

Obsah

Výzkumné stati

Radka Havlíčková Vliv atraktivitu kontextu matematické slovní úlohy na řešitelský proces	2
Zdeňka Chocholoušková, Lenka Hajerová Müllerová Vliv terénní exkurze na modifikaci žákovských prekonceptů odborných pojmů	22
Roman Kroufek, Martin Jáč, Vanda Janštová, Martina Pražáková, Kateřina Čiháková Výzkum v didaktice biologie, geologie a environmentální výchovy v České republice v letech 2008–2018	43
Juhaina Awawdeh Shahbari Mathematical Thinking Styles and the Features of Modeling Process	59
Iris Schreiber Patterns in Kindergarten: Teachers' Knowledge of Content and Pupils and Associated Self-Efficacy Beliefs	69
Marek Skoršepa, Jarmila Kmeťová, Erika Horváthová Tablet alebo notebook? Komparatívna štúdia žiakovho vnímania rozdielnych technologických prístupov v počítačom podporovanom chemickom laboratóriu	82

Vliv atraktivity kontextu matematické slovní úlohy na řešitelský proces

The Influence of the Attractiveness of Context of a Mathematical Word Problem on Solving Processes

Radka Havlíčková¹

¹ Pedagogická fakulta, Univerzita Karlova, M. Rettigové 4, 116 39 Praha 1, Česká republika; radka.havlickova@pedf.cuni.cz

Výzkumy zabývající se řešením matematických slovních úloh poukazují na to, že rozdíly v úspěšnosti nejsou dány pouze rozdílnou úrovní kognitivních schopností žáků, ale že svou roli sehrává také motivace. V této studii jsme se proto zaměřili na kontext, jakožto nematematickou složku slovní úlohy, a zjišťovali jeho vliv na úspěšnost žáků při jejím řešení. Sledovaným aspektem kontextu byla jeho potenciální atraktivita – zjišťovali jsme, zda žáci budou úspěšnější v řešení slovních úloh s prvky pohádky, science fiction a humoru než v úlohách se stejnou strukturou, ale s neutrálním kontextem. Žáky 5. a 6. ročníku základní školy ($n_5 = 623$, $n_6 = 291$) jsme rozdělili do dvou výkonově srovnatelných skupin a každé z nich předložili jednu z variant – atraktivní nebo neutrální. Pro vyhodnocení výsledků kvantitativního šetření jsme použili Item Response Theory, která nám umožnila sledovat obtížnost úlohy v závislosti na latentní schopnosti jednotlivých žáků a poskytla informaci o diskriminačních vlastnostech úloh. Kromě úspěšnosti jsme v rámci kvalitativního šetření zjišťovali také rozdíly v oblasti řešitelských strategií a chyb. Ukázalo se, že atraktivní kontexty mohou za určitých podmínek vést ke zvýšení snahy žáků o jejich vyřešení a v některých případech i k mírnému zvýšení úspěšnosti řešení. Studie také ukázala, že při variování kontextů úloh je obtížné zachovat ostatní parametry úlohy beze změn, které by se odrážely v náročnosti situačního modelu úlohy, a upozornila na určitou nekonzistenci výsledků některých výzkumů.

Klíčová slova:
slovní úloha, atraktivita kontextu, motivace, úspěšnost, povrchová řešitelská strategie.

Zasláno 2/2020
Revidováno 6/2020
Přijato 6/2020

Research on mathematical word problems suggests that differences in success are not only due to different levels of pupils' cognitive abilities but that their motivation plays a role, too. Therefore, in this study, we focused on the context as a non-mathematical parameter of word problems and investigated its influence on pupils' success in solving the problems. We focused on the potential attractiveness of the context and investigated whether pupils would be more successful in solving word problems with elements of fairy tale, science fiction or humour than in the case of similar problems with the same structure but with a neutral context. Pupils of the 5th and 6th grades of primary school ($n_5 = 623$, $n_6 = 291$) were divided into two groups of a comparable ability and each was presented with one of the variants – either attractive or neutral. To evaluate the results quantitatively, we used the Item Response Theory which allowed us to determine the difficulty of the task depending on the latent abilities of pupils and enabled us to assess the discriminating properties of the problems. In the qualitative part of the study, we investigated the differences between pupils in terms of their solving strategies and errors. It was established that the attractive context could, under certain conditions, stimulate the pupils' efforts towards solving the problems and, in some cases, can slightly improve the success rate. The study also showed that when varying the context, it is difficult to keep the other parameters of the problem without changes, possibly influencing the complexity of the situational model, and pointed out inconsistencies in some research results.

Key words:
word problem, attractiveness of context, motivation, performance, superficial solving strategy.

Received 2/2020
Revised 6/2020
Accepted 6/2020

1 Úvod

Přes velkou pozornost, která je slovním úlohám věnována ve výuce matematiky, jsou tyto úlohy považovány žáky i učiteli za náročné a neoblíbené učivo (Nesher & Teubal, 1975; Verschaffel et al., 1992; Rendl et al., 2013). Z našeho předchozího výzkumu¹ (Vondrová et al., 2019) vyplynulo, že častou příčinou nezdarů při řešení slovní úlohy je používání povrchových řešitelských strategií. Žáci si při řešení úlohy nevytvářejí představu o situaci a rovnou přistupují k tvorbě matematického modelu, který pak často neodpovídá popisované situaci. Jednou z příčin takového přístupu může být také nízká motivace žáků úlohu řešit.

¹Výzkum byl realizován v rámci projektu GA ČR 16-06134S *Slovní úlohy jako klíč k aplikaci a porozumění matematickým pojmům* v letech 2016–2018.

Výzkumy zabývající se obtížemi žáků se slovními úlohami hledají jejich původ mj. v různých překážkách, které staví do cesty k úspěšnému řešení samy úlohy. Velká pozornost je věnována například jazykové formulaci, pořadí zadaných informací, matematickým parametrům úlohy aj. (Hembree, 1992; Verschaffel & De Corte, 1993; Nesher et al., 2003; Palm, 2008; Daroczy et al., 2015). Kontext slovních úloh, ke kterému nyní obracíme pozornost, je jedním z méně zkoumaných parametrů (OECD, 2010; Beswick, 2011). Studie, jejíž dílčí výsledky předkládáme, vychází z předpokladu, že zvýšení zájmu žáků o slovní úlohu může zvýšit jejich úspěšnost při jejím řešení. Cílem studie je zjistit, jaký vliv má atraktivita kontextu slovní úlohy na úspěšnost a řešitelské chování žáků v úloze. Využijeme přitom data, která jsme získali v rámci již zmíněného projektu GA ČR, i jeho metodologii (Vondrová et al., 2019).

2 Teoretická východiska

Nejdříve vymežíme klíčové pojmy, představíme fáze řešitelského procesu slovních úloh a závěry vybraných výzkumů sledujících vliv různých charakteristik kontextu na úspěšnost žáka.

2.1 Slovní úloha a její kontext

V literatuře se setkáme s různými vymezeními pojmu slovní úloha. V následujícím výběru se zaměříme zejména na tu jejich rovinu, která se dotýká kontextu. Verschaffel et al. (2000, s. ix) vymezují slovní úlohu jako:

Slovní popis problémových situací obsahující jednu nebo více otázek, na které lze odpovědět pomocí aplikace matematických operací na číselné údaje, které jsou uvedeny v zadání.

Autoři dodávají, že typickou formou slovní úlohy je stručný, zhuštěný, text popisující esenciální prvky určité situace, v níž jsou některé číselné informace explicitně dány a jiné ne a s níž je řešitel konfrontován v hodině matematiky. Jeho úkolem je získat číselnou odpověď na položenou otázku, a to explicitně a za výhradního použití číselných údajů uvedených v textu nebo jejich vzájemných vztahů, které lze z textu úlohy vyvodit. V tomto vymezení najdeme kromě poznámky o vazbě na skutečnou nebo představitelnou situaci také zmínku o vztazích mezi údaji, které nejsou explicitně vyjádřeny, čímž se do hry dostává kontext.

Vondrová et al. (2019) ve svém pojetí slovní úlohy od kontextu vycházejí. Slovní úlohu vymezují jako problém, který zahrnuje určitý kontext (nematematický, reálný, pseudo-reálný nebo fiktivní), uvnitř něhož jsou dány určité číselné informace a v rámci kterého je položena otázka (otázky), kterou/é mají žáci zodpovědět za použití svých matematických znalostí a „mimoškolních“ zkušeností. Toto vymezení bere v úvahu navíc i žákovu zkušenost mimo školu, tedy zkušenost z reálného života, na kterou může slovní úloha navázat. Autoři dále rozlišují kontext úlohy z hlediska lingvistiky do tří vrstev – *slovní, situační* a *zkušenostní* (s. 17). Všechny tři vrstvy mohou potenciálně ovlivňovat subjektivní obtížnost úlohy.

Také v pojetí Hejného (2003) je jedním ze dvou požadavků na slovní úlohu vazba na životní zkušenost. Termínem slovní úloha rozumí: „matematickou úlohu, která vyžaduje jazykové porozumění a přesah do životní zkušenosti“ (s. 3). Například úloha: „*Součet dvou čísel je 19 a jejich rozdíl 3. Jaká to jsou čísla?*“ vyžaduje porozumění slovům (na rozdíl od úlohy $5x + 4 = 19$), splňuje tedy první podmínku, ale nelze ji pokládat za slovní úlohu, protože k jejímu vyřešení nejsou třeba životní zkušenosti, je vázána čistě na svět matematiky. V dalších úvahách Hejného nacházíme inspiraci v *anatomickém* způsobu nahlížení na slovní úlohu (s. 3–5). Podle něj je slovní úloha tvořena čtyřmi různými vzájemně se prostupujícími vrstvami. Vrstvou objektů (osoby, předměty, události, ...), o kterých úloha hovoří, ať již přímo nebo nepřímo, dále vrstvou vztahů mezi těmito objekty, z nichž nejvýznamnější jsou ty, které spojují objekty poukazující na číslo. Další vrstvou je vrstva příběhu či situace, která vytváří v mysli člověka základní představu o úloze a přináší výzvu, která navodí a orientuje řešitelský proces (sem bychom zařadili kontext). Poslední vrstvou je vrstva matematického modelu.

S přesným vymezením pojmu *kontext slovní úlohy* se v odborné literatuře nesetkáme. Bývá chápán intuitivně nebo je popisován skrze svou funkci ve slovní úloze (viz ukázky výše) nebo jako součást širšího pojmu, tzv. učení se v kontextu (Meyer et al., 2001; Boaler, 1993). Borasi(ová) (1986) stručně vymezuje kontext jako situaci, v níž je zasazen určitý problém a která řešiteli poskytuje informace, které mu jej umožňují vyřešit. V návaznosti na výše zmíněná vymezení pojmu slovní úloha budeme kontext chápat jako situaci, do které je zasazen určitý matematický problém; jako nematematickou složku slovní úlohy, která poskytuje informace o objektech úlohy a vztazích mezi nimi a navazuje na skutečnosti, které nejsou explicitně vyjádřeny, ale jsou dostupné ve zkušenostech řešitele. Kontext slovní úlohy může tvořit i stručnou dějovou linku nebo nabývat podoby krátkého příběhu.

2.2 Proces řešení slovních úloh a povrchové strategie

Proces řešení slovní úlohy rozdělují různí autoři do různých fází (např. Reusser, 1990; Novotná, 2000; Hejný, 2003). První fáze obvykle spočívá ve zpracování, interpretaci textu, porozumění v jazykové rovině (vytvoření sémantického modelu úlohy). Ve druhé fázi dochází k porozumění popisované situaci, a to skrze uvědomění si jejích objektů a jejich vzájemných vztahů. V této fázi se rozbíhá řešitelský proces, vytváří se situační model úlohy. Třetí fáze je tzv. matematizace, vytváření matematického modelu úlohy, neboli převedení situace do jazyka matematiky (rovnice, schématu, výpočtu, obrázku aj.). Následuje fáze výpočtu, tedy aplikace matematických pravidel a postupů. Proces uzavírá interpretace nalezeného číselného výsledku ve vztahu k položené otázce či situaci a tvorba slovní odpovědi, která dává tomuto výsledku význam.

Schopnost řešit matematickou slovní úlohu může být u žáků oslabena v kterékoliv jmenované fázi. Protože se v této studii zabýváme kontextem slovní úlohy čili vrstvou situace, podstatná je pro nás druhá fáze řešitelského procesu – tvorba situačního modelu. Z našeho výzkumu (Vondrová et al., 2019) vyplynulo, že častou příčinou nezdaru je, že žáci si z nějakého důvodu nevytvoří situační model úlohy, ale přikročí rovnou k modelu matematickému. Ten vychází pouze z izolovaných částí textu (např. čísel a k nim přidružených slov), nezrcadlí vztahy mezi objekty apod. Takové řešitelské chování označujeme jako používání *povrchové strategie*. Důvodem pro nevytvoření situačního modelu může být kromě náročnosti slovní úlohy pro daného žáka a s ní spojeného kognitivního přetížení a zahlcení jeho pracovní paměti (např. Sweller, 2010) také zautomatizovaný přístup k řešení slovních úloh stejného typu nebo žákův nezájem o tuto činnost. Další možné příčiny povrchových strategií popisuje Vondrová (2020), mj. například didaktické příčiny (učení se strategii signálních slov, stereotypnost úloh nabízených učebnicemi) a psychologické příčiny (naučená bezmocnost, nízká sebedůvěra žáka ve vlastní schopnost řešit slovní úlohy).

Vhodný kontext slovní úlohy by mohl posloužit jako prostředek k překlenutí nezájmu žáků o text úlohy, podpořit jejich snahu vytvořit si situační model, a snížit tak tendenci používat povrchové strategie. O motivačním efektu kontextu lze přitom uvažovat až v případě, že je splněna podmínka smysluplnosti a přiměřenosti úlohy pro jednotlivce – bude-li úkol pro žáka příliš snadný, nebo naopak obtížný, motivace bude nízká bez ohledu na kontext (Man & Mareš, 2005).

2.3 Vliv vybraných charakteristik kontextu na výkon žáků

Kontexty úlohy můžeme různým způsobem třídit. Např. v testování PISA jsou rozlišeny čtyři okruhy kontextů: personální (každodenní aktivity, osobní zkušenosti), vzdělávací a profesní (spíše situace uměle vytvořené s konkrétním výukovým záměrem), veřejný (každodenní interakce s okolním prostředím) a vědecký (čistě matematické problémy nebo problémy z vědeckého světa) (OECD, 2010). V literatuře se objevují tzv. kontexty z reálného světa, fantazijní nebo pseudo-reálné kontexty, kontexty dívčí či chlapecké, familiární (žákům důvěrně známé) či neznámé (zejména vědecké), personalizované (v nichž figurují jména nebo osobnosti samotných řešitelů), kontexty týkající se různých témat – sportu, zvířat, módy apod.

2.3.1 Realita vs. fikce

Velká pozornost je ve výzkumu věnována slovním úlohám s kontextem z reálného života, které podle některých autorů mohou vést k lepším žákovským výsledkům v důsledku snazší představitelnosti řešeného problému i větší motivace (Verschaffel et al., 2000; Palm, 2008). Výsledky však nejsou jednoznačné. Např. metaanalýza studií (Gersten et al., 2008) potvrdila, že při výuce založené na reálných kontextech se sice výkony žáků zlepšují, ale jen u úloh podobného typu. I některé další výzkumy potvrzují pozitivní efekt (Bottge, 1999; Cooper & Harries, 2002). Jiné naopak ukazují, že žáci mají problém přenést svoje znalosti z reálného světa do řešení slovní úlohy. Studie (De Bock et al., 2003) ukázala, že úlohy s autentickým kontextem mohou mít na žákovskou úspěšnost dokonce negativní vliv.

Wiest(ová) (1998) porovnávala úlohy z reálného světa dětí, reálného světa dospělých a úlohy s fantazijními kontexty. Kromě vlivu kontextu na úspěšnost žáků 4. a 6. ročníků ($n = 273$), kde se velké rozdíly neukázaly, zjišťovala také jejich preference. Ukázalo se, že nejméně preferována (statisticky významně), byla mezi žáky úloha ze světa dospělých. Preference ostatních typů byly zhruba vyrovnané, lehce ve prospěch fantasy kontextů. Zajímavé byly komentáře žáků, kteří popisovali vliv kontextu úlohy na jejich zaujetí a způsob řešení. Zmiňovali například, že některé úlohy řešili s větším úsilím, protože byly zajímavé nebo humorné, že se snažili více, když se jim úloha líbila nebo naopak jim to „špatně myslelo“, když se jim úloha nelíbila.

2.3.2 Familiární vs. nefamiliární kontext

Rozsáhlá metaanalýza studií (Hembree, 1992) zabývajících se mj. familiárností kontextů (kontextů známých, blízkých, zohledňujících realitu žitou dětmi) ukázala, že familiární kontexty vedly ve čtyřech studiích (5. a 6. ročníky + 12. ročníky, $n = 1\ 608$) k výrazně většímu počtu úspěšných řešení než kontexty, které byly žákům neznámé. Vliv kontextů fantazijních (*imaginative*) vs. obvyklých (*ordinary*) (11 výzkumů, 5.–9. ročníky, $n = 4\ 308$) se ovšem neprokázal.

Familiárností kontextu se v našem prostředí zabývaly také Vondrová a Novotná (2017). Srovnávaly úspěšnost žáků 6. ročníků ($n = 353$) v závislosti na míře známosti kontextu a uspořádání informací v zadání úlohy. Familiární kontext se týkal skládání puzzle, kde lze předpokládat, že s ním má většina žáků osobní zkušenost. Nefamiliární kontext byl z prostředí chemické laboratoře a výroby léčiva. Zatímco pořadí informací v textu mělo statisticky významný vliv na úspěšnost žáků, výsledky pro kontext nebyly jednoznačné – v jedné dvojici úloh byly úlohy o skládání puzzle výrazněji úspěšnější (94 % vs. 83 %), u druhé dvojice nebyl prakticky žádný rozdíl.

2.3.3 Kontext dívčí vs. chlapecký

Zohar(ová) a Gershikov(ová) (2008) zjišťovaly, zda kontexty matematických problémů ovlivňují stejně děvčata i chlapce, a to ve třech různých věkových skupinách (1., 2.–4., 5.–6. ročníky) ($n = 523$). Žáci řešili tři typy úloh: se stereotypně chlapeckým, stereotypně dívčím a genderově neutrálním kontextem. Ukázalo se, že dívky byly ovlivněny kontexty výrazně více než chlapci, kteří napříč všemi věkovými kategoriemi podávali vyrovnaný výkon ve všech kontextech. V neutrálním kontextu dosahovala obě pohlaví srovnatelných výsledků ve všech věkových skupinách, dívky byly lehce úspěšnější. V chlapeckých kontextech byly výrazně lepší chlapci ve všech sledovaných věkových kategoriích a rozdíl se s rostoucím věkem snižoval. V dívčích kontextech záleželo na věku. Zatímco v 1. ročnicích byly dívky trochu úspěšnější než chlapci, v druhé věkové kategorii se tento rozdíl zmenšil a v 5.–6. ročnicích došlo k obrácení poměru, tedy chlapci byli v dívčích kontextech významně úspěšnější než děvčata. Vysvětlení autorky hledají v kombinaci afektivních a kognitivních faktorů. Dívky v příslušném věku mají o dívčí kontexty zvýšený zájem, a věnují tak velkou pozornost detailům na úkor hlubších komponent úlohy, což může mít za následek snížení kognitivní výkonnosti.

K jiným závěrům dospěli Murphy(ová) a Ross (1990), kteří zjistili, že žáci 8. ročníku ($n = 252$) a zejména chlapci výrazně preferují kontexty, ve kterých vystupuje „v hlavní roli“ postava se shodným pohlavím, a že dívky jsou v řešení „chlapeckých“ úloh úspěšnější než chlapci v řešení „dívčích úloh“. Významné rozdíly založené na socioekonomickém zázemí žáků zjištěny nebyly. Na děti z venkova však měl kontext větší vliv. Když dostaly úlohu s preferovanou postavou, dosahovaly lepších výsledků než žáci z příměstské školy u úloh s preferovaným kontextem.

2.3.4 Personalizovaný vs. nepersonalizovaný kontext

Další studie se zaměřují na působení tzv. personalizace kontextu slovní úlohy. Jeho podstatou je přiblížení se konkrétnímu žákovi-řešiteli nebo skupině žáků, například prostřednictvím pojmenování postavy vystupující v úloze po žákovi-řešiteli či použitím objektů, situací, které jsou pro konkrétního žáka aktuální. López(ová) a Sullivan (1992) ve své studii vymezili tři stupně kontextů z hlediska personalizace: individualizované, skupinově individualizované (zohledňující zájmy, charakteristiky určité skupiny) a neindividualizované (*non-personalized*). Zaměřili se na žáky 7. ročníků ($n = 123$) a podle jejich životopisných údajů sestavili několik jednokrokových a dvoukrokových úloh. Analýza ukázala výrazný pozitivní vliv personalizovaných (individualizovaných i skupinových) úloh na míru zaujetí úlohou a významně větší úspěšnost při řešení dvoukrokových úloh. U jednokrokových úloh nebyl vliv tak významný. Skupinově individualizované kontexty přitom neměly takovou sílu jako kontexty směřované na konkrétního řešitele. Naproti tomu zmiňovaná metaanalýza (Hembree, 1992) tento efekt nepotvrzuje. Šest výzkumů zaměřených na personální a impersonální kontexty u žáků 4. a 6. ročníků ($n = 579$) neukazuje žádné statisticky významné rozdíly.

2.4 Atraktivní kontext

Některé výše uvedené aspekty kontextu (personalizace, realita, gender) a další můžeme nahlížet též z perspektivy atraktivity.

Jako úlohy s *atraktivním kontextem* budeme označovat takové, které mají ambice žáka zaujmout. Mohou být založené na známém příběhu či pohádce nebo vytvářet příběh nový. Vystupující objekty či postavy mohou být smyšlené, nereálné, stejně jako v pohádkách. Zvířatům mohou být připisovány lidské vlastnosti, lidem nadlidské schopnosti. Stejně jako v pohádkách v nich nepředkládáme příběh jako

pravdivý a nepožadujeme po čtenáři, aby věřil v jeho skutečnost. Řešitel úlohy, stejně jako čtenář pohádky, zde přistupuje na jakousi nevyslovenou dohodu a nabízenou fikci přijímá². *Kontextově atraktivní úlohy*, zkráceně *atraktivní*, mohou vycházet i z každodenní reality, ovšem s patrnou snahou vzbudit řešitelovu zvědavost, přitáhnout jeho pozornost či vyvolat silnou potřebu úlohu vyřešit. Prostředkem může být např. humor, personalizace, nečekané vyústění popisované situace či aktuálnost nebo naléhavost tématu. Za atraktivní úlohu budeme považovat takovou, která splňuje alespoň jedno z následujících kritérií: námět úlohy je pro žáka aktuální, čerpá svůj námět v pohádce či příběhu, vyskytují se v ní nereálné objekty, postavy či situace, rozporuje běžnou lidskou zkušenost (např. porušuje fyzikální zákony), obsahuje vtip, překvapivý moment.

Úlohy *kontextově neutrální*, zkráceně *neutrální*, popisují více či méně reálné situace z každodenního života dětí či dospělých. Neoperují s nereálnými objekty, postavami ani situacemi, jsou v souladu s lidskou zkušeností, nerozporují např. fyzikální zákony a nemají zároveň výrazné ambice žáka zaujmout – překvapit, potěšit, provokovat, rozesmát nebo se mu jinak přiblížit.

2.5 Psychologické aspekty

Studie zabývající se zkoumáním schopností žáků řešit slovní úlohy se častěji zaměřují na oblast kognitivních a metakognitivních dovedností, méně často na motivačně-emoční aspekt (Tzohar-Rozen & Kramarski, 2014). Odhalování souvislostí mezi kontextem slovní úlohy a emocemi bývá spíše vedlejším produktem takových výzkumů (Beswick, 2011), které mají podobu drobné zmínky či samozřejmého předpokladu bez odkazu na odbornou literaturu. Např. Boaler(ová) (1993) a Murphy(ová) a Ross (1990) zmiňují, že kontext, který vzbudí v řešiteli zájem, jej může motivovat k vyvinutí většího úsilí při řešení úlohy, neboť jej vybaví větší rezistencí vůči nezdaru. O radosti a jejím pozitivním vlivu na intelektuální práci žáků v obecné rovině se zmiňuje také Hejný (např. 2014, s. 44, 92). Radost považuje za projev vnitřní motivace a za hybnou sílu další práce.

Rheinberg et al. (2001) poukazují na to, že výzkum v době vydání jejich práce ještě neznal, jak přesně motivace funguje, jak ovlivňuje učení či učební výkony, přestože se obecně předpokládá, že vyšší motivace působí na výkon příznivě, a mnohé výzkumy existenci takového vlivu potvrzují. Obecně přijímaná koncepce tzv. motivační psychologie vysvětluje motivaci jako výsledek vzájemného působení dvou faktorů – osobnostního a situačního. V osobnostní rovině jsou to mj. individuální zájmy jakožto oblasti, kterým se jedinec věnuje rád, při kterých se cítí dobře, v situační rovině jsou to kromě obtížnosti úkolu a potenciálního zisku také *charakteristiky* úlohy, které mohou ovlivňovat míru jedincovy motivace pro daný úkol. Plnění úkolů, u nichž si žák uvědomuje kladné důsledky, ale které se nepotkávají s jeho zájmy, vyžaduje zapojení vůle, prožívá jej jako namáhavé a méně radostné než plnění úkolů, které rezonují s jeho individuálními zájmy (Rheinberg et al., 2001). Kromě individuálních zájmů a potřeb je možné oslovovat *univerzální lidské potřeby* (zvědavost, autonomie – potřeba samostatného myšlení, potřeba odporovat apod.), jejichž výhodou je, že je lze k motivování využít u většiny jedinců bez hrozby opačného efektu, který je naopak běžný při snaze plošně motivovat skrze zájmy spadající do kategorie individuální; zájmy stejně starých žáků se mohou značně lišit (Krapp, 1998, cit. podle Rheinberg et al., 2001, s. 168).

2.6 Výzkumná otázka

Zahraniční výzkumy popsané v předchozí části ukazují vliv různých aspektů kontextu slovní úlohy na úspěšnost žáků při jejím řešení. V naší studii nabízíme další perspektivu, ze které lze nahlížet kontext, a to skrze jeho atraktivitu. Budeme zjišťovat, zda se objeví rozdíl v úspěšnosti žáků 5. a 6. ročníku při řešení úlohy s neutrálním kontextem a atraktivním kontextem (konkrétně s prvky pohádky, science fiction a humoru). Předpokládáme, že úlohy s atraktivním kontextem budou mít větší procento úspěšných řešitelů než úlohy s neutrálním kontextem, a naopak nižší procento žáků, kteří se o řešení úlohy nepokusí.

