučovaní chémie a biológie 19

Tab. 1-2 Analýza prínosov počítačom podporovaného experimentovania (podľa Webb (2005)) 28

Tab. 1-3 Úrovne bádania podľa množstva poskytnutých informácií (Banchi a Bell, 2008) ... 32

Tab. 2-1 Overované aktivity 42

Tab. 3-1 Počet žiakov z jednotlivých škôl participujúcich na overovaní aktivít 54

Tab. 3-2 Počet realizovaných overovaní vo vzťahu k participujúcim školám a jednotlivým aktivitám 54

Tab. 3-3 Komponenty MSLQ (upravené podľa Artino Jr. (2005)) 56

Tab. 3-4 Komponenty tzv. „plnej“ verzie IMI 57

Tab. 3-5 Pôvodné (Pintrich et al., 1991) a nami transformované znenie položiek sledovaných subškál MSLQ použitých vo vstupnom motivačnom dotazníku 58

Tab. 3-6 Pôvodné (Ryan, 1982) a nami transformované znenie položiek sledovaných subškál IMI použitých vo výstupnom motivačnom dotazníku 59

Tab. 3-7 Porovnanie internej konzistencie sledovaných subškál našich nástrojov s pôvodnými prácami skúmajúcimi psychometrické vlastnosti MSLQ (Pintrich et al., 1993) a IMI (McAuley et al., 1989) na normatívnych vzorkách 65

Tab. 3-8 Deskriptívna štatistika položiek vstupného motivačného dotazníka 70

Tab. 3-9 Korelácie (Pearson) medzi položkami vstupného dotazníka usporiadané podľa dimenzií (subškál) 70

Tab. 3-10 Faktorové saturácie pre štvorfaktorový a päťfaktorový model vstupného dotazníka 71

Tab. 3-11 Porovnanie indexov zhody päťfaktorového a alternatívnych modelov vstupného dotazníka 72

Tab. 3-12 Deskriptívna štatistika položiek výstupného motivačného dotazníka 75

Tab. 3-13 Korelácie (Pearson) medzi položkami výstupného dotazníka usporiadané podľa dimenzií (subškál) 76

Tab. 3-14 Faktorové saturácie pre dva štvorfaktorové a päťfaktorový model výstupného dotazníka 76

Tab. 3-15 Porovnanie indexov zhody päťfaktorového a alternatívnych modelov výstupného dotazníka 77

Tab. 3-16 Korelačná matica (Pearson) pre všetky zvažované subškály motivačnej orientácie žiakov 86

Tab. 3-17 Predikcia dimenzie uvedomenie si vlastnej schopnosti (regresná analýza) 88

Tab. 3-18 Predikcia dimenzie záujem / potešenie (regresná analýza) 88

Tab. 4-1 Frekvenčná analýza položiek súvisiacich s pochopením aktivít 91

Tab. 4-2 Frekvenčná analýza položiek súvisiacich s pochopením overovaných aktivít pre predmet chémia ... 93
Tab. 4-3 Frekvenčná analýza položiek súvisiacich s pochopením overovaných aktivít pre predmet biológia ... 95
Tab. 4-4 Frekvenčná analýza položiek súvisiacich s atraktivitou a realizáciou aktivít ... 96
Tab. 4-5 Frekvenčná analýza položiek súvisiacich s realizáciou overovaných aktivít pre predmet chémia ... 99
Tab. 4-6 Frekvenčná analýza položiek súvisiacich s realizáciou overovaných aktivít pre predmet biológia ... 100
Tab. 4-7 Frekvenčná analýza položiek súvisiacich s rozvojom vedomostí žiakov ... 101
Tab. 4-8 Frekvenčná analýza vybraných položiek dotazníka pre žiakov ... 102
Tab. 4-9 Diferencie generované rozdielnymi aktivitami pre predmet chémia ... 103
Tab. 4-10 Diferencie generované rozdielnymi aktivitami pre predmet biológia ... 104
Tab. 4-11 Diferencie generované rozdielnymi predmetmi – chemické / biologické aktivity 105
Tab. 4-12 Diferencie generované pohlavím žiakov ... 106
Tab. 4-13 Diferencie generované vekom žiakov ... 107
Tab. 4-14 Diferencie generované rozdielnou školou ... 108
Tab. 5-1 Frekvenčná analýza vybraných položiek dotazníka pre učiteľov ... 113
Tab. 5-2 Diferencie medzi praktizujúcimi učiteľmi a študentmi učiteľstva ... 115
Tab. 5-3 Diferencie v skupine praktizujúcich učiteľov generované rozdielnymi školami ... 117
Tab. 5-4 Diferencie generované rozdielnymi predmetmi – chemické / biologické aktivity 118

OBSAH

Úvod **9**

1 Teoretické východiská pre implementáciu školských počítačových meracích systémov do vyučovania prírodných vied **11**

1.1 Školský prírodovedný experiment 11

1.1.1 Status, funkcia a význam školského experimentu 11

1.1.2 Charakteristika školskej experimentálnej činnosti 13

1.1.3 Modernizácia školského experimentu 13

1.2 Školský experiment s počítačom 16

1.2.1 Školské počítačové meracie systémy 17

1.2.2 Počítačom podporované laboratórium pohľadom kognitívnej psychológie 20

1.3 Pohľady výskumov na implementáciu školského počítačom podporovaného experimentovania 23

1.3.1 Relevantnosť a efektivita počítačom podporovaného experimentovania 24

1.3.2 Pohľady žiakov na implementáciu počítačom podporovaného experimentovania 34

1.3.3 Pohľady učiteľov na implementáciu počítačom podporovaného experimentovania 36

1.3.4 Výskum v Českej republike a na Slovensku 38

2 Charakteristika výskumu, overovaných aktivít a použitých metód **41**

2.1 Zámery výskumu a definícia overovaných aktivít 41

2.2 Štruktúra navrhnutých aktivít a ich pracovných listov 47

2.3 Metódy overovania navrhnutých aktivít 51

3 Motivácia žiakov vo vzťahu k počítačom podporovanému laboratóriu **53**

3.1 Zámery zisťovania motivačnej orientácie žiakov 53

3.2 Charakteristika výskumnej vzorky, počet overovaní 54

3.3 Výskumné nástroje 55

3.3.1 Motivated Strategies for Learning Questionnaire (MSLQ) 55

3.3.2 Intrinsic Motivation Inventory (IMI) 56

3.3.3 Transformácia nástrojov použitá v našom výskume 57

3.3.4 Charakteristika dimenzií skúmaných príslušnými subškálami vstupného a výstupného motivačného dotazníka 60

3.3.5 Spracovanie a vyhodnocovanie výsledkov motivačnej orientácie 62
3.4 Psychometrické vlastnosti použitých výskumných nástrojov 63
3.4.1 Reliabilita – odhad vnútornej konzistencie 63
3.4.2 Konštruktová validita – konfirmačná faktorová analýza 66
3.4.2.1 Faktorová štruktúra vstupného dotazníka 69
3.4.2.2 Faktorová štruktúra výstupného dotazníka 73
3.5 Faktory ovplyvňujúce motivačnú orientáciu žiakov v počítačom podporovanom laboratóriu 78
3.6 Klasifikácia žiakov podľa ich motivačnej orientácie 84
3.7 Vzťahy medzi sledovanými motivačnými dimenziami 85
3.7.1 Korelácia medzi subškálami oboch nástrojov 85
3.7.2 Predikcia dimenzií motivačnej orientácie žiakov 87

4 Žiaci ako hodnotitelia aktivít s počítačovými meracími systémami 89
4.1 Zámer, výskumný nástroj a použité metódy 89
4.2 Vzorka hodnotiacich žiakov 90
4.3 Výsledky hodnotenia aktivít žiakmi 90
4.3.1 Položky súvisiace s pochopením aktivít a významu meracieho systému pri ich realizácii 90
4.3.2 Položky súvisiace s realizáciou aktivít 96
4.3.3 Položky súvisiace s rozvojom vedomostí žiakov 101
4.3.4 Záverečné vyjadrenia žiakov 102
4.3.5 Komparatívna analýza položiek dotazníka pre žiakov 103

5 Učitelia ako hodnotitelia aktivít s počítačovými meracími systémami 111
5.1 Zámer, výskumný nástroj a použité metódy 111
5.2 Vzorka hodnotiacich učiteľov 111
5.3 Výsledky hodnotenia aktivít učiteľmi 112

6 Sumarizácia výsledkov výskumu 121

Záver 129
Referencie 131
Prílohy 155

ÚVOD

Prevažná časť laboratórnej práce vo vyučovaní prírodných vied je založená na pozorovaní a meraní. V posledných rokoch sa práve v tomto smere uskutočnilo mnoho zmien. Okrem toho, že sme v súčasnosti svedkami mimoriadneho rozvoja prírodných vied, najväčší rozmach zaznamenávame pravdepodobne v oblasti informačných a komunikačných technológií. Práve tie výraznou mierou zasahujú aj do oblasti vyučovania a stále markantnejšie aj do oblasti školského prírodovedného experimentovania. Vo vyučovaní prírodných vied dnes existuje možnosť pracovať v laboratóriu s podporou digitálnych meracích zariadení, ktoré vo všeobecnosti označujeme ako školské počítačové meracie systémy. Hoci, myšlienka počítačovej podpory školského experimentovania nie je nová, vznikla ešte v osemdesiatych rokoch dvadsiateho storočia, táto technológia sa stala prístupnejšou pre nášho, slovenského, užívateľa (žiaka aj učiteľa) len pomerne nedávno. Používanie meracích modulov, senzorov, prevodníkov, dataloggerov, počítačov a dnes už dokonca tabletov a smartfónov na zaznamenávanie experimentálnych dát a ich následnú vizualizáciu, analýzu a interpretáciu tak predstavuje reálnu alternatívu k tradičným prístupom práce žiakov v laboratóriu.

Napriek tomu, že laboratórna činnosť s podporou počítačových meracích systémov nie je na našich školách ešte stále bežnou praxou, situácia sa postupne zlepšuje. V nedávnej minulosti bola najvýraznejšou prekážkou pomerne nízka dostupnosť vhodného prístrojového vybavenia na tento účel. Naše školy odrádzala najmä vysoká cena počítačových meracích systémov a ich komponentov. Trend je však nezastaviteľný a dnes sú už aj na niektorých našich školách dostupné rôzne typy meracích zariadení, ktoré tvoria základný technický predpoklad na realizáciu takéhoto druhu školského experimentovania.

Vhodné prístrojové vybavenie však v tomto smere nie je jedinou podmienkou. Samotná technológia nie je totiž nositeľom žiadneho edukačného efektu. Mnohé výskumy ukázali, že na zabezpečenie želaného účinku je potrebné vedieť ako túto technológiu v pedagogickej praxi správne používať. Je preto úlohou didaktikov prírodovedných predmetov, aby hľadali spôsoby, akými je to možné dosiahnuť. Jedným z nich je príprava vhodných aktivít podporujúcich takéto experimentovanie, napríklad vo forme návodov alebo pracovných listov pre samotných žiakov, ale taktiež aj metodických materiálov pre učiteľov, ako hlavných manažérov laboratórnej činnosti na školách. Bez takýchto didakticky spracovaných materiálov nie je možné aplikovať moderné prostriedky založené na výpočtovej technike do vyučovania prírodných vied efektívne.

Hlavným zámerom vedeckej monografie je prezentácia výsledkov výskumu realizovaného počas overovania novonavrhnutých laboratórnych aktivít s podporou školských počítačových meracích systémov s cieľom hľadania možností a spôsobov ich implementácie do vyučovania prírodovedných disciplín so zameraním na chémiu a biológiu. Navrhnuté aktivity sú produktom práce medzinárodného tímu didaktikov fyziky, chémie a biológie z piatich krajín Európskej únie, ktorého slovenskú časť reprezentoval autor publikácie. Overovanie navrhnutých laboratórnych aktivít prebiehalo paralelne vo všetkých participujúcich krajinách zmieneného konzorcia, v publikácii sú však prezentované len výsledky slovenskej časti výskumu, ktorá sa týkala vybraných laboratórnych aktivít z chémie

a biológie. Hlavné ciele prezentovaného výskumu možno rozdeliť do dvoch oblastí: (i) overenie navrhnutých aktivít a k nim vytvorených pracovných listov v praxi s cieľom získania spätnej väzby (od žiakov aj učiteľov) použiteľnej na ich revíziu a finalizáciu a (ii) sledovanie vybraných pedagogických a pedagogicko-psychologických aspektov počítačom podporovaného experimentovania počas realizácie overovaných aktivít.

Publikácia je rozdelená do šiestich nasledujúcich kapitol. Prvá sa zaoberá teoretickými východiskami pre implementáciu počítačom podporovaného experimentovania do vyučovania prírodných vied. Obsahuje tiež stručný prehľad záverov rezultujúcich z niektorých dôležitých výskumov realizovaných v tejto oblasti v priebehu približne tridsaťročnej existencie riešenej problematiky v pedagogickej praxi. Druhá kapitola prezentuje základné charakteristiky realizovaného výskumu, definuje jeho čiastkové zámery, overované aktivity a ich štruktúru. Ďalšie časti monografie do značnej miery odrážajú jednotlivé oblasti výskumu, použité výskumné nástroje aj rozdielne vzorky respondentov. Okrem nevyhnutných vstupných informácií uvádzajú konkrétne výsledky a diskusiu k jednotlivým skúmaným oblastiam. Tretia kapitola pojednáva o motivačnej orientácii žiakov vo vzťahu k ich práci v počítačom podporovanom laboratóriu chémie a biológie. Štvrtá kapitola prezentuje výsledky zisťovania spätnej väzby o overovaných aktivitách od participujúcich žiakov. Podobný charakter má aj piata kapitola, respondentmi sú však tentoraz učitelia chémie a biológie. Publikáciu uzatvára šiesta kapitola sumarizujúca najdôležitejšie zistenia vyplývajúce z uskutočneného výskumu.

1

TEORETICKÉ VÝCHODISKÁ PRE IMPLEMENTÁCIU ŠKOLSKÝCH POČÍTAČOVÝCH MERACÍCH SYSTÉMOV DO VYUČOVANIA PRÍRODNÝCH VIED

1.1 Školský prírodovedný experiment

1.1.1 Status, funkcia a význam školského experimentu

Vyučovanie prírodovedných predmetov by sme si len ťažko mohli predstaviť bez laboratórií. Experiment je základným pilierom prírodných vied, a zároveň fenoménom, ktorý jediný môže potvrdiť správnosť vedeckého poznania. Laboratóriá majú preto nezastupiteľné miesto aj vo vyučovaní prírodovedných predmetov. Ponúkajú žiakovi nielen možnosti na realizáciu experimentálnej činnosti, ale aj priestor na premýšľanie, diskusiu a riešenie problémov.

Už od šesťdesiatych rokov dvadsiateho storočia môžeme v literatúre sledovať mnohé hlasy podporujúce zaradenie laboratórnej činnosti do vyučovania prírodovedných predmetov[1]. Dôvody tejto podpory sa dajú zhrnúť do štyroch oblastí (Trumper, 2003):

- *zručnosti* (nadobudnutie zručností v práci s pomôckami a prístrojmi, v komunikácii, v disciplíne, v kritickom myslení, v schopnosti formulovať problémy a hľadaní spôsobov ich riešenia),
- *pojmy* (konkretizácia pojmov, aplikácia a upevňovanie známych pojmov, tvorba nových pojmov),
- *priblíženie vedy* (pochopenie podstaty vedeckej činnosti, poznanie práce vedcov),
- *postoje* (zvedavosť, otvorenosť, skutočnosť, presnosť, kooperácia).

Nakoniec, zaradenie experimentovania do vyučovania prírodovedných disciplín bolo bezpochyby logickým a prirodzeným krokom. Vyučovanie prírodných vied musí byť nevyhnutne spojené s experimentom, rovnako ako je to v prírodných vedách samotných. Prírodovedné experimentovanie, nezávisle na tom, či má fyzikálny, chemický alebo

[1] Prvé práce vznikli v oblasti vyučovania fyziky.

biologický charakter, je teda neoddeliteľnou súčasťou poznávacieho procesu, a preto má v modernej výučbe ďalekosiahly význam.

Školský experiment ako didaktická kategória má zrejme najužší vzťah k metódam vyučovania, pretože názorné a praktické metódy, pri ktorých sa využíva experiment majú pre vyučovanie, a aj pre proces samotného učenia sa zásadný význam a sú pre prírodovedné predmety typické. Takéto zaradenie školského experimentu však nie je celkom jednoznačné a už vôbec nie je úplné. Problematiku školského experimentu totiž nie je možné úplne vyčerpať len v rámci jedinej didaktickej kategórie (Pachmann a Hofmann, 1981), a to z niekoľkých nasledujúcich dôvodov.

Prvým dôvodom je predovšetkým to, že experiment nie je len prostriedkom výchovno-vzdelávacieho procesu, ale významne zasahuje aj do oblasti cieľov a obsahu vyučovacieho procesu. O školskom experimente nemožno uvažovať len ako o záležitosti metód vyučovania aj z toho dôvodu, že experimentálna práca vyžaduje a predpokladá aj existenciu a uplatnenie optimálnych foriem vyučovania chémie. Je však nemysliteľné uskutočňovať školský prírodovedný experiment bez vhodného materiálneho a technického zabezpečenia, teda oblasť školského experimentovania sa významne prekrýva aj s didaktickou kategóriou materiálnych prostriedkov vyučovania prírodovedných disciplín.

Školský prírodovedný experiment je pre žiaka ako objektu výchovno-vzdelávacieho procesu zdrojom nových poznatkov a prispieva k rozvoju jeho myslenia. Prostredníctvom neho žiak získava konkrétne, jasné a trvalé poznatky o látkach, javoch a prírodných zákonitostiach. Poskytuje možnosti tvorivo a aktívne riešiť dané úlohy. Experiment je bezprostredným zdrojom nového poznania, poskytuje dostatok materiálu na abstraktné myslenie a na zovšeobecňovanie získaných poznatkov.

Je len samozrejmé, že realizáciou praktických činností nadobúda experimentátor aj isté manuálne zručnosti, ktorých formovanie je jednou z najvýznamnejších funkcií školského prírodovedného experimentu. Experimentálna činnosť nezanedbateľnou mierou kladne ovplyvňuje aj formovanie osobnosti žiaka. Učí ho samostatnosti, presnosti, húževnatosti a vedie ho k iniciatívnej a cieľavedomej práci.

Na význam laboratórnej činnosti vo vyučovaní prírodných vied sa však nemôžeme pozerať len jednostranne. Napriek tomu, že je nespochybniteľný, nie je možné ho preceňovať, ani ho považovať za nadradený iným prístupom (Hofstein a Lunetta, 1982; Tobin, 1990). Hoci mnohé štúdie poukazujú na to, že praktická činnosť žiakov, najmä ak je podporovaná aktivizujúcimi inštrukciami, zvyšuje pozitívny postoj žiakov k vede (Keys, 1987; Lawson, 1989; Osborne et al., 2003), existujú aj práce, ktoré dokonca dokumentujú neuspokojivý efekt laboratórnej činnosti žiakov na rozvoj ich chápania podstaty prírodných vied (Klopfer, 1990; Millar, 1994), ba dokonca aj nechuť a averziu žiakov voči práci v laboratóriu (Delamont et al., 1988; Head, 1982). Môže to znieť prekvapujúco, je však potrebné si uvedomiť, že postoj žiakov k vede je ovplyvnený mnohými faktormi a samotná laboratórna činnosť je len jedným z nich.

1.1.2 Charakteristika školskej experimentálnej činnosti

Podľa Zelenického (1999) je experimentálna činnosť žiakov procesom s určitými špecifickými znakmi, ktoré ho jednoznačne určujú a zároveň odlišujú od ostatných pedagogických činností:

- V porovnaní s vedeckým experimentom je školský experiment pedagogicky upravený. V jeho štruktúre sa realita transformuje takým spôsobom, že žiakom sprostredkúva cieľavedome didakticky upravené informácie. Žiak má pritom z celej škály údajov získavať len tie, ktoré sú relevantné z hľadiska pedagogických cieľov.
- Experiment je zdrojom signálov, ktoré žiak po zaregistrovaní spracováva na informácie, zvnútorňuje ich a ukladá do svojho vedomia. Tieto informácie môže prijímať priamo alebo sprostredkovane, napríklad prostredníctvom technických zariadení.
- Realizácia experimentu vyžaduje určitý stupeň riadenia žiakov tak, aby získali podstatné a pedagogickým procesom definované informácie. V štruktúre experimentálnej činnosti musí existovať dostatočný priestor na spätnú väzbu.
- Vytváraním logických štruktúr operačných systémov a pracovných postupov sa stáva experiment oporou pri zapamätávaní.
- Experiment má v sebe zakódované aj psychické regulačné prvky, ktoré môžu výrazným spôsobom motivovať a aktivovať žiakov, vzbudzovať ich záujem a viesť ich k tvorivému prístupu k experimentálnemu riešeniu úloh.
- V priebehu experimentu sa žiaci zoznamujú so spôsobmi a metódami, ktorými sa vo vednom odbore získavajú nové poznatky.
- Pri experimentovaní sa žiaci tiež učia ovládať špeciálnu experimentálnu techniku.

V posledných rokoch sa v oblasti školského experimentovania objavujú prístupy, ktoré sú akousi zjednodušenou analógiou vedeckého experimentovania. Jedným z nich je aj počítačom podporované experimentovanie, o ktorom pojednávame v nasledujúcich kapitolách. Je však známe, že v princípe sa žiacke experimentovanie zásadne líši od vedeckého experimentu. Kým pre vedca je pri experimentovaní východiskom skutočný stav vedy, pre žiaka je to len okruh jemu dosiaľ známych vedomostí a zručností. Vedec pritom experimentálne rieši problémy skutočne nové, kým žiak experimentuje len v rámci jemu známej poznatkovej sústavy. Žiakovu experimentálnu činnosť a jej zameranie spravidla určuje a riadi učiteľ, kým vedec je v tomto smere viac-menej autonómny. Vytváranie vedeckej hypotézy k experimentálnej práci býva výhradne vecou dedukcie, kým na riešení školských experimentov sa rovnakou mierou podieľajú aj postupy induktívne. Kým vedec vyvodzuje závery na základe množstva čiastkových štúdií, v pedagogickej praxi je pri vyvodzovaní záveru často nutné uspokojiť sa s výsledkom jediného experimentu.

1.1.3 Modernizácia školského experimentu

Vývoj súčasných materiálnych technických prostriedkov umožňuje podstatne znížiť čas, ktorý je potrebný na transformáciu poznatkov z vedeckého poznatkového systému do didaktického a tým zvýšiť efektivitu celého procesu výučby. Modernizácia tejto sféry

didaktiky prírodovedných disciplín sa však prejavuje nielen v oblasti obsahovej ale taktiež aj v oblasti štruktúrnej a metodickej.

Súčasné tendencie vo vyučovaní prírodných vied, so špeciálnym prihliadnutím na experimentálnu činnosť žiakov, podporujú transformáciu od jednoduchého zapamätávania a reprodukovania učebnej látky k jej tvorivému spracovaniu. Súvisí to najmä s požiadavkou výraznejšej aktivizácie žiakov, čo podmieňuje zdokonalenie ich samostatnej práce a skvalitnenie experimentálnej činnosti a jej podmienok na školách.

Jednou z čŕt novodobých trendov je aj zvyšovanie vedeckej úrovne vyučovania napríklad jeho priblížením k vedeckému poznávaniu, samozrejme v rámci možností spadajúcich do istých reálnych pedagogických a pedagogicko-psychologických hraníc.

Zdá sa však, že celý tento proces modernizácie vyučovania je veľmi zložitý, čo je zrejme spôsobené hlavne jeho multifaktoriálnou determináciou a taktiež jeho širokospektrálnosťou. Napriek akýmkoľvek potenciálnym zmenám vyučovacieho procesu je však nutné rešpektovať isté požiadavky a pravidlá, z ktorých sa nesmie charakter vyučovacieho procesu vynímať ani po jeho inovácii. Sú to predovšetkým nasledovné atribúty (Zelenický, 1999):

- Koncepcia vyučovania prírodných vied musí odrážať aktuálnu úroveň vedy a trendov jej rozvoja.
- Okrem faktov má žiak poznať aj metódy vedeckého poznávania, hlavne experimentálneho a v tomto smere má byť cieľavedome rozvíjané aj jeho myslenie.
- Vyučovanie a učenie sa má byť v čo najväčšej miere zefektívňované nielen vhodnou voľbou obsahu a ale aj použitím vhodných technických vyučovacích prostriedkov.
- Vyučovanie má byť pre žiaka zaujímavé a má rešpektovať jeho možnosti.
- Vyučovanie má prebiehať v medziach širších potrieb spoločnosti.

Je však zrejmé, že dosiahnutie zvolených cieľov so zameraním na inováciu a modernizáciu vyučovacieho procesu pri rešpektovaní uvedených aspektov je veľmi náročné, a to napríklad aj z nasledujúcich dôvodov. S neustálym rozvojom vied narastá množstvo dôležitých poznatkov a zvyšuje sa ich abstraktný charakter, na spracovanie množstva údajov je potrebný rozsiahly matematický aparát. Neprehliadnuteľnými dôvodmi sú aj nízka názornosť mnohých fyzikálnych, chemických a fyzikálno-chemických dejov skúmaných súčasnými prírodnými vedami a taktiež nemožnosť realizácie mnohých dôležitých experimentov v pedagogickom prostredí.

Modernizácia vyučovania však prebiehala a prebieha neustále. Nemožno napríklad nespomenúť zaujímavý spôsob prezentácie mnohých chemických a fyzikálno-chemických dejov ich premietaním cez spätný projektor so špeciálnou súpravou vytvorenou na tento účel, ktorý v osemdesiatych rokoch minulého storočia vypracovali kolektívy autorov Tomeček et al. (1986) a Ružička et al. (1987) a v deväťdesiatych rokoch Lešková a Leško (1996). Už tu išlo o uplatnenie moderných prostriedkov v experimentálnom vyučovaní. Táto skutočnosť demonštruje, že úspešné pokusy o modernizáciu školského experimentovania tu boli a sú neustále. Určite to súvisí aj s aplikáciou moderných prostriedkov, ktoré prináša každá doba.

Súčasný, aj keď dnes už nie úplne nový, progresívny trend v tejto oblasti predstavuje aplikácia nových informačných technológií do vyučovania prírodných vied so špeciálnym vkladom do experimentálnej oblasti vyučovania. Počítačové metódy prinášajú úplne inú dimenziu nazerania na obsah vyučovania. Moderné prístrojové vybavenie a výpočtová technika umožňujú prekonať aj zdanlivý odpor medzi náročnosťou riešenia problémov a vhodnou prístupnosťou pre žiakov. Rovnako aj modernizácia v experimentálnej sfére vyučovania realizovaná aplikáciou výpočtovej techniky v spojení s klasickým experimentom poskytuje úplne nové možnosti realizácie a ovplyvňovania experimentu, ale hlavne spracovania a vizualizácie jeho výsledkov.

Okrem toho sú tu aj ďalšie aspekty, ktoré by pri modernizácii prírodovedného experimentovania mohli zavážiť. Školské experimentovanie, by malo do určitej miery odrážať stav reálneho laboratória, aby vyučovanie prírodných vied nebolo príliš odtrhnuté od reality (Stratilová Urválková, 2013). Preto je aj do vyučovania potrebné zaradiť takú inštrumentálnu techniku (samozrejme na primeranej úrovni), ktorá je bežnou súčasťou dnešných laboratórií.

Nové atraktívne prístupy zároveň môžu prispieť aj k pritiahnutiu žiakov k štúdiu prírodovedných predmetov. Na Slovensku totiž niektoré súčasné indikátory ukazujú, že vyučovanie prírodných vied nie je v posledných rokoch na najlepšej ceste. Oficiálne to vyjadrujú napríklad výsledky meraní PISA (Holec et al., 2006; Holec et al., 2010; NÚCEM, 2015; Spodniaková Pfefferová et al., 2010) a neoficiálne o tom hovoria poznatky a skúsenosti vysokoškolských pedagógov, ktorí sa stretávajú s čoraz nižšou úrovňou vedomostí uchádzačov o vysokoškolské štúdium prírodných vied (Kmeťová, 2009; Kmeťová, 2013).

Do istej miery však tento negatívny stav rezultuje aj z akéhosi neurčitého postoja, ba niekedy až z nechuti, žiakov k vede ako takej. Nie je to však nový problém, zmieňujú sa o ňom už Tinker a Papert (1988). V skutočnosti však situácia nie je úplne jednoznačná a vyžaduje komplexnejší pohľad na daný stav. Už staršie výskumy hovoria, že hoci si žiaci, uvedomujú význam vedy a považujú ju za hodnotnú oblasť (McKnight et al., 1985), prírodovedné predmety nie sú v ich očiach veľmi obľúbené (Hurd, 1983). Situácia však nie je príliš odlišná ani v posledných rokoch (NÚCEM, 2015). Je však paradoxné, že tí istí žiaci obľubujú prírodovedné témy mimo školy, napr. v múzeách, médiách a pod. Niektorí absolventi tiež vyslovujú pochybnosti o trvácnosti prírodovedných vedomostí, a to najmä preto, že mnohé z nich boli získané memorovaním.

Žiaci veľakrát nevedia vyriešiť jednoduché matematické zadania, ktoré sú nevyhnutné pri vysvetlení mnohých prírodovedných súvislostí. Veľkým problémom pre žiakov je tiež „čítanie“ grafov, ktoré predstavujú jeden z najpoužívanejších spôsobov prezentácie dát v prírodovedných disciplínach. Ako ukážeme v nasledujúcich kapitolách, aplikáciou počítačovej techniky do laboratórnej činnosti žiakov, je tento problém možné úspešne riešiť.

Nové informačné technológie síce na jednej strane môžu priniesť veľké pozitívne zmeny a výhody vo vyučovacom procese, avšak na druhej strane vyžadujú kompetentný prístup aj zo strany učiteľa. V neposlednom rade sa tu tiež vynára aj potreba tvorby adekvátnych učebných textov, úloh, pomôcok, vyučovacích metód a foriem, a nesmieme zabudnúť aj na potrebu vybavenia škôl nevyhnutnou modernou technikou.

1.2 Školský experiment s počítačom

Ako sme naznačili v predchádzajúcej kapitole, jedným z moderných prístupov vo vyučovaní prírodných vied je aplikácia výpočtovej techniky a to nielen ako prostriedku na dnes už vo vyučovaní bežné procesy, ako sú prezentácia učiva, príprava študijných materiálov, písanie textov, prezeranie internetových stránok, internetovú komunikáciu a pod., ale aj v školskom experimentovaní. Možností, ako túto techniku v tomto smere využiť je viac. M. Bílek (1997) uvádza tri nasledujúce oblasti počítačovej podpory školského experimentu:

- počítačové simulácie,
- počítačové spracovanie experimentálnych dát,
- priame spojenie reálneho experimentu s počítačom.

Počítačové simulácie nepredstavujú spôsob reálneho experimentovania. Ide o prácu s modelmi, ktoré logicky alebo matematicky znázorňujú daný objekt, proces alebo jav. Keďže v počítačovej simulácii nejde o priame pozorovanie procesov a javov, nie je rovnocenná reálnemu experimentu, ktorý preto nikdy nemôže úplne nahradiť. Počítačové simulácie však možno úspešne využívať na ilustrovanie javov a objektov, ktoré nie je jednoduché alebo možné demonštrovať reálnym experimentom, Dôvody, prečo zaradiť simuláciu namiesto reálneho experimentu môžu byť viaceré, napríklad vysoká technická alebo finančná náročnosť reálneho sledovania, časová náročnosť, bezpečnostné dôvody a pod.

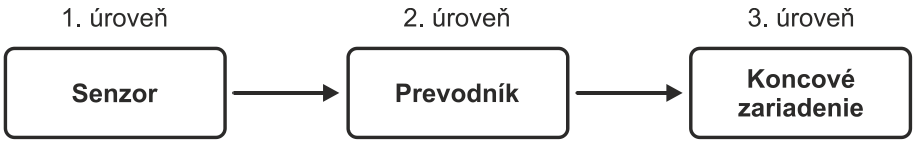
Počítačové spracovanie experimentálnych dát už priamo nadväzuje na reálnu experimentálnu činnosť a umožňuje úpravu a vizualizáciu údajov, ktoré boli predtým namerané bez počítačovej podpory. Význam spracovania nameraných dát pomocou počítača sa naplno prejaví najmä pri kvantitatívnych experimentoch. Otvárajú sa tým široké možnosti najmä pri spracovaní veľmi rozsiahlych súborov dát, alebo pri spracovaní údajov, ktorých analýza vyžaduje aplikáciu náročnejších a prácnejších matematických postupov.

Priame spojenie experimentu s počítačom znamená využitie počítača (prípadne iného koncového digitálneho zariadenia) nielen na spracovanie a vyhodnotenie experimentálnych dát, ale aj na ich zaznamenávanie a uchovávanie. Ide teda o využitie počítača, pri všetkých fázach experimentovania. Keďže počítač je v tomto prípade využitý na sledovanie reálneho experimentu v reálnom čase, niekedy používame označenie *reálne počítačom podporované experimenty*[1]. Súbor všetkých nutných zariadení a počítačového softvéru, ktoré sú nevyhnutné na uskutočňovanie počítačom podporovaných experimentov v pedagogickej praxi, sa označuje ako ***školský počítačový merací systém***. Použitie počítačových meracích systémov je vhodné napríklad vtedy, keď je potrebné zbierať dáta veľmi dlhý alebo veľmi krátky časový okamih, alebo ak by bol experiment inak neuskutočniteľný. Jeho veľkou výhodou je, že kompletné namerané dáta, okrem toho, že sú v reálnom čase vizualizované v podobe grafu, sú ihneď po meraní dostupné v elektronickej forme a teda pripravené na ďalšie spracovanie.

[1] V anglickej literatúre sa používa pojem *Real-time experiments*.

1.2.1 Školské počítačové meracie systémy

Jednotlivé komponenty školského počítačového meracieho systému možno usporiadať do troch hierarchických úrovní (obr. 1-1).

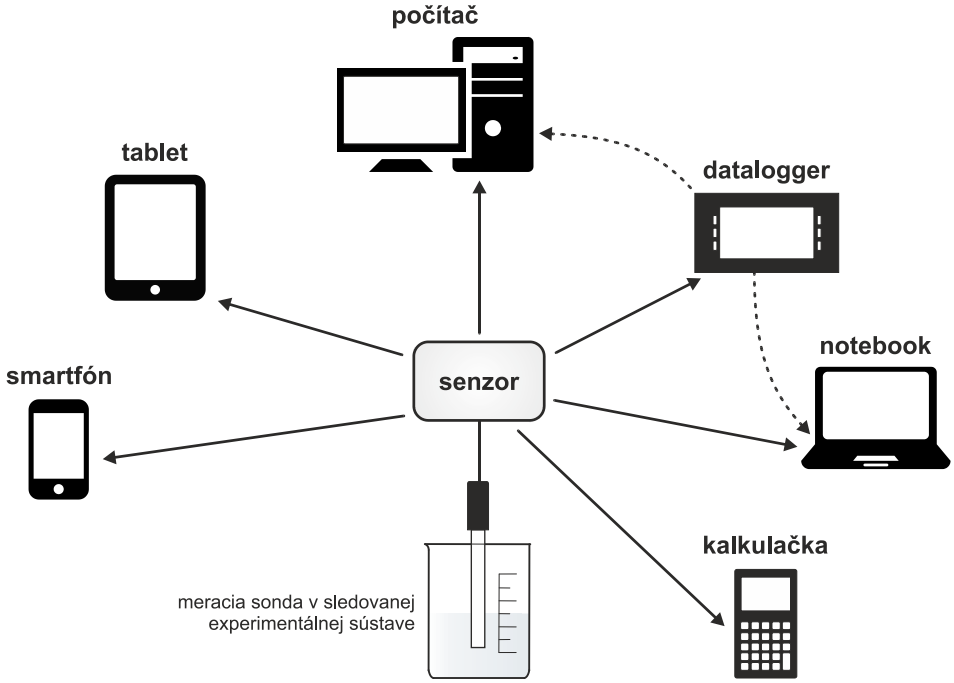


Obr. 1-1 Úrovne usporiadania experimentálnej zostavy pri počítačom podporovanom experimente

Prvú úroveň predstavujú samotné senzory (niekedy nazývané moduly), teda zariadenia, ktoré reprezentujú vlastné meracie prístroje umožňujúce meranie rozličných fyzikálnych veličín, pričom je ich možné cez rozhranie spojiť s koncovým digitálnym zariadením (napríklad počítačom). Súčasťou vlastných meracích zariadení je väčšinou príslušná meracia sonda zabezpečujúca senzorickú časť meracieho prístroja (napríklad pH-elektróda, vodivostná elektróda a pod.). Počítač predstavuje tretiu hierarchickú úroveň meracieho systému, a má funkciu koncového zariadenia, teda riadiaceho a registračného centra. Spojenie meracích zariadení prvej úrovne s riadiacim a registračným centrom tretej úrovne je realizované prostredníctvom tzv. prevodníkov (druhá úroveň) transformujúcich analógový signál meracieho zariadenia na digitálny signál (A/D), s ktorým dokáže pracovať počítač alebo iné digitálne koncové zariadenie. V prípade niektorých senzorov je táto transformácia potrebná aj v opačnom smere, takže prevodníky majú zvyčajne charakter ADDA rozhrania. Súčasné meracie systémy majú zvyčajne prevodníky zabudované buď priamo v meracích senzoroch, alebo (najmä staršie systémy) priamo v počítači vo forme ADDA karty (napríklad merací systém ISES). V koncovom zariadení pritom musí byť nainštalovaný príslušný softvér (súčasť meracieho systému), ktorý aktívne podporuje prepojenie všetkých súčastí systému. Umožňuje teda nahrávať experimentálne údaje, archivovať ich, v prípade potreby ich editovať, prezentovať rozličnými spôsobmi (najčastejšie formou tabuliek a grafov) a dokonca ich aj vhodne matematicky upravovať.

Ako sme už naznačili, koncovým zariadením v tomto usporiadaní však nemusí byť len počítač. Dnes máme k dispozícii aj iné digitálne zariadenia, ktoré ho môžu úspešne nahradiť. Niektoré z nich sú žiakovi dokonca bližšie ako samotný počítač, pretože ich denne používa. Sú to napríklad tablety a smartfóny. Koncovým zariadením môže byť dokonca aj kalkulačka s grafickým výstupom. V novších meracích systémoch (napr. Vernier a PASCO) môžu funkciu koncového zariadenia plniť tzv. *dataloggery*. Sú to neveľké zariadenia pripomínajúce napríklad smartfón alebo tablet, ktoré majú svoju vlastnú (väčšinou dotykovú obrazovku) s predinštalovaným softvérom, ktorý aktívne podporuje všetky meracie, a tiež aj mnohé post-experimentálne funkcie meracieho zariadenia. Používanie dataloggerov namiesto počítačov má svoje výhody aj nevýhody. Výhodou je napríklad jeho portabilita, čo užívateľ ocení najmä pri meraniach v teréne mimo laboratória. Nevýhodou je však náročnejšia manipulácia pri spracovávaní a vyhodnocovaní nameraných dát v porovnaní s počítačom. Okrem toho, softvér dataloggeru zvyčajne nedisponuje všetkými funkciami, ktoré sú

k dispozícii v počítačovej verzii podporného softvéru. Vysokým stupňom portability však disponujú aj ostatné spomínané koncové zariadenia, tablety, smartfóny. Samozrejme, stolovú verziu počítača (desktop) je tiež možné nahradiť jeho prenosnou verziou, notebookom alebo netbookom.



Obr. 1-2 Príklad experimentálneho usporiadania s rôznym koncovým zariadením

V súčasnosti existuje niekoľko spoločností zaoberajúcich sa vývojom a výrobou učebných pomôcok a prístrojovej techniky, ktoré vo svojej ponuke majú aj počítačové meracie systémy. V súčasnosti najznámejšie a v našich krajinách najpoužívanejšie sú Vernier (Vernier Software & Technology, 2015), PASCO (PASCO, 2015), Coach (CMA, 2015), prípadne starší systém ISES (Lustig, 2015). To, aké druhy experimentov s nimi môžeme realizovať závisí od dostupnosti rôznych typov senzorov merajúcich rôzne fyzikálne veličiny. Tie najmodernejšie počítačové meracie systémy majú k dispozícii aj niekoľko desiatok rôznych druhov senzorov pre chémiu, biológiu, fyziku, ale aj pre environmentálne vedy, geografiu a pod. V tab. 1-1 prinášame prehľad niektorých v súčasnosti dostupných senzorov[1] aplikovateľných vo vyučovaní chémie a biológie.

Na záver tejto kapitoly si ešte dovolíme objasniť niektoré terminologické otázky viažuce sa s počítačom podporovaným experimentovaním. Výraz **školský počítačový merací systém** totiž vyžaduje určité vysvetlenie. Vzhľadom na to, že dnes už koncovým zariadením nemusí byť len samotný počítač alebo notebook, tento výraz nie je vždy aktuálny.

[1] Dostupnosť jednotlivých senzorov pre rozličné druhy (značky) počítačových meracích systémov je rozdielna. Napríklad starší systém ISES, ktorý bol primárne vyvinutý na podporu vyučovania fyziky, ponúka hlavne senzory využiteľné v tomto predmete. Systémy Vernier a PASCO disponujú pravdepodobne najrozsiahlejšou paletou senzorov pre všetky prírodovedné predmety.

S nástupom dataloggerov, tabletov alebo dokonca smartfónov, tento výraz nevystihuje situáciu úplne presne. Na druhej strane, aj tieto koncové zariadenia možno chápať ako špeciálne počítačové prístroje so špecifickými funkciami, ktoré štandardný počítač v istých ohľadoch zastupujú. Prikláňame sa teda k názoru, že hoci výraz počítačový merací systém neopisuje situáciu v takýchto prípadoch dokonale, nie je nutné chápať ho úplne doslovne. Nakoniec, v slovenčine a ani v češtine neexistuje výraz, ktorý by bol z tohto pohľadu výstižnejší. Niektorí autori, v snahe vyhnúť sa pojmu počítač v tomto výraze, hovoria len o experimentovaní s *meracími systémami*. Domnievame sa však, že v takomto výraze nie je explicitne vyjadrená podstata technologickej podpory tohto druhu experimentovania.

Tab. 1-1 Výber najbežnejších senzorov použiteľných vo vyučovaní chémie a biológie

Senzory pre vyučovanie chémie	Senzory pre vyučovanie biológie
1. Senzor teploty	1. Senzor teploty
2. Senzor tlaku plynu	2. Senzor povrchovej teploty
3. Senzor pH	3. Senzor plynného CO_2
4. Senzor vodivosti	4. Senzor plynného O_2
5. Kolorimeter	5. Senzor rozpusteného O_2
6. Spektrofotometer	6. Senzor tlaku plynu
7. Digitálne váhy	7. Senzor krvného tlaku
8. Senzor polarimeter	8. Senzor EKG
9. Iónovo selektívne elektródy (napríklad chloridová, amóniová, dusičnanová, vápniková)	9. Senzor tepu srdca
10. Senzor na meranie teploty topenia	10. Spirometer
	11. Senzor relatívnej vlhkosti
	12. Senzor salinity
	13. Senzor rýchlosti toku vody
	14. Senzor pár etanolu
	15. Senzor vlhkosti pôdy

Musíme tiež podotknúť, že medzičasom sa aj v zahraničnej odbornej literatúre objavilo viacero rôznych pojmov spájajúcich sa s týmto druhom experimentovania. Výraz **Microcomputer-Based Laboratory (MBL)**[1], ktorého autorom je R. Tinker (2009), pochádza ešte z osemdesiatych rokov minulého storočia, a je prvým z nich. Hoci dnes už takisto nevystihuje podstatu dokonale[2], a preto je veľakrát odmietaný, so skratkou MBL sa stále stretávame aj v nových publikáciách (Aksela, 2011; Pierri et al., 2008; Rane, 2013; Tho a Hussain, 2011; Tortosa Moreno, 2012; Urban-Woldron et al., 2013; Voogt et al., 2009). Menej používaným pojmom je **CBL**, v pôvodnom význame **Calculator Based Lab**, keďže koncovým zariadením meracieho systému môže byť aj kalkulačka s grafickým výstupom. Dnes sa však s rovnakou skratkou môžeme stretnúť aj vo význame **Computer Based**

[1] Mikropočítačom podporované laboratórium.

[2] Problémom je najmä pojem *microcomputer* - *mikropočítač*, ktorý dnes už naozaj nie je aktuálny. Jeho používanie začalo nástupom mikropočítačov (teda počítačov s mikroprocesorom) začiatkom sedemdesiatych rokov a kulminovalo v polovici osemdesiatych rokov minulého storočia. Odvtedy jeho používanie rapídne klesá.

Laboratory[1], čo síce možno chápať ako odstránenie nedostatku z názvu MBL, ale tiež to nerieši explicitné vyjadrenie koncového zariadenia pri takomto prístupe. Medzi novšie pojmy patria **datalogging**, označujúci prácu so senzormi pripojenými k dataloggeru a **probeware**, v užšom význame označujúci hardvérovú časť meracieho systému zahŕňajúcu jednotlivé senzory a ich sondy (z angl. *probe* = sonda, snímač), ale v širšom význame označujúci celý technologický prístup, podobne ako MBL.

Ako je zrejmé, v terminológii panuje istá nejednotnosť prameniaca najmä z množstva rôznych technologických variantov, ktoré sú dnes k dispozícii. Nájsť jednotný termín, ktorý by rovnako presne vystihoval všetky možnosti sa zatiaľ nepodarilo. V publikácii sa prikláňame k používaniu pojmov *počítačový merací systém* a *počítačom podporované laboratórium*.

1.2.2 Počítačom podporované laboratórium pohľadom kognitívnej psychológie

Keďže vnímanie a učenie sa sú podstatné poznávacie procesy realizované aj pri laboratórnej činnosti s počítačovými meracími systémami, môžeme sa na počítačom podporované laboratórium pozrieť aj z pohľadu kognitívnej psychológie. Rôzni autori identifikovali z kognitívneho hľadiska niekoľko požadovaných charakteristík počítačom podporovaného laboratória. Najdôležitejšie z nich možno zhrnúť do týchto bodov (Tinker, 1984): (i) experimentálna jednoduchosť, (ii) rýchla odpoveď, (iii) vyšší stupeň priamej skúsenosti, (iv) záujem a motivácia žiaka, (v) jednoduchosť transformácie dát.

Experimentálna jednoduchosť

Jednou z najmarkantnejších charakteristík laboratória s počítačovými meracími systémami je značné zjednodušenie niektorých fáz experimentálnej činnosti v porovnaní s tradičnými prístupmi v laboratóriu. Máme pri tom na mysli najmä zníženie počtu rôznych opakujúcich sa činností súvisiacich predovšetkým so zaznamenávaním (tzv. zberom) experimentálnych dát. Zásadným efektom takéhoto zjednodušenia je fakt, že žiak má možnosť viac sa koncentrovať na podstatu experimentu a vzťahy medzi jednotlivými jeho komponentami. Pri klasickom (tradičnom) spôsobe realizácie rovnakej experimentálnej činnosti je totiž pamäť žiaka príliš zaťažená rôznymi prídavnými činnosťami, ktoré sťažujú proces učenia sa. Tento psychologický jav, v anglickej literatúre nazývaný *cognitive overhead*[2] (Gagné a Glaser, 1987), označuje obmedzenie krátkodobej pamäte človeka, pokiaľ je konfrontovaná s nadmerným množstvom diskontinuálnych, často priamo nesúvisiacich, činností. Proces učenia sa je efektívny len vtedy, ak jednotlivé podnety, udalosti a činnosti majú nadväzujúci charakter a ich počet je primerane obmedzený. Z toho tiež vyplýva, že interpretácia experimentálnych dát by mala nasledovať v pomerne krátkom čase po ich

[1] Rovnaká skratka sa používa aj v ďalšom význame - *Computer Based Learning*, ktorý má však všeobecnejší význam a označuje počítačovú podporu vyučovania aj mimo laboratória.

[2] Použili sme anglickú terminológiu, pretože v slovenčine neexistuje ekvivalentný odborný výraz.

spracovaní. Preto pre samotný proces učenia sa nie je optimálne, ak sa získané dáta interpretujú s dlhším časovým odstupom, napríklad na druhý deň po samotnom meraní.

Rýchla odpoveď

Ďalšou významnou charakteristikou počítačom podporovaného laboratória je veľmi rýchla reakcia digitálneho zariadenia. Merané dáta sú prakticky okamžite prístupné v pochopiteľnej forme a viac času tak zostáva na samotný proces osvojovania si vedomostí a samoreguláciu tohto procesu.

Hoci o význame a efektivite okamžitej odpovede nepochybuje žiadna z teórií učenia sa, v súvislosti s okamžitou odpoveďou používaného zariadenia sa však častokrát argumentuje aj určitou nevýhodou vyplývajúcou z tejto technologickej architektúry. Ak žiaci vykonávajú jednotlivé čiastkové operácie pomocou počítača alebo iného pripojeného digitálneho zariadenia, mnohé z operácií, ktoré by v tradičnom laboratóriu bolo nutné vykonať „ručne“, vykoná digitálne zariadenie za nich. Vznikajú preto pochybnosti o tom, či žiak rozumie vykonávaným operáciám, keď ich sám nerealizuje. Odpoveď je však pomerne jednoduchá. Ak by žiak naozaj len využíval matematické možnosti softvéru bez dostatočnej predchádzajúcej prípravy a pochopenia toho, čo sa skrýva za softvérovými úpravami empirických dát, pochybnosti by boli namieste. Experimentovanie s podporou digitálnych technológií však nemôže byť jedinou alternatívou v školskom laboratóriu. Súčasťou laboratórnej práce alebo teoretickej prípravy na ňu, by mal byť aj dostatok príležitostí na „ručné“ spracovanie získaných dát, ktoré by malo zahŕňať aspoň princípy manuálnej konštrukcie grafov a nevyhnutných matematických úprav „surových“ nameraných dát. Akonáhle sú však tieto úkony žiakmi dostatočne zvládnuté a pochopené, bolo by len zbytočným plytvaním časom, ak by ich žiaci museli zakaždým opakovane vykonávať (Skoršepa et al., 2014). V takom prípade je využívanie softvérových možností meracích systémov už len zautomatizovaním pochopených operácií, čo umožňuje výraznejšie posunúť ťažisko experimentálnej činnosti žiakov od získavania a spracovania výsledkov k ich interpretácii, zdôvodneniu, prípadne zovšeobecneniu. Analogickým spôsobom sa na školách používajú kalkulačky. Kým na nižších stupňoch matematického vzdelávania žiaci realizujú všetky matematické operácie manuálne, na stredných a vysokých školách je už prípustné skrátiť čas rutinného výpočtu použitím kalkulačky (MacIsaac, 1996).

Rýchla odpoveď meracích zariadení prispieva k možnosti okamžitej spätnej väzby o sledovanom procese, čo podľa Thorntona (1990) podporuje skupinové učenie, a naopak skupinové učenie umožňuje rýchlu spätnú väzbu. Tento prístup zároveň nabáda žiakov vyslovovať hypotézy, predikovať experimentálne zistenia a tiež s ostatnými členmi skupiny diskutovať o prípadných neočakávaných výsledkoch. Sme teda svedkami akéhosi viacstranného vzájomného ovplyvňovania rôznych aspektov procesu učenia sa.

Vyšší stupeň priamej skúsenosti

Mozog dokáže vnímať podnety prichádzajúce viacerými senzorickými kanálmi, ktoré však majú rozdielne kapacitné limity. Je známe, že najväčšiu mieru transmisivity má zrak, ktorý tak dokáže preniesť v jednej informačnej dávke najväčšie množstvo informácií. Gagne

a Glaser (1987) predpokladajú, že práve takéto ucelené informačné dávky po spracovaní v krátkodobej pamäti vedú k najefektívnejšiemu učeniu sa.

Vyučovanie v počítačom podporovanom laboratóriu produkuje obrovské množstvo práve takýchto informácií. Presnejšie povedané, transmituje ich práve v takejto, z hľadiska procesu učenia sa, vysoko efektívnej forme. Digitálne laboratórium tak podporuje väčšiu prístupnosť k podstate samotných javov a to aj prostredníctvom experimentov, ktoré sú inak technicky alebo z konceptuálneho hľadiska náročnejšie (Linn a Songer, 1991).

Záujem a motivácia

Motivácia je jedným z kľúčových stimulov učenia sa. Experimentovanie s využitím digitálnych technológií umožňuje žiakovi riešiť nové situácie s pomocou prostriedkov, ktoré sú mu známe a blízke. Nie je pochýb, že to je jeden z dôvodov, prečo sú tieto technológie aj v laboratóriu veľmi atraktívne. Príťažlivý je aj fakt, že žiak môže do istej miery sám ovládať spôsob akým sa učí, pretože experimentovanie s meracími systémami to podporuje. Tieto skutočnosti zároveň umožňujú aktívnym spôsobom viesť žiaka smerom, ktorý je pre neho atraktívny. Experimentovanie s meracími systémami je orientované viac na žiaka a menej na učiteľa alebo kurikulum. Preto je z pohľadu motivácie dôležitým prvkom skutočnosť, že umožňuje aj slabším, resp. menej pripraveným žiakom, aktívne participovať jednak na samotnom experimentálnom procese, a tiež aj v post-experimentálnych fázach, ako sú vyhodnotenie a interpretácia výsledkov, diskusia.

Jednoduchosť transformácie dát

Pod transformáciou dát rozumieme mieru schopnosti vnútornej konverzie a pochopenia experimentálnych výsledkov, ktoré sú výstupom laboratórnych meraní. Tie sú najčastejšie produkované v podobe grafov alebo tabuliek. Úroveň transformácie dát je jednou z najčastejšie sledovaných kognitívnych charakteristík využívania digitálnych technológií v laboratóriu, pretože ako jedna z mála, je pomerne presne kvantifikovateľná. Najmä schopnosti žiakov „čítať“ grafy produkované meracími systémami sa stali predmetom mnohých výskumov[1] už v úvodných fázach využívania týchto technológií vo vyučovaní prírodných vied (Brasell, 1987a; Nachmias a Linn, 1987; Stein, 1987). Závery rezultujúce z týchto výskumov boli veľmi povzbudivé, pretože naznačovali, že proces vykresľovania grafov v reálnom čase, teda už počas samotného merania (nie až po ňom), prispieva k zdokonaleniu žiakovej schopnosti grafickej interpretácie.

Z kognitívneho hľadiska je pozitívne, že graf predstavuje určitý komplex veľmi vhodne usporiadaných dát, z ktorých však počas ich interpretácie musia byť jednotlivé informácie vyextrahované. A to je možné len pri aktívnom zapojení žiaka.

[1] Podrobnejšie o týchto výskumoch referujeme v kap. 1.3.

1.3 Pohľady výskumov na implementáciu školského počítačom podporovaného experimentovania

Myšlienka počítačovej podpory laboratórnej činnosti žiakov ako súčasti vyučovania prírodovedných disciplín vznikla v osemdesiatych rokoch dvadsiateho storočia v USA a veľmi rýchlo sa dostala aj do krajín západnej Európy. Približne tridsaťročný výskum v tejto oblasti priniesol kvantum výsledkov a zistení týkajúcich sa rozličných aspektov implementácie počítačom podporovaného experimentovania do vyučovania prírodných vied. Prvé z týchto výskumov boli realizované didaktikmi fyziky na univerzitách v USA, napríklad R. Thornton (1989) a P. Laws (1991) z Tufts University a Dickinson College. Iná skupina didaktikov fyziky, zaoberajúca sa touto problematikou vznikla na Kalifornskej univerzite v Berkley, napríklad M. Linn, R. Nachmias a J. Stein (Linn, 1988; Nachmias a Linn, 1987; Stein, 1987). Ešte aj dnes môžeme povedať, že v tejto oblasti počtom stále prevládajú štúdie týkajúce sa didaktiky fyziky (Hogarth et al., 2006). Podľa počtu výskumov za fyzikou nasleduje didaktika chémie (napríklad Deng et al. (2011); Heck et al. (2009); Nakhleh (1994); Nakhleh a Krajcik (1994); Tortosa Moreno et al. (2008)) a zatiaľ najmenšie množstvo výskumov sa týka didaktiky biológie (napríklad Šorgo a Kocijancic (2006); Šorgo et al. (2010); van Eijck (2006)). Je to pravdepodobne spôsobené dvomi hlavnými dôvodmi: (i) Oblasť vyučovania fyziky má v tomto smere pred všetkými ostatnými predmetmi nepopierateľný náskok, keďže prvé implementácie počítačových meracích systémov sa objavili práve v tejto oblasti. (i) Druhý dôvod do značnej miery súvisí s predchádzajúcim - fyzika je odborom, ktorý má k implementácii takýchto technológií zo všetkých prírodných vied najbližšie, tradične používa množstvo prístrojov a zariadení, a preto je len logické, že má v tomto smere prvenstvo.

Je však potrebné povedať, že z pedagogického a pedagogicko-psychologického hľadiska, s hlavným zameraním na edukačný efekt implementácie školských meracích systémov do vyučovania, nie je rozdiel medzi vyučovaním fyziky, chémie a biológie.

V nasledujúcom texte prinášame krátky prehľad študovaných oblastí a niektorých konkrétnych výskumov týkajúcich sa aplikácie počítačových meracích systémov do vyučovania prírodných vied, a tiež záverov a zistení, ktoré z nich rezultovali. Zameriame sa pri tom predovšetkým na (i) identifikáciu potenciálnych benefitov, ale aj problémov a ťažkostí vyplývajúcich z používania tejto technológie na vyučovaní, (ii) hľadanie možností, ako vhodne viesť žiakov pri ich práci v počítačom podporovanom laboratóriu a (iii) dotkneme sa aj otázok nevyhnutnej podpory a prípravy učiteľov, ktorí sú hlavnými organizátormi práce žiakov v počítačom podporovanom laboratóriu.

Prezentované výskumy sme rozdelili do troch nasledujúcich oblastí:

1. výskumy sledujúce relevantnosť počítačom podporovaného experimentovania pre vyučovanie prírodovedných predmetov a jeho efektivitu (kap. 1.3.1),
2. výskumy týkajúce sa pohľadu žiakov na implementáciu počítačom podporovaného experimentovania do vyučovania prírodných vied (kap. 1.3.2),
3. výskumy týkajúce sa pohľadu učiteľov na implementáciu počítačom podporovaného experimentovania do vyučovania prírodných vied (kap. 1.3.3).

1.3.1 Relevantnosť a efektivita počítačom podporovaného experimentovania

Z mnohých štúdií, najmä tých, ktoré presadzujú konštruktivistické prístupy vo vzdelávaní, vyplynuli odporúčania na posilnenie školskej laboratórnej praxe práve implementáciou počítačových meracích systémov (Ambrose, 2004; Bernhard, 2003; Borghi et al., 2001; Russell et al., 2003; Sassi et al., 2005). Uskutočňovanie experimentov s podporou počítača v reálnom čase poskytuje žiakovi mnoho možností na budovanie a zdokonalenie jeho prírodovedných kompetencií prostredníctvom rýchlej a plynulej interakcie s vyučovacím obsahom.

Mnohí renomovaní odborníci sa domnievajú, že nesporná výhoda tejto počítačovej podpory oproti tradičnému experimentovaniu (bez počítačových meracích systémov) sa prejavuje najmä pri získavaní (zbere) experimentálnych dát a ich vizualizácii (Euler a Müller, 1999; Hake, 1998; Marcum-Dietrich, 2002; Nakhleh, 1994; Nakhleh a Krajcik, 1994; Redish et al., 1997; Russell et al., 2003; Svec, 1999). S vizualizáciou súvisí aj jedna z najvýznamnejších čŕt počítačom podporovaného experimentovania – *okamžitá grafická reprezentácia meraných dát,* ktorú sme z pohľadu kognitívnej psychológie spomenuli aj v kap. 1.2.2. Najčastejším výstupom takýchto meraní je totiž graf. Niekoľkými výskumami sa potvrdilo, že digitálne meracie zariadenia s bezprostrednou grafickou odozvou majú veľkú dispozíciu prispievať k zvýšeniu žiakových schopností pochopiť a správne interpretovať výstupné grafy (Barton, 1997b; Beichner, 1990; Brasell, 1987a; Brasell, 1987b; McDermott et al., 1987; Mokros a Tinker, 1987; Testa et al., 2002). Tento efekt je spôsobený predovšetkým simultánnym vykresľovaním grafu počas merania. Graf teda vzniká v reálnom čase a poskytuje tak okamžitú spätnú väzbu o priebehu sledovaného procesu. Žiak má tak okamžitú možnosť konfrontovať jeho vlastné výsledky s prípadným teoretickým modelom, o ktorom má predchádzajúcu vedomosť (Sassi et al., 2005).

Jednu z prvých štúdií týkajúcich sa efektivity simultánnej grafickej reprezentácie meraných závislostí v reálnom čase uskutočnila H. Brassell (1987a; 1987b) Jej cieľom bolo zistiť, či práve táto základná vlastnosť je jedným z možných zdrojov pozitívnych edukačných efektov. Zistila pri tom, že pochopenie podstaty preberaného učiva (v tomto prípade fyzikálneho konceptu vzdialenosti a zrýchlenia) stredoškolákmi bolo oveľa hlbšie pri použití meracieho systému s modulom pohybu, ktorý okamžite poskytoval grafickú odozvu meranej závislosti, ako keď žiaci kreslili graf ručne na papier až po nameraní príslušných dát. Výskum navyše ukázal, že dokonca aj malé oneskorenie medzi meraním a zobrazením grafu (20 – 30 sekúnd) je pre žiaka metúce a prakticky úplne inhibuje proces učenia sa.

Podľa tejto štúdie je evidentné, že pozitívny edukačný efekt je tým markantnejší, čím je menšie oneskorenie medzi sledovaným javom alebo procesom a jeho grafickou reprezentáciou. Inými slovami, žiakovi prospieva, ak dostáva grafickú spätnú väzbu o svojom meraní okamžite, teda v reálnom čase. Ak boli teda na začiatku štúdie dve hypotézy o vzájomnom vzťahu dvoch elementov, ktoré je potrebné vhodne prepojiť (samotné meranie ako prvý element a jeho grafická reprezentácia ako druhý element), potom štúdia potvrdila hypotézu o ich paralelnom (simultánnom) prepojení, a zároveň vyvrátila hypotézu o sériovom (sekvenčnom) prepojení.

Na tento výskum nadviazal komparatívnou štúdiou Barton (1997b), ktorý porovnával tri skupiny žiakov vo veku od 8 do 10 rokov pri práci s grafickými závislosťami medzi prúdom a napätím. Jedna skupina pracovala s počítačovým meracím systémom, ktorý poskytoval grafickú odozvu v reálnom čase. Žiaci druhej skupiny experimentovali bez meracieho systému, pričom z nameraných dát manuálne zostrojili graf na papier. Posledná skupina žiakov závislosť priamo experimentálne nemerala, ale hotový graf príslušnej závislosti jej bol poskytnutý učiteľom. Štruktúry aktivít pri práci s grafmi boli pritom pre všetky skupiny veľmi podobné.

Podstatné zistenia z tejto štúdie sú nasledujúce:

- Počítačový prístup mal jednoznačne pozitívny efekt na pochopenie grafov žiakmi, ktorí dosiahli v tomto smere evidentne lepšie výsledky ako žiaci, ktorí nerealizovali experimentálnu činnosť. Práca s počítačovými meracími systémami je oveľa flexibilnejšia a poskytuje viac možností bádania, pretože umožňuje ľahko získať nové dáta.
- Ak hlavným cieľom aktivity je interpretovať vzťah (v tomto prípade medzi prúdom a napätím) na základe analýzy grafu, Barton (1997b) odporúča vyhnúť sa manuálnej tvorbe grafov (druhá skupina žiakov). Je to veľmi náročné na čas a hrozí tiež, že žiaci sa viac sústredia na jednotlivé dáta ako na ich kontinuálnu formu, ktorá vyjadruje skúmanú závislosť.
- Autor tiež odporúča naviesť žiakov pred samotným meraním k tomu, aby najskôr načrtli predpokladanú grafickú závislosť, ktorú potom potvrdia (alebo vyvrátia) experimentálne. Takáto forma predikcie podnecuje diskusiu medzi žiakmi. Je však dôležité, aby medzi predikciou a potvrdzujúcim meraním neuplynul príliš dlhý čas, aby svoje návrhy mohli žiaci konfrontovať čo najrýchlejšie. Aj z tohto dôvodu je preto vhodnejší prístup pomocou počítačových meracích systémov, ktoré jediné sú schopné poskytnúť v tomto smere uspokojivú časovú odozvu.
- Učiteľ pri tejto činnosti nesmie zabúdať na udržiavanie pozornosti žiakov vhodne volenými otázkami, ktorými ich povzbudzuje k vzájomnej diskusii a zdôvodňovaniu svojich myšlienok.

K výskumom týkajúcich sa grafickej reprezentácie a interpretácie nameraných dát patrí aj štúdia, ktorú uskutočnil Beichner (1990). Zistil pri nej, že na zabezpečenie efektivity počítačom podporovaného experimentovania nestačí len „napodobenina“ reálneho procesu, ale musí sa skutočne jednať o reálne pozorovanie. Podľa neho experimentovanie s počítačovými meracími systémami umožňuje žiakom „vidieť“ a takmer až „cítiť“ prepojenie medzi fyzikálnym (chemickým) dejom a jeho grafickou interpretáciou (Beichner, 1990). Beichner v štúdii nahradil reálne experimentovanie spojené s okamžitým vykresľovaním grafu animáciou reálneho procesu (pohybu), ktorá však bola rovnako sprevádzaná simultánnym vykresľovaním grafu. Žiaci teda v skutočnosti neexperimentovali, ale pracovali s animáciou. Výsledky štúdie ukázali, že takýto prístup nebol preukázateľne efektívnejší ako tradičné experimentovanie bez počítača.

Keďže Brasell (1987a; 1987b) vo vzťahu ku grafickým zobrazeniam sledovaných procesov jednoznačne preukázala benefit vyplývajúci z použitia meracích systémov, Beichnerove zistenia pravdepodobne znamenajú, že vizuálne napodobenie procesu nemá ten istý pozitívny edukačný efekt ako reálny proces, a to aj napriek tomu, že je rovnako sprevádzaný simultánnym vývojom grafu. Žiak teda potrebuje priamy kontakt s reálnym sledovaným procesom, ktorý je sprevádzaný primeranou grafickou odozvou.

Myšlienku lepších možností interpretácie dát v počítačom podporovanom laboratóriu podporil aj výskum kolektívu autorov Pierri et al. (2008), v ktorom so žiakmi prostredníctvom meracích systémov sledovali vplyv molekulovej hmotnosti nasýtených mastných kyselín na ich teplotu topenia a tuhnutia. Výsledky ukázali, že žiaci preferujú prácu so senzormi oproti tradičnému experimentovaniu. Oceňujú najmä, že v danom čase stihnú uskutočniť viac presných meraní a tiež to, že získajú relevantné grafy v reálnom čase.

Výsledky výskumu ďalej naznačujú, že používanie počítačom podporovaných experimentov v chemickom laboratóriu poskytuje žiakom rýchlejší prístup k experimentálnym dátam, čo umožňuje venovať viac času interpretácii a vysvetleniu experimentu.

Newton (1997) prišiel na základe svojho výskumu s myšlienkou, že vykresľovanie grafov v reálnom čase podnecuje ku kvalitatívnemu opisu grafov. Inými slovami, nabáda k diskusii. Takto vytvorené grafy by totiž mali byť príslušne okomentované samotnými žiakmi, ktorí ich vyprodukovali. Pri tradičnom experimentovaní, ktoré po prácnom získavaní dát viedlo k ich ešte prácnejšiemu manuálnemu grafickému zakresľovaniu, častokrát nezostal čas na primeranú interpretáciu a diskusiu o získaných dátach. V prípade merania počítačovými meracími systémami získavanie a vykresľovanie dát prebieha súčasne a čas, ktorý je na prezentáciu dát potrebný, je v skutočnosti totožný len s časom nevyhnutným na samotné meranie. Počítačom podporované experimentovanie teda poskytuje oveľa viac priestoru na diskusiu o získaných dátach. Newton (1997) v práci navrhuje dať žiakovi potrebný priestor, aby sa pokúsil okomentovať a zdôvodniť, čo získaný graf zobrazuje.

Skúsenosti navyše ukazujú, že žiaci zvyčajne nemajú dostatočnú slovnú zásobu a často nevedia pri opise a interpretácii grafov nájsť vhodné slová. Grafy zvyčajne opisujú „svojim“ bežne používaným jazykom, ktorý na tento účel častokrát nie je postačujúci. Počítačom podporované experimentovanie, tým, že je menej časovo náročné na spracovanie dát, poskytuje aj v tomto smere priestor na postupné zdokonaľovanie. Je však samozrejmé, že to nie je možné realizovať bez asistencie učiteľa, od ktorého sa očakáva, že diskusiu a komentovanie získaných grafov bude viesť vhodne volenou sériou otázok, ktoré viac alebo menej navádzajú žiaka k správnemu vysvetleniu grafu. Je evidentné, že žiak bude takmer vždy potrebovať pomoc svojho učiteľa, ale pri častejšom opakovaní takýchto činnosti sa predpokladá jeho progres nielen v oblasti interpretácie grafov ale aj v správnom vyjadrovaní.

Je tiež potrebné si uvedomiť, že získavanie dát pomocou senzorov je len prvým krokom v procese učenia sa prostredníctvom počítačom podporovanej praktickej činnosti (Rogers, 1997). Ďalšie možnosti objavovania a skúmania prichádzajú pri spracovaní získaných dát

pomocou softvérových nástrojov, ktoré sú dnes bežnou súčasťou softvérovej výbavy počítačových meracích systémov. Dôraz by pri tom mal byť kladený na prípravu takých úloh, ktoré budú stimulovať žiaka k uvažovaniu o získaných výsledkoch a zamýšľaniu sa nad princípmi, ktorými možno tieto výsledky podoprieť. Ak žiaci chápu, že zaznamenávanie dát je len prvá fáza experimentovania, ideálna počítačom podporovaná aktivita by ich mala podnietiť k tomu, aby si vytvorili návyky spojené s kladením otázok o získaných dátach a s ich prepájaním s predchádzajúcimi vedomosťami. Žiaci by si mali postupne osvojiť rôzne stratégie a softvérové možnosti pri spracovaní nameraných dát, ktoré im umožnia vyťažiť z realizovaného experimentu maximum. Rogers (1997) konštatuje, že je prakticky nevyhnutné, aby pri spracovávaní a interpretácii grafických záznamov žiaci postupne zvládli aspoň základné operácie, ako sú: (i) odhad trendov grafu, (ii) identifikácia kľúčových bodov grafu, (iii) porovnávanie rozdielnych grafov a (iv) vyhľadávanie podobností a rozdielov v grafoch.

Podobne aj Newton (1998) sa vo svojej ďalšej práci domnieva, že kľúčovým zámerom práce žiakov v laboratóriu je najmä podporiť ich v oblasti interpretácie nameraných údajov. Podľa neho pri efektívnom používaní počítačových meracích systémov je potrebné posunúť sa od obyčajného merania a zaznamenávania dát k ich interpretácii. Jedine tak je možné podporiť žiakovu priamu skúsenosť s prírodnými javmi a objektami. Zaznamenávanie dát bez ich interpretácie a pochopenia nemá pre zefektívnenie vyučovania prírodných vied význam. Získavanie dát je preto potrebné chápať len ako počiatočnú fázu riešenia experimentálnej úlohy, ktorá nutne musí vyústiť do primeranej interpretácie.