3 Metodologie

Studie má smíšený charakter. Kvantitativní část vyšetřuje vliv kontextu úlohy na úspěšnost žáků při jejím řešení. Kvalitativní část vycházející z analýzy písemných žákovských řešení z hlediska řešitelských strategií a chyb se snaží objasnit, čím je míra úspěšnosti žáků ovlivněna. Studie je součástí rozsáhlejšího výzkumu testujícího další parametry slovních úloh (Vondrová et al., 2019).

²Tedy například v úloze „Kouzelný prsten dovede splnit tři přání. Kolik prstenů by potřebovala naše třída, aby se každému z nás splnilo alespoň jedno přání?“ neočekáváme odpověď: „Ani jeden, protože kouzelné prsteny neexistují.“, přestože je to v určitém ohledu odpověď racionální.

3.1 Účastníci výzkumu

Účastníky studie byli žáci 5. a 6. ročníku šesti pražských základních škol. Šlo o spádové školy střední až velké velikosti, bez zaměření, s procentem žáků mluvících cizím jazykem nepřevyšujícím celostátní průměr 2 % a s pestrými skladbou socio-ekonomického zázemí žáků. Testování se účastnili všichni žáci daného ročníku, nebyl dělán žádný výběr ($n = 914$; 141 pro Úlohu 1, 629 pro Úlohu 2 a 144 pro Úlohu 3). Žáci byli na základě vstupního testu z českého jazyka a matematiky (a později i na základě výsledků testů předchozích vln testování)³ rozděleni do dvou výkonnostně srovnatelných skupin, přičemž bylo zohledněno též kritérium zastoupení žáků s diagnostikovanou SPU a s jiným rodným jazykem.

3.2 Volba a formulace úloh

V pilotní studii jsme žákům odpovídajícího věku (4.–6. ročník, $n = 19$) předkládali dvojice úloh (atraktivní a neutrální variantu) a zjišťovali jejich preference. Žáci měli např. zvolit úlohu, kterou by v následující chvíli řešili raději nebo vybrat úlohu do plánované učebnice matematiky či pro své kamarády. Následně byli dotazováni na důvod své volby. Poznatky z pilotní studie jsme využili pro úpravu formulace testových úloh a stanovení očekávání (podrobnější výsledky pilotní studie budou uvedeny v disertační práci autorky; Havlíčková, 2020).

Každá ze tří úloh byla formulována ve dvou různých kontextech, z nichž jeden byl ve výše zmíněném smyslu *atraktivní* a druhý *neutrální*. Snahou bylo získat dvě varianty, které se liší pouze kontextem, nikoliv v jiných parametrech, jako je např. matematická struktura úlohy, velikost použitých čísel, pořadí informací, počet a složitost vět a souvětí, typ otázky aj. Úlohy byly zařazeny do testových sešitů společně s dalšími čtyřmi či pěti úlohami testujícími jiné parametry (pořadí úloh přitom bylo variováno). Každý žák tak obdržel buď jednu nebo druhou variantu úlohy. Kromě atraktivní varianty Úlohy 3 se jedná o autorské úlohy.

Text každé úlohy byl diskutován a upravován řešitelským týmem zmíněného projektu GA ČR. Každá z úloh byla také pilotována s 3–7 žáky příslušného věku formou polostrukturovaných rozhovorů.

V první úloze (Lichožrouti) jsme proti sobě postavili neutrální kontext o sušení prádla a kontext čerpající námět z oblíbené⁴ autorské pohádky Lichožrouti (Šrut, 2008). Vyšli jsme z „faktu“, že lichožrouti nemají rádi vodu, a pokusili se při formulaci textu úlohy napodobit styl autora. Jedná se o složenou slovní úlohu, v níž je zapotřebí provést po řadě operaci dělení ($5 \text{ h } 30 \text{ min} : 2 = 2 \text{ h } 45 \text{ min}$) a operaci odčítání ($2 \text{ h } 45 \text{ min} - 20 \text{ min} = 2 \text{ h } 25 \text{ min}$). Prvnímu nebo druhému kroku může ještě předcházet převod čísla zadaného v hodinách na minuty.

Atraktivní varianta (U1a): *Je známo, že lichožrouti nemají rádi vodu (hrozně dlouho schnou a neradi se ždímají). Proto se jí velkým obloukem vyhýbají. Takový namočený lichožrout schne bez ždímání pět a půl hodiny. Když se před sušením vyždímá, uschne za poloviční dobu. A když má to štěstí a najde místo u topení, zkrátí dobu sušení ještě o 20 minut. Za jak dlouho uschne lichožrout, když se před sušením vyždímá a najde místo u topení?*

Neutrální varianta (U1n): *Je známo, že barevné prádlo na slunci rychleji bledne (barvy ztrácí sytost). Proto se často věší do stínu. Mokré prádlo schne bez ždímání pět a půl hodiny. Když se před sušením vyždímá, uschne za poloviční dobu. A když je pověšeno na sluníčko, zkrátí se doba sušení ještě o 20 minut. Za jak dlouho uschne prádlo, když se před sušením vyždímá a pověsí se na sluníčko?*

V druhé úloze (Hvězdné impérium) jsme čerpali z žánru science fiction. Atraktivní kontext varianty U2a je inspirován vesmírnou bitvou⁵ (dal by se označit za chlapecký), kontext neutrální varianty U2n čerpá z běžné reality oslavy narozenin (kontext by mohl být bližší děvčatům). Struktura úlohy je aditivní, přičemž její řešení vyžaduje několik na sobě závislých kroků: první $9 + 4 = 13$, druhý $9 + 13 = 22$, třetí $9 + 13 + 22 + 11 = 55$. Přestože naší snahou bylo zachovat s výjimkou kontextu další parametry úlohy stejné, k některým změnám jsme se nakonec uchýlili. Rozdíly budeme diskutovat níže.

³Výzkum měl celkem 4 vlny testování v jedné čtveřici škol a 2 vlny testování ve dvojici jiných škol. Žáci v naší studii byli děleni do výkonnostních skupin na základě vstupních testů (ČJ, M) a dvou testů v případě Úlohy 2, na základě vstupních testů (ČJ, M) v případě Úlohy 1 a na základě vstupních testů (ČJ, M) a jednoho testu v případě Úlohy 3.

⁴Kniha získala v roce 2009 ocenění Magnesia Litera za nejlepší knihu pro děti a mládež (<https://www.magnesia-litera.cz/kategorie/kniha-pro-deti-a-mladez/>). V zebříčku Československé bibliografické databáze je v první čtyřicítce v kategorii *Top právě čtené knihy* (<https://www.cbdb.cz/zebricek-top-prave-ctene-knihy-4-detske>). V roce 2016 byla dokonce zfilmována.

⁵Terminologie použitá v textu úlohy je převzata z českého překladu karetní a PC hry Star Realms (autoři hry: Kastle a Dougherty, 2014).

Atraktivní varianta (U2a): Na mateřskou loď Hvězdného impéria zaútočila armáda nepřátelských stíhacích faunů. Hvězdné impérium nasadilo do obrany všechny obranné jednotky. Korvety zasáhly celkem 9 faunů, fregatě se podařilo zneškodnit ještě o 4 fauny více. Bitevní křižník zlikvidoval tolik faunů, kolik zneškodnily korvety a fregata dohromady. Mateřská loď se útoku ubránila, zbylých 11 stíhacích faunů se stáhlo zpět na svou základnu. Kolik stíhacích faunů bylo v rámci této válečné mise vysláno na likvidaci mateřské lodi Hvězdného impéria?

Neutrální varianta (U2n): Trojčata Nela, Bela a Lea chodila každá do jiné třídy, ale oslavu svých narozenin se rozhodla uspořádat společně. Nela pozvala 9 nejlepších kamarádek ze své třídy. Bela ze své třídy pozvala ještě o 4 kamarádky více. Lea pozvala skoro všechny děti ze své třídy a ještě holky z gymnastiky, což bylo celkem tolik lidí, kolik pozvala Nela a Bela dohromady. Pozvánku na oslavu dostalo také všech 11 členů jejich rodiny. Kolik lidí celkem bylo na narozeninovou oslavu pozváno?

Třetí úloha (Robin Prchal) je jednoduchá slovní úloha o pohybu. Varianta s atraktivním kontextem U3a byla inspirována humornou slovní úlohou o chlapci Robinovi, který utíká před výpraskem, varianta s neutrálním kontextem U3n byla vytvořena na půdorysu U3a za použití objektů typických pro úlohy o pohybu (cyklista a traktor). Úlohu lze na úrovni 5. ročníku řešit např. vypočítáním časů příjezdu obou objektů do cílového místa a jejich porovnání, dále pomocí obrázku nebo kombinací obojího; úloha je číselně přívětivá, lze ji vyřešit vhladem, úvahou. Na rozdíl od předchozích úloh nevyžaduje číselnou odpověď, žáci mají odpovědět ano/ne. Abychom eliminovali tipování, požadujeme po žácích zdůvodnění.

Atraktivní varianta (U3a): Ve dvě hodiny přišel Robin Prchal ze školy, položil na stůl oznámení o ředitelské dítce a začal prchat. Prchal rychlostí 10 kilometrů v hodině. O čtvrt hodiny později si oznámení přečetl jeho otec, zrudl, nasedl na tříkolku a začal syna stíhat rychlostí 15 kilometrů v hodině. Stihne se Robin schovat u spolužačky Zatloukalové, která bydlí 5 kilometrů od Prchalových, dříve, než ho dožene otec? Svou odpověď zdůvodni.⁶

Neutrální varianta (U3n): Ve dvě hodiny vyjel traktor naložený senem po silnici z Adamova do Beranova. Jel rychlostí 10 kilometrů v hodině. O čtvrt hodiny později vyrazil z Adamova po stejné silnici cyklista rychlostí 15 kilometrů v hodině. Stihne traktor dojet do Beranova, který je vzdálený 5 kilometrů, dříve, než ho dožene cyklista? Svou odpověď zdůvodni.

Očekávali jsme, že varianty s atraktivním kontextem budou mít obecně vyšší procento řešitelů a také vyšší procento úspěšných řešitelů. Na základě prostudované literatury a pilotní studie jsme předpokládali, že atraktivní kontext bude žáky motivovat k řešení úlohy a vybaví je větší rezistencí vůči nezdaru. Také jsme očekávali, že u atraktivních variant budou žáci méně používat povrchové řešitelské strategie.

U Úlohy 1 jsme navíc předpokládali, že žáci budou úlohu vzhledem k její délce vynechávat častěji než jiné úlohy. Považovali jsme za pravděpodobné, že variantu Úlohy 2 se sci-fi kontextem budou častěji řešit chlapci než děvčata a že budou v řešení úspěšnější. Na základě výsledků výzkumu (Zohar & Gershikov, 2008) lze očekávat, že varianta s kontextem narozeninové oslavy bude mírně lépe řešena dívkami. V Úloze 3 jsme předpokládali obecně nejnižší úspěšnost, neboť se žáci s úlohami o pohybu nemuseli v 5. ročníku ještě setkat. Atraktivní varianta této úlohy má potenciál oslovit univerzální lidské potřeby (viz odd. 2.5), mohla by tedy vést k většímu rozdílu v úspěšnosti mezi variantami než předchozí dvojice úloh.

3.3 Sběr a analýza dat kvantitativní části

Testování probíhalo od prosince 2017 do dubna 2018 v rámci běžné výuky za asistence třídních učitelů a členů řešitelského týmu či poučených spolupracovníků. Žáci byli jednotně instruováni⁷ a povzbuzeni ke snaze o nejlepší výkon, zároveň ale nestresováni hrozbou známky nebo jiného hodnocení. V rámci testování byli požádáni o zápis postupů svých řešení a případné komentáře k úlohám, se kterými si nevědí rady. Nebylo povoleno používat kalkulačky a gumovat. Na vyřešení testu měli žáci 45 minut, většinou ale stihli test odevzdat před uplynutím tohoto limitu (15–30 minut). O průběhu testování v každé třídě byl zadavatelem testu sepsán protokol, v němž se mj. evidovaly všechny otázky žáků během testování

⁶Text původní úlohy: „Robin přišel v 10 hodin ze školy, položil na stůl vysvědčení a počal prchat směrem na jihozápad rychlostí 10 km/h. O 2 hodiny později si vysvědčení přečetl otec, nasedl na trojkolku a začal syna stíhat rychlostí 20 km/h. Za jak dlouho a jak daleko od domu dostane syn výprask (nebo pochvalu)?“ (https://2zskolin.cz/wp-content/uploads/2019/02/plus06_zadani.pdf)

⁷Instrukce k testu byly následující: Děkujeme, že se účastníš našeho testování. Pro tvé učitele i pro nás je důležité vědět, co žákům v matematice jde a co ne. Pomůže to i tvůrcům učebnic. Úlohy řeš bez použití kalkulačky. Zapisuj i postup řešení a nezapomeň na slovní odpověď. Pokud se ti řešení nevejde na tento papír, požádej učitele o další. Úlohy řeš v libovolném pořadí. Pokud uděláš chybu, negumuj, jen škrtni chybné řešení jednou čarou. Nezapomeň otočit papír na druhou stranu, kde jsou další úlohy. Nepoužívej gumovací pero.

i doslovné odpovědi zadavatele.⁸ Zadavatel měl též za úkol hlídat s pomocí třídního učitele dobré pracovní klima (kázeň) a zabraňovat žákům v opisování.

Bodové hodnocení úloh bylo zdrojem kvantitativních výzkumných dat. Pro vyhodnocení úspěšnosti řešení úloh bylo zvoleno čtyřstupňové hodnocení: 0 bodů za neřešenou úlohu nebo za chybný výsledek bez náznaku správného výpočtu, 1 bod za částečně správné řešení či krok vedoucí dobrým směrem, 2 body za správné řešení s drobnou chybou (numerickou nebo způsobenou přehlédnutím), 3 body za správné řešení.⁹ Body byly zapisovány do tabulky společně s dalšími informacemi potřebnými pro kvalitativní analýzu žákovských řešení. Hodnotitelé, proškolení studenti PedF UK a řešitelé projektu, postupovali podle společného manuálu, v případě úloh použitých v této studii bylo hodnocení provedeno nezávisle znovu autorkou tohoto textu a porovnáno s předchozím hodnocením. Bodové hodnocení bylo následně převedeno do dichotomického skórování: hodnocení 0 bodů a 1 bod jako 0 bodů, hodnocení 2 body a 3 body jako 1 bod. Za správná řešení tak byla považována i řešení s numerickou chybou, neboť ta nesouvisí se správností porozumění úloze.

Na základě bodového zisku byla za použití klasické teorie testů vypočítána průměrná úspěšnost $P = \frac{\bar{x}}{\max}$ (kde \bar{x} znamená průměrný počet bodů v úloze a max dosažitelné maximum). Pro hlubší analýzu statistických charakteristik úloh (obtížnost a diskriminace) byl použit dvouparametrický logistický model Item Response Theory (Lord, 1980): $P_{ij} = \frac{1}{1 + e^{-a_i(\theta_j - b_i)}}$, kde P_{ij} představuje pravděpodobnost, se kterou žák j s latentní schopností Θ_j vyřeší správně úlohu i . Parametr a_i charakterizuje diskriminační schopnost úlohy a b_i její obtížnost. Rozsah latentní schopnosti žáka Θ byl stanoven na $-3 < \Theta < 3$, kde hodnoty kolem nuly představují průměrného žáka, hodnoty blížíící se k 3 žáka s vyšší latentní schopností a hodnoty blížíící se k -3 žáka s nižší latentní schopností (vodorovná osa na obrázku 1). Na stejném kontinuu se nachází obtížnost úlohy (parametr b). Čím vyšší je hodnota b , tím obtížnější úloha pro žáky je, což lze také vyčíst z polohy křivky (obr. 1). Čím více je křivka posunutá ve vodorovném směru doprava, tím větší je obtížnost úlohy, kterou představuje. Diskriminaci úlohy (parametr a) lze vyčíst ze sklonu křivky (obr. 1), čím strmější je křivka, tím lepší diskriminační schopnost úloha má. Nižší diskriminace se promítá do chyby v určení obtížnosti úlohy (s.e. (b)). Při prezentaci výsledků uvádíme věcné rozdíly $|a_i - a_j|$ a $|b_i - b_j|$ a dosažené hladiny významnosti testu (v závorce).

3.4 Sběr a analýza dat kvalitativní části

Písenná žákovská řešení byla analyzována z hlediska řešitelských postupů a chyb. Před vyhodnocováním testových sešitů byly pro každou úlohu vytipovány očekávatelné řešitelské postupy a chyby. Postupy byly dále rozloženy do jednotlivých kroků (ukázka viz Příloha 1). Hodnotitelé na základě podrobného manuálu zaznamenávali do tabulky k řešení každého žáka výskyt těchto postupových kroků a chyb, evidovány byly také další jevy provázající řešení (např. přítomnost a typ legendy, použití tabulky, přítomnost odpovědi aj.). Striktně oddělovány byly strategie či chyby s nejasným nebo nejednoznačným původem a pro následnou analýzu nebyly použity. Vyskytla-li se v řešení žáka chyba nebo řešitelská strategie neodpovídající žádné položce v manuálu, byla označena jako *jiná* a po vyhodnocení všech příslušných testů a zjištění její frekvence buď přidána do manuálu a zpětně dohledána a označena ve všech žákovských řešeních nebo ponechána a analyzována zvlášť v rámci kategorie *jiná*. K tomu sloužila další kolonka v tabulce, která evidovala číselný výsledek úlohy, k němuž žák dospěl (pro rychlou orientaci a vzájemné porovnávání řešení se stejnými chybnými výsledky, a tedy potenciálně stejnými chybnými postupy), a stručný záznam jeho řešitelského postupu. Při nejasnostech byly žákovské práce, jejich skeny, konzultovány alespoň dvěma hodnotiteli. Také v tomto případě bylo hodnocení a evidence strategií a chyb provedeno kompletně dvakrát, nejprve proškoleným studentem či členem řešitelského týmu a později autorkou tohoto článku.

Před vlastní kvalitativní analýzou byla provedena frekvenční analýza nalezených chyb a řešitelských postupů, pozornost byla věnovaná jak chybám s vysokým, tak s nízkým nebo dokonce ojedinělým výskytem.¹⁰ Následný rozbor chyb a postupů se zakládal pouze na písemných řešeních žáků, rozhovory se

⁸Způsob vhodné (a napříč třídami konzistentní) reakce na předpokládané dotazy žáků byl rovněž součástí poučení zadavatelů.

⁹U Úlohy 3 dostalo žákovské řešení 3 body, pokud kromě správné odpovědi („ano, stihne“) obsahovalo i záznam výpočtu nebo zdůvodnění. Dva body získalo řešení s logicky správným zaznamenaným postupem či zdůvodněním, ale chybným závěrem („nestihne, dorazí nastejno“) zapříčiněným numerickou chybou nebo menší chybou v úvaze. Jeden bod získalo a) řešení obsahující správnou odpověď, ale nedostatečné, chybné nebo žádné zdůvodnění, b) řešení obsahující chybnou odpověď („nestihne, dorazí nastejno“), ale nějaký postupový krok dobrým směrem. Za chybné odpovědi („nestihne, dorazí nastejno“) s nesprávným nebo žádným zdůvodněním bylo 0 bodů. Abychom zajistili větší objektivitu při posuzování správnosti argumentů u této úlohy, žákovská řešení vyhodnocovali dva na sobě nezávislí hodnotitelé, shoda byla téměř sto procentní. Za dostatečné argumenty jsme považovali například: „Robin/traktor dorazí o 5 minut dříve než otec/cyklista“, „Robin/traktor potřebuje na překonání vzdálenosti 30 minut, otec/cyklista 20 minut, ale vyráží s 15minutovým zpožděním“ apod.

¹⁰Občas tato řešení poukázala na zajímavý jev, nebo přispěla k objasnění řešení jiných žáků.

žáky nebyly v této fázi prováděny.¹¹ Naše interpretace jsou tedy snahou o rekonstrukci pravděpodobného procesu řešení úlohy žákem,¹² a nemusí být proto vždy přesným odrazem jeho skutečného uvažování. Výsledky těchto analýz je tedy třeba vnímat jako orientační.

4 Výsledky

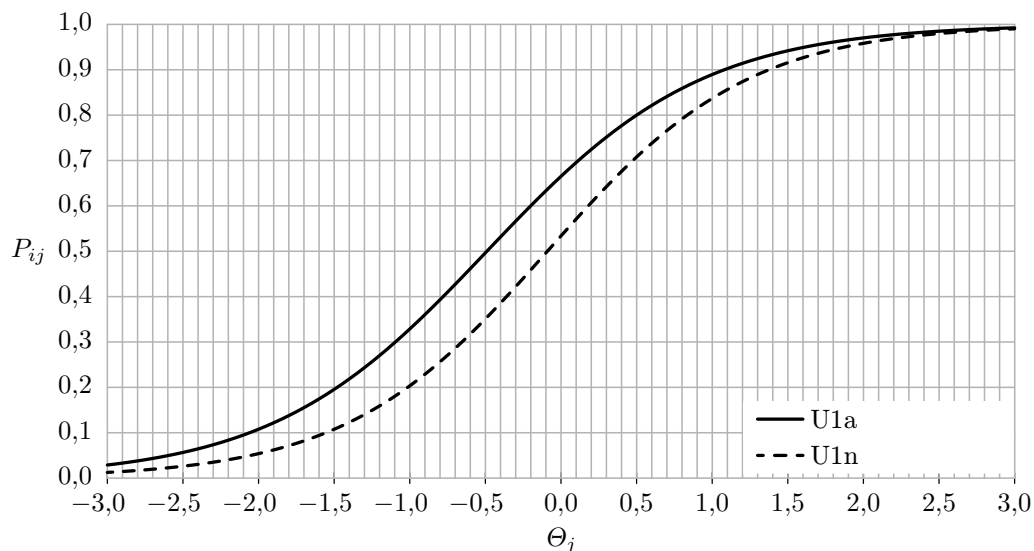
4.1 Úloha 1: Lichožrouti

Tabulka 1 a grafy na obrázku 1 ukazují, že při řešení varianty U1a (s lichožrouty) byli žáci skutečně mírně úspěšnější než u varianty U1n. Lepších výsledků dosahovali žáci všech sledovaných skupin – žáci se střední, nižší i vyšší latentní schopností, rozdíly však ani v jedné skupině nedosáhly statistické významnosti. Úloha byla pro žáky daného věku přiměřeně obtížná (průměrná úspěšnost 55 %), obě varianty dobře diskriminovaly. Z celkového počtu 141 žáků jsme pouze u 10 z nich nenašli pod textem úlohy žádný náznak řešení. Tyto počty u obou variant byly vyrovnané.

Tab. 1: Výsledky statistických testů rozdílů v obtížnosti a diskriminaci variant Úlohy 1 (5. ročník)

varianta	N	úspěšnost	a	s. e. (a)	b	s. e. (b)	rozdíly hodnot diskriminace a^*	rozdíly hodnot obtížnosti b^*
atraktivní	70	59 %	1,40	0,41	-0,49	0,22	0,1 (0,867)	0,4 (0,181)
neutrální	71	52 %	1,50	0,43	-0,09	0,20		

*V závorce jsou hodnoty p .



Obr. 1: IRT grafy pro varianty Úlohy 1

Pestrost chyb byla v této úloze ve srovnání s jinými testovanými úlohami poměrně velká. Zajímavé je, že úloha obecně nespádala k používání povrchových strategií tak často, jako tomu bylo u jiných úloh v rámci výzkumu (Vondrová et al., 2019). Pouze u tří žáků jsme zaznamenali tendenci vytvořit matematický model (výpočet) bez vytvoření situačního modelu. Další dva žáci provedli kroky v opačném pořadí (nejprve odečetli 20 minut a pak teprve dělili), což také ukazuje na chybně vytvořenou představu o situaci. Na obrázku 2 je vidět řešení Matouše (varianta U1n), který byl k přehození pořadí kroků doveden okolnostmi, přestože jeho představa o situaci byla v počátku správná. *Pět a půl hodiny* si přečetl jako *pětatřicet minut*, které se správně pokusil vydělit dvěma (škrtnutý výpočet v levé části obrázku), ale protože nevycházelo celé číslo, rozhodl se prohodit kroky a nejprve odečíst 20 (škrtnutý výpočet uprostřed). Tím se ale problém nevyřešil, tak zřejmě rezignoval na svůj původní řešitelský plán opřený o dobré porozumění úloze, což prozrazují šipky v legendě, z nichž lze vyčíst, že polovinu vztahuje správně k číslu 35, nikoliv k 20, a vydělil čísla, která dělit šla ($20 : 2$), a výsledek odečetl od 35.

¹¹Testování velkého vzorku žáků na několika školách v jednom okamžiku neumožňovalo provádět rozhovory s žáky bezprostředně po testování (vyhodnocování úloh probíhalo obvykle více než měsíc), ani sledovat každého žáka jednotlivě při řešení úloh a doptávat se na potřebné informace.

¹²Analyzovány byly i škrtnuté či gumované části řešení a další projevy naznačující potenciální průběh řešitelského procesu (například podtrhávání či kroužkování v textu úlohy, náčrtky, ilustrace aj.).

$stín \dots \dots \dots - 35 \text{ min}$
 $slunce \dots \dots \dots - 20 \text{ min}$
 $vyždívat \dots \dots \dots - \text{polovina}$

~~$35 : 2 = 17$~~
 ~~15~~
 ~~1~~

~~15~~

$20 : 2 = 10$

35
 $- 10$
 25

Uschne za 25 min

Obr. 2: Řešení Matouše (varianta U1n)

Největším úskalím byl pro žáky první krok, tedy vypočítat polovinu z 5 a půl hodiny. Častým výsledkem tohoto kroku bylo 2 h 30 minut (2 a půl hodiny) nebo 2 h 15 minut (přehled a četnost jednotlivých chyb ukazuje tab. 2). V prvním případě žáci pravděpodobně rozdělili jen 5 hodin a na půlhodinu zapomněli, v druhém případě naopak rozdělili půlhodinu po 15 minutách, ale při rozdělení 5 hodin pracovali jen s celou částí a na desetinnou zapomněli. Jev, který často doprovázel tuto chybu, je vidět na řešení Marka (obr. 3). Údaj 5 a půl hodiny správně zapsal v jazyce desetinných čísel jako 5,50¹³ a při dělení dvěma udělal výše popisovanou chybu. Se získaným výsledkem již dále nepracoval jako s desetinným číslem, ale vrátil se do jazyka hodin, a tak od desetinné části 0,25 odečetl 20 minut. Že žák není v režimu desetinných čísel, prozrazuje také podoba výsledku tohoto odčítání, které není zapsáno 2,05, ale 2,5. To ukazuje na jednu z miskoncepcí, které mohou provázet žáky při ranných pokusech o používání desetinných čísel. Podobné projevy chybného chápání desetinných čísel a problémy s operacemi v šedesátkové soustavě byly v řešeních žáků poměrně časté. Výjimkou nebyly ani chybné převody hodin na minuty, např. 5 h a 30 minut = 530 minut (v tab. 2 chyba *hybridní zacházení s jednotkami času*).

Tab. 2: Porovnání absolutní četnosti výskytu chyb v obou variantách Úlohy 1*

popis chyby	kontext	atraktivní	neutrální
	N	70	71
problém s vytvořením situačního modelu		3	8
obrácení pořadí výpočetních kroků		1	1
chyba v 1. kroku (půlení 5 a půl hodiny)		21	20
hybridní zacházení s jednotkami času		10	9
chybné čtení 5 a půl jako „pětatřicet“		1	2
chybu nelze určit, postup chybí nebo je nejasný		12	11

*Obě varianty jsou zastoupeny téměř stejným počtem žáků, uvádíme tedy absolutní četnost. Někteří žáci měli více chyb najednou, uvádíme výskyt všech chyb.

$5,50 : 2 = 2,25 - 20 = 2,5$

Právě uschne za 2h 5 min.

Obr. 3: Řešení Marka (varianta U1n)

Analýza chyb neukázala, že by jedna z variant Úlohy 1 sváděla k nějaké specifické chybě. Při dodatečné analýze zadání obou variant jsme identifikovali jeden potenciálně důležitý rozdíl, a sice že v neutrální variantě je v úvodní části použito slovo *stín*, které by mohlo být žáky vnímáno jako opozitum ke slunci a budit dojem, že nese nějaký matematický význam. Tím by se úloha mohla komplikovat. U žádného žáka jsme nenašli řešení, které by zmíněný efekt tohoto slova potvrzovalo,¹⁴ ale zároveň jej nemůžeme zcela vyloučit. Závěr tedy vyslovujeme s opatrností: mírně vyšší úspěšnost varianty U1a mohla být způsobena kontextem.

¹³Nula za číslem 5,5 se jeví jako dodatečně připsaná. Domníváme se, že žáka k tomu dovedla právě až potřeba dělit liché číslo dvěma, z nedělitelného čísla 5 tak udělal číslo dělitelné (50).

¹⁴Občas se vyskytlo v legendě, jak je patrné i z obr. 2.

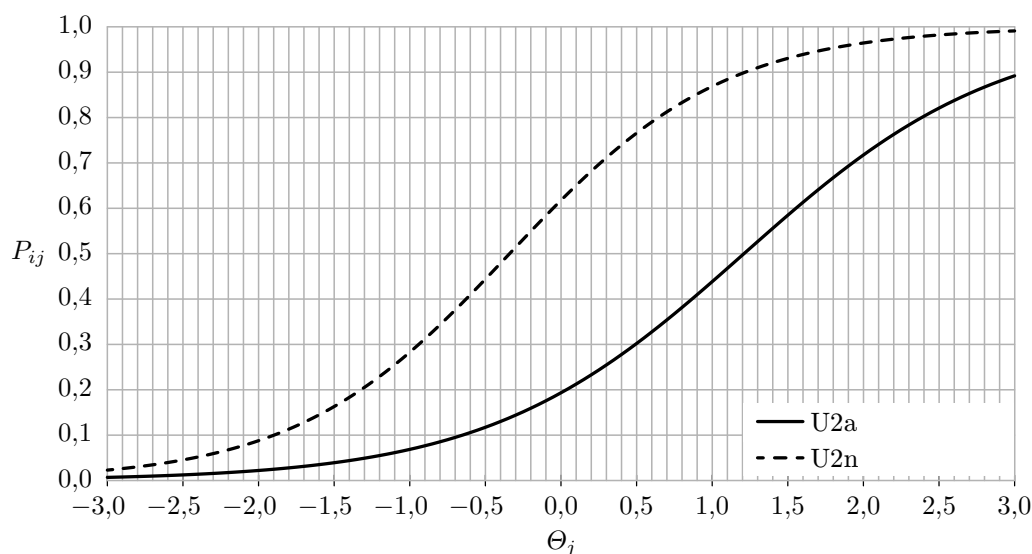
4.2 Úloha 2: Hvězdné impérium¹⁵

Výsledky, které shrnuje tabulka 3, ukazují, že mezi variantami úlohy byl tentokrát výraznější rozdíl. Varianta U2n byla statisticky významně méně obtížná než varianta s atraktivním kontextem U2a. Úspěšnost žáků jednotlivých výkonnostních skupin jsou dobře čitelné z grafů (obr. 4). Varianta s neutrálním kontextem U2n byla snadno řešitelná pro žáky s vyšší a střední latentní schopností, varianta U2a byla často náročná i pro žáky s vyšší latentní schopností.

Tab. 3: Výsledky statistických testů rozdílů v obtížnosti a diskriminaci variant Úlohy 2 (5. ročník) (Vondrová et al., 2019, s. 77)

varianta	N	úspěšnost	a	s. e. (a)	b	s. e. (b)	rozdíly hodnot diskriminace a^*	rozdíly hodnot obtížnosti b^*
atraktivní	161	24 %	1,18	0,31	1,21	0,29		
neutrální	177	58 %	1,41	0,27	-0,34	0,14	0,23 (0,576)	1,55 (0,000)

*V závorce jsou hodnoty p , statisticky významný rozdíl pro $p < 0,05$ je tučně.



Obr. 4: IRT grafy pro obě varianty Úlohy 2 (5. ročník) (Vondrová et al., 2019, s. 78)

Tab. 4 ukazuje, že v souladu s naším očekáváním byla varianta U2a častěji vynechávána dívkami a že mezi úspěšnými řešiteli této varianty bylo vyšší procento chlapců než dívek (rozdíl 5 p. b.). Rozdíly však nebyly velké. Překvapivé je, že lépe dopadli chlapci i při řešení druhé varianty U2n s neutrálním, resp. dívčím kontextem, ve které dosáhli zhruba o 7 p. b. lepšího výsledku než děvčata. Co se týká ochoty žáků začít úlohu řešit, zde byly počty chlapců a dívek vyrovnané a náš předpoklad se nepotvrdil.

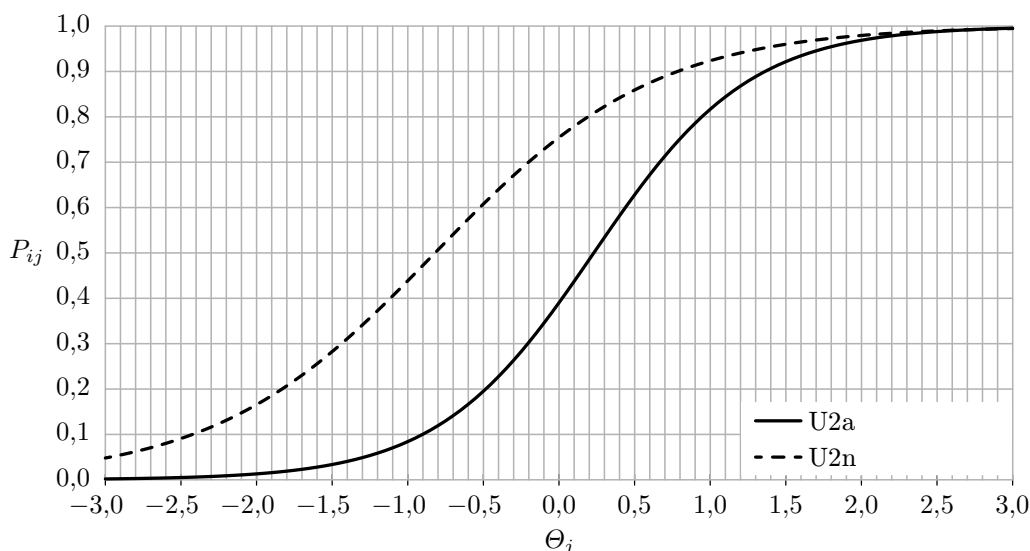
Tab. 4: Relativní četnost bodového zisku chlapců vs. dívek v obou variantách Úlohy 2 (5. ročník)

varianta	ročník	N	neřešeno	0	1	2	3	0 + 1	2 + 3	
atraktivní (U2a)	5	chlapci	62	15 %	24 %	34 %	0 %	27 %	73 %	27 %
		dívky	99	19 %	30 %	28 %	4 %	18 %	78 %	22 %
neutrální (U2n)	5	chlapci	94	5 %	11 %	23 %	2 %	59 %	39 %	61 %
		dívky	83	4 %	16 %	27 %	8 %	46 %	46 %	54 %

U této úlohy máme k dispozici i výsledky žáků 6. ročníku ($n = 291$). Jak je vidět z grafů na obr. 5, jsou velmi podobné. Úloha je celkově úspěšnější než v 5. ročníku, což lze vzhledem k vyššímu věku předpokládat (tab. 5). Podobný tvar křivek naznačuje, že také pravděpodobnost správného vyřešení narostla u všech výkonnostních skupin žáků rovnoměrně. Varianta U2a se jeví jako úloha vhodná k diagnostickým účelům pro tuto věkovou kategorii, neboť je její křivka dostatečně strmá (srov. s křivkou U2a na obr. 4).

Tab. 6 nabízí přehled rozdílů v bodovém zisku chlapců a dívek. Za povšimnutí stojí, že v 5. i 6. ročníku byly rozdíly v úspěšnosti chlapců a dívek menší v úloze se sci-fi kontextem (5. ročník 5 p. b., 6. ročník 8 p. b.) než v úloze s neutrálním kontextem (5. ročník 7 p. b., 6. ročník 13 p. b.).

¹⁵Úloha byla podrobněji rozebrána také v (Vondrová et al., 2019, s. 77–78).



Obr. 5: IRT grafy pro obě varianty Úlohy 2 (6. ročník) (Vondrová et al., 2019, s. 78)

Tab. 5: Výsledky statistických testů rozdílů v obtížnosti a diskriminaci variant Úlohy 2 (6. ročník) (Vondrová et al., 2019, s. 77)

varianta	<i>N</i>	úspěšnost	<i>a</i>	s. e. (<i>a</i>)	<i>b</i>	s. e. (<i>b</i>)	rozdíly hodnot diskriminace <i>a</i> *	rozdíly hodnot obtížnosti <i>b</i> *
atraktivní	150	41 %	1,94	0,41	0,23	0,12	0,57 (0,274)	1,05 (0,000)
neutrální	141	72 %	1,37	0,32	-0,82	0,20		

*V závorce jsou hodnoty *p*, statisticky významný rozdíl pro *p* < 0,05 je tučně.

Tab. 6: Relativní četnost bodového zisku chlapců vs. děvčat v obou variantách Úlohy 2 (6. ročník)

varianta	roč.		<i>N</i>	neřešeno	0	1	2	3	0 + 1	2 + 3
atraktivní (U2a)	6	chlapci	68	10 %	24 %	21 %	6 %	40 %	54 %	46 %
		dívky	82	22 %	18 %	22 %	4 %	34 %	62 %	38 %
neutrální (U2n)	6	chlapci	78	1 %	3 %	21 %	12 %	64 %	24 %	76 %
		dívky	63	5 %	8 %	24 %	8 %	56 %	37 %	63 %

Při analýze písemných řešení žáků jsme zjistili, že nejčastější chyba napříč variantami i ročníky plynula z kumulativní povahy matematického modelu úlohy (viz tab. 7). Žáci si často neuvědomovali, že výsledky průběžných kroků je třeba započítat do celkového počtu – nezapočítali tak fauny zasažené korvetami a fregatou, resp. kamarádky Nely a Bely, ale sečetli pouze fauny zasažené křižníkem a fauny stažené z útoku, resp. kamarádky Lei a členy rodiny. Dvě nejčastější chyby tohoto typu jsou vidět v řešení Marie a Jana (obr. 6 a 7). Relativně častým vynechaným číslem ve výpočtu bylo také 11 (fauni, kteří se z boje stáhli, resp. členové rodiny trojčat), přičemž za povšimnutí stojí fakt, že zatímco tuto chybu dělali žáci 5. ročníku častěji u neutrální varianty, žáci 6. ročníku tak činili výrazně častěji u atraktivní varianty. Nemáme pro to žádné vysvětlení.

Tab. 7: Porovnání relativní četnosti výskytu chyb v obou variantách Úlohy 2 (5. a 6. ročník) (%)*

popis chyby	varianta	atraktivní	neutrální	atraktivní	neutrální	celkem
	roč.	5	5	6	6	5, 6
	<i>N</i>	161	177	150	141	629
chyba typu „Marie“		17 %	17 %	11 %	9 %	14 %
chyba typu „Jan“		18 %	14 %	8 %	7 %	12 %
vynechání 11		1 %	6 %	8 %	1 %	4 %
povrchová strategie		13 %	3 %	9 %	2 %	7 %
záměna „o 4 více“ za „4x více“		3 %	3 %	1 %	0 %	2 %
odečtení 11		1 %	1 %	1 %	0 %	1 %
připočítání Nely, Bely a Lei		0 %	1 %	0 %	1 %	0 %
chyba numerická, chyba v algoritmu		4 %	9 %	5 %	9 %	7 %
jiná chyba		6 %	5 %	11 %	4 %	7 %

*Někteří žáci měli více chyb najednou, uvádíme výskyt všech chyb. Tučně jsou vyznačeny rozdíly 5 p. b. a více.

$$\begin{array}{l}
 K \dots \dots 9 \\
 F \dots \dots 9+4=13 \\
 B.K. \dots \dots 9+9+4=22
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{l}
 11+22=\underline{33} \\
 \text{Zůstalo celkem } 33 \text{ faun.}
 \end{array}$$

Obr. 6: Řešení Marie (varianta U2a)

$$\begin{array}{l}
 9+4=13, \quad 13+9+4=26, \quad 26+11=\underline{37} \\
 \text{na oslavě bylo } \underline{37} \text{ lidí!}
 \end{array}$$

Obr. 7: Řešení Jana (varianta U2n)

Častým chybným postupem byl i součet jen čísel explicitně uvedených v zadání (9, 4 a 11). Tato chyba je typickým projevem použití povrchové řešitelské strategie. Ve variantě s atraktivním kontextem U2a k ní docházelo čtyřikrát častěji než ve variantě U2n.

Nyní se podíváme na chyby specifické pro jeden či druhý kontext. Takovou chybou je například odečtení 11 místo přičtení ve variantě U2a. Formulace „zbylých 11 faunů *se stáhlo zpět* na svou základnu“ mohla v představě žáků evokovat operaci odčítání, zatímco odpovídající část textu ve druhé variantě „pozvánku na oslavu *dostalo také* všech 11 členů rodiny“ je impulzem k přičítání. Když se však podíváme do tab. 7 na četnost této chyby, zjistíme, že i v tak velkém vzorku žáků k ní došlo pouze v jednotkách případů. Podobně nízkou frekvenci výskytu měla chyba *přičtení Nely, Bely a Lei*, kterou jsme očekávali naopak pouze u neutrální varianty. Otázkou, kterou lze očekávat, je „kolik je na oslavě lidí“, což by vedlo k přičtení trojčet.

Z analýzy chyb vyplývá, že žáci dělali nejfrekventovanější chyby v obou variantách téměř stejně. Rozdíl v úspěšnosti nebyl způsoben ani žádnou specifickou chybou, ke které by kontext jedné nebo druhé varianty vedl. Domníváme se, že nižší úspěšnost u varianty U2a by mohla být důsledkem kognitivního přetížení způsobeného drobnými odlišnostmi v textu a kontextu, které za společného působení tvořily větší překážku při snaze žáků vytvořit si situační model úlohy. Žáci tak častěji sahalí k povrchovým strategiím, častěji chybovali jako Marie či Jan, neboť jejich pozornost odebralo vytváření představy o situaci popisované v úloze. Dodatečná analýza¹⁶ textu obou variant úlohy poukázala na řadu (nezamýšlených) rozdílů. Například slova, která vyjadřují z hlediska matematiky stejnou akci, jsou v atraktivním kontextu vyjádřena třemi různými synonymy (zasáhnout, zneškodnit, zlikvidovat), zatímco v neutrálním kontextu jedním slovem (pozvat), což tvorbu situačního modelu zjednodušuje. Všechny rozdíly mezi zadáními, které jsme identifikovali, shrnuje tab. 8. Vyšší výskyt numerických chyb v úspěšnější variantě U2n, který bychom očekávali spíše u kognitivně náročnější varianty U2a, je dán tím, že chybný matematický model obtížnější varianty nedával tolik příležitostí k numerické chybě (výpočetní řetězec byl kratší).

4.3 Úloha 3: Robin Prchal

V souladu s naším očekáváním měla úloha celkově nízkou úspěšnost (okolo 20 %), přičemž vyšší úspěšnost měla varianta s atraktivním kontextem U3a (viz tab. 9). Rozdíly však nebyly statisticky významné. Varianta s neutrálním kontextem U3n diskriminovala výrazně lépe, jak je vidět na strmosti křivky (obr. 8). Žáci s nižší a střední latentní schopností v ní získávali obvykle hodnocení 0 nebo 1 bod, zatímco žáci s vyšší latentní schopností 2 nebo 3 body (tab. 10). Tvar druhé křivky naopak ukazuje, že varianta s atraktivním kontextem měla výrazně větší podíl žáků se střední a nízkou latentní schopností, kteří se o řešení pokusili a částečně v něm uspěli, tj. zaznamenali alespoň nějaký postupový krok dobrým směrem. Rozdíly v počtu úspěšných řešitelů (2 a 3 body) i rozdíly v počtu žáků, kteří úlohu zanechali bez náznaku řešení, jsou však nízké, takže z nich nelze vyvozovat závěry.¹⁷

¹⁶Provedena byla po vyhodnocení testování ve světle identifikovaných žakovských chyb a řešitelských postupů.

¹⁷Statistika je při nízkém počtu testovaných žáků citlivá na výkon jednotlivce.

Tab. 8: Porovnání textu a kontextu atraktivní a neutrální varianty Úlohy 2

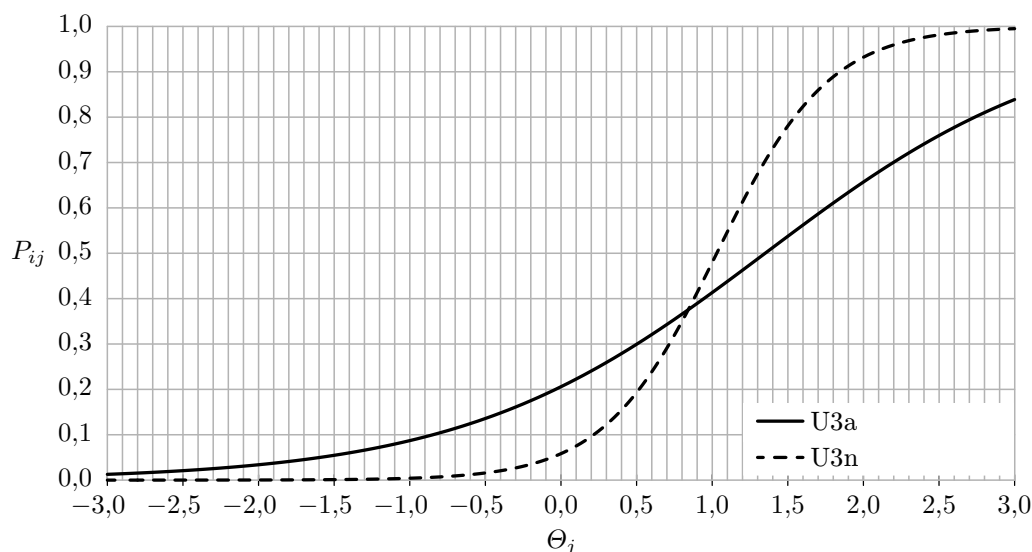
<i>vrstva*</i>	<i>rozdíl</i>	Hvězdné impérium (U2a)	Oslava narozenin (U2n)
<i>objektů</i>	<i>počítané objekty</i>	počítané objekty jsou dvojího druhu: (1) zneškodnění fauni, (2) fauni, kteří se stáhli na základnu	počítanými objekty jsou všichni, kteří byli pozváni
<i>příběhu či situace</i>	<i>povaha situace</i>	nepřátelský akt, konflikt	přátelský akt, oslava
<i>matematického modelu</i>	<i>charakter aditivní situace</i>	likvidování – ubírání lodí nepříteli; použitá slovesa mohou evokovat odčítání ¹⁸	<i>přibývání</i> pozvaných lidí na oslavu; použité sloveso evokuje sčítání
<i>jazyková</i>	<i>slovní zásoba</i>	obsahuje cizí slova (fregata, stíhací faun, křižník, impérium) a specifická slovní spojení (obránná jednotka, stáhnout se zpět na základnu)	neobsahuje žádná cizí slova
	<i>slova označující stejnou akci</i>	vyjádřena synonymy: zasáhnout, zneškodnit, zlikvidovat	vyjádřena stejným slovesem: pozvat (Nela <i>pozvala</i> , Bela <i>pozvala</i> , Lea <i>pozvala</i>)
	<i>výčet upřesňující hierarchii objektů</i>	výčet chybí; řešitel si musí domyslet, že obranné jednotky jsou korvety, fregata, bitevní křižník	výčet je přítomen v první větě; řešitel ví, že trojčata jsou Nela, Bela, Lea

*Rozdíly jsou zařazeny do vrstev dle (Hejný, 2003).

Tab. 9: Výsledky statistických testů rozdílů v obtížnosti a diskriminaci variant Úlohy 3 (5. ročník)

varianta	<i>N</i>	úspěšnost	<i>a</i>	s. e. (<i>a</i>)	<i>b</i>	s. e. (<i>b</i>)	rozdíly hodnot diskriminace <i>a</i> *	rozdíly hodnot obtížnosti <i>b</i> *
atraktivní	70	24 %	1,00	0,37	1,35	0,55	1,7 (0,427)	0,32 (0,588)
neutrální	74	16 %	2,70	2,10	1,03	0,21		

*V závorce jsou hodnoty *p*.

**Obr. 8:** IRT grafy pro obě varianty Úlohy 3**Tab. 10:** Rozložení bodového zisku v obou variantách Úlohy 3 (5. ročník)

varianta	roč.	<i>N</i>	0 (nic)	0	1	2	3	úspěšnost
atraktivní	5	70	14 %	20 %	41 %	9 %	16 %	24 %
neutrální	5	74	20 %	41 %	23 %	4 %	12 %	16 %

*Tučně jsou vyznačeny rozdíly 10 p. b. a více.

¹⁸Tzv. signálem můžeme označit část zadání slovní úlohy, která vyvolává představu určité početní operace. Je-li tato operace v protikladu k operaci, kterou je třeba pro řešení úlohy použít, označujeme takový výraz antisignál. V naší literatuře jsou úlohy s touto charakteristikou popisovány jako úlohy s *antisignálem* nebo *proti toku času* (např. Hejný, 2014; Vondrová et al., 2019), v zahraniční literatuře jako *inconsistent language problems* (např. Lewis & Mayer, 1987).

Tab. 11 ukazuje rozdíly ve frekvenci třech možných odpovědí (stihne, nestihne, nastejno), ty jsou překvapivě nezanedbatelné. Dva nejčastější chybné argumenty žáků vycházely z přesvědčení, že záleží pouze na rychlosti (otec/cyklista jel rychleji, proto Robina/traktor dohnal), nebo naopak pouze na čase výjezdu (otec/cyklista nemohl Robina/traktor dohnat, protože vyjel na cestu později). Na řešení Lukáše (obr. 9) je vidět další z frekventovaných jevů – operace s čísly v různých jednotkách, v tomto případě odčítání dráhy od rychlosti.

Tab. 11: Frekvence odpovědí v obou variantách Úlohy 3 (5. ročník)

varianta	celkem odpovědí	stihne	nestihne	nastejno
atraktivní	55	60 %	33 %	7 %
neutrální	55	35 %	45 %	20 %

Stihnou se obadva stejně protože když běží 10 km za h. a otec jede 15 km za h a spolužáčka je 5 km od otce odečteme těch 5 km a obadva mají 10 takže se sejdou u ní.

Obr. 9: Řešení Lukáše (varianta U3a)¹⁹

Opět jsme texty obou variant podrobili dodatečné analýze a s oporou o frekvenci nalezených chyb v žákovských řešeních hledali odlišnosti, které by vysvětlily rozdíl v úspěšnosti. Ve variantě s neutrálním kontextem je jednoznačněji vyjádřeno, odkud, kam a kudy traktor a cyklista jedou (po silnici z Adamova do Beranova), v opačné variantě to není vyjádřeno tak explicitně. Kromě délky textu (úspěšnější varianta U3a je delší, má 67 slov, varianta U3n má 53 slov), resp. přítomnosti nadbytečných informací jsme nenašli žádný další rozdíl ve vrstvě objektů, jejich vztahů ani v matematickém modelu. Když se podíváme na nadbytečná slova v textu atraktivní varianty, je zjevné, že jsou to právě ta slova, která tvoří příběhovou – situační vrstvu úlohy:

Atraktivní varianta (U3a): *Ve dvě hodiny přišel Robin ~~Prchal ze školy, položil na stůl oznámení o ředitelské dítce~~ a začal prchat. Prchal rychlostí 10 kilometrů v hodině. O čtvrt hodiny později si oznámení přečetl jeho otec, ~~zrudl, nasedl na tříkolku~~ a začal syna stíhat rychlostí 15 kilometrů v hodině. Stihne se Robin schovat u ~~spolužáčky~~ Zatloukalové, která bydlí 5 kilometrů od Prchalových, dříve, než ho dožene otec? Svou odpověď zdůvodni.*

Při hodnocení řešení atraktivní varianty jsme si všimli také větší interakce žáků s kontextem úlohy. Do svých odpovědí volili expresivní nebo hovorové výrazy („zdrhne“, „tařka“, „stihne to jen taktak“ apod.), zvažovali hypotetické scénáře („kdyby si to táta přečetl o půl hodiny později, tak by to stihl“) a kreslili ilustrační obrázky zachycující emoce. Nabízí se tedy jedno z možných vysvětlení pro tu téměř dvojnásobně vyšší frekvenci odpovědi „ano, stihne“ (tab. 11) ve variantě s Robinem – žáci Robinovi častěji přáli, aby se schovat stihl, a tak řešení svému přání podřizovali. Pro potvrzení této souvislosti by však bylo zapotřebí provést další rozhovory s žáky.

Z důvodu nízkého počtu žáků vyslovujeme celkové závěry s opatrností: naše předpoklady se potvrdily, byť rozdíly nebyly statisticky významné. Zjevné však je, že varianta s atraktivním kontextem probudila větší úsilí u žáků s nižší a střední latentní schopností.

5 Diskuse

Cílem naší studie bylo zjistit, zda kontext, jakožto nematematická složka slovní úlohy, ovlivňuje úspěšnost žáků při jejím řešení a jejich ochotu úlohu vůbec řešit. Výzkumy zabývající se kontextem slovních úloh soustředily pozornost na různé jeho aspekty, zjišťovaly např. efekt personalizace, familiárnosti, reálnosti, stylizovali úlohy do dívčí vs. chlapecké, dětské vs. „dospělácké“ podoby atd. Naše studie nabídla jinou

¹⁹Doslovný přepis textu: Stihnou se obadva stejně protože když běží 10 km za h a otec 15 km za h a spolužáčka je 5 km od otce odečteme těch 5 km a obadva mají 10 takže se sejdou u ní.

perspektivu – aspekt atraktivity. Vycházíme z předpokladu, že zvýšením atraktivity kontextu lze dosáhnout většího zájmu o slovní úlohu ze strany žáků a skrze něj pak také vyšší úspěšnosti. Vymezili jsme pojem atraktivní slovní úloha a vytvořili dvojice úloh se stejnou matematickou strukturou, z nichž jedna má kontext neutrální, druhá atraktivní.