Dobrá počítačom podporovaná aktivita by teda mala spĺňať nasledujúce kritériá (Newton, 1998):

- *Podnecuje interakcie medzi žiakmi*, čo je možné dosiahnuť pri vzájomnej spolupráci počas skupinovej práce v laboratóriu. Pri vyučovaní v počítačom podporovanom laboratóriu to však zvyčajne nie je problémom, pretože kvôli obmedzenému počtu potrebných prístrojov a ďalšej nevyhnutnej techniky žiaci aj tak väčšinou pracujú v malých skupinách.
- *Dáva žiakom istú zodpovednosť*. Je potrebné zaistiť, že každý žiak bude mať aktívnu úlohu pri meraní, čo zvyčajne vedie k stupňovaniu jeho skutočného záujmu. Je to možné dosiahnuť napríklad delegovaním rôznych úloh rozdielnym žiakom v skupine.
- *Nedáva žiakom možnosť, aby počas realizácie aktivity zabúdali na jej skutočné ciele*. Nesmie sa teda stať, že používanie modernej technológie zatieni experimentálny zmysel aktivity. Predpokladá to však, že žiaci majú dostatok skúseností a vedomostí na to, aby ešte predtým ako začnú pracovať, dokázali napríklad identifikovať dôležité premenné, ktoré je potrebné sledovať, alebo rozhodnúť, aké merania je potrebné uskutočniť.
- *Umožňuje zamerať sa na podstatné fázy realizácie aktivity*, ktorým je potrebné venovať primeraný čas. Žiaci majú často tendenciu skĺznuť do roviny, v ktorej sa príliš venujú samotnému meraniu a zaznamenávaniu dát a zanedbávajú pri tom ich analýzu. Tu je potrebné, aby učiteľ dokázal organizovať ich prácu tak, aby sa naučili separovať

dôležité úkony od menej dôležitých. Možnosťou, ako to dosiahnuť, je kladenie vhodných otázok žiakom počas ich práce.

- Po zvládnutí práce s počítačovým meracím systémom *dáva dostatočný priestor na pochopenie a vyhodnotenie získaných údajov*.
- Poskytuje žiakovi možnosti, aby sa naučil *byť kritický k získaným dátam*, a aby sa dokázal vysporiadať aj s prípadnými zistenými anomáliami. Žiak potrebuje mať isté skúsenosti, aby dokázal vysvetliť, prečo údaje získané meracími systémami môžu vykazovať určité anomálie.

Lepšiu schopnosť žiakov interpretovať dáta pri počítačom podporovanom experimentovaní potvrdzujú aj Linn a Hsi (2000). Uvádzajú dokonca, že žiaci zvyknutí pracovať s grafmi časových závislostí počítačovým prístupom dokážu lepšie pochopiť a zdôvodniť grafické závislosti aj pri témach, ktoré sa ešte neučili. Napríklad žiaci, ktorí predtým merali časové závislosti teplotných zmien (konkrétne ochladzovania), dokázali správne interpretovať aj grafickú závislosť rýchlosti od času, hoci túto tému experimentálne nerealizovali. Zaujímavé pri tom je, že podobný efekt nebol zistený v prípade, ak žiaci po meraní kreslili grafy ručne na papier (Linn a Hsi, 2000).

Tab. 1-2 Analýza prínosov počítačom podporovaného experimentovania (podľa Webb (2005))

Prínos pre žiaka	**Elementy poskytujúce prínos pre žiaka**	**Elementy, ktoré môžu zvýšiť stupeň prínosu**	**Elementy poskytujúce informáciu o prínose**
Zaznamenávanie (zber) dát a tvorba grafov	Meranie s počítačovými meracími systémami a softvér na tvorbu grafov	Rýchla prezentácia dát a tvorba grafov pomocou softvéru	Softvérové funkcie (menu, tlačidlá)
Interpretácia experiment. výsledkov	Meranie s počítačovými meracími systémami a softvér na tvorbu grafov	Rýchla prezentácia dát a tvorba grafov pomocou softvéru Nabádanie učiteľom Nabádanie spolužiakmi	Nabádanie učiteľom Nabádanie spolužiakmi
Prepojenie pozorovania a jeho grafickej reprezentácie	Vykresľovanie grafov v reálnom čase	Rýchla prezentácia dát pomocou softvéru Nabádanie učiteľom Nabádanie spolužiakmi	Nabádanie učiteľom Nabádanie spolužiakmi

Ďalšie výskumy ukázali, že správne použitie počítačových meracích systémov v školskej laboratórnej praxi má schopnosť podporovať uvažovanie žiakov (Friedler et al., 1990) a prispievať k hlbšiemu a efektívnejšiemu pochopeniu nových pojmov (Fernández et al., 1996; Marcum-Dietrich, 2002; Marcum-Dietrich a Ford, 2002; Saez et al., 2005). Niektoré z realizovaných výskumov naznačujú, že počítačom podporované experimentovanie je efektívnym nástrojom pri rozvíjaní abstraktného myslenia (Hamne a Bernhard, 2000; Thornton a Sokoloff, 1990), čo môže byť veľmi prínosné najmä v predmetoch fyzika a chémia. Dokonca existuje štúdia, ktorá potvrdila efektivitu tohto prístupu pri vyučovaní fyzicky postihnutých žiakov (Bernhard a Bernhard, 1998).

M. Webb (2005) v rozsiahlej správe o možnostiach informačných a komunikačných technológií vo vyučovaní uvádza tri hlavné druhy prínosov (predností) laboratórnej činnosti s počítačovými meracími systémami: (i) zaznamenávanie dát a tvorba grafov, (ii) interpretácia výsledkov a (iii) prepojenie pozorovania a jeho grafickej reprezentácie. Špecifické elementy prispievajúce k jednotlivým druhom prínosov, tak ako ich autorka uvádza, sú zosumarizované v tab. 1-2.

M. Aksela (2005) vo svojej štúdii uvádza, že počítačom podporované experimentovanie má veľmi sľubný potenciál v podporovaní tzv. *myslenia vyššieho rádu*[1] (schopnosť analýzy, syntézy, hodnotenia, posúdenia a pod.). Jej závery boli čiastočne potvrdené aj ďalšími štúdiami realizovanými kolektívom autorov okolo M. Tortosa (Tortosa Moreno a Pintó, 2010; Tortosa Moreno et al., 2008).

Počítačom podporované experimentovanie ponúka aj možnosť integrovaného prístupu v prírodovednom vzdelávaní. Vzhľadom na to, že fyzika, chémia a biológia sú prírodovedné disciplíny, ktoré sa v mnohých aspektoch prelínajú a dopĺňajú, vynára sa tu aj možnosť ich vzájomného prepojenia prostredníctvom experimentovania s počítačovými meracími systémami. Existuje totiž množstvo fyzikálnych a chemických procesov, v ktorých je možné fyzikálne a chemické vlastnosti merať súčasne. Biologické procesy a javy navyše tiež vo svojej podstate zahŕňajú určité fyzikálne a chemické aspekty. Z tohto pohľadu sú práve biologické procesy najvhodnejšie, ak chceme do experimentovania zahrnúť všetky tri spomínané disciplíny. Na jednom z interesantných príkladov to ukázali Šorgo, Hajdinjak a Briški (2008).

Vo svojej štúdii pripravili sériu modelových experimentov ilustrujúcich *„cestu sendviča tráviacim systémom“,* v ktorých použitím bežne dostupných senzorov pripojených k vhodnému digitálnemu koncovému zariadeniu postupne prezentovali niektoré fyzikálne a chemické princípy biologického procesu - trávenia. Žiaci potom prostredníctvom merania mali možnosť zistiť napríklad veľkosť sily čeľustí pri mechanickom spracovávaní potravy v ústach, enzymatickú aktivitu amylázy a pepsínu, antibakteriálne účinky kyseliny chlorovodíkovej v žalúdku a význam tenkého čreva pri vstrebávaní živín.

Ako konštatujú sami autori, takýto typ laboratórnej aktivity môže byť navrhnutý ako zmes autonómnych biologických, fyzikálnych a chemických parciálnych experimentov, ktoré spolu prispievajú k zvýšeniu úrovne prírodovedného vzdelania ako celku. Na druhej strane autori identifikovali aj niekoľko prekážok, s ktorými sa možno stretnúť pri navrhovaní a realizácii takýchto aktivít. (i) V prvom rade, výber čiastkových experimentov, ktoré sú potrebné na pochopenie celkového konceptu, musí byť na primeranej úrovni. (ii) Druhý problém vyplýva zo skutočnej náročnosti prípravy takejto aktivity, keďže od učiteľa sa v tomto prípade očakáva dostatočná erudovanosť nielen v oblasti biológie, ale aj fyziky a chémie. Najmä v prípade učiteľov biológie tu môžeme naraziť na problém, ktorý autori odhalili vo svojej ďalšej štúdii (Šorgo a Kocijancic, 2012), o ktorej podrobnejšie referujeme v kap. 1.3.3. (iii) Tretia prekážka vyplýva z faktu, že mnohé témy, napríklad z humánnej

[1] Higher-order thinking.

fyziológie, ktoré by sa takýmto prístupom dali so žiakmi riešiť, nie je možné aplikovať v školskom prostredí napríklad z dôvodu zdravotných rizík, etických zásad a pod.

Pri overovaní tejto experimentálnej aktivity autori dospeli k trom zásadným zisteniam:

- Žiaci považovali celkovú aktivitu, ako aj jednotlivé parciálne experimenty, za zaujímavé a nápomocné pri pochopení procesu trávenia, a to najmä preto, že na komplexný proces bolo nazerané z viacerých uhlov pohľadu (v skutočnosti z pohľadov rôznych prírodovedných disciplín).
- Výsledky výskumu naznačili, že žiaci pochopili ciele jednotlivých experimentov a porozumeli získaným grafom.
- Počas realizácie aktivity niektorí žiaci potrebovali pomoc učiteľa najmä pri prepojení toho, čo pri meraní videli, s vysvetlením, čo z týchto zistení v skutočnosti vyplýva.

So zaujímavým návrhom prišiel kolektív autorov vedený J. Lavonenom (Lavonen et al., 2003), ktorý pracoval na dizajne tzv. *užívateľovi prístupnej*[1] *organizácie počítačom podporovaného experimentovania*. V tejto súvislosti definovali štyri jej nasledujúce kvality:

- užívateľovi prístupný hardvér, založený na technológii plug-and-play,
- užívateľovi prístupný softvér s jednoduchým nastavením merania a spracovania experimentálnych dát,
- užívateľovi prístupná podpora vo forme adekvátnych inštrukcií a on-line pomoci pre žiakov,
- prispôsobivé a flexibilné pedagogické dokumenty a podporné materiály pre učiteľov.

S cieľom zistiť efektivitu počítačom podporovaného experimentovania v pedagogickej praxi bolo realizovaných množstvo výskumov (Aksela, 2005; Barton, 1997a; Dori a Sasson, 2008; Hamne a Bernhard, 2000; Harrison, 1997; Kaberman a Dori, 2009; Kennedy, 2001; Kwon, 2002; Newton, 2002; Pintó et al., 2010; Rogers a Wild, 1996; Thornton a Sokoloff, 1990; Tortosa Moreno et al., 2008). V podstate všetky ukázali, že samotná technológia na zvýšenie efektivity učenia sa nestačí. Je nevyhnutné zabezpečiť kvalitné výučbové materiály a tiež vhodný pedagogický prístup, ktorý bude novú technológiu podporovať a dopĺňať. Tortosa (2012) hovorí o troch typoch interakcií podieľajúcich sa na rozvoji žiakových kompetencií a zdokonaľovaní procesu učenia sa, ktoré musia byť zabezpečené prostredníctvom vhodne pripravených a štruktúrovaných laboratórnych aktivít: (i) interakcia žiak – počítač, (ii) interakcia žiak – žiak a (iii) interakcia žiak – učiteľ. Redish et al. (1997) výskumom (s 8 triedami a 6 učiteľmi) potvrdil, že ak je počítačom podporované experimentovanie vedené v medziach premyslených inštrukcií a pravidiel, je signifikantne efektívnejšie v porovnaní s počítačom podporovaným experimentovaním bez dopredu vypracovanej koncepcie.

[1] V originálnej anglickej verzii je použitý pojem *user-friendly*.

Niektorí autori (Borghi et al., 2003; Pintó et al., 2010; Pintó et al., 1999) sa zaoberali aj výskumom vhodnej štruktúry inštrukcií pre žiakov (napríklad vo forme pracovných listov) v počítačom podporovanom laboratóriu. Z ich návrhov vyplýva niekoľko nasledujúcich dôležitých podmienok, ktoré by inštrukcie pre žiakov (aktivity, pracovné listy a pod.) mali zahŕňať:

- Experimentálna činnosť žiakov by mala vždy smerovať k zodpovedaniu nejakej otázky alebo vyriešeniu problému. Žiaci si musia jasne uvedomovať, čo je zámerom ich práce, a nie len nasledovať algoritmus laboratórnych operácií bez jeho pochopenia.
- Je dôležité, aby si žiaci ešte predtým ako začnú experimentovať, vytvorili určitú mentálnu reprezentáciu javu alebo procesu, ktorý budú experimentálne skúmať.
- Aktivita musí do značnej miery zabezpečovať, že ciele, ktoré ňou učiteľ zamýšľa, budú žiakom prijaté.
- Aktivita musí zabezpečiť, že každý žiak bude môcť vyjadriť svoj pohľad na sledovaný jav alebo proces.
- Je ideálne, ak aktivita umožňuje preberané koncepty využiť aj v iných situáciách. Motivačnými môžu byť z tohto pohľadu najmä témy z bežného života.

Ukázalo sa, že jedným zo sľubných spôsobov, ako koncipovať aktivity pre počítačom podporované laboratóriá, je heuristický prístup založený na výskumne ladenej koncepcii vyučovania (IBSE). Všeobecné atribúty vyučovania na princípe objavovania však nie sú nové. S ich náznakmi sa stretávame už v šesťdesiatych rokoch dvadsiateho storočia. Napríklad J. Schwab (1962) uvádza, že na rozdiel od tradičnejších prístupov, v ktorých laboratórne cvičenie nasleduje až po predchádzajúcej, viac-menej teoretickej, príprave v triede, by experimentálna činnosť mala skôr teoretickej časti predchádzať, čím by získala charakter určitého vodiaceho prvku vo vyučovaní. Funkciou takto chápaného laboratória by malo byť predovšetkým poskytnutie dostatočného množstva príležitostí na bádanie a objavovanie. Z toho samozrejme vyplýva, že tradičné inštrukcie na laboratórnu činnosť napovedajúce žiakovi čo a ako má vykonať by mali byť nahradené oveľa voľnejšími a otvorenejšími materiálmi upriamujúcimi pozornosť žiaka na samotný problém, resp. na situácie, v ktorých možno problém(y) nájsť a pod.

Schwab (1962) uvádza tri úrovne inštrukcií pre takto chápanú laboratórnu činnosť:

- *prvá úroveň*, pri ktorej inštrukcie žiakovi prezentujú nielen samotný problém, ale aj spôsoby, akými je možné nájsť nové, dovtedy nepoznané súvislosti,
- *druhá úroveň*, pri ktorej je v inštrukciách formulovaný len problém, ale všetky ostatné aspekty, vrátane možných metód riešenia problému, zostávajú otvorené,
- *tretia úroveň*, pri ktorej inštrukcie len definujú skúmaný jav, alebo proces, pričom všetky s ním súvisiace otázky, vrátane samotného problému a rovnako aj metód jeho riešenia zostávajú otvorené.

Je teda evidentné, že pri takomto aktívnom prístupe vo vyučovaní je potrebné rozlišovať niekoľko rozdielnych úrovní bádania (skúmania, objavovania). Je predsa samozrejmé, že žiaci nemôžu skúmať na rovnakej úrovni ako vedci, a ani nemôžeme očakávať, že žiaci základnej školy si budú schopní sami naplánovať a organizovať svoje

vlastné pozorovania. V skutočnosti je aj bádaniu potrebné sa „učiť“. Inými slovami, žiaci potrebujú dostatok príležitostí a praxe, aby dokázali zdokonaliť svoje bádateľské schopnosti. Nie je to však nutné a ani možné urobiť naraz, keďže úrovne skúmania závisia od veku aj schopností žiakov.

Banchi a Bell (2008) rozlišujú štyri úrovne bádania, ktoré odrážajú, koľko informácií (napríklad vo forme otázok, inštrukcií, návodov alebo očakávaných výsledkov) je žiakovi poskytnutých (učiteľom, pracovným listom) a do akej miery je žiak počas praktickej činnosti vedený a smerovaný učiteľom (tab. 1-3). Tieto úrovne zároveň poskytujú učiteľovi priestor k diferenciácii náročnosti vyučovacieho procesu a žiakom tým umožňujú participovať na ňom podľa ich schopností:

1. *Potvrdzujúce bádanie (Confirmation Inquiry)* je najnižšou a najjednoduchšou úrovňou bádania, ktorej podstatou je potvrdenie alebo overenie dopredu známych výsledkov demonštrujúcich zákonitosti, teórií a pod.
2. *Štruktúrované bádanie (Structured Inquiry)*, v ktorom žiak hľadá odpovede na učiteľom zadané otázky podľa dopredu predloženého postupu.
3. *Riadené bádanie (Guided Inquiry)*, v ktorom žiak skúmaním hľadá odpovede na otázky zadané učiteľom podľa svojho vlastného postupu.
4. *Otvorené bádanie (Open Inquiry)*, v ktorom žiak na základe vlastných postupov rieši otázky, ktoré si dopredu sám formuloval.

Tab. 1-3 Úrovne bádania podľa množstva poskytnutých informácií (Banchi a Bell, 2008)

Úroveň bádania	Otázky	Postup	Riešenie
1. Potvrdzujúce	áno	áno	áno
2. Štruktúrované	áno	áno	nie
3. Riadené	áno	nie	nie
4. Otvorené	nie	nie	nie

Benefity plynúce z výskumne orientovaných aktivít, ako jedného zo spôsobov zdokonalenia procesu učenia sa, o dvadsať rokov neskôr vo všeobecnosti demonštrovali Hofstein a Lunetta (1982; 2004). V súvislosti s počítačom podporovanými experimentami sa výskumne ladenými aktivitami zaoberali niektorí už spomínaní autori (Aksela, 2005; Espinoza a Quarless, 2010; Tortosa Moreno, 2012). Ukázalo sa, že prepracovaná laboratórna činnosť s výskumne orientovaným zámerom má mimoriadny potenciál podporiť proces žiakovho učenia sa (Minstrell a Kraus, 2005).

Dôležitosť aktívneho zapojenia žiakov dokumentovali aj Hamne a Bernhard (2000) a Thornton a Sokoloff (1990), ktorí ukázali, že počítačové meracie systémy sú efektívnym nástrojom pri pochopení konceptov mechaniky. Konkrétne išlo o úspešnú implementáciu počítačových meracích systémov počas prípravy budúcich učiteľov fyziky. Autori konštatujú, že práca v počítačom podporovanom laboratóriu umožňuje študentom aktívne sa učiť a podnecuje k aktívnemu získavaniu poznatkov prostredníctvom skúmania reálneho fyzikálneho sveta. Okrem toho, použitie tejto technológie podporuje kolaboratívne učenie sa, ktoré ťaží najmä z faktu, že merané dáta sú okamžite prezentované v ľahko pochopiteľnej

forme a nie je ich potrebné špeciálne upravovať. Autori zároveň potvrdzujú efektivitu implementácie aj následným testovaním vedomostí študentov.[1] Väčší nárast vedomostí bol zistený u tých, ktorí pracovali v počítačom podporovanom laboratóriu v porovnaní s kontrolnou skupinou učiacou sa formou prednášky. Ich zistenia však zároveň naznačujú, že z hľadiska efektivity je kľúčový práve spôsob implementácie meracích systémov, nie samotná technológia. Na základe skúseností získaných pri tomto výskume odporúčajú zamerať sa najmä na aktivizáciu žiaka, resp. študenta.

Prvú štúdiu, ktorá sledovala efektivitu počítačom podporovaného experimentovania v chémii (právom preto považovanú za pioniersku prácu v oblasti počítačovej podpory školského chemického experimentu) uskutočnili Nakhleh a Krajcik (1994). Štúdia sa zaoberala meraním úrovne pochopenia konceptov súvisiacich s kyselinami, zásadami a pH. Pomerne malú vzorku 15 žiakov rozdelili do troch skupín, pričom každá skupina pracovala s inou technológiou. Prvá skupina experimentálne pracovala s acidobázickými indikátormi, druhá pH-metrom a tretia počítačovým meracím systémom s pripojenou pH sondou. Autori potom metódou rozhovoru hodnotili dosiahnutý progres najskôr osobitne pri každom žiakovi a neskôr aj pre skupinu ako celok. Autori sledovali dva ciele: (i) zmenu (predpokladaný progres) v chápaní konceptov kyselín, zásad a pH a (ii) druhy myšlienkových procesov, ktorými žiaci počas experimentovania operovali. V medziach výskumu sú tieto dva ciele chápané ako funkcie troch rôznych informačných hladín, reprezentovaných tromi rozdielnymi technologickými úrovňami.

Výsledky výskumu viedli k dvom zovšeobecneniam. (i) Žiaci, ktorí používali počítačové meracie systémy, konštruovali presvedčivejšie a zmysluplnejšie chemické koncepty. (ii) Výsledky týchto žiakov dokazujú, že tento druh experimentálnej práce veľmi pozitívne ovplyvnil úroveň vývoja ich kritického myslenia (vo vzťahu k experimentálnym dátam).

Niektoré indície naznačujú, že efektívne môže byť aj spojenie počítačom podporovaného experimentovania s počítačovými simuláciami. Keďže spoločným menovateľom oboch prístupov je počítač, vznikla myšlienka aj takejto symbiózy, pričom bolo potrebné zistiť, či sú obidva prístupy efektívnejšie vtedy ak sú použité vo vzájomnej synergii alebo separovane.

Výskumom (Liu, 2006) sa zistilo, že kombinované použitie meracích systémov so senzormi a počítačových simulácií s podporou internetu je efektívnejšie pri pochopení vybraných konceptov chémie ako keď sa ktorýkoľvek z oboch prístupov použije samostatne.

Nie všetky realizované výskumy však poskytli v oblasti efektivity počítačom podporovaného experimentovania jednoznačne pozitívne výsledky. Niektoré výskumy ukázali, že vyučovanie s meracími systémami je efektívnejšie v porovnaní s tradičnými

[1] Na testovanie vedomostí použili dva nástroje: (i) *Force Concept Inventory (FCI)* (Halloun a Hestenes, 1985; Hestenes et al., 1992) a (ii) *Force-Motion Concept Evaluation (FMCE)* (Thornton a Sokoloff, 1998).

prístupmi len v určitých oblastiach. Vo výskume realizovanom v rámci projektu TEEMSS[1] boli vytvorené aktivity s podporou počítačových meracích systémov pre vyučovanie fyziky, ktoré boli realizované na viac ako 100 školách so 60 učiteľmi a tisíckami žiakov (Zucker et al., 2008). Kontrolná vzorka žiakov bola vyučovaná tradičnými postupmi (bez použitia meracích systémov). Pri vzájomnom porovnaní efektivity oboch použitých prístupov sa medzi nimi zistili štatisticky významné rozdiely. Hoci u oboch skupín bol zaznamenaný progres vo vedomostiach, výsledky analýz vo väčšine prípadov favorizovali žiakov vyučovaných v počítačom podporovanom laboratóriu (Zucker et al., 2008). Vyučovanie s laboratórnou podporou digitálnych technológii však nebolo efektívnejšie vo všetkých prípadoch. Autori výskumu naznačili, že benefit vyplývajúci z použitia tejto technológie sa prejaví najmä v témach, ktoré vyžadujú používanie grafov.

Zistilo sa tiež, že ak sú počítačové meracie systémy implementované len ako technologický nástroj, vedie to len k slabým edukačným výsledkom. Ak je však použitý ako technologický a zároveň ako kognitívny nástroj, má to oveľa pozitívnejší efekt (Bernhard, 2003). Zdá sa, že nová moderná technológia nemusí nutne znamenať cestu k lepšiemu učeniu sa. Pri jej implementácii je preto potrebné viac sa sústrediť na kognitívnu stránku a nielen na stránku technologickú.

Niektoré výskumy ukazujú, že pozitívny efekt rezultujúci z implementácie počítačom podporovaného experimentovania nemožno očakávať okamžite. Metcalf a Tinker (2004) výskumom dokázali, že čím dlhšie žiaci experimentovali prostredníctvom počítačových meracích systémov, tým väčší vplyv to malo na ich vedomosti, pričom najväčší progres bol zaznamenaný u žiakov, ktorých počiatočné vedomosti v danej oblasti boli slabé.

Výskum okrem toho ukázal, že najúspešnejší boli žiaci, ktorí pracovali s počítačom, meracími modulmi a sondami. Žiaci, ktorí sa len pozerali ako ostatní pracujú, boli zvyčajne menej úspešní.

1.3.2 Pohľady žiakov na implementáciu počítačom podporovaného experimentovania

Názory žiakov počas ich práce v počítačom podporovanom laboratóriu sú tiež dôležitým faktorom, na ktorý je potrebné prihliadať pri navrhovaní podporných učebných materiálov pre tento spôsob vyučovania. Výskumy však v tomto smere neposkytujú jednoznačné výsledky. Možno v nich badať vysoký stupeň variability a množstvo rozdielov medzi nimi. Zdá sa však, že väčšina žiakov je použitím tejto technológie motivovaná a vykazuje pozitívny vzťah k takémuto spôsobu vyučovania. Na druhej strane sú aj žiaci, ktorí nemajú záujem o počítačovú techniku, resp. vyjadrujú rôzny stupeň ťažkostí pri práci s počítačovými meracími systémami alebo pri spracovaní a interpretácii nameraných dát.

[1] The Technology Enhanced Elementary and Middle School Science II.

Rôzne výskumy naznačujú, že ak chceme správne a cielene používať počítačom podporované experimentovanie, je potrebné poznať aj možné komplikácie, ktoré z tejto implementácie plynú pre žiaka. Na základe tejto vedomosti je potom možné správne sa rozhodovať o vhodnosti alebo nevhodnosti zaradenia tohto prístupu do vyučovania. Jednou z komplikácií môžu byť napríklad obavy žiakov z používania tohto technologického prístupu. Ich poznanie však pomôže učiteľom identifikovať prekážky, ktoré by mohli ohroziť proces učenia sa ak sa táto technológia vo vyučovaní použije (Atar, 2002). Vzhľadom na individualitu žiakovej osobnosti je zrejmé, že experimentovanie s počítačovými meracími systémami nemôže byť efektívnym prostriedkom pozitívne pôsobiacim na proces učenia sa pri všetkých žiakoch. Atar (2002) uskutočnil výskum, pri ktorom použil interview, ako nástroj na zisťovanie názorov žiakov na technológiu počítačom podporovaného experimentovania. Napriek väčšine pozitívnych ohlasov sa zistilo, že niektorí žiaci potrebujú osobitnú pomoc učiteľa, aby pochopili koncepty, ktoré sú im prezentované práve prostredníctvom tejto technológie. Na základe svojich zistení preto navrhuje:

- Osobitnú pozornosť je potrebné venovať žiakom, ktorí sa učia pomalšie v porovnaní s ostatnými. Títo žiaci sa vyjadrovali, že vzhľadom na rýchlosť grafickej reprezentácie dát, nemali čas na premýšľanie o nich.
- Ak učiteľ chce, aby jeho žiaci boli počas laboratórnej práce aktívne ponorení do experimentovania (s počítačovými meracími systémami), musí hľadať efektívne spôsoby, ako ich neustále intelektuálne zamestnávať.
- Kvôli zefektívneniu práce v počítačom podporovanom laboratóriu je potrebné, aby učiteľ neustále kontroloval získavané grafické výstupy žiakov a mohol tak včas odhaliť prípadné anomálie spôsobené napríklad nesprávnym zapojením meracej sondy, nesprávnym nastavením softvéru a pod.

Zásadným záverom jeho výskumu je, že na to, aby bola nová technológia pre žiakov efektívna, je nevyhnutné, aby žiaci dopredu disponovali istou úrovňou potrebných vedomostí viazaných na obsah vyučovania v počítačom podporovanom laboratóriu, a zároveň aj primeranými zručnosťami a predchádzajúcimi skúsenosťami, ktoré sú nevyhnutné na operatívne ovládanie meracích zariadení.

S týmito závermi korešponduje aj neskorší výskum (Aksela, 2005), v ktorom žiaci po experimentovaní s počítačovými meracími systémami vedenom výskumne ladenou líniou odpovedali, že sa im použitie tejto technológie páčilo, pretože (i) *„zviditeľnilo sledovaný jav“*, (ii) *„jasne a zrozumiteľne ukázalo výsledky“*, (iii) *„nemuseli manuálne zostrojovať graf“* a (iv) *„bolo to zaujímavé a odlišné od toho, na čo sú na laboratórnych cvičeniach zvyknutí“*. Napriek tomu, že väčšina odpovedí bola pozitívna, objavili sa aj negatívne hodnotenia: (i) *„bolo to zložité“*, (ii) *„bolo to nesúvislé“*, (iii) *„inštrukcie neboli dostatočne jasné“*, (iv) *„práca s počítačom bola náročná“*, (v) *„bolo ťažké začať pracovať s meracím systémom“* a (vi) *„nebolo to zaujímavé“*.

Je zrejmé, a dokazuje to aj už spomínaný výskum Metcalfa a Tinkera (2004), že žiaci potrebujú istý čas nielen na oboznámenie sa so samotnou technológiou ale aj na navyknutie si na iný spôsob práce, ktorý je s ňou zviazaný.

1.3.3 Pohľady učiteľov na implementáciu počítačom podporovaného experimentovania

Ukazuje sa, že učiteľ je dôležitým elementom nielen v spojení s priamym vyučovacím procesom. Je žiaduce, aby autori aktivít pre počítačom podporované laboratóriá úzko spolupracovali so samotnými učiteľmi už počas procesu ich navrhovania (Lavonen et al., 2003; Pintó et al., 2007; Tortosa Moreno, 2012).

Dôležitá je však aj otázka ochoty používania tejto technológie učiteľmi. Pintó et al. (2007) ukázala, že to do značnej miery závisí od celkového vzťahu učiteľa k laboratórnej činnosti. Ak k nej učiteľ nemá blízko, nebude aplikovať ani technológiu počítačom podporovaného experimentovania. Na druhej strane učitelia musia byť presvedčení o benefite tejto technológie, ak ju majú používať vo svojej pedagogickej praxi.

Bohužiaľ, nemáme k dispozícii súčasný výskum, ktorý by ukázal aktuálny stav používania meracích systémov dnešnými učiteľmi v zahraničí, ani u nás. V roku 2005 bola vo Fínsku medzi učiteľmi chémie realizovaná štúdia (Aksela, 2005), ktorá ukázala, že len 7 % učiteľov reálne používa počítačom podporované experimentovanie vo svojej pedagogickej praxi. Najčastejšie dôvody, prečo ju používajú boli nasledujúce: (i) *„jednoducho sa to ovláda“*, (ii) *„umožňuje rýchle experimentovanie“* a (iii) *„šetrí čas“*. Naopak učitelia, ktorí počítačové meracie systémy nepoužívali, to zdôvodňovali najmä nedostupnosťou relevantnej prístrojovej techniky na ich školách alebo absenciou adekvátneho zaškolenia.

Saez (2006) v ďalšej štúdii zosumarizovala štyri kategórie najčastejších ťažkostí identifikované učiteľmi pri práci v počítačom podporovanom laboratóriu:

- *Počet žiakov v laboratóriu*. Ak je počet žiakov v skupine pracujúcich s jedným počítačovým meracím systémom väčší ako štyri, je náročné pre každého z nich dostať sa ku skutočnej laboratórnej práci.
- *Materiálna infraštruktúra*. Na školách je zvyčajne nedostatok nevyhnutnej prístrojovej techniky, resp. je prítomná len v nízkom počte kópií, čo neumožňuje pracovať s väčším počtom skupín žiakov.
- *Učitelia nemajú dostatok času* na prípravu laboratórnych cvičení takéhoto typu.
- *Nízka hodinová dotácia na laboratórne cvičenia*. Autor štúdie tu navrhuje v laboratóriu realizovať len nevyhnutné časti experimentovania, kým spracovanie, vyhodnotenie a interpretácia nameraných dát môžu byť realizované aj mimo laboratória.

Mnohé výskumy potvrdzujú, a nemožno o tom pochybovať, že aj pri vyučovaní s pomocou počítačových meracích systémov, hoci má ambíciu klásť väčší dôraz na samostatnejšiu a aktívnejšiu prácu žiaka, má stále rozhodujúcu úlohu učiteľ. Niektoré výskumy však naznačujú, že je dôležité sa v tomto smere zaoberať aj otázkou učiteľových schopností. Šorgo a Kocijancic (2012) napríklad ukázali, že najmä vo vyučovaní biológie je možné naraziť na niekoľko vážnych prekážok, ktoré môžu sťažiť napríklad interpretáciu získaných grafov. Uvádzajú, že niektorí učitelia biológie, ktorí nemajú vzdelanie z fyziky, chémie, matematiky alebo informatiky, nie sú vždy schopní podať dostatočné vysvetlenie

vo chvíli, keď je to potrebné. Autori sledovali učiteľov biológie a zameriavali sa najmä na to, ako sa dokážu vysporiadať s problémami, ktoré sa môžu objaviť pri používaní meracích systémov vo vyučovaní biológie. Výskum vychádza z viac ako 50 pozorovaní realizovaných na laboratórnych cvičeniach a tiež z diskusií po týchto cvičeniach so samotnými učiteľmi. Autori výskumom odhalili štyri druhy ťažkostí súvisiace s grafmi nameranými v biologickom laboratóriu:

- Hoci na grafické dáta typu kriviek sme bežne zvyknutí vo fyzike a chémii, vysvetľovanie získaných grafov v podstate nie je doménou biológie. Je zrejmé, že najmä tie procesy, ktoré sme v biológii schopní sledovať prostredníctvom fyzikálnych prístrojov (teda aj počítačom podporovaných systémov), majú hlbšiu fyzikálnu alebo chemickú podstatu. Nie je ich preto možné dostatočne vysvetliť „čisto biologickým“ spôsobom.
- Vo všeobecnosti platí, že učitelia biológie nie sú dostatočne zruční pri práci s počítačom a súvisiacimi technológiami, ak ich majú používať v laboratóriu. Platí to síce najmä o učiteľoch s viac ako dvadsaťročnou praxou, ale výskum Šorga a Kocijancica (2012) ukázal, že aj mladší učitelia sú na tom len zriedkakedy lepšie, a to aj napriek tomu, že väčšinou vedia ako sa počítač používa na písanie, tvorbu prezentácií, na pripojenie k internetu a pod.
- Učitelia biológie zvyčajne nepoznajú a ani nerozumejú tomu, ako jednotlivé experimentálne prístrojové komponenty fungujú. V tomto smere majú najväčšiu výhodu učitelia fyziky.
- Učitelia biológie zvyčajne nedokážu primerane zareagovať, ak sú konfrontovaní napríklad s náhlymi výpadkami systému. Problémom býva častokrát aj zdôvodnenie neočakávaných výsledkov, na ktoré učiteľ nie je dopredu pripravený, resp. nemá s nimi predchádzajúcu skúsenosť. Tieto zdôvodnenia totiž zvyčajne vyžadujú vedomosti a skúsenosti fyzikálneho alebo chemického typu.

Na základe týchto zistení, Šorgo a Kocijancic (2012) navrhli:

- že ideálny učiteľ biológie by mal byť dostatočne vzdelaný aj v oblasti fyziky, chémie, environmentálnych vied, matematiky a informatiky.
- Na to, aby bol učiteľ biológie schopný dostatočne interpretovať grafy z biologických systémov, potrebuje znalosti aj z nebiologických disciplín. Častokrát sú totiž namerané dáta poznačené šumom, sú nelineárne, vyžadujú logaritmickú transformáciu a pod.
- Predtým, ako sa učitelia stanú spôsobilými na používanie nových prístupov vo vyučovaní, musia byť primerane zaškolení a skúsení.

Metcalf a Tinker (2004) ukázali, že podobne ako pri žiakoch, aj učitelia potrebujú istý čas, kým sa naučia používať túto technológiu správnym spôsobom. Zistilo sa, že úspešnými v aplikácii meracích systémov do vyučovania boli najmä tí učitelia, ktorí si upravili poskytnuté aktivity podľa svojich predstáv a potrieb. Aj pri učiteľoch platí, že čím dlhšie používajú tieto prístupy na svojom vyučovaní, tým lepšie ich dokážu ovládať ale najmä správne adresovať a zacieliť, čím zároveň klesá aj ich počiatočná frustrácia z používania novej technológie.

Dôležitým aspektom je aj príprava samotných učiteľov na takýto druh experimentovania. Niektorí autori vo svojich výskumoch konštatujú, že adekvátnych kurzov alebo školení pre učiteľov je v tomto smere akútny nedostatok (Sassi et al., 2005; Tan et al., 2005).

1.3.4 Výskum v Českej republike a na Slovensku

Ako sme ukázali v predchádzajúcich kapitolách, vo svetovom meradle existuje množstvo odborníkov a nimi publikovaných prác v tejto oblasti. Do stredoeurópskeho teritória sa táto problematika začala postupne dostávať približne od začiatku deväťdesiatych rokov minulého storočia a stala sa predmetom skúmania aj viacerých našich a českých autorov.

V Českej republike, kde boli dokonca vyvinuté počítačové meracie systémy CMS a ISES, sa touto problematikou vo vyučovaní chémie dlhoročne zaoberá najmä **M. Bílek** (napríklad v prácach Bílek (1994a); Bílek (1994b); Bílek (1995); Bílek (1996); Bílek (1997a); Bílek (1997b); Bílek (1999); Bílek (2002); Bílek et al. (1997); Bílek et al. (1996a); Bílek et al. (1996b)), **E. Stratilová Urválková** a **P. Šmejkal** (napríklad v spoločných prácach Stratilová Urválková a Šmejkal (2009a); Stratilová Urválková a Šmejkal (2009b); Stratilová Urválková a Šmejkal (2009c); Stratilová Urválková et al. (2006); Stratilová Urválková et al. (2008); Šmejkal a Stratilová Urválková (2011); Šmejkal a Stratilová Urválková (2012)), prípadne ďalší autori, napríklad **D. Kričfaluši** (1998; 2004) aj v spoluautorstve s **M. Bílkom** a **K. Budweiserovou** v prácach Bílek a Kričfaluši (1999); Bílek et al. (2001); Bílek et al. (2002). Vo fyzike sú v Českej republike veľkými propagátormi počítačom podporovaného experimentovania, ale v poslednej dobe aj vzdialených laboratórií fyziky, najmä **F. Lustig** a **F. Schauer** (Lustig (2006); Schauer et al. (2005); Schauer et al. (2008); Schauer et al. (2009)).

Na Slovensku existuje tiež niekoľko didaktikov a popularizátorov počítačových meracích systémov v prírodovednom vzdelávaní. Vo fyzike sú to napríklad **P. Demkanin** (2006), **Ľ. Zelenický** (2011), **Z. Ješková** (2004) a tiež kolektív autorov **S. Holec**, **J. Raganová**, **M. Spodniaková Pfefferová**, **M. Hruška** (napríklad v prácach Holec et al. (2011); Spodniaková Pfefferová et al. (2007)). V chémii sú to najmä **M. Skoršepa** (napríklad v prácach Skoršepa (2002); Skoršepa (2007a); Skoršepa (2007b); Skoršepa (2007c); Skoršepa a Bílek (2002); Skoršepa et al. (2000); Skoršepa a Melicherčík (1999); Skoršepa a Melicherčík (2001a); Skoršepa a Melicherčík (2001b); Skoršepa a Melicherčík (2005); Skoršepa a Melichová (2008)), ďalej **V. Gašparík** (Gašparík (2014); Gašparík a Igaz (2012); Gašparík et al. (2012); Gašparík a Vasilová (2013)) a **Z. Jenisová** a **J. Braniša** (2013). Niekoľkými prácami tiež v tejto oblasti prispeli **A. Tóthová** a **M. Prokša** (2002; 2003), **Z. Melichová** a **L. Harvanová** (2000), **G. Juhász a D. Matulík** (1998; 2000). Podobne ako na celosvetovej úrovni, aj v našich krajinách je najhoršia situácia v oblasti biológie, kde v tomto smere v Slovenskej aj Českej republike existuje len veľmi malé (takmer žiadne) zázemie. Niektoré aplikácie vhodné do vyučovania biológie boli vytvorené ako súčasť chemických aplikácií, resp. ide o experimenty, ktoré sú vhodné do vyučovania biológie aj chémie.

Je teda nesporné, že existuje množstvo rôznych výskumov zaoberajúcich sa rozličnými aspektami reálnych počítačom podporovaných experimentov vo vyučovaní prírodných vied, zväčša dokazujúcich, že tieto prístupy sú naozaj efektívne ak sú aplikované vhodným spôsobom. Zatiaľ však stále nie sú vyvinuté určité všeobecné koncepcie, ktorých by sa bolo možné pridržať. Je tiež zjavné, že uvedenou problematikou sa zaoberá množstvo odborníkov, preto sa tu vynára aj potreba výraznejšej a efektívnejšej synergie medzi nimi a tiež medzi samotnými učiteľmi. Nemožno tiež nespomenúť stále chýbajúcu všeobecnú koncepciu prípravy učiteľov na realizáciu takéhoto druhu vyučovania.

2

CHARAKTERISTIKA VÝSKUMU, OVEROVANÝCH AKTIVÍT A POUŽITÝCH METÓD

2.1 Zámery výskumu a definícia overovaných aktivít

Zámery výskumu prezentovaného v publikácii možno rozdeliť do dvoch oblastí: (i) overenie navrhnutých aktivít a ich pracovných listov s cieľom následnej revízie, zdokonalenia a finalizácie na základe získanej spätnej väzby od žiakov a učiteľov a (ii) sledovanie vybraných aspektov počítačom podporovaného experimentovania vo vyučovaní prírodných vied počas realizácie overovaných aktivít.

Autormi overovaných aktivít sú členovia medzinárodného konzorcia expertov pracujúci v oblasti aplikácie počítačových meracích systémov vo vyučovaní prírodovedných predmetov. Tento medzinárodný tím vznikol počas riešenia európskeho projektu s názvom *The acquisition of science competencies using ICT real time experiments* (N°. 517587-LLP-1-2011-1-ES-COMENIUS-CMP). Členmi tohto konzorcia sú odborníci zo šiestich univerzít z piatich krajín EÚ: (i) Universitat Autònoma de Barcelona (Španielsko), (ii) Univerzita Karlova v Prahe (Česká republika), (iii) University for Teacher Education (Rakúsko), (iv) Universitat de Barcelona (Španielsko), (v) University of Helsinki (Fínsko) a (vi) Univerzita Mateja Bela v Banskej Bystrici (Slovensko). Podrobnejšie informácie o projekte a jeho zámeroch možno nájsť v niektorých našich predchádzajúcich publikáciách (Skoršepa a Šmejkal, 2012; Tortosa Moreno et al., 2013a; Tortosa Moreno et al., 2014).

Počas práce tohto tímu vznikla séria 42 laboratórnych aktivít s podporou školských počítačových meracích systémov pre vyučovanie fyziky, chémie a biológie. Z toho pre chémiu bolo vytvorených 18 a pre biológiu 12 aktivít. Do fázy overovania bolo vybraných niekoľko aktivít pre každý predmet. Slovenský partner (autor monografie) sa podieľal na tvorbe a overovaní aktivít z chémie a biológie. Aktivity, ktoré boli overované v rámci slovenskej časti výskumu sú uvedené v tab. 2-1.

Ku každej navrhnutej aktivite boli vytvorené pracovné listy pre žiakov a tiež podporné materiály pre učiteľov. V nasledujúcich častiach tejto kapitoly uvádzame krátke ukážky úvodných častí pracovných listov jednotlivých overovaných aktivít. Uvedený kód aktivity je jej skratkou, ktorú používame v ďalších častiach práce namiesto jej plného názvu.

Tab. 2-1 Overované aktivity
V zátvorke uvádzame tematické zamerania aktivity.

	Chemické aktivity	Biologické aktivity
1.	Môžu nás oceány ochrániť pred klimatickými zmenami? *(rozpúšťanie CO_2 vo vode)*	Zo života kvasiniek. *(etanolové kvasenie)*
2.	Antacidá a žalúdočná kyselina. *(neutralizácia, proces trávenia)*	Vstávaj semienko, je tvoj čas! *(klíčenie semien)*
3.	Domáci hasiaci prístroj. *(chemická kinetika)*	Čo je vaša srdcová záležitosť? *(elektrokardiograf, EKG)*
4.	Tepelné elektrárne a kyslé dažde. *(kyseliny, proces tvorby kyslých dažďov)*	Sestra, zmerajte pacientovi tlak, prosím! *(krvný tlak)*
5.	Čistiaci prostriedok a naše ruky. *(acidobázické reakcie, neutralizácia, riedenie)*	

Aktivita CHEM1: Môžu nás oceány ochrániť pred klimatickými zmenami?

Aktivita je venovaná problematike rozpúšťania CO_2 vo vode. Má charakter prípadovej štúdie, ktorej cieľom je odpovedať na otázku, či je možné nadmernú produkciu CO_2 vyriešiť jeho zavádzaním do morskej vody a ak áno, s akými dôsledkami. Žiaci pracujú s modulom pH meter.

Ukážka úvodnej časti pracovného listu citovaná podľa Tolvanen (2012):

> „Množstvo oxidu uhličitého neustále narastá. Bolo však vypočítané, že 30 % z celkovej ľudskej produkcie oxidu uhličitého je rozpustené vo svetových oceánoch.
> ***Môžeme použiť oceány ako „odpadové jamy na CO_2“ a zastaviť tak globálne otepľovanie?***“

Aktivita CHEM2: Žalúdočná kyselina a antacidá

Aktivita je venovaná problematike neutralizácie žalúdočnej kyseliny chlorovodíkovej rôznymi druhmi komerčne vyrábaných a bežne dostupných antacíd. Žiaci v nej porovnávajú viaceré druhy antacíd, pričom zmyslom aktivity je experimentálne zistiť, ktoré z nich je na neutralizáciu žalúdočnej kyseliny najúčinnejšie. Žiaci pracujú s modulom pH meter.

Ukážka úvodnej časti pracovného listu citovaná podľa Skoršepa (2014)[1]:

> „Prostredie v ľudskom žalúdku je značne kyslé. Žalúdočná šťava je z väčšej časti tvorená kyselinou chlorovodíkovou s koncentráciou približne 0,01 $mol \cdot dm^{-3}$. Takéto kyslé prostredie je potrebné na denaturáciu bielkovín a aktiváciu enzýmov (napr. pepsín), ktoré sú zodpovedné za trávenie bielkovín. Na druhej strane, nadmerné množstvo žalúdočnej kyseliny môže spôsobovať problémy.

[1] Laboratórna úloha a podstatné časti jej pracovného listu boli uverejnené aj v publikácii Skoršepa (2012).

Ak sa v žalúdku práve nenachádza potrava, kyselina chlorovodíková môže spôsobovať denaturáciu aj tých bielkovín, ktoré sú normálnou súčasťou žalúdočnej steny, čo môže viesť k vytvoreniu žalúdočných alebo dvanástnikových vredov.

Nadmernú kyslosť v žalúdku zvyčajne pociťujeme ako pálenie alebo tlak v samotnom žalúdku a hrudníku (v prípade refluxu). Tento pocit označujeme ako „pálenie záhy“. Na zmiernenie „pálenia záhy“ zvyčajne používame antacidá. Antacidum je medicínsky pojem označujúci látku, ktorá neutralizuje kyselinu (z gréckeho *anti* = proti a latinského *acidum* = kyselina).

Súčasné lekárne ponúkajú množstvo rôznych typov antacíd vo forme tabliet, práškov alebo gélov. Rozdielne antacidá zvyčajne obsahujú rozličné aktívne látky. To je dôvodom, prečo majú rozdielne antacidá rozdielnu účinnosť. Preto pacient, ktorý sa rozhoduje, ktoré antacidum si vybrať na zmiernenie jeho „pálenia záhy“, môže mať pri výbere pomerne ťažkú úlohu.

Aby sme pacientovi pomohli vyriešiť tento problém, potrebujeme zodpovedať nasledujúcu otázku: ***Ktoré z antacíd predávaných v lekárňach je najúčinnejšie?“***

Aktivita CHEM3: Domáci hasiaci prístroj

V aktivite žiaci skúšajú rôzne spôsoby prípravy CO_2, pričom zámerom je experimentálne porovnávať rýchlosť jeho produkcie pri rozličných spôsoboch a reakčných podmienkach. Žiaci pracujú s modulom manometer (modul na meranie tlaku), resp. s modulom na meranie obsahu CO_2.

Ukážka úvodnej časti pracovného listu citovaná podľa Tortosa Moreno (2014c):

„Hasiace prístroje rozdeľujeme podľa toho, akú náplň používajú. Jedným z typov je prístroj používajúci ako hasiacu zložku oxid uhličitý. Tieto hasiace prístroje môžu byť rôznej konštrukcie, jedno majú však spoločné: ak majú byť účinné, musí sa z nich oxid uhličitý uvoľňovať čo najrýchlejšie.

Oxid uhličitý môžeme v laboratóriu alebo aj v domácich podmienkach pripraviť veľmi jednoduchou reakciou, použitím bežných chemických látok. Ak však chceme vzniknutý plyn použiť na hasenie, je užitočné vedieť, akou rýchlosťou plyn vzniká.

Akým spôsobom zistíme (zmeriame), ako rýchlo vzniká oxid uhličitý? Mení sa rýchlosť jeho produkcie v čase?“

Aktivita CHEM4: Tepelné elektrárne a kyslé dažde

V aktivite žiaci uvažujú o možných kyselinotvorných oxidoch vznikajúcich pri spaľovaní uhlia. Navrhujú modelové situácie, pri ktorých experimentálne overujú, ktorý z uvažovaných oxidov (ktoré si dokážu laboratórne pripraviť) prispieva k tvorbe kyslých dažďov najmarkantnejšie. Žiaci pracujú s modulom pH meter.

Ukážka úvodnej časti pracovného listu citovaná podľa Tortosa Moreno (2014b):

„Kyslý dážď sa dostal do pozornosti v 60. rokoch dvadsiateho storočia, keď začali vymierať niektoré lesy a jazerá v severnej Európe, Spojených štátoch a Kanade. V mnohých krajinách situáciu začali riešiť tak, že sprísnili kontrolu emisií kyselinotvorných látok v ovzduší. Hrozba kyslého dažďa však ešte zďaleka nepominula. V súčasnosti sa fenomén kyslého dažďa prejavuje ako hlavný problém v rozvojových krajinách, najmä v niektorých častiach Ázie.

Vedci sa zhodli na tom, že príčinou kyslých dažďov je z veľkej časti spaľovanie fosílnych palív. Napriek tomu sa v posledných desaťročiach stavia (najmä v Ázii) stále viac tepelných elektrární.

Touto laboratórnou úlohou sa pokúsime odpovedať na otázku: ***Ako prispieva spaľovanie uhlia ku vzniku kyslých dažďov?***“

Aktivita CHEM5: Čistiaci prostriedok a naše ruky

Aktivita je venovaná neutralizácii a riedeniu kyselín. Žiaci porovnávajú rôzne druhy bežných kyselín s kyslým čistiacim prostriedkom. Zámerom aktivity je vyskúšať rôzne spôsoby zvyšovania pH kyselín (neutralizácia, zrieďovanie), s cieľom pripraviť čistiaci prostriedok nepoškodzujúci ľudskú pokožku so zachovanými čistiacimi účinkami. Žiaci pracujú s modulom pH meter.

Ukážka úvodnej časti pracovného listu citovaná podľa Tortosa Moreno (2014a):

„Marta žije v meste, ktoré má tvrdú vodu - obsahuje veľa minerálnych látok. Jedným z problémov pri používaní tvrdej vody je, že v miestach, kde sa voda zadržiava, vzniká vrstvička nerozpustného uhličitanu vápenatého, ktorý nazývame vodný kameň. Marta musí pravidelne čistiť hlavicu sprchy, inak by kvôli vrstve vodného kameňa prestala fungovať. Marta postupne skúšala odstrániť vodný kameň pomocou týchto látok: „Lumila“ (komerčný čistiaci prostriedok obsahujúci 15 – 30 % kyseliny trihydrogenfosforečnej), ocot, čerstvá citrónová šťava. Všetky tri spôsoby boli síce účinné, ale Marta mala vždy po ich použití podráždenú pokožku. Je to spôsobené tým, že čistiace prostriedky sú kyslé roztoky, väčšinou oveľa kyslejšie ako je prirodzené pH pokožky (5,5). Marta by preto rada zistila, či je možné zmeniť pH čistiacich prostriedkov tak, aby nepoškodzovali pokožku.

Pomôžte Marte zistiť, či je možné zmeniť pH čistiacich prostriedkov, ktoré Marta použila, na hodnotu pH = 5,5 tak, aby boli stále účinné.“

Aktivita BIO1: Zo života kvasiniek

Aktivita je venovaná kontinuálnemu sledovaniu procesu alkoholového (etanolového) kvasenia, pričom jej zámerom je zistiť, pri akých tepelných podmienkach kvasenie prebieha najintenzívnejšie. Žiaci pracujú s modulom manometer alebo s modulom na meranie obsahu

CO_2 alebo s modulom na meranie obsahu pár etanolu. Na meranie teploty používajú modul teplomer.

Ukážka úvodnej časti pracovného listu citovaná podľa Šmejkal et al. (2014)[1]:

> „Pán Walker kúpil továreň, v ktorej plánuje vyrábať etanol fermentačným spôsobom. Továreň má k dispozícii niekoľko miestností. Keďže pán Walker nechce zbytočne minúť veľa peňazí na ich rekonštrukciu, potrebuje zistiť, ktorá z týchto miestností je na fermentáciu najvhodnejšia. V miestnosti č. 1, v pivničných priestoroch, je dlhodobo nízka teplota (0 - 5 °C); v miestnosti č. 2, na prvom poschodí, je teplota 15 - 20 °C; na tom istom poschodí je nad plynovou kotolňou miestnosť č. 3, ktorá je od kotla vyhriata až na teplotu 35 - 40 °C. V areáli továrne bola tiež pre zamestnancov nedávno vybudovaná veľká sauna (miestnosť č. 4), v ktorej je pri prevádzke teplota 70 - 75 °C. Pán Walker tiež uvažuje, či by sa výroba etanolu nemohla umiestniť prípadne do tohto priestoru.
> ***Poraďte pánovi Walkerovi, v ktorej miestnosti bude výroba etanolu fermentáciou prebiehať najefektívnejšie.***“

Aktivita BIO2: Vstávaj semienko, je tvoj čas!

Aktivita je venovaná kontinuálnemu sledovaniu biochemických prejavov procesu klíčenia semien. Jej dôležitou časťou je na základe experimentálneho sledovania rozhodnúť, či v danom čase prebieha respirácia alebo fotosyntéza. Sledujú sa tiež rôzne faktory ovplyvňujúce efektivitu priebehu monitorovaných procesov. Žiaci pracujú s modulom na meranie obsahu CO_2 a modulom na meranie obsahu plynného O_2.

Ukážka úvodnej časti pracovného listu citovaná podľa Stratilová Urválková et al. (2014):

> „Máte doma záhradku a pestujete v nej zeleninu? Pokiaľ áno, bude pre Vás nasledujúca úloha možno ľahšia ako pre tých, ktorí v záhrade netrávia toľko času.
> Možno ste vo svojom okolí spozorovali, že záhradkárčenie začína byť v poslednej dobe opäť v móde. Ľudia berú záhradu ako svoj koníček a venujú sa jej z rôznych dôvodov. Niektorí sa tu odreagujú od pracovných povinností, pre iných je záhrada fitnescentrom. Pre mnohých je však práca v záhrade zamestnaním a zdrojom príjmov. Počet záhradkárov narastá aj z dôvodu, že ľudia chcú mať svoju vlastnú zeleninu a ovocie. Argumentom je sebestačnosť a prehľad o kvalite (napríklad o použitých hnojivách a pod.).
> Možno, že aj z vás budú niekedy pestovatelia vlastnej zeleniny. A pokiaľ nechcete kupovať drahé sadenice rastlín, môžete si ich vypestovať z vlastných semien.
> Z biológie možno viete, čo je potrebné na to, aby semeno vyklíčilo. ***Dokážete však presne povedať, aké podmienky sú pre klíčenie najvhodnejšie?*** Vyskúšajte si nasledujúcu úlohu a podeľte sa o svoje zistenia s ostatnými skupinami.“

[1] Laboratórna úloha a podstatné časti jej pracovného listu boli uverejnené aj v publikácii Skoršepa et al. (2015).

Aktivita BIO3: Čo je vaša srdcová záležitosť

Aktivita je zameraná na monitorovanie činnosti srdca pomocou EKG. Primárnym zámerom aktivity je presvedčiť sa o rôznych faktoroch ovplyvňujúcich činnosť srdca a experimentálne ich sledovať. Sekundárnym zámerom aktivity je vysvetlenie základných čŕt grafického výstupu z merania EKG a doplnenie aktuálnych vedomostí žiakov o činnosti srdca nadobudnutých na vyučovaní biológie. Žiaci pracujú s modulom EKG.

Ukážka úvodnej časti pracovného listu citovaná podľa Stratilová Urválková a Teplý (2014):

> „Srdce je ľudský orgán, ktorý neúnavne pracuje od narodenia až po smrť. Jeho úloha je nenahraditeľná – svojimi sťahmi zaisťuje cirkuláciu krvi v našom tele. Zabezpečuje sa tým prísun kyslíka a živín k jednotlivým bunkám. Srdce funguje ako pravidelná, nezastavujúca sa pumpa, v ktorej činnosti môžeme pozorovať určité fázy. Tieto fázy zodpovedajú postupnému sťahovaniu predsiení a komôr. Rovnako ako pri pumpovaní vody aj činnosť srdca je ovplyvnená impulzom - rytmickým elektrickým výbojom v pravej predsieni. Postup elektrického výboja môžeme sledovať a zaznamenávať pomocou elektród vo forme tzv. elektrokardiogramu (známeho ako EKG).
> EKG je typické svojou pravidelnosťou - určitou schémou. Zároveň však dokáže zaznamenať netypické správanie sa srdca. EKG preto patrí k základným druhom vyšetrenia srdca. Tvar EKG krivky môžeme do istej miery ovplyvniť, avšak aj napriek tomu si zachováva prvky charakteristické pre daného človeka a jeho zdravotný stav.
> ***Zistite, čo môže spôsobiť zmenu krivky EKG. Aké časti krivky môžeme ovplyvniť? Vysvetlite rozdiely medzi vašou normálnou krivkou a krivkou po zmene vášho stavu.***“

Aktivita BIO4: Sestra, zmerajte pacientovi tlak, prosím!

Aktivita je primárne venovaná meraniu krvného tlaku a sledovaniu vplyvu rôznych faktorov, ktoré ho môžu ovplyvňovať. Sekundárnym cieľom aktivity je naučiť žiakov, ako z kontinuálneho záznamu (krivky) merania krvného tlaku „odčítať“ potrebné hodnoty. Žiaci pracujú s modulom tlakomer na meranie krvného tlaku.

Ukážka úvodnej časti pracovného listu citovaná podľa Šmejkal (2014):

> „150 na 95“ povedal MUDr. Janatka svojej sestričke. „Zapíšte to prosím pacientovi do karty“. Potom sa obrátil na pacienta a povedal: „Takže, pán Martinka, opäť je vysoký, ako minule. Od dnes žiadne fajčenie, ani kvapku alkoholu a žene povedzte, aby menej solila.“
> „Ale no tak, pán doktor, aspoň jednu cigaretku denne“, pokúšal sa vyjednávať pán Martinka. Ale lekár bol neoblomný: „Nie, nie. Chcete dostať infarkt alebo mŕtvicu? Alebo chcete riskovať, že vám zlyhajú obličky? Myslím si, že ani jedna možnosť by sa vám nepáčila.“ Pán Martinka bol sklamaný a nedal sa len tak

odradiť od svojich radostí. Zahrnul doktora rôznymi otázkami: „A čo ste mi to vlastne namerali, pán doktor? Čo je to ten krvný tlak a čo vlastne znamená? A prečo sú tam až dve čísla? Vyjadrujú obidve to isté? Kvôli ktorému nemôžem fajčiť a kvôli ktorému piť alkohol? A ktoré je dôležitejšie?“
MUDr. Janatka si pomyslel na čakáreň plnú ľudí a povedal: „Pán Martinka, rád by som sa vám venoval dlhšie, no čakajú ma ďalší pacienti. Ale mám tu kontakt na veľmi šikovného študenta, ktorý vám to určite všetko vysvetlí. Píšte si meno a telefón“. Pán Martinka sa rozlúčil a vybral sa domov. Po ceste sa snažil zmieriť so stratou svojich obľúbených zlozvykov. Keď prišiel domov, vytiahol z vrecka lístok a zavolal na číslo, ktoré na ňom bolo uvedené. A niekto to zdvihol...
Vysvetlite pánovi Martinkovi čo je to krvný tlak, prečo sa udáva pomocou dvoch čísel a čo tieto čísla znamenajú. Prečo nastáva problém, keď má človek vysoký, alebo nízky krvný tlak? Čo pánovi Martinkovi hrozí, ak si tlak nedá do poriadku?“

2.2 Štruktúra navrhnutých aktivít a ich pracovných listov

Pri rozhodovaní o štruktúre navrhovaných aktivít a im zodpovedajúcich pracovných listov sme vychádzali predovšetkým z poznatkov niekoľkých výskumov o potrebe aktívneho prístupu žiaka v procese učenia sa (Aksela, 2005; Hamne a Bernhard, 2000; Michael, 2006; Minstrell a Kraus, 2005; Prince, 2004; Thornton a Sokoloff, 1990). Mnohé z výskumov totiž predpokladajú, že tradičná didaktická sekvencia používaná v školskom experimentovaní zahŕňajúca (i) *teoretický úvod*, (ii) *zoznam potrebných pomôcok a chemikálií*, (ii) *algoritmickým spôsobom uvedený postup práce*, (iv) *vyhodnotenie* a (v) *záver*, nemá dostatočnú schopnosť umožniť žiakovi aktívne sa učiť. Najväčším problémom je z tohto pohľadu najmä pasívne podaný postup práce, ktorý nedáva žiakovi priestor na premýšľanie a vlastné uplatnenie. Žiak je potom v skutočnosti len pasívnym vykonávateľom návodu, o ktorom (možno podvedome) vie, že ak ho dodrží, dospeje k žiadanému výsledku, pričom vôbec nemusí rozumieť tomu, čo v skutočnosti realizuje. Tento postup, niektorým autorom pripomínajúci „kuchársku knihu“[1], síce do istej miery rozvíja kompetencie k učeniu sa, ale len obmedzene rozvíja schopnosti žiaka samostatne riešiť zadané problémy. Bolo teda potrebné pokúsiť sa o tvorbu nových druhov materiálov založených na odlišnej sekvencii, ktorá by oveľa viac kládla dôraz na žiaka a umožňovala mu aktívnejšie sa podieľať na procesoch smerujúcich k učeniu sa.

Pri koncipovaní štruktúry pripravovaných aktivít sme vychádzali z nedávno navrhnutej sekvencie (Tortosa Moreno, 2012)[2], ktorá v podstate zahŕňa prvky výskumne ladenej koncepcie vo vyučovaní (IBSE) (Aksela, 2011; Banchi a Bell, 2008; Čtrnáctová et al., 2012; Held et al., 2011), pričom v najdôležitejších častiach aktivity je žiak vedený trojkrokovou

[1] Zahraniční autori často túto tradičnú didaktickú sekvenciu označujú ako *Cookbook laboratory procedure*.

[2] Sekvencia odráža požiadavky vyplývajúce aj zo starších výskumov, napríklad Borghi et al. (2003) a Pintó et al. (1999; 2010).

sekvenciou *POE (Predict – Observe – Explain)* (White a Gunstone, 1992), ktorá výrazne pripomína postupnosť krokov používanú vo vedeckom experimentovaní. Jednotná štruktúra navrhnutých aktivít je nasledujúca (pozri tiež schému na obr. 2-1) (Šmejkal et al., 2013):

1. **Úvod**
   Aktivita zvyčajne začína prezentovaním príbehu alebo konkrétnej situácie vyplývajúcej z bežného života, ktorej cieľom je okrem oboznámenia žiaka s konkrétnou situáciou týkajúcou sa riešeného problému aj vzbudenie jeho záujmu o jeho realizáciu a úspešné vyriešenie. Z úvodu nakoniec vyplynie konkrétne zadanie alebo otázka, ktorú by sa po experimentálnom vyriešení mal žiak pokúsiť zodpovedať.
2. **Teoretický princíp**
   Na vyriešenie zadaného problému samozrejme predpokladáme isté vstupné žiakove znalosti, okrem laboratórnych zručností, aj vo forme jeho predchádzajúcich vedomostí. Špecifické poznatky, ktoré sú nevyhnutné na riešenie aktivity sú uvedené v teoretickom princípe (niekedy sú zahrnuté priamo v úvode). Pri niektorých aktivitách sme dokonca navrhli, aby žiak potrebné vstupné informácie vyhľadal na internete.
3. **Oboznámenie sa s meracím systémom**
   Pre žiakov, ktorí ešte nemajú dostatočné skúsenosti s prácou s meracími systémami a ani s kontinuálnymi meraniami, ktoré sa nimi najčastejšie uskutočňujú, sme do štruktúry aktivít zaradili aj nepovinnú časť, ktorej cieľom je jednoduchým spôsobom ukázať princíp merania počítačovým meracím systémom na príklade tematicky súvisiacom so zadaním riešenej aktivity (napríklad je použitý ten istý senzor a pod.). V prípade, že žiaci sú v tomto smere dostatočne zruční, je túto časť sekvencie možné vynechať. Zostáva tak viac priestoru na realizáciu hlavného zámeru aktivity, samotného merania, ale najmä na vyhodnotenie a interpretáciu získaných dát.
4. **Návrh experimentu (experimentov)**
   V tejto časti žiaci navrhujú spôsoby, ktorými by bolo možné experimentálne zadanú úlohu vyriešiť. Práve tu sa od žiaka vyžaduje intenzívnejší a aktívnejší prístup. Aby bol žiak schopný navrhnúť experimentálne riešenie daného problému, musí hlbšie porozumieť nielen jeho podstate, ale na primeranej úrovni aj princípu samotných fyzikálnych a chemických meraní, ktoré na dosiahnutie cieľa použije. Žiak nielenže nemá k dispozícii hotový postup práce, ale očakávajú sa od neho aj návrhy samotných metód, ktoré budú vychádzať z jeho chápania riešenia daného problému. Žiak teda sám navrhne, aké fyzikálne veličiny by bolo vhodné merať, a podľa toho sa, prípadne aj s pomocou učiteľa, rozhodne o výbere vhodných meracích senzorov (modulov). Vo väčšine laboratórnych aktivít žiak musí uvažovať aj o tom, ako vytvoriť model pozorovaného objektu alebo procesu v laboratóriu (napríklad model ľudského žalúdka v kadičke pri aktivite CHEM2, alebo modely miestností s rôznou teplotou na alkoholové kvasenie pri aktivite BIO1). V pracovných listoch je v tejto časti pre žiaka vytvorený priestor na opísanie jeho návrhu, prípadne na zakreslenie experimentálneho usporiadania, aparatúry a pod. Je samozrejmé, že nemôžeme očakávať absolútne samostatný prístup žiaka v tejto časti sekvencie. Úloha učiteľa je tu nezastupiteľná. Nezasahuje však do uvažovania žiakov skôr ako prezentujú svoje prvé návrhy. Potom je na rade prípadná korekcia, usmernenie, poopravenie alebo vylepšenie žiackych

návrhov učiteľom. V prípade, že žiaci nedokážu navrhnúť experiment, učiteľ vhodne volenými otázkami postupne navádza žiaka správnym smerom. Táto fáza realizácie aktivity je náročná nielen pre žiaka ale aj pre samotného učiteľa. Ten totiž nemôže dopredu vedieť, s akými návrhmi žiakov sa stretne a musí byť preto dostatočne pripravený improvizovať a byť spôsobilý žiakovi poskytnúť spätnú väzbu o jeho návrhu prakticky okamžite. Úloha učiteľa je ešte náročnejšia ak pracuje naraz s viacerými skupinami žiakov. Hoci všetky skupiny môžu pracovať na tej istej aktivite, ich návrhy jej realizácie sa môžu líšiť. Učiteľ tak musí operovať s viacerými variantami naraz, čo vyžaduje jeho dostatočnú prípravu ale aj prax v tejto oblasti.

5. **Predikcia výsledkov**

   Po navrhnutí experimentu (experimentov) a jeho prípadnej korekcii učiteľom, je žiak v ďalšej fáze aktivity vyzvaný k tomu, aby ešte pred začatím merania prezentoval predpokladané výsledky svojich meraní. Na tento účel je vo väčšine pracovných listov k jednotlivým aktivitám ponechaný priestor s predpripravenými osami na zakreslenie predpokladaných grafov. Aby sme udržali žiakovu pozornosť a presvedčili sa o tom, že vie, čo zakresľuje, a teda chápe aké fyzikálne závislosti meria, v niektorých pracovných listoch sme dokonca vynechali aj popisy jednotlivých osí. Žiak tak musí zakresliť nielen krivku predpokladanej závislosti ale aj správne popísať osi. Vieme, že žiaci pri tradičnom spôsobe experimentovania nie sú zvyknutí na uvažovanie o možných výsledkoch. Mnohé výskumy však ukazujú, že práve toto je jeden zo spôsobov, ako žiaka udržať v aktívnej pozícii.

6. **Realizácia experimentu (experimentov)**

   V tejto fáze žiaci uskutočňujú samotné merania, ktoré predtým navrhli (prípadne boli korigované učiteľom). Aktívne pracujú s meracím systémom, jeho jednotlivými meracími modulmi a sondami, a taktiež s podporným softvérom, pomocou ktorého merací systém ovládajú. Zmyslom tejto fázy je zaznamenávanie experimentálnych dát v reálnom čase a ich okamžitá reprezentácia na obrazovke koncového zariadenia meracieho systému.

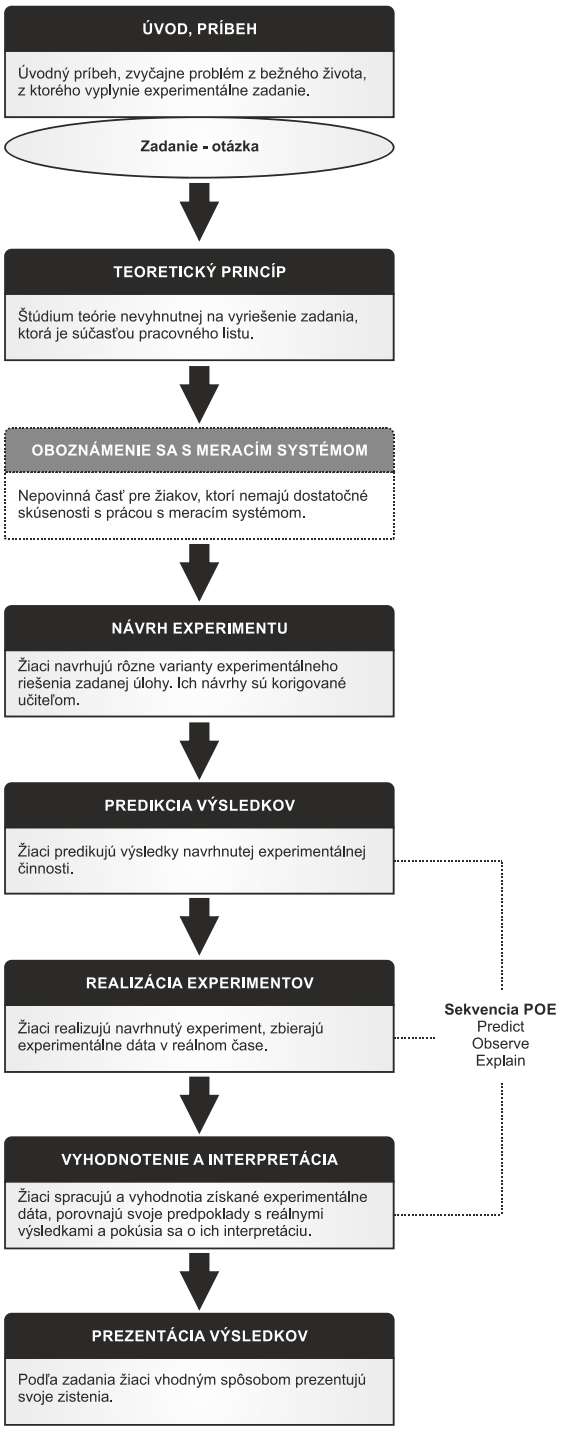
7. **Vyhodnotenie a interpretácia získaných dát**

   Po nameraní potrebných dát je ich nutné vhodným spôsobom vyhodnotiť. Pri kontinuálnych experimentoch je možné už v priebehu samotného merania uvažovať o trende meranej závislosti. Navrhnuté aktivity sú koncipované tak, aby získané výsledky bolo možné priamo využiť pri ich následnej interpretácii bez nevyhnutnej matematickej úpravy. Najdôležitejšou časťou tejto fázy aktivity je interpretácia zistených výsledkov, pri ktorej sa opäť musí prejaviť žiakove pochopenie zámeru danej aktivity. Práve v tejto fáze sa prejaví žiakova schopnosť porozumieť a vedieť správne „čítať“ získané grafy. Interpretácia je pre žiaka často náročná, a preto aj tu je nevyhnutné, aby učiteľ dokázal korigovať žiakove úvahy a vysvetlenia tak, aby nedošlo k vysloveniu nesprávnych záverov aj na základe validných nameraných dát. V prípade, ak žiak nedokáže samostatne interpretovať zistené závery, učiteľ musí byť pripravený vhodne ho naviesť a upriamiť jeho pozornosť na signifikantné vlastnosti výsledkov. Pritom je potrebné citlivo rozlišovať, či žiak neporozumel samotnému experimentu, alebo vo výsledkoch nedokáže identifikovať podstatné črty potrebné na jeho

zdôvodnenie a vysvetlenie, alebo má len nepostačujúcu slovnú zásobu, ktorá mu neumožňuje adekvátne sa vyjadriť napriek tomu, že získaným dátam porozumel.