Výsledky Úlohy 1 (Lichožrouti) a Úlohy 3 (Robin Prchal) potvrdily náš základní předpoklad, byť jen ve věcné rovině (rozdíly nebyly statisticky významné). Varianta Úlohy 1 s atraktivním kontextem měla vyšší procento úspěšných řešitelů, přitom stejně dobrou diskriminační schopnost jako odpovídající varianta s neutrálním kontextem. Ani analýza chyb neodhalila žádné nezamýšlené rozdíly mezi oběma variantami, tedy mírně vyšší úspěšnost lze přičíst kontextu. V Úloze 3 se ukázalo, že atraktivní kontext může výrazně zvýšit úspěšnost žáků s nižší a střední latentní schopností. Přestože celkový rozdíl kvůli odlišné diskriminaci variant a obecně nízkému počtu správných řešení není statisticky významný, lze dovodit, že i v tomto případě vyšší úspěšnost zapříčinil kontext.

Úloha 2 ukázala opačnou tendenci. Varianta s kontextem, který jsme považovali za atraktivní, byla pro žáky obtížnější než varianta s kontextem neutrálním, přičemž rozdíl v úspěšnosti byl statisticky významný. Analýza chyb potvrdila, že žáci řešící atraktivní variantu častěji sahali k povrchovým strategiím a v jejich postupech znatelně narostla frekvence chyb. Dodatečná analýza této úlohy nás upozornila na dvě důležité věci. Jednak na to, že se změnou kontextu může přijít celá řada drobných nezamýšlených změn v dalších parametrech úlohy, které mohou v součinnosti znesnadnit žákům vytvořit si správnou představu o úloze (situační model). K druhému poznání jsme dospěli při snaze porovnat naše výsledky se závěry jiných výzkumů – určité aspekty kontextu lze nahlížet z různých perspektiv, stejné aspekty lze označovat různými výrazy.

Jako první se nabízí srovnání s výzkumem Wiest(ové) (1998), neboť ta se zabývala efektem příbuzných fantasy kontextů. Připodobněním naší studie se sci-fi kontextem bychom mohli nabýt dojmu, že naše výsledky jsou v rozporu, neboť její výzkum ukázal, že úlohy s fantasy kontextem měly stejnou nebo vyšší úspěšnost v porovnání s kontexty neutrálními. Když se ale na náš *atraktivní* sci-fi kontext podíváme jako na kontext *nefamiliární*, tedy takový, se kterým děti nemají zkušenosti, naše výsledky budou naopak v souladu se čtyřmi výzkumy zaměřenými na familiárnost kontextu, které popisuje Hembree ve své metaanalýze (1992). Stejně tak bychom mohli jeden z našich kontextů označit za dívčí (oslavy jako doména žen, dívčí postavy) a druhý chlapecký (válečná tematika) a porovnávat výsledky se Zohar(ovou) a Gershikov(ovou) (2008). Naše zjištění by byla v těsném souladu – ve sci-fi chlapeckém kontextu byli úspěšnější chlapci, v dívčím kontextu byli také úspěšnější chlapci, i když s menším náskokem. Celá problematika tak dostává jinou podobu. Na nekonzistenci výzkumů v přístupech k problematice kontextů upozornil již dříve např. Palm (2008) a Ulovec (2018), kteří se zabývají zejména aspektem reality ve slovních úlohách. Sám Palm přitom ve svém výzkumu (2008) varioval aspekt autenticity kontextu (*less authentic* vs. *more authentic problems*), ale spolu s ním změnil úlohu ve třech dalších parametrech (personalizace, jazyková explicitnost a délka textu).²⁰ To nás přivádí k obecné problematice parametrizace a klasifikace kontextů slovních úloh a nutnosti posuzovat je z různých perspektiv. Domníváme se také, že je to současně příčinou nejasného trendu a rozcházejících se výsledků dosavadních výzkumů v této oblasti.

Otázka typologie a pojmenování kontextů začne být důležitá zejména v okamžiku, kdy uvažujeme o přesahu těchto výzkumů do praxe. Jaké závěry si mají z našich studií odnést učitelé, tvůrci učebnic nebo diagnostických testů? Doporučíme jim, aby používali fantasy kontexty? Nebo aby se vyhnuli kontextům nefamiliárním a drželi se reality? Vpustíme-li do úvah ještě individualitu každého žáka, je možné vůbec vyslovit nějaká obecně platná doporučení? Kritérium atraktivity je do značné míry subjektivní. Potvrdily to například i rozhovory se žáky (Wiest, 1998). Zatímco někteří uváděli, že na kontextu úlohy nezáleží, jiní poukazovali dokonce na jeho negativní efekt – atraktivní kontext odvedl jejich pozornost od řešení. Někteří žáci naopak mluvili o nudě, kterou v nich určité kontexty vyvolávají či o nepřiměřenosti úlohy vzhledem k jejich věku. Žák 6. ročníku například v rozhovoru popsal, že jinak přistupuje k úlohám, jehož kontext ho nezaujal (text úlohy nečte celý, ale pouze vybere nezbytné údaje), a jinak k úlohám se zajímavým kontextem. Např. explicitně zmínil, že úlohu inspirovanou sci-fi si s chutí přečte celou. Také v naší pilotní studii se objevovaly argumenty ve prospěch obou variant kontextů (Havlíčková, 2020).

I přes výše řečené se domníváme, že zabývat se různými aspekty kontextu slovní úlohy a pátrat po kontextech pro žáky atraktivních, ať již svou humorností, reálností nebo fantazijností, má smysl. Náš výzkum ukázal, že tyto kontexty mohou přinést určité zvýšení úspěšnosti, jsou-li vhodně zvoleny a bez příměsi dalších parametrů, které komplikují žákovské porozumění. Kontext slovní úlohy je jedním z parametrů, skrze které lze nastavit obtížnost slovní úlohy, a přizpůsobit ji tak individuálním potřebám žáka.

²⁰Příkladem je dvojice úloh: „360 students shall go by bus on a school trip. Each bus can hold 48 students. How many buses are required?“ vs. „All students in the school will go on a school trip together on the 15th of May. You and the otherorganizing students have decided that everyone will go by bus, and that you will order the buses. You have seen in the student rosters that there are 360 students in the school. Your teacher said that you can order the buses from Swebus, and that each bus can hold 48 students.“

V další fázi výzkumu bychom se chtěli zaměřit na negativní efekt atraktivitu kontextu, kterého jsme byli svědkem při pilotních rozhovorech s žáky (atraktivita odvádí pozornost a zhoršuje tak jejich výkon), a dále na ověření vlivu zaujetí úkolem (Kmínková & Pavelková, 2011) na tendenci řešit slovní úlohu povrchovými strategiemi. K tomuto účelu nebylo možné tři úlohy z předložené studie použít. Úloha 1 nevedla k povrchové strategii ani v jedné z variant, v Úloze 2 nelze rozdíly připisovat atraktivitě kontextu, neboť se varianty úlohy lišily ve více parametrech, a Úloha 3 byla pro žáky v obou variantách příliš obtížná. Pozornost by si zasloužilo rovněž prozkoumání různých věkových, genderových, socioekonomických, regionálních a jiných skupin žáků z hlediska jejich preferencí určitých kontextů.

6 Závěr a omezení výzkumu

Naše studie nabídla novou perspektivu nahlížení na kontext slovní úlohy. Přestože se může zdát, že výsledky zařadily naši studii mezi výzkumy, jejichž závěry jsou vnitřně rozporné a vyvolávají více otázek, než přináší odpovědí, domníváme se, že vynesly na světlo tři důležité věci. První je skutečnost, že některé kontexty opravdu mohou zvýšit zájem žáků o jejich řešení. Otázkou zůstává, jak takové kontexty hledat. Druhá spočívá v uvědomění, že některé aspekty kontextu lze nahlížet z různých perspektiv, a proto je v podobných výzkumech zapotřebí pečlivěji zvažovat zkoumané varianty úloh. Jako velmi žádoucí se proto jeví revize dosavadních výzkumů zabývajících se vlivem kontextu slovní úlohy na úspěšnost žáka, která by mohla najít určitou skrytou konzistenci. Třetí je potvrzení zřejmého faktu, že atraktivita úlohy je parametr do značné míry subjektivní, z čehož plynou další již méně zřejmé důsledky pro učitele či tvůrce učebnic. Např. že obsahy učebnic mohou rychle stárnout a skrze nabízené neaktualizované kontexty vyvolávat negativní motivační efekt (způsobovat nezájem žáků o slovní úlohu nebo dokonce odpor). Je proto třeba vnímat učebnice jako živý materiál, který lze upravovat a přizpůsobovat potřebám žáků.

Jednou z předností a zároveň jedním z limitů naší studie je intenzivní a velkoplošné testování, v rámci něhož vznikala (Vondrová et al., 2019). Potřeba získat dostatečné množství dat pro kvantitativní šetření znamenala vzdát se možnosti individuálního pozorování testovaných žáků při řešení. Rozhovory se žáky by poskytly přilehavější představu o řešitelském procesu a původu chyb.

Za silnou stránku našeho výzkumu považujeme využití Item Response Theory, která na rozdíl od obvykle používané klasické teorie testů v podobných výzkumech umožňuje propojit obtížnost a diskriminaci testované úlohy s latentní schopností každého žáka a rozdělit testované žáky do výkonově srovnatelných skupin (nejen podle známek na vysvědčení či výsledku jednorázového testu). Kromě větší reliability výsledků nám tato teorie umožnila sledovat, jak na různé druhy kontextů reagují žáci s různými schopnostmi v matematice a v českém jazyce.

Výsledky našeho výzkumu a jejich diskuse mohou přispět odborné veřejnosti při zkoumání parametrů slovních úloh. Na příkladu Úlohy 2 a řešerši příslušných výzkumů se ukázalo, že se změnou jednoho parametru úlohy může snadno a nepozorovaně dojít ke změně dalších, které znečitelný efekt sledovaného parametru. Toto upozornění může být důležité také pro tvůrce diagnostických a srovnávacích testů, kteří mohou uvědoměleji zacházet s parametry úloh.

Poděkování

Tento článek vznikl za podpory Grantové agentury České republiky v rámci grantového projektu *Slovní úlohy jako klíč k aplikaci a porozumění matematickým pojmům* (GA16-06134S).

Literatura

- Beswick, K. (2011). Putting context in context: An examination of the evidence for the benefits of 'contextualised' tasks. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 9(2), 367–390. <https://doi.org/10.1007/s10763-010-9270-z>
- Boaler, J. (1993). The role of contexts in the mathematics classroom: Do they make mathematics more "real"? *For the Learning of Mathematics*, 13(2), 12–17. <https://www.jstor.com/stable/40248079>
- Borasi, R. (1986). On the nature of problems. *Educational Studies in Mathematics*, 17(2), 125–141. <https://doi.org/10.1007/BF00311517>
- Bottge, B. A. (1999). Effects of contextualized math instruction on problem solving of average and below-average achieving students. *The Journal of Special Education*, 33(2), 81–92. <https://doi.org/10.1177/002246699903300202>
- Cooper, B., & Harries, T. (2002). Children's responses to contrasting 'realistic' mathematics problems: Just how realistic are children ready to be? *Educational Studies in Mathematics*, 49(1), 1–23. <https://doi.org/10.1023/A:1016013332659>

- Daroczy, G., Wolska, M., Meurers, W.D., & Nuerk, H.C. (2015). Word problems: a review of linguistic and numerical factors contributing to their difficulty. *Frontiers in Psychology*, 6(348), 22–34. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00348>
- De Bock, D., Verschaffel, L., Janssens, D., Van Dooren, W., & Claes, K. (2003). Do realistic contexts and graphic representations always have a beneficial impact on students' performance? Negative evidence from a study on modelling non-linear geometry problems. *Learning and Instruction*, 13(4), 441–463. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(02\)00040-3](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(02)00040-3)
- Gersten, R., Chard, D.J., Jayanthi, M., Baker, S.K., Morphy, P., & Flojo, J. (2008). *Mathematics instruction for students with learning disabilities or difficulty learning mathematics: A synthesis of the intervention research*. Center on Instruction. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED521890.pdf>
- Havlíčková, R. (2020). *Vliv atraktivitu kontextu slovní úlohy na úspěšnost a motivaci žáků*. [Disertační práce, Pedagogická fakulta Univerzity Karlovy]. (v přípravě)
- Hejný, M. (2003). Anatomia slovní úlohy o věku. *Disputationes Scientifical Universitatis Catholicae in Ružomberok*, 3(3), 21–32. <http://math.ku.sk/data/konferenciasub/pdf2003/Hejny.pdf>
- Hejný, M. (2014). *Vyučování matematice orientované na budování schémat: aritmetika 1. stupně*. Univerzita Karlova v Praze, Pedagogická fakulta.
- Hembree, R. (1992). Experiments and relational studies in problem solving: A meta-analysis. *Journal for Research in Mathematics Education*, 23(3), 242–273. <https://doi.org/10.2307/749120>
- Kmínková, E., & Pavelková, I. (2011). Obtížnost a zaujetí úkolem v matematice. In T. Janík, P. Knecht, & S. Šebestová (Eds.), *Směšený design v pedagogickém výzkumu: Sborník příspěvků z 19. výroční konference České asociace pedagogického výzkumu* (s. 434–438). Masarykova univerzita. <http://www.ped.muni.cz/capv2011/sbornikprispevku/kminkovapavelkova.pdf>
- Lewis, A.B., & Mayer, R.E. (1987). Students' miscomprehension of relational statements in arithmetic word problems. *Journal of Educational Psychology*, 79(4), 363–371. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.79.4.363>
- López, C.L., & Sullivan, H.J. (1992). Effect of personalization of instructional context on the achievement and attitudes of hispanic students. *Educational Technology Research and Development*, 40(4), 5–14. <https://doi.org/10.1007/BF02296895>
- Lord, F.M. (1980). *Applications of item response theory to practical testing problems*. Lawrence Erlbaum Associates.
- Man, F., & Mareš, J. (2005). Výkonová motivace a prožitek typu flow. *Pedagogika*, 55(2), 151–171. <https://pages.pedf.cuni.cz/pedagogika/?p=1668&lang=cs>
- Meyer, M.R., Dekker, T., & Querelle, N. (2001). Context in mathematics curricula. *Mathematics Teaching in the Middle School*, 6(9), 522–527.
- Murphy, L.O., & Ross, S.M. (1990). Protagonist gender as a design variable in adapting mathematics story problems to learner interests. *Educational Technology Research and Development*, 38(3), 27–37. <https://doi.org/10.1007/bf02298179>
- Nesher, P., Hershkovitz, S., & Novotná, J. (2003). Situation model, text base and what else? Factors affecting problem solving. *Educational Studies in Mathematics*, 52(2), 151–176. <https://doi.org/10.1023/A:1024028430965>
- Nesher, P., & Teubal, E. (1975). Verbal cues as an interfering factor in verbal problem solving. *Educational Studies in Mathematics*, 6(1), 41–51. <https://doi.org/10.1007/BF00590023>
- Novotná, J. (2000). *Analýza řešení slovních úloh*. Univerzita Karlova v Praze, Pedagogická fakulta.
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2010). *Learning mathematics for life: A perspective from PISA*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264075009-en>
- Palm, T. (2008). Impact of authenticity on sense making in word problem solving. *Educational Studies in Mathematics*, 67(1), 37–58. <https://doi.org/10.1007/s10649-007-9083-3>
- Rendl, M., Vondrová, N., Hříbková, L., Jirotková, D., Kloboučková, J., Kvasz, L., Páchová, A., Pavelková, I., Smetáčková, I., Tauchmanová, E., & Žalská, J. (2013). *Kritická místa matematiky na základní škole očima učitelů*. Pedagogická fakulta, Univerzita Karlova.
- Reusser, K. (1990). *Understanding word arithmetic problems. Linguistic and situational factors* [Paper presentation]. Annual Meeting of the American Educational Research Association, Boston, MA. <https://eric.ed.gov/?id=ED326391>
- Rheinberg, F., Man, F., & Mareš, J. (2001). Ovlivňování učební motivace. *Pedagogika*, 51(2), 155–184. <https://pages.pedf.cuni.cz/pedagogika/?p=2165&lang=cs>

Sweller, J. (2010). Element interactivity and intrinsic, extraneous, and germane cognitive load. *Educational Psychology Review*, 22(2), 123–138. <https://doi.org/10.1007/s10648-010-9128-5>

Šrut, P., & Miklínová, G. (2008). *Lichožrouti*. Paseka.

Tzohar-Rozen, M., & Kramarski, B. (2014). Metacognition, motivation and emotions: Contribution of self-regulated learning to solving mathematical problems. *Global Education Review*, 1(4), 76–95. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1055263.pdf>

Verschaffel, L., & De Corte, E. (1993). A decade of research on word problem solving in Leuven: Theoretical, methodological, and practical outcomes. *Educational Psychology Review* [online], 5(3), 239–256. <https://doi.org/10.1007/BF01323046>

Verschaffel, L., De Corte, E., & Pauwels, A. (1992). Solving compare problems: An eye movement test of Lewis and Mayer's consistency hypothesis. *Journal of Educational Psychology*, 84(1), 85–94. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.84.1.85>

Verschaffel, L., Greer, B., & De Corte, E. (2000). *Making sense of word problems*. Swets & Zeitlinger Publishers.

Ulovec, A. (2018). *Reality? An analysis of text books' "real life" tasks*. [Přednáška]. Didakticko-matematický seminář KMDM PedF UK.

Vondrová, N. (2020). Příčiny používání povrchových strategií řešení slovních úloh a jak jim předcházet. *Učitel matematiky*, 28(2), 66–93.

Vondrová, N., Havlíčková, R., Hirschová, M., Chvál, M., Novotná, J., Páchová, A., Smetáčková, I., Šmejkalová, M., & Tůmová, V. (2019). *Matematická slovní úloha: mezi matematikou, jazykem a psychologií*. Nakladatelství Karolinum.

Vondrová, N., & Novotná, J. (2017). The influence of context and order of numerical data on the difficulty of word problems for grade 6 pupils. In J. Novotná, & H. Moraová (Eds.), *Proceedings of SEMT '17* (pp. 440–449). Charles University, Faculty of Education.

Wiest, L. R. (1998). *The role of fantasy and real-world problem contexts in fourth-and sixth-grade students' mathematical problem solving*. Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association (San Diego, CA, April 13–17, 1998). <https://eric.ed.gov/?id=ED425910>

Zohar, A., & Gershikov, A. (2008). Gender and performance in mathematical tasks: Does the context make a difference? *International Journal of Science and Mathematics Education*, 6(4), 677–693. <https://doi.org/10.1007/s10763-007-9086-7>

Příloha 1

Obecné jevy sledované u všech úloh

označení	popis	kód
XXo0	v řešení není nic napsáno	0–1
XXo01	v řešení je jen správný výsledek bez náznaku řešení	0–1
XXo11	přítomnost slovní legendy	0–1
XXo12	přítomnost tabulkové legendy	0–1
XXo13	přítomnost obrázkové legendy	0–1
XXo14	přítomnost algebraické legendy	0–1
XXo2	přítomnost zápisu postupu řešení	0–1
XXo31	přítomnost správné slovní odpovědi	0–1
XXo32	přítomnost nesprávné slovní odpovědi (gramatické chyby nebereme v úvahu; nesprávnost z hlediska slovní úlohy – např. odpovídá na jinou otázku)	0–1
XXo33	chybí odpověď, ale v řešení je jiné označení výsledku jednoznačným způsobem	0–1
XXo41	ukončení výpočtu dílčím výsledkem, který řešitel považuje za konečný	0–1
XXo42	ukončení výpočtu dílčím výsledkem, který řešitel nepovažuje za konečný (z nějakého důvodu, který nemůžeme znát, už dál nepokračoval)	0–1
XXo5	využití všech relevantních údajů ze zadání	0–1

*kód 0: jev není přítomen; kód 1: jev je přítomen

Specifické jevy sledované u Úlohy 2 – Hvězdné impérium: řešitelské postupy

označení	popis	kód
p1	zjištění počtu zasažených faunů fregatou/kamarádek Bely ($9 + 4$)	0-1-2-3
p2	zjištění počtu zasažených faunů bitevním křižníkem/kamarádek Lei ($9 + 9 + 4$)	0-1-2-3
p3	zjištění počtu všech zasažených faunů/všech pozvaných kamarádek ($9 + 9 + 4 + 9 + 9 + 4$)	0-1-2-3
p4	zjištění počtu všech faunů vyslaných do bitvy/přičtení rodiny ($x + 11$)	0-1-2-3
p5	jiný postup (v poznámce stručně popsat jaký)	0-1-2-3

*kód 0: postupový krok (dále PK) není přítomen; kód 1: PK je přítomen a zcela správně; kód 2: PK je přítomen pouze s numerickou chybou; kód 3: PK je přítomen s logickou chybou (nesprávnost nelze přisoudit numerické chybě)

Specifické jevy sledované u Úlohy 2 – Hvězdné impérium: chyby

označení	popis	kód
ch1	vynechání jedné nebo více součástí výpočtu: 9, ($9 + 4$), ($9 + 9 + 4$), 11 (v poznámce specifikovat které)	0-1
ch2	povrchová strategie (prostý součet všech čísel v zadání)	0-1
ch3	záměna „o 4 více“ za „4× více“	0-1
ch4	odečtení 11	0-1
ch5	připočítání trojčet	0-1
ch6	numerická chyba nebo chyba v algoritmu (v poznámce specifikovat jaká)	0-1
ch7	jiná chyba (v poznámce stručně popsat jaká)	0-1

*kód 0: jev není přítomen; kód 1: jev je přítomen

Vliv terénní exkurze na modifikaci žákovských prekonceptů odborných pojmů

The Influence of the School Field Trip on the Modification of Preconception of Scientific Terms

Zdeňka Chocholoušková^{1,*}, Lenka Hajerová Müllerová¹

¹ Západočeská univerzita v Plzni, Chodské nám. 1, 306 14 Plzeň, Česká republika; chochol@cbg.zcu.cz

Přínos terénní výuky je zjišťován v realizovaném výzkumném šetření, které prostřednictvím kognitivního mapování umožňuje zaznamenat kvantitativní i kvalitativní změnu/posun v zastoupení (v četnosti) vybraných přírodovědných pojmů. Žáci s hlubším zájmem o biologii, kteří absolvovali jednodenní výběrovou exkurzi, vypracovali konceptové mapy před a po exkurzi na základě předložených pojmů (se kterými se na exkurzi setkali). Pojmy žáci zároveň před i po exkurzi definovali. Na základě vysvětlení konceptových map před a po exkurzi byl hodnocen počet pojmů před a po exkurzi, jejich odborná správnost, počet a správnost propojení a počet křížových propojení mezi jednotlivými pojmy. Konceptové mapy byly analyzovány s použitím programů CMapTools a Gephi. U většiny žáků byl zaznamenán zásadní posun týkající se zvýšení počtu pojmů po exkurzi, přesnějšího zastrukturování, ale nebyl zaznamenán téměř žádný posun v použití propojovacích slov či vyjádření vazeb mezi jednotlivými pojmy.

The contribution of field trip is outlined in the realized research, which, through cognitive mapping, makes it possible to record a quantitative and qualitative change/shift in the content of selected scientific terms. Pupils with a deeper interest in biology who completed a one-day field trip developed concept maps before and after the field trip based on the terms presented (namely the ones they encountered during the field trip). At the same time, the pupils defined the terms before and after the excursion. Based on the verbal expression of terms and concept maps before and after the field trip, the number of terms before and after the excursion, the professionalism of their approach, the number and correctness of interconnections and the number of cross-links between terms were evaluated. Concept maps were analyzed using CMapTools and Gephi. Most pupils showed marked improvement after the field trip, having become familiar with more terminology and capable of more accurate structuring. However, there was hardly any shift in the use of linking words or expressing links between concepts.

1 Úvod

Nejobecnějším cílem vzdělávání je pozitivní změna žákovských dispozic (znalostí, dovedností, kompetencí). Změny v žákovských dispozicích ovšem nezačínají od nuly, ale navazují na již dosaženou výchozí úroveň. Proto k pojmenování těchto změn v následujícím textu užíváme termín *modifikace* a výchozí úroveň žákovských dispozic vyjadřujeme termínem *prekoncept* (podrobněji viz níže).

Zabýváme se vlivem výuky na modifikace prekonceptů u žáků 2. stupně ZŠ a gymnázií, kteří absolvovali terénní výuku biologie – jednodenní exkurzi zaměřenou na přírodu a lidské aktivity CHKO Slavkovský les. Žáci z našeho výzkumného vzorku se v uplynulých třech letech aktivně účastnili krajských kol některé z přírodovědně zaměřených soutěží v Plzeňském kraji (olympiády nebo jiné přírodovědně orientované soutěže, např. Středoškolská odborná činnost, dále jen SOČ, EUCYS apod.). S ohledem na to můžeme u nich předpokládat přinejmenším motivovanost nebo i jiné aspekty nadání pro vzdělávací oblast přírodních věd.¹

Naším výzkumným záměrem bylo získat konkrétní poznatky o vlivu terénní výuky biologie na modifikaci žákovských prekonceptů vědeckých pojmů. Prekoncepty mají strukturální povahu, nejsou tedy izolované (srov. Doulik & Škoda, 2003, s. 178; Kohout et al., 2019, s. 26–34). Proto jsme ke zkoumání jejich modifikace využili *konceptové mapy*, které umožňují sledovat jak obsahové elementy, tak jejich strukturu, tj. jejich vzájemné vztahy.

¹Podle Konceptce podpory rozvoje nadání a péče o nadané na období let 2014–2020 (2014, s. 4, dále jen Konceptce*) je v současnosti poskytována péče nadaným dětem, žákům a studentům především v rámci formálního vzdělávání na školách, služeb školských poradenských zařízení, zájmového vzdělávání a aktivit různých subjektů cíleně zaměřených na nadané (např. vysokých škol, Akademie věd ČR, nevládních neziskových organizací, některých firem a zahraničních subjektů). Tito žáci se často zapojují do různých oborově zaměřených soutěží.

Klíčová slova:
exkurze, prekoncept, miskoncept, pojem, nadaný žák, žák s hlubším zájmem o obor, konceptová mapa.

Zasláno 11/2019
Revidováno 2/2020
Přijato 5/2020

Key words:
school field trip, preconception, misconception, scientific concepts, gifted pupil, concepts maps.

Received 11/2019
Revised 2/2020
Accepted 5/2020

2 Teoretická východiska

2.1 Problematika žákovských prekonceptů

Hejný a Kuřina (2001, s. 159) považují za základní úkol učitele „motivovat žáky k aktivitě“, a mají tím na mysli aktivitu učební a poznávací. Klieme et al. (2009) v podobném smyslu vymezují konstrukt *kognitivní aktivizace žáků* směřující k hlubokému porozumění obsahu (cognitive activation and deep content). Úspěšnost kognitivní aktivizace žáků ve výuce závisí na mnoha okolnostech, ale její nutnou výchozí determinantou na straně žáka jsou tzv. prekoncepty², které určují žákovskou motivovanost i předporozumění, s nimiž přistupuje ke vzdělávacímu obsahu. To znamená, že prostřednictvím žákovských prekonceptů se „filtruje“ působení učebního prostředí na žáka: ty rozhodují o tom, čemu bude žák rozumět lépe, čemu hůře, čím se bude chtít zabývat, co bude pro něj více, nebo méně zajímavé apod.

Termín *prekoncept* byl zaveden Piagetem k vysvětlení specifík raného dětského pojetí pojmů a intelektuálních operací s nimi spojených. Piaget charakterizoval prekoncept jako předobraz pojmu („předpojem“) zabarvený subjektivitou představy, senzomotorickými komponentami a ludickou symbolikou (Piaget, 1972, s. 224). Podle Slavíka et al. (2017, s. 156) je Piagetova původní charakteristika prekonceptu limitovaná tím, že nevymezuje prekoncept ve funkční relaci s konceptem.³ Proto navrhují pojímat prekoncept a koncept relačně:

V relačním pojetí lze vztah konceptu a prekonceptu pojímat šířeji na ose subjektivita vs. intersubjektivita. Tím lze lépe vystihnout a objasňovat procesy utváření, stvrzování, zpochybňování nebo vyjednávání významů, které probíhají na švu mezi konkrétní aktivitou subjektu zde a nyní a pravidelnými abstraktními systémy intersubjektivního významového zprostředkování na bázi jazyka a ustálených způsobů činnosti.

Z existence obsahových transformací vyplývá, že prekoncept a koncept musí sdílet nějakou část obsahu, ale koncept se přitom nemůže zcela rovnat prekonceptu – jejich obsah nemůže být úplně shodný. Zároveň musí být jejich vztah dynamický – během historie sociálního a kulturního konstruování a vyjednávání významů se obsah prekonceptů i konceptů může měnit, ač si zachovává totožnost, resp. identitu (srov. historické proměny konceptu taxonomie od doby Carla Linného k dnešní klasifikaci zahrnující analýzy DNA).

Aby obsah konceptu a prekonceptu mohl být v určitém směru ekvivalentní a zároveň odlišný a aby se mohl měnit, koncept i prekoncept musí mít strukturní a systémovou povahu. Doulík a Škoda (2003, s. 178) ji charakterizují pojmem *zastrukturování prekonceptu*:

Prekoncept [...] není nikdy izolovaný, ale vždy je určitým způsobem lokalizován v kognitivní mapě žáka. Jelikož tato začlenění se mohou mezi jednotlivými žáky i mezi jednotlivými prekoncepty značně lišit a mohou mít rozdílnou strukturu, hovoříme přesněji o zastrukturování, které lze do určité míry kvantitativně popsat.

Strukturní povahu prekonceptu i konceptu charakterizuje také Kohout et al. (2019, s. 26) pod pojmem mentální (konceptuální) schéma.⁴ Kohout et al. (2019, s. 26) zdůrazňují, že mentální či konceptuální schéma lze reprezentovat v podobě sémanticko-logické struktury – „sítě“. Tuto síť lze reprezentovat prostřednictvím konceptových map.

Citovaní autoři svými úvahami potvrzují, že prekoncept i koncept jsou obsahové celky uspořádané do sémantické a logické struktury svých částí. Tato struktura je hierarchická – tvoří systém – její prvky mohou být souřadné, nadřazené nebo podřazené. V tomto smyslu má koncept charakter pojmu (jazykové entity) a prekoncept je způsob jeho subjektivního uchopení (srov. Materna, 1995, s. 24–26).

Materna (1995, s. 11–13, 34–35 a.j.; 1997) v návaznosti na Bolzana vysvětluje, že pojem (na rozdíl od představy) je abstraktní entita. Je to tedy ideální obsahová jednotka, která není závislá na jednotlivém subjektu, ale subjekt ji může reprezentovat jazykovými výrazy. To znamená, že výraz nebo struktura výrazů, kterou lze významově interpretovat, je vyjádřením pojmu nebo struktury pojmů. Pokud určitý

²Pod termín „prekoncept“ zde zahrnujeme i „spontánní pojem“. Mnohdy se užívají jako synonyma, ač je někdy účelné je rozlišovat. Spontánní pojmy, pojmy běžného života („žitějskije poňjatija“) jsou podle Vygotského (1978) tvořeny prostřednictvím praktické činnosti jedince. Doménou školství je osvojování systému vědeckých poznatků („naučnyje poňjatija“) předkládaných žákům ve vyučování. Doulík (2005, s. 9) poukazuje na rozdílnost mezi mimoškolním a školním prostředím, se kterým se lze při stavbě pojmu setkat. Vědecký pojem je v podmínkách školní výuky odvozován od obecného ke konkrétnímu, zatímco spontánní pojem vzniká naopak od konkrétního k obecnému.

³Pojetí prekonceptu jako „objektu v mysli“ podle citovaných autorů nedovoluje hlouběji rozebírat procesy utváření a vyjednávání významů, které probíhají na švu mezi subjektivním uchopením pojmu a intersubjektivně sdílenými pravidly jeho užívání.

⁴Adjektivem „mentální“ je položen důraz na subjektivní stránku obsahové jednotky (na její „uchopení“ subjektem), adjektivem „konceptuální“ na její stránku intersubjektivní, tj. na to, že je při komunikaci sdílena. „Mentální schéma“ lze chápat jako synonymum pojmu „kognitivní mapa žáka“ u Doulíka a Škody (2003, s. 178).

výraz nebo výrazovou strukturu obsahově ztotožníme s jiným výrazem nebo strukturou, říkáme, že jsou izomorfní a patří tedy stejnému pojmu nebo stejné pojmové struktuře (Slavík et al., 2017, s. 102–103).

Aby subjekt mohl svůj prekoncept vyjádřit výrazovou strukturou, musí ho umět zformulovat prostřednictvím reálného jednání buď jazykového (např. zformulovat smysluplnou větu) nebo intervenujícího (např. provést přírodovědný experiment). Proto Kohout et al. (2019, s. 26) s oporou v citaci Goodmana a Elginové (2017) konstatují, že určité mentální či konceptuální schéma v mysli „znamená mít schopnost provádět odpovídající činnosti“, takže jeho „subjektivní existence se projevuje praktikováním dovedností vytvářet, posuzovat a revidovat řešení příslušných úloh“. Vyjadřování a formulování prekonceptu tedy nemá výhradně jen jazykovou povahu, ale týká se obecně propojení mezi subjektivním uchopením určitého obsahu a jeho objektivní nebo intersubjektivní existencí.

V didaktice matematiky byl pro tento spojovací článek mezi subjektivitou a intersubjektivitou nebo objektivitou existence vzdělávacího obsahu navržen termín *procept* (srov. Gray & Tall, 1994, s. 116; Hejný, 2003, s. 26; Janík et al., 2013, s. 170).⁵

Cílem výuky je, aby se prekoncepty žáků rozvinuly do poznatkově i činnostně hodnotnější úrovně a transformovaly se do funkční podoby proceptu – žákem zvládaného konceptu. Předpokladem toho je, že v učebním prostředí žáci spolu s učitelem transformují obsah prostřednictvím učebních úloh tak, aby se v jejich vědomí přetvářely a obohacovaly se prekoncepty, tj. aby se vytvářely nové obsahové struktury: nové „sítě“ významů (Slavík et al., 2017, s. 102–108). Mareš a Ouhrabka (2001, s. 419) hovoří o vytváření a vyjádření „subjektivní struktury vědění o určitém tématu“. Tento proces označujeme termínem *instrumentalizace zkušenosti*.

Instrumentalizace zkušenosti je kognitivní proces, v němž se žák učí s porozuměním zvládat symbolické a věcné nástroje – instrumenty – v příslušném oboru. Jak zdůvodnil Kvasz (2015, s. 16, 144–145) přirozená lidská zkušenost je od instrumentální zkušenosti oborů vzdálená – je oddělená mezerou a mnohdy dokonce „propastí“, kterou musí žáci překonat, a tak instrumentalizovat svou zkušenost. Ve výuce se instrumentalizace zkušenosti jeví jako postup od „žákovi blízkých“ výrazových struktur v jednání a komunikaci k strukturám „žákovi vzdáleným“ – k instrumentům oboru (Slavík et al., 2017, s. 37–39, 68).

Vzhledem k tomu, že prekoncept i koncept mají strukturální a systémovou povahu a závisejí na složitém kulturním kontextu, nemůže být instrumentalizace zkušenosti jednoduchou změnou, ale je to změna komplexní – je spojená s rozsáhlými restrukturacemi obsahu a s jeho přetvářením na různých hierarchických úrovních. Tento typ změn nazvali Slavík et al. (2017) *relační změny*. Relační změny jsou příznačné tím, že proměna dílčích prvků struktury obsahu v učebním prostředí a v myslích účastníků výuky je provázána pohybem v celé síti významových a logických souvislostí (Slavík et al., 2017, s. 22).

Relační změny jsou nutnou podmínkou pro instrumentalizaci zkušenosti, protože bez nich žáci nemohou postoupit od sobě „blízkých“ výrazových struktur ke strukturám „vzdáleným“, vztahujícím se k příslušnému oboru. Relační změny provázejí transformaci obsahu v učebním prostředí a svým charakterem podmiňují didaktickou kvalitu výuky. Uskutečňují se v učebním prostředí během komunikace a interakce učitele a žáků

na podkladě vzájemných vztahů (relací) mezi různými momenty intencionálního uchopení obsahu (např. vnímání, imaginace, mluvení, psychomotorického jednání) a na základě obsahových transformací mezi nimi. (Slavík et al., 2017, s. 132)

Při výkladu relačních změn tedy nejde jen o izolované prvky obsahu, ale musí se brát v úvahu celá soustava významových, logických a funkčních (akčních) vztahů, jimž mají žáci porozumět v příslušném kulturním, resp. oborovém kontextu. Ve výuce mají relační změny smysl tehdy, jestliže instrumentalizují žákovu zkušenost, a směřují tím k cíli výuky – zvládnout nové koncepty v kontextu určitého vzdělávacího oboru nebo vzdělávací oblasti. Žáci přitom musí začlenit nové poznání do své dosavadní zkušenosti. V psychologii a v oborových didaktikách je tento komplexní proces reprezentován termínem *konceptuální změna*.

2.2 Pojmové (konceptové) mapování

2.2.1 Konceptuální změna

Konceptuální změna je charakterizována jako proces, jehož prostřednictvím je dosavadní konceptová struktura kvalitativně i kvantitativně změněna nebo nahrazena novou (srov. Posner et al., 1982, s. 211–212). Tento strukturální posun se může týkat jednotlivce nebo společenství během historického vývoje poznání. V teorii konceptuální změny je kladen důraz na to, že změna je poměrně rozsáhlá a obsažná, takže zřetelně modifikuje dosavadní konceptovou strukturu.

⁵Tzv. *elementární procept* (elementary procept) má tři dimenze: (I) konstrukční proces (např. proces sčítání), (II) ideální objekt (pojem, koncept) vždy znovu utvářený tímto procesem (např. koncept čísla a součtu) a (III) výraz, který reprezentuje jak konstrukční proces, tak příslušný objekt (Gray & Tall, 1994, s. 121).

V návaznosti na předcházející výklad považujeme konceptuální změnu za druh relační změny, která směřuje k zvládnutí „z vnějšku“ (ve výuce) působícího konceptu, pod jehož vlivem žák kvalitativně anebo kvantitativně modifikuje svůj dosavadní prekoncept. Konceptuální změna se konkrétně projevuje *modifikací prekonceptu*, tj. proměnou rozsahu, složitosti a kvality struktury prekonceptů, které jsou žáci schopni vyjádřit (např. pomocí konceptové mapy) a následně vysvětlovat na patřičné úrovni porozumění. Míra této modifikace může být větší, ve skocích, např. náhrada miskonceptu novou znalostí, i menší, dílčí doplnění nebo úprava.

Jak jsme uvedli, konceptuální změna se může týkat i společenství, přestože jejími reálnými nositeli zůstávají jednotliví aktéři. Proto ve vzdělávacím procesu je možné sledovat konceptuální změny i na úrovni žákovské skupiny, v níž žáci mohou získávat srovnatelnou zkušenost nebo ji spolu sdílet (např. ve školní třídě učitelé vědí, že jedna třída může „vědět více“ než jiná paralelní třída ve stejném ročníku). Také z tohoto hlediska jsme ke konceptuální změně přistupovali v našem výzkumu.

Vzhledem k výše rozebírané strukturální povaze prekonceptu a konceptu a s ohledem na neoddělitelné spojení mezi znalostí konceptu a příslušným jednáním je konceptuální změna spojená s re-strukturací dosavadních dispozic na různých úrovních a v různých dispozičních oblastech a v návaznosti na proměny v afektivní či motivační složce žákovy psychiky. Podle Vosniadou (2007, 2008) a di Sessa (2007, 2008) lze vymežit dvě perspektivy chápání konceptuální změny v teorii:

Klasická teorie konceptuální změny považuje poznávání za vysoce organizované v teoriích, schématech nebo rámcích. [...] jedna teorie velkého dosahu je nahrazena jinou, podobně jako probíhá paradigmatická změna ve vědě. [...] (Vosniadou, 2007, s. 52, 2008, s. 649). Na poznávání lze ale nahlížet jako na ekosystém volně provázaných prvků. [...] Je možné uvažovat i koexistenci opačných názorů v rámci poznatkového (eko)systému jedince (di Sessa, 2007, s. 42, 2008, s. 39).

U nás jsou tyto myšlenky k dispozici ve výkladu Dvořákové (2013, s. 103).

V tomto textu se nemůžeme hlouběji zabývat různými přístupy v teoriích konceptuální změny (blíže srov. Özdemir & Clark, 2007). S oporou v textu Özdemira a Clarka (2007, s. 359) se naše pojetí opírá o přesvědčení, že koherence ve struktuře prekonceptu u jedince může v praxi mít v různých vývojových fázích různou míru a že konkrétní vzdělávací trajektorie u žáků mohou vyhovovat oběma teoretickým pojetím.

Jak uvádí Janík (2006, s. 35), výzkumy konceptuální změny přinesly poznatky o tom, že „v myslích žáků mohou vedle sebe existovat vzájemně si odporující představy“. Özdemir a Clark (2007, s. 360) v podobném smyslu podotýkají, že ve vývoji poznávání se doplňují koherentní a přechodové fáze. Strike a Posner (1982) upozorňují na to, že konceptuální změna předpokládá u žáka příznivé kognitivní nastavení, takže může uspokojivě proběhnout jen tehdy, jestliže sám žák není spokojen se svým prekonceptem a jestliže nově nabízené koncepty se mu jeví jako příhodnější.

2.2.2 Re prezentace konceptuální změny prostřednictvím konceptových map

Zabýváme se modifikací prekonceptů žáků ve výuce z přírodovědné oblasti, konkrétně z oboru biologie. Výše jsme vysvětlili, že prekoncepty mají strukturální povahu a v tom se shodují s pojmy. Kromě toho jsme poukázali na to, že strukturu prekonceptu v žákově mysli můžeme poznávat pouze z vnějších žákovských projevů, v nichž se tato struktura ukazuje. Ideálním nástrojem pro zachycení struktury, tj. pro reprezentaci „zastrukturování“ prekonceptu, jsou konceptové mapy.

Konceptové mapy jsou výtečným technickým prostředkem pro reprezentaci a zkoumání obsahových transformací ve výuce a při žákovském učení. Umožňují nahlédnout do struktury žákovy prekonceptu, a podávají tak relativně ucelený výchozí obraz o myšlenkových postupech, hierarchii a utřídění prekonceptů, konceptů a popř. vzniku miskonceptů žáků. Informují o základních složkách poznání, struktuře a porozumění tématu, ukazují propojení jednotlivých poznatků do sémanticko-logických sítí (Ruiz-Primo & Shavelson, 1996; Novak, 2010). Tím se mohou stát oporou pro další didaktické, případně výzkumné postupy, např. rozhovory, doplňující učební úlohy apod.

Konceptové mapy jsou grafickým znázorněním poznatků a poznatkových struktur (Strautmane, 2012). Proto je lze dobře využít pro usnadňování učení žákům ve výuce (Reiska & Soika, 2015). Konceptové mapy kromě toho nabízejí různé možnosti pro uplatnění ve výzkumech žákovských pokroků během výuky, protože reprezentují aktuální stav vývoje žákovy prekonceptu, takže mohou být podkladem k diagnostice jeho stavů.

Jednou z možností diagnostického využití v didaktickém výzkumu je zhodnocení efektivity a přínosu různých výukových metod (Torkar et al., 2017). Konceptové mapy totiž neukazují pouze obsahové elementy, které žáci znají a umějí v mapě vyjádřit jako „uzly“, ale prostřednictvím „hran“ reprezentují i to, jak žáci své poznatky propojují (Iuli & Helldén, 2004). Proto lze prostřednictvím konceptových

map identifikovat žákovské miskoncepty (Van Zele et al., 2004) nebo analyzovat kvalitu zhodnocení žákovská porozumění při didaktické transformaci obsahu z oborů, např. biologie (Novak & Gowin, 1984; Jacobs-Lawson & Hershey, 2002). Dalším využitím konceptových map je analýza výuky či výukových situací metodou 3A (Slavík et al., 2017, s. 294–338), kde tematická, konceptová i kompetenční vrstva jsou vyjádřeny v podobě konceptové mapy.

2.3 Přínos terénních exkurzí v přírodovědném (biologickém) vzdělávání

Exkurze podle Vonkové (2011, s. 181) je řízená učební činnost žáků v autentickém přírodním prostředí. Je chápána spíše jako jednorázová aktivita, s cílem umožnit žákům, aby si utvořili přesnější představy, získali zkušenost z přímého styku s poznávanou realitou a aplikovali vědecké koncepty a procesy. Tento bezprostřední kontakt je emocionálním zážitkem z poznání, umocňuje vztah k předmětu poznání, dotváří teoretické poznatky ze školního prostředí (Cimer, 2007, s. 7), podporuje tvořivé myšlení žáků (dále viz Glynn & Duit, 1995; Tytler, 2002; Patrick, 2010; Yassir & Abeer, 2014).

Žáci z našeho výzkumného vzorku měli příležitost modifikovat své prekoncepty prostřednictvím terénní výuky – biologické exkurze. Proto se o tomto způsobu modifikování žákovských prekonceptů alespoň stručně zmíníme.

Vlivem terénní výuky, která umožňuje praktické propojení pojmů získaných během školní výuky, se zabývali Brehrendt a Franklin (2014). Autoři upozorňují, že pro maximalizaci propojení žákovských prekonceptů je třeba žákům umožnit vzájemnou diskusi. Žáci si mohou vzájemně vysvětlovat, pomáhat si v hledání řešení, podporovat se v dokončení úkolů, diskutovat o svém osobním porozumění tomu, co prožívají, vzájemně se učit. Autoři citují Rennie (2007, s. 126), která podotkla, že žáci, kteří se v rámci terénní exkurze zapojují v roli učitelů, často ve školní výuce nedosahují nejlepších výsledků.

Pauk (1981, s. 195) dělí exkurze na motivační (úvodní, které slouží k úvodu do dané problematiky), tematické (botanické, zoologické, mykologické, geologické apod.), shrnující (opakovací, přispívají k utřídění, upevnění, prohloubení a zopakování poznatků) a komplexní (aplikace vztahů v přírodě, ale i multioborové pojetí vedoucí k propojení poznatků přírodních věd do sémantických struktur – biologie, zeměpisu, geologie, chemie, ale např. i fyziky).

Podobné dělení exkurzí uvádí Pavlasová (2014, s. 25–26); Pavlasová et al., 2015, s. 13), která třídí exkurze podle zvolených cílů a časového zařazení, a podle zaměření a náplně. Podle zvolených cílů a časového zařazení pak hovoří o exkurzích motivačních, které jsou zařazovány před probíráním daného učiva, průvodních, které jsou zařazovány v průběhu probíraného tématu a závěrečné, které jsou zaměřeny na využití teoretických poznatků v terénu a jsou zařazovány na závěr učiva tématu či tematického celku. Podle zaměření a náplně rozlišuje exkurze na monotematické (zaměřené na jeden obor – např. zoologické, geologické, mykologické apod.) nebo komplexní (zaměřené přírodovědně, na více oborů), dále Chocholoušková a Hajerová (2019).

Myers a Jones (2018) upozorňují, že o exkurzi je třeba uvažovat nejen během její samotné realizaci, ale i ve fázích před a po exkurzi včetně aktivit s nimi spojených.

Mnoho studií se zabývá vlivem exkurzí na kognitivní a afektivní výstupy žáků (DeWitt & Storcksdieck, 2008). Komplexní výzkum dopadů exkurzí na kognitivní výsledky studentů, schopnost žáků interpretovat a popsat umění, dále pozitivní dopad exkurzí pro studenty se znevýhodněním ukazuje práce Greene, Kisida a Bowena (2014). Brady (1972, s. 77) upozorňuje na dřívější výzkumy (Crawford & Grinstead, 1930; Fraser, 1939; Clark, 1943), z nichž vyplývá, že exkurze je efektivnějším způsobem výuky pro nadané studenty.

Rovněž v práci Whitesell (2015, s. 11) je zdůrazňován pozitivní vliv exkurzí na přírodovědné znalosti a dovednosti žáků středních škol. Sherf (1992, cit. podle Killermann 1998, s. 5) zjistil, že žáci po absolvování exkurze např. rozeznávali rostliny daleko lépe než žáci, kteří se stejné učivo učili pouze ve třídě. V závěru (s. 16) uvádí, že by učitelé měli podporovat žáky, aby uplatňovali získané znalosti a dovednosti v širších souvislostech. Kisiel (2005, s. 2) se zabýval výsledkem hodnocení učitelů, jichž 90 % konstatuje, že exkurze považují za účinnou komplexní vyučovací metodu.

3 Cíl šetření

Hlavním cílem předložené studie bylo na základě provedené diagnostiky vstupních prekonceptů žáků/účastníků exkurze, včetně jejich zastrukturování do konceptové mapy sledování konceptuální změny, (resp. rekonstrukce/modifikace žákovských vstupních představ.

Formulace výzkumných otázek:

1. Jak se projevil vzdělávací vliv jednodenní biologicky zaměřené exkurze v modifikaci prekonceptů žáků reprezentovaných rozsahem a sémanticko-logickou strukturou konceptových map?

2. Jak se projevil vzdělávací vliv jednodenní biologicky zaměřené exkurze v modifikaci prekonceptů žáků s ohledem na odbornou kvalitu terminologie v konceptových mapách?
3. Jak se projevil vzdělávací vliv jednodenní biologicky zaměřené exkurze v modifikaci prekonceptů žáků s ohledem na opravu případných miskonceptů nebo zlepšení sémanticko-logické struktury prekonceptu reprezentovaného konceptovou mapou?

4 Metodologie

4.1 Popis realizace exkurze

Zvolené metodologické postupy prověřují účinnost terénní výuky biologie, v tomto případě exkurze, jako komplexní vyučovací metoda používaná k poznávání živé a neživé přírody, pochopení vztahů mezi organismy a prostředím a utváření postojů k ochraně přírody.

Rozebíraná jednodenní komplexní exkurze byla realizována v červnu 2018 a vedla do oblasti Chráněné krajinné oblasti Slavkovský les (CHKO), kde byla demonstrována co největší pestrost biotopů, využívání krajiny člověkem apod. (Hrouda & Chocholoušková, 2013; Chocholoušková & Hrouda, 2013). Byla lektorována botanikem a zoologem. Cílem exkurze bylo aplikovat konceptuální znalost strukturace odborných pojmů a procedurální znalost jejich uplatnění v praxi.

Exkurze začínala v Mariánských Lázních na Žižkově vrchu, kde je rovněž Geologický park umístěný do zachovalé bučiny s druhově bohatým podrostem, která je součástí Přírodní rezervace Žižkův vrch (PR Žižkův vrch). Zde byly demonstrovány jednotlivé druhy rostlin a živočichů typické pro bučiny, žáci pozorovali lupou charakteristické znaky jednotlivých taxonů, určovali rostliny a bezobratlé živočichy za pomoci určovacích klíčů, aktivně vyhledávali nové, jim neznámé druhy, sbírali rostliny a za pomoci smýkačky či sběrem do epruvet živočichy a podávali je lektorům, porovnávali a diskutovali mezi sebou, které druhy jsou typické pro ten či onen ekosystém, a které se zde vyskytují díky zásahu člověka, syntetizovali poznatky ze školy a praktické zkušenosti z terénu, z geologické mapy odvozovali geologické poměry a v terénu hledali stopy aktivní ochrany přírody včetně ochrany území (označení chráněných území formou tabulí, červené pruhy na dřevinách, kdy předváděli, kdy jsou venku z rezervace, a kdy uvnitř, apod.). Společně s lektory opakovali formou řízené diskuse rozdělení chráněných území na velkoplošné a maloplošné.

Druhým navštíveným místem byla Přírodní rezervace Smraďoch (PR Smraďoch) s rašeliništi, podmáčenými a rašeliničkovými smrčínami a mofetami s výrony suchého CO₂ a H₂S. Zde žáci měli za úkol objevit, po čem území zapáchá, starší žáci vysvětlovali mladším, jaké je chemické složení těchto látek. V autobusu proběhla diskuse o tom, co je to mofeta a venku měli žáci za úkol mofetu najít a charakterizovat.

Třetí zastávka byla nasměrována do Národních přírodních památek (NPP) Křížky a Upolínová louka. NPP Křížky představují lokalitu na hadcové skále s výskytem endemického rožce kuříčkolistého (*Cerastium alsinifolium*) a Upolínová louka je vlhká louka s řadou cenných druhů rostlin a živočichů. Zde žáci diskutovali o tom, jaký je rozdíl mezi reliktem a endemitem a v panelové diskusi s lektory ověřovali svá tvrzení.

Odsud exkurze pokračovala do zahrady zámku Mostov, do zámeckého parku s typickým uspořádáním dřevin od vzácných a exotických, které byly vysazeny blíže k zámku k domácím druhům, jež přecházely v okrajových partiích parku do volné přírody. Žáci v zámeckém parku sbírali listy dřevin, analyzovali je, přiřazovali je ke dřevinám a v interiéru zámku hledali rostlinné a živočišné motivy, které zde byly použity. Pokoušeli se determinovat jednotlivé druhy. Poté se rozdělili do dvou skupin a první skupina se vžila do role zahradních architektů a navrhovala, jak by bylo možné park vylepšit, a druhá skupina byli oponenti z řad veřejnosti a kriticky se vyjadřovali k navrženým zásahům.