8. **Prezentácia výsledkov**

Po vyhodnotení a interpretácii výsledkov je žiak v aktivite vyzvaný, aby vhodným spôsobom prezentoval zistené závery, v závislosti od konkrétnej aktivity napríklad prezentovaním výsledkov ostatným spolužiakom, napísaním listu alebo e-mailu fiktívnym osobám vystupujúcim v zadaní aktivity a pod. Tu sa ešte markantnejšie ako v predchádzajúcej fáze prejaví erudovanosť žiaka správnym spôsobom sa vyjadrovať. Aj keď nemôžeme predpokladať, že žiak bude v tomto smere úspešný už pri svojej prvej skúsenosti, predpokladáme, že viacnásobným opakovaním môžeme aj v tejto oblasti očakávať progres.



Obr. 2-1 Schéma sekvencie odrážajúcej štruktúru aktivít a ich pracovných listov

Na vysvetlenie ešte uvedieme, že počas realizácie aktivity je žiak postupne konfrontovaný so sériou otázok (uvedených v pracovnom liste), ktorých základným cieľom je udržať ho v uvažovaní v istých nevyhnutných medziach a pomôcť mu postupovať správnym spôsobom. V niektorých aktivitách sme do pracovných listov zaradili aj niekoľko vstupných otázok alebo krátkych úloh, ktoré majú pomôcť žiakovi ešte viac vniknúť do riešeného problému. Na záver väčšiny pracovných listov sme tiež zaradili niekoľko otázok, ktoré sledujú, do akej miery žiak porozumel riešeniu danej aktivity a zároveň predstavujú pre žiaka akési doplnkové činnosti, ktoré prirodzene nadväzujú na experimentálne riešenú problematiku. Pri časovo náročnejších meraniach, kedy žiak niekoľko minút (alebo niekoľko desiatok minút) len pasívne sleduje reálne sa vykresľujúci graf, učiteľ môže rozhodnúť o riešení niektorých z týchto úloh už počas samotného merania, aby udržal žiaka v neustálej pozornosti a neumožnil mu takpovediac „intelektuálne vychladnúť“.

Ku všetkým pracovným listom pre žiakov sme vypracovali aj podporné materiály pre učiteľov, ktoré obsahujú kompletný pracovný list pre žiakov s potrebnými metodickými poznámkami, správnymi odpoveďami na jednotlivé otázky v žiackom pracovnom liste, návrhy na realizáciu, a pri niektorých aktivitách aj tipy na ich modifikáciu. K niektorým aktivitám sme dokonca pripravili rôzne varianty ich riešenia, ktoré sa líšia napríklad použitou experimentálnou meracou technikou, časovou náročnosťou, náročnosťou na pomôcky a chemikálie a pod.

Všetky spomínané materiály sú po zaregistrovaní voľne dostupné na www stránke projektu COMBLAB, v rámci riešenia ktorého vznikli (Project COMBLAB, 2014) a sú chránené licenciou *Creative Commons Licence BY-NC-SA-4.0 Atribution-Non-Commercial-Share Alike*. V prílohách na ukážku uvádzame pracovné listy pre žiakov a podporné materiály pre učiteľov k jednej z overovaných aktivít pre chémiu (CHEM2; príloha A a príloha B) a jednej z aktivít pre biológiu (BIO1; príloha C a príloha D).

2.3 Metódy overovania navrhnutých aktivít

Overovanie vybraných aktivít prebiehalo paralelne vo všetkých zúčastnených krajinách. V ideálnom prípade by overovanie malo byť realizované priamo v konkrétnych podmienkach skutočných škôl, pod vedením stredoškolských učiteľov, oboznámených so zámermi a príslušnou metodikou. Podmienkou je samozrejme jednak dostatočná vybavenosť škôl potrebnou experimentálnou technikou, a takisto dostatočná erudovanosť učiteľov v tomto smere. Bohužiaľ na väčšine slovenských škôl nespĺňame ani jednu z týchto podmienok. Vzhľadom na známu nepriaznivú situáciu na slovenských školách, ktoré v tomto smere nemajú dostatočné vybavenie, bolo potrebné participujúcich žiakov a ich učiteľov, ktorí rovnako nemajú skúsenosti s prácou s počítačovými meracími systémami, pozvať priamo do laboratórií Katedry chémie Fakulty prírodných vied Univerzity Mateja Bela v Banskej Bystrici, kde boli všetky overované aktivity realizované pod vedením člena vyššie spomínaného medzinárodného tímu (autora monografie) a jeho asistentky.[1]

V laboratóriu boli pre žiakov vytvorené tri experimentálne stanovištia, pričom každé z nich bolo vybavené kompletným počítačovým meracím systémom s potrebnými modulmi a sondami, a samozrejme všetkými nevyhnutnými pomôckami, laboratórnym sklom a chemikáliami. Žiaci na týchto stanovištiach pracovali v skupinách zložených z maximálne štyroch členov, pričom kapacita laboratória dovolila pracovať celkovo maximálne s dvanástimi žiakmi.

Zmyslom overovania aktivít bolo odskúšanie ich fungovania v pedagogickom procese s reálnymi žiakmi, ktorým sú tieto aktivity primárne určené a získanie spätnej väzby o ich kvalite, možnostiach, efektivite a pod. Okrem toho sme v súčinnosti s predchádzajúcim

[1] V ostatných participujúcich krajinách prebiehala implementácia overovaných aktivít buď (i) priamo na stredných školách (napr. Španielsko, Rakúsko), alebo (ii) sčasti na stredných školách a sčasti na univerzite (Česká republika) alebo (iii) na špeciálnych inštitúciách zabezpečujúcich prepojenie škôl, univerzít a podnikateľského prostredia (Fínsko, LUMA Centre (2015)).

zámerom sledovali aj názory a motivačnú orientáciu žiakov vo vzťahu k práci v počítačom podporovanom laboratóriu. Spätnú väzbu sme však získavali nielen od samotných žiakov ale aj ich učiteľov. Na overovaní sa dokonca podieľalo aj niekoľko vysokoškolských študentov učiteľstva chémie a biológie (kap. 5). Jednotlivé výskumné vzorky všetkých participujúcich sú bližšie špecifikované v zodpovedajúcich kapitolách práce (kap. 3.2, kap. 4.2 a kap. 5.2).

V závislosti od príslušnej aktivity sme používali dva rozdielne typy meracích systémov: (i) *ISES* (Lustig, 2015), prevažne na chemické aktivity a (ii) *Vernier* (Vernier Software & Technology, 2015) najmä na aktivity z biológie. Koncovým zariadením meracieho systému na všetkých troch experimentálnych stanovištiach bol stolový počítač. Žiaci teda nepracovali s dataloggermi, notebookmi, tabletmi a pod.

V nasledujúcich kapitolách prezentujeme zámery, vzorky, metódy a výsledky troch čiastkových oblastí výskumu, na základe ktorých budeme schopní naplniť obidva jeho vyššie špecifikované ciele: (i) motivácia žiakov vo vzťahu k počítačom podporovanému laboratóriu (kap. 3), (ii) žiaci ako hodnotitelia aktivít pre počítačom podporované laboratórium (kap. 4) a (iii) učitelia ako hodnotitelia aktivít pre počítačom podporované laboratórium (kap. 5).

3

MOTIVÁCIA ŽIAKOV VO VZŤAHU K POČÍTAČOM PODPOROVANÉMU LABORATÓRIU

3.1 Zámery zisťovania motivačnej orientácie žiakov

Jednou z čiastkových úloh výskumu bolo zisťovanie úrovne motivačnej orientácie žiakov súvisiacej s jednotlivými overovanými aktivitami, ale zároveň aj s prácou v počítačom podporovanom laboratóriu ako takou. Okrem tejto základnej otázky sme v súvislosti s motivačnou orientáciou mali aj špecifickejšie zámery. Možno ich zhrnúť do troch nasledujúcich otázok:

1. Aké merateľné faktory ovplyvňujú motivačnú úroveň žiakov vo vzťahu k počítačom podporovanému laboratóriu? Obzvlášť sme sa zaujímali do akej miery napríklad závisí zistená úroveň motivačnej orientácie žiakov od ich pohlavia, veku, konkrétnej realizovanej aktivity alebo predmetu (chémia, biológia). Keďže (ako špecifikujeme nižšie), na overovaní aktivít sa podieľali žiaci z rozličných škôl, uvažovali sme aj o tomto faktore.
2. Existuje kvantitatívny vzťah medzi úrovňou motivačnej orientácie pred riešením aktivity a po jej riešení? Do akej miery je možné určité aspekty (vnútornej) motivácie po realizácii aktivity predpovedať na základe motivačnej orientácie pred jej realizáciou?
3. Sú žiaci, ktorí overujú navrhnuté aktivity dostatočne motivovaní aj na zodpovedné poskytnutie spätnej väzby o týchto aktivitách? Z pohľadu nášho výskumu, je totiž dôležité, aby žiak bol dostatočne motivovaný a vyvinul primerané úsilie nielen na realizáciu danej aktivity ale aj na jej zodpovedné ohodnotenie. Len tak môžeme získať o navrhovaných aktivitách relevantné a použiteľné údaje.

Je tiež potrebné zdôrazniť, že zisťovanie motivačnej orientácie žiakov v našom výskume má sebavýpoveďový charakter, teda je nutne poznačené výraznou mierou subjektivity, ktorej zdrojom je samotný respondent – žiak.

3.2 Charakteristika výskumnej vzorky, počet overovaní

Na overovaní pripravených aktivít sa celkovo podieľalo 146 žiakov zo štyroch slovenských gymnázií[1] (z toho 39 chlapcov, priemerný vek M = 16,93, SD = ,70). V tab. 3-1 uvádzame počet žiakov z každej zúčastnenej školy.

Tab. 3-1 Počet žiakov z jednotlivých škôl participujúcich na overovaní aktivít

Škola	Počet participujúcich žiakov
1. Škola 1	58
2. Škola 2	27
3. Škola 3	36
4. Škola 4	25
	146

Žiadny z participujúcich žiakov (okrem jednej žiačky) nemal predchádzajúce laboratórne skúsenosti s počítačovými meracími systémami. Väčšina žiakov sa postupne podieľala na overovaní viacerých aktivít (teda nie len jednej z nich), z čoho v konečnom dôsledku rezultovalo 476 overovaní. Na overovaní aktivít z chémie participovalo 62 žiakov, na overovaní aktivít z biológie 117 žiakov. Niektorí žiaci sa podieľali na realizácii aktivít pre obidva predmety. V tab. 3-2 je zobrazená sumarizácia počtu overovaní vo vzťahu k jednotlivým participujúcim školám a zároveň k jednotlivým aktivitám (pre obidva predmety).

Tab. 3-2 Počet realizovaných overovaní vo vzťahu k participujúcim školám a jednotlivým aktivitám
N celkový počet overovaní v príslušnej kategórii

Škola ↓	Aktivita →	CHEM1	CHEM2	CHEM3	CHEM4	CHEM5	N
1. Škola 1		10	46	12	24	12	104
2. Škola 2		-	12	11	11	-	34
3. Škola 3		-	12	12	12	-	36
4. Škola 4		-	12	12	-	12	36
	N	10	82	47	47	24	**210**
		BIO1	**BIO2**	**BIO3**	**BIO4**		**N**
1. Škola 1		12	33	33	33		111
2. Škola 2		11	14	14	14		53
3. Škola 3		12	12	12	12		48
4. Škola 4		12	14	14	14		54
	N	47	73	73	73		**266**
						Celkový počet overovaní:	**476**

[1] Participujúce školy v publikácii nekonkretizujeme.

3.3 Výskumné nástroje

Na zistenie motivačných orientácií žiakov sme použili dva sebavýpoveďové výskumné prostriedky. Prvý z nich bol žiakom administrovaný pred realizáciou každej aktivity ***(vstupné meranie)***, druhý po jej realizácii ***(výstupné meranie)***. Na prípravu každého z nástrojov sme použili kombináciu 16 vybraných položiek extrahovaných z dvoch renomovaných výskumných škál, ktoré sú štandardnými nástrojmi často používanými na tento účel v pedagogickej, psychologickej a sociologickej praxi. Základom vstupného dotazníka bol *Motivated Strategies for Learning Questionnaire (MSLQ)* (Pintrich et al., 1991), základom výstupného dotazníka bol *Intrinsic Motivation Inventory (IMI)* (McAuley et al., 1989).

V nasledujúcich kapitolách stručne charakterizujeme pôvodné výskumné nástroje a špecifikujeme ich transformáciu na nástroje použité v našom výskume.

3.3.1 Motivated Strategies for Learning Questionnaire (MSLQ)

Motivated Strategies for Learning Questionnaire (MSLQ), je osvedčený výskumný nástroj, ktorého vývoj začali Paul Pintrich a Bill MacKeachie z Michiganskej univerzity už v prvej polovici osemdesiatych rokov 20. storočia, pričom tento vývoj trval takmer desať rokov. Finálna verzia MSLQ bola skompletizovaná v roku 1990, a hoci autori už v roku 1991 publikovali manuál na jeho používanie (Pintrich et al., 1991), formálne bol MSLQ po prvýkrát prezentovaný až o ďalšie dva roky neskôr v časopise *Educational and Psychological Measurement* (Pintrich et al., 1993) aj s jeho dôležitými psychometrickými parametrami.

Pôvodný sebavýpoveďový nástroj obsahujúci 81 položiek sa zaoberá dvomi oblasťami (niekedy nazývanými škálami[1]): (i) motiváciou a (ii) stratégiami učenia sa, a je preto rozdelený do dvoch sekcií, z ktorých každá je reprezentovaná niekoľkými subškálami. Sekcia motivácie obsahuje 31 položiek (rozdelených do 6 subškál), ktoré slúžia na odhalenie a posúdenie úrovne študentových cieľov, uvedomovanej hodnotovej orientácie vyplývajúcej z aktivity, ktorú študent realizuje, a tiež úrovne jeho vlastných uvedomovaných zručností nevyhnutných na úspešnú realizáciu aktivity. Je potrebné podotknúť, že pod aktivitou autori MSLQ rozumejú nielen konkrétnu činnosť, ale tiež napríklad kurz, vyučovaciu hodinu a pod. Sekcia stratégií učenia obsahuje rovnako 31 základných položiek súvisiacich so študentovým používaním rôznych kognitívnych a metakognitívnych stratégií učenia sa. Okrem toho je k tejto sekcii pridelených aj ďalších 19 dodatočných položiek zaoberajúcich sa študentovými spôsobmi riadenia rôznych zdrojov učenia sa. Spolu teda táto sekcia pozostáva z 50 položiek (rozdelených do 9 subškál). Jednotlivé komponenty MSLQ s počtami položiek prislúchajúcich k jednotlivým subškálam uvádzame v tabuľke tab. 3-3.

Kvalita MSLQ bola doposiaľ v praxi preverená stovkami odborníkov, ktorí ho v obrovskom množstve prác použili ako výskumný nástroj. Okrem základnej publikácie (Pintrich et al., 1993) uvádzame len niekoľko ďalších významných prác, ktoré zároveň

[1] Ako uvádzame neskôr (kap. 3.3.5), pojem škála sa používa v rozličných významoch. Je dôležité ich rozlišovať a nezamieňať ich.

potvrdzujú primeranú úroveň reliability a validity tohto nástroja (Barise, 1998; Bong, 2001; Campbell, 2001; Eom a Reiser, 2000; Liu, 2003; Miltiadou, 2001; Monetti, 2002; Niemi et al., 2003; Pintrich a De Groot, 1990; Wolters, 2004). Pôvodná anglická verzia MSLQ bola tiež preložená do desiatok ďalších jazykov, okrem iných napr. do nemčiny (Neber a Heller, 2002), gréčtiny (Andreou a Metallidou, 2004), hebrejčiny (Eshel a Kohavi, 2003), kórejčiny (Bong, 2001; Bong a Hocevar, 2002), nórčiny (Ommundsen, 2003) a čínštiny (Rao et al., 2000; Rao a Sachs, 1999; Sachs et al., 2002; Sachs et al., 2001), pričom úroveň reliability a validity MSLQ bola sledovaná aj v transformovanej podobe v týchto jazykoch (Duncan a McKeachie, 2005). Prakticky všetky uvedené výskumy dokazujú, že MSLQ je univerzálnym nástrojom nezávislým na type aktivity, ani na druhu skúmanej vzorky (žiakov, študentov, účastníkov kurzov a pod.), a môže byť preto s vysokou úspešnosťou použitý v širokom spektre meraní zaoberajúcich sa motiváciou a stratégiami učenia sa (Taylor, 2012). To je tiež jeden z dôvodov, prečo sme sa v našom výskume rozhodli použiť MSLQ ako jeden z nástrojov na zisťovanie motivačnej orientácie žiakov v súvislosti s ich prácou v počítačom podporovanom laboratóriu.

Tab. 3-3 Komponenty MSLQ (upravené podľa Artino Jr. (2005))
N počet položiek v subškále

SEKCIA 1: MOTIVÁCIA		**SEKCIA 2: STRATÉGIE UČENIA SA**	
Subškála	**N**	**Subškála**	**N**
1. Intrinsic Goal Orientation	4	1. Rehearsal	4
2. Extrinsic Goal Orientation	4	2. Elaboration	6
3. Task Value	6	3. Organization	4
4. Control of Learning Beliefs	4	4. Critical Thinking	5
5. Self-Efficacy for Learning & Performance	8	5. Metacognitive Self-Regulation	12
6. Test Anxiety	5	6. Time / Study Environmental Management	8
		7. Effort Regulation	4
		8. Peer Learning	3
		9. Help Seeking	4
Celkový počet položiek	**31**	**Celkový počet položiek**	**50**

3.3.2 Intrinsic Motivation Inventory (IMI)

Instrinsic Motivation Inventory (IMI) je multidimenzionálnym prostriedkom na posudzovanie subjektívnej skúsenosti vzťahujúcej sa k určitej cieľovej aktivite. Autorom prvej verzie IMI je Richard M. Ryan (1982), tá však bola v priebehu takmer dvadsiatich rokov postupne zdokonaľovaná ďalšími autormi, napr. Ryan, Mims a Koestner (1983), Plant a Ryan (1985), McAuley, Duncan a Tammen (1989), McAuley a Tammen (1989), Ryan, Connell a Plant (1990), McAuley, Wright a Duncan (1991), Ryan, Koestner a Deci (1991), Whitehead a Corbin (1991a; 1991b), Duda (1992), Deci, Eghrari, Patrik a Leone (1994), Markland a Hardy (1997) a Deci, Koestner a Ryan (1999). Všetky uvedené práce sa zaoberajú sledovaním vnútornej motivácie a sebaregulácie.

Tzv. „plná“ verzia IMI obsahuje 45 položiek, ktoré spolu tvoria 7 subškál (tab. 3-4). Podobne ako v prípade MSLQ, aj IMI je veľmi flexibilným a modifikovateľným nástrojom, v ktorom sú jednotlivé subškály na sebe nezávislé. V praxi sa preto často používajú skrátené

verzie IMI zložené len z určitých subškál, ktoré sú zvolené experimentátorom podľa konkrétneho zámeru výskumu. Vypustenie resp. nezahrnutie ostatných subškál nijako neovplyvní výsledky výskumu. Najčastejšie používané skrátené verzie IMI sú nasledujúce štyri:

1. Vo výskumoch najfrekventovanejšia (dnes považovaná za štandard) je verzia s 22 položkami a 4 subškálami (Interest/Enjoyment, Perceived competence, Perceived choice a Pressure/Tension).
2. Ďalšou často používanou je verzia zahŕňajúca 25 položiek sledujúcich 3 subškály (Value/Usefulness, Interest/Enjoyment a Perceived choice) (Deci et al., 1994).
3. Najdlhšou je 29-položková verzia, skúmajúca 5 subškál (Relatedness, Interest/Enjoyment, Perceived Choice, Pressure/Tension a Effort/Importance).
4. Naopak, najkratšou je verzia tvorená 9 položkami rozdelenými do 3 subškál (Value/Usefulness, Interest/Enjoyment a Perceived choice).

Na margo zacielenia jednotlivých subškál Deci a Ryan (2007) upresňujú, že aj keď celý nástroj pojednáva o vnútornej motivácii (čo sa nakoniec odráža aj v jeho názve), v skutočnosti sa vnútornou motiváciou ako takou zaoberá len prvá subškála – Interest/Enjoyment (Záujem / Potešenie).

Tab. 3-4 Komponenty tzv. „plnej“ verzie IMI
N počet položiek v subškále

Subškála	N	Subškála	N
1. Interest/Enjoyment	7	5. Perceived choice	7
2. Perceived competence	6	6. Value/Usefulness	7
3. Effort/Importance	5	7. Relatedness	8
4. Pressure/Tension	5	**Celkový počet položiek**	**45**

Vzhľadom na to, že IMI je nástrojom viažucim sa k určitej cieľovej aktivite, je vhodný na administráciu po jej realizácii. Rovnako ako MSLQ aj IMI je nezávislým nástrojom aplikovateľným v rozličných podmienkach a s rozličnými vzorkami respondentov (Eow et al., 2010).

3.3.3 Transformácia nástrojov použitá v našom výskume

Keďže, ako uvádzame v predchádzajúcich kapitolách (kap. 3.3.1 a 3.3.2), obidva výskumné nástroje sú koncipované ako otvorené a modulovateľné (Markland a Hardy, 1997; Pintrich et al., 1991; Rotgans a Schmidt, 2010), nie je nevyhnutné ich v praxi použiť v kompletnej podobe. Podľa konkrétneho zamerania výskumu je možné upraviť ich napríklad nezaradením niektorých položiek alebo dokonca celých subškál bez straty výskumnej hodnoty nástroja. Konkrétnemu zameraniu výskumu možno tiež do istej miery prispôsobiť aj znenie jednotlivých položiek. V našom prípade sme pôvodné položky oboch nástrojov pretransformovali podľa konkrétnych požiadaviek a podmienok výskumu nasledujúcim spôsobom.

Tab. 3-5 Pôvodné (Pintrich et al., 1991) a nami transformované znenie položiek sledovaných subškál MSLQ použitých vo vstupnom motivačnom dotazníku

	Pôvodné znenie položky	Transformované znenie položky (slovenská ver.)
Subškála 1: **INTRINSIC GOAL ORIENTATION (VNÚTORNÁ CIEĽOVÁ ORIENTÁCIA)**		
1-1	In a class like this, I prefer course material that really challenges me so I can learn new things.	Na hodinách uprednostňujem také materiály, ktoré sú pre mňa výzvou a umožnia mi naučiť sa niečo nové.
1-2	In a class like this, I prefer course material that arouses my curiosity, even if it is difficult to learn.	Mám rád, ak sa na takýchto hodinách pracuje s učivom, ktoré vzbudzuje moju zvedavosť, napriek tomu, že je to náročné na pochopenie.
1-3	The most satisfying thing for me in this course is trying to understand the content as thoroughly as possible.	Najviac ma na tejto hodine poteší to, že budem mať možnosť pochopiť danú tému tak dôkladne, ako je to len možné.
1-4	When I have the opportunity in this class, I choose course assignments that I can learn from even if they don't guarantee a good grade.	Ak budem mat na hodine možnosť, vyberiem si také úlohy, pri ktorých sa naučím čo najviac nového, aj za cenu, že nebudem mať najlepšiu známku.
Subškála 2: **EXTRINSIC GOAL ORIENTATION (VONKAJŠIA CIEĽOVÁ ORIENTÁCIA)**		
2-1	Getting a good grade in this class is the most satisfying thing for me right now.	Najviac ma uspokojí, ak na týchto hodinách dostanem dobrú známku.
2-2	The most important thing for me right now is improving my overall grade point average, so my main concern in this class is getting a good grade.	Teraz je pre mňa najdôležitejšie zlepšiť si priemer známok, preto chcem na tejto hodine získať dobrú známku.
2-3	If I can, I want to get better grades in this class than most of the other students.	Ak to bude možné, budem sa snažiť na tejto hodine získať lepšiu známku ako ostatní spolužiaci.
2-4	I want to do well in this class because it is important to show my ability to my family, friends, employer or others.	Chcem byť na tejto hodine úspešný, aby som svojej rodine, priateľom a ostatným ukázal svoje schopnosti.
Subškála 3: **SELF-EFFICACY FOR LEARNING AND PERFORMANCE (SEBAÚČINNOSŤ V UČENÍ SA)**		
3-1	I'm certain I can understand the most difficult material presented in the readings for this course.	Som si istý, že pochopím aj to najnáročnejšie učivo, ktoré sa na hodinách fyziky/chémie/biológie učíme.
3-2	I'm confident I can learn the basic concepts taught in this course.	Som presvedčený, že som schopný naučiť sa základné princípy, ktoré preberáme na hodinách fyziky/chémie/biológie.
3-3	I'm confident I can do an excellent job on the assignments and tests concerning in this course.	Som presvedčený, že v nasledujúcich úlohách a testoch získam vynikajúce výsledky.
3-4	Considering the difficulty of this course, the teacher, and my skills, I think I will do well in this class.	Ak posúdim náročnosť nasledovných aktivít, učiteľa a moje schopnosti, myslím, že na hodine budem úspešný.
Subškála 4: **CONTROL OF LEARNING BELIEFS (VEDOMIE VLASTNEJ ZODPOVEDNOSTI PRI UČENÍ SA)**		
4-1	If I study in appropriate ways, then I will be able to learn the material in this course.	Ak budem študovať správnym spôsobom, v nasledujúcich aktivitách budem schopný pochopiť dané učivo.
4-2	It is my own fault if I don't learn the material in this course.	Pokiaľ sa na tejto hodine nenaučím dané učivo (tému), je to len moja chyba.
4-3	If I try hard enough, then I will understand the course material.	Ak sa budem dostatočne snažiť, pochopím učivo, ktoré sa máme na tejto hodine naučiť.
4-4	If I don't understand the course material, it is because I didn't try hard enough.	Ak nepochopím učivo na tejto hodine, je to preto, že som sa málo snažil.

Tab. 3-6 Pôvodné (Ryan, 1982) a nami transformované znenie položiek sledovaných subškál IMI použitých vo výstupnom motivačnom dotazníku

	Pôvodné znenie položky	Transformované znenie položky (slovenská ver.)
Subškála 1: **INTEREST / ENJOYMENT (ZÁUJEM / POTEŠENIE)**		
1-1	I enjoyed doing this activity very much.	Práca na úlohách s využitím počítača sa mi veľmi páčila.
1-2	I would describe this activity as very interesting.	Aktivity riešené pomocou počítača by som opísal ako veľmi zaujímavé.
1-3	I thought this activity was quite enjoyable.	Myslím, že aktivita/aktivity bola celkom príjemná.
1-4	While I was doing this activity, I was thinking about how much I enjoyed it.	Počas riešenia úloh som si uvedomil/a, že ma takéto aktivity bavia.
Subškála 2: **PERCEIVED COMPETENCE (UVEDOMENIE SI SVOJEJ SCHOPNOSTI)**		
2-1	I think I did pretty well at this activity, compared to other students.	Myslím, že v porovnaní s ostatnými študentami som si počínal/a celkom dobre.
2-2	After working at this activity for a while, I felt pretty competent.	Po krátkom čase realizácie MBL aktivít som mal pocit, že sa v tom vyznám.
2-3	I am satisfied with my performance at this task.	Som spokojný so svojím výkonom počas riešenia úloh.
2-4	I was pretty skilled at this activity.	Počas riešenia úloh s využitím počítača som bol celkom šikovný/á.
Subškála 3: **EFFORT / IMPORTANCE (VYNALOŽENÉ ÚSILIE / DÔLEŽITOSŤ)**		
3-1	I put a lot of effort into this.	Pri riešení úloh som vynaložil/a veľa úsilia.
3-2	I didn't try very hard to do well at this activity. (R)*	Veľmi som sa snažil, aby som bol úspešný pri riešení zadaných úloh.*
3-3	I tried very hard on this activity.	Počas MBL aktivity/aktivít som sa veľmi snažil/a.
3-4	It was important to me to do well at this task.	Bolo pre mňa dôležité zvládnuť riešenie danej úlohy.
Subškála 4: **VALUE / USEFULNESS (VÝZNAM / UŽITOČNOSŤ)**		
4-1	I believe this activity could be of some value to me.	Verím, že riešenie takýchto aktivít s využitím počítača je pre mňa hodnotné.
4-2	I think that doing this activity is useful for _____.	Myslím, že tieto aktivity sú užitočné pre pochopenie princípov chémie/biológie.
4-3	I would be willing to this again because it could be beneficial to me.	Rád by som realizoval podobné aktivity aj v budúcnosti, pretože by to bolo pre mňa prínosné.
4-4	I think this is important to do because it can_____.	Myslím, že aktivity boli dôležité aj preto, aby sme zistili ako pracujú vedci.

* Pôvodná formulácia položky je negatívna (negatívny výrok). R označuje potrebu reverzného skórovania položky pri jej vyhodnocovaní. V transformovanej verzii sme však použili pozitívnu formuláciu položky (pozitívny výrok).

V prípade nástroja administrovaného pred realizáciou aktivity sme z pôvodných šiestich subškál MSLQ týkajúcich sa motivácie[1] zvolili štyri subškály: (1) *vnútorná cieľová orientácia*, (2) *vonkajšia cieľová orientácia*, (3) *sebaúčinnosť v učení sa (a realizácii praktickej činnosti)* a (4) *vedomie vlastnej zodpovednosti pri učení sa*. Podobne aj pre výskumný nástroj

[1] Séria dimenzií (subškál) MSLQ týkajúcich sa stratégií učenia sa (2. sekcia) nebola predmetom záujmu nášho výskumu.

administrovaný respondentom po realizácii aktivity boli zo siedmich pôvodných subškál IMI zvolené štyri: (1) *záujem / potešenie* (hlavný posudzovateľ vnútornej motivácie), (2) *uvedomenie si svojej schopnosti na vykonávanie danej aktivity* (pozitívny prediktor vnútornej motivácie), (3) *vynaloženie úsilia / dôležitosť* a (4) *význam / užitočnosť*. V oboch výskumných nástrojoch bola každá subškála reprezentovaná štyrmi položkami, každý z nich teda obsahoval 16 položiek. Kompletné pôvodné aj transformované znenie (slovenskú verziu) nami vybraných položiek oboch použitých nástrojov uvádzame v tab. 3-5 a tab. 3-6. Pôvodné položky boli najprv transformované v anglickom jazyku a následne lokalizované do jazykov krajín participujúcich na výskume. Vo finálnej verzii bolo samozrejme nutné upraviť poradie jednotlivých položiek oboch prostriedkov tak, aby neboli za sebou zaradené položky patriace k tej istej subškále.

Administrácia bola realizovaná bezprostredne pred (vstupné meranie) a po (výstupné meranie) realizácii každej uskutočnenej aktivity. Aby žiaci mohli vyjadriť svoju motivačnú orientáciu vzťahujúcu sa ku konkrétnej aktivite boli pred administráciou vstupného motivačného dotazníka oboznámení s témou a rámcovým obsahom (inak neznámej) aktivity.

3.3.4 Charakteristika dimenzií skúmaných príslušnými subškálami vstupného a výstupného motivačného dotazníka

Pre1: Vnútorná cieľová orientácia (hodnotový komponent)[1]

Vnútorná cieľová orientácia sa týka úrovne žiakovho vnímania jeho vnútorných dôvodov, vysvetľujúcich, prečo sa podieľa na riešení zadanej úlohy. Vnútornými dôvodmi môžu byť napríklad zvedavosť, túžba po zdokonalení, výzva a pod. Vysoký stupeň vnútornej cieľovej orientácie (vo vzťahu k riešenej úlohe) indikuje, že riešená úloha je pre žiaka nielen prostriedkom k dosiahnutiu cieľa, ale je cieľom samotným (Pintrich et al., 1991).

Pre2: Vonkajšia cieľová orientácia (hodnotový komponent)

Vonkajšia cieľová orientácia je komplementárna k vnútornej cieľovej orientácii, istým spôsobom sa teda vzájomne dopĺňajú. Týka sa úrovne žiakovho vnímania vonkajších dôvodov riešenia zadanej úlohy, ako sú dosiahnutie dobrej známky, odmena, súťaženie (porovnávanie sa s ostatnými), hodnotenie inými ľuďmi (spolužiakmi, rodičmi). Vysoký stupeň vonkajšej cieľovej orientácie znamená, že riešenie zadanej úlohy je pre žiaka prostriedkom na dosiahnutie niektorého z týchto cieľov ale nie samotným cieľom (Pintrich et al., 1991). Hlavný záujem žiaka je teda sústredený na ciele, ktoré nie sú priamo spojené so samotnou úlohou.

Pre3: Sebaúčinnosť v učení sa (komponent očakávania)

Položky tejto subškály zisťujú dva aspekty očakávania: očakávanie úspechu a sebaúčinnosť. Očakávanie úspechu sa vzťahuje na výkonové očakávanie a súvisí

[1] Predpony *Pre* a *Post* používame (aj v niektorých ďalších častiach publikácie) na skrátené označenie vstupného a výstupného merného prostriedku. Číslo uvedené za predponou označuje príslušnú subškálu daného nástroja.

s realizáciou úlohy, presnejšie s výkonom žiaka pri jej realizácii. Na druhej strane, sebaúčinnosť súvisí so sebaposúdením vlastných schopností potrebných na zvládnutie zadanej úlohy, pričom zahŕňa nielen názor na schopnosti úspešne vykonať danú úlohu, ale tiež vyjadrenie vlastného presvedčenia o tejto schopnosti (Pintrich et al., 1991).

Pre4: Vedomie vlastnej zodpovednosti pri učení sa (komponent očakávania)

Táto subškála sa vzťahuje k presvedčeniu žiaka, že jeho úsilie pri učení sa, prameniace z jeho zodpovedného postoja k učeniu sa, bude viesť k pozitívnemu výsledku (Pintrich et al., 1991). Znamená to teda, že kvalita výsledku učenia sa je podmienená žiakovým vynaloženým úsilím, teda vnútorným faktorom, na rozdiel od vplyvu niektorých externých faktorov, napríklad vplyvu učiteľa. Ak žiak verí, že jeho úsilie ovplyvní výsledok jeho učenia sa, je pravdepodobné, že bude študovať cielenejšie a efektívnejšie. Inými slovami, ak žiak „cíti“, že má dosah na ovplyvňovanie svojho školského výkonu, je pravdepodobné, že bude v učení sa postupovať strategickejšie aby dosiahol želaný efekt.

Post1: Záujem / Potešenie

Prvá subškála výstupného dotazníka je hlavným posudzovateľom vnútornej motivácie a je preto považovaná za sebavýpoveďovú mieru vnútornej motivácie. Jej koncept vychádza z predpokladu, že ak je respondent vnútorne motivovaný k určitej činnosti, má o túto činnosť záujem a pociťuje potešenie pri jej realizácii. Vzhľadom na to, že len vysoký stupeň vnútornej motivácie môže viesť ku kvalitnému učeniu sa a kreativite, je dôležité sledovať jej úroveň ale aj poznať faktory, ktoré ju vyvolávajú, a tiež tie, ktoré ju potláčajú (Ryan a Deci, 2000).

Post2: Uvedomenie si svojej schopnosti

Uvedomenie si svojej schopnosti je dimenzia, ktorá je považovaná za pozitívny prediktor úrovne vnútornej motivácie. Je totiž veľmi pravdepodobné, že žiaci si osvoja a zvnútornia (internalizujú) také ciele, ktorým rozumejú a majú primerané znalosti na to, aby v ich realizácii boli úspešní. Za jeden z príspevkov k zvnútorneniu cieľov je považovaný fenomén uvedomovania si svojej vlastnej schopnosti, kompetencie, na realizáciu určitej činnosti. Deci a Ryan (Ryan a Deci, 2000) preto predpokladajú, že ak sa pri realizácii cieľa žiak cíti byť kompetentný, uľahčí to proces zvnútornenia cieľov.

Post3: Vynaloženie úsilia / Dôležitosť

Zisťovanie žiakom deklarovanej úrovne vynaloženého úsilia pri realizácii určitej činnosti je takisto relevantné pre vnútornú motiváciu (Deci a Ryan, 2007). Predpokladá sa, že pri realizácii zvnútornených cieľov, ktorým žiak pripisuje vysoký stupeň dôležitosti, vynaloží viac úsilia.

Post4: Význam / Užitočnosť

Táto subškála sa používa pri štúdiu rôznych aspektov zvnútorňovania cieľov (Deci et al., 1994). Jej základná myšlienka predpokladá, že zvnútornenie a sebaregulácia môže nastať len pri takých aktivitách, ktoré žiaci považujú za významné a užitočné pre nich samotných (Deci a Ryan, 2007).

3.3.5 Spracovanie a vyhodnocovanie výsledkov motivačnej orientácie

Jednotlivé položky oboch nástrojov na zisťovanie motivačných orientácií žiakov majú charakter deklaratívnych výrokov, pričom miera súhlasu (stotožnenia) respondenta s týmito výrokmi sa vyjadrovala na sedemstupňovej Likertovej škále (Likert, 1932)[1], kde číslo 1 reprezentuje úplný nesúhlas a číslo 7 úplný súhlas respondenta s výrokom. Tento spôsob skórovania odpovedí bol navrhnutý už v pôvodných prácach referujúcich o MSLQ a IMI (Pintrich et al., 1991; Ryan, 1982).

Niektoré z položiek oboch výskumných nástrojov sú v pôvodných verziách formulované ako negatívne výroky, vyžadujú teda tzv. reverzné skórovanie. Zo šestnástich položiek, ktoré sme použili v našom výskume mala však len jedna položka takýto charakter. Aby sme sa vyhli reverznému skórovaniu, pri jej transformácii sme položku naformulovali pozitívne (položka 3-2 v subškále 3 výstupného dotazníka, tab. 3-6). V konečnom dôsledku teda celkové skóre pre všetky subškály odráža pozitívny zmysel (pozitívnu formuláciu) všetkých položiek, teda vysoké skóre indikuje vysokú úroveň meraného konštruktu reprezentovaného danou subškálou (Duncan a McKeachie, 2005). Celkové skóre pre danú subškálu sa pritom počíta buď ako aritmetický priemer (náš prípad) alebo ako suma skóre jednotlivých položiek patriacich k tejto subškále.

Považujeme tiež za potrebné vyjadriť sa k štatistickým metódam, ktoré sme pri spracovaní našich dát použili. Dodnes sa totiž v publikáciách stretávame pri otázke, akým spôsobom štatisticky spracovať dáta „nášho“ typu, s pomerne výraznou nejednotnosťou. Tradičný problém je v tom, či získané údaje považovať za dáta ordinálneho typu a spracovávať ich neparametrickými štatistickými metódami, alebo za dáta intervalového typu, ktoré by pri splnení ďalších predpokladov mohli byť spracované parametrickými štatistickými metódami (Corder a Foreman, 2009). Oba smery majú svojich zástancov, a preto je možné v rôznych publikáciách nájsť podobné výskumy spracované obidvomi spôsobmi.

Na spracovanie dát súvisiacich so sledovaním motivačnej orientácie žiakov sme použili parametrické štatistické metódy. Zdôvodnenie je nasledujúce. Vychádzame z vysvetlenia Clasona a Dormodyho (1994), ktorí opísali rozdiel medzi samostatnými Likertovými položkami (*„Likert-type Items“*) a Likertovou subškálou (*„Likert Scale“*)[2]. Hoci dáta získané meraním na Likertovej škále majú primárne ordinálny charakter, musíme brať do úvahy fakt, že v tomto prípade nevyhodnocujeme individuálne položky (ako v kap. 4 a 5) ale subškály tvorené súborom viacerých položiek. Pri hodnotení jednotlivých subškál pracujeme s aritmetickými priemermi počítanými zo skóre všetkých položiek patriacich k danej

[1] Pôvodná škála navrhnutá R. Likertom v tejto publikácii je päťstupňová. Postupne však vznikali ďalšie varianty, od štvorstupňovej až po sedemstupňovú škálu (Clason a Dormody, 1994; DeVellis, 2012).

[2] V pôvodnej anglickej publikácii je použitý trochu mätúci pojem *„Likert Scale“*. Rovnakým pojmom sa totiž označuje aj stupnica, na ktorej respondent vyjadruje mieru stotožnenia s deklaratívnymi výrokmi v jednotlivých položkách. Aby sme sa vyhli zamieňaniu oboch pojmov, používame na označenie meracej stupnice pojem Likertova škála a na označenie súboru položiek merajúceho ten istý konštrukt (dimenziu) pojem subškála.

subškále, ktoré sú podľa Boonea a Booneovej (2012) považované za intervalové premenné. Pri štatistickom spracovaní takýchto dát (na rozdiel od dát ordinálneho typu) je potom potrebné použiť parametrické štatistické metódy (Boone a Boone, 2012).

Konkrétne štatistické metódy použité v tejto časti výskumu sú nasledujúce: deskriptívna štatistika, komparatívna analýza, zhluková analýza a viacnásobná regresná analýza. Na zistenie signifikantnosti rozdielov medzi sledovanými skupinami sme v prípade komparatívnej analýzy použili už spomínané parametrické metódy (ANOVA). Úroveň konštruktovej validity oboch výskumných nástrojov bola sledovaná konfirmačnou faktorovou analýzou (CFA). Na štatistické spracovanie získaných dát bol použitý štatistický softvérový balík IBM SPSS ver. 18 (SPSS Inc., 2009).

3.4 Psychometrické vlastnosti použitých výskumných nástrojov

Skôr ako uvedieme konkrétne výsledky rezultujúce zo sledovania sebavýpoveďových motivačných orientácií respondentov vo vzťahu k ich práci v počítačom podporovanom laboratóriu, je nevyhnutné zaoberať sa aj otázkou reliability a validity tejto časti výskumu.

3.4.1 Reliabilita – odhad vnútornej konzistencie

Reliabilita oboch pôvodných výskumných nástrojov bola už mnohokrát preverená rozličnými výskumami s rôznorodými skúmanými vzorkami. Okrem tých, ktoré uvádzame v kapitolách 3.3.1 a 3.3.2 ju tiež zisťovali aj ďalší autori, napríklad Bandalos et al. (2003), Brookhart a Durkin (2003), Seibert (2002), Zusho et al. (2003) a Eow et al. (2010). Avšak vzhľadom na to, že reliabilita je predovšetkým charakteristikou nameraného skóre a len sekundárne aj samotného nástroja (Caruso, 2000; Pedhazur a Schmelkin, 1991; Yin a Fan, 2000)[1], teda vzťahuje sa nielen na konkrétny nástroj ale súčasne aj na výskumný súbor, je nevyhnutné ju sledovať nanovo pri každom výskume (Gavora et al., 2010; Streiner, 2003). Charakter oboch nami použitých výskumných nástrojov predurčuje, že najvhodnejším spôsobom zisťovania reliability v našom výskume je odhad vnútornej konzistencie získaného skóre, ktorá vyjadruje mieru akou jednotlivé položky každej sledovanej subškály prispievajú k meraniu sledovaného konštruktu (Hair et al., 1995; Pedhazur a Schmelkin, 1991). Pri použití položiek so širším rozpätím skórovania (teda položiek nedichotomického charakteru), a špeciálne pri položkách Likertovho typu (Ary et al., 2014), sa na odhad vnútornej konzistencie najčastejšie používa Cronbachov koeficient alfa (Cronbach, 1951).[2] Podľa Westhuisa a Thayera (1989) je koeficient alfa najlepším meradlom vnútornej konzistencie,

[1] L. Wilkinson dokonca v príručke na publikovanie výsledkov výskumov (Wilkinson a The Task Force on Statistical Inference, 1999) uvádza, že „...nástroj (test) nie je spoľahlivý alebo nespoľahlivý. Reliabilita je vlastnosťou skóre získaného nástrojom...“.

[2] Cronbachov koeficient alfa je zovšeobecnením špecifickejšieho koeficienta, ktorý bol pôvodne navrhnutý Kuderom a Richardsonom (1937) na odhad reliability škál s dichotomickými položkami.

pretože „poskytuje dobrý odhad hlavných zdrojov chýb merania, nastavuje horné limity reliability a poskytuje tiež stabilný odhad jej úrovne“.[1]

Hodnoty koeficientu alfa pre jednotlivé subškály oboch našich nástrojov, pohybujúce sa v rozmedzí od ,61 do ,77 pre vstupné meranie a od ,74 do ,83 pre výstupné meranie (tab. 3-7) ukazujú, že vnútorná konzistencia odpovedí respondentov vo vnútri jednotlivých subškál je vyhovujúca takmer vo všetkých prípadoch, pričom za hraničnú považujeme hodnotu α = ,70 (DeVellis, 2012; Kline, 2011)[2]. Výnimkou je subškála *vedomie vlastnej zodpovednosti pri učení sa*, kde je koeficient reliability síce nižší, ale stále nie nevyhovujúci (α > ,50) (George a Mallery, 2003). Napriek tomu je však nutné výsledky viažuce sa k tejto subškále brať do úvahy s istou rezervou.

Na porovnanie v tab. 3-7 uvádzame aj hodnoty koeficientov alfa získaných s normatívnymi vzorkami publikovanými v pôvodných prácach (McAuley et al., 1989; Pintrich et al., 1993). V prípade vstupného merania sme v troch zo štyroch sledovaných subškál dosiahli vyššie hodnoty koeficientov v porovnaní s MSLQ v práci publikovanej Pintrichom (1993), výraznejší rozdiel bol zaznamenaný len vo *vonkajšej cieľovej orientácii* (,77 oproti ,62). V predposlednej subškále (*sebaúčinnosť v učení sa*) sme však naopak oproti normatívnej

[1] Na upresnenie však podotýkame, že pojmy vnútorná (interná) konzistencia a Cronbachov koeficient alfa nemožno chápať ako synonymá. Je síce pravda, že čím je vyššia korelácia medzi položkami v subškále, tým je vyššia hodnota koeficientu alfa, na druhej strane to však nie vždy platí aj naopak, teda vysoká hodnota koeficientu alfa automaticky nemusí znamenať vysokú úroveň vnútornej konzistencie. Ako uvádzame aj neskôr, vysoké hodnoty Cronbachovho koeficientu je možné dosiahnuť napríklad aj použitím väčšieho počtu položiek v rámci danej subškály (neprimerane vysoké α sa zvyčajne prejavuje pri viac ako 14 položkách), a to aj napriek tomu, že v skutočnosti táto subškála nie je homogénna, ale obsahuje dve alebo aj viac ortogonálnych dimenzií so strednou úrovňou korelácie (napríklad r = ,30) medzi položkami, a teda ani jej vnútorná konzistencia nemôže byť uspokojivá.

[2] Je potrebné poznamenať, že hoci sa pridržame tohto všeobecne uznávaného minima indikujúceho dolnú medzu dobrej úrovne reliability, situácia okolo uvedenej hraničnej hodnoty nie je celkom jednoznačná. Podľa niektorých autorov nie je možné používať tú istú hranicu univerzálne vo všetkým prípadoch, ale je potrebné rozlišovať medzi rozdielnymi typmi a aj fázami výskumov, pre ktoré navrhujú odlišné hraničné koeficienty. Jeden z najrenomovanejších a v tomto smere pravdepodobne aj najcitovanejších autorov - Jum Nunnally, v posledných dvoch vydaniach svojej významnej publikácie (Nunnally, 1978; Nunnally a Bernstein, 1994) navrhol (i) pre prvotné fázy výskumu používať hranicu α = ,70, (ii) pre základný výskum α = ,80 a (iii) pre klinické výskumy, ktoré môžu viesť k vážnym rozhodnutiam, dokonca veľmi prísnu minimálnu hranicu α = ,90 (s ideálom α = ,95). Okrem toho je možné na hraničných hodnotách koeficientu alfa badať aj známky historického vývoja. Sám Nunnally napríklad v prvom vydaní spomínanej publikácie (Nunnally, 1967) odporúča pre prvotné fázy výskumu omnoho tolerantnejší interval α = ,50 - ,60. Neskôr však svoj pôvodný návrh korigoval tak ako uvádzame vyššie. Zaujímavé zistenie prezentuje Lance et al. (2006), ktorý dokonca naznačuje, že odporúčania Nunnallyho boli mnohými autormi nesprávne interpretované a tieto chybné interpretácie sa neustále prenášajú do novších a novších publikácií. Argumentuje tým, že väčšina autorov (citujúcich Nunnallyho) v skutočnosti vo svojich publikovaných prácach prezentuje základný výskum (nie jeho prvotné fázy), a teda, podľa Nunnallyho odporúčaní, by sa nemali uspokojiť s reliabilitou nižšou ako α = ,80. Rovnaké odporúčanie (α = ,80), dokonca s ohľadom na široko koncipované (Likertove) škály, uvádzajú aj Carmines a Zeller (1979). Kline (1999) navrhol pre kognitívne testy, ako napríklad testy inteligencie, minimálnu akceptovateľnú hodnotu α = ,80 a pre testy schopností α = ,70. Napriek tejto variabilite sa vo väčšine výskumov rôzne spomínané situácie príliš nediferencujú a za akúsi magickú hranicu sa najčastejšie považuje hodnota α = ,70.

vzorke (,93) dosiahli výrazne nižšiu hodnotu koeficientu alfa (len ,70). Výstupné meranie môžeme s pôvodným výskumom porovnávať len v troch subškálach, pretože reliabilita subškály *význam / užitočnosť* IMI nebola v pôvodnej práci (McAuley et al., 1989) zisťovaná.[1] Výsledky tejto komparácie sú však porovnateľné a drobné rozdiely medzi nimi sú zanedbateľné (maximálne na úrovni ,05).

Tab. 3-7 Porovnanie internej konzistencie sledovaných subškál našich nástrojov s pôvodnými prácami skúmajúcimi psychometrické vlastnosti MSLQ (Pintrich et al., 1993) a IMI (McAuley et al., 1989) na normatívnych vzorkách

Nástroj	**Cronbachove koeficienty alfa (α)**		
Subškála	**Skoršepa**	**Pintrich et al.**	**McAuley et al.**
Motivated Strategies for Learning Questionnaire (MSLQ)			
1. Vnútorná cieľová orientácia	,76	,74	-
2. Vonkajšia cieľová orientácia	,77	,62	-
3. Sebaúčinnosť v učení sa	,70	,93	-
4. Vedomie vlastnej zodpovednosti pri učení sa	,61	,68	-
Intrinsic Motivation Inventory (IMI)			
1. Záujem / Potešenie	,83	-	,78
2. Uvedomenie si svojej schopnosti	,77	-	,80
3. Vynaloženie úsilia / Dôležitosť	,79	-	,84
4. Význam / Užitočnosť	,74	-	*

* Táto subškála nie je súčasťou pôvodnej práce.

Príčiny zaznamenaných rozdielov môžu byť viaceré. Sústredíme sa však na dve z nich: (1) Vo väčšine subškál oboch nástrojov sme použili menší počet položiek v porovnaní s originálnymi subškálami MSLQ a IMI, čo samozrejme môže mať istý vplyv na odhad vnútornej konzistencie. Je totiž známym faktom, vyplývajúcim z podstaty výpočtu Cronbachovho koeficientu, že väčší počet položiek v subškále zvyšuje jeho hodnotu[2] (Cortina, 1993; Panayides, 2013). Predpokladáme, že práve táto skutočnosť sa najmarkantnejšie prejavila v spomínanej subškále *sebaúčinnosť v učení sa*, kde sme z pôvodných ôsmich položiek MSLQ vytvorených pre túto subškálu (tab. 3-3) použili iba štyri. Hoci sme analogicky (redukovaním počtu položiek) postupovali aj vo výstupnom dotazníku,

[1] V tom čase ešte nebola súčasťou nástroja.

[2] Na doplnenie uvádzame, že väčší počet položiek v subškále zvyšuje riziko existencie tzv. paralelných položiek (položiek s duplicitným významom), ktoré umelo amplifikujú hladinu vnútornej konzistencie tým, že neprirodzene navyšujú koeficient reliability. Podľa McClellanda (1980) sa jedná o položky, v ktorých sa „pýtame tú istú otázku rôznymi spôsobmi“. Tie však v skutočnosti pôsobia kontraproduktívne, pretože, ako konštatujú Boyle (1985; 1991) a Kline (1979), znižujú tým validitu subškály. Príliš vysoké hodnoty koeficientu alfa, spravidla väčšie ako ,90 (Streiner, 2003), môžu teda indikovať nadbytočnosť niektorých položiek v subškále. Našich výsledkov sa však takáto situácia netýka, jednak preto, že sme ani v jednom prípade nezaznamenali hodnotu koeficientu alfa vyššiu ako ,90, a taktiež preto, že sme použili malý počet položiek v rámci jednotlivých subškál. Okrem toho predpokladáme, že uvažovať o duplicite alebo dokonca multiplicite položiek v subškálach takých dôveryhodných a stovkami výskumov preverených nástrojov ako sú MSLQ a IMI, by bolo absurdné.

a to do konca vo všetkých štyroch jeho subškálach (pôvodné subškály IMI majú 5 - 7 položiek, tab. 3-4), v rozdiele koeficientov reliability sa to neprejavilo. Oprávnene sa však môžeme domnievať, že s použitím plného počtu položiek v týchto subškálach by sme dosiahli v porovnaní s originálnym nástrojom vyššie koeficienty alfa.
(2) Koeficient reliability (okrem iného) výrazne závisí od variability (presnejšie rozptylu) celkového zisteného skóre, ktorým sa samozrejme rôzne skúmané vzorky líšia. Mnohé výskumy (Caruso, 2000; Henson et al., 2001) napríklad potvrdili, že čím heterogénnejšia je vzorka, tým väčšia je úroveň reliability, pretože je väčšia aj variabilita celkového dosiahnutého skóre (Streiner, 2003). Preto vzájomné porovnávanie reliability dvoch výskumov s rozdielnymi výskumnými súbormi (pri použití toho istého nástroja) môže byť len orientačné a nikdy sa nesmie zbytočne preceniť. V súlade s týmto tvrdením nepovažujeme rozdiely medzi našim výskumom a normatívnymi výskumami za podstatné a to najmä s ohľadom na dve skutočnosti: (i) charakter normatívnych výskumných súborov bol podstatne odlišný od nášho a (ii) výskumné nástroje sme použili v úplne odlišnej situácii.

Významným faktom pre nás zostáva, že dáta získané našim výskumom je z pohľadu ich vnútornej konzistencie možné považovať za spoľahlivé, o čom svedčia zistené akceptovateľné hodnoty Cronbachových koeficientov.

Okrem toho aj podrobnejšia štatistická analýza jednotlivých položiek tvoriacich subškálu odhalila, že v oboch nástrojoch všetky položky pozitívne prispievajú k maximálnej úrovni vnútornej konzistencie každej sledovanej subškály. Znamená to teda, že nezahrnutím, resp. vypustením (*Item Deletion*) ktorejkoľvek položky z jej subškály nie je možné získať vyšší stupeň spoľahlivosti. Práve naopak, ako ukazuje naša štatistická analýza, Cronbachove koeficienty by nadobúdali vo všetkých prípadoch nižšie hodnoty. Vysoká vzájomná synergia jednotlivých položiek v rámci skúmaných subškál je teda evidentná.

3.4.2 Konštruktová validita – konfirmačná faktorová analýza

Podobne ako v prípade zisťovania reliability, aj tu musíme konštatovať, že validita oboch pôvodných motivačných nástrojov bola už veľakrát preverená mnohými inými výskumami. Naše nástroje sú však modifikované, a preto túto fázu spracovania získaných údajov nemôžeme vynechať. Okrem toho, chceme sa presvedčiť nielen o validite nástrojov, ale aj o validite nimi nameraných dát.

Obidva výskumné nástroje majú evidentnú štruktúru, ktorá vyplýva zo skutočnosti, že určité sledované premenné (položky) prispievajú k meraniu niekoľkých konkrétnych konštruktov (faktorov, subškál). Ako uvádzame nižšie, táto štruktúra môže byť opísaná niekoľkými teoretickými štruktúrnymi modelmi. Je však potrebné presvedčiť sa, či aj namerané dáta zodpovedajú predpokladanej štruktúre niektorého z teoretickými modelov. Kvantitatívnu mieru zhody nameraných dát s predpokladaným štruktúrnym modelom je možné zistiť pomocou konfirmačnej faktorovej analýzy (CFA). Akceptovateľný stupeň zistenej zhody je potom potvrdením primeranej úrovne konštruktovej validity nameraných dát. Zjednodušene je teda možné povedať, že ak získané dáta dostatočne aproximujú model predpokladanej štruktúry, rezultovali naozaj z merania tých konštruktov, ktoré boli pôvodne

zamýšľané. Takéto dáta potom môžeme z pohľadu použitého výskumného nástroja a jeho faktorovej štruktúry považovať za validné.

Základným predpokladom na realizáciu konfirmačnej faktorovej analýzy je poznanie štruktúry testovaného modelu (modelov). V porovnaní s exploračnou faktorovou analýzou (EFA), kde štruktúra modelu nie je dopredu známa, v CFA je potrebné *a priori* určiť počet a vplyv priamo nemeraných latentných faktorov v modeli na základe teoretického predpokladu. Ten môže vyplývať napríklad z predchádzajúcej EFA. V CFA, na rozdiel od EFA, teda nesledujeme vzťah všetkých faktorov (konštruktov) so všetkými priamo meranými premennými (položkami), ale len tých, o ktorých predpokladáme, že spolu súvisia a vzájomne sa ovplyvňujú. Inými slovami, v CFA nás pri určitom konkrétnom faktore zaujímajú len tie položky, ktoré ho dostatočne saturujú. Ostatné položky nie sú týmto faktorom zvažované, sú však relevantné pre niektorý z ostatných faktorov.

V rámci CFA v našom výskume sme na porovnávanie predikovaných vzťahov s koreláciami medzi skúmanými premennými použili najčastejšie využívanú *metódu maximálnej vierohodnosti* (*Maximum Likelihood*). Na kvantitatívne hodnotenie zhody štruktúry analyzovaných dát s predpokladanými štruktúrnymi modelmi sa používajú tzv. indexy zhody (*Fit Index*). Tradičným indexom zhody je chí-kvadrát test (χ^2), ktorý však, ako uvádzame ďalej, má svoje limity. Okrem toho je známym faktom, že na kvantitatívne hodnotenie zhody v CFA nie je možné spoliehať sa len na jeden porovnávací index, ale naopak, je nevyhnutné vychádzať z viacerých rôznych indexov (McDonald a Ho, 2002). Preto sme na základe odporúčaní publikovaných v relevantnej literatúre (Gerbing a Anderson, 1993; Hoyle a Panter, 1995; Hu a Bentler, 1999; Matsunaga, 2010; Meyers et al., 2013b) celkovo zvolili týchto deväť indexov:

(i) *chí-kvadrát test* (χ^2), niekedy označovaný ako tzv. *„Exact Fit Index“*. Okrem hodnoty chí-kvadrát testu (χ^2) uvádzame aj jeho pomer k počtu stupňov voľnosti (χ^2/DF)[1], keďže tento indikátor niektorí autori (Jöreskog, 1967; Saris a Stronkhorst, 1984) považujú za presnejší ukazovateľ ako samotný χ^2, pretože je na rozdiel od neho, menej citlivý na veľkosť skúmanej vzorky.

(ii) *Goodness-of-Fit Index* (GFI) (Kline, 2011) a z neho odvodené nasledujúce dva indexy (AGFI a PGFI),

(iii) *Adjusted Goodness-of-Fit Index (AGFI)*,

(iv) *Parsimony Goodness-of-Fit Index (PGFI)*,

(v) *Comparative Fit Index (CFI)* (Bentler, 1990),

(vi) *Incremental Fit Index (IFI)* (Bollen, 1989), označovaný aj ako *Delta2*,

(vii) *Normed Fit Index (NFI)*, označovaný aj ako *Delta1*,

(viii) *Tucker-Lewis Index (TLI)* (Tucker a Lewis, 1973), známy aj ako *Non-Normed Fit Index (NNFI)* alebo *Rho2*,

(ix) *Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA)* (Browne a Cudeck, 1989; Browne a Cudeck, 1993; Steiger, 1990).

[1] V zahraničnej literatúre je často označovaný aj ako *Normed chi-square (NC)* alebo *Relative chi-square*.

Nutnosť použitia viacerých hodnotiacich indexov je jedným z dôkazov komplexnosti a náročnosti CFA, ktorú navyše komplikuje aj fakt, že pre jednotlivé indexy neexistujú univerzálne akceptované kritéria dobrej zhody (Loehlin, 2004; Tanaka, 1993), aj keď sa nimi dlhodobo zaoberajú mnohí autori poskytujúci v tomto smere príslušné odporúčania (Hu a Bentler, 1999; Kline, 2011; Meyers et al., 2013a; Schreiber et al., 2006; West et al., 2012). Takáto nejasná situácia potom vytvára príliš veľký priestor na nejednoznačnú interpretáciu zistených výsledkov. Pri hodnotení našich dát sme sa pridržali najmä kritérií sumárne publikovanými Meyersom et al. (2013b).[1]

Pre úplnosť ešte musíme dodať, že v našom prípade nebudeme môcť chí-kvadrát test považovať za dostatočne silný index zhody. Ako uvádzajú niektorí autori, napr. Olsson (1979), pri hodnotení dát meraných na Likertovej škále (použitím metódy maximálnej vierohodnosti) je χ^2 validným testom len pri normálnej distribúcii dát. Túto podmienku však naše dáta porušujú. Normalitu dát z oboch meraní motivačnej orientácie sme hodnotili najprv vizuálne (pomocou histogramov a Q-Q grafov) a následne aj štatistickými testami (Kolmogorovov-Smirnovov test a Shapirov-Wilkov test), ktoré preukázali signifikantný rozdiel medzi distribúciou nameraného skóre a normálnou distribúciou vo všetkých sledovaných položkách obidvoch nástrojov (p < ,05). Hodnoty χ^2 je však potrebné interpretovať opatrne aj z iného dôvodu, χ^2 je totiž veľmi citlivý aj na veľkosť vzorky. Pri väčších vzorkách má hodnota χ^2 väčšiu tendenciu byť neoprávnene štatisticky signifikantná, čo môže chybne indikovať nedostatočnú zhodu dát s predpokladaným modelom (Schumacker a Lomax, 2004). Tento fakt za začína prejavovať už pri vzorkách väčších ako 250, pričom v našom prípade pracujeme so 476 pozorovaniami. Zo štatistického hľadiska teda platí, že čím väčšia je vzorka, tým pravdepodobnejšia je chyba I. typu, teda v tomto prípade zamietnutie zhody dát s modelom, napriek tomu že zhoda je v skutočnosti akceptovateľná. Práve použitie pomeru χ^2/DF namiesto χ^2 čiastočne (ale nie úplne) rieši tento problém, pretože znižuje citlivosť χ^2 na veľkosť analyzovanej vzorky.[2]

[1] Pre väčšinu nami použitých indexov Meyers et al. (2013b) sumarizuje nasledujúce hraničné kritériá. Pre χ^2 platí, že čím nižšia je jeho hodnota, tým lepšia je zhoda analyzovaných dát s predikovaným modelom. Dôležitou podmienkou však je, že χ^2 nesmie byť v prípade dobrej zhody signifikantný, teda hodnota p asociovaná s χ^2, nesmie byť nižšia ako ,05. Pomer χ^2/DF by sa mal pri akceptovateľnej zhode pohybovať v hodnotách menších ako 5, pričom pre „rozumnú“ zhodu sa navrhuje interval 2 - 5 (Marsh a Hocevar, 1985), niektorí autori (Jöreskog, 1967; Saris a Stronkhorst, 1984) však preferujú prísnejšie kritérium, s hodnotami menšími ako 2. Minimum dobrej zhody pre indexy GFI, AGFI, NFI, TLI, IFI a CFI je ,90 (niekedy sa dokonca uvádza až ,95). Pre index PGFI je dobrá zhoda na úrovni aspoň ,50. Pre RMSEA je dobrá zhoda indikovaná hodnotami ,06 a menšími (Hu a Bentler, 1999), pričom za akceptovateľné sa považujú aj hodnoty do ,08.

[2] Problém veľkosti vzorky pri CFA má komplexnejší charakter. Na jednej strane, čím väčšia je vzorka, tým menej použiteľný je χ^2 test, avšak na druhej strane pri malých vzorkách vo všeobecnosti nemožno počítať so stabilnými výsledkami. Názory na minimálnu veľkosť vzorky pre CFA sa rôznia. Anderson a Gerbing (1988) navrhli pre CFA minimálnu vzorku s veľkosťou 150 pozorovaní. Väčšina autorov sa však zhoduje na minime 200 pozorovaní (Baldwin, 1989; Bearden et al., 1982; Boomsma, 1982; Marsh et al., 1988). Bentler a Chou (1987) zase odporúčajú riadiť sa pomerom 5:1 medzi veľkosťou vzorky a počtom odhadovaných parametrov predpokladaného modelu. V každom prípade však platí, že čím je vzorka väčšia, tým väčší benefit je možné faktorovou analýzou získať (a to aj odhliadnuc od nepoužiteľnosti χ^2 testu pri väčších vzorkách).

Niektoré výskumy mnohých prominentných autorov ukázali, že konfirmačnou faktorovou analýzou je potrebné otestovať nielen samotný hypotetický model, ale aj alternatívne modely a následne ich vzájomne porovnávať (Bentler a Bonett, 1980; Hocevar et al., 1987; Marsh a Hocevar, 1985). Bentler a Bonett (1980) a Hocevar et al. (1987) dokonca tvrdia, že pri neveľkých vzorkách môže viacero modelov navzájom kompetovať, pretože sa mnohé z nich ukazujú ako akceptovateľné. Aj to je dôvod, prečo sa v praxi na kvantitatívne hodnotenie sledovanej zhody používa súčasne niekoľko rozdielnych indexov.

3.4.2.1 Faktorová štruktúra vstupného dotazníka

V prípade vstupného dotazníka sme porovnávali jeho predpokladaný päťfaktorový hierarchický model s tromi alternatívnymi modelmi. Porovnávané modely sú nasledujúce:

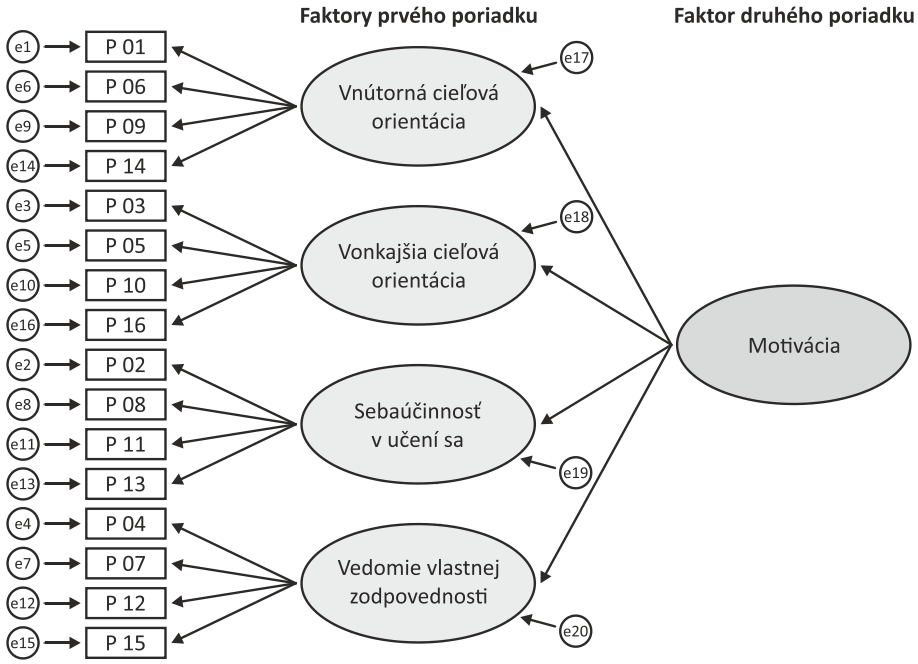
M0 *nulový model*, v ktorom sú všetky premenné (položky) absolútne nezávislé,

M1 *jednofaktorový model*, kde jediným faktorom je motivácia,

M4 *štvorfaktorový model*, zahrňujúci štyri dimenzie (vnútorná cieľová orientácia, vonkajšia cieľová orientácia, sebaúčinnosť v učení sa, vedomie vlastnej zodpovednosti),

M5 *päťfaktorový hierarchický model*, ktorý je tvorený štyrmi základnými dimenziami predstavujúcimi faktory prvého poriadku (totožné s predchádzajúcim modelom) a jedným všeobecným faktorom druhého poriadku (piaty faktor - motivácia).

Konkrétna štruktúra analyzovaného päťfaktorového hierarchického modelu (M5) vstupného dotazníka je zobrazená na obr. 3-1. Štruktúru štvorfaktorového (M4) a jednofaktorového (M1) alternatívneho modelu vstupného motivačného dotazníka uvádzame v prílohe E.



Obr. 3-1 Štruktúrny diagram päťfaktorového hierarchického modelu (M5) vstupného dotazníka
Obdĺžniky reprezentujú 16 priamo pozorovaných premenných (položiek, P), elipsy zodpovedajú priamo nepozorovaným latentným konštruktom (dimenziám) vstupného merania.

Základom päťfaktorového hierarchického modelu vstupného motivačného dotazníka je štvordimenzionálna štruktúra, v rámci ktorej 16 premenných saturuje štyri rozdielne dimenzie (faktory prvého poriadku), pričom predpokladáme, že kovariancie medzi faktormi prvého poriadku je možné vysvetliť jediným vyšším faktorom druhého poriadku (piatym faktorom), ktorým je v prípade vstupného merania motivácia ako taká (obr. 3-1). V päťfaktorovom modeli sú kovariancie medzi faktormi prvého poriadku považované za nulové a predpokladáme, že každý z nich primeranou mierou sýti motiváciu, ako faktor nachádzajúci sa na hierarchicky vyššej úrovni.

Tab. 3-8 Deskriptívna štatistika položiek vstupného motivačného dotazníka

Dimenzia (Faktor)	Položka	M	SD
Vnútorná cieľová orientácia	01	5,38	1,44
	06	5,63	1,36
	09	6,00	1,20
	14	5,71	1,23
Vonkajšia cieľová orientácia	03	4,26	1,83
	05	4,70	1,64
	10	4,37	1,77
	16	4,86	1,68
Sebaúčinnosť v učení sa	02	5,77	1,19
	08	4,72	1,37
	11	5,30	1,25
	13	4,73	1,47
Vedomie vlastnej zodpovednosti pri učení sa	04	5,75	1,18
	07	4,10	1,53
	12	4,01	1,48
	15	5,77	1,12

Tab. 3-9 Korelácie (Pearson) medzi položkami vstupného dotazníka usporiadané podľa dimenzií (subškál)
V zátvorkách sú uvedené položky (P) patriace k tej istej subškále

	Subškála 1 Vnútorná cieľová orientácia (P 01, P 06, P 09, P 14)			**Subškála 2** Vonkajšia cieľová orientácia (P 03, P 05, P 10, P 16)			**Subškála 3** Sebaúčinnosť v učení sa (P 02, P 08, P 11, P 13)			**Subškála 4** Vedomie vlastnej zodpovedn. (P 04, P 07, P 12, P 15)		
	P 01	**P 06**	**P 09**	**P 03**	**P 05**	**P 10**	**P 02**	**P 08**	**P 11**	**P 04**	**P 07**	**P 12**
P 06	,505**											
P 09	,355**	,417**										
P 14	,411**	,457**	,534**									
P 05				,488**								
P 10				,569**	,556**							
P 16				,293**	,435**	,425**						
P 08							,306**					
P 11							,315**	,432**				
P 13							,299**	,456**	,404**			
P 07										,156**		
P 12										,174**	,460**	
P 15										,486**	,162**	,303**

** Korelácia je signifikantná na hladine 0,01 (2-tailed).

V tab. 3-8 uvádzame priemerné hodnoty a štandardné odchýlky skóre všetkých šestnástich položiek vstupného dotazníka, teda premenných priamo saturujúcich štyri jeho základné sledované dimenzie. V tab. 3-9 sú uvedené korelácie medzi položkami patriacimi

k týmto dimenziám tak, ako boli zvažované v konfirmačnej faktorovej analýze. Všetky sledované korelácie sú štatisticky významné. Korelácie medzi jednotlivými faktormi prvého poriadku (subškálami) uvádzame v kapitole 3.7.1 v tab. 3-16 (spolu s faktormi výstupného merania). Korelačnú maticu pre všetky položky vstupného dotazníka uvádzame v prílohe F.