Další lokalitou byla Národní přírodní rezervace Soos (NPR Soos), kde žáci navštívili muzeum a naučnou stezku věnovanou minerálním pramenům, slaniskům, rašeliništím, křemelinovému štítu apod. Císařský pramen, kde žáci ochutnávali kyselku, analyzovali sycení CO₂, minerální vodu si nabírali do lahví a pozorovali, jak dlouho v ní vydrží CO₂ a jak se za několik hodin změní její chuť, zároveň pozorovali specifickou slanomilnou květenu v okolí pramene a syntetizovali své poznatky a formulovali teorie, čím je způsobeno, že je zde takto extrémní biotop; pramen Věra, který není pitný, avšak v jeho okolí je naprosto jiná květena, typická pro rašeliniště. Žáci porovnávali druhové složení okolí Císařského pramene a pramene Věra, syntetizovali dosavadní poznatky včetně toho, že někteří konstatovali „že něco podobného už jsme dnes viděli na Smraďochu“. Poslední zastávkou jednodenní exkurze byly Františkovy Lázně jako typické lázeňské město s parky a minerálními prameny, kde žáci zjišťovali formou krátké ankety, proč sem návštěvníci přijíždějí, co je typické právě pro Františkovy Lázně, na naučných cedulích a panelech zjišťovali složení a účinky zdejších minerálních vod a po nasednutí do autobusu porovnávali prameny na Soosu a ve Františkových Lázních.

4.2 Výzkumný vzorek

Výzkum byl proveden se skupinou žáků, kteří prokázali zájem o přírodní vědy, a tudíž jsme očekávali, že budou relativně lépe vybaveni jak v kognitivní, tak v afektivní stránce prekonceptu (srov. Doulik & Škoda, 2003). Měli by tedy mít nejenom zájem na co nejlepším splnění úloh, ale také jejich prekoncepty by měly být (v porovnání s průměrnou populací) relativně bohatší. Proto by i modifikace prekonceptů měla být obsažnější a přinášet více informací.

Výběr našeho vzorku tedy můžeme charakterizovat (Pattona, 1990, s. 169, cit. podle Hendl, 2005, s. 154) jako *účelový a intenzivní*, tj. výrazně reprezentující zkoumaný fenomén (modifikace žákovského prekonceptu).

Na základě aktivního přihlášení samotných žáků na exkurzi byli do šetření zapojeni žáci druhého stupně ZŠ a nižších gymnázií SŠ narození v letech 2000–2004, kteří splňovali podmínku účasti v krajském kole olympiády z biologie, chemie, astronomie, ekologie nebo v krajském kole SOČ a jsou z Plzeňského nebo Karlovarského kraje. Takto bylo zařazeno celkem 11 respondentů.

Respondenti neprošli šetřením Pedagogicko-psychologické poradny Plzeňského či Karlovarského kraje za pomoci testových baterií pro nadané děti. Nahlížíme na ně jako na nadané jen s ohledem na jeden průkazný aspekt – hloubavý zájem o přírodní vědy, a to účasti na přírodovědných olympiádách a SOČ. Jedná se tedy o žáky s hlubším zájmem o obor. Výzkumu se zúčastnilo šest dívek ve věkovém rozložení: dvě dívky 16 let, dvě dívky 15 let a dvě dívky 13 let a pět chlapců ve věku: jeden chlapec 16 let, dva chlapci 15 let, jeden chlapec 14 let a jeden chlapec 13 let.

4.3 Metoda konceptového mapování

Byla použita metoda konstrukce a vyhodnocení konceptových map, jako grafického, hierarchického vyjádření vztahu mezi koncepty použitelnému ke kvantitativnímu i kvalitativnímu porovnání znalostí žáků (Novak, 1990, 1998; Jacobs-Lawson & Hershey, 2002). Využití konceptového mapování jako techniky pro sledování konceptuálních změn v biologii popisují ve své studii Wallace a Mintzes (1990). Tato metodologie byla rovněž prověřena a použita při mezinárodním výzkumu pedagogické hodnoty „serious games“ z ekologie rostlin (Torkar et al., 2017).

V české literatuře využití pojmového mapování ve vzdělávání na druhém stupni ZŠ popisuje Vaňková (2014). Do konceptové mapy vstupují pojmy, které mají definovaný obsah. Jednotlivé pojmy jsou propojovány vztahy za vzniku tvrzení: pojem – vztah – pojem. Vztahy vedoucí napříč strukturou jsou označovány jako křížové vztahy. Abstraktní pojmy bývají umístěny v hierarchii mapy výše, konkrétní pojmy níže. Pojmové mapy lze překreslit v prostředí CMAP Tools (IHMC – Institute for Human and Machine Cognition, <http://cmap.ihmc.us>).

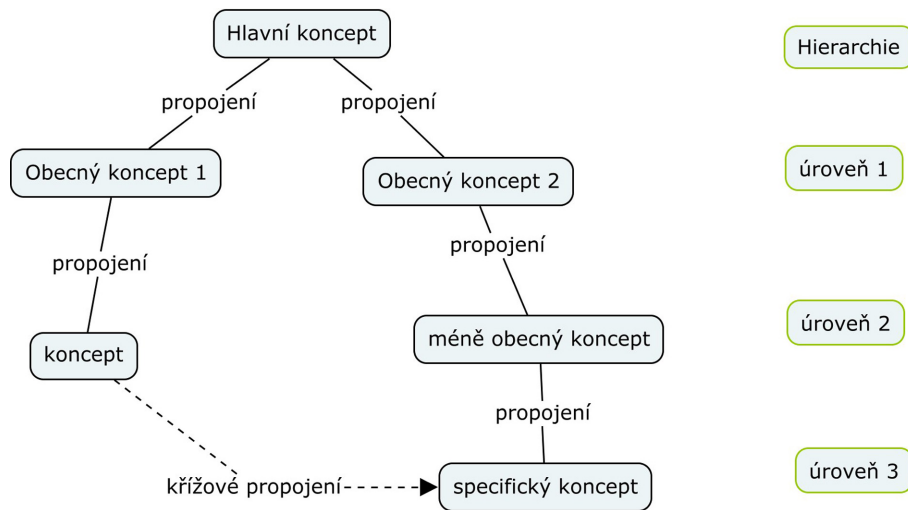
Pro vizualizaci sémanticko-logické sítě žáků byl použit software Gephi (Bastian, Heymann & Jacomy, 2009). Ten vizualizuje uzly a hrany stejně jako konceptové mapy (diagramy), ale také (na rozdíl od konceptové mapy) je schopen vizualizovat směr i sílu hran (propojení jednotlivých uzlů) a frekvenci využití pojmu.

Využitím konceptových map a jejich zpracování prostřednictvím syntézy hromadných dat v „sítích“ (srov. Bruun & Evans, 2018) se nabízí možnost sledovat modifikace prekonceptů nejenom u jednotlivců, ale u celé skupiny žáků. Můžeme proto, ovšemže s patřičnou opatrností jako při každém zobecňování, usuzovat na proměny, které byly vzdělávacím vlivem vyvolány v celém sledovaném „společenství myslí“ určité žákovské skupiny. Mohli bychom obrazně mluvit o posunu v „kognitivní atmosféře“ skupiny, protože došlo-li u více žáků např. k obohacení znalostí novou terminologií, je pravděpodobné, že se následně zvýší odborná kvalita komunikace v dané žákovské skupině.

Nástrojem sběru dat byl pracovní list, který žáci/účastníci exkurze vypracovali před exkurzí, v autobuse během cesty na exkurzi, a tentýž pracovní list, který vyplnili při zpáteční cestě. Se žáky byla nejprve diskutována problematika tvorby konceptových map. Žáci, kteří se zúčastnili šetření, byli dotazováni, zda pracují ve škole s konceptovými mapami. Většina z nich odpovídala, že se s konceptovými mapami již setkali, ale nepracují s nimi běžně. Byl jim tedy ještě připomenut postup tvorby konceptové mapy (Vaňková, 2014, s. 20–23, 40–41; Čapek, 2015, s. 336–337). Nejdříve žáci měli vysvětlit pět pojmů, se kterými se na exkurzi setkají: rašeliniště, slanisko, lázeňství, minerální vody, bučina. Tato aktivita měla sloužit k zjištění prekonceptů žáků. Poté měli tyto pojmy spojit do konceptové mapy a rozšířit o pojmy, které se zadanými pojmy souvisí. Toto žáci prováděli před a po exkurzi, přičemž po exkurzi neměli k dispozici svoje data před exkurzí.

Poté byla ze všech konceptových map jednotlivých žáků v programu CMapTools (<http://cmap.ihmc.us>) vytvořena jedna souhrnná konceptová mapa před exkurzí a druhá po exkurzi.

Pojmové mapy byly hodnoceny strukturální metodou (Vaňková, 2014, s. 20–23, 40–41; Čapek, 2015, s. 336–337). Obě mapy byly porovnány z různých hledisek – počet pojmů celkem, počet propojení mezi



Obr. 1: Parametry sledované na konceptových mapách – počet propojení 5, počet křížových propojení 1, počet úrovní 3 (vytvořeno v programu CMapTools, <http://cmap.ihmx.us>)

pojmy, počet křížových propojení mezi jednotlivými koncepty, počet konceptů a hlavní témata, počet miskonceptů, počet úrovní, počet nových pojmů (obr. 1).

Novak a Gowin (1984) pak přiřazuje jednotlivým komponentům mapy hierarchii a validitu tvrzení a přiřazuje jim určitou váhu. V této studii jsme porovnávali mapu před a po exkurzi a hodnotili jsme hierarchii a validitu tvrzení. Bylo porovnáno, jak se posunuly jednotlivé parametry před a po exkurzi. Byla vyjádřena shoda v pojmech v obou mapách pomocí programu CmapTools.

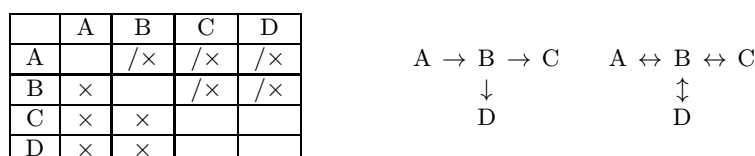
Současně byly porovnávány konceptové mapy jednotlivých žáků před a po exkurzi, opět ze stejných hledisek, aby byl zachycen posun od prekonceptu k pojmu u jednotlivých žáků. Hlavní, nejvíce propracovaný koncept v konceptové mapě žáka, byl stanoven na základě celkového počtu pojmů, propojení a hierarchických úrovní (viz strukturální hodnocení podle Novak & Gowin, 1984).

Dále byla porovnáována jednotlivá slovní vyjádření pojmů žáků před a po exkurzi, kdy k jednotlivým konceptům byly do tabulky vypsané pojmy, které žáci použili a červeně vyznačeny miskoncepty. Zde bylo použito pouze kvalitativní hodnocení výstupů, abychom prokázali vliv exkurze posun od prekonceptu k odbornému pojmu a odstranění miskonceptů. Použili jsme 4člennou stupnici: 0 – žák neodpověděl, 1 – úplný prekoncept (žák vysvětlil správně daný pojem), 2 – neúplný prekoncept (žák uvádí poznatky související s pojmem, ale vysvětlení není úplné), 3 – miskoncept (žák uvádí nesprávné vysvětlení pojmu).

Kódování žákovských odpovědí na uvedené čtyřstupňové škále bylo provedeno pouze jedním hodnotitelem, reliabilita kódování nebyla v rámci výzkumného šetření prováděna.

Byla využita i další technika zpracování a vizualizace dat pomocí softwaru Gephi (srov. Nohavová, 2018). Vzájemné porovnávání výsledků různých technik pro zpracování dat považujeme za uplatnění principu triangulace, která nabízí poznání zkoumaného jevu prostřednictvím porovnávání různých jeho aspektů (Švaříček et al., 2007, s. 204). Software Gephi poskytuje náhled na frekvenci užití pojmů v souhrnu všech zkoumaných konceptových map. Dospěje k tomu prostřednictvím výpočtů opřených o matici, která zachycuje celkové množství uzlů a jejich vztahů v mapách všech respondentů.

Pro vizualizaci pomocí softwaru Gephi byly vytvořeny matice pojmů před a po exkurzi, které obsahují všechny pojmy, jež se vyskytly v konceptových mapách. Všechny pojmy jsou uvedeny jak v řádcích, tak ve sloupcích. Směr od pojmu A k pojmu B ($A \rightarrow B$) je vyjádřen vztahem řádek–sloupec. Když je směr oboustranný, opakuje se dvojice pojmů opět řádek–sloupec. Když je spojeno několiknásobně více pojmů, opakuje se vztah pro každou dvojici (obr. 2).



Obr. 2: Znázornění zaznamenávání pojmů do pojmové matice pro zpracování v softwaru Gephi

Při vyhodnocení velikost písmen odpovídá frekvenci užití pojmů v konceptových mapách žáků a propojení těchto pojmů s ostatními podřadnými pojmy v hierarchii pojmů. Miskoncepty nebyly zahrnuty do matice v plné šíři, tj. pokud se pojem vázal např. ke slanisku, byl ještě vzdáleně propojen s lázeňstvím, ale toto propojení bylo chybné, nebyl počítán opakovaně. Stejně tak např. pojem slanisko – přímá vazba

k málo dřevin, ale vzdáleně bylo propojeno s pojmem lázeňství, čímž by vznikl miskonecept, tudíž lázeňství nebylo započítáváno opakovaně, jedná se o jinou modalitu pohledu. Propojovací (funkční) slovesa byla nahrazena přídavnými jmény a započítána do matice – např. minerální prameny → ty se využívají → lázeňství, bylo počítáno jako minerální prameny → využití → lázeňství, aby nedocházelo ke ztrátě či zkreslování pojmů a vazeb.

5 Výsledky výzkumu

5.1 Vyjádření pojmu před a po exkurzi

Vstupní prekoncepty žáků reprezentované konceptovou mapou *před exkurzí* (tab. 1) ukazují na správnou představu o tom, co je *rašeliníště*, konstatují, že je tam rašelina, kyselá půda, vlhko, rašeliníky, rosnatky, tučnice, borůvky. Tři žáci řeší i vznik rašeliníště – nahromaděním odumřelých těl rostlin. Dva žáci popisují využití rašeliny pro zábaly, koupele a hnojení. Dva žáci mají představu o tom, kde se rašeliníště vyskytují (Soos, Tříjezerní slať). Byl zaznamenán pouze jeden zásadní miskonecept, a to záměna vzniku rašeliny se vznikem černého uhlí.

Pojem *slanisko* činil žákům daleko největší potíže. Dokonce v jednom případě se žák vůbec nepokusil o vysvětlení. Šest žáků se omezilo na konstatování, že je to oblast se slanými půdami. Pět žáků uvedlo jinou odpověď.

Lázeňství je obecně známým pojmem a nečinilo ani problémy při vysvětlování před ani po exkurzi. U dvou žáků byly zaznamenány dva miskonecepty vztahující se k léčivým pramenům a mofetám.

Minerální vody podobně jako pojem lázeňství nečinily problémy vysvětlit, přestože někdy nebyla vysvětlení přesná (někdy jsou uvedeny rozpuštěné minerály namísto minerální látky – nahlížíme na tuto skutečnost tedy tak, že některé minerály jsou rozpustné a jejich rozpuštěním mohou vznikat rozpuštěné minerální látky). Dva žáci správně lokalizovali, kde se minerální vody v ČR nacházejí. Jeden žák se o vysvětlení pojmu před exkurzí nepokusil.

Bučina byla vysvětlována před exkurzí jako bukový les, jen v jednom případě byl zaznamenán miskonecept (tab. 1: C). Žák G a H uvádí nepřesné odpovědi, místo, kde rostou buky, může být i skupinka buků v parku, v druhém případě není uvedeno, že tam rostou buky.

Po exkurzi (tab. 2) došlo u pojmu *rašeliníště* k mírnému zhoršení, všichni žáci však smysluplněji popisují vznik rašeliny, avšak ve snaze se přesně vyjádřit se dva žáci dopustili nepřesnosti. U jednoho žáka vzniká nový miskonecept, kdy zaměňuje proces rašelinění (pomalý rozklad organické hmoty při nadbytku vody a nedostatku vzduchu), hnití (rozklad organické hmoty za nedostatečného přístupu vzduchu) a tlení (rozklad organické hmoty za přístupu vzduchu). V jednom případě je chybně datován vznik rašeliníšť. U dvou žáků se zvýšil počet typických zástupců pro rašeliníště (klikva bahenní, suchopýry). Všichni žáci po absolvování exkurze přesněji vymezují pojem rašeliníště (tab. 1, 2).

U pojmu *slanisko* byly po exkurzi zaznamenány dva miskonecepty, který uváděl výskyt zmenšených forem rostlin (nanismů), endemický rožec, což není vůbec typické pro slaniska, ale pro hadcové skalky, které byly během exkurze také navštíveny. V jednom případě je patrná snaha po exkurzi uplatnit nabyté poznatky, zpřesnit a rozšířit své tvrzení. Žák však uvádí pouze rodový název skřípínce, který zahrnuje více druhů a ty nemusí být svým výskytem vázány na slaniska. V NPR Soos byl demonstrován skřípínce Tabernaemontanův (*Schoenoplectus tabernaemontani*). V jednom případě je uvedena skřípina, což vzniklo patrně na základě záměny rodových názvů skřípínce a skřípina, skřípina lesní (*Scirpus sylvatica*) není pro slaniska typická. Také je v jednom případě popisován výskyt náletových dřevin⁶, což není to typické pro slaniska, ale pro jakýkoliv biotop bez zastoupení dřevin. Došlo k mírnému zlepšení (o jednoho žáka více správných odpovědí), ovšem evidentně zde nedošlo vůbec k zastrukturování pojmu.

Ve vysvětlení pojmu *lázeňství* došlo po exkurzi k mírnému zlepšení, žáci používali k vysvětlení pojmu poznatky nabyté během exkurze. Tyto poznatky nepropojili s prekoncepty (např. radon a Krušné hory po exkurzi nebyly zmiňovány). Po exkurzi došlo k výraznějšímu zastrukturování pojmu a propojení s minerálními prameny a rašelinou.

Pojem *minerální vody* po exkurzi tři žáci formulovali správně, osm ne zcela přesně, všichni žáci odpovídali. V jednom případě odpověď zněla: „vody obohacené“, ale není už uvedeno čím. Pravděpodobně by bylo potřeba ještě poznatky upevnit dalším opakováním.

Bučina jako pojem zaznamenala posun u žáků jak v množství informací, tak v jejich zastrukturování (cf. tab. 1, 2). Bylo zachyceno pět miskoneceptů u čtyř žáků, např. květin a bylin – což v tomto pojetí, tj. jako podrost bukového lesa je totožné, pak jírovec jako typický druh pro bučiny, což je ve skutečnosti nepůvodní druh ČR, kolotočnice namísto kolotočník, dále naprosto mylná informace o hadovci (namísto hadci) a lepším uvolňováním minerálních látek. Ve skutečnosti na serpentinu je uvolňování živin problematické

⁶S výskytem náletových dřevin se lze v NPR Soos setkat.

Tab. 1: Vysvětlení pojmů žáky před exkurzí

Legenda: A–K – jednotliví žáci, 0 – žák neodpověděl, 1 – úplný prekoncept, 2 – neúplný prekoncept, 3 – miskoncept – jsou vyznačeny *kurzívou*

pojem žák	rašelinště	slanisko	Lázeňství	minerální vody	Bučina
A	1 rašelina, mokro, Soos, možnost propadnutí se, kyselá půda	2 NaCl	1 lázně, KV, KV kraj, zábaly (rašelina), léčení onemocnění	1 vřídlo, Rudolfův pramen, teplá minerální voda, Magnesia, Mg, S, Karlovarsko	1 místo (kopec, les), kde rostou jen buky
B	1 místo pokryté rašeliníkem obecným – jeho části vytvářejí rašelinště	0	1 činnost lidí ve městech s léčivými prameny, pomoc lidem s nemocemi, např. pohybové ústrojí	2 voda s obsahem minerálů, <i>vitaminů</i> , př. Mg, K, Ca	1 místo s vysokým výskytem buků s různými rostlinami
C	1 rašeliník rostoucí nahoru, odumírající ze spodu, strašidelný příběh, který se odehrává v rašelinšti	1 rozsáhlá oblast se slanou půdou	2 náš školní výlet do Mariánek	2 Mg a <i>naše paní učitelka Che</i>	3 <i>bučící krávu na louce, květiny</i>
D	1 porosty rašeliníků, pod nimiž je rašelina v mokřadu, rostou zde rosnatky, tučnice atd.	3 <i>stráž, svítí zde slunce</i>	1 vytváření lázní a vydělávání na nich	2 voda, jež má vysoký obsah minerálů	1 bukový les, shnilé popadané stromy, mloci
E	1 rašeliník, rosnatka okrouhlostá, Soos, Tříjezerní slať, borůvky, žluťásek borůvkový	1 okraje silnic, slanobýl, oblast nasycená NaCl a KCl	1 lázně, rašelina, radon, Krušné Hory, Karlovy V.	1 Vincentka, Luhačovice, Mattoni, KV, vřídlo	1 buk, listnatý les
F	1 místo, kde se na sebe navrstvily odumřelé části rostlin, za vzniku této kyselé půdy. Rašelina – různé zábaly a koupele.	2 zde se mohou objevovat různé min. prameny, je zde specifická půda	1 souvisí s léčivými prameny, zaměřuje se na lidi, kteří mají nějaký zdravotní problém a pomocí různých kúr se snaží pomoci	1 voda s obsahem min. l obvykle vyvřívající ze země ve formě různých pramenů	1 les zastoupený zejména buky
G	1 místo, kde roste rašeliník a vytváří vrstvy, které jsou vhodné pro hnojení	1 zamokřená půda, která obsahuje větší množství solí	1 pracovní oblast, kde pracují lidé, kteří pomáhají druhým lidem s potížemi tím, že jim zprostředkují využití léčebných pramenů a ruz. procedur	1 vody obohacené o min. látky, které mohou působit léčebně pro lidské tělo, jsou to tvrdé vody	2 les, který je častý v ČR, a rostou v něm jehličnaté i listnaté stromy
H	1 kyselé prostředí, rašeliníky, břízy, bažinaté prostředí se zrádnými mokřady	1 místo, kde je silně slané prostředí, prameny s obsahem vody vyschnou a nechají půdu slanou	1 lázně k rehabilitaci lidí, léčebné procedury (termální a minerální prameny), lázeňská městy, dlouhá tradice díky pramenům	1 vody s vyšším obsahem rozp. min, mohou mít léčebné účinky, ale mohou způsobit i střevní potíže	2 místo, kde rostou buky
I	3 místo, jehož vznik zapříčinili stromy (např. přesličky), rostoucí v prvohorách, které napadaly v minulosti do bahna (rašelina), dnes využívána jako uhlí	3 <i>rozsáhlejší území pokryté několika skalami – vyvýšenina</i>	2 oblast v okolí lázní s výskytem léčivých pramenů, <i>průmysl zabývající se zlepšováním kvality daných lázní</i>	2 vody pramenící v okolí lázní (někt. léčivé prameny), s vyš. obsahem minerálů (0,8 mg/l)	1 lokalita, na kt. rostou převážně buky = bukové lesy
J	1 místo, kde roste rašeliník – vzniká rašelina	1 místo, kde je v půdě a vodě normálně vys. konc. solí	1 léčebné kúry (např. léčba pohyb. ústrojí, obezity, atd)	2 vody s vyšším obsahem někt. minerálů, než je obvyklé	1 les složený z buků
K	1 oblast s výskytem rašeliny	1 oblast se slan. půdami	1 oblast s léčbou minerálními prameny	0	1 bukový les

Tab. 2: Vysvětlení pojmů žáky po exkurzi

Legenda: A–K – jednotliví žáci, 0 – žák neodpověděl, 1 – správné vymezení pojmu, 2 – neúplné vymezení pojmu, 3 – miskoncept – jsou vyznačeny *kurzívou*

pojem žák	rašelinště	Slanisko	Lázeňství	minerální vody	bučina
A	3 místo porostlé rašeliníkem, který na povrchu dorůstá a <i>pod povrchem uhnívá</i> – rašelina	1 místo vykrystalizování soli (Glauberovy)	1 obor zabývající se léčbou nemocí lázeňskou formou (koupele, zábaly)	2 voda s vyšším obsahem minerálů (Fe, Mg, K) (až 2000 mg/l)	2 les s buky, kde rostou hlavně buky, roste zde pod stromy mnoho <i>květín a bylin</i>
B	1 místo, které vzniklo ve čtvrtohorách z rašeliníku, stále tyto procesy pokračují	0	1 medicína, léčivé prameny	2 voda s vyšším obsahem minerálů, 5 mg/l)	1 místo s hlavními stromy – buky
C	1 zarostlá vodní plocha rašeliníkem	1 slaná plocha půdy	1 léčení minerálními vodami, bahnem	2 vody se zvýšeným obsahem minerálů	1 les z buků
D	1 porosty rašeliníku, kt. nekonečně roste, dole se rozkládá, nahoře přirůstá, rozložený rašeliník tvoří rašelinu, masožravky, klikva bahenní, suchopýry	3 <i>světlé mokré stráně, skřípince</i>	1 vytváření lázní	2 vody se zvýš. obsahem minerálů, více typů, léčivé dovednosti, <i>alespoň 20 g až 2000 g/l</i>	2 bukový les s hojným podrostem, vrání oko čtyřlísté, svízel vonný, <i>kolotočnice zdobná</i> , devětsil bílý, silenka dvoudomá, šťavel kyselý
E	1 podmáčená oblast s mechem rašeliníkem a kyselomilnými rostlinami	1 podmáčená oblast s vývěrem slané, minerální vody	1 využívání minerálních vod na léčení lidí	2 voda s vysokým obsahem minerálů	1 monokultura buků
F	2 místo, kde za nepřístupu vzduchu „hnijí“ odumřelé části rostlin, zejména pak rašeliník – konec průběžně odumírá, ale roste pořád – výskyt rosnatky okrouhlolisté	2 oblast (lokality) s kyselejší půdou, <i>rostou zde náletové dřeviny (bříza, vrba)</i> , výskyt vodních ptáků, rostliny zvyklé na tento druh půdy (<i>skřípina</i>)	1 nejvíce zastoupeno v SZ Čechách, mnoho léčivých pramenů, využití rašeliny	1 SZ Čechy, ze země vyvěrají prameny bohaté na min. látky (5mg/l – minimálně), mají léčivé účinky	3 les, kde jsou zejména buky (dub, <i>jírovec</i> , javor), u nás nemají tak dobrý podrost, v okolí ML ano, díky hornině – <i>hadovci – lepší uvolňování min. látek</i>
G	1 zamokřené místo, kde neroste jenom rašeliník, ale i další rostliny (vřes), brusnice borůvka, suchopýr pochvatý a vytváří se zde rašelina	1 zamokřené místo, pro které je typický obsah soli v půdě – žijí zde rostliny a živočichové přizpůsobení těmto podmínkám (zasolení dochází díky protékání min. pramenů)	1 balneologie – obor, kt. se zabývá min. prameny (vodami), a jejich úč. na lidský org.	1 tvrdé vody, kt. obsahují rozpuštěné min. látky (nad 5 mg/l), mohou mít léč. účinky, mohou obsahovat – Fe, I, Ba, As, a probublávat H ₂ S, CO ₂	1 les, ve kt. převažuje buk lesní a je častým lesem v ČR, v případě ML zde rostla bohatá květena – způsobeno ultrabazickými ionty (konkr. hornina rohovec)
H	1 vzniká za nepřístupu vzduchu rozkladem rašeliníku, ložiska rašeliny	1 oblast, kde je půda slaná – min. prameny, za sucha může být i vykrystalizovaná, halofilní rostliny	1 využívá léč. min. pramenů, rekreace a rehabilitace lidí	2 vody s vyšším obsahem minerálů, max. 2000 mg/l, zdraví prospěšná	1 místo, kde je velké množ. buků, většinou tam není moc kvetoucích rostlin, Mar. Lázně – výjimka kvůli jiným horninám
I	2 vznik ve třetihorách, proces trvá do dnes, roste zde rašeliník – nikdy neodumře, je ho spousta, část odumře, ale v horní části opět doroste	3 oblast s častým výskytem jedinečných a původních rostlin, <i>zmenšené formy rostlin = přizpůsobení prostředí, endemity (ročec), vzácné</i>	2 léčitelství využívá se zde hlavně léčivých a minerálních pramenů a také léčivých <i>výparů plynů (např. síry) z rašeliníšť</i>	1 vody s vyšším obsahem min. látek – 50–200 mg/l, některé jsou využívány k léčení	2 bukový les, často bez podrostu, bučina u <i>Františkových L.</i> – bohatá půda na bazifyty – bohatý lesní podrost
J	1 místo, podložím je z převážné části rašelina	1 místo, kde je v půdě hodně soli	1 obor, který se zabývá léčením chorob pomocí pramenů nebo jiného přírodního materiálu, který se vyskytuje	2 voda obohacená o minerály	1 „les“, kde převažuje buk

K 1 Oblast, jejímž přírodním základem je rašelina či materiály jí podobné	1 oblast se slanými půdami	1 oblast medicíny léčící pomocí minerálních vod a jiných přírodních materiálů souvisejících s minerálními vodami a rašelinou	2 vody obohacené	1 oblast s bukovým porostem
---	----------------------------	--	------------------	-----------------------------

(nachází se na Křížkách), a nevyskytují se (vyjma ukázky v Geologickém parku) na Žižkově vrchu, který je budován bazickými horninami se snazším uvolňováním živin. Celkem sedm žáků odpovědělo zcela správně (oproti osmi před exkurzí), tři odpověděli nepřesně a jeden chybně, došlo tedy v celkovém skóre k mírnému zhoršení.

5.2 Zastrukturování pojmů pomocí konceptových map před a po exkurzi

Z celkových konceptových map před exkurzí vyplývají následující zjištění:

Počet konceptů a hlavní koncept

Sedm žáků před exkurzí nejčastěji rozpracovávali koncept *lázeňství* a čtyři *rašeliniště* a tři žáci *minerální prameny* (tab. 3). Celkem se pouštěli do podrobnějšího rozpracování 3–5 konceptů, ale často pouze spojili jednotlivé pojmy mezi sebou s minimálním doplněním dalších pojmů.

Tab. 3: Práce žáků s konceptovými mapami před exkurzí

Legenda: A–K – konceptové mapy jednotlivých žáků, hlavní koncept – nejvíce rozvinutý koncept (tedy takový pojem, který je propojen s nejvíce dalšími pojmy) je vyznačen kurzívně, nekurzívně jsou uvedeny i další rozvíjené koncepty

žák	koncept	propojení		úroveň	křížová propojení		Miskoncept	hlavní koncept	počet všech pojmů
		správná	všechna		správná	nesprávná			
A	4	7	7	1	0	0	0	<i>lázeňství</i>	7
B	4	8	8	1	0	0	0	<i>minerální vody, lázeňství</i>	19
C	5	16	17	2	3	1	komáři – minerální vody (komáři příliš nejsou v minerálních vodách)	<i>rašeliniště, lázeňství, minerální vody</i>	15
D	5	30	30	3	0	0	0	<i>rašeliniště, slanisko, lázeňství, minerální vody, bučina</i>	38
E	5	8	8	2	8	0	0	<i>lázeňství</i>	9
F	5	24	24	2	4	0	rašeliniště – slanisko	<i>rašeliniště, slanisko, lázeňství, minerální vody, bučina</i>	30
G	5	27	27	3	1	0	0	<i>rašeliniště, lázeňství, minerální vody</i>	27
H	4	4	4	1	0	0	0	<i>lázeňství, rašeliniště</i>	7
I	4	13	15	3	1	2	rašeliniště můžeme najít ve vyvýšených oblastech nebo mezi slanisky	<i>minerální prameny</i>	16
J	5	5	5	1	0	0	0	<i>rašeliniště, slanisko, lázeňství, minerální vody, bučina</i>	8
K	3	28	28	4	0	0	0	<i>minerální vody</i>	34

Počet všech pojmů před exkurzí

Celkový počet pojmů užitých žáky před jejím absolvováním exkurze se pohybuje v rozmezí od 7 do 38, průměrně 19 pojmů (viz tab. 3), přičemž 5 pojmů bylo předem daných (*rašeliniště, lázeňství, minerální prameny, bučina, slanisko*).

Správná a nesprávná propojení mezi pojmy, miskoncepty

Celkový počet propojení mezi pojmy se před exkurzí pohyboval v rozmezí od 4 do 30, průměrně 15 propojení. Z toho došlo ke dvěma nesprávným propojením, např. komáři a minerální vody (komáři nevyhledávají minerální vody) a rašeliniště a vyvýšené oblasti a mezi slanisky (rašeliniště nejsou pouze na vyvýšených místech) a se slanisky jsou kontraktována výjimečně, např. v NPR Soos.

Křížová propojení

Před exkurzí šest žáků vůbec nepoužívá propojení mezi jednotlivými koncepty. Pět žáků používá 1 a 8 křížových propojení, průměrně 1,5. Z toho jsou 3 propojení nesprávná (komáři a minerální vody, rašeliniště a můžeme je najít ve vyvýšených oblastech nebo mezi slanisky).

Počet úrovní

Žáci před exkurzí zastrukturovali pojmy do 1 až 4 úrovní (tab. 3).

Z celkových konceptových map *po exkurzi* vyplývají následující zjištění:

Počet konceptů a hlavní koncept

Po exkurzi se počet konceptů zvýšil na celkem 4–6 konceptů (viz tab. 4), u šesti žáků přibyl další koncept. Pouze u jednoho žáka se počet rozpracovávaných konceptů o jeden snížil. Po absolvování exkurze je nejčastěji rozpracován jako hlavní koncept *minerální vody* (5 žáků). Dále *rašeliniště* (4 žáci), a pak shodně tři žáci rozpracovávají *lázeňství* a *bučinu*. Žádný žák nerozpracovává jako hlavní koncept slanisko (možná i proto, že se jedná o pojem, se kterým se dosud příliš nesetkali).

Tab. 4: Práce žáků s konceptovými mapami po exkurzi

Legenda: A–K – konceptové mapy jednotlivých žáků po exkurzi, hlavní koncept (nejvíce rozvinutý koncept je vyznačen kurzívou), nekurzívně jsou uvedeny i další rozvíjené koncepty

žák	koncept	propojení			křížová propojení		Miskoncept	hlavní koncept	počet všech pojmů	nové pojmy	Ubylo pojmů
		správná	všechna	úroveň	správná	nesprávná					
A	5	10	10	2	1	0	0	<i>lázeňství</i>	11	3	1
B	4	15	15	2	2	0	0	<i>minerální vody, rašeliniště</i>	19	9	2
C	5	4	4	1	0	2	rašeliniště tvoří kyselá půda, minerální voda tvoří slanisko	<i>minerální vody</i>	6	2	9
D	5	38	38	3	0	3	vyvýšená rašeliniště (namísto vrchoviště), bahenní sopky (namísto mofety), mufáty	<i>rašeliniště, slanisko, lázeňství, minerální vody, bučina</i>	43	7	10
E	4	6	6	1	0	0	0	<i>lázeňství</i>	7	0	3
F	5	29	29	2	1	1	rašeliniště propojené se slaniskem	<i>bučina, minerální vody, rašeliniště</i>	36	17	3
G	5	74	74	5	6	1	prohozené suchopýry u typů rašelinišť	<i>bučina</i>	75	57	2
H	4	10	10	2	0	1	rašeliniště – jen málo živočichů	<i>lázeňství</i>	11	5	1
I	5	0	0	3	4	2	skalisko (místo slanisko) – bučina, bahenní (suché) sopky	<i>rašeliniště</i>	24	4	3
J	6	14	14	3	2	0	0	<i>minerální vody</i>	11	3	1
K	4	70	69	4	0	2	minerální vody – mofety, acidofyty – čedič	<i>minerální vody</i>	47	23	1

Počet všech pojmů po exkurzi a počet nových pojmů po exkurzi

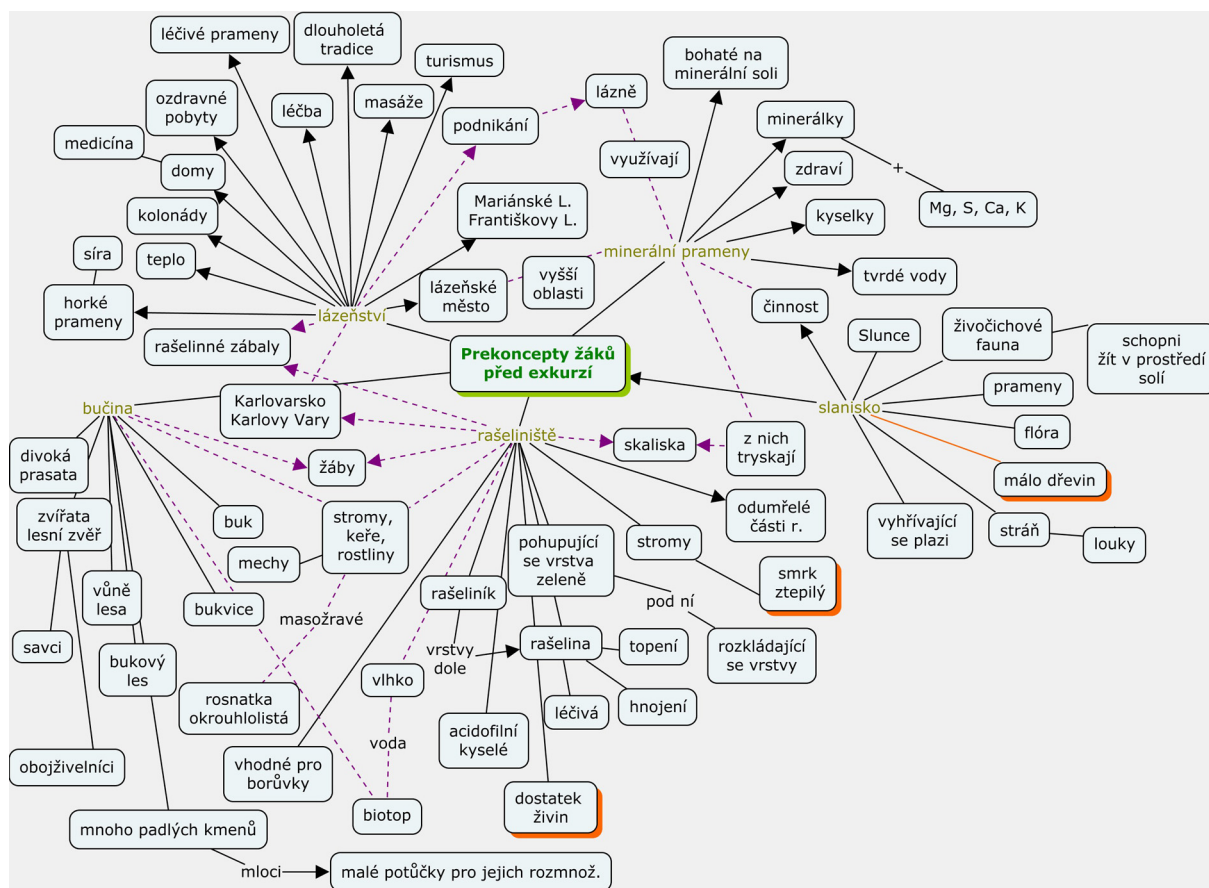
Po absolvování exkurze se počet pojmů zvýšil, pohyboval mezi 7 a 75 pojmy, průměrně 27 pojmů (tab. 4). U většiny žáků počet pojmů po exkurzi vzrostl, pouze u dvou se snížil (z 19 na 9 a z 9 na 7). Počet nových pojmů v konceptové mapě po exkurzi, které nebyly v konceptové mapě před exkurzí, se pohyboval od 3 do 57, u třech žáků se neobjevil žádný nový pojem, průměrný nárůst nových pojmů je 11. Po exkurzi se

v pojmových mapách objevila řada pojmů, které se žáci dozvěděli během exkurze, ale naopak zmizely i správné pojmy, které byly v pojmových mapách před exkurzí.

Správná a nesprávná propojení mezi pojmy, miskoncepty

Po absolvování exkurze se počet propojení pohyboval mezi 4 a 74, průměrně 24 propojení. Objevují se zde i nevhodná propojení, např. rašeliníště tvoří kyselá půda a minerální voda tvoří slaniska, což takto nelze propojit. Chybně je propojeno rašeliníště a jen málo živočichů, což nemusí být pravda. V jedné konceptové mapě jsou minerální vody spojovány s mofetami. Chybně jsou propojovány acidofyty a čedič, s čedičem by měli být propojeny bazifyty.

Kromě sedmi chybných propojení se zde objevují i tři nové miskoncepty, jako např. vyvýšená rašeliníště místo vrchoviště, bahenní sopky, bahenní (suché) sopky či mufáty namísto mofety, což jsou na rozdíl od bahenních sopek suché výrony CO_2 a H_2S . Dále je jako dominantní na vrchovišti uváděn suchopýr úzkolistý a jako převládající na místech s větší dotací vody suchopýr pochvatý, což je naopak. Je zaměňován pojem skalisko a slanisko. Po exkurzi se počet miskonceptů i počet chybných propojení zvýšil (cf. obr. 3, 4). Miskoncepty, které se objevovaly před exkurzí, už se neobjevují, pouze v jednom případě – propojení rašeliníště se slaniskem, ale u jiného účastníka než před exkurzí.



Obr. 3: Souhrnná konceptová mapa před exkurzí; oranžově jsou podbarveny miskoncepty, zelenohnědě hlavní koncepty a fialově křížová propojení (vytvořeno v programu CMapTools; <http://cmap.ihmx.eu>)

Křížová propojení

Po exkurzi 6 žáků použilo křížová propojení, počet křížových propojení se pohybuje mezi 1 a 5, průměrně 1,3. V jednom případě se vyskytlo chybné křížové propojení (rašeliníště a slanisko). Zastrukturování pojmů je evidentně pro žáky velmi obtížné, a navíc nedochází k propojení mezi prekoncepty a novými pojmy.

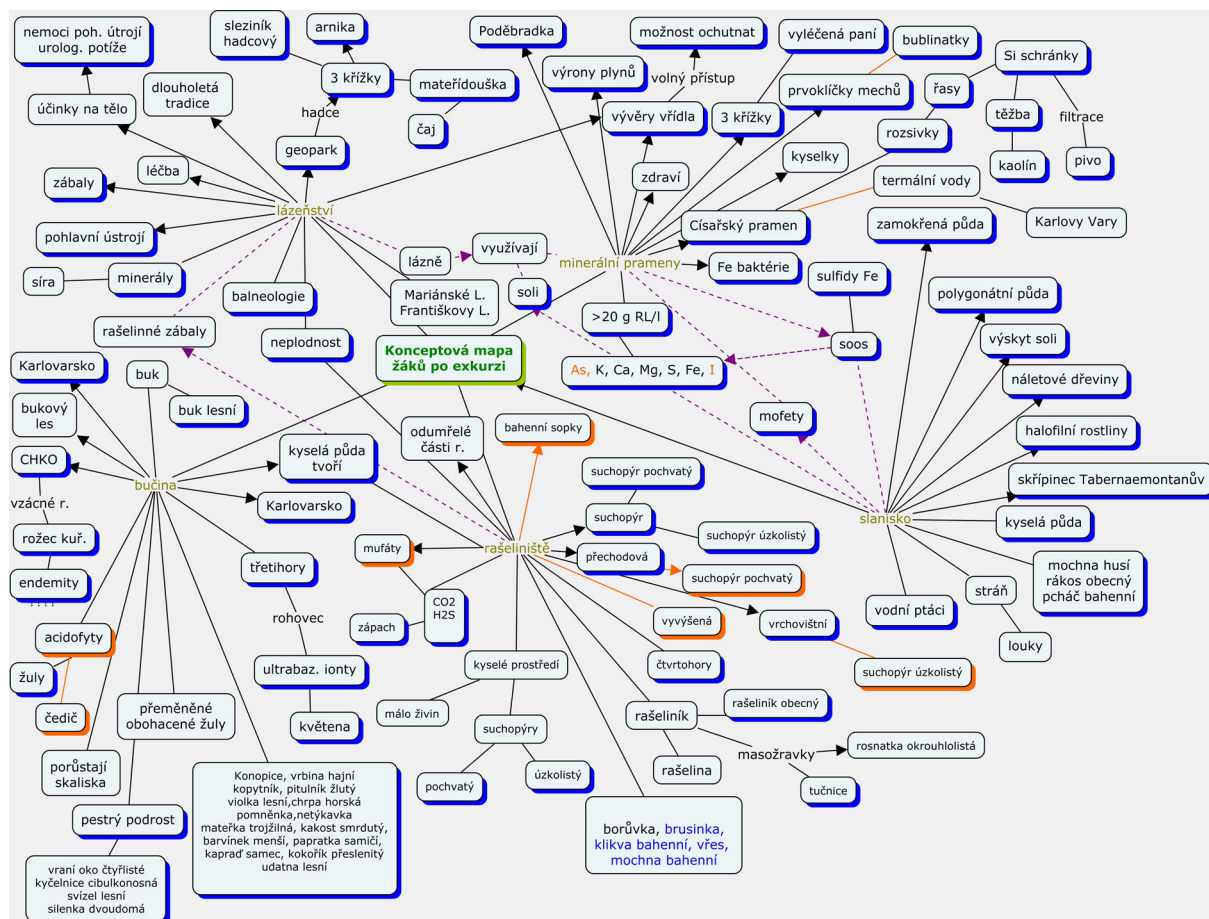
Počet úrovní

Žáci po exkurzi zastrukturovali pojmy do 1 a 5 úrovní. Průměrný počet použitých úrovní se po exkurzi zvýšil ze 2 na 2,5.

Porovnání celkové konceptové mapy vytvořené ze všech konceptových map žáků exkurze před a po exkurzi ukazuje zvýšení počtu použitých pojmů. Nejvíce pojmů přibýlo u konceptu minerální prameny, naopak koncept lázeňství je téměř shodně propracován jako před exkurzí.

V celkové konceptové mapě před exkurzí (obr. 3) byly pouze 3 zásadní miskoncepty, rašeliniště a dostatek živin (ve skutečnosti je rašeliniště oligotrofní až dystrofní stanoviště) a stromy na rašeliništi a smrk ztepilý (typické pro rašeliniště, která byla navštívena, jsou borovice, hlavně borovice blatka – *Pinus rotundata*). Před exkurzí bylo zaznamenáno i chybné propojení mezi slaniskem a málo dřevin, na navštívených slaniscích byly pouze náletové dřeviny, ale dřeviny typické pro slaniska se zde vůbec nevyskytovaly.

Po exkurzi přibýlo 37 názvů druhů rostlin u jednotlivých ekosystémů rašeliniště, bučina, slanisko (obr. 4).



Obr. 4: Souhrnná konceptová mapa po exkurzi; oranžově jsou podbarveny miskoncepty, zelenohnědě hlavní koncepty a fialově křížová propojení (vytvořeno v programu CMapTools; <http://cmap.ihmx.eu>)

Po exkurzi se počet miskonceptů⁷ zvýšil na pět, problém dělaly žákům hlavně mofety a bahenní sopky jako nové pojmy, které byly vysvětlovány a rovněž zastrukturování bylo obtížné (7 chybných propojení, např. prvoklíčky mechů a bublinatky – nemají spolu nic společného, Císařský pramen a termální vody, opět Císařský pramen nesplňuje předpoklady termální vody). Po exkurzi se žáci více pokoušeli propojovat jednotlivé koncepty, i když velmi jednoduchým způsobem. Přestože se nezvýšil celkový počet úrovní, do kterých žáci zastrukturovali pojmy, zásadně se zvýšila frekvence použití víceúrovňového zastrukturování pojmů.

Jak již bylo uvedeno, v konceptové mapě po exkurzi je řada nových pojmů i nových propojení, ale zjevně nedošlo k propojení prekonceptů a nově nabytých pojmů, jen výjimečně dochází k jejich zastrukturování. Zároveň se však některé pojmy po exkurzi v konceptových mapách neobjevily. Jednalo se o 1–10 pojmů: biotop, medicína, domy, nebezpečí, rostliny, žáby, mechy, voda, léčba, turismus, teplo, minerály, vrstvy, mokřady, plazi, podnikání, Mariánské Lázně, Františkovy Lázně, zdraví, kmeny, savci, obojživelníci, fauna, flóra, biotop, kolonády, železité prameny, divoká prasata, lesní zvěř, masáže, rašelinné zábaly, acidofilní půda, vřes, smrk ztepilý, vyvěrají a zdraví (viz tab. 4). Chybí také jednoduchá

⁷Miskonceptce může vzniknout nejenom tak, že žák přiřazuje prezentovaným slovům či znakům chybnou představu, ale také tehdy, když k nim není schopen přiřadit představu žádnou (Hejný, et al., 1989, s. 29, cit. podle Mareš & Ouhrabka, 1992, s. 86).

propojení, která žáci jistě znají, např. žáby – obojživelníci – zvířata, rostliny – borůvky, divoká prasata – zvířata – savci. Obtížnější propojení, které se neobjevilo v konceptové mapě po exkurzi, např. halofilní rostliny a skřipinec *Tabernaemontanus*.

Porovnáním pojmů byla zjištěna 31% shoda mezi konceptovou mapou před a po exkurzi (CmapTools).

5.3 Vizualizace souhrnu konceptových map před a po exkurzi (pomocí Gephi)

Na první pohled je patrné, že po exkurzi je konceptová mapa daleko bohatší, což je vyjádřeno zvýšeným počtem uzlů a hran (obr. 5, 6). Po exkurzi žáci rovněž více vypisovali názvy rostlin, pramenů, měst apod. Před exkurzí hlavními koncepty (pojmy) byly: rašeliniště, lázeňství, minerální prameny, bučina, slaniska. Po exkurzi to byly pojmy rašeliniště, minerální vody, bučina, slaniska, lázeňství. Tyto hlavní pojmy se po exkurzi nezměnily, ale jejich počet byl po exkurzi relativně menší, zatímco celá síť pojmů se zvětšila, tj. obohatila se struktura prekonceptů, jak je má k dispozici „společenství myslí“ v této skupině žáků (počet vzájemně navazujících slov). Lze proto předpokládat, že dialog v takto „obohacené“ skupině žáků by byl obohacený v terminologii i na úrovni vědomí souvislostí mezi pojmy.



Obr. 5: Vizualizace konceptových map před exkurzí (pomocí softwaru Gephi); počty: uzly (slova): 75, hrany (spojení): 177



Obr. 6: Vizualizace konceptových map po exkurzi (pomocí softwaru Gephi); počty: uzly (slova): 145, hrany (spojení): 322

6 Diskuse

Škola je často kritizována za to, že si vystačí s reprodukováním učiva, nezabývá se příliš tím, jak žák učivu porozuměl, co si pod odříkávaným učivem představuje, jak o něm uvažuje. V zásadě se tím kritizuje, že žáci nepoužívají přemýšlení a komunikace „do hloubky“, tj. opřené o logiku a významové vazby mezi pojmy. Abychom se mohli touto kritikou začít věcně zabývat, potřebujeme nástroj a metodiku pro zkoumání sémantických a logických vazeb ve struktuře žákovských prekonceptů. Z analýzy literatury uvedené výše v oddíle 4.3 Metoda konceptového mapování vyplývá, že příhodným nástrojem pro tento typ zkoumání jsou konceptové mapy.

V tomto sdělení informujeme o využití metodiky založené na konceptovém mapování kognitivní struktury prekonceptu. Výzkum založený na uplatnění konceptových map realizovali u nás počátkem milénia Doulík a Škoda (2003, s. 181–182) ve školním prostředí. Jejich přístup byl postaven na kvantitativní a kvalitativní vyhodnocení žákovské odezvy na několik fixních „zastrukturovacích schémat“. Ta byla podkladem pro komparace mezi žáky a pro zpracování hromadných údajů.

Náš výzkum na rozdíl od toho ponechal žákům volnost při tvorbě konceptové mapy, takže kvalitativní změny struktury v prekonceptu (tj. změny „míry zastrukturování“) jsme mohli sledovat bezprostředněji ve vztahu k tvorbě mapy. Náš výzkum měl však mnohem užší časový rozsah než citovaný výzkum Doulíka a Škody (2003), kteří sledovali vývoj v intervalu 3.–9. ročníku základní školy. Naší výhodou ale je, že díky velmi krátkému časovému intervalu můžeme modifikaci prekonceptů jednoznačněji připsat vzdělávacímu vlivu výuky (nemusíme se zabývat jinými možnými vlivy mimo výuku). Shodně s citovanými autory jsme zjistili pozitivní změny ve struktuře prekonceptů způsobené výukou.

V mimoškolním prostředí, v rámci přírodovědné exkurze, byla při využití konceptových map ve výzkumech věnována pozornost především kognitivní oblasti žákovského chápání obsahu jednotlivých pojmů, žákovského chápání vztahů mezi nimi. Porovnání pojmových map před a po exkurzi v různých výzkumech ukázalo na rozšíření pojmového aparátu zúčastněných žáků. Pozitivní vliv terénních exkurzí na přírodovědné znalosti a porozumění vzájemným vztahům v přírodě zdůrazňují ve své studii např. Erdogan, Usak a Bahar (2013). Současně s tím uvádějí, že vliv na postoje je zanedbatelný.

V naší studii jsme se s tímto výzkumem shodli v pozitivním vlivu terénní exkurze na rozvoj přírodovědných znalostí a porozumění vzájemným vztahům v přírodě. Nevěnovali jsme se však vlivu na postoje žáků k přírodě. Jak jsme vysvětlili výše, náš vzorek žáků byl charakterizován zvýšenou motivací v tomto směru a nepovažovali jsme za potřebné se jejich postojům detailněji věnovat.

Erdogan (2015) uvádí v různých svých studiích protichůdné závěry o míře a kvalitě vlivu výuky. V roce 2015 zjistil pozitivní efekt přírodovědné exkurze na posílení environmentálních znalostí a postojů u žáků, ale ve své dřívější studii z roku 2011 hodnotil dopad na znalosti a postoje jako nevýznamný. Pozitivní vliv terénní výuky na žákovské znalosti potvrzují z nedávné doby Činčera a Holec (2016).