Tab. 3-10 Faktorové saturácie pre štvorfaktorový a päťfaktorový model vstupného dotazníka
M4 štvorfaktorový model; **M5** päťfaktorový (hierarchický) model

		Faktorové saturácie prvého poriadku	
Dimenzia (Faktor)	**Položka**	**M4**	**M5**
Vnútorná cieľová orientácia	01	,526	,527
	06	,683	,691
	09	,648	,637
	14	,733	,742
Vonkajšia cieľová orientácia	03	,618	,619
	05	,753	,754
	10	,731	,728
	16	,600	,601
Sebaúčinnosť v učení sa	02	,507	,518
	08	,633	,622
	11	,722	,720
	13	,553	,558
Vedomie vlastnej zodpovednosti pri učení sa	04	,660	,664
	07	,278	,279
	12	,410	,416
	15	,730	,725

	Faktorové saturácie druhého poriadku
Dimenzia (Faktor)	**M5**
Vnútorná cieľová orientácia	,892
Vonkajšia cieľová orientácia	,416
Sebaúčinnosť v učení sa	,869
Vedomie vlastnej zodpovednosti pri učení sa	,864

Faktorové saturácie (*Factor Loadings*) položiek vstupného dotazníka vo vzťahu k latentným premenným (dimenziám), ktoré saturujú, uvádzame v tab. 3-10. Z porovnania hodnôt faktorových saturácií prvého poriadku pre modely M4 a M5 je zrejmé, že sú takmer identické, pričom väčšina hodnôt svedčí o dostatočnej saturácii prislúchajúcich dimenzií (na strednej až vynikajúcej úrovni). Výraznou výnimkou sú však položky 7 a 12 s pomerne nízkou hladinou saturácie subškály *vedomie vlastnej zodpovednosti* v oboch týchto modeloch.[1]

[1] Minimálna hodnota faktorovej saturácie indikujúca akceptovateľnú úroveň saturácie sledovaného faktora konkrétnou premennou (položkou) nie je stanovená jednoznačne. Najčastejšie rešpektovaným kritériom je pravdepodobne hodnota ,60 publikovaná napríklad Fieldom (2013) podľa Guadagnoliho a Velicera (1988). Existujú však aj iné názory. Stevens (1992) navrhol minimálnu hodnotu ,40 nezávisle na veľkosti vzorky. Tabachnick a Fidell (2012) sa podľa Comreyho a Leeho (1992) prikláňajú k hodnotám ,55 (dobrá úroveň saturácie), ,63 (veľmi dobrá), ,71 (vynikajúca). MacCallum (2001; 1999) preferuje minimum ,60, avšak pri menších vzorkách ,70. Hair et al. (2009) uvádza rôzne akceptovateľné minimá v závislosti od veľkosti analyzovanej vzorky (v intervale ,30 - ,75 pre vzorky veľkosti od 350 do 50 pozorovaní).

Do istej miery je tento fakt možné dávať do súvisu aj s nízkou hladinou vnútornej konzistencie tejto subškály, ako sme uviedli v kap. 3.4.1. V prípade faktorových saturácií druhého poriadku stojí za zmienku najmä vyčnievajúca hodnota viažuca sa k *vonkajšej cieľovej orientácii* (,416) indikujúca slabú saturáciu motivácie ako celku.

V tab. 3-11 možno porovnať hodnoty rozdielnych druhov indexov zhody pre všetky štyri zvažované modely. Nie je prekvapujúce, že aproximácia našich dát modelom M0 a M1 je neuspokojivá, keďže okrem PGFI v prípade jednofaktorového modelu, žiadna z ostatných hodnôt nedosahuje a ani sa nepribližuje akceptovateľným kritériám. Na druhej strane štvorfaktorový a päťfaktorový model vykazujú výrazne priaznivejšie indície zhody. Vzhľadom na to, že hodnoty sledovaných indexov modelov M4 a M5 sú takmer rovnaké (s miernou favorizáciou štvorfaktorového modelu), môžeme ich považovať za identické.

Tab. 3-11 Porovnanie indexov zhody päťfaktorového a alternatívnych modelov vstupného dotazníka
M0 nulový model (nezávislé položky); **M1** jednofaktorový model; **M4** štvorfaktorový model; **M5** päťfaktorový (hierarchický) model

Model	χ^2 *	DF	χ^2/DF	GFI	AGFI	PGFI	CFI	IFI	NFI	TLI	RMSEA
M0	2381,20	120	19,843	,462	,390	,407	,000	,000	,000	,000	,199
M1	953,77	104	9,171	,771	,701	,590	,624	,627	,599	,566	,131
M4	322,59	90	3,584	,922	,882	,610	,897	,898	,865	,863	,074
M5	334,60	92	3,637	,919	,880	,622	,893	,894	,859	,860	,075

χ^2	chí-kvadrát test („Exact Fit Index“)	CFI	Comparative Fit Index
DF	počet stupňov voľnosti (Degrees of Freedom)	IFI	Incremental Fit Index (Delta2)
GFI	Goodness-of-Fit Index	NFI	Normed Fit Index (Delta1)
AGFI	Adjusted Goodness-of-Fit Index	TLI	Tucker-Lewis Index (NNFI, Rho2)
PGFI	Parsimony Goodness-of-Fit Index	RMSEA	Root-Mean-Square Error of Approximation

* Všetky hodnoty χ^2 sú signifikantné ($p < ,001$).

Najpresvedčivejším dôkazom zhody v prípade oboch týchto modelov disponujú indexy GFI a PGFI, ktorých minimálne kritéria boli úplne splnené. Indexy AGFI, CFI, NFI a TLI sa akceptovateľným minimám (,90) veľmi výrazne približujú (Meyers et al., 2013b). Hodnoty RMSA síce neindikujú vynikajúcu zhodu, avšak nachádzajú sa v akceptovateľnom intervale (Browne a Cudeck, 1993; Hu a Bentler, 1999). Najproblematickejším indexom je z tohto pohľadu χ^2, ktorého hodnoty sú signifikantné, teda z hľadiska kvantifikácie zhody dát s danými modelmi nevyhovujúce, a to vo všetkých porovnávaných modeloch. Tento fakt však sčasti pripisujeme aj vysokej citlivosti χ^2 na veľkosť našej vzorky. Ako sme však uviedli vyššie, chí-kvadrát test z dôvodu porušenia podmienky normality našich dát aj tak nemôžeme považovať za dostatočne hodnotný index zhody.[1] Pri zvážení kombinácie viacerých indexov, s prihliadnutí na to, že presvedčivá väčšina z nich preferuje štvorfaktorový a päťfaktorový model, môžeme konštatovať, že akceptovateľnou (resp. výrazne sa k nej blížiacou) zhodou disponujú len päťfaktorový a štvorfaktorový model. Keďže rozdiely medzi nimi sú

[1] Odhliadnuc od týchto skutočností, štvorfaktorový a päťfaktorový model majú výrazne nižšie hodnoty χ^2 oproti ostatným dvom modelom, a sú teda aj z tohto hľadiska favorizované. Rovnako aj pomer χ^2/DF indikuje dobrú zhodu len v prípade štvorfaktorového a päťfaktorového modelu.

zanedbateľné, oba modely by bolo možné považovať za kompetujúce. Je však potrebné zdôrazniť, že aj keď je hierarchický (päťfaktorový) model (M5) schopný pokryť kovariancie medzi štyrmi faktormi prvého poriadku takmer rovnako efektívne ako nehierarchický model M4, indexy zhody ním už nie je možné oproti štvorfaktorovému modelu vylepšiť. Na základe publikácie Marsh (1985) však vieme, že ak sa indexy zhody pre hierarchický model približujú indexom zodpovedajúceho jednoduchšieho modelu prvého poriadku, potom je možné hierarchický model interpretovať ako úspornejší (parsimonious) model.[1]

Naše zistenia kvantitatívne potvrdzujú jednak faktorovú štruktúru vstupného dotazníka a zároveň dokladujú primeranú úroveň konštruktovej validity nameraných dát. Ukázalo sa, že štyri faktory prvého poriadku a jeden faktor druhého poriadku dostatočne vysvetľujú vzťah medzi skúmanými premennými. Jedinou (aj keď nie extrémnou) odchýlkou od tohto zistenia je dimenzia *vonkajšia cieľová orientácia*, čo potvrdzuje nižšia hodnota jej faktorovej saturácie na úrovni druhého poriadku (,416), teda vo vzťahu k hierarchicky vyššej dimenzii (motivácii).

3.4.2.2 Faktorová štruktúra výstupného dotazníka

Pri výstupnom motivačnom dotazníku sme, podobne ako vo vstupnom meraní, uvažovali najmä o päťfaktorovom hierarchickom modeli, tak ako ho predpokladá pôvodná publikácia McAuley et al. (1989). Rovnako sme ho porovnávali s tromi „najbližšími“ alternatívnymi modelmi. Okrem toho sme však do porovnania zahrnuli aj ďalší štvorfaktorový, tzv. kauzálny model, ktorý bol publikovaný Marklandom a Hardym (1997). Porovnávané modely sú teda nasledujúce:

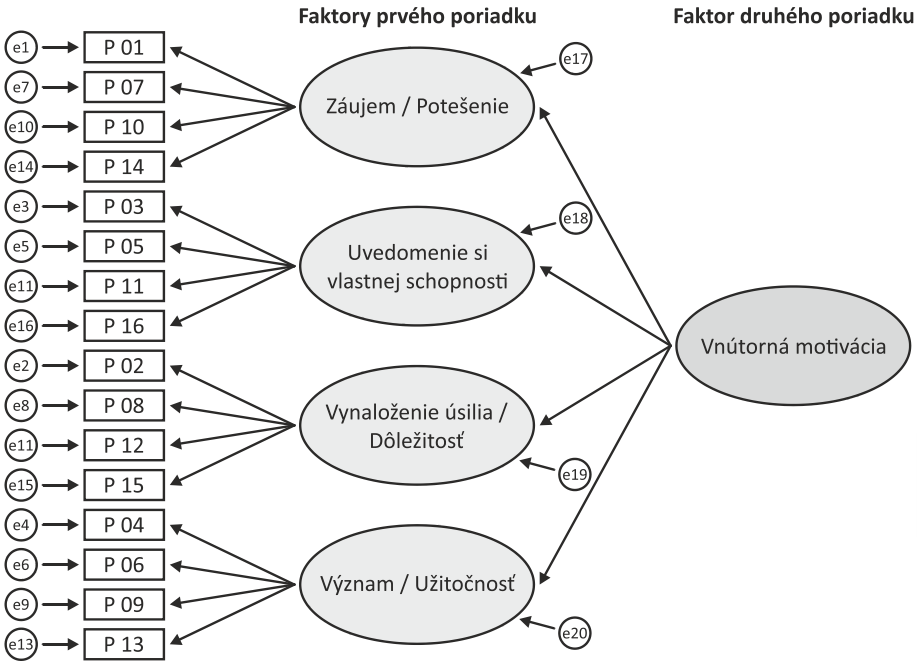
- **M0** *nulový model*, v ktorom sú všetky premenné (položky) absolútne nezávislé,
- **M1** *jednofaktorový model*, kde jediným faktorom je <u>vnútorná motivácia</u>,
- **M4** *štvorfaktorový model*, zahrňujúci štyri rovnocenné dimenzie (záujem / potešenie, uvedomenie si vlastnej schopnosti, vynaloženie úsilia / dôležitosť, význam / užitočnosť),
- **M5** *päťfaktorový hierarchický model*, ktorý je tvorený štyrmi základnými dimenziami, predstavujúcimi faktory prvého poriadku (totožné s predchádzajúcim modelom), a jedným všeobecným faktorom druhého poriadku (piaty faktor – <u>vnútorná motivácia</u>),
- **M6** *štvorfaktorový kauzálny model*, v ktorom je jedna zo štyroch zvažovaných dimenzií, *uvedomenie si vlastnej schopnosti*, nadradená ostatným trom.

Štruktúry päťfaktorového a kauzálneho modelu výstupného dotazníka sú zobrazené na obr. 3-2 a obr. 3-3. Štruktúry štvorfaktorového (M4) a jednofaktorového (M1) modelu uvádzame v prílohe G.

Podobne ako pri vstupnom meraní, aj päťfaktorový hierarchický model výstupného motivačného nástroja vychádza zo základnej štvordimenzionálnej štruktúry, kde 16 premenných saturuje štyri rozdielne dimenzie (faktory prvého poriadku), pričom vzájomné

[1] Za úsporný model je považovaný taký, ktorý dokáže pri použití čo najmenšieho počtu predikujúcich premenných v dostatočnej miere vysvetliť, aproximovať alebo predikovať hodnotené dáta.

vzťahy medzi nimi je možné vysvetliť jediným vyššie umiestneným faktorom druhého poriadku (piatym faktorom) – vnútornou motiváciou (obr. 3-2) (McAuley et al., 1989). Kovariancie medzi faktormi prvého poriadku v tomto modeli považujeme opäť za nulové a predpokladáme, že vnútorná motivácia ako nadradený faktor, je každým z nich primerane saturovaná.



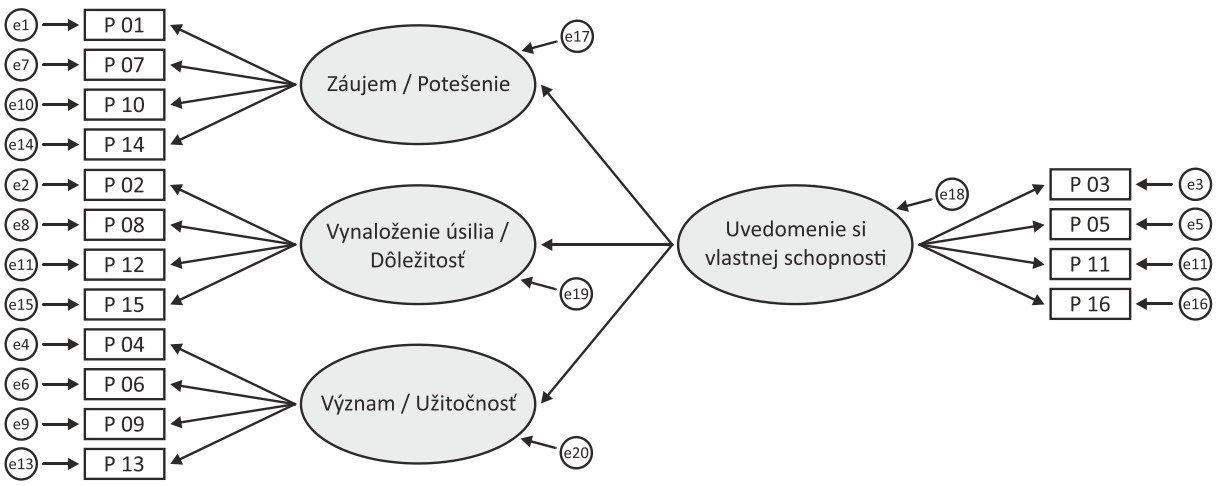
Obr. 3-2 Štruktúrny diagram päťfaktorového hierarchického modelu (M5) výstupného dotazníka
Obdĺžniky reprezentujú 16 priamo pozorovaných premenných (položiek, P), elipsy zodpovedajú priamo nepozorovaným latentným konštruktom (dimenziám) výstupného merania.

Štvorfaktorový kauzálny model (M6) predstavuje štruktúrne zložitejšie usporiadanie štyroch základných dimenzií, v ktorom jednotlivé dimenzie nie sú rovnocenné. Autori tohto modelu, Markland a Hardy (1997), na základe kognitívne-evaluačnej teórie[1] (Deci, 1975; Deci a Ryan, 1985) predpokladajú, že dimenzia *uvedomenie si vlastnej schopnosti* neleží na tej istej hierarchickej úrovni ako ostatné tri nimi zvažované konštrukty[2], ale je im nadradená, teda sa nachádza o úroveň vyššie (obr. 3-3).[3]

[1] *Kognitívne-evaluačná teória* (*Cognitive Evaluation Theory*, CET) (Deci, 1971; Deci, 1975; Deci a Ryan, 1985) pojednáva o účinkoch externých vplyvov (napr. odmena, trest) na vnútornú motiváciu. Je súčasťou širšej *teórie sebadeterminácie* (*Self-Determination Theory*, SDT) (Deci a Ryan, 2013), ktorá vysvetľuje mieru akou človek určuje, reguluje vlastné prežívanie a správanie (Lehenová, 2012).

[2] Markland a Hardy (1997) v pôvodnej práci uvažovali o týchto troch nižšie umiestnených dimenziách: Záujem / Potešenie, Vynaloženie úsilia / Dôležitosť, Tlak / Napätie. Poslednú uvedenú dimenziu v našom výskume nesledujeme, avšak navyše skúmame dimenziu Význam / Užitočnosť.

[3] Náznaky nejasností o rovnocennom umiestnení tejto dimenzie vyslovili aj samotní Deci a Ryan (1985), ale objavujú sa už aj v staršej práci (Vallerand a Reid, 1984).



Obr. 3-3 Štruktúrny diagram štvorfaktorového kauzálneho modelu (M6) výstupného dotazníka
Obdĺžniky reprezentujú 16 priamo pozorovaných premenných (položiek, P), elipsy zodpovedajú priamo nepozorovaným latentným konštruktom (dimenziám) výstupného merania.

Tab. 3-12 Deskriptívna štatistika položiek výstupného motivačného dotazníka

Dimenzia (Faktor)	Položka	M	SD
Záujem / Potešenie	01	6,23	1,03
	07	6,04	1,18
	10	5,90	1,24
	14	6,09	1,22
Uvedomenie si svojej schopnosti	03	4,87	1,22
	05	5,34	1,17
	11	5,64	1,14
	16	5,74	1,18
Vynaloženie úsilia / Dôležitosť	02	5,59	1,22
	08	4,79	1,41
	12	5,04	1,33
	15	5,28	1,27
Význam / Užitočnosť	04	5,52	1,19
	06	5,86	1,17
	09	5,70	1,20
	13	6,04	1,26

Tab. 3-12 zobrazuje priemerné hodnoty a štandardné odchýlky skóre všetkých položiek výstupného dotazníka, ktoré priamo saturujú štyri jeho základné sledované dimenzie. V tab. 3-13 sú uvedené korelácie medzi položkami patriacimi k štyrom základným dimenziám výstupného merania, tak ako boli zvažované v konfirmačnej faktorovej analýze. Všetky zvažované korelácie sú štatisticky významné. Korelácie medzi jednotlivými faktormi prvého poriadku (subškálami) sú uvedené v kapitole 3.7.1 v tab. 3-16 (spolu s faktormi vstupného merania). Korelačnú maticu pre všetky položky výstupného dotazníka uvádzame v prílohe H.

Tab. 3-14 zobrazuje faktorové saturácie (*Factor Loadings*) jednotlivých položiek výstupného motivačného dotazníka vo vzťahu k relevantným saturovaným latentným premenným (dimenziám). V prípade výstupného merania motivačnej orientácie porovnávame faktorové saturácie troch štruktúrnych modelov (M4, M5 a M6).

Tab. 3-13 Korelácie (Pearson) medzi položkami výstupného dotazníka usporiadané podľa dimenzií (subškál)
V zátvorkách sú uvedené položky (P) patriace k tej istej subškále

	Subškála 1 Záujem / Potešenie (P 01, P 07, P 10, P 14)			**Subškála 2** Uvedomenie si svojej sch. (P 03, P 05, P 11, P 16)			**Subškála 3** Vynalož. úsilia / Dôležitosť (P 02, P 08, P 12, P 15)			**Subškála 4** Význam / Užitočnosť (P 04, P 06, P 09, P 13)		
	P 01	**P 07**	**P 10**	**P 03**	**P 05**	**P 11**	**P 02**	**P 08**	**P 12**	**P 04**	**P 06**	**P 09**
P 07	,547**											
P 10	,490**	,542**										
P 14	,512**	,648**	,540**									
P 05				,432**								
P 11				,448**	,554**							
P 16				,354**	,471**	,453**						
P 08							,486**					
P 12							,425**	,397**				
P 15							,615**	,496**	,545**			
P 06										,350**		
P 09										,342**	,473**	
P 13										,317**	,604**	,418**

** Korelácia je signifikantná na hladine 0,01 (2-tailed).

Tab. 3-14 Faktorové saturácie pre dva štvorfaktorové a päťfaktorový model výstupného dotazníka
M4 štvorfaktorový model; **M5** päťfaktorový (hierarchický) model; **M6** štvorfaktorový kauzálny model

		Faktorové saturácie prvého poriadku		
Dimenzia (Faktor)	**Položka**	**M4**	**M5**	**M6**
Záujem / Potešenie	01	,670	,677	,686
	07	,737	,733	,728
	10	,756	,754	,748
	14	,738	,736	,719
Uvedomenie si svojej schopnosti	03	,543	,499	,421
	05	,729	,746	,661
	11	,726	,705	,634
	16	,668	,680	,665
Vynaloženie úsilia / Dôležitosť	02	,821	,813	,817
	08	,613	,604	,608
	12	,636	,672	,654
	15	,752	,763	,758
Význam / Užitočnosť	04	,438	,451	,454
	06	,795	,791	,791
	09	,562	,567	,567
	13	,763	,761	,759

	Faktorové saturácie druhého poriadku	
Dimenzia (Faktor)	**M5**	**M6**
Záujem / Potešenie	,969	,934
Uvedomenie si svojej schopnosti	,827	-
Vynaloženie úsilia / Dôležitosť	,814	,840
Význam / Užitočnosť	,979	,946

Z porovnania hodnôt faktorových saturácií prvého poriadku nevyplývajú markantné rozdiely medzi týmito modelmi, avšak komplexný pohľad naznačuje výraznejšiu vzájomnú blízkosť modelov M4 a M5 (podobne ako vo vstupnom meraní). Kauzálny model vykazuje

vo všeobecnosti o niečo nižšie hodnoty faktorových saturácií v porovnaní s modelmi M4 a M5, hoci nie vo všetkých položkách. Opäť môžeme konštatovať, že väčšina hodnôt svedčí o dostatočnej saturácii prislúchajúcich dimenzií (na strednej až vynikajúcej úrovni). Výraznejšou výnimkou sú položky 3 a 4, a čiastočne aj položka 9, s nižšou úrovňou saturácie relevantných dimenzií vo všetkých troch modeloch. Faktorové saturácie druhého poriadku v modeloch M5 a M6 nie je možné porovnávať, pretože kým v päťfaktorovom modeli ide o kovariancie medzi štyrmi základnými dimenziami a vyšším faktorom – vnútornou motiváciou, v kauzálnom modeli faktorové saturácie reprezentujú vzťah medzi dimenziou *uvedomenie si svojej schopnosti* s ostatnými tromi základnými dimenziami. Vo všetkých prípadoch sú však hodnoty faktorových saturácií druhého poriadku vysoké.

Tab. 3-15 Porovnanie indexov zhody päťfaktorového a alternatívnych modelov výstupného dotazníka
M0 nulový model (nezávislé položky); **M1** jednofaktorový model; **M4** štvorfaktorový model; **M5** päťfaktorový hierarchický model; **M6** štvorfaktorový kauzálny model

Model	χ^2 *	DF	χ^2/DF	GFI	AGFI	PGFI	CFI	IFI	NFI	TLI	RMSEA
M0	3624,93	120	30,208	,281	,185	,248	,000	,000	,000	,000	,199
M1	740,00	104	7,115	,812	,754	,621	,819	,819	,796	,791	,131
M4	408,56	93	4,393	,902	,857	,617	,910	,911	,887	,884	,074
M5	443,99	94	4,723	,892	,844	,617	,900	,901	,878	,873	,089
M6	506,57	97	5,222	,879	,830	,627	,883	,884	,860	,855	,094

χ^2	chí-kvadrát test („Exact Fit Index“)	CFI	Comparative Fit Index
DF	počet stupňov voľnosti (Degrees of Freedom)	IFI	Incremental Fit Index (Delta2)
GFI	Goodness-of-Fit Index	NFI	Normed Fit Index (Delta1)
AGFI	Adjusted Goodness-of-Fit Index	TLI	Tucker-Lewis Index (NNFI, Rho2)
PGFI	Parsimony Goodness-of-Fit Index	RMSEA	Root-Mean-Square Error of Approximation

* Všetky hodnoty χ^2 sú signifikantné ($p < ,001$).

V tab. 3-15 uvádzame porovnanie sledovaných indexov zhody pre všetkých päť zvažovaných modelov výstupného motivačného dotazníka. Podľa očakávania, modely M0 a M1 nevysvetľujú dostatočne štruktúru našich dát. Podobne ako vo vstupnom meraní, ani tu (okrem hodnoty PGFI v jednofaktorovom modeli) žiadny z indexov nedosahuje minimálne požadované kritérium akceptovateľnej zhody. Z porovnania ostatných troch modelov je evidentné, že naše dáta najlepšie aproximuje model M4. Ako jediný z modelov spĺňa minimálne kritéria akceptovateľnej zhody z pohľadu indexov GFI, PGFI, CFI a IFI. Indexy AGFI, NFI a TLI sa požadovaným minimám (,90) približujú (Meyers et al., 2013b). Hodnota RMSA modelu M4 je v porovnaní so všetkými ostatnými modelmi jedinou, ktorá indikuje akceptovateľnú (nie však vynikajúcu) mieru zhody (Browne a Cudeck, 1993; Hu a Bentler, 1999). Ostatné dva štruktúrne modely (M5 a M6) vykazujú menšiu úroveň zhody vo všetkých kritériách, pričom, podobne ako v prípade faktorových saturácií prezentovaných v tab. 3-14, aj tu si môžeme všimnúť najmä blízkosť modelov M4 a M5.[1] Kauzálny model dosahuje minimálne kritérium len v prípade indexu PGFI. Rovnako ako vo vstupnom, aj v prípade výstupného merania sú všetky hodnoty χ^2 signifikantné, teda pre hodnotenie zhody dát

[1] Model M5 spĺňa minimálne kritéria indexov PGFI, CFI a IFI.

s danými modelmi nevyhovujúce. Dôvody tohto faktu sú pravdepodobne rovnaké ako vo vstupnom meraní, keďže veľkosť vzorky je v oboch meraniach rovnaká. Aj v prípade výstupného merania motivačnej orientácie však naše dáta porušujú podmienku normálneho rozdelenia, čo znemožňuje relevantné použitie χ^2 testu na hodnotenie modelov.[1] Po skombinovaní všetkých relevantných indícií sa prikláňame k názoru, že štruktúru našich dát najlepšie vysvetľuje práve štvorfaktorový model, pričom nevylučujeme ani päťfaktorový hierarchický model, aj keď blízkosť modelov M4 a M5 nie je taká markantná ako to bolo v prípade vstupného nástroja. Oba modely teda nepovažujeme za vzájomne kompetujúce. Naše zistenie je v miernom rozpore s pôvodnou publikáciou (McAuley et al., 1989), ktorá na základe zanedbateľných rozdielov medzi modelmi M4 a M5 preferuje hierarchický model, keďže v prípade takejto podobnosti je podľa Masha (1985) hierarchický model považovaný za úspornejší. Na druhej strane, vychádzajúc z našich výsledkov, musíme konštatovať, že kauzálny model (M6) dostatočne nevysvetľuje štruktúru našich dát. Jeho existenciu nakoniec presvedčivo nedokazuje ani pôvodný výskum (Markland a Hardy, 1997), hoci autori modelu ho v tejto publikácii preferujú, a to aj napriek tomu, že model nedosiahol požadované minimum prakticky ani v jednom z nimi sledovaných štatistických kritérií (indexov zhody).

Napriek tomu, že zhoda výsledkov výstupného merania motivačnej orientácie s predpokladaným modelom (modelmi) nie je dokonalá, ani vo všetkých prípadoch (indexoch zhody) akceptovateľná, reprezentujú rozumnú zhodu získaných dát s predpokladanými modelmi. Najmä model M4 ukázal, že štyri faktory prvého poriadku a jeden faktor druhého poriadku dostatočne vysvetľujú vzťah medzi skúmanými premennými, čo považujeme za preukázateľný znak primeranej úrovne konštruktovej validity nameraných dát.

3.5 Faktory ovplyvňujúce motivačnú orientáciu žiakov v počítačom podporovanom laboratóriu

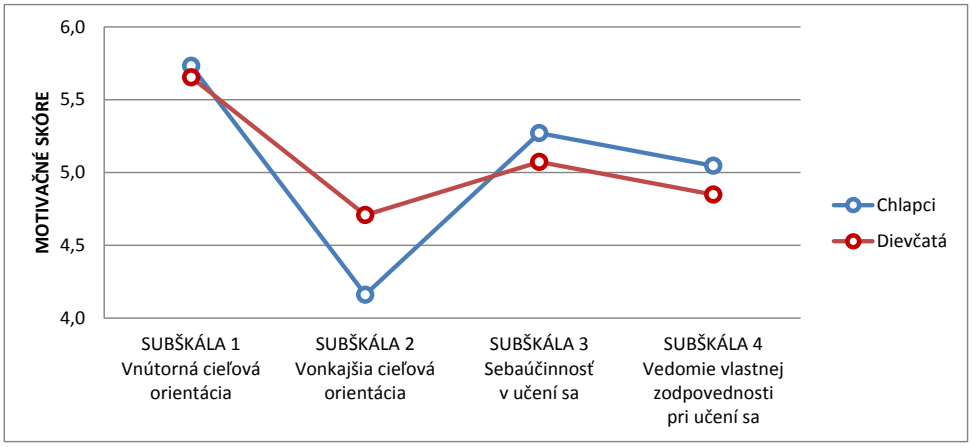
Sledovali sme rozličné faktory, ktoré sme považovali za potenciálne efektory motivačnej orientácie žiakov v našej vzorke: pohlavie, samotná experimentálna aktivita, predmet (chémia a biológia), škola. V nasledujúcom texte ukážeme signifikantnosť rozdielov medzi rozličnými súbormi dát v rozličných sledovaných parametroch (faktoroch).

Štatistické analýzy ukázali, že pohlavie žiakov je faktorom, ktorý ovplyvňuje ich motivačnú orientáciu najmä pred realizáciou samotnej aktivity. Medzi oboma pohlaviami boli zistené štatisticky významné rozdiely v troch zo štyroch subškál vstupného merania: *vonkajšia cieľová orientácia* ($F(1,474) = 16,984$; $p = ,000$), *sebaúčinnosť v učení sa* ($F(1,474) = 4,201$; $p = ,041$) a *vedomie vlastnej zodpovednosti pri učení sa* ($F(1,474) = 4,701$; $p = ,031$). Z porovnania hodnôt priemerného skóre je zrejmé, že kým dievčatá vykazujú vyššiu úroveň vonkajšej cieľovej orientácie v porovnaní s chlapcami ($M_{ch} = 4,16$, $SD = 1,58$; $M_d = 4,71$,

[1] Ak však opäť odhliadneme od tejto komplikácie (podobne ako vo vstupnom meraní), modely M4 a M5 sú z pohľadu χ^2 najprijateľnejšie zo všetkých modelov, pretože majú najnižšie hodnoty χ^2. Model M4 pritom dokonca pomerne jednoznačne prevyšuje aj model M5. Oba modely môžeme favorizovať aj na základe ich pomerov χ^2/DF, ktoré sú ako jediné v intervale akceptovateľnej zhody.

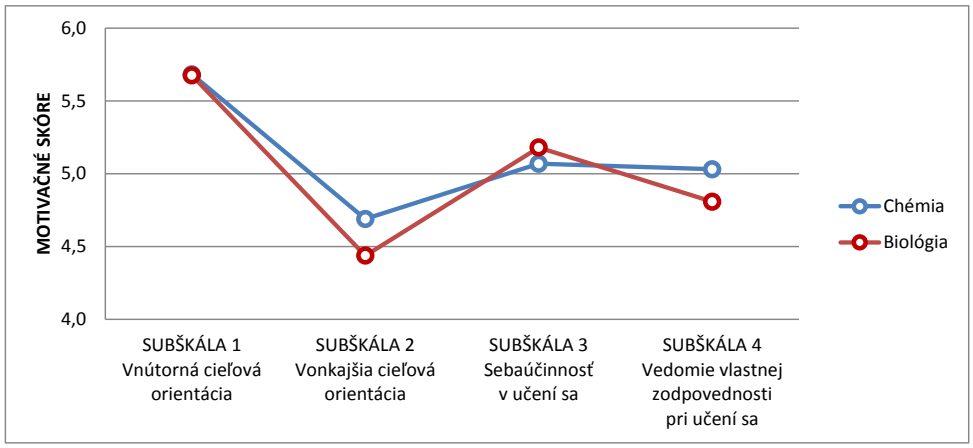
SD = 1,19), v ostatných dvoch subškálach so štatisticky signifikantným rozdielom vykazujú vyššie priemerné skóre naopak chlapci (*subškála 3*: M_{ch} = 5,27, SD = 1,04; M_d = 5,07, SD = ,92; *subškála 4*: M_{ch} = 5,05, SD = 1,04; M_d = 4,85, SD = ,84). Priemerné skóre pre jednotlivé subškály tohto merania je zobrazené v grafe na obr. 3-4.

Obe pohlavia si boli oveľa podobnejšie v motivačnej orientácii po realizácii aktivity, kde sme zistili štatisticky významný rozdiel medzi nimi len v jednej zo štyroch subškál: *uvedomenie si svojej schopnosti* (F(1,474) = 13,369; *p* = ,000), pričom chlapci vykazovali v tejto subškále vyššie priemerné skóre (M_{ch} = 5,63, SD = ,91; M_d = 5,30, SD = ,88). Zdá sa teda, že chlapci si uvedomovali svoje schopnosti na riešenie daných aktivít výraznejšie ako dievčatá, resp. boli v porovnaní s dievčatami odvážnejší v deklarovaní týchto schopností.

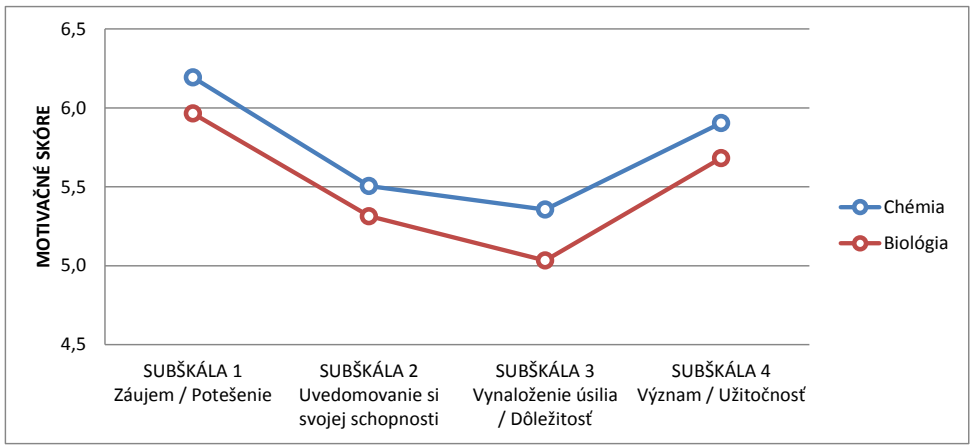


Obr. 3-4 Motivačné orientácie chlapcov a dievčat <u>pred</u> realizáciou aktivity (stredné hodnoty)

Zistili sme tiež, že žiaci z pohľadu ich motivačnej orientácie rozdielne vnímajú aktivity pre rôzne prírodovedné predmety (chémiu a biológiu), pričom štatisticky významné rozdiely medzi predmetmi boli zistené v dvoch subškálach vstupného merania (*subškála 2*: F(1,474) = 4,170, *p* = ,042; *subškála 4*: F(1,474) = 7,120, *p* = ,008) a vo všetkých štyroch subškálach výstupného merania (*subškála 1*: F(1,474) = 6,687, *p* = ,009; *subškála 2*: F(1,474) = 5,264, *p* = ,022; *subškála 3*: F(1,474) = 11,806, *p* = ,001 a *subškála 4*: F(1,474) = 7,151. *p* = ,008). Ako je zrejmé z obr. 3-5 a obr. 3-6, kde uvádzame stredné hodnoty motivačného skóre rozdielne generovaného predmetom chémia a predmetom biológia, vo všetkých týchto prípadoch bola vyššia úroveň motivačných orientácií žiakov dosiahnutá pri overovaní chemických aktivít. Je však možné, že k tomuto rozdielu prispieva aj skutočnosť, že aktivity pre chémiu boli overované skôr ako aktivity pre biológiu. Vzhľadom na to, že na overovaní úloh pre oba predmety sa čiastočne podieľala tá istá vzorka žiakov, je možné, že títo žiaci boli vo všetkých subškálach so signifikantnými rozdielmi pri svojej druhej skúsenosti v počítačom podporovanom laboratóriu (teda počas overovania biologických aktivít) menej motivovaní ako pri svojej prvej skúsenosti.



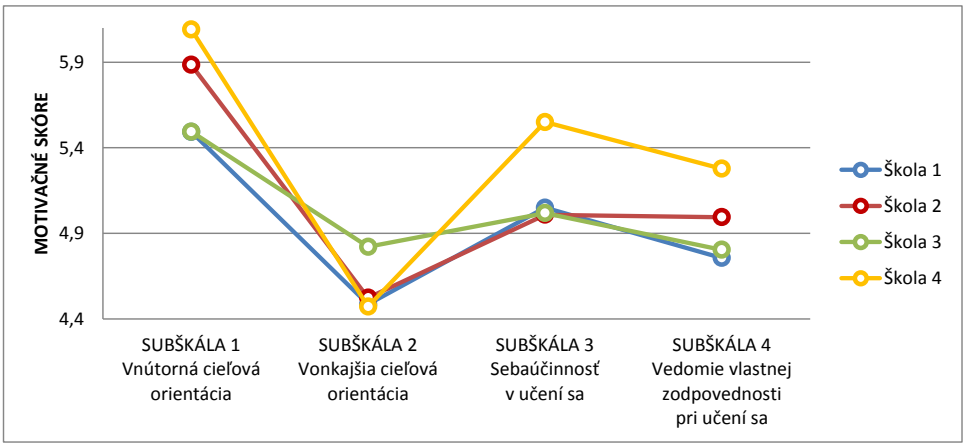
Obr. 3-5 Diferencie v motivačných orientáciách žiakov generované aktivitami pre rozdielne predmety <u>pred</u> realizáciou aktivít (stredné hodnoty)



Obr. 3-6 Diferencie v motivačných orientáciách žiakov generované aktivitami pre rozdielne predmety <u>po</u> realizácii aktivít (stredné hodnoty)

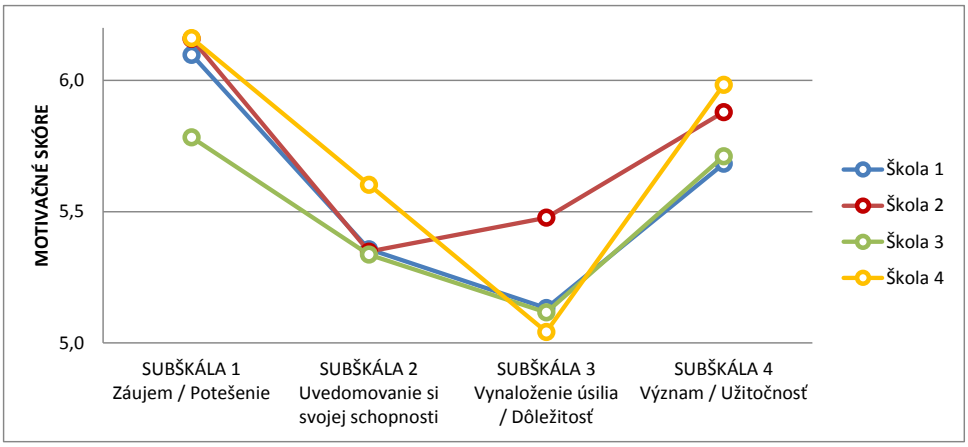
Keďže na overovaní aktivít sa podieľali žiaci z rozdielnych škôl, považovali sme za zaujímavé zistiť, či samotná škola môže fungovať ako faktor generujúci rozdiely v motivačných orientáciách žiakov. Výsledky z ANOVA analýzy ukázali, že žiaci navštevujúci rozličné školy boli naozaj rozdielne motivovaní, a to vo väčšine sledovaných subškál. Štatisticky významné rozdiely boli zistené v troch subškálach vstupného merania (*subškála 1*: $F(3,472) = 10,337$, $p = ,000$; *subškála 3*: $F(3,472) = 7,335$, $p = ,000$ a *subškála 4*: $F(3,472) = 7,921$, $p = ,000$) a troch subškálach výstupného merania (*subškála 1*: $F(3,472) = 3,180$, $p = ,024$; *subškála 3*: $F(3,472) = 3,255$, $p = ,022$ a *subškála 4*: $F(3,472) = 2,877$, $p = ,036$). Príčiny tohto javu môžu byť rozličné. Najväčšie rozdiely boli preukázané pred realizáciou samotných aktivít (dokonca na hladine významnosti menšej ako ,001), čo môže súvisieť s rozličnými očakávaniami žiakov, ich rozdielnymi predchádzajúcimi skúsenosťami s prácou v laboratóriu (nie však v laboratóriu podporovanom počítačom), rozličnými vzťahmi k prírodovedným predmetom a pod. Určite to výrazne súvisí aj s výberom konkrétnej vzorky overujúcich žiakov z jednotlivých škôl ich učiteľom. Na obr. 3-7 sú uvedené

stredné hodnoty motivačného skóre žiakov pred realizáciou aktivity pre jednotlivé školy. Je zrejmé, že najväčšiu diferenciu, pravdepodobne aj najviac prispievajúcu k celkovej štatisticky signifikantnej rozdielnosti, zaznamenávajú žiaci *školy 4*, ktorí vo všetkých troch spomínaných subškálach vykazujú najvyššie stredné hodnoty motivačného skóre.



Obr. 3-7 Diferencie v motivačných orientáciách generované žiakmi rozdielnych škôl <u>pred</u> realizáciou aktivít (stredné hodnoty)

V dátach z výstupného merania sú rozdiely medzi školami už menej markantné, a to aj v subškálach so štatisticky významným rozdielom. Graf na obr. 3-8 zobrazuje stredné hodnoty motivačného skóre žiakov pre jednotlivé školy po realizácii aktivity.

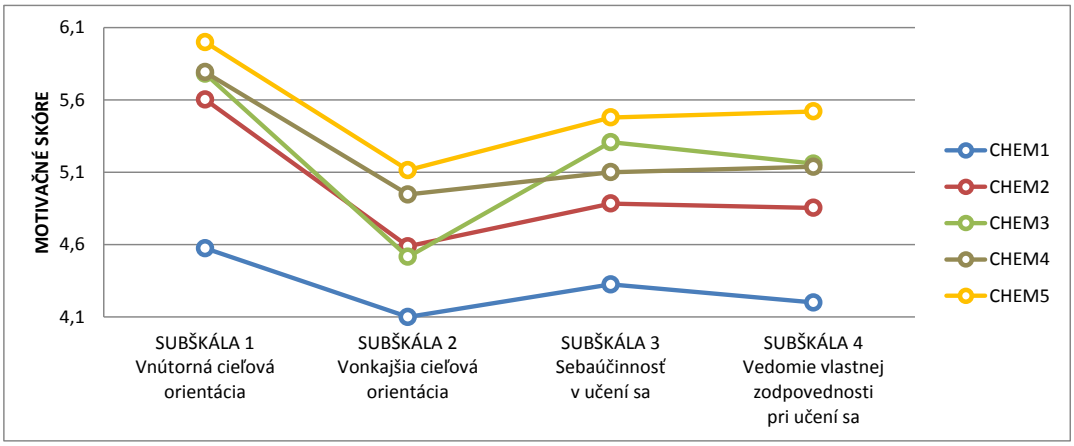


Obr. 3-8 Diferencie v motivačných orientáciách generované žiakmi rozdielnych škôl <u>po</u> realizácii aktivít (stredné hodnoty)

Samotné aktivity boli faktorom s najväčšími očakávaniami, pretože bolo pre nás veľmi zaujímavé dozvedieť sa, ako žiaci z pohľadu ich motivačnej orientácie vnímajú jednotlivé aktivity. Vplyv konkrétnych aktivít na motivačnú orientáciu respondentov sa ukázal ako veľmi výrazný vo výsledkoch oboch meraní. Štatisticky významné rozdiely sme zaznamenali v troch subškálach vstupného merania (*subškála 1*: $F(8,467) = 2,337$, $p = ,018$; *subškála 3*: $F(8,467) = 2,325$, $p = ,019$ a *subškála 4*: $F(8,467) = 4,535$, $p = ,000$) a rovnako aj v troch

subškálach výstupného merania (*subškála 1*: F(8,467) = 2,386, *p* = ,016; *subškála 3*: F(8,467) = 3,375, *p* = ,001 a *subškála 4*: F(8,467) = 2,867, *p* = ,004). V prípade vstupného merania sme predpokladali, že vzhľadom na žiakovu počiatočnú neznalosť podrobností súvisiacich s danou aktivitou pred jej riešením[1], nie je možné zaznamenať výraznejší vplyv tohto faktora (pred realizáciou aktivity), čo by bolo v súlade aj s niektorými našimi predchádzajúcimi zisteniami týkajúcimi sa len chemických (Skoršepa a Šmejkal, 2012) alebo len biologických aktivít (Skoršepa et al., 2014). Treba však podotknúť, že tieto čiastkové výsledky ešte nezahŕňali úplnú vzorku žiakov a neobsahovali teda kompletné dáta. Pri zahrnutí všetkých údajov sa teda náš pôvodný predpoklad javí ako nepotvrdený. Domnievame sa však, že signifikantné rozdiely generované jednotlivými aktivitami súvisia skôr s interdisciplinárnou odlišnosťou medzi obidvomi predmetmi (chémiou a biológiou) ako s rozdielmi medzi aktivitami ako takými. Podrobnejšou analýzou je totiž možné odhaliť, že rozdiely v motivačnej orientácii súvisiace len so skupinou chemických aktivít sú oveľa výraznejšie ako rozdiely v rámci aktivít biologických. Výrazné diferencie medzi niektorými chemickými aktivitami tak v skutočnosti výrazne prispievajú k celkovému signifikantnému rozdielu aj v prípade, ak ich neporovnávame len medzi sebou, ale aj s aktivitami biologickými, ktoré, ak sú brané do úvahy samostatne, nevykazujú medzi sebou výrazné rozdiely. Ide teda o akési prelínanie sa dvoch ovplyvňujúcich faktorov: (i) konkrétnej aktivity a (ii) predmetu. Tieto zistenia nás vedú k myšlienke analyzovať z tohto pohľadu aktivity pre každý z oboch predmetov samostatne.

V prípade piatich chemických aktivít sme ANOVA analýzou zistili štatisticky významné rozdiely v motivačnej orientácii generovanej týmito aktivitami v troch subškálach vstupného merania (*subškála 1*: F(4,205) = 4,082, *p* = ,003; *subškála 3*: F(4,205) = 3,901, *p* = ,004 a *subškála 4*: F(4,205) = 4,535, *p* = ,000) a dvoch subškálach výstupného merania (*subškála 3*: F(4,205) = 2,622, *p* = ,036; *subškála 4*: F(4,205) = 3,541, *p* = ,008). Grafy na obr. 3-9 a obr. 3-10 zobrazujú stredné hodnoty motivačného skóre generovaného chemickými aktivitami.



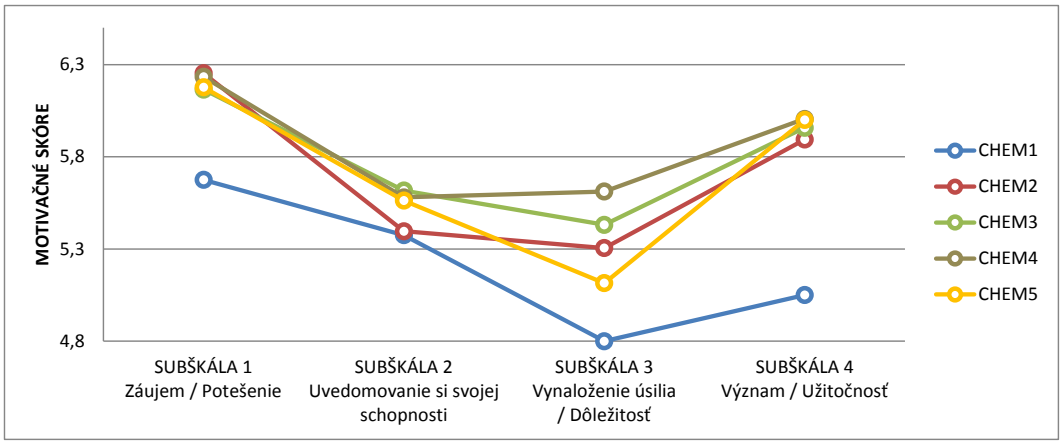
Obr. 3-9 Diferencie v motivačných orientáciách generované (len) chemickými aktivitami <u>pred</u> ich realizáciou (stredné hodnoty)

[1] Pred realizáciou aktivity bol žiak oboznámený len s názvom a rámcovou témou aktivity.

Podobné závery sa nakoniec vynárali už aj z čiastkových štúdií, ktoré sme (s ešte neúplnými vzorkami žiakov) postupne publikovali počas výskumu, kde boli okrem dát z overovania aktivít pre chémiu (Skoršepa et al., 2013) a biológiu (Skoršepa et al., 2014) zahrnuté aj dáta z overovania aktivít pre fyziku, avšak nerealizované na Slovensku (Urban-Woldron et al., 2013).

V prípade dát z výstupného merania za zmienku stojí najmä vyčnievajúce priemerné motivačné skóre (vo všetkých subškálach) pre aktivity CHEM1 a CHEM5 (obr. 3-9). Myslíme si, že štatisticky významný rozdiel v rámci skupiny chemických aktivít je v skutočnosti generovaný práve obrovskou diferenciou medzi týmito dvomi „extrémnymi“ aktivitami. V prípade CHEM5, ktorá sa týka *čistiaceho prostriedku* predpokladáme, že vyššie motivačné skóre bolo napriek neznalosti tejto aktivity pred jej realizáciou dosiahnuté už kvôli jej názvu, ktorý navodzuje dojem, že riešená problematika spadá do oblasti bežného života a je teda žiakovi oveľa bližšia, prístupnejšia, a preto na neho pôsobí atraktívnejšie a viac motivujúco. Aktivita CHEM1, týkajúca sa rozpúšťania CO_2 v mori, môže naopak pôsobiť mierne odstrašujúco, čo ako sa zdá, znižuje motivačný efekt.

Z výstupného merania je najzaujímavejšie najmä nižšie skóre dosiahnuté pri aktivite CHEM1 (v subškálach 4 a 5) v porovnaní s ostatnými aktivitami. Nízka motivačná úroveň rezultujúca z realizácie tejto aktivity však zrejme nie je náhodná. Ako ukážeme aj v kap. 4, táto aktivita bola zo všetkých overovaných aktivít hodnotená žiakmi najkritickejšie.



Obr. 3-10 Diferencie v motivačných orientáciách generované (len) chemickými aktivitami po ich realizácii (stredné hodnoty)

Keďže v rámci biologických aktivít sme nezistili štatisticky významné rozdiely v žiadnej z ôsmych sledovaných subškál, pri sumárnom pohľade zahŕňajúcom oba predmety, možno konštatovať, že zistené závery podporujú naše už spomínané domnienky o prelínaní sa dvoch faktorov.

Na záver ešte uvedieme, že vývoj našich postupne zisťovaných výsledkov týkajúcich sa motivačnej úrovne žiakov vo vzťahu k práci v počítačom podporovanom laboratóriu možno okrem už niektorých uvedených prác sledovať aj v ďalších, v ktorých sme postupne publikovali priebežné výsledky našich štúdií, najprv oddelene pre chemické aktivity (Skoršepa

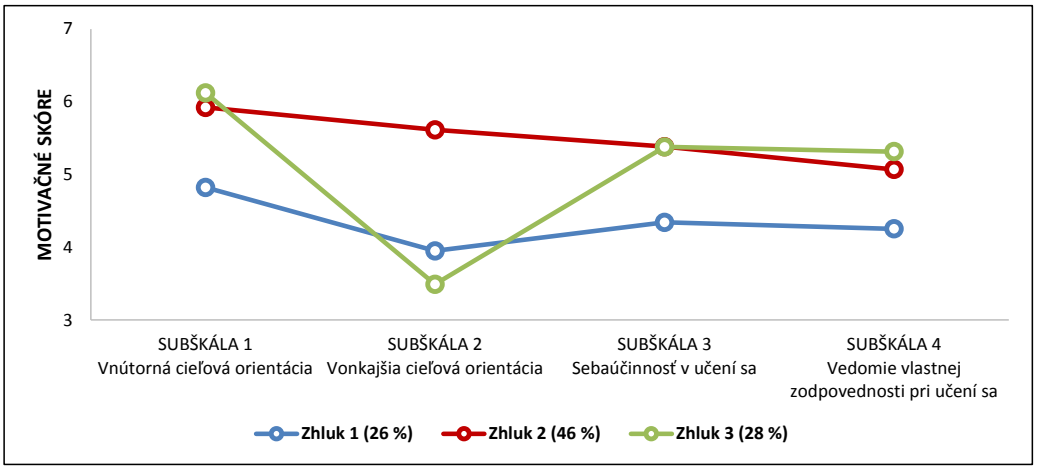
a Šmejkal, 2012), neskôr pre aktivity z biológie (Skoršepa et al., 2014), a tiež (tentoraz už s kompletnejšími vzorkami) pre oba predmety s ich príslušným porovnaním (Skoršepa a Tortosa Moreno, 2014b).

3.6 Klasifikácia žiakov podľa ich motivačnej orientácie

Na základe motivačného skóre je možné všetkých žiakov (146) usporiadať do určitých skupín. Na tento účel sme použili zhlukovú analýzu (*Cluster Analysis*)[1], ktorú sme realizovali v dvoch krokoch: (i) hierarchická zhluková analýza a (ii) nehierarchická zhluková analýza.

Hierarchická zhluková analýza dát vstupného aj výstupného merania (pri použití aglomeratívneho zhlukovania pomocou Wardovej metódy (Ward, 1963)[2]) odhalila, že participujúcich žiakov možno usporiadať do troch rozumných zhlukov v oboch meraniach.[3]

Nasledujúcim nehierarchickým prístupom (použitím metódy najbližších stredov, *K*-means) sme získali konečné centrá zhlukov (*Final Cluster Centers*), ktoré sú zobrazené na obr. 3-11 a obr. 3-12.



Obr. 3-11 Zhluková analýza dát vstupného merania motivačnej orientácie (konečné centrá zhlukov)

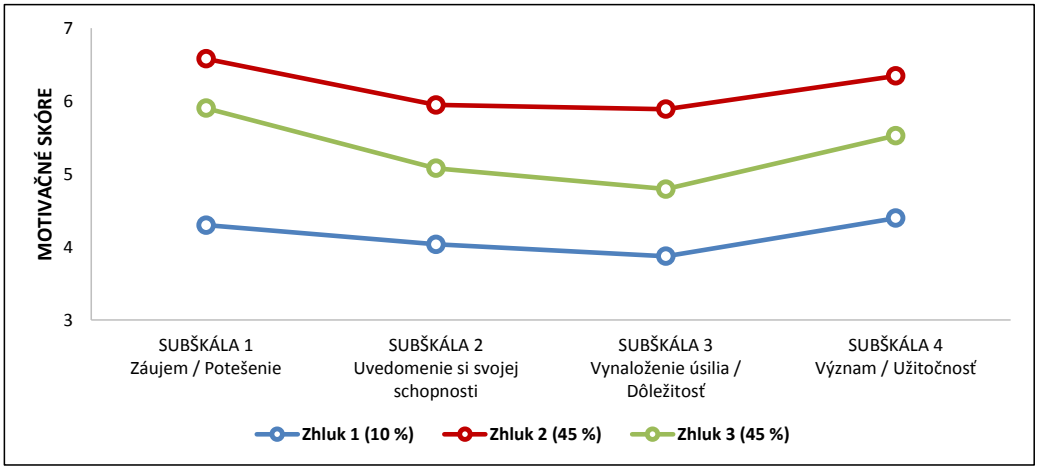
Je zaujímavé, že kým takmer tri štvrtiny (74 %) žiakov, tvorených spojením *zhluku 2* (46 %) a *zhluku 3* (28 %) vykazujú veľmi vysokú úroveň motivačnej orientácie v troch

[1] Vstupnými dátami pre zhlukovú analýzu boli priemerné hodnoty motivačného skóre pre jednotlivé dimenzie (subškály), teda nie skóre každej zo 16 položiek (v oboch nástrojoch). V prípadoch, keď žiak participoval na overovaní viacerých aktivít, pre zhlukovú analýzu boli použité priemerné hodnoty jeho motivačného skóre (v jednotlivých dimenziách) počítané zo všetkých prípadov (aktivít), na overovaní ktorých sa podieľal.

[2] Metóda má tendenciu odstraňovať príliš malé zhluky (Kráľ et al., 2009).

[3] Hoci rozhodovanie o počte zhlukov v hierarchickej fáze zhlukovej analýzy je značne subjektívne, existencia troch zhlukov v oboch súboroch našich dát bola pomerne jednoznačná. Pri rozhodovaní sme vychádzali najmä z grafických vyjadrení procesu zhlukovania: tzv. cencúľového diagramu (*Icicle Plot*) a dendrogramu. Záznamy dendrogramov pre vstupné aj výstupné meranie uvádzame v prílohe I a prílohe J.

subškálach vstupného merania (vnútorná cieľová orientácia, sebaúčinnosť v učení sa a vedomie vlastnej zodpovednosti pri učení sa), na základe vonkajšej cieľovej orientácie ich možno rozdeliť do dvoch rovnako veľkých podskupín: (i) žiaci s vysokou úrovňou vonkajšej motivácie (*zhluk 2*) a (ii) žiaci so strednou úrovňou vonkajšej motivácie (*zhluk 3*). *Zhluk 1* zahrňuje žiakov s vyššou strednou úrovňou motivácie. Je pozitívne, že sme nezaznamenali žiadnu výraznú skupinu žiakov s evidentne nízkou motiváciou pred realizáciou experimentálnych aktivít.



Obr. 3-12 Zhluková analýza dát výstupného merania motivačnej orientácie (konečné centrá zhlukov)

Z obr. 3-12 je zrejmé, že rozvrstvenie zhlukov dát z výstupného merania je oveľa zreteľnejšie ako v predchádzajúcom prípade a všetky zhluky je možné jednoznačnejšie identifikovať. Väčšina respondentov pritom vykazuje veľmi vysokú (*zhluk 2*) alebo vyššiu strednú úroveň motivačnej orientácie (*zhluk 3*). Len 10 % z nich vykazuje strednú úroveň motivačnej orientácie (*zhluk 1*). Je opäť pozitívnym faktom, že sme nezaznamenali existenciu žiadnej výraznej skupiny s evidentne nízkou motivačnou orientáciou po realizácii navrhnutých aktivít.

3.7 Vzťahy medzi sledovanými motivačnými dimenziami

3.7.1 Korelácia medzi subškálami oboch nástrojov

Korelačnou analýzou možno odhaliť primárne vzťahy nielen medzi jednotlivými subškálami toho istého nástroja ale aj úroveň vzájomnej súvislosti medzi obomi výskumnými nástrojmi. Výsledky korelačnej analýzy (Pearsonove korelačné koeficienty *r*) zahrňujúcej dáta získané pri implementácii chemických aj biologických aktivít (N = 476) zobrazuje korelačná matica v tab. 3-16, v ktorej sú všetky sledované korelácie štatisticky signifikantné. Napriek tomu, že neexistuje striktne stanovená hodnota korelačného koeficientu určujúca hranicu medzi vysokou a napríklad strednou úrovňou korelácie, pri hodnotení miery korelácie našich dát vychádzame z najčastejšie akceptovanej práce publikovanej Cohenom (1988), ktorý za vysoko korelujúce považuje premenné s korelačným koeficientom (v absolútnej hodnote)

väčším ako ,50 (teda | *r* | > ,50). V tab. 3-16 sú takého hodnoty zvýraznené sivým podsvietením.

Hodnoty Pearsonových korelačných koeficientov v tab. 3-16 poukazujú na vzájomnú pozitívnu previazanosť predovšetkým medzi subškálami výstupného motivačného dotazníka, čo korešponduje so známou skutočnosťou, že kompletná forma IMI, a teda aj z neho extrahované všetky štyri subškály nášho nástroja, výrazne súvisia s vnútornou motiváciou a samoreguláciou (kap. 3.3.2). Každá z jeho subškál teda hlbšie zachádza do jednotlivých subdimenzií vnútornej motivácie.

Tab. 3-16 Korelačná matica (Pearson) pre všetky zvažované subškály motivačnej orientácie žiakov
Pre1 vnútorná cieľová orientácia; **Pre2** vonkajšia cieľová orientácia; **Pre3** sebaúčinnosť v učení sa; **Pre4** vedomie vlastnej zodpovednosti pri učení sa; **Post1** záujem / potešenie; **Post2** uvedomenie si svojej schopnosti; **Post3** vynaloženie úsilia / dôležitosť; **Post4** význam / užitočnosť

Subškála	Pre1	Pre2	Pre3	Pre4	Post1	Post2	Post3
Pre2	,195**						
Pre3	,553**	,272**					
Pre4	,496**	,248**	,441**				
Post1	,364**	,206**	,241**	,302**			
Post2	,232**	,255**	,392**	,245**	,568**		
Post3	,326**	,248**	,262**	,264**	,607**	,643**	
Post4	,475**	,254**	,360**	,355**	,732**	,559**	,633**

** Korelácia je signifikantná na hladine 0,01 (2-tailed).

Medzi subškálami vstupného dotazníka boli, odhliadnuc od najvyššej dosiahnutej hodnoty (,553) poukazujúcej na vysokú vzájomnú súvislosť *vnútornej cieľovej orientácie* so *sebaúčinnosťou v učení sa*, zistené hodnoty korelačných koeficientov v intervale od ,195 do ,496, čo podľa Cohena (1988) deklaruje strednú úroveň prepojenia medzi meranými konštruktami. Aj z týchto výsledkov je evidentné, že v porovnaní s výstupným dotazníkom (resp. IMI) je vstupný dotazník (resp. MSLQ) oveľa heterogénnejším nástrojom, merajúcim viaceré dimenzie súvisiace s motiváciou ako takou.

V súlade s našimi vedomosťami o vzťahu medzi vonkajšou a vnútornou motiváciou, môžeme aj v našich dátach pozorovať, že najnižšia miera korelácie je medzi *vnútornou* a *vonkajšou cieľovou orientáciou* (vstupné meranie). *Vonkajšia cieľová orientácia* (Pre2) slabo koreluje aj s ostatnými subškálami vstupného dotazníka (a samozrejme aj výstupného dotazníka, keďže ten sa ako celok týka len vnútornej motivácie). Na druhej strane *vnútorná cieľová orientácia* vykazuje zreteľný súvis s treťou subškálou: *sebaúčinnosť v učení sa* a nachádza sa tiež na hranici akceptovateľnej korelácie s poslednou subškálou: *vedomie vlastnej zodpovednosti pri učení sa*. Tretia a štvrtá subškála vstupného dotazníka teda evidentne súvisia oveľa viac s vnútornou motiváciou ako s vonkajšou. Čiastočne to dokazuje aj nízka faktorová saturácia vonkajšej motivácie zistená konfirmačnou faktorovou analýzou (CFA) dát vstupného merania (kap. 3.4.2.1, tab. 3-10).

Pripomíname, že vyššie uvedené zistenia sa týkajú všetkých zahrnutých prípadov (N = 476), teda dát z oboch predmetov – chémie aj biológie. Keď sme však rovnakým

spôsobom analyzovali obidva predmety osobitne, objavili sa okrem už uvedených, aj iné dvojice subškál s významnou úrovňou vzájomnej korelácie.[1] Tieto zistenia sa však vo vzťahu k charakteru meraných konštruktov javia ako menej reálne v porovnaní s dátami zistenými sumárne pre oba predmety. Dodáme tiež, že pre 476 prípadov sú hodnoty korelačných koeficientov väčšinou o niečo nižšie ako tie pre jednotlivé predmety. Predpokladáme, že zahrnutím oboch predmetov zvyšujeme heterogénnosť vzorky, čo môže byť jednou z príčin týchto rozdielov.

Je dôležité podotknúť, že korelácia medzi jednotlivými subškálami toho istého nástroja by mala odrážať prirodzený vzťah medzi meranými konštruktami (reprezentovanými subškálami výskumných nástrojov) a mala by sa pohybovať v rozumných intervaloch. Nemala by teda byť príliš vysoká, pretože v tom prípade môže indikovať nedostatočnú nezávislosť sledovaných konštruktov. V našom prípade sme však takýto stav nezaznamenali. Je ale evidentné, že konštrukty merané subškálami vstupného dotazníka sú podstatne nezávislejšie ako konštrukty merané subškálami výstupného dotazníka. Je to však v súlade s vedomím, že výstupný nástroj (resp. IMI) meria len vnútornú motiváciu, teda nie motiváciu ako takú.

3.7.2 Predikcia dimenzií motivačnej orientácie žiakov

Keďže sme sledovali celkovo 8 dimenzií rozlične súvisiacich s motiváciou žiakov pracujúcich v počítačom podporovanom laboratóriu, je zaujímavé zaoberať sa aj otázkou možnosti predikcie úrovne niektorých z nich pomocou ostatných dimenzií. Už v počiatkoch nášho výskumu (Urban-Woldron et al., 2013) sme zistili, že pomerne dobre predikovateľnými sú dimenzia *uvedomenie si vlastnej schopnosti* a dimenzia *záujem / potešenie*, ktoré meriame pomocou výstupného motivačného dotazníka. V tejto kapitole preto ukážeme, do akej miery sú závislé na niektorých ďalších sledovaných dimenziách a do akej miery je ich možné na základe týchto dimenzií predpovedať. Na testovanie nami vytvorených modelov sme použili metódy viacnásobnej regresnej analýzy (*Multiple Regression*).

Prvým testovaným prípadom je model predikcie dimenzie *uvedomenie si vlastnej schopnosti* prostredníctvom ďalších dvoch dimenzií výstupného merania: (i) *vynaloženie úsilia / dôležitosť* a (ii) *význam / užitočnosť*. Výsledky regresnej analýzy odhalili, že tieto dve dimenzie vysvetľujú 46 % variability dimenzie *uvedomenie si vlastnej schopnosti* ($F(2,469) = 199{,}803$, $p = ,000$)[2]. Ukázalo sa teda, že dimenzie *vynaloženie úsilia / dôležitosť* ($\beta = ,42$, $p = ,000$) a *význam / užitočnosť* ($\beta = ,25$, $p = ,000$) sú spolu signifikantnými prediktormi žiakovho vnímania jeho kompetencie na vyriešenie laboratórnej úlohy v počítačom podporovanom laboratóriu (tab. 3-17). Z konkrétnych dát je však zrejmé, že dimenzia *význam / užitočnosť* prispieva k predikcii v menšej miere ako dimenzia *vynaloženie úsilia / dôležitosť*, čo mierne odporuje našim predchádzajúcim zisteniam (Urban-Woldron et al., 2013), kde sa obe dimenzie v predikovaní týchto vzťahov javili ako viac-menej rovnocenné.

[1] Len stručne uvedieme jednu zistenú dvojicu subškál v prípade biológie: Pre3/Post2 ($r = ,504$); a tri dvojice subškál v prípade chémie: Pre1/Pre4 ($r = ,607$), Post1/Post2 ($r = ,438$) a Post2/Post4 ($r = ,439$).

[2] Zvažovaných bolo 472 namiesto 476 prípadov. Štyri prípady boli z analýzy vylúčené ako odľahlé hodnoty.

Tab. 3-17 Predikcia dimenzie *uvedomenie si vlastnej schopnosti* (regresná analýza)

Nezávislá premenná (subškála)	*B*	SE_B	Beta	*p*
(konštanta)	1,805	,198		,000
Vynaloženie úsilia / Dôležitosť (Post3)	,420	,037	,491	,000
Význam / Užitočnosť (Post4)	,247	,043	,253	,000

B neštandardizovaný regresný koeficient
SE_B štandardná chyba regresného koeficientu
Beta štandardizovaný regresný koeficient

Závislá premenná*: Uvedomenie si vlastnej schopnosti* (Post2).

V druhom prípade sme testovali model predikcie dimenzie *záujem / potešenie* prostredníctvom troch ďalších dimenzií: (i) *vonkajšia cieľová orientácia* meraná vstupným dotazníkom, (ii) *vynaloženie úsilia / dôležitosť* a (iii) *význam / užitočnosť*, ktoré sú merané výstupným motivačným dotazníkom. Výsledky z viacnásobnej regresnej analýzy ukazujú, že tieto tri dimenzie spolu vysvetľujú 61 % variability predikovanej dimenzie *záujem / potešenie* ($F(3,462) = 244,614$, $p = ,000$)[1]. Aj v tomto prípade možno povedať, že *vonkajšia cieľová orientácia* ($\beta = ,20$, $p = ,000$), *vynaloženie úsilia / dôležitosť* ($\beta = ,60$, $p = ,000$) a *význam / užitočnosť* ($\beta = ,04$, $p = ,021$) spolu predstavujú signifikantné prediktory žiakovho vnímania jedného z najvýznamnejších príspevkov k celkovej vnútornej motivácii – záujmu a potešenia (tab. 3-18). Je však potrebné upozorniť na výrazne vyčnievajúcu dimenziu *význam / užitočnosť*, ktorá prispieva k predikcii opäť len veľmi malou mierou, čo rovnako nekorešponduje s našimi predchádzajúcimi zisteniami (Urban-Woldron et al., 2013).

Tab. 3-18 Predikcia dimenzie *záujem / potešenie* (regresná analýza)

Nezávislá premenná (subškála)	*B*	SE_B	Beta	*p*
(konštanta)	1,294	,191		,000
Vnútorná cieľová orientácia (Pre1)	,206	,033	,233	,000
Vynaloženie úsilia / Dôležitosť (Post3)	,597	,041	,592	,000
Význam / Užitočnosť (Post4)	,046	,030	,052	,021

B neštandardizovaný regresný koeficient
SE_B štandardná chyba regresného koeficientu
Beta štandardizovaný regresný koeficient

Závislá premenná*: Záujem / Potešenie* (Post1).

Hoci tieto zistenia (zahŕňajúce len slovenskú časť výskumu) nie sú úplne totožné s výsledkami našich predbežných analýz zahŕňajúcich aj (nekompletné) dáta z iných krajín a tiež dáta z overovania aktivít pre fyziku (Urban-Woldron et al., 2013), súhrnne možno konštatovať, že naše štúdie poskytujú istý dôkaz, že žiaci, ktorí sú schopní regulovať úroveň vynaloženého úsilia na úspešnú realizáciu laboratórnej aktivity a pokúsia sa zvýšiť hladinu svojej vnútornej cieľovej orientácie, budú pociťovať vyšší celkový záujem a zároveň sa budú cítiť schopnejší a kompetentnejší po uskutočnení laboratórnej úlohy.

[1] Zvažovaných bolo 466 namiesto 476 prípadov. Desať prípadov bolo vylúčených ako odľahlé hodnoty.

4

ŽIACI AKO HODNOTITELIA AKTIVÍT S POČÍTAČOVÝMI MERACÍMI SYSTÉMAMI

4.1 Zámer, výskumný nástroj a použité metódy

Čiastkovým zámerom tejto časti štúdie bolo odpovedať na otázky, z ktorých možno vyvodiť závery najmä o kvalite nami navrhnutých aktivít. Výskumným nástrojom na získanie takejto spätnej väzby bol dotazník obsahujúci 20 položiek skúmajúcich rôzne aspekty súvisiace s realizáciou týchto aktivít; napríklad pochopenie aktivity, jej náročnosť, príťažlivosť pre žiaka, rozvoj žiakových vedomostí na základe aktivity a pod. Okrem toho sa tu nachádzal aj priestor na komentovanie aktivít a návrhy od žiakov na ich vylepšenie. Dotazník bol žiakom administrovaný bezprostredne po realizácii každej aktivity.

Väčšina zo sledovaných položiek dotazníka mala uzavretý charakter a formu pozitívneho deklaratívneho výroku, pričom mieru svojho súhlasu s týmto výrokom žiaci vyjadrovali na štvorstupňovej Likertovej škále: 1 – úplne súhlasím, 2 – skôr súhlasím, 3 – skôr nesúhlasím, 4 – vôbec nesúhlasím. Okrem toho bolo súčasťou dotazníka aj niekoľko otvorených položiek, ktoré boli vyhodnocované špecifickým spôsobom.

Na spracovanie získaných dát sme použili rozličné štatistické metódy: deskriptívnu štatistiku, frekvenčnú analýzu, komparatívnu analýzu a zhlukovú analýzu[1]. Na zistenie signifikantnosti prípadných rozdielov medzi sledovanými skupinami sme v prípade komparatívnej analýzy použili neparametrické štatistické metódy Mannov-Whitneyov U test (Mann a Whitney, 1947) a Kruskalov-Wallisov H test (Kruskal a Wallis, 1952).

Na štatistické spracovanie získaných dát bol použitý štatistický softvérový balík IBM SPSS ver. 18 (SPSS Inc., 2009).

[1] Vzhľadom na nejednoznačné rozdelenie jednotlivých zhlukov použitím hierarchického aglomeratívneho zhlukovania pri oboch zvažovaných predmetoch, výstupy zhlukovej analýzy dát z dotazníka pre žiakov vo výsledkoch (kap. 4.3) neprezentujeme.

4.2 Vzorka hodnotiacich žiakov

Výskumná vzorka bola totožná ako v prípade sledovania motivačnej orientácie žiakov súvisiacej s prácou s počítačovými meracími systémami (kap. 3.2).

4.3 Výsledky hodnotenia aktivít žiakmi

V nasledujúcom texte sa budeme zaoberať podrobnejšou analýzou odpovedí na 15 vybraných položiek dotazníka pre žiakov, ktoré sme rozdelili do štyroch rôznych oblastí podľa ich špecifického zacielenia: (i) pochopenie aktivít a významu počítačového meracieho systému pri ich realizácii, (ii) atraktivita a realizácia aktivít, (iii) vplyv aktivít na rozvoj vedomostí žiaka a (iv) záverečné vyjadrenia žiakov.

4.3.1 Položky súvisiace s pochopením aktivít a významu meracieho systému pri ich realizácii

Úroveň pochopenia overovanej aktivity a významu počítačového meracieho systému pri jej realizácii sme sledovali pomocou štyroch nasledujúcich položiek: (1) *Pochopil som ciele aktivity*; (2) *Vymenujte ciele aktivity*; (3) *Potreboval som pomoc učiteľa pri pochopení aktivity* a (4) *Myslím, že aktivitu (experiment) by bolo možné uskutočniť aj bez počítačového meracieho systému*. Tri z nich (1, 3 a 4) sú uzatvorenými položkami typu deklaratívneho výroku ako sme uviedli vyššie. Položka číslo 2 má otvorený charakter, pričom pri kvantifikovaní získaných odpovedí bola hodnotená na stupnici: 1 – správna odpoveď, 2 – čiastočne správna odpoveď, 3 – nedostatočná odpoveď a 4 – úplne nesprávna odpoveď. Frekvenčnú analýzu odpovedí všetkých respondentov na tieto štyri položky dotazníka pre oba predmety (chémiu aj biológiu) uvádzame v tab. 4-1. Kumulatívne percentá pre celkový súhlas s výrokom v položke sú v tabuľke vyznačené šedým podsvietením. Tabuľka prezentuje sumárne výsledky, v ktorých nie sú rozlíšené dáta pre jednotlivých aktivity. Porovnaniu konkrétnych aktivít v rámci obidvoch zvažovaných predmetov sa venujeme nižšie.

Z tab. 4-1 je zrejmé, že prevažná väčšina žiakov po realizácii jednotlivých aktivít výrazne deklaruje, že rozumeli ich cieľom (97,9 % súhlasných odpovedí). Tento pozitívny výsledok je však mierne skresľujúci. Keď boli žiaci v nasledujúcej položke vyzvaní, aby ciele aktivity vymenovali, ich odpovede už neboli také uspokojivé. Ukázalo sa, že v porovnaní s výsledkami odpovedí na prvú položku, len 67,4 % respondentov skutočne porozumelo cieľom aktivity (úplne správnu odpoveď dokonca uviedlo len 40,2 % z nich). V skutočnosti je úspešnosť v tomto smere ešte o niečo nižšia, pretože uvedené percentuálne vyjadrenia rezultujú len z validných odpovedí (N = 448), teda 28 žiakov odpoveď na druhú položku neuviedlo vôbec. Zdá sa, že žiaci v skutočnosti hodnotia úroveň vlastného porozumenia jednotlivým aktivitám oveľa optimistickejšie v porovnaní s reálnym stavom. Nadhodnocovanie svojich schopností a nízka úroveň sebareflexie však v tomto smere neprekvapuje, naznačujú to aj niektorí ďalší autori vo svojich nedávnych publikáciách, napríklad Kmeťová (2014).

Takmer tretina (presne 30 %) respondentov uvádza potrebu pomoci učiteľa pri pochopení daných aktivít, pričom 5 % z nich potrebovalo výraznejšiu pomoc. Úroveň tejto

pomoci je však rozdielna pre jednotlivé aktivity (tab. 4-2 a tab. 4-3). Na druhej strane je pozitívne, že vyše 70 % respondentov deklarovalo len veľmi malú, alebo dokonca žiadnu, potrebu pomoci zo strany učiteľa pri pochopení aktivity. Aj tieto tvrdenia však musíme brať s istou rezervou, pretože učitelia týchto žiakov sa (v dotazníku pre učiteľov) naopak v 70,6 % prípadov vyjadrili, že ich žiaci potrebovali pomoc pri pochopení princípu a cieľov laboratórnej aktivity (kap. 5.3, tab. 5-1). Samozrejme, vyjadrenie učiteľov považujeme za reálnejšie, a to nielen na základe výsledkov z oboch dotazníkov, ale aj na základe priameho kontaktu so žiakmi počas ich laboratórnej práce.

Tab. 4-1 Frekvenčná analýza položiek súvisiacich s pochopením aktivít
N = 476; **M** celkové priemerné skóre; **SD** smerodajná odchýlka; **S** skóre (0 = chýbajúca hodnota); **T** celkový počet odpovedí; **F** početnosť; **V%** validné (platné) percentá; **C%** kumulatívne percentá

Položka	M±SD	S	F	V%	C%
1. Pochopil som ciele aktivity.	1,32	1	337	70,8	70,8
	± ,53	2	129	27,1	97,9
		3	7	1,5	99,4
		4	3	,6	100,0
		T	476	100,0	
2. Vymenujte ciele aktivity.	2,12	1	180	40,2	40,2
	± 1,14	2	122	27,2	67,4
		3	59	13,2	80,6
		4	87	19,4	100,0
		T	448	100,0	
		0	28		
		T	476		
3. Potreboval som pomoc učiteľa pri pochopení aktivity.	2,91	1	24	5,0	5,0
	± ,84	2	119	25,0	30,0
		3	207	43,5	73,5
		4	126	26,5	100,0
		T	476	100,0	
4. Myslím, že aktivitu (experiment) by bolo možné uskutočniť aj bez počítačového meracieho systému.	2,65	1	60	12,6	12,6
	± ,90	2	127	26,7	39,3
		3	209	43,9	83,2
		4	80	16,8	100,0
		T	476	100,0	

Pozn.: V položkách bez chýbajúcich hodnôt sú percentuálne početnosti totožné s hodnotami validných percent.

Je zaujímavé, že takmer 40 % žiakov si myslí, že overované aktivity by bolo možné uskutočniť aj bez počítačového meracieho systému. Môže to naznačovať, že títo žiaci úplne nechápu význam a prínos tohto typu zariadení pre realizáciu navrhnutých aktivít. Jednotlivé experimenty boli totiž zámerne navrhnuté tak, aby v nich bol evidentný profit z možnosti kontinuálneho merania dát, čo je možné len pomocou počítačového meracieho systému. Predpokladáme však, že vyjadrenia žiakov pramenia najmä z nedostatočnej skúsenosti s prácou s týmito zariadeniami, keďže boli v tomto smere úplnými nováčikmi. Oveľa zarážajúcejšie však je, že aj medzi učiteľmi, hoci boli tiež neskúsenými používateľmi tejto technológie, boli takí, ktorí sa vyjadrili v podobnom duchu (kap. 5.3, tab. 5-1).

Všetky vyššie spomínané zistenia boli postupne naznačované už našimi predchádzajúcimi čiastkovými výskumami s ešte neúplnými dátami, ktoré sme publikovali už počas implementácie aktivít (Skoršepa et al., 2014; Skoršepa a Šmejkal, 2012; Skoršepa a Tortosa Moreno, 2014a; Tortosa Moreno et al., 2013a; Tortosa Moreno et al., 2013b).

Výsledky v tab. 4-1 však predstavujú len celkový náhľad na porozumenie nami navrhnutých aktivít ako celku. Kvôli posúdeniu a hodnoteniu konkrétnych aktivít je samozrejme potrebné analyzovať zodpovedajúce dáta pre každú aktivitu individuálne, prípadne porovnávať ich medzi sebou v rámci daného predmetu (chémia alebo biológia).

V tab. 4-2 uvádzame podrobnejší pohľad na tieto štyri položky vo vzťahu k jednotlivým aktivitám pre chémiu, a teda môžeme medzi sebou porovnávať všetkých päť overovaných chemických aktivít. Ako sme uviedli vyššie, žiaci vo všeobecnosti pomerne nekriticky nadhodnocujú svoje vnímanie pochopenia jednotlivých aktivít, a napriek tomu, že prevažná väčšina z nich v položke 1 deklarovala porozumenie cieľom chemických aktivít, výsledky odpovedí v položke 2 tomu vo väčšine prípadov nezodpovedajú. Výnimkou je aktivita CHEM1, v ktorej až 85,7 % žiakov uvádza správne odpovede, čo sa blíži počtu deklarovanému v položke 1. Je však potrebné podotknúť, že túto aktivitu overovalo len 10 respondentov, pričom traja z nich v položke 2 vôbec neodpovedali. Výsledky teda môžu byť v tomto prípade značne skreslené. V ostatných aktivitách sa percentuálny podiel respondentov, ktorí skutočne pochopili ich ciele pohybuje v intervale od 45,8 % (pre aktivitu CHEM5) do 82,5 % (pre aktivitu CHEM4). Hoci pri aktivite CHEM4 je to veľmi uspokojivé číslo, aj ono je poznačené istým skreslením, pretože 7 zo 47 respondentov pri tejto aktivite v položke 2 neodpovedalo. Na druhej strane sa zdá, že najkomplikovanejšou na pochopenie je aktivita CHEM5, v ktorej dokonca štvrtina respondentov uviedla úplne nesprávne odpovede. Z rozhovorov so žiakmi vieme, že v tejto aktivite bolo často pre nich problematické nájsť praktický zmysel jej experimentálneho zámeru, čo sa určite prejavilo aj na pochopení tejto aktivity. Do istej miery si možno dať tieto fakty do súvisu aj s nižšou hodnotou deklarovanej úrovne vnútornej motivácie po realizácii aktivity v oblasti dimenzie *vynaloženie úsilia / dôležitosť*, ktorú sme v tomto smere pri aktivite CHEM5 zaznamenali (obr. 3-10).

Vo svetle predchádzajúcich zistení však mierne paradoxne vyznieva fakt, že práve pri tejto aktivite žiaci deklarujú najmenšiu potrebu pomoci učiteľa pri jej pochopení (20,8 %), kým v ostatných aktivitách sa to pohybuje v intervale od 31,7 – 48,9 % prípadov. Je však možné, že pri menej príťažlivej aktivite, napríklad z dôvodu nejasnosti jej cieľov, žiaci ani necítili potrebu konzultovať jej zameranie s učiteľom, čo sa prejavilo na našich výsledkoch.

Ako sme uviedli vyššie, takmer 40 % žiakov si myslí, že overované aktivity by bolo možné uskutočniť aj bez počítačového meracieho systému. Jednotlivé aktivity však neboli posudzované rovnako. Najvýraznejšie sa tento názor prejavil v aktivite CHEM1 (50,0 %) a najmenej v aktivite CHEM5 (25,0 %). Ukazuje sa teda, že pridanú hodnotu meracieho systému vidia žiaci ako najmarkantnejšu práve v tej aktivite, ktorej najmenej rozumeli (CHEM5). Na druhej strane, realizáciu aktivity CHEM1, ktorej ciele pochopili najlepšie, by si vedeli predstaviť aj bez použitia meracieho systému (položka 4). Ak z tohto pohľadu porovnáme aj ostatné aktivity, zistíme, že takáto korelácia tu naozaj existuje vo všetkých z nich. Hoci predstava žiakov o nezastupiteľnosti použitia meracieho systému na efektívne riešenie zadaných experimentálnych úloh je zrejme ovplyvnená aj ďalšími faktormi, z tohto pohľadu sa priam ponúka zovšeobecnenie (čiastočne podporené aj podobnými výsledkami z aktivít pre biológiu uvedenými nižšie), že čím viac danej aktivite žiak rozumie, tým je viac naklonený myšlienke, že použitie počítačového meracieho systému v aktivite nie je nevyhnutné a bolo by podľa neho možné realizovať ju aj bez neho.

Tab. 4-2 Frekvenčná analýza položiek súvisiacich s pochopením overovaných aktivít pre predmet chémia

N = 210

M celkové priemerné skóre; **S** skóre (0 = chýbajúca hodnota); **T** celkový počet odpovedí; **F** početnosť; **V%** validné (platné) percentá; **C%** kumulatívne percentá

Položky

1. Pochopil som ciele.
2. Vymenujte ciele aktivity.
3. Potreboval som pomoc učiteľa pri pochopení aktivity.
4. Myslím, že aktivitu (experiment) by bolo možné uskutočniť aj bez počítačového meracieho systému.

Aktivity pre predmet chémia

CHEM1 Môžu nás oceány ochrániť pred klimatickými zmenami?

CHEM2 Antacidá a žalúdočná kyselina

CHEM3 Domáci hasiaci prístroj

CHEM4 Tepelné elektrárne a kyslé dažde

CHEM5 Čistiaci prostriedok a naše ruky

Aktivita	**CHEM1**					**CHEM2**					**CHEM3**					**CHEM4**					**CHEM5**				
Položka	N = 10					N = 82					N = 47					N = 47					N = 24				
	M	**S**	**F**	**V%**	**C%**	**M**	**S**	**F**	**V%**	**C%**	**M**	**S**	**F**	**V%**	**C%**	**M**	**S**	**F**	**V%**	**C%**	**M**	**S**	**F**	**V%**	**C%**
1.	1,60	1	5	50,0	50,0	1,33	1	56	68,3	68,3	1,32	1	33	70,2	70,2	1,36	1	33	70,2	70,2	1,50	1	14	58,3	58,3
	± ,70	2	4	40,0	90,0	± ,50	2	25	30,5	98,8	± ,51	2	13	27,7	97,9	± ,61	2	11	23,4	93,6	± ,72	2	9	37,5	95,8
		3	1	10,0	100,0		3	1	1,2	100,0		3	1	2,1	100,0		3	3	6,4	100,0		4	1	4,2	100,0
		T	10	100,0			**T**	82	100,0			**T**	47	100,0			**T**	47	100,0			**T**	24	100,0	
2.	2,00	1	2	28,6	28,6	2,00	1	38	47,5	47,5	2,46	1	5	10,9	10,9	1,68	1	21	52,5	85,2	2,71	1	2	8,3	8,3
	± 1,0	2	4	57,1	85,7	± 1,1	2	13	16,3	63,7	±,10	2	26	56,5	67,4	±,83	2	12	30,0	82,5	±,96	2	9	37,5	45,8
		4	1	14,3	100,0		3	20	25,0	88,8		3	4	8,7	76,1		3	6	15,0	97,5		3	7	29,2	75,0
		T	7	100,0			4	9	11,3	100,0		4	11	23,9	100,0		4	1	2,5	100,0		4	6	25,0	100,0
		0	3				T	80	100,0			**T**	46	100,0			**T**	40	100,0			**T**	24		
		T	10				0	2				0	1				0	7							
							T	82				**T**	47				**T**	47							
3.	2,60	1	1	10,0	10,0	2,89	1	2	2,4	2,4	3,0	1	3	6,4	6,4	2,62	1	2	4,3	4,3	3,04	1	1	4,2	4,2
	± ,84	2	3	30,0	40,0	± ,79	2	24	29,3	31,7	± 1,0	2	14	29,8	36,2	± ,80	2	21	44,7	48,9	± ,80	2	4	16,7	20,8
		3	5	50,0	90,0		3	37	45,1	76,8		3	10	21,3	57,4		3	17	36,2	85,1		3	12	50,0	70,8
		4	1	10,0	100,0		4	19	23,2	100,0		4	20	42,6	100,0		4	7	14,9	100,0		4	7	29,2	100,0
		T	10	100,0			**T**	82	100,0			**T**	47	100,0			**T**	47	100,0			**T**	24	100,0	
4.	2,50	1	1	10,0	10,0	2,80	1	4	4,9	4,9	2,66	1	7	14,9	14,9	2,43	1	9	19,1	19,1	1,17	1	1	4,2	4,2
	± ,85	2	4	40,0	50,0	± ,76	2	21	25,6	30,5	± ,96	2	11	23,4	38,3	± ,88	2	12	25,5	44,7	± ,38	2	5	20,8	25,0
		3	4	40,0	90,0		3	44	53,7	84,1		3	20	42,6	80,9		3	23	48,9	93,6		3	12	50,0	75,0
		4	1	10,0	100,0		4	13	15,9	100,0		4	9	19,1	100,0		4	3	6,4	100,0		4	6	25,0	100,0
		T	10	100,0			**T**	82	100,0			T	47	100,0			**T**	47	100,0			**T**	24	100,0	

Pozn.: V položkách bez chýbajúcich hodnôt sú percentuálne početnosti totožné s hodnotami validných percent.

Podrobné porovnanie výsledkov frekvenčnej analýzy vo vzťahu k pochopeniu aktivít pre štyri overované aktivity z biológie uvádzame v tab. 4-3. Fakt, že žiaci v skutočnosti neporozumeli cieľom overovaných aktivít tak ako deklarujú v položke 1, sa samozrejme prejavil aj pri aktivitách z biológie. Hoci takmer všetci žiaci (pri aktivitách BIO3 a BIO4 to dokonca platí stopercentne) deklarovali porozumenie cieľom aktivít, aj tu sa ukázalo, že výsledok ich sebahodnotenia je nadsadený. Problematické boli z tohto pohľadu najmä prvé dve aktivity, kde sme zaznamenali dokonca horšie výsledky ako pri aktivitách z chémie (tab. 4-2). Zdá sa teda, že práve tieto dve aktivity žiakom neboli dostatočne jasné. Navyše, v položke 2 pri týchto aktivitách pomerne vysoký podiel žiakov uviedol úplne nesprávne odpovede (BIO1: 31,8 % a BIO2: 44,8 %).

V biologických aktivitách minimálne 16 % žiakov (BIO3) deklaruje potrebu pomoci učiteľa pri pochopení aktivity. Z tohto pohľadu je zrejmé, že najmä náročnejšie aktivity (BIO1 a BIO2) si vyžadovali výraznejšiu pomoc učiteľa pri ich pochopení. Pri pohľade z opačnej strany však môžeme vyhlásiť, že v závislosti od konkrétnej aktivity približne 65 - 85 % žiakov nepotrebovalo učiteľovu asistenciu pri jej pochopení.

Názory žiakov na nevyhnutnosť počítačového meracieho systému pri realizácii biologických aktivít sú ešte rôznorodejšie ako v prípade aktivít chemických. Najväčším extrémom je aktivita BIO4, pri ktorej si až 61,6 % žiakov myslí, že by mohla byť realizovaná bez počítačového meracieho systému. Vysvetlenie je však pomerne jednoduché. Ide totiž o aktivitu so zameraním na meranie krvného tlaku, čo žiaci poznajú aj z domáceho alebo lekárskeho prostredia. Pritom vedia, že počítačový merací systém sa ani v jednom prípade nepoužíva. Napriek tomu, že v našej aktivite je spôsob merania tlaku založený na jeho odčítaní z grafického zobrazenia príslušnej závislosti, a je teda principiálne odlišný od toho, ktorý môžu žiaci poznať z im blízkeho prostredia, neuvedomujú si tento fakt a zrejme ani význam meracieho systému pre túto aktivitu. Na druhej strane benefit z použitia počítačového meracieho systému pravdepodobne správne chápe približne 40 - 80 % respondentov (v závislosti od konkrétnej biologickej aktivity).

Tab. 4-3 Frekvenčná analýza položiek súvisiacich s pochopením overovaných aktivít pre predmet biológia

N = 266

M celkové priemerné skóre; **S** skóre (0 = chýbajúca hodnota); **T** celkový počet odpovedí; **F** početnosť; **V%** validné (platné) percentá; **C%** kumulatívne percentá

Položky

1. Pochopil som ciele.
2. Vymenujte ciele aktivity.
3. Potreboval som pomoc učiteľa pri pochopení aktivity.
4. Myslím, že aktivitu (experiment) by bolo možné uskutočniť aj bez počítačového meracieho systému.

Aktivity pre predmet biológia

BIO1 Zo života kvasiniek

BIO2 Vstávaj semienko, je tvoj čas!

BIO3 Čo je vaša srdcová záležitosť

BIO4 Sestra, zmerajte pacientovi tlak, prosím!

Aktivita	**BIO1**					**BIO2**					**BIO3**					**BIO4**				
Položka	N = 47					N = 73					N = 73					N = 73				
	M	**S**	**F**	**V%**	**C%**	**M**	**S**	**F**	**V%**	**C%**	**M**	**S**	**F**	**V%**	**C%**	**M**	**S**	**F**	**V%**	**C%**
1.	1,32	1	35	74,5	74,5	1,32	1	52	71,2	71,2	1,25	1	55	75,3	75,3	1,26	1	54	74,0	74,0
	± ,63	2	10	21,3	95,7	± ,50	2	20	27,4	98,6	± ,43	2	18	24,7	100,0	± ,44	2	19	26,0	100,0
		3	1	2,1	97,9		4	1	1,4	100,0		**T**		100,0			**T**	73	100,0	
		4	1	2,1	100,0		**T**	73	100,0											
		T	47	100,0																
2.	2,19	1	20	45,5	45,5	2,87	1	11	16,4	16,4	1,96	1	27	37,0	37,0	1,37	1	54	80,6	80,6
	± 1,4	2	3	6,8	52,3	± 1,2	2	17	25,4	41,8	±1,0	2	33	45,2	82,2	±,85	2	5	7,5	88,1
		3	7	15,9	68,2		3	9	13,4	55,2		3	2	2,7	84,9		3	4	6,0	94,0
		4	14	31,8	100,0		4	30	44,8	100,0		4	11	15,1	100,0		4	4	6,0	100,0
		T	44	100,0			**T**	67	100,0			**T**	73	100,0			**T**	67	100,0	
		0	3				0	6									0	6		
		T	47				**T**	73									**T**	73		
3.	2,74	1	5	10,6	10,6	2,89	1	3	4,1	4,1	3,11	1	3	4,1	4,1	3,01	1	4	5,5	5,5
	± ,91	2	12	25,5	36,2	± ,84	2	21	28,8	32,9	± ,77	2	9	12,3	16,4	± ,81	2	11	15,1	20,5
		3	20	42,6	78,7		3	30	41,1	74,0		3	38	52,1	68,5		3	38	52,1	72,6
		4	10	21,3	100,0		4	19	26,0	100,0		4	23	31,5	100,0		4	20	27,4	100,0
		T	47	100,0			**T**	73	100,0			**T**	73	100,0			**T**	73	100,0	
4.	2,55	1	5	10,6	10,6	3,00	1	4	5,5	5,5	2,64	1	11	15,1	15,1	2,25	1	18	24,7	24,7
	± ,87	2	18	38,3	48,9	± ,80	2	11	15,1	20,5	± ,96	2	18	24,7	39,7	±	2	27	37,0	61,6
		3	17	36,2	85,1		3	39	53,4	74,0		3	30	41,1	80,8	,954	3	20	27,4	89,0
		4	7	14,9	100,0		4	19	26,0	100,0		4	14	19,2	100,0		4	8	11,0	100,0
		T	47	100,0			**T**	73	100,0			**T**	73	100,0			**T**	73	100,0	

Pozn.: V položkách bez chýbajúcich hodnôt sú percentuálne početnosti totožné s hodnotami validných percent.

4.3.2 Položky súvisiace s realizáciou aktivít

Ďalšia séria položiek dotazníka skúma žiakmi vnímanú úroveň atraktivity aktivity a rôzne aspekty súvisiace najmä s náročnosťou jej realizácie. Zahrnuté položky sú nasledujúce: (5) *Inštrukcie mi boli jasné*; (6) *Bolo jednoduché nastaviť prístrojovú techniku;* (7) *Bolo jednoduché pracovať s počítačovým systémom*; (8) *Pri realizácii experimentu som potreboval pomoc učiteľa* a *(9) Bolo jednoduché získavať údaje prostredníctvom meracieho systému.* Frekvenčnú analýzu odpovedí všetkých respondentov na týchto päť položiek dotazníka pre oba predmety (chémiu aj biológiu) uvádzame v tab. 4-4. Sú tu prezentované sumárne výsledky, v ktorých, podobne ako v predchádzajúcej kapitole, nie sú rozlíšené dáta pre jednotlivých aktivity. Porovnaniu konkrétnych aktivít v rámci obidvoch zvažovaných predmetov pre túto sériu položiek sa venujeme nižšie.

Tab. 4-4 Frekvenčná analýza položiek súvisiacich s atraktivitou a realizáciou aktivít
N = 476; **M** celkové priemerné skóre; **SD** smerodajná odchýlka; **S** skóre; **T** celkový počet odpovedí; **F** početnosť; **V%** validné (platné) percentá; **C%** kumulatívne percentá

Položka	M±SD	S	F	V%	C%
5. Inštrukcie mi boli jasné.	1,28	1	350	73,5	73,5
	± ,48	2	120	25,2	98,7
		3	6	1,3	100,0
		T	476	100,0	
6. Bolo jednoduché nastaviť prístrojovú techniku (experimentálne zariadenie).	1,34	1	323	67,9	67,9
	± ,52	2	144	30,3	98,1
		3	8	1,7	99,8
		4	1	,2	100,0
		T	123	100,0	
7. Bolo jednoduché pracovať s počítačovým systémom.	1,26	1	354	74,4	74,4
	± ,45	2	120	25,2	99,6
		3	2	,4	100,0
		T	51	100,0	
8. Pri realizácii experimentu som potreboval pomoc učiteľa.	2,80	1	20	4,2	4,2
	± ,85	2	166	34,9	39,1
		3	178	37,4	76,5
		4	112	23,5	100,0
		T	476	100,0	
9. Bolo jednoduché získavať údaje prostredníctvom počítačového meracieho systému.	1,30	1	341	71,6	71,6
	± ,49	2	129	27,1	98,7
		3	5	1,1	99,8
		4	1	,2	100,0
		T	476	100,0	

Pozn.: Nezaznamenali sme žiadne chýbajúce dáta, preto percentuálne početnosti sú totožné s hodnotami validných percent.

Z tab. 4-4 vyplýva, že respondenti s výnimkou položky 8, vo všetkých ostatných položkách vyjadrili jednoznačný súhlas s deklaratívnymi výrokmi, ktoré sa týkali realizácie aktivít. Je pozitívne, že väčšina z nich rozumie inštrukciám uvedeným v pracovných listoch, nevníma ako problematickú prácu s počítačovým meracím systémom vrátane podporného softvéru, meracích modulov, sond a pod. Rovnako jednoznačne žiaci vyjadrujú, že bolo pre nich jednoduché získavať experimentálne dáta pomocou meracieho systému. Všetky tieto pozitíva kvantitatívne podporujú naše domnienky a názory, ktoré sme nadobudli

pri priamom kontakte so žiakmi v laboratóriu, pri rozhovoroch s nimi samotnými alebo aj pri pozorovaní ich práce v laboratóriu.

Ukazuje sa, že pre žiakov nepredstavuje takmer žiadny problém ovládanie počítačového meracieho systému, a to ani pri prvom kontakte s ním. Prácu s meracími modulmi a fyzikálnymi sondami žiaci na základnej úrovni zvládajú takmer okamžite po krátkom zaškolení. Ešte menším problémom je pre nich naučiť sa ovládať počítačový softvér slúžiaci na zber experimentálnych dát, ich spracovanie a pod. Je zrejmé, že súčasným generáciám mladých ľudí je digitálna technika nesmierne blízka, čo sa výrazne prejavilo aj pri realizácii overovaných aktivít. Podotýkame, že koncovou časťou meracích systémov, ktoré sme použili, bol vždy počítač, nikdy nie datalogger. Zastávali sme totiž názor, že úroveň manipulovateľnosti s experimentálnym zariadením je oveľa vyššia pokiaľ je ovládané počítačom a nie dataloggerom. Zároveň si myslíme, že najmä spracovanie dát, ich grafické zobrazenie a interpretácia, je oveľa názornejšie práve na obrazovke počítača (stolového alebo prenosného). Náročnejšia práca s dataloggermi v porovnaní s počítačom môže prispieť k zníženiu inak pozitívneho edukačného efektu rezultujúceho z použitia meracích systémov. Tieto názory boli dokonca nedávno podporené aj výskumom, ktorý ukázal, že použitie prenosných počítačov pri experimentoch s meracími systémami je efektívnejšie ako ich nahradenie dataloggermi (Priest et al., 2014).

Hoci takmer 40 % respondentov uvádza potrebu učiteľovej pomoci pri realizácii experimentálnej časti aktivity, z priamej skúsenosti vieme, že zvyčajne nešlo o pomoc s ovládaním meracieho zariadenia, ale o pomoc pri navrhovaní experimentov, ktoré mali viesť k zodpovedaniu zadanej výskumnej otázky. Na druhej strane môžeme vo všeobecnosti konštatovať, že približne 60 % respondentov nepotrebovalo (resp. to deklarujú) takmer žiadnu pomoc. Avšak podobne ako sme uviedli v predchádzajúcich kapitolách, aj teraz si uvedomujeme, že tieto dáta môžu byť mierne skreslené, keďže majú sebavýpoveďový charakter. Za reálnejšie v tomto smere považujeme skôr konštatovania učiteľov, ktorým sa venujeme v kap. 5. Rozhodne však musíme povedať, že úroveň žiadanej pomoci pri experimentovaní je veľmi individuálna a závisí nielen od zručností žiaka ale aj od charakteru samotnej aktivity.

Opäť pripomíname, že tab. 4-4 zobrazuje len celkový náhľad na niektoré aspekty realizácie overovaných aktivít, bez rozlíšenia špecifík daných konkrétnymi aktivitami. Aby bolo jednotlivé aktivity aj v tomto smere možné porovnávať, uvádzame v tab. 4-5 a tab. 4-6 aj frekvenčnú analýzu odpovedí na tieto položky dotazníka rozdelené podľa oboch predmetov a tiež jednotlivých aktivít.

Pri vzájomnom porovnaní chemických aktivít (tab. 4-5) si môžeme všimnúť, že jedinou problematickejšou aktivitou z pohľadu kvality poskytnutých inštrukcií v pracovnom liste je aktivita CHEM1, v ktorej 20 % respondentov uvádza, že inštrukcie im neboli dostatočne jasné. Ostatné aktivity sú z tohto pohľadu hodnotené oveľa pozitívnejšie. Táto aktivita sa v porovnaní s ostatnými javí ako menej dokonalá aj v niektorých ďalších aspektoch. Jedným z nich je náročnosť nastavenia prístrojovej techniky, ktorá sa v nej využíva. Kým v ostatných aktivitách takmer všetci overujúci respondenti deklarujú bezproblémovosť nastavenia meracieho zariadenia, v tejto aktivite je to len presná polovica z nich (50,0 %). Alarmujúci je aj ďalší fakt súvisiaci s položkou 8. V nej až 90 % respondentov deklarovalo potrebu

učiteľovej pomoci práve pri tejto aktivite. Tieto indikátory naznačili nutnosť revízie aktivity CHEM1 a identifikovania konkrétnych dôvodov spôsobujúcich vysokú náročnosť, resp. nejasnosť tejto aktivity pre žiakov. Výsledky však naznačujú nevyhnutnosť revízie aj v aktivite CHEM4, pri ktorej sa potreby učiteľovej pomoci dožadoval rovnako vysoký počet respondentov (93,6 %), pričom v prípade 70,2 % z nich to bolo dokonca výraznejšie ako v aktivite CHEM1. V ostatných chemických aktivitách potrebu pomoci učiteľa pri ich realizovaní deklaruje prijateľný počet respondentov v intervale 29,2 - 45,1 %. Z pohľadu práce s počítačovým systémom a náročnosti získavania experimentálnych dát pomocou neho sa všetky chemické aktivity ukazujú ako bezproblémové, čo jasne potvrdzujú odpovede žiakov v položkách 7 a 9.

Hodnotenie biologických aktivít je z tohto pohľadu oveľa jednoznačnejšie (tab. 4-6). Takmer všetci respondenti potvrdzujú zrozumiteľnosť inštrukcií vo všetkých overovaných biologických aktivitách (položka 5). V položkách 6, 7 a 9, týkajúcich sa náročnosti práce s prístrojovou technikou a počítačovým systémom sa respondenti rovnako veľmi jasne vyjadrujú v prospech všetkých aktivít. V tomto smere teda nie je medzi vnímaním biologických aktivít overujúcimi žiakmi žiadny rozdiel. Diferencie medzi jednotlivými aktivitami sme zaznamenali len v potrebe učiteľovej pomoci pri ich realizácii (položka 8). Z tohto pohľadu sa ako náročnejšie javia aktivity BIO3 a BIO1, v ktorých pomoc učiteľa potrebovali takmer dve tretiny respondentov.

Tab. 4-5 Frekvenčná analýza položiek súvisiacich s realizáciou overovaných aktivít pre predmet chémia

N = 210

M celkové priemerné skóre; **S** skóre; **T** celkový počet odpovedí; **F** početnosť; **V%** validné (platné) percentá; **C%** kumulatívne percentá

Položky

5. Inštrukcie mi boli jasné.
6. Bolo jednoduché nastaviť prístrojovú techniku (experimentálne zariadenie).
7. Bolo jednoduché pracovať s počítačovým systémom.
8. Pri realizácii experimentu som potreboval pomoc učiteľa.
9. Bolo jednoduché získavať údaje prostredníctvom počítačového meracieho systému.

Aktivity pre predmet chémia

CHEM1 Môžu nás oceány ochrániť pred klimatickými zmenami?

CHEM2 Antacidá a žalúdočná kyselina

CHEM3 Domáci hasiaci prístroj

CHEM4 Tepelné elektrárne a kyslé dažde

CHEM5 Čistiaci prostriedok a naše ruky

Aktivita	**CHEM1**					**CHEM2**					**CHEM3**					**CHEM4**					**CHEM5**				
Položka	N = 10					N = 82					N = 47					N = 47					N = 24				
	M	**S**	**F**	**V%**	**C%**	**M**	**S**	**F**	**V%**	**C%**	**M**	**S**	**F**	**V%**	**C%**	**M**	**S**	**F**	**V%**	**C%**	**M**	**S**	**F**	**V%**	**C%**
5.	2,10	1	1	10,0	10,0	1,18	1	67	81,7	81,7	1,23	1	36	76,6	76,6	1,43	1	28	59,6	59,6	1,46	1	13	54,2	54,2
	± ,57	2	7	70,0	80,0	± ,39	2	15	18,3	100,0	± ,43	2	11	23,4	100,0	± ,54	2	18	38,3	97,9	± ,51	2	11	45,8	100,0
		3	2	20,0	100,0		**T**	82	100,0			**T**	47	100,0			3	1	2,1	100,0		**T**	24	100,0	
		T	10	100,0													**T**	47	100,0						
6.	2,30	1	3	30,0	30,0	1,38	1	51	62,2	62,2	1,32	1	33	70,2	70,2	1,43	1	28	59,6	59,6	1,25	1	18	75,0	75,0
	± 1,1	2	2	20,0	50,0	±,49	2	31	37,8	100,0	±,52	2	13	27,7	97,2	±,54	2	18	38,3	97,9	±,44	2	6	25,0	100,0
		3	4	40,0	90,0		**T**	82	100,0			3	1	2,1	100,0		3	1	2,1	100,0		**T**	24	100,0	
		4	1	10,0	100,0							**T**	47	100,0			**T**	47	100,0						
		T	10	100,0																					
7.	2,10	1	9	90,0	90,0	1,33	1	55	67,1	67,1	1,23	1	36	76,6	76,6	1,32	1	33	70,2	70,2	1,08	1	22	91,7	91,7
	± ,32	2	1	10,0	100,0	± ,47	2	27	32,9	100,0	± ,43	2	11	23,4	100,0	± ,52	2	13	27,7	97,9	± ,28	2	2	8,3	100,0
		T	10	100,0			**T**	82	100,0			**T**	47	100,0			3	1	2,1	100,0		**T**	24	100,0	
																	T	47	100,0						
8.	2,00	1	2	20,0	50,0	2,66	1	3	3,7	3,7	3,09	1	3	6,4	6,4	2,40	1	33	70,2	70,2	3,00	1	1	4,2	4,2
	± ,82	2	7	70,0	90,0	± ,77	2	34	41,5	45,1	± ,97	2	11	23,4	29,8	± ,74	2	11	23,4	93,6	± ,89	2	6	25,0	29,2
		4	1	10,0	100,0		3	33	40,2	85,4		3	12	25,5	55,3		3	3	6,4	100,0		3	9	37,5	66,7
		T	10	100,0			4	12	14,6	100,0		4	21	44,7	100,0		**T**	47	100,0			4	8	33,3	100,0
							T	82	100,0			T	47	100,0								**T**	24	100,0	
9.	1,30	1	7	70,0	70,0	1,34	1	56	68,3	68,3	1,21	1	37	78,7	78,7	1,23	1	37	78,7	78,7	1,13	1	21	87,5	87,5
	± ,48	2	3	30,0	100,0	± ,55	2	25	30,5	98,8	± ,41	2	10	21,3	100,0	± ,48	2	9	19,1	97,9	± ,34	2	3	12,5	100,0
		T	10	100,0			4	1	1,2	100,0		**T**	47	100,0			4	1	2,1	100,0		**T**	24	100,0	
							T	82	100,0								**T**	47	100,0						

Pozn.: Nezaznamenali sme žiadne chýbajúce dáta, preto percentuálne početnosti sú totožné s hodnotami validných percent.

Tab. 4-6 Frekvenčná analýza položiek súvisiacich s realizáciou overovaných aktivít pre predmet biológia

N = 266

M celkové priemerné skóre; **S** skóre; **T** celkový počet odpovedí; **F** početnosť; **V%** validné (platné) percentá; **C%** kumulatívne percentá

Položky

5. Inštrukcie mi boli jasné.
6. Bolo jednoduché nastaviť prístrojovú techniku (experimentálne zariadenie).
7. Bolo jednoduché pracovať s počítačovým systémom.
8. Pri realizácii experimentu som potreboval pomoc učiteľa.
9. Bolo jednoduché získavať údaje prostredníctvom počítačového meracieho systému.

Aktivity pre predmet biológia

BIO1 Zo života kvasiniek

BIO2 Vstávaj semienko, je tvoj čas!

BIO3 Čo je vaša srdcová záležitosť

BIO4 Sestra, zmerajte pacientovi tlak, prosím!

Aktivita	**BIO1**					**BIO2**					**BIO3**					**BIO4**				
Položka	N = 47					N = 73					N = 73					N = 73				
	M	**S**	**F**	**V%**	**C%**	**M**	**S**	**F**	**V%**	**C%**	**M**	**S**	**F**	**V%**	**C%**	**M**	**S**	**F**	**V%**	**C%**
5.	1,26	1	35	74,5	74,5	1,26	1	55	75,3	75,3	1,18	1	60	82,2	82,2	1,27	1	55	75,3	75,3
	± ,44	2	12	25,5	100,0	± ,47	2	17	23,3	98,6	± ,39	2	13	17,8	100,0	± ,50	2	16	21,9	97,3
		T	47	100,0			4	1	1,4	100,0		**T**	73	100,0			3	2	2,7	100,0
							T	73	100,0								**T**	73	100,0	
6.	1,40	1	30	63,8	63,8	1,18	1	60	82,2	82,2	1,27	1	53	72,6	72,6	1,36	1	47	64,4	64,6
	± ,58	2	15	31,9	95,7	± ,39	2	13	17,8	100,0	±,45	2	20	27,4	100,0	±,48	2	26	35,6	100,0
		3	2	4,3	100,0		**T**	73	100,0			**T**	73	100,0			**T**	73	100,0	
		T	47	100,0																
7.	1,40	1	29	61,7	61,7	1,27	1	53	72,6	72,6	1,23	1	56	76,7	76,7	1,16	1	61	83,6	83,6
	± ,54	2	17	36,2	97,9	± ,45	2	20	27,4	100,0	± ,43	2	17	23,3	100,0	± ,37	2	12	16,4	100,0
		3	1	2,1	100,0		**T**	73	100,0			**T**	73	100,0			**T**	73	100,0	
		T	47	100,0																
8.	2,51	1	4	8,5	8,5	2,82	1	4	5,5	5,5	3,21	1	13	17,8	17,8	2,85	1	2	2,7	2,7
	± ,88	2	23	48,9	57,4	± ,81	2	19	26,0	31,5	± ,73	2	32	43,8	61,6	± ,76	2	21	28,8	31,5
		3	12	25,5	83,0		3	36	49,3	80,8		3	28	38,4	100,0		3	36	49,3	80,8
		4	8	17,0	100,0		4	14	19,2	100,0		**T**	73	100,0			4	14	19,2	100,0
		T	47	100,0			**T**	73	100,0								**T**	73	100,0	
9.	1,38	1	30	63,8	63,8	1,30	1	52	71,2	71,2	1,33	1	51	69,9	69,9	1,32	1	50	68,5	68,5
	± ,54	2	16	34,0	97,9	± ,49	2	20	27,4	98,6	± ,53	2	20	27,4	97,3	± ,47	2	23	31,5	100,0
		3	1	2,1	100,0		3	1	1,4	100,0		3	2	2,7	100,0		**T**	73	100,0	
		T	47	100,0			**T**	73	100,0			**T**	73	100,0						

Pozn.: Nezaznamenali sme žiadne chýbajúce dáta, preto percentuálne početnosti sú totožné s hodnotami validných percent.

4.3.3 Položky súvisiace s rozvojom vedomostí žiakov

Niekoľkými položkami dotazníka sme sa tiež pokúšali zistiť, ako žiaci vnímajú vplyv realizácie jednotlivých aktivít, ale aj samotnej technológie počítačom podporovaného experimentovania na rozvoj ich vedomostí. S tým do značnej miery súvisí aj posúdenie vplyvu použitej digitálnej technológie na žiakovu schopnosť interpretácie experimentálnych výsledkov rezultujúcich z jednotlivých aktivít. Na tento účel sme zvolili nasledujúce tri výroky: (10) *Počítačový merací systém mi pomohol správne interpretovať získané výsledky (napr. grafy)*; (11) *Prácu s počítačovým meracím systémom považujem za prínosnú pre zlepšenie mojich vedomostí* a (12) *Vedomosti, ktoré som nadobudol pri experimentovaní s počítačovým meracím systémom využijem aj na iných hodinách (príp. predmetoch).*

Ako je zrejmé z tab. 4-7, v položkách 10 a 11 žiaci takmer stopercentne súhlasia s oboma výrokmi. Je evidentné, že žiaci vnímajú počítačový merací systém ako významného pomocníka nielen počas samotného zberu dát, ale aj pri následnom spracovaní a interpretácii výsledkov. Väčšina meraní bola vyhodnocovaná na základe grafických výstupov. Vieme, že ak žiak pracuje s grafom, ktorý sa vyvíjal takpovediac pred jeho očami, má to pre neho obrovský prínos v tom, ako sa následne dokáže v grafe orientovať a ako ho dokáže „čítať“ a interpretovať. Z toho tiež pramení aj lepšie pochopenie experimentálne zisťovaných súvislostí, čo sa môže pozitívne prejaviť aj na rozvoji žiakových vedomostí. Hoci predpokladaný progres v žiakových vedomostiach sme priamo nemerali, takmer všetci žiaci si myslia, že práca s počítačovým systémom im pomáha zlepšiť ich vedomosti v danej oblasti. Podrobný pohľad na výsledky týchto dvoch položiek ukázal, že aktivity sa v tomto smere prakticky neodlišujú, preto ich, a ani obidva predmety, z tohto pohľadu nebudeme porovnávať.

Tab. 4-7 Frekvenčná analýza položiek súvisiacich s rozvojom vedomostí žiakov
N = 476; **M** celkové priemerné skóre; **SD** smerodajná odchýlka; **S** skóre; **T** celkový počet odpovedí; **F** početnosť; **V%** validné (platné) percentá; **C%** kumulatívne percentá

Položka		M±SD	S	F	V%	C%
10.	Počítačový merací systém mi pomohol správne interpretovať získané výsledky (napr. grafy).	1,37 ± ,53	1	309	64,9	64,9
			2	157	33,0	97,9
			3	10	2,1	100,0
			T	476	100	
11.	Prácu s počítačovým meracím systémom považujem za prínosnú pre zlepšenie mojich vedomostí.	1,39 ± ,52	1	300	63,0	63,0
			2	167	35,1	98,1
			3	9	1,9	100,0
			T	123	100,0	
12.	Vedomosti, ktoré som nadobudol pri experimentovaní s počítačovým meracím systémom využijem aj na iných hodinách (príp. predmetoch).	1,85 ± ,68	1	30,3	30,3	30,3
			2	55,9	55,9	86,1
			3	12,4	12,4	98,5
			4	1,5	1,5	100,0
			T	100,0	100,0	

Pozn.: Nezaznamenali sme žiadne chýbajúce dáta, preto percentuálne početnosti sú totožné s hodnotami validných percent.

Isté diferencie medzi jednotlivými aktivitami však možno badať vo výsledkoch položky 12, kde sa žiaci vyjadrujú k možnosti aplikácie vedomostí nadobudnutých pri experimentovaní s počítačovými meracími systémami na iných hodinách, prípadne

predmetoch. Tu sú ich vyjadrenia o niečo zdržanlivejšie, avšak aj tak sa 86,1 % z nich v tejto položke vyjadruje súhlasne. Pri podrobnejšej analýze odpovedí prichádzame k záveru, že najmenej žiakov (len 60 % z nich) si vie predstaviť možnosti aplikácie vedomostí nadobudnutých pri riešení aktivity CHEM1. V ostatných aktivitách sa pritom v položke 12 súhlasne vyjadruje 80,8 - 100 % žiakov.

4.3.4 Záverečné vyjadrenia žiakov

Záverečné vyjadrenia žiakov je možné sledovať na základe troch nasledujúcich položiek: (13) *Aktivita bola zaujímavá a motivujúca*; (14) *Ocenil by som častejšie používanie počítačových meracích systémov na hodinách chémie / biológie* a (15) *Vyjadrite celkovú spokojnosť / nespokojnosť s realizovanou aktivitou.* Posledná položka bola na rozdiel od všetkých predchádzajúcich hodnotená na šesťstupňovej škále: 1 – úplne spokojný, 2 – spokojný, 3 – viac-menej spokojný, 4 – viac-menej nespokojný, 5 – nespokojný, 6 – úplne nespokojný.

Tab. 4-8 Frekvenčná analýza vybraných položiek dotazníka pre žiakov
N = 476; **M** celkové priemerné skóre; **SD** smerodajná odchýlka; **S** skóre; **T** celkový počet odpovedí; **F** početnosť; **V%** validné (platné) percentá; **C%** kumulatívne percentá

Položka		M±SD	S	F	V%	C%
13.	Aktivita bola zaujímavá a motivujúca.	1,39	1	308	67,7	67,7
		± ,58	2	152	31,9	96,6
			3	13	2,7	99,4
			4	3	,6	100,0
			T	476	100,0	
14.	Ocenil by som častejšie používanie počítačových meracích systémov na hodinách chémie / biológie.	1,03	1	462	97,1	97,1
		± ,17	2	14	2,9	100,0
			T	476	100,0	
15.	Vyjadrite celkovú spokojnosť / nespokojnosť s realizovanou aktivitou.	1,43	1	362	76,1	76,1
		± ,91	2	46	9,7	85,7
			3	58	12,2	87,9
			4	2	,4	98,3
			5	2	,4	98,7
			6	6	1,3	100,0
			T	476	100,0	

Pozn.: Nezaznamenali sme žiadne chýbajúce dáta, preto percentuálne početnosti sú totožné s hodnotami validných percent.

Sumárne výsledky frekvenčnej analýzy týchto položiek sa nachádzajú v tab. 4-8. Zaujímavá je však opäť aj podrobnejšia analýza vo vzťahu k jednotlivým aktivitám. V prvej položke (13) žiaci ohodnotili všetky aktivity okrem CHEM1 ako zaujímavé a motivujúce. Pri riešení CHEM1 sa len 60 % z nich vyjadrilo v tejto položke súhlasne. Odpovede žiakov v položke 14 sú zo všetkých najjednoznačnejšie. Nezávisle na aktivite by takmer všetci privítali možnosť častejšieho experimentovania takýmto spôsobom. Svedčí to o veľmi výraznej príťažlivosti počítačom podporovaného experimentovania pre súčasnú generáciu žiakov, čo určite do značnej miery korešponduje aj so súčasným stavom v spoločnosti, kedy prítomnosť digitálnych technológii pozorujeme takmer vo všetkých oblastiach života. V položke 15 žiaci vyjadrili v priemere vysoký stupeň spokojnosti so všetkými realizovanými aktivitami (87,9 %). Pri individuálnom posúdení jednotlivých aktivít však opäť zisťujeme

najmenšiu spokojnosť s aktivitou CHEM1, kde úplnú spokojnosť (skóre 1) s touto aktivitou vyjadrilo len 50,0 % respondentov. Na porovnanie, úplná spokojnosť pri ostatných aktivitách sa pohybuje v priemere na úrovni 75 %.

Okrem toho sme v koncovej časti dotazníka dali žiakom možnosť voľného vyjadrenia akýchkoľvek myšlienok a odkazov relevantných pre tvorcov jednotlivých aktivít. V odpovediach sa objavilo množstvo rôznych komentárov, návrhov, poznámok a pod. Niektoré z nich boli len strohé konštatovania prevažne pozitívneho charakteru, napríklad *„Všetko bolo vynikajúce a nie je potrebné nič meniť“*, avšak pre autorov aktivít boli najcennejšie také návrhy, ktoré smerovali k vylepšeniu a zdokonaleniu aktivít. Pri niektorých aktivitách (najmä CHEM3, CHEM4 a BIO2) sa často vyskytovala požiadavka na ich skrátenie. Žiaci v týchto aktivitách častokrát neboli spokojní s počtom čiastkových úloh a otázok v pracovnom liste. Zdal sa im priveľký, a preto navrhovali napríklad časť otázok vypustiť. V aktivite CHEM1 sa niektorí žiaci dožadovali lepšieho a precíznejšieho vysvetlenia jej zámeru. Pri tejto aktivite sme aj v predchádzajúcom texte ukázali, že žiaci ju vnímali ako pomerne nejasnú a nejednoznačnú, čo sa prejavilo na jej nedostatočnom pochopení. Na druhej strane boli veľmi potešujúce aj pozitívne povzbudenia, napríklad *„Takéto experimenty by určite pritiahli viac žiakov k vede“* alebo *„Pripravte viac podobných laboratórnych úloh“*. Mnohí zo žiakov navyše smutne konštatovali *„Škoda, že takéto prístroje nemáme na našej škole“*.

4.3.5 Komparatívna analýza položiek dotazníka pre žiakov

V komparatívnej analýze dát získaných dotazníkom pre žiakov sme sa zamerali na porovnávanie výsledkov vo vzťahu k niekoľkým faktorov s výrazným potenciálom generovať signifikantné diferencie: konkrétna aktivita, predmet (chémia/biológia), pohlavie, vek, škola.

Tab. 4-9 Diferencie generované rozdielnymi aktivitami pre predmet chémia
N = 210; Uvedené sú len položky so štatisticky významným rozdielom.

Položka		Signifikancia (Kruskal-Wallis H test)*
2.	Vymenujte ciele aktivity.	$\chi^2(4) = 22{,}496$; $p = ,000$
5.	Inštrukcie mi boli jasné.	$\chi^2(4) = 30{,}852$; $p = ,000$
6.	Bolo jednoduché nastaviť prístrojovú techniku (experimentálne zariadenie).	$\chi^2(4) = 13{,}069$; $p = ,011$
8.	Pri realizácii experimentu som potreboval pomoc učiteľa.	$\chi^2(4) = 25{,}239$; $p = ,000$
11.	Prácu s počítačovým meracím systémom považujem za prínosnú pre zlepšenie mojich vedomostí.	$\chi^2(4) = 13{,}930$; $p = ,008$
12.	Vedomosti, ktoré som nadobudol pri experimentovaní s počítačovým meracím systémom využijem aj na iných hodinách.	$\chi^2(4) = 10{,}958$; $p = ,027$
13.	Aktivita bola zaujímavá a motivujúca.	$\chi^2(4) = 20{,}438$; $p = ,000$

* Zobrazené sú asymptotické signifikancie.

Konkrétna aktivita sa podľa očakávania ukázala ako veľmi silný faktor generujúci štatisticky významné rozdiely takmer vo všetkých položkách dotazníka (na minimálnej hladine významnosti p = 0,05) v prípade, ak boli do porovnávania zahrnuté aktivity oboch predmetov. Aby sme sa vyhli kumulácii dvoch ovplyvňujúcich faktorov (aktivita a predmet), rozhodli sme sa porovnávať len aktivity v rámci toho istého predmetu. Na samotnú analýzu sme použili Kruskalov-Wallisov H test. Každá z aktivít má svoje špecifiká a je preto prirodzené, že sú medzi nimi výrazné rozdiely, čo sa samozrejme prejavilo aj na ich vnímaní žiakmi. Tie najvýraznejšie z rozdielov sme hlbšej analýze podrobili už v predchádzajúcich kapitolách (najmä kap. 4.3.1 a 4.3.2), preto sa ďalšiemu porovnávaniu vo vzťahu k tomuto faktoru nebudeme venovať. Uvádzame však štatistické dáta rezultujúce z tejto komparácie osobitne pre aktivity z chémie (tab. 4-9) a aktivity z biológie (tab. 4-10).

Tab. 4-10 Diferencie generované rozdielnymi aktivitami pre predmet biológia
N = 266; Uvedené sú len položky so štatisticky významným rozdielom.

Položka		Signifikancia (Kruskal-Wallis H test)*
2.	Vymenujte ciele aktivity.	$\chi^2(3) = 57{,}498$; $p = {,}000$
4.	Myslím, že aktivitu (experiment) by bolo možné uskutočniť aj bez počítačového meracieho systému.	$\chi^2(3) = 24{,}431$; $p = {,}000$
7.	Bolo jednoduché pracovať s počítačovým systémom.	$\chi^2(3) = 7{,}840$; $p = {,}049$
8.	Pri realizácii experimentu som potreboval pomoc učiteľa.	$\chi^2(3) = 21{,}260$; $p = {,}000$
10.	Počítačový merací systém mi pomohol správne interpretovať získané výsledky (napr. grafy).	$\chi^2(3) = 10{,}672$; $p = {,}014$
13.	Aktivita bola zaujímavá a motivujúca.	$\chi^2(3) = 11{,}282$; $p = {,}010$

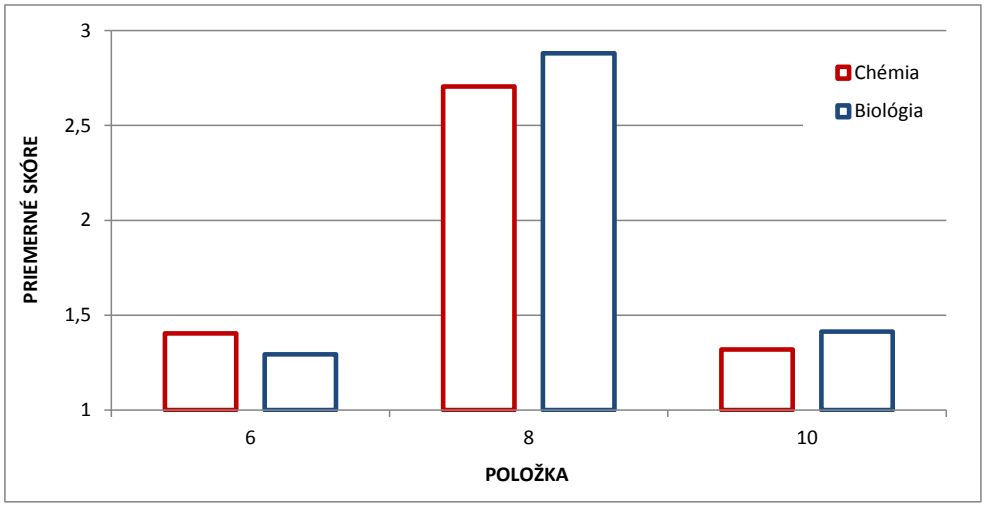
* Zobrazené sú asymptotické signifikancie.

Po skúsenostiach so sledovaním motivačnej úrovne žiakov nás tiež zaujímalo, či vo vnímaní žiakmi existujú rozdiely medzi aktivitami pre chémiu a aktivitami pre biológiu. Použitím Mannovho-Whitneyovho U testu sme zistili štatisticky významné rozdiely len v troch položkách dotazníka generované rozdielnymi predmetmi (tab. 4-11). Na základe ich porovnania, a tiež porovnania stredných hodnôt týchto položiek, uvedených na obr. 4-1, sú zrejmé nasledujúce skutočnosti. Žiaci pri overovaní aktivít v oboch predmetoch pomerne výrazne vyjadrili, že nastavenie prístrojovej techniky, teda experimentálneho meracieho zariadenia zahrňujúceho príslušný merací modul, nebolo pre nich náročné. Komparatívna analýza navyše ukazuje, že v prípade aktivít pre chémiu to bolo predsa len náročnejšie ako v biologických aktivitách. V súlade s tým je aj ďalšie zistenie, ktoré ukazuje, že potreba pomoci pri realizácii experimentu zo strany učiteľa bola akútnejšia v prípade chemických aktivít. Žiaci tiež v chemických aktivitách viac oceňujú pomoc počítačového meracieho systému pri správnej interpretácii nameraných dát. Významnejšie rozdiely v ostatných aspektoch aktivít oboch predmetov sme nezaznamenali, teda z tohto pohľadu medzi chemickými a biologickými aktivitami nie je podstatný rozdiel.

Tab. 4-11 Diferencie generované rozdielnymi predmetmi – chemické / biologické aktivity
N = 476; Uvedené sú len položky so štatisticky významným rozdielom.
MR_{Ch} – priemerné poradie (*Mean Rank*) pre chémiu,
MR_{Bio} – priemerné poradie (*Mean Rank*) pre biológiu

	Položka	Signifikancia (Mann-Whitney U test)*
6.	Bolo jednoduché nastaviť prístrojovú techniku (experimentálne zariadenie).	U = 25 479,0; z = –2,025; p = ,043 MR_{Ch} = 250,17; MR_{Bio} = 229,29
8.	Pri realizácii experimentu som potreboval pomoc učiteľa.	U = 31 330,0; z = 2,416; p = ,016 MR_{Ch} = 222,31; MR_{Bio} = 251,28
10.	Počítačový merací systém mi pomohol správne interpretovať získané výsledky (napr. grafy).	U = 30 601,5; z = 2,157; p = ,031 MR_{Ch} = 225,78; MR_{Bio} = 248,54

* Zobrazené sú asymptotické signifikancie.



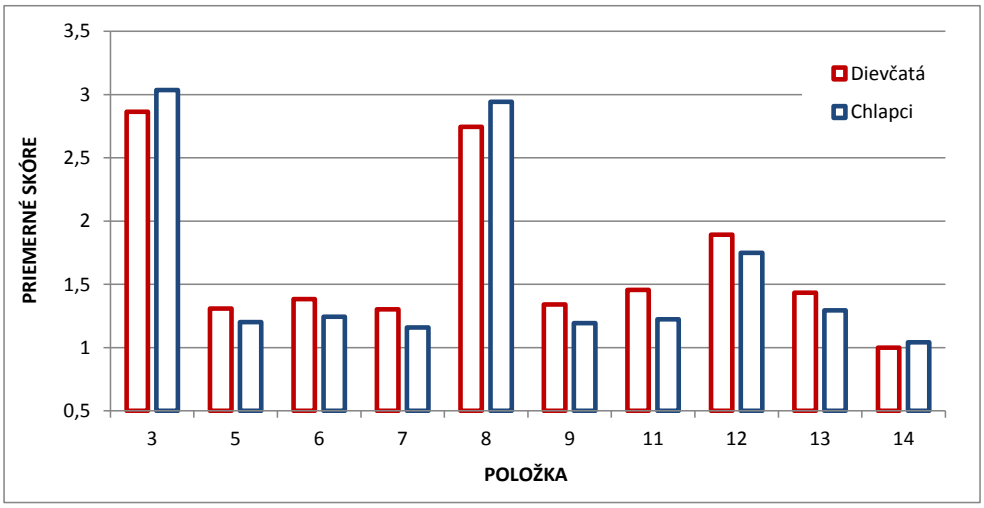
Obr. 4-1 Diferencie v priemerných hodnotách skóre generované rozdielnymi predmetmi
(Znenie jednotlivých položiek je uvedené v tab. 4-11)

Na porovnanie odpovedí medzi chlapcami a dievčatami sme použili Mannov-Whitneyov U test, pričom signifikantné rozdiely medzi oboma pohlaviami sme zistili až v desiatich prípadoch (tab. 4-12 a obr. 4-2). Vo všetkých položkách, okrem položiek 3, 8 a 14, chlapci vykazujú nižšie hodnoty skóre, čo vzhľadom na prevažne hodnotiaci charakter týchto položiek predstavuje optimistickejšie vyjadrenia v porovnaní s dievčatami. Dievčatá v položkách 3 a 8 výraznejšie deklarujú potrebu pomoci učiteľa pri pochopení ale aj pri realizácii aktivít. Zdá sa teda, že dievčatá sú vo všetkých položkách so signifikantným rozdielom vo svojich vyjadreniach opatrnejšie ako chlapci. Želanie častejšieho používania počítačových meracích systémov na vyučovacích hodinách výraznejšie deklarovali chlapci, aj keď obe skupiny sa v tomto smere vyjadrili veľmi pozitívne.

Tab. 4-12 Diferencie generované pohlavím žiakov
N = 476; Uvedené sú len položky so štatisticky významným rozdielom.
MR_D – priemerné poradie (*Mean Rank*) pre dievčatá,
MR_{Ch} – priemerné poradie (*Mean Rank*) pre chlapcov

Položka		Signifikancia (Mann-Whitney U test)*
3.	Potreboval som pomoc svojho učiteľa pri pochopení aktivity.	U = 20 432,0; z = –2,338; p = ,019 MR_D = 229,60; MR_{Ch} = 260,07
5.	Inštrukcie mi boli jasné.	U = 25 770,5; z = 2,248; p = ,025 MR_D =245,47; MR_{Ch} = 221,60
6.	Bolo jednoduché nastaviť prístrojovú techniku (experimentálne zariadenie).	U = 26 585,5; z = 2,857; p = ,004 MR_D = 247,90; MR_{Ch} = 215,72
7.	Bolo jednoduché pracovať s počítačovým systémom.	U = 26 686,5; z = 3,162; p = ,002 MR_D =248,19; MR_{Ch} = 215,01
8.	Pri realizácii experimentu som potreboval pomoc učiteľa.	U = 20 451,0; z = –2,304; p = ,021 MR_D = 229,69; MR_{Ch} = 259,87
9.	Bolo jednoduché získavať údaje prostredníctvom počítačového meracieho systému.	U = 26 627,0; z = 3,002; p = ,003 MR_D = 248,01; MR_{Ch} = 215,44
11.	Prácu s počítačovým meracím systémom považujem za prínosnú pre zlepšenie mojich vedomostí.	U = 28 560,5; z = 4,481; p = ,000 MR_D = 253,75; MR_{Ch} = 201,53
12.	Vedomosti, ktoré som nadobudol pri experimentovaní s počítačovým meracím systémom využijem aj na iných hodinách.	U = 25 985,0; z = 2,106; p = ,035 MR_D =246,11; MR_{Ch} = 220,06
13.	Aktivita bola zaujímavá a motivujúca.	U = 26 184,5; z = 2,426; p = ,015 MR_D = 246,70; MR_{Ch} = 218,62
14.	Ocenil by som častejšie používanie počítačových meracích systémov na hodinách chémie / biológie.	U = 24 394,5; z = 2,437; p = ,015 MR_D = 241,39; MR_{Ch} = 231,50

* Zobrazené sú asymptotické signifikancie.



Obr. 4-2 Diferencie v priemerných hodnotách skóre generované pohlavím žiakov
(Znenie jednotlivých položiek je uvedené v tab. 4-12)

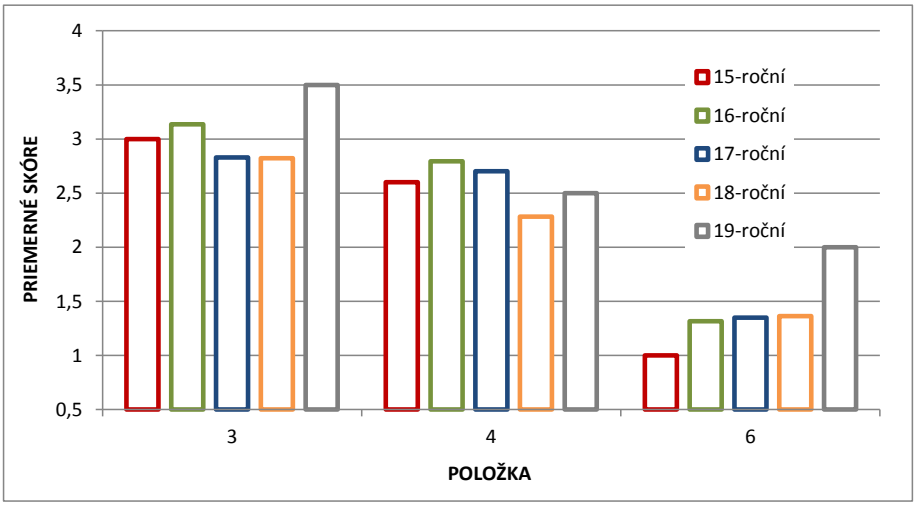
Na tomto výskume participovali žiaci vo veku od 15 do 19 rokov. Zisťovali sme preto, či aj medzi žiakmi rôzneho veku možno zaznamenať rozdielne odpovede. Štatisticky signifikantný rozdiel sme prostredníctvom Kruskalovho-Wallisovho H testu zaznamenali

v troch položkách dotazníka (tab. 4-13, obr. 4-3). Napriek tomu, že v položke 3, pri pochopení cieľov aktivity, sme očakávali najintenzívnejšiu potrebu pomoci učiteľa od najmladších, teda pätnásťročných žiakov, následnou *post-hoc* analýzou sme pri porovnávaní jednotlivých dvojíc (*Pairwise Comparison*) zistili, že najväčším príspevkom k celkovej diferencii v tejto položke je rozdiel medzi šestnásťročnými a sedemnásťročnými žiakmi (χ^2 = 44,837; p = ,014), pričom paradoxne sedemnásťroční žiaci deklarovali vyššiu potrebu učiteľovej pomoci ako ich mladší spolužiaci (priemerné poradie (*Mean Rank*): MR_{16} = 270,16; MR_{17} = 225,32). Ostatné komparované dvojice neprispievali k celkovému signifikantnému rozdielu v tejto položke. V prípade položky 4 sa ukázalo, že žiaci rozdielneho veku rozdielne vnímajú nevyhnutnosť použitia počítačového meracieho systému v realizovaných aktivitách. Hlbšia komparácia jednotlivých dvojíc odhalila, že najskeptickejší žiaci vo vzťahu k výroku v tejto položke sú osemnásťroční, pričom k celkovej signifikantnosti prispievajú ich diferencie v porovnaní so šestnásťročnými (χ^2 = 66,646; p = ,003; MR_{16} = 258,43; MR_{18} = 191,78) aj sedemnásťročnými (χ^2 = 52,681; p = ,012; MR_{17} = 244,46; MR_{18} = 191,78) žiakmi.

Tab. 4-13 Diferencie generované vekom žiakov
N = 476; Uvedené sú len položky so štatisticky významným rozdielom.

Položka		Signifikancia (Kruskal-Wallis H test)*
3.	Potreboval som pomoc svojho učiteľa pri pochopení cieľov aktivity.	$\chi^2(4)$ = 11,747; p = ,019
4.	Myslím, že aktivitu (experiment) by bolo možné uskutočniť aj bez počítačového meracieho systému.	$\chi^2(4)$ = 14,653; p = ,005
6.	Bolo jednoduché nastaviť prístrojovú techniku (experimentálne zariadenie).	$\chi^2(4)$ = 13,090; p = ,011

* Zobrazené sú asymptotické signifikancie.



Obr. 4-3 Diferencie v priemerných hodnotách skóre generované vekom žiakov
(Znenie jednotlivých položiek je uvedené v tab. 4-13)

Poslednou položkou signifikantne ovplyvňovanou vekom respondentov je položka 6, v ktorej žiaci rozdielneho veku odlišne vnímajú náročnosť nastavenia prístrojovej techniky pri realizácii aktivít. *Post-hoc* analýza odhalila, že k celkovému rozdielu najmarkantnejšie prispieva diferencia medzi šestnásťročnými a osemnásťročnými žiakmi (χ^2 = –47,102; p = ,013), pričom mladší žiaci sú opäť vo vyjadrení optimistickejší (MR_{16} = 223,13; MR_{18} = 270,23).

Tab. 4-14 Diferencie generované rozdielnou školou
N = 476; Uvedené sú len položky so štatisticky významným rozdielom.

Položka		Signifikancia (Kruskal-Wallis H test)*
2.	Vymenujte ciele aktivity.	$\chi^2(3)$ = 8,016; p = ,046
3.	Potreboval som pomoc svojho učiteľa pri pochopení cieľov aktivity.	$\chi^2(3)$ = 36,803; p = ,000
6.	Bolo jednoduché nastaviť prístrojovú techniku (experimentálne zariadenie).	$\chi^2(3)$ = 16,499; p = ,001
7.	Bolo jednoduché pracovať s počítačovým systémom.	$\chi^2(3)$ = 16,124; p = ,001
8.	Pri realizácii experimentu som potreboval pomoc učiteľa.	$\chi^2(3)$ = 26,126; p = ,000
9.	Bolo jednoduché získavať údaje prostredníctvom počítačového meracieho systému.	$\chi^2(3)$ = 13,611; p = ,003
10.	Počítačový merací systém mi pomohol správne interpretovať získané výsledky (napr. grafy).	$\chi^2(3)$ = 8,456; p = ,037
11.	Prácu s počítačovým meracím systémom považujem za prínosnú pre zlepšenie mojich vedomostí.	$\chi^2(3)$ = 11,851; p = ,008
13.	Aktivita bola zaujímavá a motivujúca.	$\chi^2(3)$ = 12,032; p = ,007

* Zobrazené sú asymptotické signifikancie.

Keďže na výskume participovali žiaci zo štyroch rozličných gymnázií, zaujímalo nás tiež, či žiaci z rôznych škôl odpovedajú na jednotlivé položky dotazníka rovnako alebo rozdielne. Kruskalov-Wallisov H test odhalil deväť položiek, v ktorých sa škola prejavuje ako faktor generujúci štatisticky významné rozdiely medzi odpoveďami žiakov (tab. 4-14). Z výsledkov *post-hoc* komparácie jednotlivých dvojíc[1] sú zrejmé niektoré zaujímavé súvislosti. Napríklad, žiaci *školy 4*, ktorí si pri vymenovaní cieľov aktivít (položka 2) počínali najhoršie, vyjadrili najmenšiu potrebu pomoci od učiteľa, a to nielen pri pochopení aktivity (položka 3), ale aj pri jej realizácii (položka 8). Na základe údajov v položke 2 môžeme povedať, že najlepšie pochopili ciele aktivity žiaci *školy 1*, ktorí v súlade s týmto zistením nedeklarujú vysokú potrebu pomoci učiteľa pri pochopení a ani pri realizácii aktivít. Zaujímavé a logické zistenie sledujeme pri zoradení žiakov jednotlivých škôl podľa ich potreby učiteľovej pomoci pri pochopení aktivity. Najintenzívnejšie ju potrebovali žiaci *školy 2*, nasledujú žiaci *školy 3*, žiaci *školy 1* a na záver žiaci *školy 4*. Rovnaké poradie škôl sme zistili aj pri deklarovaní potreby

[1] Podrobné štatistické dáta kvôli veľkému počtu údajov neuvádzame.

učiteľovej pomoci pri realizácii jednotlivých aktivít. S týmto zistením tiež korešponduje fakt, že žiaci, pre ktorých bolo najnáročnejšie pracovať s meracími zariadeniami (*škola 2*), potrebovali najintenzívnejšiu pomoc učiteľa pri realizácii experimentov. Je tiež zaujímavé, že práve títo žiaci považujú prácu s meracími systémami za najprínosnejšiu pre zlepšenie svojich vedomostí.

Z mnohých našich zistení vyplýva, že úloha učiteľa je pri realizácii aktivít takéhoto druhu naozaj nezastupiteľná, a to aj napriek tomu, že nami navrhnuté aktivity a k nim vytvorené pracovné listy, sú v porovnaní s tradičným vyučovaním viac orientované na žiaka, vyžadujú jeho výraznejšiu aktivizáciu a oveľa samostatnejší prístup v riešení čiastkových cieľov aktivít. Predpokladáme však, že pomoc učiteľa sa pravdepodobne podpísala na pozitívnejších výsledkoch v položke 2 u niektorých žiakov, ktorí potrebu tejto pomoci v položkách 3 a 8 deklarovali.

5

UČITELIA AKO HODNOTITELIA AKTIVÍT S POČÍTAČOVÝMI MERACÍMI SYSTÉMAMI

5.1 Zámer, výskumný nástroj a použité metódy

Na získanie spätnej väzby od učiteľov (resp. budúcich učiteľov) o kvalite overovaných aktivít sme pripravili vlastný nástroj - dotazník, ktorý im bol administrovaný po realizácii aktivity a dôkladnom oboznámení sa so všetkými jej aspektami. Uvedomujeme si, že učitelia do istej miery pri hodnotení brali do úvahy aj reakcie svojich žiakov, pretože, hoci sami neviedli ich experimentálnu činnosť, boli s nimi pri overovaní v priamom kontakte. Dotazník pre učiteľov bol pomerne rozsiahly, rozdelený do dvoch častí. Kým prvá časť (administrovaná každému učiteľovi jednorazovo) bola všeobecná, poskytujúca základné informácie o učiteľovi a najmä o jeho predchádzajúcej skúsenosti s počítačovými meracími systémami, druhá časť (administrovaná pre každú overovanú aktivitu) bola určená na hodnotenie aktivity. Druhá časť dotazníka pozostávala z 39 položiek sledujúcich rozličné aspekty overovaných aktivít. Okrem niekoľkých otvorených položiek bol dotazník tvorený najmä uzavretými položkami typu deklaratívnych výrokov, pričom miera súhlasu sa vyjadrovala na štvorstupňovej Likertovej škále: 1 – úplne súhlasím, 2 – súhlasím, 3 – nesúhlasím a 4 – vôbec nesúhlasím.

Na spracovanie získaných dát sme použili rôzne štatistické metódy: deskriptívnu štatistiku, frekvenčnú analýzu, komparatívnu analýzu (predmet, učiteľ, aktivita) a zhlukovú analýzu. V komparatívnej analýze sme na zistenie signifikantnosti prípadných rozdielov medzi sledovanými skupinami použili neparametrické štatistické metódy Mannov-Whitneyov U test (Mann a Whitney, 1947) a Kruskalov-Wallisov H test (Kruskal a Wallis, 1952).

5.2 Vzorka hodnotiacich učiteľov

Na slovenskej časti výskumu sa podieľalo 8 učiteľov z praxe (7 žien) zo štyroch gymnázií (kap. 3.2). Len jeden z učiteľov deklaroval krátku predchádzajúcu skúsenosť s prácou so školskými počítačovými meracími systémami. Keďže učitelia neboli skúsení v tejto oblasti, na overovaní navrhnutých experimentálnych aktivít sa zúčastnili len ako pozorovatelia, pričom mali možnosť dokonale sa oboznámiť s aktivitami a tiež pracovnými listami, ktoré k nim boli vypracované. Keďže každý z učiteľov sa podieľal na overovaní viacerých aktivít, celkovo bolo praktizujúcimi učiteľmi uskutočnených 51 overovaní.

Okrem učiteľov z praxe sa na overovaní aktivít podieľalo aj 8 budúcich učiteľov (všetky ženy), študentov chémie a biológie na Fakulte prírodných vied Univerzity Mateja Bela v Banskej Bystrici. Žiadny z nich nemal predchádzajúcu skúsenosť s prácou v počítačom podporovanom laboratóriu. Do nášho výskumu boli budúci učitelia zapojení dvomi rozdielnymi spôsobmi: (i) ako žiaci aj (ii) ako učitelia. Na rozdiel od učiteľov z praxe, budúci učitelia najprv realizovali a overovali aktivity ako žiaci, pričom spätnú väzbu poskytli rovnakým spôsobom ako žiaci gymnázií, teda prostredníctvom oboch nástrojov na zisťovanie motivačnej orientácie aj dotazníka na hodnotenie aktivít pre žiakov, a potom boli požiadaní, aby aktivity ohodnotili aj z pohľadu učiteľa a vyplnili príslušný hodnotiaci nástroj – dotazník pre učiteľov. Je však dôležité podotknúť, že vo výsledkoch a diskusii zvažujeme len ich rolu učiteľa. Podobne ako pri praktizujúcich učiteľoch, aj budúci učitelia overovali viacero aktivít, čo viedlo k 72 overovaniam. Celkovo bolo teda šestnástimi participantami uskutočnených 123 overovaní.

5.3 Výsledky hodnotenia aktivít učiteľmi

V tejto kapitole sa venujeme analýze dvadsiatich vybraných položiek použitého dotazníka pre učiteľov. Výsledky frekvenčnej analýzy pre tieto položky sú zobrazené v tab. 5-1. Pri položkách, ktoré vyžadovali priamy kontakt učiteľa s prácou žiaka, sú do analýzy zahrnuté len výsledky praktizujúcich učiteľov, nie študentov učiteľstva.[1] Kumulatívne percentá pre celkový súhlas s výrokom v položke sú v tabuľke vyznačené šedým podsvietením.

Uzavreté položky dotazníka boli formulované ako pozitívne deklaratívne výroky. Ako je zrejmé z tab. 5-1, väčšina odpovedí respondentov je súhlasných. Týka sa to najmä položiek súvisiacich s kvalitou hodnotených aktivít, kde súhlas s výrokom v položke vyjadruje minimálne 90 % respondentov. Samozrejme, v hodnoteniach učiteľov sme zaznamenali aj mnohé rozdiely medzi konkrétnymi aktivitami, avšak sústredíme sa len na hodnotenie aktivít ako súborného materiálu na podporu experimentálnej činnosti žiakov.

Odpovede respondentov na položky 4 a 5, na ktoré odpovedali len praktizujúci učitelia, dokumentujú, že pri niektorých aktivitách žiaci potrebovali pomoc učiteľa pri ich pochopení, resp. pri navrhnutí alebo realizácii samotného experimentu (experimentov) k tejto aktivite. Potvrdzuje to zároveň naše zistenie z dotazníkov administrovaných samotným žiakom a tiež výsledky našich predbežných publikovaných analýz (Skoršepa et al., 2014; Skoršepa et al., 2013; Tortosa Moreno et al., 2013b). Samozrejme, úroveň tejto pomoci je rozdielna pri rozdielnych aktivitách.

Z položky 10 vyplýva, že približne pätina respondentov nepovažuje počet úloh, ktoré majú žiaci pri realizácii aktivity vyriešiť (vyplniť) za primeraný. Aj z predchádzajúcich štúdií (Skoršepa et al., 2013) a rovnako aj z dotazníkov pre žiakov vieme, že v niektorých pracovných listoch bolo príliš veľa úloh, ktoré žiaci vnímali ako nadmerne zaťažujúce počas riešenia experimentálnej aktivity.

[1] Tieto položky sú v tab. 5-1 vyznačené hviezdičkou s príslušným komentárom.

Tab. 5-1 Frekvenčná analýza vybraných položiek dotazníka pre učiteľov
N = 123; **M** celkové priemerné skóre; **SD** smerodajná odchýlka; **S** skóre; **T** celkový počet odpovedí; **F** početnosť; **V%** validné (platné) percentá; **C%** kumulatívne percentá

	Položka	M±SD	S	F	V%	C%
1.	Ciele laboratórnej aktivity sú správne zvolené.	1,42	1	73	59,3	59,3
		± ,53	2	48	39,0	98,4
			3	2	1,6	100,0
			T	123	100,0	
2.	Pokyny pre žiakov sú jasné a majú logickú štruktúru.	1,50	1	69	56,1	56,1
		± ,61	2	47	38,2	94,3
			3	7	5,7	100,0
			T	123	100,0	
3.	*Náročnosť* laboratórnych aktivít zodpovedá úrovni vedomostí žiakov.	1,55	1	62	50,4	50,4
		± ,60	2	54	43,9	94,3
			3	7	5,7	100,0
			T	123	100,0	
4.	Žiaci potrebovali pomoc učiteľa pri pochopení princípu a cieľov laboratórnej aktivity. *(* netýka sa budúcich učiteľov)*	2,22	1	5	9,8	9,8
		± ,64	2	31	60,8	70,6
			3	14	27,5	98,0
			4	1	2,0	100,0
			T	51	100,0	
5.	Žiaci potrebovali pomoc učiteľa pri navrhovaní a uskutočnení experimentu. *(* netýka sa budúcich učiteľov)*	2,04	1	11	21,6	21,6
		± ,72	2	28	54,9	76,5
			3	11	21,6	98,0
			4	1	2,0	100,0
			T	51	100,0	
6.	Pre žiakov bolo ľahké pracovať s počítačovým meracím systémom (PC + senzory). *(* netýka sa budúcich učiteľov)*	1,86	1	7	13,7	13,7
		± ,35	2	44	86,3	100,0
			T	51	100,0	
7.	*Dĺžka trvania* aktivity je primeraná.	1,65	1	54	43,9	43,9
		± ,65	2	59	48,0	91,9
			3	9	7,3	99,2
			4	1	,8	100,0
			T	123	100,0	
8.	Aktivita zodpovedá ŠVP.	1,67	1	54	43,9	43,9
		± ,61	2	59	48,0	91,9
			3	9	7,3	99,2
			4	1	,8	100,0
			T	123	100,0	
9.	Pri tejto aktivite sa žiaci učia prírodné vedy.	1,40	1	79	64,2	64,2
		± ,75	2	40	32,5	96,7
			3	4	3,3	100,0
			T	123	100,0	
10.	Množstvo úloh, ktoré majú žiaci pri realizácii tejto aktivity vyriešiť (vyplniť) je primerané.	1,87	1	34	35,0	35,0
		± ,60	2	54	43,9	78,9
			3	25	20,3	99,2
			4	1	,8	100,0
			T	123	100	
11.	Aktivita zvyšuje *motiváciu* a *zvedavosť* žiakov.	1,36	1	81	65,9	65,9
		± ,51	2	40	32,5	98,4
			3	2	1,6	100,0
			T	123	100,0	
12.	Aktivita podporuje *rozvoj tvorivého myslenia a práce* žiakov.	1,39	1	77	62,6	62,6
		± ,52	2	44	35,8	98,4
			3	2	1,6	100,0
			T	123	100,0	

pokračovanie tabuľky na ďalšej strane

Položka		M	S	F	V%	C%
13.	Aktivita podporuje rozvíjanie žiakovej *schopnosti formulovať hypotézy*.	1,59 ± ,54	1	53	43,1	43,1
			2	67	54,5	97,6
			3	3	2,4	100,0
			T	123	100,0	
14.	Aktivita je pre žiakov *zábavná*.	1,40 ± ,64	1	82	66,7	66,7
			2	35	28,5	95,1
			3	4	3,3	98,4
			4	2	1,6	100,0
			T	123	100,0	
15.	Aktivita učí žiakov *pracovať v skupine*.	1,34 ± ,56	1	85	69,1	69,1
			2	35	28,5	97,6
			3	2	1,6	99,2
			4	1	,8	100,0
			T	123	100,0	
16.	Aktivita umožňuje žiakom *aplikovať* ich vedomosti.	1,41 ± ,54	1	75	61,0	61,0
			2	45	36,6	97,6
			3	3	2,4	100,0
			T	123	100,0	
17.	Aktivita podporuje žiakov v samostatnosti pri učení sa.	1,74 ± ,63	1	44	35,8	35,8
			2	67	54,5	90,2
			3	12	9,8	100,0
			T	123	100,0	
18.	Aktivita podporuje rozvoj schopnosti žiakov *výskumne pracovať*.	1,56 ± ,57	1	45	36,6	36,6
			2	71	57,7	94,3
			3	7	5,7	100,0
			T	123	100,0	
19.	Pri tejto aktivite (s použitím meracích systémov) sa žiaci naučia rovnaké prírodovedné koncepty ako pri tradičných laboratórnych cvičeniach.	2,30 ± ,74	1	19	15,4	15,4
			2	51	41,5	56,9
			3	51	41,5	98,4
			4	2	1,6	100,0
			T	123	100,0	
20.	Myslím, že túto aktivitu by bolo možné zrealizovať aj bez podpory počítačového meracieho systému a výsledný vzdelávací efekt by bol rovnaký.	2,77 ± ,67	1	8	6,5	6,5
			2	22	17,9	24,4
			3	83	67,5	91,9
			4	10	8,1	100,0
			T	123	100,0	

Pozn.: Nezaznamenali sme žiadne chýbajúce dáta, preto percentuálne početnosti sú totožné s hodnotami validných percent.

Takmer 60 % respondentov si myslí, že pri týchto aktivitách sa žiaci učia rovnaké prírodovedné koncepty ako pri tradičných laboratórnych cvičeniach. Mohlo by to znamenať, že zvyšných takmer 40 % si myslí, že vyučované koncepty v laboratóriu s počítačovými meracími systémami sú odlišné od tých v tradičnom laboratóriu alebo aj to, že jednoducho nedokážu rozoznať, či sa žiaci učia rozdielne alebo rovnaké koncepty. V tejto súvislosti je tiež možné poznamenať, že v poslednej položke (20) takmer jedna štvrtina respondentov nerozoznáva prínos digitálnych meracích systémov pri realizácii týchto aktivít, pretože vyslovujú názor, že by ich bolo možné s rovnakým edukačným efektom uskutočniť aj bez meracích systémov. Musíme pripomenúť, že všetky aktivity boli navrhnuté tak, aby profitovali práve z použitia digitálnych meracích zariadení, a teda nie je možné tieto aktivity rovnako efektívne uskutočniť bez nich. Vzhľadom na to, že respondenti nemali žiadnu predchádzajúcu skúsenosť s používaním tejto technológie na vyučovaní, domnievame sa, že naše zistenia dokumentujú potrebu poznania modelu *Technologicko-pedagogickej znalosti obsahu* (Technological Pedagogical Content Knowledge, TPCK) (Koehler a Mishra, 2009; Mishra a Koehler, 2006; Schmidt et al., 2009) a jeho prípadného začlenenia do rozličných

kurzov pre učiteľov (Bílek a Machková, 2012), resp. do samotnej prípravy budúcich učiteľov (Skoršepa a Tortosa Moreno, 2014c).

Použitím Mannovho-Whitneyovho U testu sme v desiatich položkách zistili významné rozdiely v ich vnímaní praktizujúcimi učiteľmi a budúcimi učiteľmi. Keďže vo všetkých položkách nebola distribúcia skóre pre obe porovnávané skupiny rovnaká, nebolo možné porovnávať hodnoty mediánov medzi oboma skupinami. Diferencie medzi týmito skupinami potvrdzujúce štatisticky významné rozdiely medzi nimi pre spomínaných desať položiek sú zobrazené v tab. 5-2. Rozdiely v stredných hodnotách graficky zobrazuje obr. 5-1.

Tab. 5-2 Diferencie medzi praktizujúcimi učiteľmi a študentmi učiteľstva
N = 123; Uvedené sú len položky so štatisticky významným rozdielom.
MR_{In} – priemerné poradie (*Mean Rank*) pre praktizujúcich učiteľov,
MR_{Pre} – priemerné poradie (*Mean Rank*) pre budúcich učiteľov

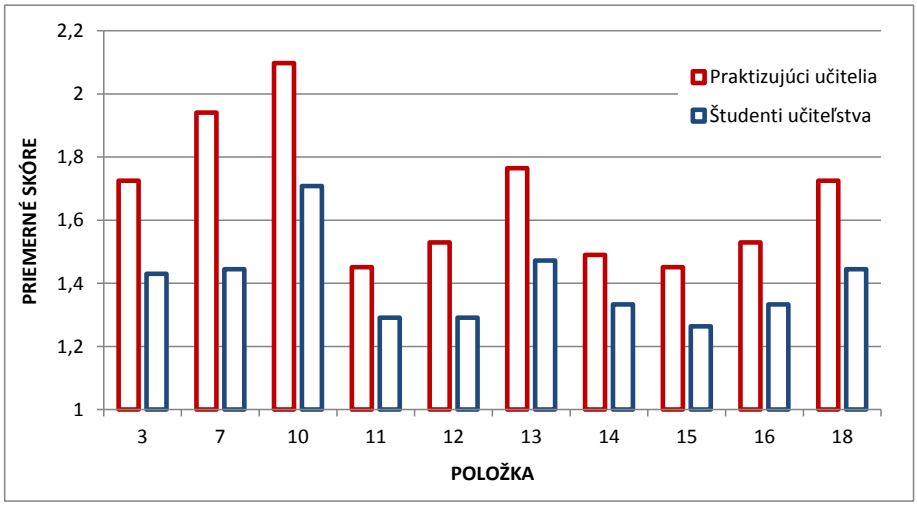
Položka		Signifikancia (Mann-Whitney U test)*
3.	*Náročnosť* laboratórnych aktivít zodpovedá úrovni vedomostí žiakov.	U = 1 383,0; z = –2,621; p = ,009 MR_{In} = 70,88; MR_{Pre} = 55,71
7.	*Dĺžka trvania* aktivity je primeraná.	U = 1 160,0; z = –3,869; p = ,000 MR_{In} = 75,25; MR_{Pre} = 52,61
10.	Množstvo úloh, ktoré majú žiaci pri realizácii tejto aktivity vyplniť je primerané.	U = 1 339,5; z = –2,742; p = ,006 MR_{In} = 71,74; MR_{Pre} = 55,10
11.	Aktivita zvyšuje *motiváciu* a *zvedavosť* žiakov.	U = 1 515,5; z = –1,995; p = ,046 MR_{In} = 68,28; MR_{Pre} = 57,55
12.	Aktivita podporuje rozvoj *tvorivého myslenia a práce* žiakov.	U = 1 375,5; z = –2,808; p = ,005 MR_{In} = 71,03; MR_{Pre} = 55,60
13.	Aktivita podporuje rozvíjanie žiakovej *schopnosti formulovať hypotézy*.	U = 1 281,0; z = –3,272; p = ,001 MR_{In} = 72,88; MR_{Pre} = 54,29
14.	Aktivita je pre žiakov *zábavná*.	U = 1 458,0; z = –2,352; p = ,019 MR_{In} = 69,41; MR_{Pre} = 56,75
15.	Aktivita učí žiakov *pracovať v skupine*.	U = 1 466,0; z = –2,358; p = ,018 MR_{In} = 69,25; MR_{Pre} = 56,87
16.	Aktivita umožňuje žiakom *aplikovať* ich vedomosti.	U = 1 440,0; z = –2,389; p = ,017 MR_{In} = 69,76; MR_{Pre} = 56,50
18.	Aktivita podporuje rozvoj schopnosti žiakov *výskumne pracovať*.	U = 1 273,5; z = –3,297; p = ,001 MR_{In} = 73,03; MR_{Pre} = 54,19

* Zobrazené sú asymptotické signifikancie.

Na základe porovnania hodnôt priemerných poradí (*Mean Ranks*) Mannovho-Whitneyovho U testu (tab. 5-2) a tiež stredných hodnôt (obr. 5-1) oboch porovnávaných skupín sa zdá, že študenti učiteľstva vyjadrujú optimistickejšie (nižšie) skóre ako praktizujúci učitelia vo všetkých položkách so štatisticky významným rozdielom. Dôvodom tohto faktu môže byť napríklad nedostatok skúseností budúcich učiteľov a tiež ich zatiaľ len krátka pedagogická prax[1] v reálnom prostredí. Na druhej strane, praktizujúci učitelia sú oveľa skúsenejší, znalí reálnych podmienok pedagogickej praxe ale aj žiakovho myslenia, uvažovania a pod. Keďže poznajú špecifiká žiakových potrieb, sú schopní oveľa presnejšie

[1] Ide o pedagogickú prax v rámci ich vysokoškolského štúdia.

predikovať smer a hĺbku jeho uvažovania počas experimentálnej práce v laboratóriu. Zrejme preto sú ich vyjadrenia opatrnejšie, nie však kritické. Najrozdielnejšie vnímané položky sa týkali hlavne: (i) náročnosti aktivít, (ii) ich dĺžky, (iii) ich potenciálnej schopnosti zvyšovať žiakovu motiváciu a zvedavosť, (iv) ich príspevku k rozvoju žiakovho kritického myslenia, (v) ich podpory schopnosti formulovať hypotézy a tiež (vi) ich tendencie rozvíjať schopnosti žiakov výskumne pracovať.



Obr. 5-1 Priemerné hodnoty skóre pre praktizujúcich učiteľov a budúcich učiteľov
(Znenie jednotlivých položiek je uvedené v tab. 5-2)

Okrem toho, významne rozdielne odpovede sme zaznamenali nielen medzi praktizujúcimi učiteľmi a ich budúcimi kolegami, ale aj v rámci skupiny praktizujúcich učiteľov. Tieto diferencie boli generované rozdielnymi školami, z ktorých jednotliví učitelia pochádzali. Kruskalov-Wallisov H test v tomto prípade odhalil päť rozdielne vnímaných položiek. Na základe vizuálnej kontroly[1] však aj v tomto prípade bola zistená nerovnaká distribúcia skóre pre všetky skupiny, preto ich nie je možné porovnávať prostredníctvom hodnôt mediánov. Štatistické údaje položiek so signifikantným rozdielom medzi praktizujúcimi učiteľmi generované rozdielnymi školami sú uvedené v tab. 5-3. Obr. 5-2 zobrazuje priemerné hodnoty skóre rozdielne vnímaných položiek.

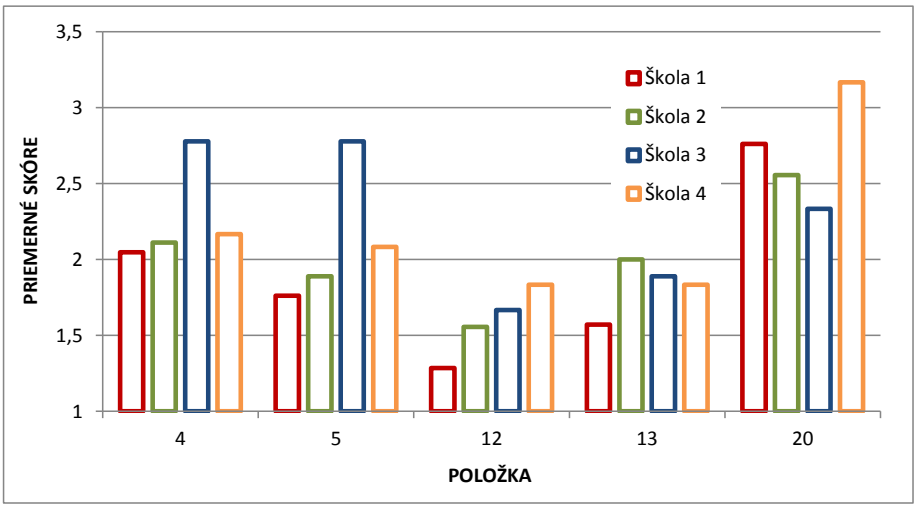
Je zaujímavé, že učitelia z rozličných škôl rozdielne vnímali potrebu učiteľovej pomoci svojim žiakom (položky 4 a 5). Predpokladáme, že k signifikantnému rozdielu v odpovediach v týchto položkách prispievajú predovšetkým učitelia zo *školy 3*, ktorí deklarujú malú potrebu pomoci svojim žiakom a výrazne sa tak odlišujú od vyjadrení z ostatných škôl. Môže to vyplývať z poznania, že žiaci tejto školy sú dostatočne skúsení v práci v laboratóriu, a preto nepotrebujú výraznejšiu pomoc učiteľa ani pri realizácii overovaných aktivít. Vieme, že medzi našimi školami sú mnohé rozdiely, napríklad aj v materiálovo-technickom vybavení ich laboratórií (Kleinová, 2015; Kmeťová, 2015), čo môže tiež priamo aj nepriamo ovplyvňovať žiakovu erudovanosť v laboratórnej práci.

[1] Pomocou tzv. škatuľových grafov (*Boxplot*).

Tab. 5-3 Diferencie v skupine praktizujúcich učiteľov generované rozdielnymi školami
N = 51; Uvedené sú len položky so štatisticky významným rozdielom.

Položka		Signifikancia (Kruskal-Wallis H test)*
4.	Žiaci potrebovali pomoc učiteľa pri pochopení princípu a cieľov laboratórnej aktivity.	$\chi^2(3) = 7{,}920$; $p = ,048$
5.	Žiaci potrebovali pomoc učiteľa pri navrhovaní a uskutočnení experimentu.	$\chi^2(3) = 12{,}190$; $p = ,007$
12.	Aktivita podporuje *rozvoj tvorivého myslenia a práce* žiakov.	$\chi^2(3) = 9{,}961$; $p = ,019$
13.	Aktivita podporuje rozvíjanie žiakovej *schopnosti formulovať hypotézy*.	$\chi^2(3) = 8{,}054$; $p = ,045$
20.	Myslím, že túto aktivitu by bolo možné zrealizovať aj bez podpory počítačového meracieho systému a výsledný vzdelávací efekt by bol rovnaký.	$\chi^2(3) = 8{,}016$; $p = ,046$

* Zobrazené sú asymptotické signifikancie.



Obr. 5-2 Priemerné hodnoty skóre pre praktizujúcich učiteľov generované rozdielnymi školami
(Znenie jednotlivých položiek je uvedené v tab. 5-3)

Zaujímalo nás tiež, či učitelia rozdielne vnímajú aktivity patriace k rozdielnym predmetom. V našej štúdii učitelia uskutočnili celkovo 65 overovaní chemických a 58 overovaní biologických aktivít.

Mannov-Whitneyov U test odhalil 12 položiek dotazníka so štatisticky významnými rozdielmi vo vnímaní chemických a biologických aktivít. Ani v tomto prípade nie je možné porovnávať obe skupiny na základe hodnôt ich mediánov, pretože distribúcia skóre bola rozdielna pri oboch skupinách. Štatistické dáta rozdielne vnímaných položiek uvádza tab. 5-4. Rozdiely v priemerných hodnotách skóre pre obe skupiny možno porovnať na obr. 5-3. V položkách 4, 5 a 6 bol Mannov-Whitneyov U test realizovaný len s dátami od praktizujúcich učiteľov (z dôvodov, ktoré sme uviedli vyššie, tab. 5-1), avšak signifikantné diferencie generované rozdielnymi predmetmi sme v nich nezaznamenali.

Tab. 5-4 Diferencie generované rozdielnymi predmetmi – chemické / biologické aktivity
N = 123; Uvedené sú len položky so štatisticky významným rozdielom.
MR_{Ch} – priemerné poradie (*Mean Rank*) pre chémiu,
MR_{Bio} – priemerné poradie (*Mean Rank*) pre biológiu

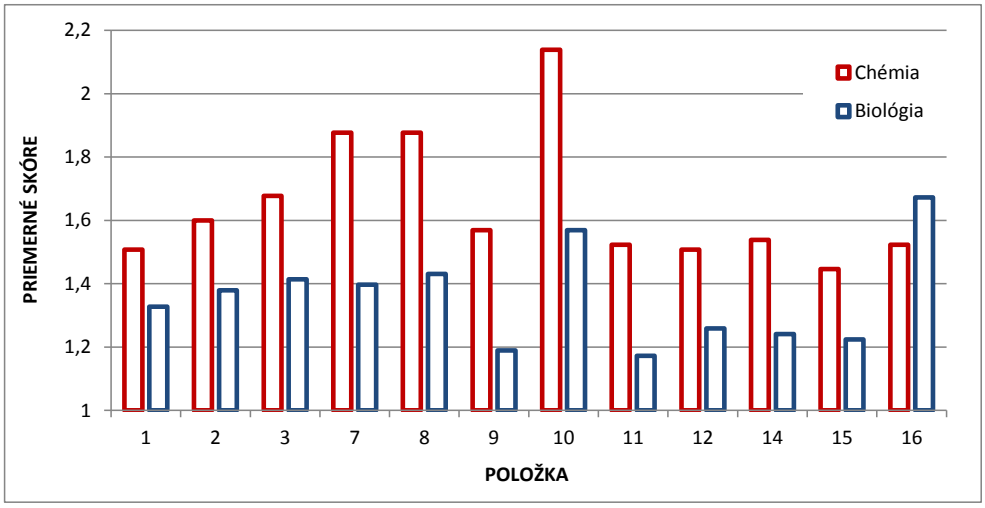
Položka		Signifikancia (Mann-Whitney U test)*
1.	Ciele laboratórnej aktivity sú správne zvolené.	U = 1 549,0; z = –1,990; p = ,047 MR_{Ch} = 67,17; MR_{Bio} = 56,21
2.	Pokyny pre žiakov sú jasné a majú logickú štruktúru.	U = 1 533,0; z = –2,036; p = ,042 MR_{Ch} = 67,42; MR_{Bio} = 55,93
3.	*Náročnosť* laboratórnych aktivít zodpovedá úrovni vedomostí žiakov.	U = 1 480,5; z = –2,310; p = ,021 MR_{Ch} = 68,22; MR_{Bio} = 55,03
7.	*Dĺžka trvania* aktivity je primeraná.	U = 1 183,5; z = –3,962; p = ,000 MR_{Ch} = 72,79; MR_{Bio} = 49,91
8.	Aktivita zodpovedá ŠVP.	U = 1 172,5; z = –4,057; p = ,000 MR_{Ch} = 72,96; MR_{Bio} = 49,72
9.	Pri tejto aktivite sa žiaci učia prírodné vedy.	U = 1 263,5; z = –3,762; p = ,000 MR_{Ch} = 71,56; MR_{Bio} = 51,28
10.	Množstvo úloh, ktoré majú žiaci pri realizácii tejto aktivity vyplniť je primerané.	U = 1 138,5; z = –4,068; p = ,000 MR_{Ch} = 73,48; MR_{Bio} = 49,13
11.	Aktivita zvyšuje *motiváciu* a *zvedavosť* žiakov.	U = 1 272,0; z = –3,766; p = ,000 MR_{Ch} = 71,43; MR_{Bio} = 51,43
12.	Aktivita podporuje *rozvoj tvorivého myslenia a práce* žiakov.	U = 1 458,0; z = –2,566; p = ,010 MR_{Ch} = 68,56; MR_{Bio} = 54,65
14.	Aktivita je pre žiakov *zábavná*.	U = 1 476,0; z = –2,512; p = ,012 MR_{Ch} = 68,29; MR_{Bio} = 54,95
15.	Aktivita učí žiakov *pracovať v skupine*.	U = 1 521,5; z = –2,290; p = ,022 MR_{Ch} = 67,59; MR_{Bio} = 55,73
16.	Aktivita umožňuje žiakom *aplikovať* ich vedomosti.	U = 1 513,0; z = –2,215; p = ,027 MR_{Ch} = 67,72; MR_{Bio} = 55,59

* Zobrazené sú asymptotické signifikancie.

Z výsledkov tohto šetrenia je evidentné, že v jedenástich z dvanástich položiek sú biologické aktivity hodnotené pozitívnejšie ako aktivity pre chémiu. Najmarkantnejšie rozdiely boli zaznamenané v položkách pojednávajúcich o (i) dĺžke trvania aktivity, (ii) jej súlade so Štátnym vzdelávacím programom, (iii) jej schopnosti učiť prírodné vedy, (iv) množstve parciálnych úloh, ktoré sú súčasťou aktivity a tiež (v) jej schopnosti zvyšovať motiváciu a zvedavosť žiakov. Medzi niekoľkými možnými vysvetleniami týchto skutočností sa nám ako najvýraznejšie javia nasledujúce tri. (1) Biologické aktivity sú viac prepojené s bežným životom, a teda aj s osobným životom participantov. Zistenie, že aktivity s väzbou na bežný život sa zdajú byť atraktívnejšie, len potvrdzuje závery našej predchádzajúcej štúdie (Urban-Woldron et al., 2013), v ktorej boli chemické aktivity previazané s bežným životom hodnotené pozitívnejšie ako ostatné chemické aktivity a všetky aktivity pre fyziku.[1] (2) Biologické a chemické aktivity neboli navrhované naraz. V skutočnosti navrhovanie biologických aktivít prebiehalo v čase, keď chemické aktivity boli už vo fáze implementácie a overovania. Je preto možné, že autori biologických aktivít už čiastočne vychádzali z tejto

[1] Štúdia nezahŕňala analýzu aktivít pre biológiu.

predchádzajúcej skúsenosti, a vyvarovali sa chýb a nedostatkov zistených pri tvorbe chemických aktivít. Z takéhoto prístupu by potom rezultovali kvalitnejšie prvé verzie biologických aktivít v porovnaní s prvými verziami aktivít chemických, čo by viedlo k spomínaným zisteniam. (3) Učitelia biológie používajú na vyučovaní podobné technológie (meraciu prístrojovú techniku) v menšej miere ako učitelia chémie (Šorgo a Kocijancic, 2012), preto je pravdepodobné, že aktivitám s meracími systémami pripisujú vyššiu pridanú hodnotu v porovnaní s aktivitami pre chémiu. V tomto prípade samozrejme nie je možné vysloviť definitívne závery a musíme konštatovať, že by bol potrebný ďalší výskum na odhalenie všetkých potrebných súvislostí.

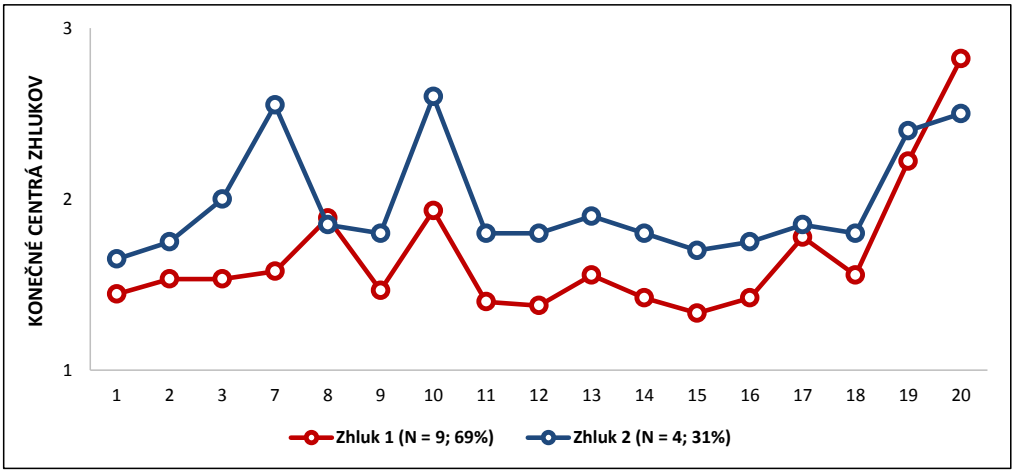


Obr. 5-3 Priemerné hodnoty skóre generované rozdielnymi predmetmi
(Znenie jednotlivých položiek je uvedené v tab. 5-4)

Na záver tejto časti výskumu sme sa pokúsili zistiť, či je možné participujúcich učiteľov na základe ich skóre v dotazníku usporiadať do určitých skupín. Učiteľov podieľajúcich sa na hodnotení aktivít rozdielnych predmetov sme v analýze zvažovali separovane. Hierarchická zhluková analýza (pri použití Wardovej metody zhlukovania (Ward, 1963)) biologických dát neodhalila žiadnu tendenciu tvorby zhlukov, preto sa im v ďalšej diskusii nevenujeme. V prípade chemických dát však analýza ukázala, že každého z učiteľov je možné zaradiť do jedného z dvoch zhlukov.[1] Nasledujúcou nehierarchickou fázou zhlukovej analýzy (metódou *K*-priemerov, *K*-means) sme získali konečné centrá zhlukov (*Final Cluster Centers*), ktoré sú zobrazené na obr. 5-4, kde sú oba zhluky zreteľne odlíšiteľné. *Zhluk 1* pritom zahŕňa deviatich učiteľov s najoptimistickejšími vyjadreniami vo väčšine položiek dotazníka. Pri podrobnejšej analýze týchto výsledkov (*Cluster Membership*) sme zistili, že *zhluk 1* obsahuje všetkých študentov učiteľstva a jedného učiteľa z praxe. Na druhej strane, väčšina praktizujúcich učiteľov, deklarujúcich opatrnejšie odpovede na jednotlivé položky dotazníka,

[1] Záznam dendrogramu uvádzame v prílohe K.

je zaradená do *zhluku 2*. Možno si všimnúť, že závery takejto distribúcie korešpondujú so zisteniami uvedenými vyššie, v tab. 5-2 a obr. 5-1.



Obr. 5-4 Zhluková analýza – konečné centrá zhlukov pre chemické aktivity
(Znenie jednotlivých položiek je uvedené v tab. 5-1)

Na hodnotenie jednotlivých aktivít je samozrejme nutné posudzovať ich osobitne. Pri hľadaní diferencií medzi vyjadreniami učiteľov generovanými rozdielnymi aktivitami sme zistili štatisticky signifikantné rozdiely vo všetkých položkách dotazníka. Nie je to však prekvapujúce, keďže každá aktivita má svoje špecifiká, osobitú podstatu a používa rozdielne „vedecké“ prístupy na riešenie experimentálnych úloh. Je však samozrejmé, že pri revidovaní aktivít v procese ich tvorby a vývoja museli byť zvažované individuálne.

6

SUMARIZÁCIA VÝSLEDKOV VÝSKUMU

Zámer prezentovaného výskumu možno chápať v dvoch rovinách: (i) overenie navrhnutých aktivít a ich pracovných listov s cieľom následnej revízie, zdokonalenia a finalizácie na základe získanej spätnej väzby o ich kvalite od žiakov a učiteľov a (ii) sledovanie vybraných aspektov počítačom podporovaného experimentovania vo vyučovaní prírodných vied počas realizácie overovaných aktivít. Výskumom sme získali množstvo dát a výsledkov, ktoré sú v konkrétnej podobe prezentované v predchádzajúcich kapitolách. V tejto časti sa pokúsime o komplexnejšiu sumarizáciu zistených záverov.

Pri revízii a finalizácii aktivít a ich pracovných listov sme ako spätnú väzbu využili najmä informácie získané z dotazníkov pre žiakov, dotazníkov pre učiteľov, ako aj z rozhovorov so samotnými žiakmi a ich učiteľmi počas realizácie každej aktivity, a aj po jej skončení. Pri hodnotení jednotlivých aktivít sme samozrejme museli postupovať veľmi individuálne v závislosti od konkrétnej aktivity. Nie je však cieľom, aby sme na tomto priestore prezentovali konkrétne zásahy do jednotlivých špecifických aktivít. Obmedzíme sa preto len na komplexné prezentovanie najčastejších úprav, ktoré si jednotlivé aktivity a ich pracovné listy vyžadovali:

- *Skrátenie aktivity* bolo nutné uskutočniť takmer pri všetkých aktivitách. Vzhľadom na to, že sme pri overovaní neboli časovo obmedzení, bolo možné venovať sa im so žiakmi tak dlho, ako to vyžadovala konkrétna situácia. Na základe poznania reality pedagogického prostredia však bolo nutné dĺžku jednotlivých aktivít zjednotiť na prijateľný čas dvoch vyučovacích hodín. Niektoré aktivity z biológie sú však podstatne kratšie (napríklad aktivity BIO5 a BIO6 týkajúce sa EKG a krvného tlaku). Pri vybraných aktivitách sme navrhli aj rôzne alternatívy ich skrátenia, ktoré môže učiteľ zvoliť ak nemá dostatok pracovného času. Je však potrebné uvedomiť si, že dĺžka aktivít, vzhľadom na ich otvorený a flexibilný charakter, nikdy nemôže byť fixná. Je preto úlohou učiteľa, aby túto stránku experimentovania dokázal dostatočne naplánovať a organizovať.
- *Precíznejšie vysvetlenie teoretickej časti aktivity* bolo potrebné uskutočniť najmä pri aktivitách, v ktorých žiaci vykazovali nedostatočné pochopenie ich zámerov a cieľov.

Pri revízii sme preto do ich pracovných listov zaradili dodatočné informácie a vysvetlenia, ktoré, ako sa domnievame, budú v tomto smere nápomocné.

- V niektorých aktivitách bolo nevyhnutné *prepracovať určité časti ich pracovných listov tak, aby žiakom umožnili pracovať samostatnejším a aktívnejším spôsobom* napríklad odstránením niektorých pôvodne ponechaných postupov práce. Hrozilo tu totiž riziko opätovného skĺznutia k tradičným spôsobom experimentovania, pri ktorých žiak nie je dostatočne aktívnym elementom vyučovacieho procesu, čo by odporovalo jednej zo základných požiadaviek kladených na štruktúru a organizáciu našich aktivít.
- Požiadavka na *zredukovanie počtu otázok a čiastkových úloh* v pracovných listoch niektorých aktivít vyplynula najmä z analýzy dotazníkov pre žiakov. V niektorých aktivitách sme rovnaké názory zistili aj pri učiteľoch, ktorí nadmerné množstvo otázok videli jednak ako príliš zaťažujúce a odpútavajúce pozornosť od samotnej podstaty experimentu, a tiež ako faktor prispievajúci k časovej náročnosti takéhoto experimentovania.
- Ku *zmene niektorých použitých formulácií* sme pristúpili najmä na základe analýzy výsledkov z dotazníkov pre žiakov a tiež poznania ich konkrétnych ťažkostí, ktoré sme odhalili počas rozhovorov s nimi. Prihliadali sme najmä na úroveň pochopenia aktivity žiakmi, ako aj na konkrétne požiadavky pomoci, ktorú žiaci vyžadovali od učiteľa.
- *Upravenie voľného priestoru na navrhnutie postupu práce* bolo potrebné, aby sme žiakovi v pracovnom liste ponechali dostatočný priestor na navrhnutie experimentálneho riešenia aktivity, vypracovanie postupu práce, zakreslenie schémy experimentálneho usporiadania a pod. V prípade, že žiak nemá dostatok priestoru, obmedzuje sa len na rámcové návrhy, ktoré dostatočne neprepracuje, a ktoré mu potom neslúžia ako vodiaci prvok pri realizácii aktivity.
- *Predkreslenie osí neúplných grafov na predikciu*. Jednou z čiastkových činností, ktoré sú od žiaka požadované, je predikcia experimentálnych výsledkov. Zistili sme, že žiaci postupujú oveľa cielenejšie, ak majú k dispozícii predkreslené osi grafu, do ktorých zakreslia svoje predpoklady. Zdá sa, že sú oveľa bezradnejší, ak im na tento účel ponecháme len prázdny priestor (bez predkreslených osí).

Pri posudzovaní každej aktivity sme sa snažili o čo najkomplexnejší pohľad s využitím všetkým získaných informácií. Ukázalo sa totiž, že ak skombinujeme výsledky sledovania motivačnej orientácie žiakov vo vzťahu ku konkrétnym aktivitám s ďalšími zisteniami rezultujúcimi z dotazníka pre žiakov a dotazníka pre učiteľov, získame jasnejšie indície o tom, ktoré aktivity sú problematickejšie a teda aj menej motivujúce. Práve na základe takýchto zistení sme boli napríklad nútení po overení všetkých aktivít úplne z našej databázy vyradiť aktivitu CHEM1 (*Zachránia nás oceány pred globálnym otepľovaním?*). Ukázalo sa totiž, a to nielen počas overovania na Slovensku ale aj v ostatných krajinách, že išlo o aktivitu, ktorá bola pre žiakov pomerne málo príťažlivá a navyše príliš náročná. Túto aktivitu dokonca

nebolo možné ani po prepracovaní jej autormi a opätovnom overení[1] v našej databáze aktivít ponechať.

Okrem podkladov k revízii a finalizácii navrhnutých aktivít sme použitými výskumnými nástrojmi získali ďalšie informácie, z ktorých rezultovalo niekoľko zistení súvisiacich s rôznymi aspektami laboratórnej činnosti s podporou počítača. Naše zistenia môžeme zhrnúť do niekoľkých nasledujúcich bodov:

- Jednoznačným záverom vyplývajúcim z našich zistení je, že počítačom podporované experimentovanie má nespornú dispozíciu motivovať žiakov. Ukázali sme však, že úroveň motivačnej orientácie žiakov môže byť determinovaná rôznymi faktormi. Štatisticky silne je podložený najmä fakt, že motivačná orientácia žiakov je veľmi výrazne ovplyvnená aktivitou, ktorú žiaci realizujú. Je však pravdou, že vieme len čiastočne rozlíšiť, aký príspevok má v celkovom motivačnom efekte samotná aktivita a akou mierou k nemu prispieva pre žiaka nová a lákavá technológia. Počítačom podporované experimentovanie je teda bezpochyby príťažlivým spôsobom laboratórnej činnosti. Hoci jednotlivé elementy prispievajúce k jeho príťažlivosti nie je jednoduché identifikovať, ich spolupôsobenie vidíme najmä v troch základných rovinách. (i) *Samotná technológia je atraktívna*, a to aj nezávisle na tom, akým spôsobom sa používa. Vieme síce, že ak sa aplikuje nesprávnym spôsobom, pravdepodobne nebude mať pozitívny edukačný efekt, motivačný efekt však zostáva aj tak veľmi vysoký. Dôvody atraktivity počítačových meracích systémov sú prakticky rovnaké ako zdôvodnenie popularity žiakmi bežne používaných digitálnych zariadení: počítačov, notebookov, tabletov a smartfónov. (ii) *Motivujúce môžu byť samotné aktivity* (prípadne jednotlivé experimenty), resp. rámcové témy, z ktorých tieto aktivity vychádzajú. Kým použitá technológia je pravdepodobne príťažlivá už sama o sebe, o aktivite to jednoznačne neplatí. Videli sme, že menej príťažlivá téma aktivity, alebo menej zrozumiteľná a prepracovaná aktivita, je pre žiaka zároveň menej motivujúca. (iii) *Motivujúci môže byť aj spôsob*, akým sa experimentálna úloha realizuje. Je potrebné si uvedomiť, že žiaci bežne nie sú zvyknutí na používanie akejkoľvek prístrojovej techniky na laboratórnych cvičeniach. Aplikácia inštrumentálnych laboratórnych metód si však vyžaduje od žiaka odlišný prístup, ktorý samotný môže mať motivačný potenciál.
- Motivácia žiakov pracujúcich v počítačom podporovanom laboratóriu je ovplyvnená aj ďalšími faktormi. Naše výsledky ukazujú, že v niektorých (ale nie všetkých) aspektoch motivačnej orientácie žiakov existujú rozdiely medzi oboma pohlaviami. Prirodzený rozdiel medzi pohlaviami v zmysle poznania, že chlapci viac inklinujú k technickým prostriedkom ako dievčatá, sa najmarkantnejšie prejavuje po realizácii experimentálnej činnosti, kedy si chlapci výraznejšie uvedomujú svoje schopnosti a cítia sa kompetentnejší na prácu s počítačovými meracími systémami ako dievčatá.

[1] Opätovné overovanie prepracovanej aktivity však realizovali už len jej fínski autori, v slovenskej časti výskumu nebolo realizované.

- Zistili sme, že pre žiakov je nesmierne motivujúcim elementom, ak ich experimentálna činnosť vychádza, a niekedy priamo nadväzuje, na poznanie z bežného života. Práve aktivity s výrazným charakterom tohto typu mali tendenciu generovať zvýšený záujem žiakov o ich riešenie. Žiaci teda oceňujú prepojenie so životom a sú motivovaní samotným zadaním. Nemyslíme si síce, že vo vyučovaní by mali prevládať len témy, ktoré istým spôsobom súvisia s bežným životom, je však evidentné, že práve tie majú veľmi silný motivačný efekt. Predpokladáme, že dôvodom tohto zistenia je fakt, že pre žiaka je oveľa jednoduchšie stavať vedomosti na existujúcej platforme, ako budovať najprv samotnú platformu. Nesporný motivačný efekt má teda nielen samotná technológia, ale aj vhodne navrhnutá laboratórna úloha, ktorá sa ňou realizuje. Naše zistenie je v súlade s predchádzajúcimi výskumami, ktoré, aj keď nie v súvislosti s motivačnou orientáciou žiakov, rovnako odporúčajú pre počítačom podporované experimentovanie vyberať hlavne témy z bežného života (Borghi et al., 2003; Pintó et al., 2010; Pintó et al., 1999).
- Náš výskum tiež naznačuje, že existuje nepriamy ale veľmi silný vzťah medzi motiváciou a predikovaním experimentálnych výsledkov žiakmi. Mnohokrát sme boli svedkami toho, že pre žiaka je nesmierne motivujúcim elementom, ak sa po samotnom meraní ukáže, že jeho predpoklad bol správny, alebo sa reálnym výsledkom približoval. Myslíme si, že takéto povzbudenie, najmä počas prvých skúseností s počítačovými meracími systémami, má rozhodujúci vplyv na postupné vytváranie pozitívneho vzťahu k práci v počítačom podporovanom laboratóriu aj k laboratórnej činnosti ako takej.
- Aj keď nevidíme dôvody na existenciu prípadných rozdielov v žiakovej motivačnej orientácii generovanej rozdielnymi predmetmi, náš výskum ukázal, že motivujúcejšie sú aktivity z chémie ako z biológie. Ak by sme mali zovšeobecniť vplyv samotného predmetu na motivačnú úroveň žiakov, museli by sme samozrejme vziať do úvahy aj iné aspekty, napríklad obľúbenosť oboch predmetov a pod. Hoci zistené rozdiely medzi predmetmi sme sa pokúsili vysvetliť v diskusii, tieto výsledky výskumu nepovažujeme za jednoznačne zovšeobecniteľné.
- V súvislosti so skúmaním motivácie v počítačom podporovanom laboratóriu nemôžeme nespomenúť aj sekundárny význam tejto časti nášho výskumu. Na základe štúdia relevantnej literatúry vieme, že pôvodné výskumné nástroje, z ktorých sme vychádzali, *Motivated Strategies for Learning Questionnaire (MSLQ)* a *Intrinsic Motivation Inventory (IMI)*, sú flexibilnými prostriedkami na zisťovanie motivačnej orientácie v rozličných situáciách a podmienkach. Doteraz sme však nenašli výskum, ktorý by ich použil vo vzťahu k vyučovaniu prírodovedných disciplín a už vôbec nie vo vzťahu k počítačom podporovanému experimentovaniu. Práve našim výskumom sme potvrdili, že oba nástroje, resp. z nich extrahované dimenzie, disponujú akceptovateľným stupňom reliability a validity aj v špecifickej situácii nášho výskumu, teda vo vzťahu k laboratórnej činnosti s počítačovými meracími systémami, a možno ich na tento účel spoľahlivo využívať. Našim výskumom teda prispievame aj ku komplexu vedomostí o značnej flexibilite a univerzálnosti oboch výskumných nástrojov na zisťovanie motivačnej orientácie.

- Ukazuje sa, že žiaci oceňujú použitie počítačom podporovanej technológie a aj spôsob práce s ňou, čo vyjadrili nielen výrazným pozitívnym hodnotením prostredníctvom výskumných nástrojov, ale aj slovne počas samotného experimentovania, a rovnako aj po ňom, pri rozhovoroch s ich vlastnými učiteľmi. Najčastejšími ohlasmi boli: *„Páčilo sa mi to, lebo sme merali s počítačom“*, *„Bolo to zaujímavejšie ako u nás v škole“, „Takéto experimenty by určite pritiahli viac žiakov k vede“* alebo *„Pripravte viac podobných laboratórnych úloh“*. Objavili sa aj vyjadrenia, ktoré dokumentujú, že laboratórne cvičenia nie sú dnes takou bežnou súčasťou vyučovania prírodných vied, ako napríklad v minulosti: *„Páčilo sa mi, že som sám mohol robiť experimenty“*, *„Páčilo sa mi, že som mohol pracovať v laboratóriu“*. Pozitívne vo vzťahu k počítačom podporovanému experimentovaniu, ale na druhej strane aj odrážajúce súčasný stav na našich školách, boli komentáre žiakov typu *„Škoda, že takéto prístroje nemáme na našej škole“* alebo *„Prečo aj naša škola nemá takéto vybavenie?“*.
- Naše zistenia tiež ukázali, že prevažná väčšina žiakov nepociťovala takmer žiadne ťažkosti v „čítaní“ reálne sa vyvíjajúcich grafov. Na druhej strane v tejto súvislosti musíme upresniť, že mnohí žiaci, napriek tomu, že rozumeli tomu, akú závislosť daný graf zobrazuje, nedokázali ju primerane opísať. Všimli sme si, že príčinou je častokrát nedostatočná primeraná slovná zásoba žiakov. O tomto fenoméne v podobnom duchu referuje už Newton (1997). Predpokladáme, že je to dôsledok skutočnosti, že žiaci participujúci na našom výskume neboli zvyknutí pracovať takýmto spôsobom. Nemali skúsenosti s analýzou experimentálne zistených údajov, a preto aj ich schopnosť adekvátneho slovného opisu je obmedzená. Ak žiak nemá dostatočnú slovnú zásobu, potom aj jeho možnosti interpretácie získaných výsledkov sú okliešťené. Predpokladáme však, že pri častejšom opakovaní podobných činností by sme v tomto smere zaznamenali zlepšenie.
- V našom výskume sa jednoznačne potvrdilo, že počítačom podporované experimentovanie nabáda k spolupráci. Žiaci evidentne ťažili z možnosti konzultovať všetky fázy experimentovania so svojimi spolužiakmi v pracovnej skupine. Aj keď sme takmer vždy boli svedkami, že v každej skupine sa po chvíli vykryštalizovala silnejšia vedúca osobnosť, ktorá mala hlavné slovo v organizácii jednotlivých činností, práca v skupine mala jednoznačne tímový charakter.
- Napriek tomu, že mnohé výskumy (kap. 1.3) jednoznačne ukázali, že v niektorých špecifických témach a situáciách je experimentovanie s meracími systémami efektívnejšie ako tradičné prístupy, nesmieme sa nechať uniesť myšlienkou, že práca v počítačom podporovanom laboratóriu je pre žiakov jednoduchšia ako v tradičnom laboratóriu (bez počítačových meracích systémov). Pri oboch prístupoch musia mať žiaci okrem istých vstupných vedomostí o preberaných konceptoch aj nevyhnutné laboratórne zručnosti, dostatočné vedomosti o používaných chemikáliách a taktiež o bezpečnej práci s nimi. Naše zistenia (aj keď nie úplne jednoznačne) naznačujú, že čím sú žiaci viac zvyknutí pracovať v tradičnom laboratóriu, tým sa cítia kompetentnejší, pripravenejší a zároveň motivovanejší aj pri práci v počítačom podporovanom laboratóriu. Tieto závery vyslovujeme na základe zistených diferencií medzi žiakmi

rozdielnych škôl, a to jednak v rovine motivačnej orientácie, v oblasti pochopenia zámerov a cieľov aktivít, ale aj na základe žiakovej deklarovanej potreby učiteľovej pomoci pri pochopení alebo realizácii aktivít.

- Pri používaní inštrumentálnych metód v školskom laboratóriu, existuje vždy určité riziko, že sa objavia ťažkosti s ovládaním prístrojovej techniky. Náš výskum ale ukázal, že v prípade počítačových meracích systémov toto riziko nie je veľké. Žiaci väčšinou nemajú problém ovládať príslušný softvér, pretože je rovnako intuitívny a zrozumiteľný ako hociktorá zo softvérových aplikácií, ktorú denne používajú. Niektorí žiaci však potrebovali (aj keď väčšinou len minimálnu) pomoc pri zapojení jednotlivých komponentov meracieho zariadenia (modulov, sond) a ich nastavení a ovládaní. Myslíme si však, že aj toto je len otázkou prvotnej neskúsenosti žiakov, vzhľadom na to, že nemali predchádzajúcu skúsenosť s prácou s podobnými systémami. Vychádzame tiež z poznania, že žiaci, ktorí sa opakovane zúčastňovali overovania rozdielnych aktivít boli pri opätovnej skúsenosti s počítačovými meracími systémami oveľa kompetentnejší a zručnejší. Môžeme teda konštatovať, že isté obavy, ktoré na začiatku realizácie výskumu pramenili z nedostatočných, resp. žiadnych predchádzajúcich skúseností našich respondentov s prácou v počítačom podporovanom laboratóriu, sa v tomto smere nepotvrdili. Na druhej strane si uvedomujeme, že zvládnutie práce s meracím systémom nemožno podceňovať. Je totiž jednou z podmienok úspechu. Musíme si uvedomiť, že aj pri najdôslednejšom dodržaní všetkých známych zásad efektívnej aplikácie počítačom podporovaného experimentovania sa očakávaný edukačný efekt zvyčajne nedostaví okamžite. Domnievame sa, že to, čo žiakov spočiatku najviac zamestnáva je práve samotná technológia. Tá však nie je cieľom ale len prostriedkom experimentovania. Aj experimentovať s počítačovými meracími systémami sa treba najskôr naučiť. Myslíme si, že žiak môže progredovať až vtedy, keď sa stane dostatočne skúseným v používaní novej technológie. Len vtedy, ak je v jej ovládaní dostatočne zručný, môže sa od nej odpútať natoľko, že jeho hlavným záujmom nebude samotná technológia ale prostredníctvom nej realizovaný proces poznávania. Naše zistenia však ukazujú, že počítačové meracie systémy majú potenciál zabezpečiť túto požiadavku veľmi rýchlo.
- Zaujímavé zistenia sme zaznamenali v súvislosti s pochopením zámerov a cieľov aktivít. Pri mnohých z nich žiaci deklarovali vysoký stupeň porozumenia danej aktivite. Keď však boli následne požiadaní, aby vymenovali konkrétne ciele, ich výsledky boli výrazne horšie. Žiaci teda sami seba hodnotia oveľa optimistickejšie ako to zodpovedá reálnemu stavu. Isté domnienky a vysvetlenia tohto zistenia nám poskytujú aj publikácie o nízkej sebareflexii súčasnej generácie mladých ľudí, napríklad Kmeťová (2014). Domnievame sa však, že ďalšou z príčin takýchto nesebakritických vyjadrení môže byť aj zdanlivo pozitívna mienka žiakov o úrovni pochopenia aktivít, vyplývajúca z pomernej jednoduchosti práce s počítačovým meracím systémom. Ak boli žiaci bez väčších komplikácií schopní napríklad ovládať merací systém a ľahko získavať experimentálne dáta, mohlo to u nich vyvolať falošný dojem, že rozumejú aj zámerom aktivity. V tomto smere by sme však na podopretie našej hypotézy potrebovali ďalší podrobnejší výskum.

- Hoci, ako sme už viackrát spomenuli, pri overovaní aktivít sme narazili na rôzne druhy prekážok, ako napríklad nesprávne alebo nedostatočné pochopenie cieľov a zámerov aktivity, drobné ťažkosti s nastavením meracích prístrojov, nedostatočná schopnosť zdôvodnenia alebo opísania získaných grafických závislostí a pod., najčastejším problémom žiakov bolo navrhnúť svoj vlastný postup experimentálnej činnosti. Pripomíname, že overované aktivity mali čiastočne otvorený charakter riadeného bádania a preto vyžadovali v tomto smere aktívnejší prístup žiaka, než ten, na aký je bežne zvyknutý. Bolo evidentné, že žiakom chýbajú dostatočné skúsenosti s takouto činnosťou, a preto sa často obracali na učiteľa so žiadosťou o pomoc. Je však zrejmé, že táto komplikácia nesúvisí so samotnou technológiou ale so štruktúrou a organizáciou navrhovaných aktivít. Problémom však nie je nedokonalosť samotnej aktivity ale opäť neskúsenosť žiakov pracovať takýmto spôsobom. Vieme, že aj bádaniu sa žiak musí učiť, a preto predpokladáme, že pri dostatočnom opakovaní budú žiaci progredovať aj v tomto smere. Čiastočne sme tento predpoklad potvrdili pri práci so žiakmi, ktorí sa podieľali na overovaní viacerých aktivít a teda prichádzali do nášho laboratória opakovane. V tejto súvislosti môžeme ešte na základe našich výsledkov doplniť, že pomoc pri realizácii aktivity, najmä však pri navrhovaní vlastných postupov, potrebovali viac dievčatá ako chlapci a táto potreba bola markantnejšia pri práci s chemickými aktivitami v porovnaní s biologickými.
- S pochopením aktivít žiakmi súvisí aj zistenie veľmi zvláštnej závislosti. Naše výsledky totiž ukazujú, že čím žiaci viac rozumeli danej aktivite, tým výraznejšie boli presvedčení o tom, že ju možno realizovať aj bez počítačového meracieho systému. Predpokladáme však, že žiaci ešte neboli dostatočne skúsení v práci s novou technológiou natoľko, aby dokázali rozpoznať jej nesporné benefity.
- Učitelia hodnotia experimentovanie v počítačom podporovanom laboratóriu veľmi pozitívne. Kladné ohlasy sme zaznamenali aj na druh a štruktúru navrhovaných aktivít. Na druhej strane sme však zistili, že učitelia neboli vždy schopní rozoznať prínos počítačom podporovanej technológie pre riešenie daného experimentálneho problému. Podobné tendencie (ako uvádzame aj v predchádzajúcom bode) sme síce postrehli aj pri samotných žiakoch, avšak pri učiteľoch je to prekvapujúcejšie. Pri oboch skupinách respondentov to pripisujeme hlavne neskúsenosti v tejto oblasti. Myslíme si však, že pri učiteľoch to jednoznačne podporuje potrebu poznania modelu *Technologicko-pedagogickej znalosti obsahu (TPCK)*.

Na záver tejto sumarizácie ešte pridávame niekoľko nasledujúcich vysvetlení, poznámok a postrehov:

Na margo učiteľov podieľajúcich sa na našom výskume musíme objektívne priznať, že okrem jednej výnimky boli všetci neskúsení v používaní počítačových meracích systémov. Preto mnohé ich pozitívne hodnotenia vnímame ako mierne nadsadené, ovplyvnené akousi počiatočnou eufóriou, ktorú počítačové meracie systémy dokážu pri prvej skúsenosti vyvolať. Na druhej strane je tento fakt možné využiť na motivovanie učiteľov k hľadaniu možností, ako takýto druh vyučovania realizovať v ich pedagogickej praxi. Z pohľadu autorov aktivít by bolo samozrejme vhodnejšie, aby posudzovanie novopripravených učebných materiálov bolo

realizované učiteľmi, v ktorých sú navzájom skĺbené najmä dva aspekty: (i) dostatočná pedagogická prax, a teda aj skúsenosť s prácou so žiakmi, poznanie ich potrieb, spôsobov myslenia a pod. a (ii) dostatočná skúsenosť s prácou so školskými počítačovými meracími systémami. Druhá požiadavka je však v našich súčasných podmienkach takmer nesplniteľná.

Experimentovanie v počítačom podporovanom laboratóriu pri uplatnení prístupov aktívneho bádania je, podľa očakávania, náročnejšie ako predpokladáme pri použití tradičných prístupov. Nielen na žiakov ale aj na učiteľa sú v tomto prípade kladené väčšie nároky ako pri tradičnom vyučovaní, čo u niektorých môže viesť k obavám alebo počiatočnej frustrácii. Ukazuje sa však, že pre žiaka je veľmi prínosné, ak pracuje práve takýmto spôsobom, pretože mu to pomáha udržiavať jeho pozornosť počas experimentovania dlhodobo v aktívnom stave a nedovolí mu skĺznuť len do roviny bezduchého vykonávania jednotlivých krokov predpísaného algoritmu.

Domnievame sa, že počítačom podporované experimentovanie určite disponuje veľkou schopnosťou popularizácie prírodovedných disciplín. Tie, možno aj kvôli istej dávke náročnosti a abstraktnosti, nepatria na školách medzi najobľúbenejšie predmety. Naopak, digitálna technika, počítače, notebooky, tablety a smartfóny sú dnes bežnými prostriedkami, ktoré žiaci využívajú denne. Aplikácia digitálnych meracích zariadení do vyučovania prírodných vied preto predstavuje akúsi interferenciu oboch prúdov, ktorá môže výrazne obohatiť každý jeden z nich.

V dnešnej dobe sme svedkami tendencií uplatňovania digitálnych technológií takmer vo všetkých oblastiach. Považujeme však za potrebné zdôrazniť, že experimentálnu činnosť s podporou výpočtovej techniky v žiadnom prípade nemožno chápať ako univerzálny spôsob realizácie školských prírodovedných experimentov. Takýto druh experimentovania určite nemôže úplne nahradiť ďalšie existujúce prístupy. Počítačom podporované experimenty predstavujú síce moderný spôsob školskej laboratórnej praxe, ale budú mať efektívny charakter len vtedy, ak ich používanie a zaraďovanie do vyučovacieho procesu bude vyvážené. V našom výskume sa ukázalo, a naznačili to už aj niektoré predchádzajúce štúdie (Zucker et al., 2008), že benefit počítačom podporovaného experimentovania je predovšetkým v úlohách vyžadujúcich kontinuálne sledovanie procesov a javov. Pri jednorazových (jednobodových) meraniach niektorých fyzikálnych veličín (napríklad jednorazové meranie teploty, pH a pod.), nie je možné úplne využiť potenciál počítačového meracieho systému, ktorý sa naopak naplno prejaví až vtedy, ak sledujeme zmenu fyzikálnej veličiny, teda trend jej vývoja v čase alebo v závislosti od iných veličín. Citlivý a kritický prístup je preto v tomto smere potrebný najmä od autorov aktivít (väčšinou didaktikov prírodovedných predmetov) pre počítačom podporované experimentovanie, ale tiež aj od učiteľov, ktorí pri výbere spôsobov realizácie laboratórnych úloh so žiakmi, musia byť schopní rozpoznať benefit experimentovania s počítačovými meracími systémami len tam, kde naozaj existuje.

ZÁVER

Implementácia počítačových meracích systémov do vyučovania prírodovedných disciplín je jednou z dnešných alternatív školského experimentovania. Napriek už takmer tridsaťročnému výskumu v tejto oblasti stále nevieme jednoznačne odpovedať na všetky otázky týkajúce sa efektivity školskej laboratórnej činnosti podporovanej počítačom. Ide totiž o veľmi komplexnú a multifaktorálne determinovanú záležitosť, v ktorej hlavnú úlohu nehrá len samotná technológia, ale najmä spôsob, akým sa táto technológia používa v pedagogickej praxi. Mnohé výskumy však ukázali, že počítačom podporované experimentovanie je účinným prostriedkom na dosahovanie pedagogických cieľov ak je používané správnym spôsobom.

Vedecká monografia sa zaoberá hľadaním možností implementácie počítačových meracích systémov do vyučovania prírodovedných disciplín. Medzinárodným kolektívom odborníkov, ktorého súčasťou bol a aj autor publikácie, bola vytvorená séria nových laboratórnych aktivít pre vyučovanie chémie a biológie s počítačovými meracími systémami. Deväť z týchto aktivít bolo vybraných na realizáciu výskumu so žiakmi slovenských gymnázií. Zámery výskumu boli dvojaké: (i) overenie navrhnutých aktivít a k nim vytvorených pracovných listov v praxi s cieľom získania spätnej väzby použiteľnej na ich revíziu a finalizáciu a (ii) sledovanie vybraných pedagogických a pedagogicko-psychologických aspektov počítačom podporovaného experimentovania počas realizácie týchto aktivít. Na výskume sa zúčastnilo 146 žiakov zo štyroch slovenských gymnázií, ktorí celkovo uskutočnili 476 overovaní a 8 učiteľov z praxe, ktorí spolu s 8 budúcimi učiteľmi chémie a biológie (terajšími študentmi učiteľstva), uskutočnili 123 overovaní.

Na základe súhrnných výsledkov, ktoré sme od respondentov získali pomocou štyroch výskumných nástrojov sme zosumarizovali komplex požiadaviek, komentárov a návrhov použiteľných na revíziu, zdokonalenie a finalizáciu overovaných aktivít. Okrem toho naše zistenia ukázali, a nadväzujú tak na mnohé predchádzajúce domáce aj zahraničné štúdie, že laboratórna činnosť žiakov s počítačom podporovanými systémami je prínosnou možnosťou školského prírodovedného experimentovania s množstvom pozitívnych čŕt efektívne ovplyvňujúcich proces vyučovania, ktorá popritom disponuje veľmi silnou schopnosťou motivovať žiakov. Navyše, spojenie školského experimentovania s použitím stále viac obľúbených digitálnych technológií má nesporný potenciál v popularizácii prírodovedných disciplín. Ukázalo sa, že počítačom podporované experimentovanie je zároveň veľmi úrodnou pôdou pre aplikáciu výskumne ladených konceptov vo vyučovaní prírodných vied, ktoré sa pokúšajú pedagogicky profitovať z aktívneho prístupu žiaka k procesu jeho vlastného učenia sa.

Našim výskumom sme prispeli jednak k rozšíreniu komplexu vedomostí o možnostiach, efektivite a limitoch prírodovedného počítačom podporovaného experimentovania, a taktiež k vytvoreniu nových učebných a doplnkových materiálov, ktoré sú žiadaným artiklom nevyhnutným na realizáciu takéhoto druhu vyučovania.

Výsledky výskumu nás zároveň privádzajú k zamysleniu, že napriek nesporným pozitívam, stále otvorenou otázkou zostáva, akými možnosťami realizácie počítačom podporovaného experimentovania disponujú slovenské školy. Tento moderný prístup

vo vyučovaní prírodných vied je totiž veľmi silne determinovaný tromi esenciálnymi podmienkami: Prvá z nich súvisí s prítomnosťou potrebnej prístrojovej techniky, ktorá je samozrejme v tomto smere nevyhnutnou požiadavkou, druhá súvisí s existenciou a dostupnosťou adekvátnych učebných materiálov, ktoré je možné na tento účel použiť, a tretia so samotným učiteľom, jeho spôsobilosťou, schopnosťou a aj ochotou prekonať určité počiatočné obavy z novej technológie.

Ak odhliadneme od nedostatočného prístrojového vybavenia našich škôl, ktoré ako dúfame, sa bude postupne zlepšovať, musíme si uvedomiť, že organizácia počítačom podporovaného experimentovania je náročná pre učiteľa nielen počas samotného vyučovania ale aj počas prípravy na vyučovanie. Nemôžeme očakávať spontánne využívanie tohto prístupu pri učiteľoch, ktorí nie sú presvedčení o jeho efektivite, nevedia obsluhovať príslušnú prístrojovú techniku a nevedia ani akým spôsobom ju na laboratórnych cvičeniach správne použiť. Zo skúseností vieme, že učiteľ preferuje hotový učebný materiál, z ktorým môže okamžite pracovať. Je preto úlohou didaktikov prírodovedných predmetov, aby sa vo vzájomnej synergii s učiteľmi z praxe podieľali na koncipovaní vhodných materiálov univerzálne použiteľných v počítačom podporovaných školských laboratóriách.

Čiastočne nevyriešenou otázkou tiež zostáva, ako pripravovať erudovaných učiteľov, ktorí budú na prácu s počítačovými meracími systémami po všetkých stránkach spôsobilí. V prípade budúcich učiteľov prírodných vied je zrejme najrozumnejšou cestou zaradiť počítačom podporované experimentovanie už do ich prípravy na vysokej škole. Na niektorých z nich tento trend už niekoľko rokov pozorujeme, a preto predpokladáme, že ich absolventi sú v tomto smere na pedagogickú prax dostatočne pripravení. Situácia je komplikovanejšia pri učiteľoch z praxe, ktorí nemali možnosť stretnúť sa s počítačovými meracími systémami počas svojho vysokoškolského štúdia. Tu je zrejme jedinou cestou ich dodatočné zaškolenie formou rôznych kurzov a školení na dobrovoľnej báze. Na organizovaní takýchto školení by sa opäť mali podieľať didaktici prírodovedných disciplín, ktorí sú v tomto smere najkompetentnejší, a to nielen z technického ale aj metodologického a organizačného uhla pohľadu.

Je evidentné, že k uspokojivému riešeniu všetkých nezodpovedaných otázok zatiaľ nevieme dospieť. Aj keď v tomto smere zaostávame za mnohými vyspelejšími európskymi krajinami, istým uspokojením môže byť fakt, že aj vo väčšine z nich nie sú otázky implementácie počítačom podporovaného experimentovania do vyučovania prírodných vied zďaleka definitívne vyriešené. Dúfame však, že je už len otázkou času, kedy si tento trend nájde pevné miesto aj vo vyučovaní prírodných vied na Slovensku.

REFERENCIE

AKSELA, M.: *Supporting meaningful chemistry learning and higher-order thinking through computer-assisted inquiry: A design research approach*. Helsinki : University of Helsinki, 2005, 204 s. Dizertačná práca.

AKSELA, M. K.: Engaging students for meaningful chemistry learning through Microcomputer-based Laboratory (MBL) inquiry. *Educació Química EduQ*, č. 9, 2011, s. 30-37. ISSN 2013-1755

AMBROSE, B. S.: Investigating student understanding in intermediate mechanics: Identifying the need for a tutorial approach to instruction. *American Journal of Physics*, roč. 72, č. 4, 2004, s. 453-459. ISSN 0002-9505

ANDERSON, J. C., GERBING, D. W.: Structural equation modeling in practice: A review and recommended two-step approach. *Psychological bulletin*, roč. 103, č. 3, 1988, s. 411-423. ISSN 1939-1455

ANDREOU, E., METALLIDOU, P.: The relationship of academic and social cognition to behaviour in bullying situations among Greek primary school children. *Educational psychology*, roč. 24, č. 1, 2004, s. 27-41. ISSN 0144-3410

ARTINO JR., A. R.: *Review of the Motivated Strategies for Learning Questionnaire*. [online]. ERIC Document Reproduction Service No. ED499083. [cit. 2015-02-03]. Dostupné na internete: <http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED499083.pdf>.

ARY, D., JACOBS, L., SORENSEN, C. et al.: *Introduction to research in education*. 9. vyd. Belmont : Wadsworth, Cengage Learning, 2014. 720 s. ISBN 978-1-133-93961-0.

ATAR, H. Y.: Chemistry students' challenges in using MBL's in science laboratories. In: *Proceedings of Association for the Education of Teachers in Science.*, Charlotte : Association for the Education of Teachers in Science, 2002.

BALDWIN, B.: A primer in the use and interpretation of structural equation models. *Measurement and Evaluation in Counseling and Development*, roč. 22, 1989, s. 100-112. ISSN 1947-6302

BANDALOS, D. L., FINNEY, S. J., GESKE, J. A.: A model of statistics performance based on achievement goal theory. *Journal of educational psychology*, roč. 95, č. 3, 2003, s. 604-616. ISSN 1939-2176

BANCHI, H., BELL, R.: The many levels of inquiry. *Science and Children*, roč. 46, 2008, s. 26-29.

BARISE, A.: *The effectiveness of case-based instruction vs. the lecture-discussion method in multicultural social work*. Montreal : McGill University, 1998, 139 s. Dizertačná práca.

BARTON, R.: Does data logging change the nature of children's thinking in experimental work in science. In: SOMEKH, B., DAVIS, N.: *Using IT Effectively in Teaching and Learning. Studies in Pre-service and In-service Teacher Education.* London : Routledge, 1997a, s. 63-72.

BARTON, R.: How do computers affect graphical interpretation? *School Science Review*, roč. 79, č. 287, 1997b, s. 55-60. ISSN 0036-6811

BEARDEN, W. O., SHARMA, S., TEEL, J. E.: Sample size effects on chi square and other statistics used in evaluating causal models. *Journal of Marketing Research*, roč. 19, 1982, s. 425-430. ISSN 0022-2437

BEICHNER, R. J.: The effect of simultaneous motion presentation and graph generation in a kinematics lab. *Journal of Research in Science Teaching*, roč. 27, č. 8, 1990, s. 803-815. ISSN 1098-2736

BENTLER, P. M.: Comparative fit indexes in structural models. *Psychological bulletin*, roč. 107, č. 2, 1990, s. 238-246. ISSN 1939-1455

BENTLER, P. M., BONETT, D. G.: Significance tests and goodness-of-fit in the analysis of covariance structures. *Psychological bulletin*, roč. 88, č. 3, 1980, s. 588-606. ISSN 1939-1455

BENTLER, P. M., CHOU, C.-P.: Practical issues in structural modeling. *Sociological Methods & Research*, roč. 16, č. 1, 1987, s. 78-117. ISSN 0049-1241

BERNHARD, J.: Physics learning and microcomputer based laboratory (MBL) learning - effects of using MBL as a technological and as a cognitive tool. In: PSILLOS, D., et al.: *Science Education Research in the Knowledge-Based Society.* [s.l.] : Springer Netherlands, 2003, s. 323-331.

BERNHARD, K., BERNHARD, J.: Science for All. Using microcomputer based laboratory tools for students with physical disabilities. In: *Practical Work in Science Education* : [s.n.], 1998.

BÍLEK, M.: Chemické pokusy s počítačem? To je CMS! *My a škola*, roč. 1, č. 11-12, 1994a, s. 31-33. ISSN ISSN 1210-7646

BÍLEK, M.: Naučte počítač měřit. *My a škola*, roč. 1, č. 9-10, 1994b, s. 13-15. ISSN 1210-7646

BÍLEK, M.: *Chemické experimenty se systémem ISES*. Praha : MFF UK a PC InOut, 1995.

BÍLEK, M.: *IP Couch a chemický experiment*. Hradec Králové : PdF VŠP, 1996.

BÍLEK, M.: Školní chemický experiment s využitím počítače. *Chemicke Listy*, roč. 91, č. 1074, 1997a. ISSN 0009-2770

BÍLEK, M.: Zastosowanie komputerowego systemu po miarowego CMS przy nauczaniu chemii. *Chemia - Dydaktyka - Ekologia*, roč. 2, č. 1-2, 1997b, s. 7-10. ISSN 1428-1325

BÍLEK, M.: Počítačem podporovaný chemický experiment i na základní škole. *Biologie, chemie, zeměpis*, roč. 8, č. 3, 1999, s. 140-145. ISSN 1210-3349

BÍLEK, M.: Problémová metoda výuky a počítačem podporovaný školní chemický experiment. In: ZELENICKÝ, Ľ.: *Formovanie prírodovedných poznávacích metód. Acta didactica 5, Edícia Prírodovedec.* Nitra : FPV UKF, 2002, s. 35-42.

BÍLEK, M., BRESTENSKÁ, B., GMOCH, R. et al.: *Výuka chemie s počítačem*. Hradec Králové : Gaudeamus, 1997. ISBN 80-7041-769-2.

BÍLEK, M., KOLÁŘ, K., GMOCH, R. et al.: Komputerowe wspomaganie szkolnego experimentu chemicznego. *Chemik*, roč. 1996, č. 6, 1996a, s. 153-156. ISSN 0009-2886

BÍLEK, M., KOLÁŘ, K., GMOCH, R. et al.: O eksperymencie chemicznym i jego komputerowym wspomaganiu. *Komputer w edukacji*, roč. 96, č. 1-2, 1996b, s. 37-42. ISSN 1232-9479

BÍLEK, M., KRIČFALUŠI, D.: Počítačové měřící systémy v přípravě učitelů chemie. In: *51. sjazd chemických spoločností* : Slovenská technická univerzita, 1999.

BÍLEK, M., KRIČFALUŠI, D., BUDWEISEROVÁ, K.: Superabsorbéry - téma pro problémově orientovanou výuku chemie s využitím počítače. In: *53. zjazd chemických spoločností*, Banská Bystrica : FPV UMB, 2001. s. 110-111.

BÍLEK, M., KRIČFALUŠI, D., BUDWEISEROVÁ, K. et al.: Digitální váhy a počítač ve výuce chemie. In: *Profil Učitele chemie II* : Gaudeamus, 2002. s. 206-210.

BÍLEK, M., MACHKOVÁ, V.: TPCK development as part of continuing chemistry teachers education in the Czech republic. In: CIEŚŁA, P., et al.: *Chemistry Education in the Light of the Research.* Krakow : Pedagogical University of Krakow, 2012, s. 14-21.

BOLLEN, K. A.: *Structural equations with latent variables*. Canada : John Wiley & Sons, 1989. 514 s. ISBN 0-471-01171-1.

BONG, M.: Between-and within-domain relations of academic motivation among middle and high school students: Self-efficacy, task value, and achievement goals. *Journal of educational psychology*, roč. 93, č. 1, 2001, s. 23-24. ISSN 1939-2176

BONG, M., HOCEVAR, D.: Measuring self-efficacy: Multitrait-multimethod comparison of scaling procedures. *Applied Measurement in Education*, roč. 15, č. 2, 2002, s. 143-171. ISSN 0895-7347

BOOMSMA, A.: The robustness of LISREL against small sample sizes in factor analysis model. In: JÖRESKOG, K. G., WOLD, H. O. A.: *Systems under indirect observation: Causality, structure, prediction (Part I).* Amsterdam : Elsevier Science, 1982, s. 149-173.

BOONE, H. N. J., BOONE, D. A.: Analyzing Likert data. *Journal of Extension*, roč. 50, č. 2, 2012. ISSN 1077-5315

BORGHI, L., DE AMBROSIS, A., LUNATI, E. et al.: In-service teacher education: an attempt to link reflection on physics subjects with teaching practice. *Physics Education*, roč. 36, č. 4, 2001, s. 299. ISSN 0031-9120

BORGHI, L., DE AMBROSIS, A., MASCHERETTI, P.: Developing relevant teaching strategies during in-service training. *Physics Education*, roč. 38, č. 1, 2003, s. 41. ISSN 0031-9120

BOYLE, G. J.: Self-report measures of depression: Some psychometric considerations. *The British Journal of Clinical Psychology*, roč. 24, č. 1, 1985, s. 45-59.

BOYLE, G. J.: Does item homogeneity indicate internal consistency or item redundancy in psychometric scales? *Personality and Individual Differences*, roč. 12, č. 3, 1991, s. 291-294.

BRASELL, H.: The effect of real-time laboratory graphing on learning graphic representations of distance and velocity. *Journal of Research in Science Teaching*, roč. 24, č. 4, 1987a, s. 385-395. ISSN 1098-2736

BRASELL, H.: *Effectiveness of a Microcomputer-Based Laboratory in learning distance and velocity graphs*. Florida : University of Florida, 1987b, 207 s. Dizertačná práca.

BROOKHART, S. M., DURKIN, D. T.: Classroom assessment, student motivation, and achievement in high school social studies classes. *Applied Measurement in Education*, roč. 16, č. 1, 2003, s. 27-54. ISSN 0895-7347

BROWNE, M. W., CUDECK, R.: Single sample cross-validation indices for covariance structures. *Multivariate behavioral research*, roč. 24, č. 4, 1989, s. 445-455. ISSN 0027-3171

BROWNE, M. W., CUDECK, R.: Alternative ways of assessing model fit. In: BOLLEN, K. A., LONG, J. S.: *Testing structural euqation models.* Newbury Park, CA : SAGE Publications, 1993, s. 136-162.

CAMPBELL, M. M.: Motivational strategies, learning strategies and the academic performance of African-American students in a college business environment: A correlation study. *Dissertation Abstracts International*, roč. 62, č. 2-A, 2001, s. 432. ISSN 0419-4209

CARMINES, E. G., ZELLER, R. A.: *Reliability and validity assessment*. Newbury Park, CA : SAGE Publications, 1979. 72 s. ISBN 978-0-8039-1371-4.

CARUSO, J. C.: Reliability generalization of the NEO personality scales. *Educational and Psychological Measurement*, roč. 60, č. 2, 2000, s. 236-254. ISSN 0013-1644

CLASON, D. L., DORMODY, T. J.: Analyzing data measured by individual Likert-type items. *Journal of Agricultural Education*, roč. 35, č. 4, 1994, s. 31-35.

CMA: *Company website (homepage)* [cit. 2015-04-04]. Dostupné na internete: <http://cma-science.nl/english/>.

COHEN, J.: *Statistical power analysis for the Behavioral Sciences*. 2. vyd. Hillsdale, NewJersey : L. Erlbaum Associates, 1988. 567 s. ISBN 0-8058-0283-5.

COMREY, A. L., LEE, H., B.: *A first course in factor analysis*. 2. vyd. Hillsdale, New Jersey : Lawrence Erlbaum, 1992. 488 s. ISBN 978-0-8058-1062-2.

CORDER, G. W., FOREMAN, D. I.: *Nonparametric statistics for non-statisticians: A step-by-step approach*. Hoboken, New Jersey : John Wiley & Sons, Inc., 2009. 264 s. ISBN 978-0470454619.

CORTINA, J. M.: What is coefficient alpha? An examination of theory and applications. *Journal of applied psychology*, roč. 78, č. 1, 1993, s. 98. ISSN 1939-1854

CRONBACH, L. J.: Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, roč. 16, č. 3, 1951, s. 297-334.

ČTRNÁCTOVÁ, H., ČÍŽKOVÁ, V., HLAVOVÁ, L. et al.: Dovednosti žáků v badatelsky orientované výuce chemie. In: *Aktuálne trendy vo vyučovaní prírodných vied*, Trnava : Pedagogická fakulta Trnavskej univerzity, 2012. s. 31-36.

DECI, E. L.: Effects of externally mediated rewards on intrinsic motivation. *Journal of personality and social psychology*, roč. 18, č. 1, 1971, s. 105-115. ISSN 1939-1315

DECI, E. L.: *Intrinsic motivation*. New York : Plenum Press, 1975. 324 s. ISBN 978-1-4613-4448-3.

DECI, E. L., EGHRARI, H., PATRICK, B. C. et al.: Facilitating internalization: The self-determination theory perspective. *Journal of Personality*, roč. 62, č. 1, 1994, s. 119-142. ISSN 1467-6494

DECI, E. L., KOESTNER, R., RYAN, R. M.: A meta-analytic review of experiments examining the effects of extrinsic rewards on intrinsic motivation. *Psychological bulletin*, roč. 125, č. 6, 1999, s. 627-668. ISSN 1939-1455

DECI, E. L., RYAN, R. M.: *Intrinsic motivation and self-determination in human behavior*. New York : Plenum Press, 1985. 371 s. ISBN 978-0-3064-2022-1.

DECI, E. L., RYAN, R. M.: *Intrinsic Motivation Inventory (IMI)* [cit. 2015-04-05]. Dostupné na internete: <http://www.selfdeterminationtheory.org/intrinsic-motivation-inventory/>.

DECI, E. L., RYAN, R. M.: *The handbook of self-determination research*. Rochester, New York : University of Rechester Press, 2013. 480 s. ISBN 978-1-5804-6156-6.

DELAMONT, S., BEYNON, J., ATKINSON, P.: In the beginning was the Bunsen: the foundations of secondary school science. *International Journal of Qualitative Studies in Education*, roč. 1, č. 4, 1988, s. 315-328. ISSN 0951-8398

DEMKANIN, P., HOLÁ, K., KOUBEK, V.: *Počítačom podporované prirodovedné laboratórium*. Bratislava : Knižničné a edičné centrum FMFI UK, 2006. 140 s. ISBN 80-89186-10-6.

DENG, F., CHEN, W., CHAI, C. S. et al.: Constructivist-oriented data-logging activities in chinese chemistry classroom: Enhancing students' conceptual understanding and their metacognition. *Asia-Pacific Education Researcher (De La Salle University Manila)*, roč. 20, č. 2, 2011, s. 207-221. ISSN 0119-5646

DEVELLIS, R. F.: *Scale development: Theory and applications*. 3. vyd. Los Angeles : SAGE Publications, 2012. 216 s. ISBN 978-1-4129-8044-9.

DORI, Y. J., SASSON, I.: Chemical understanding and graphing skills in an honors case-based computerized chemistry laboratory environment: The value of bidirectional visual and textual representations. *Journal of Research in Science Teaching*, roč. 45, č. 2, 2008, s. 219-250. ISSN 1098-2736

DUDA, J. L.: Motivation in sport settings: A goal perspective approach. In: ROBERTS, G. C.: *Motivation in sport and exercise.* Champaign, IL (USA) : Human Kinetics, 1992, s. 57-91.

DUNCAN, T. G., MCKEACHIE, W. J.: The making of the Motivated Strategies for Learning Questionnaire. *Educational Psychologist*, roč. 40, č. 2, 2005, s. 117-128. ISSN 0046-1520

EOM, W., REISER, R. A.: The effects of self-regulation and instructional control on performance and motivation in computer-based instruction. *International Journal of Instructional Media*, roč. 27, č. 3, 2000, s. 247-260.

EOW, Y. L., WAN ZAH, B. W. A., ROSELAN, B. et al.: Stability of the Intrinsic Motivation Inventory (IMI) for the use of Malaysian form one students in ICT literacy class. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, roč. 6, č. 3, 2010, s. 215-226.

ESHEL, Y., KOHAVI, R.: Perceived classroom control, self-regulated learning strategies, and academic achievement. *Educational psychology*, roč. 23, č. 3, 2003, s. 249-260. ISSN 0144-3410

ESPINOZA, F., QUARLESS, D.: An inquiry-based contextual approach as the primary mode of learning science with microcomputer-based laboratory technology. *Journal of Educational Technology Systems*, roč. 38, č. 4, 2010, s. 407-426.

EULER, M., MÜLLER, A.: Physics learning and the computer: A review, with a taste of meta-analysis. In: *Second International Conference of the European Science Education Research Association*, Kiel : European Science Education Research Association, 1999.

FERNÁNDEZ, C., ORO, J., PINTÓ, R.: Profile evolution in the interpretation of kinematics graphs using MBL technology. In: *Girep Intenational Conference, Ljubljana, Slovenia*, Ljubljana : , 1996.

FIELD, A.: *Discovering statistics using IBM SPSS Statistics*. 4. vyd. London : SAGE Publications, 2013. 916 s. ISBN 978-1-4462-4917-8.

FRIEDLER, Y., NACHMIAS, R., LINN, M. C.: Learning scientific reasoning skills in microcomputer-based laboratories. *Journal of Research in Science Teaching*, roč. 27, č. 2, 1990, s. 173-192. ISSN 1098-2736

GAGNÉ, R. M., GLASER, R.: Foundations in learning research. In: GAGNÉ, R. M.: *Instructional technology foundations.* New York : Routlege, 1987, s. 49-83.

GAŠPARÍK, V.: Školské počítačové meracie systémy vo vyučovaní chémie na základnej škole. *Biológia, ekológia, chémia*, roč. 18, č. 4, 2014, s. 48-53. ISSN 1338-1024

GAŠPARÍK, V., IGAZ, C.: Príklad využitia školského počítačového meracieho systému vo vyučovaní chémie. *Biológia, ekológia, chémia*, roč. 17, č. 2, 2012, s. 29-32. ISSN 1338-1024

GAŠPARÍK, V., PROKŠA, M., JAVOROVÁ, K. et al.: Príklad využitia meracích zariadení v školských chemických pokusoch. *Biológia, ekológia, chémia*, roč. 16, č. 1, 2012, s. 7-10. ISSN 1338-1024

GAŠPARÍK, V., VASILOVÁ, Z.: Prvotné postrehy z pilotného testovania experimentov so školskými počítačovými meracími systémami vo vyučovaní chémie. In: *Aktuální*

problémy disertačních prací oboru didaktika chemie (Mezinárodní konference studentů doktorského studia didaktiky chemie), Olomouc : Univerzita Palackého v Olomouci, 2013. s. 93-97.

GAVORA, P., KOLDEOVÁ, L., DVORSKÁ, D. et al. *Elektronická učebnica pedagogického výskumu* [online]. [Bratislava] : Univerzita Komenského, 2010 [cit. 2015-201003-03]. Dostupné na internete: <http://www.e-metodologia.fedu.uniba.sk/>.

GEORGE, D., MALLERY, P.: *SPSS for Windows step by step: A simple guide and reference, 11.0 update*. 4. vyd. Boston : Allyn & Bacon, 2003. 400 s. ISBN 978-0205375523.

GERBING, D. W., ANDERSON, J. C.: Monte Carlo evaluations of goodness-of-fit indices for structural equation models. In: BOLLEN, K. A., LONG, J. S.: *Testing structural euqation models.* Newbury Park, CA : SAGE Publications, 1993, s. 44-65.

GUADAGNOLI, E., VELICER, W. F.: Relation to sample size to the stability of component patterns. *Psychological bulletin*, roč. 103, č. 2, 1988, s. 265-275. ISSN 1939-1455

HAIR, J. F. J., ANDERSON, R. E., TATHAM, R. L. et al.: *Multivariate data analysis: with readings*. 4. vyd. Upper Saddle River, New Jersey : Prentice Hall College Div, 1995. 745 s. ISBN 978-0-1391-3310-7.

HAIR, J. F. J., BLACK, W. C., BABIN, B. J. et al.: *Multivariate data analysis*. 7. vyd. New Jersey : Prentice Hall, 2009. 816 s. ISBN 978-0-1381-3263-7.

HAKE, R. R.: Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, roč. 66, č. 1, 1998, s. 64-74. ISSN 0002-9505

HALLOUN, I. A., HESTENES, D.: Common sense concepts about motion. *American Journal of Physics*, roč. 53, č. 11, 1985, s. 1056-1065.

HAMNE, P., BERNHARD, J.: Educating pre-service teachers using hands-on and microcomputer based labs as tools for concept substitution. In: PINTO, R., SURINACH, S.: *Physics Teacher Education Beyond.* Paris : Elsevier, 2000, s. 663-666.

HARRISON, G.: Data-Logging - A learning tool? *Computer Education*, roč. 85, 1997, s. 7-12. ISSN 0010-4590

HEAD, J.: What can psychology contribute to science education? *School Science Review*, roč. 63, č. 225, 1982, s. 631-642.

HECK, A., KĘDZIERSKA, E., ROGERS, L. et al.: Acid-base titration curves in an integrated computer learning environment. *The Chemical Educator*, roč. 14, č. 4, 2009, s. 164-174. ISSN 1430-4171

HELD, Ľ., ŽOLDOŠOVÁ, K., OROLÍNOVÁ, M. et al.: *Výskumne ladená koncepcia prírodovedného vzdelávania (IBSE v slovenskom kontexte)*. Trnava : Typi Universitatis Tyrnaviensis, 2011. 138 s. ISBN 978-80-8082-486-0.

HENSON, R., KOGAN, L. R., VACHA-HAASE, T.: A reliability generalization study of the teacher efficacy scale and related instruments. *Educational and Psychological Measurement*, roč. 61, č. 3, 2001, s. 404-420.

HESTENES, D., WELLS, M., SWACKHAMER, G.: Force Concept Inventory. *The physics teacher*, roč. 30, č. 3, 1992, s. 141-158.

HOCEVAR, D., KHATTAB, A.-M., MICHAEL, W. B.: Significance testing and efficiency in LISREL measurement models. *Educational and Psychological Measurement*, roč. 47, č. 1, 1987, s. 45-49. ISSN 0013-1644

HOFSTEIN, A., LUNETTA, V. N.: The role of the laboratory in science teaching: Neglected aspects of research. *Review of Educational Research*, roč. 52, č. 2, 1982, s. 201-217.

HOFSTEIN, A., LUNETTA, V. N.: The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, roč. 88, č. 1, 2004, s. 28-54. ISSN 1098-237X

HOGARTH, S., BENNETT, J., LUBBEN, F. et al.: The effect of ICT teaching activities in science lessons on students' understanding of science ideas. *Research evidence in Education Library.* London : Eppi - Centre, Social Institute of Education, 2006.

HOLEC, S., HRUŠKA, M., SPODNIAKOVÁ PFEFFEROVÁ, M.: A database of physical experiments intended for secondary and high school pupils. In: *Information and Communication Technology in Education*, Ostrava : Ostravská Univerzita, 2011. s. 129-136.

HOLEC, S., KMEŤOVÁ, J., SPODNIAKOVÁ PFEFFEROVÁ, M. et al.: *Testovanie prírodovednej gramotnosti PISA 2006*. [online]. Štátny pedagogický ústav. [cit. 2015-03-04]. Dostupné na internete: <http://www.statpedu.sk/files/documents/publikacna/rozvoj_funkcnej_gramotnosti/holec.pdf>.

HOLEC, S., SPODNIAKOVÁ PFEFFEROVÁ, M., HRUŠKA, M. et al.: Prírodovedná gramotnosť slovenských žiakov. In: *Aktuálne problémy fyzikálneho vzdelávania v európskom priestore (DIDFYZ 2010)*, Nitra : Univerzita Konštantína Filozofa, 2010. s. 32-33.

HOYLE, R. H., PANTER, A. T.: Writing about structural equation models. In: HOYLE, R. H.: *Structural equation modeling: Concepts, issues, and applications.* Thousand Oaks, California : SAGE Publications, 1995.

HU, L. T., BENTLER, P. M.: Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Structural equation modeling: a multidisciplinary journal*, roč. 6, č. 1, 1999, s. 1-55. ISSN 1070-5511

HURD, P. D.: State of precollege education in mathematics and science. *Science Education*, roč. 67, č. 1, 1983, s. 57-67. ISSN 1098-237X

JENISOVÁ, Z., BRANIŠA, J.: Kinetika chemického deja s podporou digitálnych technológií. In: *Súčasnosť a perspektívy didaktiky chémie III*, Banská Bystrica : FPV UMB, 2013. s. 84-88.

JEŠKOVÁ, Z.: *Počítačom podporované experimenty z termiky a termodynamiky v prostredí IP COACH*. Košice : Univerzita Pavla Jozefa Šafárika, 2004. 46 s. ISBN 80-7097582-2.

JÖRESKOG, K. G.: A general approach to confirmatory maximum likelihood factor analysis. *ETS Research Bulletin Series*, roč. 1967, č. 2, 1967, s. 183-202. ISSN 2333-8504

JUHÁSZ, J., MATULÍK, D.: Školské pokusy s počítačom. In: *DIDCHEM. Aktuálne problémy vyučovania chémie na základných a stredných školách* : Štátny pedagogický ústav, 1998. s. 224-230.

JUHÁSZ, J., MATULÍK, D.: Computer aided experiments in Science. In: *Science Teacher Training 2000*, Banská Bystrica : FPV UMB, 2000. s. 209-213.

KABERMAN, Z., DORI, Y. J.: Question posing, inquiry, and modeling skills of chemistry students in the case-based computerized laboratory environment. *International Journal of Science and Mathematics Education*, roč. 7, č. 3, 2009, s. 597-625. ISSN 1571-0068

KENNEDY, D.: Datalogging: what's it all about? *Science*, roč. 36, č. 2, 2001, s. 24-31.

KEYS, W.: *International studies in pupil performance: aspects of science education in English schools*. Windsor : NFER-Nelson, 1987.

KLEINOVÁ, I.: *Bezpečnosť práce vo výučbe chémie v podmienkach základných a stredných škôl*. Banská Bystrica : FPV UMB, 2015, 88 s. Diplomová práca.

KLINE, P.: *Psychometrics and psychology*. London : Academic Press, 1979. 390 s. ISBN 978-0-124-15150-5.

KLINE, P.: *Handbook of psychological testing*. 2. vyd. New York : Routledge, 1999. 752 s. ISBN 978-0-415-21158-1.

KLINE, R. B.: *Principles and practice of structural equation modeling*. 3. vyd. New York : The Guilford Press, 2011. 427 s. ISBN 978-1-60623-877-6.

KLOPFER, L. E.: Learning scientific enquiry in the student laboratory. In: HEGARTY-HAZEL, E.: *The student laboratory and the science curriculum.* London : Routledge, 1990, s. 95-118.

KMEŤOVÁ, J.: Ako ďalej s prípravou budúcich učiteľov chémie. In: *Súčasnosť a perspektívy didaktiky chémie II*, Banská Bystrica : FPV UMB, 2009. s. 56-61.

KMEŤOVÁ, J.: Vzdelávanie učiteľov chémie v SR. In: *Súčasnosť a perspektívy didaktiky chémie III*, Banská Bystrica : FPV UMB, 2013. s. 25-30.

KMEŤOVÁ, J.: Sebareflexia v príprave učiteľa chémie. In: *6th International Conference on Research in Didactics of the Science*, Krakow : Pedagogical University of Krakow, 2014. s. 25-30.

KMEŤOVÁ, J.: Podmienky pre chemické vzdelávanie na slovenských školách. In: *Didaktika chemie a její kontexty*, Brno : Masarykova univerzita, 2015. (v tlači)

KOEHLER, M., MISHRA, P.: What is technological pedagogical content knowledge (TPACK)? *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, roč. 9, č. 1, 2009, s. 60-70. ISSN 1528-5804

KRÁĽ, P., KANDEROVÁ, M., KAŠČÁKOVÁ, A. et al.: *Viacrozmerné štatistické metódy so zameraním na riešenie problémov ekonomickej praxe*. Banská Bystrica : Ekonomická fakulta UMB, 2009. 175 s. ISBN 978-80-8083-840-9.

KRIČFALUŠI, D.: Kvantitativní experiment podporovaný počítačem ve výuce chemie. In: *DIDCHEM. Aktuálne problémy vyučovania chémie na základných a stredných školách*, Bratislava : Štátny pedagogický ústav, 1998. s. 220-223.

KRIČFALUŠI, D.: *Počítačem podporovaný experiment z chemie*. Ostrava : Ostravská univerzita, 2004. 65 s.

KRUSKAL, W. H., WALLIS, W. A.: Use of ranks in one-criterion variance analysis. *Journal of the American Statistical Association*, roč. 47, č. 260, 1952, s. 583-621. ISSN 0162-1459

KUDER, G. F., W., R. M.: The theory of the estimation of test reliability. *Psychometrika*, roč. 2, č. 3, 1937, s. 151-160.

KWON, O. N.: The effect of calculator-based ranger activities on students' graphing ability. *School Science and Mathematics*, roč. 102, č. 2, 2002, s. 57-67. ISSN 1949-8594

LANCE, C. E., BUTTS, M. M., MICHELS, L. C.: The sources of four commonly reported cutoff criteria. What did they really say? *Organizational Research Methods*, roč. 9, č. 2, 2006, s. 202-220.

LAVONEN, J., AKSELA, M., JUUTI, K. et al.: Designing user-friendly datalogging for chemical education through factor analysis of teacher evaluations. *International Journal of Science Education*, roč. 25, č. 12, 2003, s. 1471-1487.

LAWS, P. W.: Calculus-based physics without lectures. *Physics today*, roč. 44, č. 12, 1991, s. 24-31. ISSN 0031-9228

LAWSON, A. E.: *A theory of instruction: Using the learning cycle to teach science concepts and thinking skills*. Washington DC. : The National Association for Research in Science Teaching, 1989.

LEHENOVÁ, A.: *Vybrané kapitoly z pedagogickej a školskej psychologie (1. diel)*. Trnava : Pedagogická fakulty Trnavskej Univerzity, 2012. 150 s. ISBN 978-80-8082-583-6.

LEŠKOVÁ, L., LEŠKO, Ľ.: *Premietané pokusy v chémii*. Bratislava : ŠPÚ, 1996.

LIKERT, R.: A technique for the measurement of attitudes. *Archives of psychology*, roč. 22, č. 140, 1932, s. 1-55.

LINN, M. C.: Curriculum reformulation: Incorporating technology into science instruction. In: *American Educational Research Association Meeting*, New Orleans : [s.n.], 1988.

LINN, M. C., HSI, S.: *Computers, teachers, peers: Science learning partners*. London : Routledge, 2000. ISBN 11-3566-670-9.

LINN, M. C., SONGER, N. B.: Teaching thermodynamics to middle school students: What are appropriate cognitive demands? *Journal of Research in Science Teaching*, roč. 28, č. 10, 1991, s. 885-918. ISSN 1098-2736

LIU, M.: Enhancing learners' cognitive skills through multimedia design. *Interactive Learning Environments*, roč. 11, č. 1, 2003, s. 23-39. ISSN 1049-4820

LIU, X.: Effects of combined hands-on laboratory and computer modeling on student learning of gas laws: A quasi-experimental study. *Journal of Science Education and Technology*, roč. 15, č. 1, 2006, s. 89-100. ISSN 1059-0145

LOEHLIN, J. C.: *Latent variable models: An introduction to factor, path, and structural equation analysis*. 4. vyd. New York : Routlege, 2004. 332 s. ISBN 0-8058-4910-6.

LUMA CENTRE OF THE UNIVERSITY OF HELSINKI: *LUMA Centre website (homepage)*. [online]. University of Helsinki. [cit. 2015-03-04]. Dostupné na internete: <http://www.helsinki.fi/luma/english/>.

LUSTIG, F.: Creative laboratory experiments for basic physics using computer data collection and evaluation exemplified on the Intelligent School Experimental System (ISES). *World Innovations in Engineering Education and Research, iNEER.* USA : [s.n.], 2006, s. 305-3012.

LUSTIG, F.: *Školní experimentálni systém ISES* [cit. 2015-04-04]. Dostupné na internete: <http://www.ises.info/old-site/>.

MACCALLUM, R. C., WIDAMAN, K. F., PREACHER, K. J. et al.: Sample size in factor analysis: The role of model error. *Multivariate behavioral research*, roč. 36, č. 4, 2001, s. 611-637. ISSN 0027-3171

MACCALLUM, R. C., WIDAMAN, K. F., ZHANG, S. et al.: Sample size in factor analysis. *Psychological methods*, roč. 4, č. 1, 1999, s. 84-99. ISSN 1939-1463

MACISAAC, D.: *Why use computers to teach Physics Labs?* [cit. 2014-02-25]. Dostupné na internete: <http://physicsed.buffalostate.edu/danowner/whyMBL.html>.

MANN, H. B., WHITNEY, D. R.: On a test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other. *The annals of mathematical statistics*, 1947, s. 50-60. ISSN 0003-4851

MARCUM-DIETRICH, N.: An action research study: Investigating the effective use of computer probe-ware in high school biology. In: *The NARST Annual Meeting* : Philadelphia, 2002.

MARCUM-DIETRICH, N. I., FORD, D. J.: The place for the computer is in the laboratory: An investigation of the effect of computer probeware on student learning. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, roč. 21, č. 4, 2002, s. 361-379. ISSN 0731-9258

MARKLAND, D., HARDY, L.: On the factorial and construct validity of the Intrinsic Motivation Inventory: Conceptual and operational concerns. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, roč. 68, č. 1, 1997, s. 20-32. ISSN 0270-1367

MARSH, H. W.: The structure of masculinity/femininity: An application of confirmatory factor analysis to higher-order factor structures and factorial invariance. *Multivariate behavioral research*, roč. 20, č. 4, 1985, s. 427-449. ISSN 0027-3171

MARSH, H. W., BALLA, J. R., MCDONALD, R. P.: Goodness-of-fit indexes in confirmatory factor analysis: The effect of sample size. *Psychological bulletin*, roč. 103, č. 3, 1988, s. 391-410. ISSN 1939-1455

MARSH, H. W., HOCEVAR, D.: Application of confirmatory factor analysis to the study of self-concept: First-and higher order factor models and their invariance across groups. *Psychological bulletin*, roč. 97, č. 3, 1985, s. 562-582. ISSN 1939-1455

MATSUNAGA, M.: How to factor-analyze your data right: Do's, don'ts, and how-to's. *International Journal of Psychological Research*, roč. 3, č. 1, 2010, s. 97-110. ISSN 2011-2079

MCAULEY, E., DUNCAN, T., TAMMEN, V. V.: Psychometric properties of the intrinsic motivation inventory in a competitive sport setting: A confirmatory factor analysis. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, roč. 60, č. 1, 1989, s. 48-58. ISSN 0270-1367

MCAULEY, E., TAMMEN, V. V.: The effects of subjective and objective competitive outcomes on intrinsic motivation. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, roč. 11, č. 1, 1989, s. 84-93.

MCAULEY, E., WRAITH, S., DUNCAN, T. E.: Self-efficacy, perceptions of success, and intrinsic motivation for exercise 1. *Journal of Applied Social Psychology*, roč. 21, č. 2, 1991, s. 139-155. ISSN 1559-1816

MCCLELLAND, D. C.: Motive dispositions: The merits of operant and respondent measures. In: WHEELER, L.: *Review of Personality and Social Psychology.* Beverly Hills, CA : SAGE Publications, 1980, s. 10-41.

MCDERMOTT, L. C., ROSENQUIST, M. L., VAN ZEE, E. H.: Student difficulties in connecting graphs and physics: Examples from kinematics. *American Journal of Physics*, roč. 55, č. 6, 1987, s. 503-513. ISSN 0002-9505

MCDONALD, R. P., HO, M.-H. R.: Principles and practice in reporting structural equation analyses. *Psychological methods*, roč. 7, č. 1, 2002, s. 64-82. ISSN 1939-1463

MCKNIGHT, C. C., TRAVERS, K. J., DOSSEY, J. A.: Twelfth-grade mathematics in US high schools: A report from the Second International Mathematics Study. *The Mathematics Teacher*, roč. 78, č. 4, 1985, s. 292-300. ISSN 0025-5769

MELICHOVÁ, Z., HARVANOVÁ, L.: Využitie SM systému na sledovanie katalytického rozkladu peroxidu vodíka. In: *Aktuální otázky výuky chemie 10*, Hradec Králové : Gaudeamus, 2000. s. 162-167.

METCALF, S. J., TINKER, R. F.: Probeware and handhelds in elementary and middle school science *Journal of Science Education and Technology*, roč. 13, č. 1, 2004, s. 43-49 ISSN 1059-0145

MEYERS, L. S., GAMST, G. C., GUARINO, A. J.: *Applied multivariate research*. Londýn : SAGE Publications, 2013a. 1104 s. ISBN 978-1-452-22536-4.

MEYERS, L. S., GAMST, G. C., GUARINO, A. J.: *Performing data analysis using IBM SPSS*. Hoboken, New Jersey : John Wiley & Sons, 2013b. 720 s. ISBN 978-1-118-51492-4.

MICHAEL, J.: Where's the evidence that active learning works? *Advances in Physiology Education*, roč. 30, č. 4, 2006, s. 159-167. ISSN 1043-4046

MILLAR, R.: What is 'scientific method' and Can it be taught. In: LEVINSON, R.: *Teaching science.* London : Routledge, 1994, s. 165-178.

MILTIADOU, M.: Motivational constructs as predictors of success in the online classroom. *Dissertation Abstracts International*, roč. 61, č. 9-A, 2001, s. 3527. ISSN 0419-4209

MINSTRELL, J., KRAUS, P.: Guided inquiry in the science classroom. In: DONOVAN, M. S., BRANSFORD, J. D.: *How people learn: History, mathematics, and science in the classroom.* Washington, DC : National Academy Press, 2005, s. 475-512.

MISHRA, P., KOEHLER, M.: Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *The Teachers College Record*, roč. 108, č. 6, 2006, s. 1017-1054. ISSN 1467-9620

MOKROS, J. R., TINKER, R. F.: The impact of microcomputer-based labs on children's ability to interpret graphs. *Journal of Research in Science Teaching*, roč. 24, č. 4, 1987, s. 369-383. ISSN 1098-2736

MONETTI, D. M.: A multiple regression analysis of self-regulated learning, epistemology and student achievement. *Dissertation Abstracts International*, roč. 61, č. 10-A, 2002, s. 3294. ISSN 0419-4209

NACHMIAS, R., LINN, M. C.: Evaluations of science laboratory data: The role of computer-presented information. *Journal of Research in Science Teaching*, roč. 24, č. 5, 1987, s. 491-506. ISSN 1098-2736

NAKHLEH, M. B.: A review of microcomputer-based labs: how have they affected science learning? *J. Comput. Math. Sci. Teach.*, roč. 13, č. 4, 1994, s. 368-381. ISSN 0731-9258

NAKHLEH, M. B., KRAJCIK, J. S.: Influence of levels of information as presented by different technologies on students' understanding of acid, base, and ph concepts. *Journal of Research in Science Teaching*, roč. 31, č. 10, 1994, s. 1077-1096. ISSN 1098-2736

NEBER, H., HELLER, K. A.: Evaluation of a summer-school program for highly gifted secondary-school students: The German Pupils Academy. *European Journal of Psychological Assessment*, roč. 18, č. 3, 2002, s. 214. ISSN 2151-2426

NEWTON, L.: Graph talk: some observations and reflections on students' data-logging. *School Science Review*, roč. 79, č. 287, 1997, s. 49-54. ISSN 0036-6811

NEWTON, L. R.: Gathering data: does it make sense? *Journal of Information Technology for Teacher Education*, roč. 7, č. 3, 1998, s. 379-394. ISSN 0962-029X

NEWTON, L. R.: Data-logging in the science classroom: Approaches to innovation. In: *3rd ESERA Conference:Research in Science Education: Past, Present and Future*, Thessaloniki : ESERA, 2002.

NIEMI, H., NEVGI, A., VIRTANEN, P. I.: Towards self-regulation in web-based learning. *Journal of Educational Media*, roč. 28, č. 1, 2003, s. 49-71. ISSN 1358-1651

NÚCEM: *Projekt PISA* [cit. 2015-03-04]. Dostupné na internete: <http://www.nucem.sk/sk/medzinarodne_merania/project/5/>.

NUNNALLY, J. C.: *Psychometric theory*. New York : McGraw-Hill, 1967. 640 s.

NUNNALLY, J. C.: *Psychometric theory*. 2. vyd. New York : McGraw-Hill, 1978. 701 s.

NUNNALLY, J. C., BERNSTEIN, I. H.: *Psychometric theory*. 3. vyd. New York : McGraw-Hill, 1994. 736 s. ISBN 978-0070478497.

OLSSON, U.: Maximum likelihood estimation of the polychoric correlation coefficient. *Psychometrika*, roč. 44, č. 4, 1979, s. 443-460. ISSN 0033-3123

OMMUNDSEN, Y.: Implicit theories of ability and self-regulation strategies in physical education classes. *Educational psychology*, roč. 23, č. 2, 2003, s. 141-157. ISSN 0144-3410

OSBORNE, J., SIMON, S., COLLINS, S.: Attitudes towards science: A review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, roč. 25, č. 9, 2003, s. 1049-1079. ISSN 0950-0693

PACHMANN, E., HOFMANN, V.: *Obecná didaktika chemie*. Praha : SPN, 1981. 334 s.

PANAYIDES, P.: Coefficient alpha. Interpret with caution. *Europe's Journal of Psychology*, roč. 9, č. 4, 2013, s. 687-696.

PASCO: *Company website (homepage)* [cit. 2015-04-04]. Dostupné na internete: <www.pasco.com/>.

PEDHAZUR, E. J., SCHMELKIN, L. P.: *Measurement, design, and analysis: An integrated approach*. Hillsdale, New Jersey : Lawrence Erlbaum Associates, 1991. 840 s. ISBN 0-8058-1063-3.

PIERRI, E., KARATRANTOU, A., PANAGIOTAKOPOULOS, C.: Exploring the phenomenon of'change of phase'of pure substances using the Microcomputer-Based-Laboratory (MBL) system. *Chemistry Education Research and Practice*, roč. 9, č. 3, 2008, s. 234-239.

PINTÓ, R., COUSO, D., HERNÁNDEZ, M. I.: An inquiry-oriented approach for making the best use of ICT in the classroom. *eLearning Papers*, roč. 13, č. 20, 2010, s. 1887-1542. ISSN 1887-1542

PINTÓ, R., FERNANDEZ, C., ORO, J. et al.: Teaching patterns in real-time experiments at secondary school. In: *ESERA*, Malmoe : [s.n.], 2007.

PINTÓ, R., PÉREZ, O., GUTIÉRREZ, R.: Implementing MBL (Microcomputer Based Laboratory) technology for the laboratory work in compulsory secondary school science classes. In: *STTIS Spanish National report on WP1*, [s.l.] : [s.n.], 1999.

PINTRICH, P. R., DE GROOT, E. V.: Motivational and self-regulated learning components of classroom academic performance. *Journal of educational psychology*, roč. 82, č. 1, 1990, s. 33-40. ISSN 1939-2176

PINTRICH, P. R., SMITH, D. A., GARCIA, T. et al. *A manual for the use of the Motivated Strategies for Learning Questionnaire (MSLQ)*. Ann Arbor, MI : National Center for Research to Improve Postsecondary Teaching and Learning, 1991.

PINTRICH, P. R., SMITH, D. A. F., GARCIA, T. et al.: Reliability and predictive validity of the motivated strategies for learning questionnaire (MSLQ). *Educational and Psychological Measurement*, roč. 53, č. 3, 1993, s. 801-813.

PLANT, R. W., RYAN, R. M.: Intrinsic motivation and the effects of self-consciousness, self-awareness, and ego-involvement: An investigation of internally controlling styles. *Journal of Personality*, roč. 53, č. 3, 1985, s. 435-449. ISSN 1467-6494

PRIEST, S. J., PYKE, S. M., WILLIAMSON, N. M.: Student perceptions of chemistry experiments with different technological interfaces: A comparative study. *Journal of Chemical Education*, roč. 91, č. 11, 2014, s. 1787-1795. ISSN 0021-9584

PRINCE, M.: Does active learning work? A review of the research. *Journal of Engineering Education*, roč. 93, č. 3, 2004, s. 223-231. ISSN 2168-9830

PROJECT COMBLAB: *Project website (homepage)*. [online]. Project No. 517587-LLP-1-2011-1-ES-COMENIUS-CMP. [cit. 2015-02-02]. Dostupné na internete: <http://comblab.uab.cat/>.

RANE, L.: The effectiveness of MBL experiments in developing conceptual understanding in kinematics among undergraduate physics students. In: *World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education*, [s.l.] : [s.n.], 2013. s. 2495-2502.

RAO, N., MOELY, B. E., SACHS, J.: Motivational beliefs, study strategies, and mathematics attainment in high-and low-achieving Chinese secondary school students. *Contemporary Educational Psychology*, roč. 25, č. 3, 2000, s. 287-316. ISSN 0361-476X

RAO, N., SACHS, J.: Confirmatory factor analysis of the Chinese version of the motivated strategies for learning questionnaire. *Educational and Psychological Measurement*, roč. 59, č. 6, 1999, s. 1016-1029. ISSN 0013-1644

REDISH, E. F., SAUL, J. M., STEINBERG, R. N.: On the effectiveness of active-engagement microcomputer-based laboratories. *American Journal of Physics*, roč. 65, č. 1, 1997, s. 45-54. ISSN 0002-9505

ROGERS, L.: New data-logging tools - New investigations. *School Science Review*, roč. 79, č. 287, 1997, s. 61-68. ISSN 0036-6811

ROGERS, L., WILD, P.: Data-logging: effects on practical science. *Journal of Computer Assisted Learning*, roč. 12, č. 3, 1996, s. 130-145. ISSN 1365-2729

ROTGANS, J. I., SCHMIDT, H. G.: The Motivated Strategies for Learning Questionnaire: A measure for students' general motivational beliefs and learning strategies? *The Asia-Pacific Education Researcher*, roč. 19, č. 2, 2010.

RUSSELL, D. W., LUCAS, K. B., MCROBBIE, C. J.: The role of the microcomputer-based laboratory display in supporting the construction of new understandings in kinematics. *Research in Science Education*, roč. 33, č. 2, 2003, s. 217-243. ISSN 0157-244X

RUŽIČKA, I.: *Projekcia chemických pokusov na stredných školách*. Banská Bystrica : Učebné pomôcky, n. p., 1987.

RYAN, R., KOESTNER, R., DECI, E.: Ego-involved persistence: When free-choice behavior is not intrinsically motivated. *Motivation and Emotion*, roč. 15, č. 3, 1991, s. 185-205. ISSN 0146-7239

RYAN, R. M.: Control and information in the intrapersonal sphere: An extension of cognitive evaluation theory. *Journal of personality and social psychology*, roč. 43, č. 3, 1982, s. 450-461. ISSN 1939-1315

RYAN, R. M., CONNELL, J. P., PLANT, R. W.: Emotions in nondirected text learning. *Learning and Individual Differences*, roč. 2, č. 1, 1990, s. 1-17. ISSN 1041-6080

RYAN, R. M., DECI, E. L.: Intrinsic and extrinsic motivations: Classic definitions and new directions. *Contemporary Educational Psychology*, roč. 25, č. 1, 2000, s. 54-67. ISSN 0361-476X

RYAN, R. M., MIMS, V., KOESTNER, R.: Relation of reward contingency and interpersonal context to intrinsic motivation: A review and test using cognitive evaluation theory. *Journal of personality and social psychology*, roč. 45, č. 4, 1983, s. 736-750. ISSN 1939-1315

SAEZ, M.: *Estat de la implantacio´ de l'aula de noves tecnologies per al treball experimental a Catalunya en el curs 2004–05*. Barcelona : Departament of Didactics of Mathematics and of Experimental Sciences, UAB, 2006.

SAEZ, M., PINTÓ, R., GARCIA, P.: Interconnecting concepts and dealing with graphs to study motion. In: *Proceedings of the 5th International ESERA Conference on Contributions of Research to Enhancing Students' interest in Learning Science*, [s.l.] : [s.n.], 2005. s. 1229-1232.

SACHS, J., LAW, Y., CHAN, C. K.: An analysis of the relationship between the motivated strategies for learning questionnaire and the learning process questionnaire. *Psychologia*, roč. 45, č. 3, 2002, s. 193-203. ISSN 0033-2852

SACHS, J., LAW, Y. K., CHAN, C. K. et al.: A nonparametric item analysis of the motivated strategies for learning questionnaire - Chinese version. *Psychologia*, roč. 44, č. 3, 2001, s. 197-208. ISSN 0033-2852

SARIS, W., STRONKHORST, H.: *Causal modelling in nonexperimental research: An introduction to the LISREL approach*. Amsterdam : Sociometric Research Foundation, 1984. 335 s.

SASSI, E., MONROY, G., TESTA, I.: Teacher training about real-time approaches: Research-based guidelines and training materials. *Science Education*, roč. 89, č. 1, 2005, s. 28-37. ISSN 1098-237X

SEIBERT, D. C.: Effects of engagement principles in a video teleconferencing environment on the development of knowledge, motivation and clinical expertise. *Dissertation Abstracts International*, roč. 63, č. 6, 2002, s. 2136.

SCHAUER, F., KUŘITKA, I., LUSTIG, F.: Creative laboratory experiments for basic physics using computer data collection and evaluation exemplified on the Intelligent School Experimental System (ISES). In: *Exploring Innovation in Education and Research* : iCEER-2005, 2005. s. 305-312.

SCHAUER, F., LUSTIG, F., DVOŘÁK, J. et al.: An easy-to-build remote laboratory with data transfer using the Internet School Experimental System. *European Journal of Physics*, roč. 29, č. 4, 2008, s. 753. ISSN 0143-0807

SCHAUER, F., LUSTIG, L., OŽVOLDOVÁ, M.: ISES – Internet School Experimental System for computer-based laboratories in physics. *Innovations 2009 (USA), World Innovations in Engineering Education and Research.* [s.l.] : iNEER Special Volume, 2009, s. 109-118.

SCHMIDT, D. A., BARAN, E., THOMPSON, A. D. et al.: Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK): The development and validation of an assessment instrument for preservice teachers. *Journal of Research on Technology in Education*, roč. 42, č. 2, 2009. ISSN 1539-1523

SCHREIBER, J. B., NORA, A., STAGE, F. K. et al.: Reporting structural equation modeling and confirmatory factor analysis results: A review. *The Journal of Educational Research*, roč. 99, č. 6, 2006, s. 323-338. ISSN 0022-0671

SCHUMACKER, R. E., LOMAX, R. G.: *A beginner's guide to structural equation modeling*. 2. vyd. Mahwah, New Jersey : Lawrence Erlbaum Associates, 2004. ISBN 1-4106-1090-X.

SCHWAB, J. J.: The teaching of science as inquiry. In: SCHWAB, J. J., BRANDWIEN, P. F.: *The Teaching of Science.* Cambridge, MA : Harward University Press, 1962.

SKORŠEPA, M.: Využitie počítača na sledovanie tepelných efektov jednoduchých chemických procesov. In: *Zborník zo študentskej vedeckej konferencie*, Bratislava : Prif UK, 2002.

SKORŠEPA, M.: Computer supported electrochemistry. In: *Proceedings of the 2nd European Variety in Chemistry Education*, Prague : Charles University – Faculty of Science, 2007a. s. 185-189. 185-189

SKORŠEPA, M.: Merací systém ISES v experimentoch z oblasti životného prostredia. In: *Sborník z mezinárodní konference „Příprava učitelů chemie na environmentální výchovu a výchovu k trvale udržitelnému rozvoji“*, Brno : Masarykova univerzita, 2007b. s. 120-125.

SKORŠEPA, M.: Porovnanie počítačových meracích systémov SM System a ISES na niekoľkých príkladoch z chémie. In: *Zborník z konferencie ScienEdu „Aktuálne trendy vo vyučovaní prírodovedných predmetov“*, Bratislava : ŠEVT a. s., 2007c. s. 475.

SKORŠEPA, M.: Ako „uhasiť“ pálenie záhy – príklad školského chemického experimentu s podporou výpočtovej techniky. *Biológia, ekológia, chémia*, roč. 16, č. 3-4, 2012, s. 8-11. ISSN 1338-1024

SKORŠEPA, M.: *Stomach acid and antacids*. [online]. Project No. 517587-LLP-1-2011-1-ES-COMENIUS-CMP. [cit. 2015-02-02]. Dostupné na internete: <http://comblab.uab.cat/>.

SKORŠEPA, M., BÍLEK, M.: Zaujímavé sledovania s kyslíkovou sondou – počítačom podporovaný experiment. In: *Zborník z XII. medzinárodnej konferencie o vyučovaní chémie „Aktuální otázky výuky chemie XII“* : Gaudeamus, 2002. s. 243-247.

SKORŠEPA, M., GIBALOVÁ, I., MELICHERČÍK, M.: Kontinuálne sledovanie procesu korózie SM Systémom. *Acta Universitatis Matthiae Belii, ser. chem.*, č. 4, 2000, s. 126-130.

SKORŠEPA, M., MELICHERČÍK, M.: Potenciometrická titrácia s SM Systémom. *Acta Universitatis Matthiae Belii, ser. chem.*, č. 3, 1999, s. 101-109.

SKORŠEPA, M., MELICHERČÍK, M.: Sledovanie procesu destilácie teplotným čidlom s pripojeným počítačom. *Acta Universitatis Matthiae Belii, ser. chem.*, č. 5, 2001a, s. 43-45.

SKORŠEPA, M., MELICHERČÍK, M.: Vplyv dvoch faktorov na tepelný efekt chemickej reakcie (sledovanie SM Systémom). *Acta Universitatis Matthiae Belii, ser. chem.*, č. 5, 2001b, s. 46-50.

SKORŠEPA, M., MELICHERČÍK, M. Biochemické experimenty s podporou počítača. In *Aktuální otázky výuky chemie XV.* Hradec Králové : Gaudeamus, 2005, p. 402-407.

SKORŠEPA, M., MELICHOVÁ, Z.: Computer supported experiments with manometer. In: *Monograph of international conference „Research in didactics of the Science“*, Krakow : Universytet Pedagogiczny, 2008. s. 327-330.

SKORŠEPA, M., STRATILOVÁ URVÁLKOVÁ, E., ŠMEJKAL, P. et al.: Zo života kvasiniek - príklad školského experimentu s podporou digitálnych meracích zariadení. *Biológia, ekológia, chémia*, 2015. ISSN 1338-1024. (v tlači)

SKORŠEPA, M., STRATILOVÁ URVÁLKOVÁ, E., ŠMEJKAL, P. et al.: Activities with sensors in laboratory of biology: Students' motivation and understanding the results. In: *Experiments in teaching and learning natural sciences*, Krakow : Pedagogical University of Krakow, 2014. s. 25-33.

SKORŠEPA, M., ŠMEJKAL, P.: Rozvoj kompetencií študentov a učiteľov prostredníctvom reálnych počítačom podporovaných experimentov vo vyučovaní prírodných vied. In: *Aktuálne trendy vo vyučovaní prírodných vied*, Trnava : Pedagogická fakulta Trnavskej univerzity, 2012. s. 256-262.

SKORŠEPA, M., TORTOSA MORENO, M.: Čiastková štúdia z overovania nových aktivít pre počítačové prírodovedné laboratórium. *Acta Universitatis Matthiae Belii, ser. chem.*, č. 15, 2014a, s. 92-97.

SKORŠEPA, M., TORTOSA MORENO, M.: Faktory ovplyvňujúce motivačnú orientáciu žiakov v počítačom podporovanom laboratóriu. *Acta Universitatis Matthiae Belii, ser. chem.*, č. 15, 2014b, s. 84-91.

SKORŠEPA, M., TORTOSA MORENO, M.: What do pre-service and in-service teachers think of education in computer based lab? In: *Science and technology education for the 21st century. 9th IOSTE Symposium for Central and Eastern Europe*, Hradec Králové : Gaudeamus, 2014c. s. 183-195.

SKORŠEPA, M., TORTOSA MORENO, M., URBAN-WOLDRON, H. et al.: Implementácia aktivít do vyučovania v počítačom podporovanom laboratóriu na stredných školách. In: *Súčasnosť a perspektívy didaktiky chémie III (Donovaly 2013)*, Banská Bystrica : Fakulta prírodných vied UMB, 2013. s. 78-83.

SPODNIAKOVÁ PFEFFEROVÁ, M., KMEŤOVÁ, J., RAGANOVÁ, J. et al.: Príprava budúcich učiteľov prírodovedných predmetov vo svetle výsledkov testovania prírodovednej gramotnosti PISA 2006. *Acta Universitatis Matthiae Belii*, roč. ser. chem., č. 11, 2010, s. 66-69.

SPODNIAKOVÁ PFEFFEROVÁ, M., RAGANOVÁ, J., HOLEC, S. et al.: The course "Investigations of Human-Environment Interaction" – Contents, testing and evaluation. In: *International Conference ComLab 2007 – Computerised laboratory in science and technology education*, Ljubljana : Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta, 2007.

SPSS INC. PASW Statistics for Windows. Verzia 18.0. Chicago : SPSS Inc., Vydanie 2009.

STEIGER, J. H.: Structural model evaluation and modification: An interval estimation approach. *Multivariate behavioral research*, roč. 25, č. 2, 1990, s. 173-180. ISSN 0027-3171

STEIN, J. S.: The computer as lab partner: Classroom experience gleaned from one year of Microcomputer-Based Laboratory use. *Journal of Educational Technology Systems*, roč. 15, č. 3, 1987, s. 225-236.

STEVENS, J.: *Applied multivariate statistics for the social sciences*. 2. vyd. Hillsdale, New Jersey : Lawrence Erlbaum, 1992. 648 s. ISBN 978-0-8058-1197-1.

STRATILOVÁ URVÁLKOVÁ, E.: *Počítačem podporované experimenty ve výuce chemie na střední škole*. Praha : Univerzita Karlova, 2013.

STRATILOVÁ URVÁLKOVÁ, E., ŠMEJKAL, P.: Školní chemické experimentování s pomocí měřicích přístrojů a počítače In: *Alternativní metody výuky 2009*, Hradec Králové : Gaudeamus, 2009a. s. 1-7.

STRATILOVÁ URVÁLKOVÁ, E., ŠMEJKAL, P.: Školní chemické experimentování s pomocí měřících přístrojů a počítače. In: *Alternativní metody výuky 2009 (7. ročník)* : Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, 2009b.

STRATILOVÁ URVÁLKOVÁ, E., ŠMEJKAL, P.: Tři oříšky pro učitele chemie 2009. Laboratorní cvičení s využitím měřicích přístrojů. In: *Počítač ve škole 2009*, Nové Město na Moravě : Gymnázium Vincence Makovského, 2009c. s. 1-4.

STRATILOVÁ URVÁLKOVÁ, E., ŠMEJKAL, P., ČTRNÁCTOVÁ, H.: Laboratorní experimenty řízené multifunkčním přístrojem. *Chemicke Listy*, roč. 100, č. 8, 2006, s. 689-690. ISSN 0009-2770

STRATILOVÁ URVÁLKOVÁ, E., ŠMEJKAL, P., KLÍMOVÁ, H.: Kvalitativní zhodnocení dotazů žáků při laboratorním cvičení s instrumentální technikou. In: *Current Trends in Chemical Curricula*, Praha : Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, 2008. s. 126-130.

STRATILOVÁ URVÁLKOVÁ, E., TEPLÝ, P.: *What makes your heart beat*. [online]. Project No. 517587-LLP-1-2011-1-ES-COMENIUS-CMP. [cit. 2015-02-02]. Dostupné na internete: <http://comblab.uab.cat/>.

STRATILOVÁ URVÁLKOVÁ, E., TEPLÝ, P., ŠMEJKAL, P.: *Germinating seeds*. [online]. Project No. 517587-LLP-1-2011-1-ES-COMENIUS-CMP. [cit. 2015-02-02]. Dostupné na internete: <http://comblab.uab.cat/>.

STREINER, D. L.: Starting at the beginning: An introduction to coefficient alpha and internal consistency. *Journal of Personality Assesment*, roč. 80, č. 1, 2003, s. 90-103.

SVEC, M.: Improving graphing intrepretation skills and understanding of motion using microcomputer based laboratories. *Electronic Journal of Science Education*, roč. 3, č. 4, 1999. ISSN 1087-3430

ŠMEJKAL, P.: *Nursie, the pressure*. [online]. Project No. 517587-LLP-1-2011-1-ES-COMENIUS-CMP. [cit. 2015-02-02]. Dostupné na internete: <http://comblab.uab.cat/>.

ŠMEJKAL, P., STRATILOVÁ URVÁLKOVÁ, E.: Školní měřicí systémy pro výuku chemie - mají o ně žáci vůbec zájem? In: *Alternativní metody výuky 2011*, Hradec Králové : Gaudeamus, 2011. s. 1-9.

ŠMEJKAL, P., STRATILOVÁ URVÁLKOVÁ, E.: Support for use of probeware in science for teachers and pupils. In: CIESLA, P., et al.: *Chemistry Education in the Light of the Research.* Krakow : Pedagogical University of Krakow, 2012, s. 118-123.

ŠMEJKAL, P., STRATILOVÁ URVÁLKOVÁ, E., TEPLÝ, P. et al.: Koncepce úlohy pro školní měřicí systém s využitím prvků badatelsky orientovaného vyučování. In: *Súčasnosť a perspektívy didaktiky chémie III (Donovaly 2013)*, Banská Bystrica : Fakulta prírodných vied UMB, 2013. s. 90-96.

ŠMEJKAL, P., TEPLÝ, P., STRATILOVÁ URVÁLKOVÁ, E.: *The life of yeast*. [online]. Project No. 517587-LLP-1-2011-1-ES-COMENIUS-CMP. [cit. 2015-02-02]. Dostupné na internete: <http://comblab.uab.cat/>.

ŠORGO, A., HAJDINJAK, Z., BRIŠKI, D.: The journey of a sandwich: computer-based laboratory experiments about the human digestive system in high school biology teaching. *Advances in Physiology Education*, roč. 32, č. 1, 2008, s. 92-99.

ŠORGO, A., KOCIJANCIC, S.: Demonstration of biological processes in lakes and fishponds through computerised laboratory practice. *International Journal of Engineering Education*, roč. 22, č. 6, 2006, s. 1224-1230. ISSN 0949-149X

ŠORGO, A., KOCIJANCIC, S.: False reality or hidden messages: Reading graphs obtained in computerized biological experiments. *Eurasia Journal of Mathematics Science and Technology Education*, roč. 8, č. 2, 2012, s. 129-137. ISSN 1305-8215

ŠORGO, A., VERČKOVNIK, T., KOCIJANČIČ, S.: Information and communication technologies (ICT) in biology teaching in Slovenian secondary schools. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, roč. 6, č. 1, 2010, s. 37-46. ISSN 1305-8223

TABACHNICK, B. G., FIDELL, L. S.: *Using multivariate statistics*. 6. vyd. Boston : Pearson, 2012. 1024 s. ISBN 978-0-2058-4957-4.

TAN, D. K.-C., HEDBERG, J. G., KOH, T. S. et al.: *Datalogging: a unique affordance unrealized?* [online]. ASERA. [cit. 2015-03-04]. Dostupné na internete: <http://repository.nie.edu.sg/jspui/bitstream/10497/2737/1/datalogging_ASERA.pdf>.

TANAKA, J. S.: Multifaceted conceptions of fit in structural equation models. In: BOLLEN, K. A., LONG, J. S.: *Testing structural euqation models.* Newbury Park, CA : SAGE Publications, 1993, s. 10-39.

TAYLOR, R. T.: *Review of the motivated strategies for learning questionnaire (MSLQ) using reliability generalization techniques to assess scale reliability*. Auburn, Alabama : Auburn University, 2012, 175 s. Dizertačná práca.

TESTA, I., MONROY, G., SASSI, E.: Students' reading images in kinematics: the case of real-time graphs. *International Journal of Science Education*, roč. 24, č. 3, 2002, s. 235-256. ISSN 0950-0693

THO, S. W., HUSSAIN, B.: The development of a Microcomputer-Based Laboratory (MBL) system for gas pressure law experiment via open source software. *International Journal of Education & Development using Information & Communication Technology*, roč. 7, č. 1, 2011, s. 42-55. ISSN 1814-0556

THORNTON, R. K. Using the microcomputer-based laboratory to improve student conceptual understanding in physics. In *Microcomputer in physics education. The proceedings of an international conference.* Adana, Turkey : [s.n.], 1989.

THORNTON, R. K., SOKOLOFF, D. R.: Learning motion concepts using real-time microcomputer-based laboratory tools. *American Journal of Physics*, roč. 58, č. 9, 1990, s. 858-867.

THORNTON, R. K., SOKOLOFF, D. R.: Assessing student learning of Newton's laws: The force and motion conceptual evaluation and the evaluation of active learning laboratory and lecture curricula. *American Journal of Physics*, roč. 66, č. 4, 1998, s. 338-352. ISSN 0002-9505

TINKER, R. F.: *Microcomputers in the lab: Techniques and applications*. Cambridge : Technical Educational Research Center, 1984.

TINKER, R. F.: *A history of probeware*. [online]. The Concord Consortium. [cit. 2015-03-04]. Dostupné na internete: <https://concord.org/sites/default/files/pdf/probeware_history.pdf>.

TINKER, R. F., PAPERT, S.: Tools for science education. In: ELLIS, J. D.: *Information Technology and Science Education.* Columbus (Ohio) : AETS, 1988, s. 13-33.

TOBIN, K.: Research on science laboratory activities: In pursuit of better questions and answers to improve learning. *School Science and Mathematics*, roč. 90, č. 5, 1990, s. 403-418. ISSN 1949-8594

TOLVANEN, S.: *Could oceans save us from climate change?* : Project No. 517587-LLP-1-2011-1-ES-COMENIUS-CMP, 2012. (nepublikované)

TOMEČEK, O.: *Premietané pokusy v chémii*. Banská Bystrica : Učebné pomôcky, n. p., 1986.

TORTOSA MORENO, M.: The use of microcomputer based laboratories in chemistry secondary education: Present state of the art and ideas for research-based practice. *Chemistry Education Research and Practice*, roč. 13, č. 3, 2012, s. 161-171. ISSN 1109-4028

TORTOSA MORENO, M.: *Anti-lime cleaning liquid and our skin*. [online]. Project No. 517587-LLP-1-2011-1-ES-COMENIUS-CMP. [cit. 2015-02-02]. Dostupné na internete: <http://comblab.uab.cat/>.

TORTOSA MORENO, M.: *Coal power and acid rain*. [online]. Project No. 517587-LLP-1-2011-1-ES-COMENIUS-CMP. [cit. 2015-02-02]. Dostupné na internete: <http://comblab.uab.cat/>.

TORTOSA MORENO, M.: *The most efficient home-made fire extinguisher*. [online]. Project No. 517587-LLP-1-2011-1-ES-COMENIUS-CMP. [cit. 2015-02-02]. Dostupné na internete: <http://comblab.uab.cat/>.

TORTOSA MORENO, M., GUITART MAS, J., SKORŠEPA, M. et al.: Los objetivos de actividades de laboratorio diseñadas para la adquisición de competencia científica mediante experimentos en tiempo real: visión del alumnado. *Enseñanza de las ciencias*, č. (num. extra), 2013a, s. 3547-3553. ISSN 0212-4521

TORTOSA MORENO, M., PINTÓ, R.: How students use their knowledge on collision theory to design, perform and explain experiments about the rate of reaction in an inquiry-based task. In: *10th European Conference on Research in Chemistry Education (Book of Abstracts)* : Pedagogical University of Krakow, 2010. s. 269-270.

TORTOSA MORENO, M., PINTÓ, R., SAEZ, M.: The use of sensors in chemistry lessons to promote significant learning in secondary school students. In: *Current Trends in Chemical Curricula*, Praha : [s.n.], 2008. s. 135-139.

TORTOSA MORENO, M., SKORŠEPA, M., GUITART MAS, J. et al.: Design of research-based lab sheets for the acquisition of science competencies using ICT real-time experiments. Do students get the point of what they are doing? In: *E-Book Proceedings of the ESERA 2013 Conference "Science Education Research For Evidence-based Teaching and Coherence in Learning", Strand 4*, Nicosia (Cyprus) : European Science Education Research Association, 2013b. s. 695-703.

TORTOSA MORENO, M., ŠMEJKAL, P., STRATILOVÁ URVÁLKOVÁ, E. et al. Real-time experiments to enhance chemistry competences in secondary students. In *12th European Conference on Research in Chemistry Education (ECRICE 2014, Jyväskylä, Finland).* Jyväskylä : University of Jyväskylä, 2014, p. 45.

TÓTHOVÁ, A., PROKŠA, M.: Didaktické možnosti kvantitatívnych chemických experimentov. In: *Aktuální otázky výuky chemie 12* : Gaudeamus, 2002. s. 239-242.

TÓTHOVÁ, A., PROKŠA, M.: Možnosť využitia meracieho zariadenia CBL 2 pri realizácii laboratórnych cvičení na základných a stredných školách. *Biológia, ekológia, chémia*, roč. 8, č. 1, 2003, s. 6-12. ISSN 1335-8960

TRUMPER, R.: The physics laboratory – A historical overview and future perspectives. *Science & Education*, roč. 12, č. 7, 2003, s. 645-670. ISSN 0926-7220

TUCKER, L. R., LEWIS, C.: A reliability coefficient for maximum likelihood factor analysis. *Psychometrika*, roč. 38, č. 1, 1973, s. 1-10. ISSN 0033-3123

URBAN-WOLDRON, H., TORTOSA MORENO, M., SKORŠEPA, M.: Implementing learning with sensors in science education: Students' motivational orientations toward using MBL. In: *E-Book Proceedings of the ESERA 2013 Conference "Science Education Research For Evidence-based Teaching and Coherence in Learning", Strand 4.*, Nicosia (Cyprus) : European Science Education Research Association, 2013. s. 848-854.

VALLERAND, R. J., REID, G.: On the causal effects of perceived competence on intrinsic motivation: A test of cognitive evaluation theory. *Journal of Sport Psychology*, roč. 6, č. 1, 1984, s. 94-102. ISSN 0163-433X

VAN EIJCK, M. W.: *Teaching quantitative concepts with ICT in pre-university biology education : the case of datalogging the heart*. Amsterdam : University of Amsterdam, 2006, 254 s. Dizertačná práca.

VERNIER SOFTWARE & TECHNOLOGY: *Company website (homepage)* [cit. 2015-04-04]. Dostupné na internete: <http://www.vernier.com/>.

VOOGT, J., TILYA, F., AKKER, J.: Science teacher learning of MBL-supported student-centered science education in the context of secondary education in Tanzania. *Journal of Science Education and Technology*, roč. 18, č. 5, 2009, s. 429-438. ISSN 1059-0145

WARD, J. H. J.: Hierarchical grouping to optimize an objective function. *Journal of the American Statistical Association*, roč. 58, č. 301, 1963, s. 236-244.

WEBB, M. E.: Affordances of ICT in science learning: implications for an integrated pedagogy. *International Journal of Science Education*, roč. 27, č. 6, 2005, s. 705-735. ISSN 0950-0693

WEST, S. G., TAYLOR, A. B., WU, W.: Model fit and model slection in structural equation modeling. In: HOYLE, R. H.: *Handbook of structural equation modeling.* New York : Guilford Press, 2012, s. 209-231.

WESTHUIS, D., THAYER, B. A.: Development and validation of the clinical anxiety scale: a rapid assessment instrument for empirical practice. *Educational and Psychological Research*, roč. 49, 1989, s. 153-163.

WHITE, R. T., GUNSTONE, R. F.: *Probing understanding*. [s.l.] : Routledge, 1992. 208 s. ISBN 0750700475.

WHITEHEAD, J. R., CORBIN, C. B.: Effects of fitness test type, teacher, and gender on exercise intrinsic motivation and physical self-worth. *Journal of School Health*, roč. 61, č. 1, 1991a, s. 11-16. ISSN 1746-1561

WHITEHEAD, J. R., CORBIN, C. B.: Youth fitness testing: The effect of percentile-based evaluative feedback on intrinsic motivation. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, roč. 62, č. 2, 1991b, s. 225-231. ISSN 0270-1367

WILKINSON, L., THE TASK FORCE ON STATISTICAL INFERENCE: Statistical methods in psychology journals: Guidlines and Explanations. *American Psychologist*, roč. 54, č. 8, 1999, s. 594-604.

WOLTERS, C. A.: Advancing achievement goal theory: Using goal structures and goal orientations to predict students' motivation, cognition, and achievement. *Journal of educational psychology*, roč. 96, č. 2, 2004, s. 236-250. ISSN 1939-2176

YIN, P., FAN, X.: Assessing the reliability of Beck Depression Inventory scores: Reliability generalization across studies. *Educational and Psychological Measurement*, roč. 60, č. 2, 2000, s. 201-223. ISSN 0013-1644

ZELENICKÝ, Ľ.: Moderná experimentálna činnosť žiakov. In: HOLEC, S., et al.: *Vybrané problémy z didaktiky prírodovedných predmetov.* Banská Bystrica : FPV UMB, 1999, s. 37-74.

ZELENICKÝ, Ľ., VALOVIČOVÁ, Ľ., JENISOVÁ, Z. et al.: *Počítačom podporované experimenty*. Nitra : UKF, 2011. ISBN 978-80-8094-906-8.

ZUCKER, A., TINKER, R., STAUDT, C. et al.: Learning science in grades 3–8 using probeware and computers: Findings from the TEEMSS II project. *Journal of Science Education and Technology*, roč. 17, č. 1, 2008, s. 42-48. ISSN 1059-0145

ZUSHO, A., PINTRICH, P. R., COPPOLA, B.: Skill and will: The role of motivation and cognition in the learning of college chemistry. *International Journal of Science Education*, roč. 25, č. 9, 2003, s. 1081-1094. ISSN 0950-0693

PRÍLOHY

Príloha A Ukážka pracovného listu pre žiakov k aktivite CHEM2: *Žalúdočná kyselina a antacidá* (Skoršepa, 2014)

Príloha B Ukážka podporného materiálu pre učiteľov k aktivite CHEM2: *Žalúdočná kyselina a antacidá* (Skoršepa, 2014)

Príloha C Ukážka pracovného listu pre žiakov k aktivite BIO1: *Zo života kvasiniek* (Šmejkal et al., 2014), publikované so súhlasom autorov

Príloha D Ukážka podporného materiálu pre učiteľov k aktivite BIO1: *Zo života kvasiniek* (Šmejkal et al., 2014), publikované so súhlasom autorov

Príloha E Štvorfaktorový model (M4) **(a)** a jednofaktorový model (M1) **(b)** vstupného motivačného dotazníka

Príloha F Korelačná matica (Pearson) pre všetky položky vstupného dotazníka (zahrnuté sú výsledky získané pri implementácii chemických aj biologických aktivít; N = 476)

Príloha G Štvorfaktorový model (M4) **(a)** a jednofaktorový model (M1) **(b)** výstupného motivačného dotazníka

Príloha H Korelačná matica (Pearson) pre všetky položky výstupného dotazníka (zahrnuté sú výsledky získané pri implementácii chemických aj biologických aktivít; N = 476)

Príloha I Dendrogram z hierarchickej zhlukovej analýzy dát vstupného merania motivačnej orientácie

Príloha J Dendrogram z hierarchickej zhlukovej analýzy dát výstupného merania motivačnej orientácie

Príloha K Dendrogram z hierarchickej zhlukovej analýzy dát pre klasifikáciu učiteľov (chémia)

PRÍLOHA A

ŽALÚDOČNÁ KYSELINA A ANTACIDÁ

Úvod

Prostredie v ľudskom žalúdku je značne kyslé. Žalúdočná šťava je z väčšej časti tvorená kyselinou chlorovodíkovou s koncentráciou približne 0,01 mol·dm^{-3}. Takéto kyslé prostredie je potrebné na denaturáciu bielkovín a aktiváciu enzýmov (napr. pepsín), ktoré sú zodpovedné za trávenie bielkovín. Na druhej strane, nadmerné množstvo žalúdočnej kyseliny môže spôsobovať problémy. Ak sa v žalúdku práve nenachádza potrava, kyselina chlorovodíková môže spôsobovať denaturáciu aj tých bielkovín, ktoré sú normálnou súčasťou žalúdočnej steny, čo môže viesť k vytvoreniu žalúdočných alebo dvanástnikových vredov.

Nadmernú kyslosť v žalúdku zvyčajne pociťujeme ako pálenie alebo tlak v samotnom žalúdku a hrudníku (v prípade refluxu). Tento pocit označujeme ako „pálenie záhy“. Na zmiernenie „pálenia záhy“ zvyčajne používame antacidá. Antacidum je medicínsky pojem označujúci látku, ktorá neutralizuje kyselinu (z gréckeho *anti* = proti a latinského *acidum* = kyselina).

Súčasné lekárne ponúkajú množstvo rôznych typov antacíd vo forme tabliet, práškov alebo gélov. Rozdielne antacidá zvyčajne obsahujú rozličné aktívne látky. To je dôvodom, prečo majú rozdielne antacidá rozdielnu účinnosť. Preto pacient, ktorý sa rozhoduje, ktoré antacidum si vybrať na zmiernenie jeho „pálenia záhy“, môže mať pri výbere pomerne ťažkú úlohu.

Aby sme pacientovi pomohli vyriešiť tento problém, potrebujeme zodpovedať nasledujúcu otázku:

Ktoré z antacíd predávaných v lekárňach je najúčinnejšie?

Cite this work as:
Skorsepa, Marek (2014). Stomach acid and antacids. pp. 1-6. Available at http://comblab.uab.cat
This work is under a Creative Commons License BY-NC-SA 4.0 Attribution-Non Comercial-Share Alike.
More information at https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

This project has been funded with support from the European Commission. This publication reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein Project N. 517587-LLP-2011-ES-COMENIUS-CMP

Predtým ako pôjdete do laboratória

Niekoľko otázok na začiatok:

1. Z nasledujúcich rôznych druhov potravín (s danými hodnotami pH) vyberte tie, ktoré podľa vás môžu spôsobovať pálenie záhy. Zakrúžkujte ich a zdôvodnite svoj názor.

   čaj (pH = 7,2)
   paradajky (pH = 4,0 – 4,4)
   sóda (pH = 2,0 – 4,0)
   tofu (pH = 7,2)
   varená biela ryža (pH = 6,0 – 6,7)
   kravské mlieko (pH = 6,4 – 6,8)
   citrónová šťava (pH = 2,0 – 2,6)
   čierna káva (pH = 5,0 – 5,1)

2. Aký je podľa vás acidobázický charakter aktívnych látok používaných v antacidách?

_____

_____

V tomto experimente budete sledovať postupnú zmenu hodnôt pH. Použijete pri tom pH meter pripojený k počítaču a špeciálny softvér, aby ste počas pozorovania získali graf zmeny hodnoty pH v reálnom čase.

Najprv sa však oboznámte s meracím systémom.

Zoznámte sa s meracím systémom (nepovinná časť)

Začneme s jednoduchými situáciami ukazujúcimi zmenu hodnôt pH v čase. Predstavte si kadičku s vodou z vodovodu. Pitná voda má zvyčajne hodnotu pH = 6,5 – 7,5.
Čo by sa stalo s hodnotou pH vody v kadičke, ak by sme do nej postupne po kvapkách pridávali nejakú kyslú látku? Premyslite si svoju odpoveď, poraďte sa pritom so spolužiakmi vo svojej pracovnej skupine.

_____

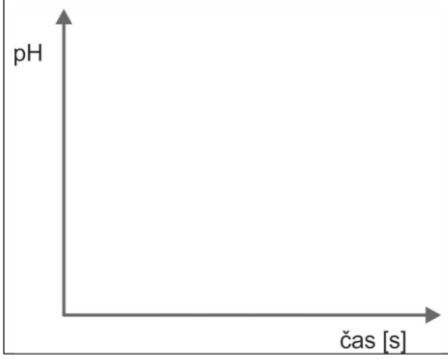
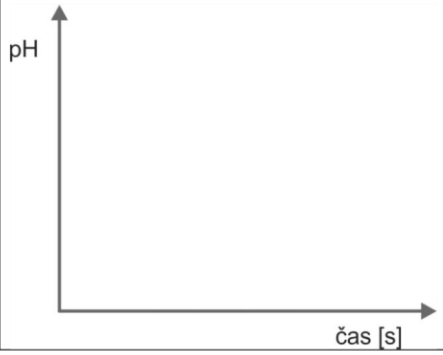
_____

Na druhej strane, čo by sa stalo s hodnotou pH vody v kadičke, ak by sme do nej postupne po kvapkách pridávali zásaditú látku?

_____

_____

Pokúste sa nakresliť grafy závislosti pH (os y) od času (os x), ktoré budú opisovať obidve vyššie spomínané situácie.

Graf 1 (Pridávanie kyslej látky)	Graf 2 (Pridávanie zásaditej látky)
	

Porovnajte vaše grafy a vysvetlenia s ostatnými pracovnými skupinami v triede a pokúste sa navrhnúť počítačom podporovaný experiment, ktorým by ste overili vaše predpoklady. Aké chemikálie by ste použili?

_____

_____

Potom pomocou počítačového meracieho systému zrealizujete navrhnutý experiment a porovnajte získané experimentálne grafy s vašimi predchádzajúcimi predpokladmi. Ak ste medzi predpokladanými a experimentálnymi výsledkami postrehli nejaké rozdiely, pokúste sa ich vysvetliť.

V laboratóriu napodobnite procesy prebiehajúce v žalúdku

Vašou hlavnou úlohou bude uskutočniť experiment, v ktorom budete analyzovať rôzne druhy antacíd, aby ste zistili, ktoré z nich najúčinnejšie neutralizuje žalúdočnú kyselinu.

Najprv však porozmýšľajte, ako by ste v laboratóriu vytvorili chemický model žalúdka. Napíšte vaše nápady.

_____

_____

_____

_____

Ako tento model žalúdka použijete pri experimentálnom zisťovaní, ktoré z antacíd najúčinnejšie neutralizuje žalúdočnú kyselinu? Navrhnite, ako by ste realizovali tento experiment. Opíšte metodológiu aj postup.

_____

_____

_____

_____

_____

Nakreslite obrázok usporiadania aparatúry a jednotlivých súčastí meracieho systému.

Nezabudnite, že ak je antacidum v tabletovej forme, musí ho pacient pred prehltnutím pohrýzť v ústach. Ako namodelujete tento proces v laboratóriu?

_____

_____

Skôr ako začnete pracovať, skúste urobiť náčrt grafu, ktorý predpokladáte, že získate pri neutralizácii žalúdočnej kyseliny antacidom.

Upravte a vysvetlite získané výsledky

Najprv porovnajte experimentálne získané grafy s náčrtmi vašich predpokladaných grafov. Líšia sa od seba? Ak áno, aké sú hlavné rozdiely medzi nimi?

Potom vzájomne porovnajte experimentálne výsledky získané s rôznymi druhmi použitých antacíd.

1. Na každom experimentálne získanom grafe vyznačte maximálnu hodnotu pH dosiahnutú počas merania. Porovnajte pH maximá dosiahnuté pri použití rozdielnych antacíd a napíšte ich v zostupnom poradí.

   _____

   _____

2. Porovnajte tvar kriviek v získaných grafoch. Čo hovorí tvar krivky o priebehu sledovanej reakcie?

   _____

   _____

3. Myslíte si, že by ste získali iné výsledky, ak by ste tabletové formy antacíd pre použitím nerozdrvili na prášok? Ak áno, v čom by bol rozdiel?

   _____

   _____

Prezentujte svoje výsledky

V rámci vašej pracovnej skupiny vyhodnoťte získané výsledky a urobte záver o účinnosti rôznych druhov antacíd, ktoré ste používali. Pokúste sa zovšeobecniť vaše výsledky a zodpovedať nasledujúce otázky:

1. Ktoré z použitých antacíd spôsobilo najväčšiu zmenu pH reakčnej zmesi? Ktoré z antacíd reagovalo najrýchlejšie?

   _____

   _____

2. Na základe vašich odpovedí na predchádzajúcu otázku uveďte, ktorý druh antacida považujete za najúčinnejší. Zostavte rebríček prvých troch najúčinnejších antacíd.

   _____

   _____

   _____

   _____

3. Zistite, aké účinné látky sú použité v antacidách, ktoré ste skúmali. Chemickými rovnicami zapíšte reakcie prebiehajúce medzi týmito aktívnymi látkami a žalúdočnou kyselinou chlorovodíkovou.

_____

_____

_____

Ďalšie úlohy (môžete ich riešiť, kým čakáte na ukončenie merania)

1. Ktoré z vami skúmaných antacíd by ste odporučili pacientovi, ktorý má vysoký krvný tlak a mal by sa preto vyhýbať nadmernému príjmu sodíka?

_____

_____

2. Predstavte si, že ste výrobcom antacíd. Vo svojom výrobku môžete ako aktívnu látku použiť $Mg(OH)_2$ alebo $Al(OH)_3$. Obidve látky môžete kúpiť za cenu 3 € za kilogram. Ktorá z látok je výhodnejšia, teda bude mať väčšiu účinnosť za rovnakú cenu. Zdôvodnite svoju odpoveď.

_____

_____

3. Aké jedlo (potravinu) by ste použili na zmiernenie „pálenia záhy“, ak by ste nemali k dispozícii žiadne farmaceutické antacidum? Zdôvodnite svoju odpoveď.

_____

_____

Autor aktivity: Marek Skoršepa (Univerzita Mateja Bela, Banská Bystrica, Slovenská republika)

Použitá literatúra:

1. Shakhashiri, B. Z.: *Chemical Demonstrations Volume 3: A Handbook for Teachers of Chemistry*. The University of Wisconsin Press, 1989. ISBN 0-299-11950-5.
2. Bettelheim, F. A., Landesberg, J. M.: *Laboratory Experiments for Introduction to General, Organic, and Biochemistry*. 7th ed., Brooks/Cole, Cengage Learning, 2010. ISBN-13 978-0-495-83175-4.

PRÍLOHA B

ŽALÚDOČNÁ KYSELINA A ANTACIDÁ

Všeobecné informácie o projekte COMBLAB

COMBLAB is the acronym of the project "The acquisition of Science Competencies through ICT Real Time Experiments" (reference: 517587-1-2011-ES-COMENIUS-CMP). The main purpose of the project (2011-2014) is to improve the scientific competencies of secondary and high school students using real-time experiments (sensors, data loggers, probes and MBL, microcomputer based laboratories)

Research based teaching materials and research based teaching modules are produced. The partnership comprises the following persons and institutions:
Montserrat Tortosa (project coordinator, Universitat Autònoma de Barcelona)
Petr Smejkal, Eva Stratilová-Urvalková (Charles University in Prague)
Hildegard Urban-Woldron (University of Vienna, University College for Teacher Education)
Fina Guitart Mas (Universitat de Barcelona)
Simo Tolvanen, Maija Aksela (University of Helsinki)
Marek Skorsepa (Univerzita Mateja Bela)
More information and free downloading of materials at: http://comblab.uab.cat

Odporúčaný vek žiakov (zmienené prípadné úpravy pre iný vek)
15-18
Preberané témy: (vrátane prírodovedných konceptov, postupov and postojov)
kyseliny a zásady, neutralizácia, žalúdočná kyselina, pálenie záhy, antacidum, pH
Vzdelávacie ciele:
Po realizácii aktivity žiaci:

- budú schopní pracovať s pH senzorom,
- porozumejú chemickým princípom a procesom súvisiacim so žalúdočnou šťavou,
- porozumejú princípu fungovania antacíd.

Autor aktivity: Marek Skoršepa (Univerzita Mateja Bela, Banská Bystrica, Slovenská republika)

Použité zdroje:

1. Shakhashiri, B. Z.: *Chemical Demonstrations Volume 3: A Handbook for Teachers of Chemistry*. The University of Wisconsin Press, 1989. ISBN 0-299-11950-5.
2. Bettelheim, F. A., Landesberg, J. M.: *Laboratory Experiments for Introduction to General, Organic, and Biochemistry*. 7th ed., Brooks/Cole, Cengage Learning, 2010. ISBN-13 978-0-495-83175-4.

Cite this work as:
Skorsepa, Marek (2014). Stomach acid and antacids. pp. 1-7. Available at http://comblab.uab.cat
This work is under a Creative Commons License BY-NC-SA 4.0 Attribution-Non Comercial-Share Alike.
More information at https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

This project has been funded with support from the European Commission. This publication reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein Project N. 517587-LLP-2011-ES-COMENIUS-CMP

Tipy pre učiteľa a očakávané (možné) výsledky

ŽALÚDOČNÁ KYSELINA A ANTACIDÁ

Úvod

Prostredie v ľudskom žalúdku je značne kyslé. Žalúdočná šťava je z väčšej časti tvorená kyselinou chlorovodíkovou s koncentráciou približne 0,01 mol·dm^{-3}. Takéto kyslé prostredie je potrebné na denaturáciu bielkovín a aktiváciu enzýmov (napr. pepsín), ktoré sú zodpovedné za trávenie bielkovín. Na druhej strane, nadmerné množstvo žalúdočnej kyseliny môže spôsobovať problémy. Ak sa v žalúdku práve nenachádza potrava, kyselina chlorovodíková môže spôsobovať denaturáciu aj tých bielkovín, ktoré sú normálnou súčasťou žalúdočnej steny, čo môže viesť k vytvoreniu žalúdočných alebo dvanástnikových vredov.

Nadmernú kyslosť v žalúdku zvyčajne pociťujeme ako pálenie alebo tlak v samotnom žalúdku a hrudníku (v prípade refluxu). Tento pocit označujeme ako „pálenie záhy". Na zmiernenie „pálenia záhy" zvyčajne používame antacidá. Antacidum je medicínsky pojem označujúci látku, ktorá neutralizuje kyselinu (z gréckeho *anti* = proti a latinského *acidum* = kyselina).

Súčasné lekárne ponúkajú množstvo rôznych typov antacid vo forme tabliet, práškov alebo gélov. Rozdielne antacidá zvyčajne obsahujú rozličné aktívne látky. To je dôvodom, prečo majú rozdielne antacidá rozdielnu účinnosť. Preto pacient, ktorý sa rozhoduje, ktoré antacidum si vybrať na zmiernenie jeho „pálenia záhy", môže mať pri výbere pomerne ťažkú úlohu.

Aby sme pacientovi pomohli vyriešiť tento problém, potrebujeme zodpovedať nasledujúcu otázku:

Ktoré z antacíd predávaných v lekárňach je najúčinnejšie?

Cite this work as:
Skorsepa, Marek (2014). Stomach acid and antacids. pp. 1-6. Available at http://comblab.uab.cat
This work is under a Creative Commons License BY-NC-SA 4.0 Attribution-Non Comercial-Share Alike.
More information at https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

This project has been funded with support from the European Commission. This publication reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein Project N. 527587-LLP-2011-ES-COMENIUS-CMP

V úvode pracovného listu je uvedených niekoľko vstupných a motivačných informácií o riešenej problematike žalúdočnej kysliny a antacíd. Vyplýva z neho tiež otázka, ktorej zodpovedanie je cieľom experimentálnej aktivity "Ktoré z antacíd predávaných v lekárňach je najúčinnejšie?".

V prípade potreby podrobnejšieho vysvetlenia danej problematiky, je možné použiť priloženú PPTX (MS PowerPoint) prezentáciu.

Predtým ako pôjdete do laboratória

Niekoľko otázok na začiatok:

1. Z nasledujúcich rôznych druhov potravín (s danými hodnotami pH) vyberte tie, ktoré podľa vás môžu spôsobovať pálenie záhy. Zakrúžkujte ich a zdôvodnite svoj názor.

čaj (pH = 7,2)	varená biela ryža (pH = 6,0 – 6,7)
paradajky (pH = 4,0 – 4,4)	kravské mlieko (pH = 6,4 – 6,8)
sóda (pH = 2,0 – 4,0)	citrónová šťava (pH = 2,0 – 2,6)
tofu (pH = 7,2)	čierna káva (pH = 5,0 – 5,1)

2. Aký je podľa vás acidobázický charakter aktívnych látok používaných v antacidách?

_____

_____

V tomto experimente budete sledovať postupnú zmenu hodnôt pH. Použijete pri tom pH meter pripojený k počítaču a špeciálny softvér, aby ste počas pozorovania získali graf zmeny hodnoty pH v reálnom čase.

Najprv sa však oboznámte s meracím systémom.

Zoznámte sa s meracím systémom (nepovinná časť)

Začneme s jednoduchými situáciami ukazujúcimi zmenu hodnôt pH v čase. Predstavte si kadičku s vodou z vodovodu. Pitná voda má zvyčajne hodnotu pH = 6,5 – 7,5.
Čo by sa stalo s hodnotou pH vody v kadičke, ak by sme do nej postupne po kvapkách pridávali nejakú kyslú látku? Premyslite si svoju odpoveď, poraďte sa pritom so spolužiakmi vo svojej pracovnej skupine.

_____

_____

Na druhej strane, čo by sa stalo s hodnotou pH vody v kadičke, ak by sme do nej postupne po kvapkách pridávali zásaditú látku?

_____

_____

2

ZOZNÁMTE SA S MERACÍM SYSTÉMOM je nepovinná časť aktivity, ktorej cieľom je predstaviť počítačový merací systém žiakom (ak s ním nemajú predchádzajúcu skúsenosť). Zároveň však táto časť poskytuje žiakom možnosť zopakovania potrebných vedomostí o kyselinách, zásadách a pH, a tiež o tom, ako možno merať zmeny pH v čase.

Ak však žiaci majú predchádzajúce skúsenosti s prácou s meracími systémami, túto časť je možné vynechať.

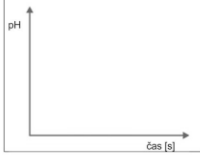
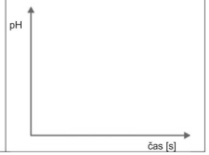
V prípade, že žiaci nenavrhnú žiadne „rozumné“ riešenie, učiteľ môže využiť napr. nasledujúci postup:

1. Uskutočnite kalibráciu pH-metra (učiteľ by mal vysvetliť účel a postup kalibrácie s ohľadom na špecifiká používaného meracieho systému).
2. Do kadičky (250 cm^3) odmerajte 150 cm^3 vody z vodovodu a ponorte do nej pH-elektródu pripojenú k pH-metru.
3. Nastavte dĺžku merania na 3 min.
4. Spustite meranie a z byrety postupne do kadičky prikvapkávajte látku kyslej povahy (napr. kyselinu octovú, citrónovú šťavu, zriedený roztok HCl atď). Uložte výsledky merania.

Opláchnite pH-elektródu destilovanou vodou a rovnaký postup zopakujte s látkou alkalickej povahy (napr. zriedený roztok NaOH atď.).

Education and Culture
Lifelong learning programme
COMENIUS
Lifelong Learning
COMBLAB

Pokúste sa nakresliť grafy závislosti pH (os y) od času (os x), ktoré budú opisovať obidve vyššie spomínané situácie.

Graf 1 (Pridávanie kyslej látky)	Graf 2 (Pridávanie zásaditej látky)
	

Porovnajte vaše grafy a vysvetlenia s ostatnými pracovnými skupinami v triede a pokúste sa navrhnúť počítačom podporovaný experiment, ktorým by ste overili vaše predpoklady. Aké chemikálie by ste použili?

Potom pomocou počítačového meracieho systému zrealizujete navrhnutý experiment a porovnajte získané experimentálne grafy s vašimi predchádzajúcimi predpokladmi. Ak ste medzi predpokladanými a experimentálnymi výsledkami postrehli nejaké rozdiely, pokúste sa ich vysvetliť.

V laboratóriu napodobnite procesy prebiehajúce v žalúdku

Vašou hlavnou úlohou bude uskutočniť experiment, v ktorom budete analyzovať rôzne druhy antacíd, aby ste zistili, ktoré z nich najúčinnejšie neutralizuje žalúdočnú kyselinu.

Najprv však porozmýšľajte, ako by ste v laboratóriu vytvorili chemický model žalúdka. Napíšte vaše nápady.

3

V časti V LABORATÓRIU NAPODOBNITE PROCESY PREBIEHAJÚCE V ŽALÚDKU žiaci navrhujú a sledujú reakcie medzi antacidom a žalúdočnou kyselinou.

Pri vytváraní modelu žalúdka sa učiteľ snaží upriamiť pozornosť žiaka najmä na chemickú stránku problematiky, chemický obsah žalúdka (kyselina chlorovodíková s koncentráciou približne 0,01 mol·dm^{-3})

Učiteľ tiež môže žiakovi poskytnúť ďalšie informácie, napr.: Objem ľudského žalúdka sa mení v závislosti od jeho obsahu. Jeho maximálny objem sa však pohybuje okolo 1 dm^3. Samozrejme, ľudský žalúdok nie je celý vyplnený len žalúdočnou kyselinou, ale z väčšej časti obsahuje prijatú potravu. Na ilustráciu nášho prípadu budeme uvažovať o účinku štandardnej dávky antacida v 150 cm^3 kyseliny chlorovodíkovej s koncentráciou 0,01 mol·dm^{-3}.

Ako tento model žalúdka použijete pri experimentálnom zisťovaní, ktoré z antacíd najúčinnejšie neutralizuje žalúdočnú kyselinu? Navrhnite, ako by ste realizovali tento experiment. Opíšte metodológiu aj postup.

Nakreslite obrázok usporiadania aparatúry a jednotlivých súčastí meracieho systému.

Nezabudnite, že ak je antacidum v tabletovej forme, musí ho pacient pred prehltnutím pohrýzť v ústach. Ako namodelujete tento proces v laboratóriu?

Skôr ako začnete pracovať, skúste urobiť náčrt grafu, ktorý predpokladáte, že získate pri neutralizácii žalúdočnej kyseliny antacidom.

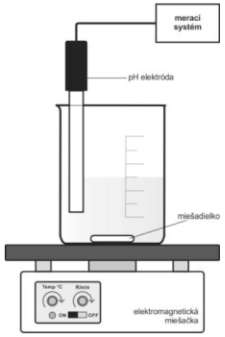
4

Na rozdrvenie tabliet (simulácia rozžuvania tablety) použijeme treciu misku s roztieradlom.

Prístroje a pomôcky, ktoré budú žiaci potrebovať:
pH-meter pripojený k PC alebo dataloggeru, kadička (250 cm^3), elektromagnetická miešačka s miešadielkom, trecia miska s roztieradlom.
Materiál a chemikálie, ktoré budú žiaci potrebovať:
rôzne druhy antacíd dostupné v lekárňach, HCl (0.01 $mol \cdot dm^{-3}$).

Učiteľ môže v prípade potreby naviesť žiakov na realizáciu nasledujúceho postupu:

1. Do kadičky objemu 250 cm^3 odmerajte 150 cm^3 roztoku HCl (c = 0,01 $mol \cdot dm^{-3}$).
2. Uskutočnite kalibráciu pH-metra. Opláchnite elektródu destilovanou vodou a ponorte ju do roztoku HCl v kadičke.
3. Na napodobenie prirodzených pohybov žalúdka reakčnú zmes počas celého experimentu miešajte pomocou elektromagnetickej miešačky pri veľmi nízkych otáčkach (do 100 ot./min.).
4. Čas merania nastavte minimálne na 10 minút (ak nie ste obmedzení časom, nastavte čas merania na 20 minút).
5. Spustite zaznamenávanie a zároveň do kadičky s HCl pridajte predpísanú dávku a formu antacida. (Tablety pred použitím rozdrvte)
6. Po skončení merania uložte získané dáta (graf) a zopakujte rovnaký postup s ďalším druhom antacida.



Pri časovom obmedzení môže každá pracovná skupina uskutočniť experiment len s jedným druhom antacida, pričom na záver si všetky skupiny porovnajú svoje výsledky.

Education and Culture
Lifelong learning programme
COMENIUS

Lifelong Learning

COMBLAB

Education and Culture
Lifelong learning programme
COMENIUS

Lifelong Learning

COMBLAB

Upravte a vysvetlite získané výsledky

Najprv porovnajte experimentálne získané grafy s náčrtmi vašich predpokladaných grafov. Líšia sa od seba? Ak áno, aké sú hlavné rozdiely medzi nimi?

Potom vzájomne porovnajte experimentálne výsledky získané s rôznymi druhmi použitých antacíd.

1. Na každom experimentálne získanom grafe vyznačte maximálnu hodnotu pH dosiahnutú počas merania. Porovnajte pH maximá dosiahnuté pri použití rozdielnych antacíd a napíšte ich v zostupnom poradí.

   _____

   _____

2. Porovnajte tvar kriviek v získaných grafoch. Čo hovorí tvar krivky o priebehu sledovanej reakcie?

   _____

   _____

3. Myslíte si, že by ste získali iné výsledky, ak by ste tabletové formy antacíd pre použitím nerozdrvili na prášok? Ak áno, v čom by bol rozdiel?

   _____

   _____

Prezentujte svoje výsledky

V rámci vašej pracovnej skupiny vyhodnoťte získané výsledky a urobte záver o účinnosti rôznych druhov antacíd, ktoré ste používali. Pokúste sa zovšeobecniť vaše výsledky a zodpovedať nasledujúce otázky:

1. Ktoré z použitých antacíd spôsobilo najväčšiu zmenu pH reakčnej zmesi? Ktoré z antacíd reagovalo najrýchlejšie?

   _____

   _____

2. Na základe vašich odpovedí na predchádzajúcu otázku uveďte, ktorý druh antacida považujete za najúčinnejší. Zostavte rebríček prvých troch najúčinnejších antacíd.

   _____

   _____

   _____

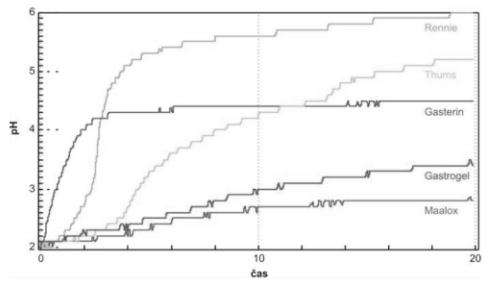
   _____

5

V časti UPRAVTE A VYSVETLITE ZÍSKANÉ VÝSLEDKY žiaci vyhodnotia a porovnajú získané výsledky a pokúsia sa ich interpretovať.

V časti PREZENTUJTE SVOJE VÝSLEDKY žiaci prezentujú získané experimentálne dáta a odpovedajú na otázky súvisiace s výsledkami.

Príklad očakávaných výsledkov:



3. Zistite, aké účinné látky sú použité v antacidách, ktoré ste skúmali. Chemickými rovnicami zapíšte reakcie prebiehajúce medzi týmito aktívnymi látkami a žalúdočnou kyselinou chlorovodíkovou.

Ďalšie úlohy (môžete ich riešiť, kým čakáte na ukončenie merania)

1. Ktoré z vami skúmaných antacíd by ste odporučili pacientovi, ktorý má vysoký krvný tlak a mal by sa preto vyhýbať nadmernému príjmu sodíka?
2. Predstavte si, že ste výrobcom antacíd. Vo svojom výrobku môžete ako aktívnu látku použiť $Mg(OH)_2$ alebo $Al(OH)_3$. Obidve látky môžete kúpiť za cenu 3 € za kilogram. Ktorá z látok je výhodnejšia, teda bude mať väčšiu účinnosť za rovnakú cenu. Zdôvodnite svoju odpoveď.
3. Aké jedlo (potravinu) by ste použili na zmiernenie „pálenia záhy", ak by ste nemali k dispozícii žiadne farmaceutické antacidum? Zdôvodnite svoju odpoveď.

Autor aktivity: Marek Skoršepa (Univerzita Mateja Bela, Banská Bystrica, Slovenská republika)

Použitá literatúra:

1. Shakhashiri, B. Z.: *Chemical Demonstrations Volume 3: A Handbook for Teachers of Chemistry*. The University of Wisconsin Press, 1989. ISBN 0-299-11950-5.
2. Bettelheim, F. A., Landesberg, J. M.: *Laboratory Experiments for Introduction to General, Organic, and Biochemistry*. 7th ed., Brooks/Cole, Cengage Learning, 2010. ISBN-13 978-0-495-83175-4.

6

Na zodpovedanie otázky 3 učiteľ poskytne originálne balenie antacida s kompletnou príbalovou informáciou.

ĎALŠIE AKTIVITY (osobitné otázky) môžu žiaci riešiť napríklad počas čakania na ukončenie merania (keďže jednotlivé merania trvajú 10 – 20 min.).

Správne odpovede na otázky 2 a 3 aj s príslušnými poznámkami sú uvedené v nasledujúcom texte:

Otázka 2: Výhodnejšie je použiť $Al(OH)_3$.
Zdôvodnenie: Na neutralizáciu 1 mol HCl je potrebných 29 g $Mg(OH)_2$, resp. 26 g $Al(OH)_3$.

Otázka 3: Možno použiť akékoľvek potraviny so zásaditou (alebo aspoň neutrálnou) reakciou, bežne používané a účinné sú napr. mlieko a mandle.
V prípade, že študenti navrhnú použitie „sódy bikarbóny", zdôrazniť nevhodnosť jej použitia na tento účel, pretože leptá sliznicu hltana a pažeráka, napriek tomu, že z chemického hľadiska je veľmi účinná.

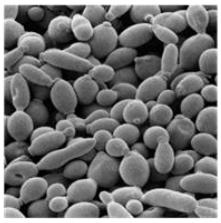
PRÍLOHA C

ZO ŽIVOTA KVASINIEK

Čo viete o kvasení

Úvod

Pán Walker kúpil továreň, v ktorej plánuje vyrábať etanol fermentačným spôsobom. Továreň má k dispozícii niekoľko miestností. Keďže pán Walker nechce zbytočne minúť veľa peňazí za ich rekonštrukciu, potrebuje zistiť, ktorá z týchto miestností je na fermentáciu najvhodnejšia. V miestnosti č. 1, v pivničných priestoroch pod úrovňou terénu, je dlhodobo nízka teplota (0 - 5 °C); v miestnosti č. 2, na prvom poschodí, je teplota 15 - 20 °C; na tom istom poschodí je nad plynovou kotolňou miestnosť č. 3, ktorá je od kotla vyhriata až na teplotu 35 - 40 °C. V areáli továrne bola tiež pre zamestnancov nedávno vybudovaná veľká sauna (miestnosť č. 4), v ktorej je pri prevádzke teplota 65 - 75 °C. Pán Walker tiež uvažuje, či by sa výroba etanolu nemohla umiestniť aj do tohto priestoru.



Poraďte pánovi Walkerovi, v ktorej miestnosti bude výroba etanolu fermentáciou prebiehať najefektívnejšie.

Čo by ste mali vedieť

Etanol dokážu produkovať kvasinky z rodu Saccharomyces, nachádzajúce sa napríklad v kvasniciach. Potrebujú však na to základnú „surovinu“ – sacharidy (napr. sacharózu), ktoré skvasujú na etanol a CO_2:

$$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \rightarrow 4\ CH_3CH_2OH + 4\ CO_2$$

Podobne ako všetky ostatné organizmy, aj kvasinky potrebujú pre svoj život a produkciu etanolu optimálne podmienky. Jednou z nich je aj teplota prostredia.

Cite this work as:
Šmejkal, P., Teplý, P., Stratilová Urválková, E. (2014). The life of yeast. pp. 1-4. Available at http://comblab.uab.cat
This work is under a Creative Commons License BY-NC-SA 4.0 Attribution-Non Comercial-Share Alike.
More information at https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

This project has been funded with support from the European Commission. This publication reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein Project N. 517587-LLP-2011-ES-COMENIUS-CMP

1. Vypočítajte, koľko gramov etanolu vznikne fermentáciou 10 g sacharózy.

_____
_____
_____

2. Akým spôsobom by sme mohli sledovať, že alkoholové kvasenie naozaj prebieha?

_____
_____
_____

Skôr ako začnete experimentovať

1. Zamyslite sa, ktorá premenná bude v našom experimente ovplyvňovať efektivitu produkcie etanolu.

_____

2. Na sledovanie priebehu kvasenia máte k dispozícii senzor na meranie tlaku (manometer), senzor na meranie obsahu CO_2 a senzor na meranie teploty. Porozmýšľajte, ako by ste mohli jednotlivé senzory využiť.

Senzor na meranie tlaku (manometer):_____

Senzor na meranie obsahu CO_2 :_____

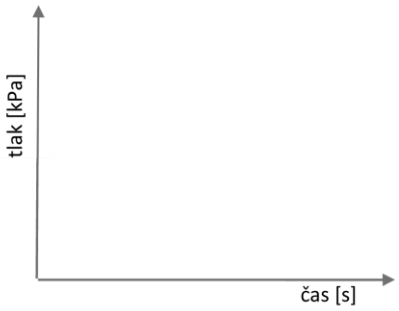
Senzor na meranie teploty:_____

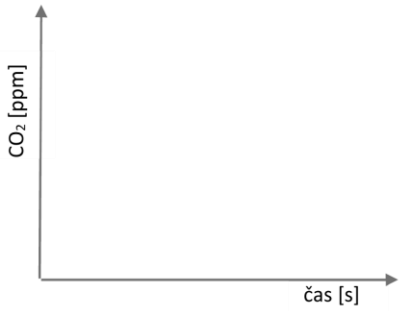
3. Akým spôsobom v laboratóriu napodobníte podmienky v továrenských budovách?

_____
_____
_____

Navrhnite, ako by ste v laboratóriu uskutočnili experiment, ktorý vám umožní rozhodnúť, ktorá miestnosť je pre fermentáciu najvhodnejšia. Experiment navrhnite tak, aby každé meranie trvalo 10 – 15 min.

4. Odhadnite a zakreslite, ako bude vyzerať graf závislosti tlaku CO_2 na čase, resp. graf závislosti obsahu CO_2 na čase:





Napodobnite výrobný proces v laboratóriu

Opíšte postup práce, ktorý navrhujete:

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

Podľa predchádzajúceho návrhu uskutočnite jednotlivé experimenty a zaznamenajte získané dáta.

(Tip: všetky merania vkladajte do jedného grafu, aby ste ich mohli vzájomne porovnávať.)

Vyhodnoťte získané dáta

1. Na základe čoho budete posudzovať, ktorá z miestností je na produkciu etanolu fermentáciou najvhodnejšia?

_____
_____
_____
_____

2. Zvoľte vhodný a názorný spôsob prezentácie vašich výsledkov (graf, tabuľka alebo text)

3. Opíšte a vysvetlite, čo zistené dáta znamenajú (interpretujte výsledky)

_____
_____
_____

Záver

_____
_____
_____

Pochváľte sa svojimi výsledkami

Napíšte majiteľovi továrne e-mail, v ktorom mu odporučíte, ktorá miestnosť je na výrobu etanolu najvhodnejšia a stručne zdôvodnite, prečo je táto miestnosť vhodná a ostatné miestnosti menej vhodné.

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

Teraz máte dostatočné skúsenosti a vedomosti na to, aby ste zodpovedali nasledujúce otázky.

1. Akú úlohu majú v celom procese kvasinky?

_____
_____
_____

2. Aký je rozdiel medzi kvasinkami a kvasnicami?

_____
_____
_____

PRÍLOHA D

ZO ŽIVOTA KVASINIEK

Všeobecné informácie o projekte COMBLAB

COMBLAB is the acronym of the project "The acquisition of Science Competencies through ICT Real Time Experiments" (reference: 517587-1-2011-ES-COMENIUS-CMP). The main purpose of the project (2011-2014) is to improve the scientific competencies of secondary and high school students using real-time experiments (sensors, data loggers, probes and MBL, microcomputer based laboratories)

Research based teaching materials and research based teaching modules are produced. The partnership comprises the following persons and institutions:
Montserrat Tortosa (project coordinator, Universitat Autònoma de Barcelona)
Petr Smejkal, Eva Stratilová-Urvalková (Charles University in Prague)
Hildegard Urban-Woldron (University of Vienna, University College for Teacher Education)
Fina Guitart Mas (Universitat de Barcelona)
Simo Tolvanen, Maija Aksela (University of Helsinki)
Marek Skorsepa (Univerzita Mateja Bela)
More information and free downloading of materials at: http://comblab.uab.cat

Odporúčaný vek žiakov (zmienené prípadné úpravy pre iný vek)
15-18
Preberané témy:
životné podmienky, plyny, čítanie grafov, vplyv podmienok na rýchlosť reakcie
Vzdelávacie ciele:
Po realizácii aktivity žiaci:

- budú schopní pracovať s tlakovým senzorom (alebo senzorom na meranie obsahu CO_2, prípadne meranie obsahu etanolu)
- budú rozumieť vzťahu medzi produktom reakcie a zmenou veľkosti veličiny, ktorá opisuje zmenu koncentrácie produktu,
- porozumejú vlastnostiam plynov
- chápu, že na realizáciu experimentu je potrebné naplánovať konštanty, závislé a nezávislé premenné,
- chápu, že kvasinky sú živé organizmy, ktorých život závisí na teplote prostredia

Autori aktivity: Petr Šmejkal, Pavel Teplý, Eva Stratilová Urválková

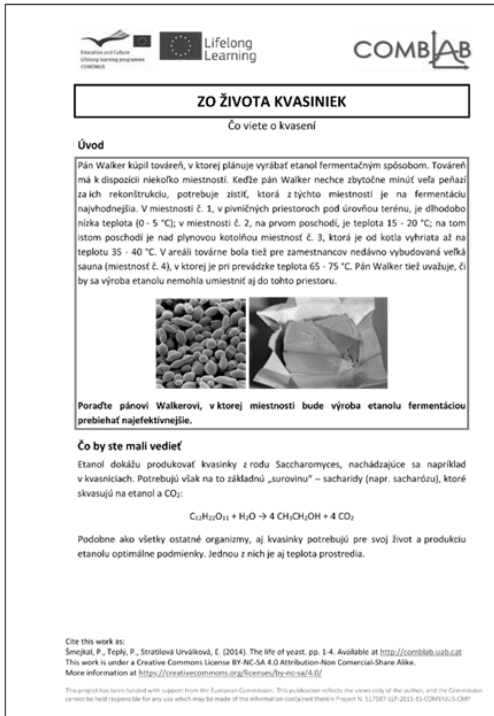
Použité zdroje:

1. Skoršepa, M.: *Alkoholové kvasenie: Available at* http://sparc.fpv.umb.sk/~skorsepa/mbl

Cite this work as:
Šmejkal, P., Teplý, P., Stratilová Urválková, E. (2014). The life of yeast. pp. 1-4. Available at http://comblab.uab.cat
This work is under a Creative Commons License BY-NC-SA 4.0 Attribution-Non Comercial-Share Alike.
More information at https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

This project has been funded with support from the European Commission. This publication reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein Project N. 517587-LLP-2011-ES-COMENIUS-CMP

Tipy pre učiteľa a očakávané (možné) výsledky



ZO ŽIVOTA KVASINIEK

Čo viete o kvasení

Úvod

Pán Walker kúpil továreň, v ktorej plánuje vyrábať etanol fermentačným spôsobom. Továreň má k dispozícii niekoľko miestností. Keďže pán Walker nechce zbytočne minúť veľa peňazí za ich rekonštrukciu, potrebuje zistiť, ktorá z týchto miestností je na fermentáciu najvhodnejšia. V miestnosti č. 1, v pivničných priestoroch pod úrovňou terénu, je dlhodobo nízka teplota (0 - 5 °C); v miestnosti č. 2, na prvom poschodí, je teplota 15 - 20 °C; na tom istom poschodí je nad plynovou kotolňou miestnosť č. 3, ktorá je od kotla vyhriata až na teplotu 35 - 40 °C. V areáli továrne bola tiež pre zamestnancov nedávno vybudovaná veľká sauna (miestnosť č. 4), v ktorej je pri prevádzke teplota 65 - 75 °C. Pán Walker tiež uvažuje, či by sa výroba etanolu nemohla umiestniť aj do tohto priestoru.

Poraďte pánovi Walkerovi, v ktorej miestnosti bude výroba etanolu fermentáciou prebiehať najefektívnejšie.

Čo by ste mali vedieť

Etanol dokážu produkovať kvasinky z rodu Saccharomyces, nachádzajúce sa napríklad v kvasniciach. Potrebujú však na to základnú „surovinu" – sacharidy (napr. sacharózu), ktoré skvasujú na etanol a CO_2:

$$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \rightarrow 4\ CH_3CH_2OH + 4\ CO_2$$

Podobne ako všetky ostatné organizmy, aj kvasinky potrebujú pre svoj život a produkciu etanolu optimálne podmienky. Jednou z nich je aj teplota prostredia.

Cite this work as:
Šnejkal, P., Tepný, P., Stratilová Urválková, E. (2014). The life of yeast. pp. 1-4. Available at http://comblab.uab.cat
This work is under a Creative Commons License BY-NC-SA 4.0 Attribution-Non Comercial-Share Alike.
More information at https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

This project has been funded with support from the European Commission. This publication reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein Project N. 517587-LLP-2011-ES-COMENIUS-CMP

V motivačnom úvode je žiakom predstavený problém, ktorý rieši majiteľ továrne: V ktorej miestnosti (resp. pri akej teplote) je výroba etanolu fermentáciou najefektívnejšia. Úlohou žiakov je vyriešiť túto otázku na základe niekoľkých experimentov, kedy budú žiaci simulovať jednotlivé uvažované výrobné miestnosti.

ČO BY STE MALI VEDIEŤ

Na výrobu etanolu bude majiteľ továrne používať kvasinky. Tie produkujú etanol v prípade prítomnosti živín, napr. sacharózy. Žiaci poznajú (resp. majú k dispozícii) rovnicu opisujúcu proces premeny sacharózy na etanol a oxid uhličitý. V kadičke tento proces nie je možné zrealizovať, avšak v bunkách kvasiniek áno: etanol aj oxid uhličitý sú odpadové produkty.

Education and Culture
Lifelong learning programme
COMENIUS
Lifelong Learning
COMBLAB

1. Vypočítajte, koľko gramov etanolu vznikne z 10 g sacharózy.

2. Akým spôsobom by sme mohli sledovať, že reakcia naozaj prebieha?

Skôr ako začnete experimentovať

1. Zamyslite sa, čo je premennou, ktorá bude ovplyvňovať efektivitu produkcie etanolu.

2. Na sledovanie priebehu reakcie máte k dispozícii senzor na meranie tlaku (manometer), senzor na meranie obsahu CO_2 a senzor na meranie teploty. Porozmýšľajte, ako by ste mohli jednotlivé senzory použiť.

Senzor na meranie tlaku (manometer):_____

Senzor na meranie obsahu CO_2 :_____

Senzor na meranie teploty:_____

3. Akým spôsobom v laboratóriu napodobníte podmienky v továrenských budovách?

Navrhnite, ako by ste uskutočnili experiment, ktorý vám umožní rozhodnúť, ktorá miestnosť je pre fermentáciu najvhodnejšia. Experiment navrhnite tak, aby každé meranie trvalo 10 – 15 min.

2

1. V rámci zahrievacej časti aktivity žiaci vypočítajú hmotnosť vzniknutého etanolu. Je tiež možné vypočítať objem CO_2 za normálnych podmienok, a tak žiakov priviesť k téme plynov a veličinám (objem), ktoré ich opisujú.
2. Cieľom druhej zahrievacej úlohy je primäť žiakov premýšľať nad tým, ako rozpoznať, že daný proces naozaj prebieha. Odpoveď: Sledovaním zmien tlaku vznikajúceho CO_2, alebo sledovaním zmien koncentrácie vznikajúceho CO_2, sledovaním zmien koncentrácie vznikajúceho etanolu.

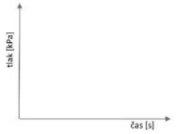
SKÔR AKO ZAČNETE EXPERIMENTOVAŤ

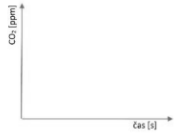
V tejto časti sú žiaci postupne vedení k tomu, aby premysleli realizáciu experimentu a spôsob sledovania priebehu a teda aj efektivity reakcie.

1. Riešenie : teplota
2. Tlakový senzor: na sledovanie zmien tlaku CO_2. Pozn. Žiaci niekedy odpovedajú *Na sledovanie tlaku vzduchu*. Vhodná otázka učiteľa preto je: *Je to vzduch, čo sa meria?*
   CO_2 senzor: na sledovanie množstva / koncentrácie oxidu uhličitého.
   Teplotný senzor: na sledovanie teploty počas reakcie.
3. Možnosti realizácie experimentu: Aby sme mohli porovnávať vplyvy teploty na intenzitu fermentácie, množstvo kvasníc aj sacharózy musí byť pri každom meraní rovnaké. Odporúčame použiť 5 g kvasníc a 50 cm^3 roztoku sacharózy (w = 15 %) v Erlenmayerovej banke objemu 100 cm^3.

Education and Culture
Lifelong learning programme
COMENIUS
Lifelong Learning
COMBLAB

4. Odhadnite a zakreslite, ako bude vyzerať graf závislosti tlaku CO_2 na čase, resp. graf závislosti obsahu CO_2 na čase:





Napodobnite výrobný proces v laboratóriu

Napíšte postup práce, ktorý navrhujete:

Uskutočnite vami navrhované experimenty a zaznamenajte si získané dáta.
(Tip: všetky merania vkladajte do jedného grafu, aby ste ich mohli vzájomne porovnávať.)

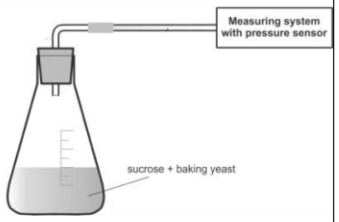
Vyhodnoťte získané dáta

1. Na základe čoho budete posudzovať, ktorá z miestností je na produkciu etanolu fermentáciou najvhodnejšia?

3

NAPODOBENIE VÝROBNÉHO PROCESU V LABORATÓRIU

Žiaci si zapíšu postup, ktorý skutočne realizovali, vrátane zmien, napr. opakované meranie z dôvodu nejakého zlyhania.



Jednotlivé teploty miestností nasimulujeme umiestnením banky do vodného kúpeľa. Nie je dôležité zabezpečiť úplne presnú teplotu, ale sledovať proces kvasenia pri rôznych teplotách: okolo nuly, izbová teplota, zvýšená teplota (približne 40 °C) a horúci kúpeľ. Na zabezpečenie teploty 0 °C je najvhodnejšie použiť vodný kúpeľ s kúskami ľadu.
Je tiež vhodné žiakom ukázať, že tlak plynu v banke sa bude meniť aj podľa toho, či je banka ponorená celá pod hladinou vody alebo napr. len do výšky reakčnej zmesi. Ak ju budú celý čas držať pod hladinou, alebo, čo je horšie, budú počas merania, meniť jej polohu, tlak by sa menil aj v prázdnej banke.
Teplotný senzor sa neumiestňuje do banky ale do vodného kúpeľa, s predpokladom, že reakčná zmes má rovnakú teplotu ako kúpeľ.

VYHODNOŤTE SVOJE DÁTA

1. Riešenie: podľa strmosti krivky a maximálnej dosiahnutej hodnoty tlaku.

Education and Culture
Lifelong learning programme
COMENIUS
Lifelong Learning
COMBLAB

2. Zvoľte vhodný a názorný spôsob prezentácie vašich výsledkov (graf, tabuľka alebo text)

3. Opíšte a vysvetlite, čo zistené dáta znamenajú (interpretujte výsledky)

Záver

Pochváľte sa svojimi výsledkami

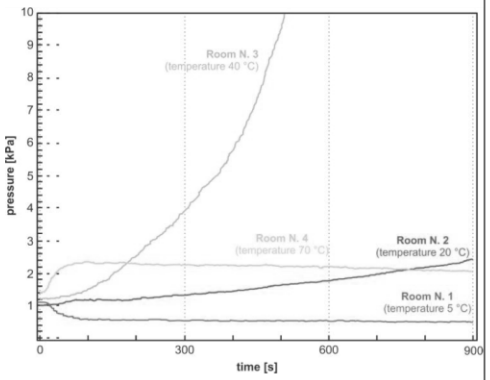
Napíšte majiteľovi továrne e-mail, v ktorom mu odporučíte, ktorá miestnosť je na výrobu etanolu najvhodnejšia a stručne zdôvodníte, prečo je táto miestnosť vhodná a ostatné miestnosti menej vhodné.

4

2. Názorné je prekresliť graf s jednotlivými krivkami, ktoré vystihnú celkový trend procesu, nie je potrebné detailne prekresľovať krivky. Tiež je možné zapísať počiatočný a konečný tlak v nádobe za určitý časový úsek.
3. Žiaci na tomto mieste musia zapísať, ako čítajú a rozumejú grafu, teda, že v ľadovom kúpeli tlak plynu nevzrastie, pretože žiadny plyn nie je produkovaný.

OČAKÁVANÉ VÝSLEDKY

V ľadovom kúpeli tlak nevzrastá, kvasinky neprodukujú CO_2. Pokles tlaku je spôsobený ochladením vzduchu v banke, teda jeho kontrakciou, čo sa pri izochorických podmienkach prejaví zníženým tlakom. Upozorniť, že tento jav nemá biochemický (pretože žiadny biochemický proces neprebieha), ale fyzikálny základ.



Laboratórna (izbová) teplota: tlak plynu pomaly vzrastá.

Teplota okolo 40 °C: po počiatočnej stagnácii, kým sa zaháji proces kvasenia, dôjde k výraznej produkcii plynu, čo ukazuje na rýchly proces kvasenia.

Horúci kúpeľ (60 – 70 °C): Najprv dochádza k strmému nárastu tlaku, ktorý sa po chvíli zastaví. Nedochádza k produkcii plynu, pretože kvasinky pri tejto teplote usmrtíme. Počiatočné zvýšenie teploty má však podobný fyzikálny základ ako pri experimente v ľadovom kúpeli.

Záver: Ideálna teplota na rýchlu produkciu etanolu je teplota okolo 40 °C, kedy sú kvasinky najaktívnejšie.

Komunikácia výsledkov: rozvíja jazykové schopnosti žiakov.

Education and Culture
Lifelong learning programme
COMENIUS
Lifelong Learning
COMBLAB

Teraz máte dostatočné skúsenosti a vedomosti na to, aby ste zodpovedali nasledujúce otázky.

1. Akú úlohu majú v celom procese kvasinky?

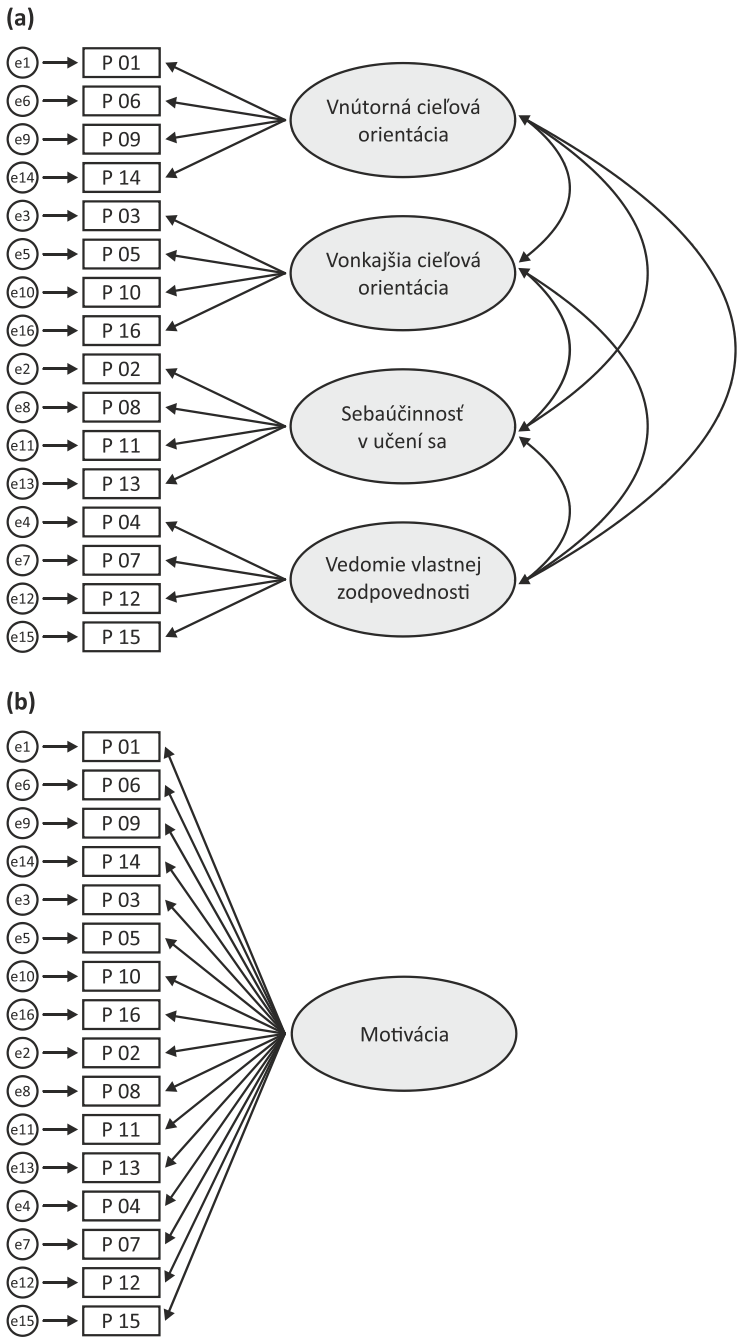
2. Aký je rozdiel medzi kvasinkami a kvasnicami?

5

Otázky:

1. Riešenie: metabolizujú sacharózu, pričom produkujú etanol a CO_2.
2. Kvasinky sú mikroorganizmy, kým kvasnice (droždie) sú potravinárskym prípravkom, obsahujúcim „potravinárske“ kvasinky.

PRÍLOHA E


(a)
e1
e6
e9
e14
e3
e5
e10
e16
e2
e8
e11
e13
e4
e7
e12
e15
P 01
P 06
P 09
P 14
P 03
P 05
P 10
P 16
P 02
P 08
P 11
P 13
P 04
P 07
P 12
P 15
Vnútorná cieľová orientácia
Vonkajšia cieľová orientácia
Sebaúčinnosť v učení sa
Vedomie vlastnej zodpovednosti
(b)
Motivácia

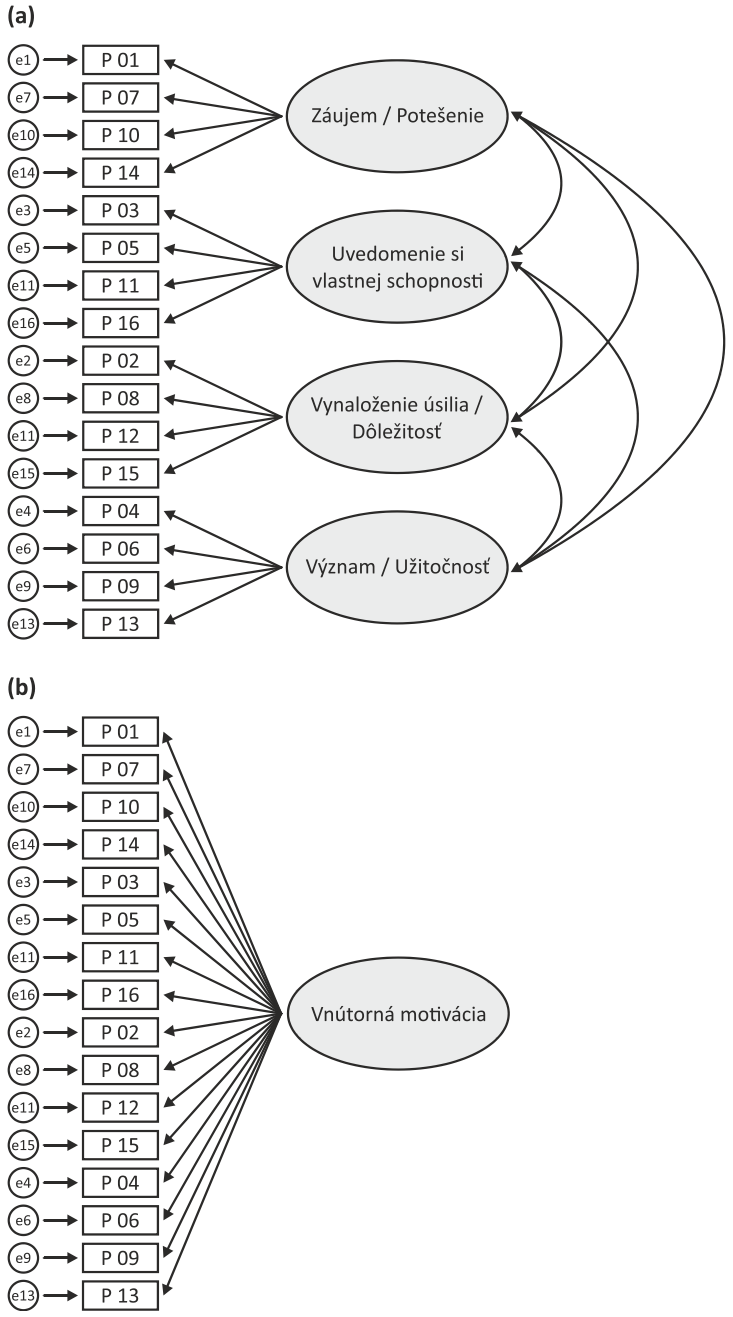
PRÍLOHA F

Zvýraznené hodnoty sa týkajú položiek (P) patriacich k tej istej subškále:
Subškála 1 (vnútorná cieľová orientácia): P 01, P 06, P 09, P 14
Subškála 2 (vonkajšia cieľová orientácia): P 03, P 05, P 10, P 16
Subškála 3 (sebaúčinnosť v učení sa): P 02, P 08, P 11, P 13
Subškála 4 (vedomie vlastnej zodpovednosti): P 04, P 07, P 12, P 15

	P 01	**P 02**	**P 03**	**P 04**	**P 05**	**P 06**	**P 07**	**P 08**	**P 09**	**P 10**	**P 11**	**P 12**	**P 13**	**P 14**	**P 15**
P 02	,230**														
P 03	,062	,034													
P 04	,275**	,392**	,165**												
P 05	,083	,058	,488**	,151**											
P 06	,505**	,340**	,032	,345**	,188**										
P 07	,280**	-,018	,017	,156**	,090*	,138**									
P 08	,291**	,306**	,172**	,239**	,286**	,387**	,176**								
P 09	,355**	,312**	-,014	,326**	,086	,417**	,088	,270**							
P 10	,026	,079	,569**	,183**	,556**	,115*	,054	,220**	,072						
P 11	,282**	,315**	,163**	,380**	,255**	,419**	,223**	,432**	,347**	,305**					
P 12	,295**	,094*	,027	,174**	,086	,240**	,460**	,237**	,162**	,064	,234**				
P 13	,182**	,299**	-,061	,142**	,081	,322**	,162**	,456**	,301**	,074	,404**	,228**			
P 14	,411**	,386**	,123**	,421**	,132**	,457**	,151**	,292**	,534**	,208**	,399**	,204**	,225**		
P 15	,166**	,277**	,134**	,486**	,217**	,343**	,162**	,229**	,459**	,246**	,429**	,303**	,253**	,444**	
P 16	,153**	,053	,293**	,174**	,435**	,233**	,198**	,324**	,160**	,425**	,311**	,160**	,136**	,215**	,272**

** Korelácia je signifikantná na hladine 0,01 (2-tailed).
* Korelácia je signifikantná na hladine 0,05 (2-tailed).

PRÍLOHA G


(a)
e1
e7
e10
e14
e3
e5
e11
e16
e2
e8
e11
e15
e4
e6
e9
e13
P 01
P 07
P 10
P 14
P 03
P 05
P 11
P 16
P 02
P 08
P 12
P 15
P 04
P 06
P 09
P 13
Záujem / Potešenie
Uvedomenie si vlastnej schopnosti
Vynaloženie úsilia / Dôležitosť
Význam / Užitočnosť
(b)
Vnútorná motivácia

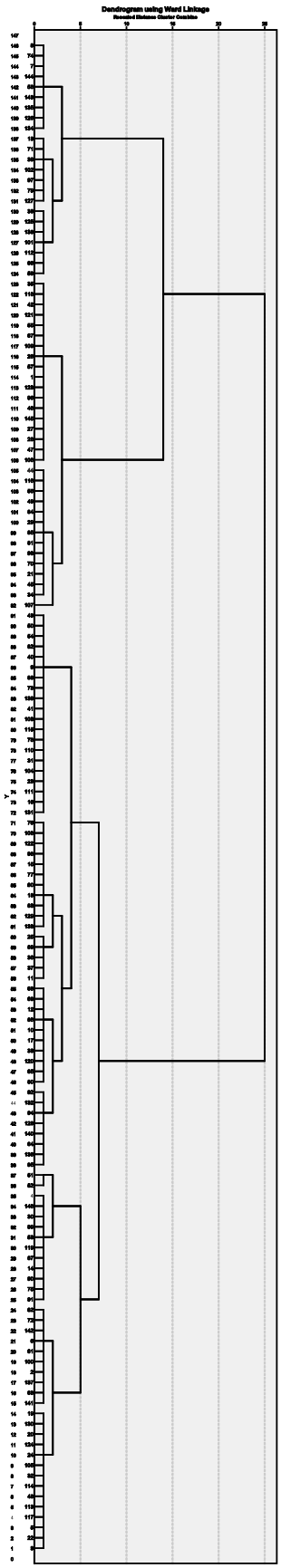
PRÍLOHA H

Zvýraznené hodnoty sa týkajú položiek (P) patriacich k tej istej subškále:
Subškála 1 (záujem / potešenie): P 01, P 07, P 10, P 14
Subškála 2 (uvedomenie si vlastnej schopnosti): P 03, P 05, P 11, P 16
Subškála 3 (vynaloženie úsilia / dôležitosť): P 02, P 08, P 12, P 15
Subškála 4 (význam / užitočnosť): P 04, P 06, P 09, P 13

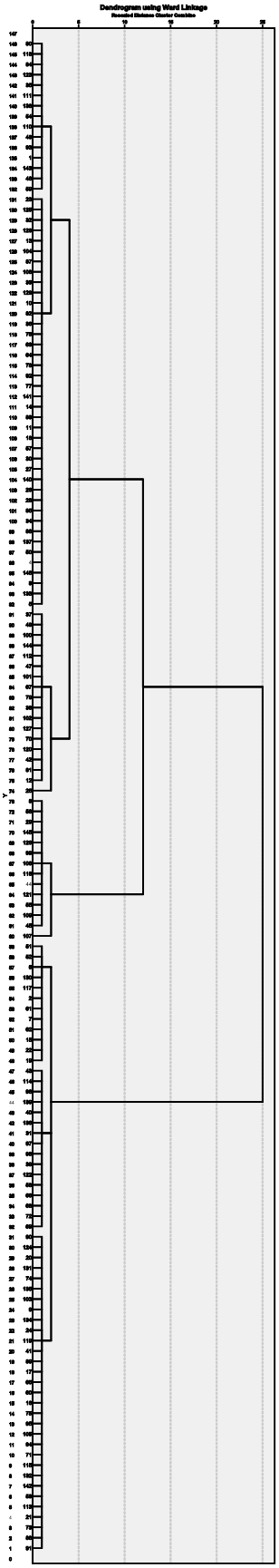
	P 01	**P 02**	**P 03**	**P 04**	**P 05**	**P 06**	**P 07**	**P 08**	**P 09**	**P 10**	**P 11**	**P 12**	**P 13**	**P 14**	**P 15**
P 02	,513**														
P 03	,242**	,445**													
P 04	,322**	,406**	,221**												
P 05	,402**	,489**	,432**	,294**											
P 06	,499**	,456**	,212**	,350**	,534**										
P 07	,547**	,411**	,209**	,310**	,461**	,645**									
P 08	,254**	,486**	,360**	,309**	,372**	,345**	,360**								
P 09	,351**	,306**	,181**	,342**	,310**	,473**	,403**	,343**							
P 10	,490**	,483**	,162**	,260**	,391**	,533**	,542**	,351**	,450**						
P 11	,404**	,521**	,448**	,281**	,554**	,405**	,359**	,403**	,247**	,421**					
P 12	,329**	,425**	,283**	,307**	,279**	,390**	,328**	,397**	,398**	,422**	,380**				
P 13	,448**	,477**	,211**	,317**	,401**	,604**	,479**	,253**	,418**	,659**	,414**	,423**			
P 14	,512**	,436**	,204**	,246**	,380**	,602**	,648**	,305**	,337**	,540**	,339**	,413**	,572**		
P 15	,320**	,615**	,374**	,345**	,365**	,433**	,361**	,496**	,378**	,478**	,445**	,545**	,437**	,463**	
P 16	,398**	,450**	,354**	,211**	,471**	,419**	,388**	,320**	,332**	,442**	,453**	,323**	,485**	,496**	,443**

** Korelácia je signifikantná na hladine 0,01 (2-tailed).

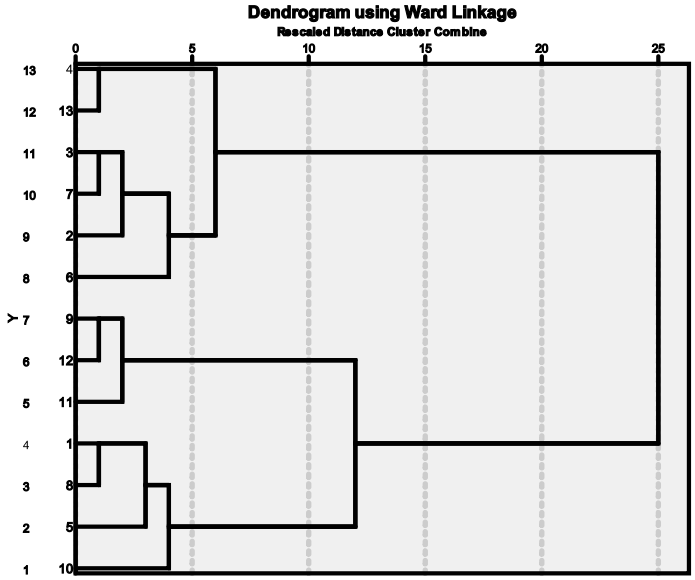
PRÍLOHA I


Dendrogram using Ward Linkage
Rescaled Distance Cluster Combine

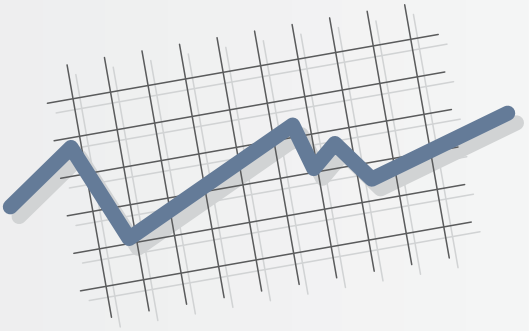
PRÍLOHA J


Dendrogram using Ward Linkage
Rescaled Distance Cluster Combine

PRÍLOHA K


Dendrogram using Ward Linkage
Rescaled Distance Cluster Combine
0
5
10
15
20
25
Y
13 4
12 13
11 3
10 7
9 2
8 6
7 9
6 12
5 11
4 1
3 8
2 5
1 10

Názov	**Počítačom podporované experimenty v prírodovednom vzdelávaní**
Autor	RNDr. Marek Skoršepa, PhD.
Rozsah	187 strán
Vydanie	prvé
Počet výtlačkov	100 ks
Vydavateľ	BELIANUM. Vydavateľstvo Univerzity Mateja Bela v B. Bystrici Fakulta prírodných vied Univerzity Mateja Bela v B. Bystrici, 2015
Tlač	EQUILIBRIA, s.r.o., Košice
ISBN	**978-80-557-0898-0**
EAN	**9788055708980**



9 788055 708980

ISBN 978-80-557-0898-0