Národní rada pro výzkum USA (2009, s. 130 a 132) zdůraznila důležitou roli exkurzí a akcentovala rovněž dlouhodobý dopad exkurzí na změny postojů žáků k přírodě a přírodním jevům, což zmiňují i další autoři (Anderson et al., 2003; Storkdieck, 2006; Greene et al., 2014). Podle práce Andersona a Zhanga (2003) 90 % učitelů považuje terénní exkurze za velmi hodnotný výukový prostředek s motivujícím efektem.

Z našich výsledků je zřejmé, že motivovaní žáci druhého stupně ZŠ a gymnázií jsou během exkurze schopni si zapamatovat relativně velké množství pojmů na různých úrovních, od obecných pojmů (např. geopark) až po názvy jednotlivých druhů rostlin (např. arnika, sleziník hadcový), ale mají problémy s jejich zastrukturováním. Projevuje se to ve faktu, že ve svých konceptových mapách téměř nepoužívají propojovací slova, přestože při vysvětlování principu tvoření konceptové mapy na příkladu „rodiny“ všichni tohoto propojení byli schopni.

Jsme si vědomi toho, že hodnocení reálného vzdělávacího přínosu terénní výuky pro kvalitu modifikace prekonceptů žáků je jistě možné až s určitým časovým odstupem. Jak výstižně formulovali Mareš a Ouhrabka (1992, s. 86):

Do hry vstupuje jak učitel (nakolik se k učivu vrací, jak jej obohacuje o nové souvislosti) i žák (jak probíhá zapomínání jednotlivých prvků učiva, nakolik se modifikuje celá síť vztahů mezi prvky učiva, jaké zkušenosti získává při práci s navazujícím učivem, v jakých situacích s učivem pracuje, nakolik pokládá dané učivo za důležité pro budoucnost atp.).

Naše sdělení si však nekladlo za cíl potvrzovat nebo obhajovat celkový vzdělávací přínos exkurze, ale bylo mnohem skromněji zaměřeno na vyhodnocení jen několika aspektů takového přínosu v oblasti kognitivní struktury prekonceptu. Naším záměrem bylo získat konkrétní podklady pro náhled na to, jak se pod vlivem výuky může modifikovat struktura žákovských prekonceptů a na jaké problémy či překážky přitom mohou žáci narážet. Vzhledem k tomu, že jsme pro své zkoumání zvolili skupinu žáků, kteří se zajímají o biologii či přírodní vědy, lze předpokládat, že zjištěné problémy či překážky by v případě

náhodně vybraného vzorku byly zřetelnější, zatímco přínosy exkurze ve sledovaných aspektech u méně motivovaných žáků by mohly být slabší.

V metodologické oblasti jsme v našem sdělení usilovali o návaznost teoretického pojetí prekonceptu na zkoumání kognitivních modifikací prekonceptu pod vlivem výuky. Opřeli jsme se nejprve o myšlenku tzv. „zastrukturování“ prekonceptu v analogii k strukturálnímu pojetí pojmu (Materna, 1995, 1997; Doulík & Škoda, 2003; Slavík et al., 2017; Kohout et al., 2019).

Na tomto podkladě jsme dospěli k teorii konceptuální změny jako k výkladovému rámci, který dovoluje vysvětlovat modifikaci prekonceptu jako proces směřující ke konceptuální změně. Jestliže je modifikace žákovského prekonceptu zacílena na porozumění oborům, specifikujeme ji termínem *instrumentalizace* žákovy zkušenosti, protože vede žáka k zvládnutí poznávacích a komunikačních instrumentů oboru.

Teorie konceptuální změny je mimo jiné příhodná tím, že ji lze uplatnit nejenom s ohledem na jednotlivé žáky, ale i v širších souvislostech společnosti („společensví myslí“; srov. Slavík et al., 2017, s. 45–47), např. ve školní třídě nebo dokonce při historickém vývoji poznávání v oborech (srov. Posner et al., 1982).

Teorie konceptuální změny klade důraz na komplexní strukturální pojetí konceptů, resp. prekonceptů. Proto ke konkrétnímu zkoumání modifikací prekonceptů ve výuce vyžaduje takový nástroj, který umožňuje bezprostředně zachytit „zastrukturování“ prekonceptu. Tímto nástrojem jsou *konceptové mapy*.

7 Závěr

Konceptové mapy byly využity v našem výzkumu modifikace prekonceptů způsobené vzdělávacím vlivem terénní biologické exkurze. Tímto výzkumem ale můžeme přispět k ověřování možností využití konceptových map pro výzkumy modifikací žákovských prekonceptů pod vlivem jakékoliv výuky, nikoliv jen terénní exkurze. Cíl exkurze byl splněn, u žáků došlo k propojení teoretických poznatků ze školního prostředí s realitou v terénu.

Naším výzkumem byla ve shodě se zjištěním jiných autorů (viz výše v kapitole 5.2 a 5.3) potvrzena dobrá využitelnost konceptových map pro daný účel. Potenciál užití konceptových map spatřujeme nejenom pro výzkum v tom zaměření a rozsahu, který jsme realizovali, ale i pro jeho případná doplnění dalšími výzkumnými postupy (rozhovor, dotazník, ohnisková skupina apod.) nebo pro jeho pokračování ve výuce formou akčního výzkumu spolu s učiteli.

Výsledky výzkumu přinesly odpovědi na výzkumné otázky a naplnily cíl výzkumu. Na základě diagnostiky vstupních prekonceptů žáků/účastníků na počátku exkurze ve srovnání s modifikovanými prekoncepty těchto žáků v závěru exkurze bylo zjištěno, že po exkurzi došlo k obohacení konceptových map žáků novými uzly (pojmy) i jejich vztahy (hranami). Došlo též k jasnější a přesnější konkretizaci konceptů na základě proběhlé exkurze a v kontextu vybrané lokality, což lze hodnotit pozitivně jako příspěvek k lepšímu obsahovému zvládnutí pojmu.

Výzkum ukázal též jeden důležitý didaktický problém, který se projevil sníženou kvalitou zastrukturování konceptových map, tj. v kvalitách provázanosti mezi pojmy v ní. Lze hypoteticky odhadovat, že důvodem může být školní výuka biologie, která je často zaměřena na memorování velkého množství odborných pojmů, a žákům unikají jejich logické vazby, které se často dostaví až s časovým odstupem. Pro analýzu platnosti této hypotézy a zjištění příčin tohoto problému by bylo nutné v budoucnu sledovat vývoj poznatků žáků s větším časovým odstupem.

Pro školní praxi lze doporučit, že by se žáci měli více učit v terénu, aby pro ně analýza a implementace školních poznatků do přírodního prostředí nebyla tak obtížná a výuka biologie a přírodopisu nebyla odtržena od každodenního života a přírody. Jak uvádí Klimešová (2015, s. 1):

Biologie je plná seznamů, které se dají učit nazpaměť, a část žáků a určitě i někteří učitelé vidí právě memorování jako cestu k pochopení předmětu (vyjmenovat všechny taxonomické skupiny a u každé tří zástupce apod.). Obor však zahrnuje také spoustu příběhů a mechanismů, na které bychom neměli zapomínat.

Poděkování

Publikace vznikla díky podpoře dotačního programu MŠMT Podpora nadaných žáků základních a středních škol v roce 2018 s názvem „Aktivity podporující přírodovědné vzdělávání nadaných žáků v Plzeňském a Karlovarském kraji II“ (0060/7/NAD/2018).

Autorky děkují recenzentům za cenné připomínky k rukopisu článku, děkují panu doc. PaedDr. Janu Slavíkovi, CSc., za konzultaci, která přispěla k projasnění vztahů teoretického výkladu k výsledkům šetření. Dále pak doc. Mgr. Aleně Nohavové, Ph.D., za technickou a metodickou podporu při zpracování vizualizace dat v Gephi.

Literatura

- Anderson, D., & Zhang, Z. (2003). Teacher perceptions of field-trip planning and implementation. *Visitor Studies Today*, 6(3), 6–11.
- Anderson, D., & Zhang, Z. (2003). Teacher perceptions of field-trip planning and implementation. *Visitor Studies Today*, 6(3), 6–11.
- Bastian, M., Heymann, S., & Jacomy, M. (2009). Gephi: An open source software and manipulating networks. In *Proceedings of the Third International ICWSM Conference*. (pp. 361–362). <https://www.aaai.org/ocs/index.php/ICWSM/09/paper/viewFile/154/1009>
- Behrendt, M., & Franklin, T. (2014). A review of research on school field trips and their value in education. *International Journal of Environmental and Science Education*, 9(3), 235–245. <https://doi.org/10.12973/ijese.2014.213a>
- Brady, E. R. (1972). *The effectiveness of field trips compared to media in teaching selected environmental concepts* [Retrospective Theses and Dissertations]. <https://lib.dr.iastate.edu/rtd/5887>
- Bruun, J., & Evans, R. (2018). Network analysis as a research methodology in science education Research. *Pedagogika*, 68(2), 201–217. <https://doi.org/10.14712/23362189.2017.1026>
- Cimer, A. (2007). Effective teaching in science: A review of literature. *Journal of Turkish Science Education*, 4(1), 1–25. <http://citeseeerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.125.4441&rep=rep1&type=pdf>
- Clark, E. C. (1943). An experimental evaluation of the school excursion. *Journal of Experimental Education*, 12(1), 10–19.
- Crawford, C. C., & Grinstead, R. W. (1930). The use of the excursion in teaching commercial geography. *The Journal of Geography*, 29(7), 301–306.
- Čáp, & Mareš, (2001). *Psychologie pro učitele*. Praha: Portal. 656 s.
- Čapek, R. (2015). *Moderní didaktika. Lexikon výukových a hodnoticích metod*. Grada.
- Činčera, J., & Holec, J. (2016). Terénní výuka ve formálním vzdělávání. *Envigogika*, 11(2), 1–19. <https://doi.org/10.14712/18023061.533>
- DeWitt, J., & Storksdieck, M. (2008). A short review of school field trips: Key findings from the past and implications for the future. *Visitor Studies*, 11(2), 181–197. <https://doi.org/10.1080/10645570802355562>
- Di Sessa, A. A. (2007). Changing conceptual change. *Human Development*, 50, 39–46.
- Di Sessa, A. A. (2008). A bird's-eye view of the "Pieces" vs "Coherence" controversy. In S. Vosniadou (Ed.), *International handbook of research on conceptual change* (pp. 35–60). Routledge.
- Doulík, P. (2005). *Geneze dětských pojetí vybraných fenoménů*. Acta universitatis Purkynianae.
- Doulík, P., & Škoda, J. (2003). Tvorba a ověření nástrojů kvantitativní diagnostiky prekonceptů a možnosti jejího vyhodnocení. *Pedagogika*, 53(2), 117–189.
- Dvořáková, M. (2013). Diagnostikování dětských pojetí společnosti studenty učitelství. *Orbis Scholae*, 7(1), 101–117. <https://doi.org/10.14712/23363177.2015.28>
- Erdogan, M. (2015). The effect of summer environmental education program (SEEP) on elementary school students' environmental literacy. *International Journal of Environmental and Science Education*, 10(2), 165–181. <https://doi.org/10.12973/ijese.2015.238a>
- Erdogan, M., Uşak, M., & Bahar, M. (2013). A review of research on environmental education in non-traditional settings in Turkey, 2000 and 2011. *International Journal of Environmental and Science Education*, 8(1), 37–57.
- Fraser, J. A. (1939). *Outcomes of a study excursion, a descriptive study*. Teachers College, Columbia University, Contributions to Education.
- Glynn, S., & Duit, R. (1995). Learning Science Meaningfully: Constructing Conceptual Models. In S. M. Glynn, & R. Duit (Eds.), *Learning science in the schools* (pp. 1–33). Lawrence Erlbaum Associates.
- Goodman, N., & Elginová, Z. E. (2017). *Nové pojetí filozofie a dalších umění a věd*. Univerzita Karlova, Filozofická fakulta.
- Gray, E. M., & Tall, D. (1994). Duality, ambiguity, and flexibility: A proceptual view on simple arithmetic. *Journal of Research on Mathematic Education*, 25(2), 116–141. <https://doi.org/10.2307/749505>
- Greene, J. P., Kisida, B., & Bowen, D. H. (2014). The educational value of field trips. *Education Next*, 14(1), 78–86.
- Hejný, M. (2003). Diagnostika aritmetické struktury. In V. Burian, M. Hejný, & Š. Jány (Eds.), *Zborník príspevkov z letnej školy z teórie vyučovania matematiky PYTHAGORAS 2003* (pp. 22–42). Exam.

- Hejný, M., Bero, P., Vantuch, J., Benešová, M., Bereková, H., Repáš, V., & Hrdina, L. (1989). *Teórie vyučovania matematiky*. Bratislava: SPN.
- Hejný, M., & Kuřina, F. (2001). *Dítě, škola a matematika*. Portál.
- Hendl, J. (2005). *Kvalitativní výzkum. Základní metody a aplikace*. Portál.
- Hrouda, L., & Chocholoušková, Z. (2013). *Chráněné krajinné oblasti ČR a jejich botanický význam: příručka k projektu Věda do škol*. Univerzita Karlova v Praze, Pedagogická fakulta.
- Chocholoušková, Z., & Hajerová Müllerová, L. (2019). *Didaktika biologie ve vztahu mezi obecnou a oborovou didaktikou*. ZČU.
- Chocholoušková, Z., & Hrouda, L. (2013). *Exkurze do vybraných území západních Čech: příručka k projektu Věda do škol*. Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta.
- Iuli, R. J., & Helldén, G. (2004). Using concept maps as a research tool in science education research. In *Concept maps: theory, methodology, technology: Proceedings of the First International Conference on Concept Mapping* (pp. 367–374). Servicio de Publicaciones de la Universidad Pública de Navarra. Pamplona, Spain.
- Jacobs-Lawson, J. M., & Hershey, D. A. (2002). Concept maps as an assessment tool in psychology courses. *Methods, & Techniques*, 29(1), 25–29. <https://doi.org/10.1207/S15328023TOP2901-06>
- Janík, T. (2006). Teorie konceptuální změny a učebnice. In J. Maňák, & D. Klapko (Eds.), *Učebnice pod lupou* (s. 33–44). Paido.
- Janík, T., Slavík, J., Mužík, V., Trna, J., Janko, T., Lokajíčková, V., Lukavský, J., Minaříková, E., Sliacky, J., Šalamounová, Z., Šebestová, S., Vondrová, N., & Zlatníček, P. (2013). *Kvalita (ve) vzdělávání. Obsahově zaměřený přístup ke zkoumání a zlepšování výuky*. Masarykova univerzita.
- Killermann, W. (1998). Research into biology teaching methods. *Journal of Biological Education*, 33(1), 4–9. <https://doi.org/10.1080/00219266.1998.9655628>
- Kisiel, J. (2005). Understanding elementary teachers motivations for science fieldtrips. *Wiley Periodicals Inc.*, 89(6), 936–955. <https://doi.org/10.1002/sce.20085>
- Klieme, E., Pauli, Ch., & Reusser, K. (2009). The Pythagoras study: Investigating effects of teaching and learning in Swiss and German mathematics classrooms. In T. Janík, & T. Seidel (Eds.), *The power of video studies in investigating teaching and learning in the classroom* (pp. 137–160). Waxmann.
- Klímešová, J. (2015). Měli bychom denně přemýšlet o tom, jak učit biologii. *Živa*, 4(2015), 1.
- Kohout, J., Mollerová, M., Masopust, P., Feřt, L., & Slavík, J. (2019). Kritická místa kurikula na základní škole pohledem mezinárodního šetření TIMSS a českých učitelů – poznatky z fyziky. *Pedagogická orientace*, 29(1), 5–42. <https://doi.org/10.1063/1.5124767>
- Koncepce podpory rozvoje nadání a péče o nadané na období let 2014–2020. (2014). <http://www.msmt.cz/ministerstvo/koncepce-podpory-rozvoje-nadani-a-pece-o-nadane-na-obdobi>
- Kvasz, L. (2015). *Inštrumentálny realizmus*. Pavel Mervart.
- Mareš, J., & Ouhrabka, M. (1992). Žákovo pojetí učiva. *Pedagogika*, 42(1), 83–94.
- Mareš, J., & Ouhrabka, M. (2001). Dětské interpretace světa a žákovo pojetí učiva. In J. Čáp, & J. Mareš, *Psychologie pro učitele* (s. 411–440). Portál.
- Materna, P. (1995). *Svět pojmů a logika*. Filosofía.
- Materna, P. (1997). Teorie pojmů: bolzanovská a množinová tradice. *Filosofický časopis*, 45(4), 547–557.
- Myers, B., & Jones, L. (2018). *Effective use of field trips in educational programming: A three stage approach*. IFAS Extension, University of Florida. <http://edis.ifas.ufl.edu/wc054>
- Nohavová, A. (2018). *Didaktika psychologie: od cíle výuky k jeho realizaci*. Pedagogická fakulta JU v Českých Budějovicích.
- Novak, J. D. (1990). Concept mapping: A useful tool for science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(10), 937–949.
- Novak, J. D. (2010). Learning, creating, and using knowledge: Concept maps as facilitative tools in schools and corporations. *Journal of e-Learning and Knowledge Society*, 6(3), 21–30.
- Novak, J. D., & Gowin, D. B. (1984). *Learning how to learn*. Cambridge University Press.
- Novak, J. D. (1998). *Learning, creating, and using knowledge: Concept maps as facilitative tools in schools and corporations*. Lawrence Erlbaum: Associates, Inc.
- Özdemir, G., & Clark, D. B. (2007). An overview of conceptual change theories. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 3(4), 351–361. <https://doi.org/10.12973/ejmste/75414>

- Patrick, O. A. (2010). Effects of field studies on learning outcome in biology. *Journal of Human Ecology*, 31(3), 171–177. <https://doi.org/10.1080/09709274.2010.11906312>
- Patton, M. Q. (1990). *Qualitative evaluation and research methods* (2nd ed.). Sage Publications, Inc., American Psychological Association, Washington.
- Pauk, F. (1981). *Didaktika geologických věd*. SPN.
- Pavlasová, L. (2014). *Přehled didaktiky biologie*. Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta.
- Pavlasová, L., Hrouda, L., Teodoridis, V., Andreska, J., Řihová, D., Vančata, V., Novotný, P., Řezníček, J., & Novotná, M. (2015). *Přírodovědné exkurze ve školní praxi*. Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta.
- Piaget, J. (1972). *Play, dreams and imitation in childhood*. Routledge & Kegan Paul.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211–227. <http://www.fisica.uniud.it/URDF/laurea/idifo1/materiali/g5/Posner%20et%20al.pdf>
- Reiska, P., & Soika, K. (2015). Suggestions for teacher education from concept mapping studies. *Knowledge Management & E-Learning: An International Journal* (KM&EL), 7(1), 149–161. <https://doi.org/10.34105/j.kmel.2015.07.010>
- Rennie, L. J. (2007). *Learning outside of school*. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education*. Mahwah, New Jersey: Erlbaum. p. 175–185. <https://doi.org/10.4324/9780203097267>
- Ruiz-Primo, M. A., & Shavelson, R. J. (1996). Problems and issues in the use of concept maps in science assessment. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(6), 569–600.
- Slavík, J., Janík, T., Najvar, P., & Knecht, P. (2017). *Transdisciplinární didaktika o učitelském sdílení znalostí a zvyšování kvality výuky napříč obory*. Masarykova univerzita.
- Storksdieck, M. (2006). *Field trips in environmental education*. Berliner Wissenschafts-Verlag.
- Strike, K. A., & Posner, G. J. (1982). Conceptual change and science teaching. *European Journal of Science Education*, 4(3), 231–240. <https://doi.org/10.1080/0140528820040302>
- Strautmane, M. (2012). Concept map-based knowledge assessment tasks and their scoring criteria: An overview. In A. J. Cañas, J. D. Novak, & J. Vanhear (Eds.), *Concept maps: theory, methodology, technology. Proceedings of the Fifth International Conference on Concept Mapping* (pp. 80–88). University of Malta. <http://cmc.ihmc.us/cmc/cmcproceedings.html>
- Švaříček, R., Šedová, K., Janík, T., Kaščák, O., Miková, M., Nedbálková, K., Novotný, P., Sedláček, M., & Zounek, J. (2007). *Kvalitativní výzkum v pedagogických vědách: pravidla hry*. Portál.
- Torkar, G., Krnel, D., Chocholeušková, Z., & Humby, P. (2017). Using a concept map to evaluate pedagogical value of a serious game about plant ecology. In D. Krnel (Ed.), *Tealeaf Academic book* (pp. 77–92). University of Ljubljana. https://www.pef.uni-lj.si/fileadmin/Datoteke/Zalozba/e-publikacije/TEALEAF_2017.pdf
- Tytler, R. (2002). Teaching for understanding in science: Student conceptions of research, and changing views of Learning. *Australian Science Teachers Journal*, 48(3), 14–21.
- Van Zele, E., Lenaerts, J., & Wieme, W. (2004). Improving the usefulness of concept maps as a research tool for science education. *International Journal of Science Education*, 26(9), 1043–1064. <https://doi.org/10.1080/1468181032000158336>
- Vaňková, P. (2014). *Pojmové mapy ve vzdělávání*. Karolinum.
- Vonková, H. (2011). Mimoškolní a mimoškolní organizační formy. In A. Vališová, & H. Kasíková (Eds.), *Pedagogika pro učitele* (s. 181–182). 2. rozšířené a aktualizované vydání. Grada.
- Vygotskij, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.
- Vosniadou, S. (2007). Conceptual change and education. *Human Development*, 50, 47–54. <https://doi.org/10.1159/000097684>
- Vosniadou, S. (2008). *International handbook of research on conceptual change*. Routledge, University of Athens. <https://doi.org/10.4324/9780203874813>
- Wallace, J. D., & Mintzes, J. J. (1990). The concept map as a research tool: Exploring conceptual change in biology. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(10), 1033–1052.
- Whitesell, E. R. (2015). *A Day at the museum: The impact of field trips to informal science education institutions on middle school science achievement*. Institute for Education and Social Policy. <https://doi.org/10.1002/tea.21322>
- Yassir, M. M., & Abeer, A. A. (2014). The impact of field trips on students' creative thinking and practices in arts education. *Journal of American Science*, 10(1), 46–50.

Výzkum v didaktice biologie, geologie a environmentální výchovy v České republice v letech 2008–2018

Review of Biology, Geology and Environmental Education Research in the Czech Republic from 2008 to 2018

Roman Kroufek^{1,*}, Martin Jáč², Vanda Janštová³, Martina Pražáková⁴, Kateřina Čiháková⁵

¹ Pedagogická fakulta, Univerzita J. E. Purkyně, Pasteurova 1, 400 96 Ústí nad Labem, Česká republika; kroufek@gmail.com

² Pedagogická fakulta, Univerzita Palackého, Purkrabská 2, 779 00 Olomouc, Česká republika

³ Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova, Viničná 7, 128 00 Praha 2, Česká republika

⁴ Pedagogická fakulta, Univerzita Karlova, Magdalény Rettigové 4, 116 39 Praha 1, Česká republika

⁵ Pedagogická fakulta, Jihočeská univerzita, Jeronýmova 10, 371 15 České Budějovice, Česká republika

Primárním cílem studie je podat přehled českého výzkumu v didaktice biologie, geologie a environmentální výchovy v období mezi lety 2008–2018. Pro naplnění tohoto cíle byla provedena obsahová analýza 145 textů daného zaměření vydaných v časopisech se standardním recenzním řízením. Nejvíce příspěvků bylo publikováno v časopisech *Envigogika* a *Scientia in educatione*, které se přímo soustředí na environmentální výchovu, resp. didaktiku přírodních věd. V analyzovaných textech převažovaly výzkumy s kvantitativním designem, respondenty byli nejčastěji žáci druhého stupně základních škol. Teoretické studie jsou v českém prostředí zastoupeny málo, stejně jako studie věnované kurikulu. Výzkumné statě byly relativně často věnovány evaluaci, případně badatelsky orientované výuce. Dobrou zprávou pro didaktiku biologie a environmentální výchovy je kromě tradice oborových konferencí a existence dvou oborově didakticky zaměřených doktorských studijních programů i to, že zaměřením výzkumů nevybočuje z mezinárodních trendů.

Klíčová slova:

didaktika biologie, didaktika geologie, environmentální výchova, výzkumné trendy, obsahová analýza.

Zasláno 2/2019

Revidováno 3/2020

Přijato 4/2020

The primary objective of the study is to summarize Biology, Geology & Environmental Education Research in the Czech Republic from 2008 to 2018. To achieve this goal, a content analysis of 145 texts of the given topic published in journals with standard review procedures was performed. Most contributions were published in the journals *Envigogika* and *Scientia in educatione*, which focus directly on environmental education and science education, respectively. In the analyzed texts, research with quantitative design prevailed and the respondents were mostly lower-secondary school pupils. Theoretical studies are underrepresented in the Czech environment, as well as studies on the curriculum. Research articles were relatively often devoted to evaluation or inquiry-based science education. The good news for the Biology & Geology and Environmental Education Research community is, besides the tradition of professional conferences and the existence of two doctoral degree programs, the fact that the focus of research does not substantially differ from international trends.

Key words:

biology education, geology education, environmental education, research trends, content analysis.

Received 2/2019

Revised 3/2020

Accepted 4/2020

1 Úvod

Výzkumné trendy jsou v jednotlivých oborech dlouhodobě sledovány a nejinak je tomu také v případě výzkumu přírodovědného vzdělávání. Abychom měli jasnější představu o situaci v České republice, přináší předložená studie přehled a zhodnocení výzkumných prací, které byly v didaktice biologie, geologie a environmentální výchovy zveřejněny v období 2008–2018. Kromě kvantitativní analýzy publikovaných textů byl sledován také vývoj diskurzu uvedených vědních disciplín, jeho silných a slabých stránek. Souběžným cílem bylo identifikování textů, které mají potenciál ovlivnit revize stěžejního kurikulárního dokumentu České republiky.¹

Z dlouhodobého hlediska je potřebné, aby měl výzkum zaměřený na vzdělávání široký záběr, což platí i pro zkoumání vzdělávání v přírodních vědách, jak argumentují Gilbert et al. (2003) na příkladu chemie. Pokud takový výzkum pokrývá širokou paletu témat a přístupů, spíše poskytne komplexní obraz reality. Studie systematicky mapující trendy ve výzkumu zaměřeném na vzdělávání v přírodních vědách (*science education*) ukazují, že v průběhu let se mění zastoupení zkoumaných témat i použitých metod (Lee et al., 2009; Chang et al., 2010; Lin et al., 2014; Lin et al., 2018).

Výsledky těchto analýz jsou důležité při orientaci v oboru (nejen) pro začínající výzkumníky, ale i pro vyučující z praxe. Napomáhají také identifikaci tematických mezer v zaměření realizovaných vý-

¹Text původně vznikl jako kapitola podkladové studie připravené širším týmem pro revize Rámcových vzdělávacích programů v oblasti přírodopisu, biologie a geologie (Rokos & Holec, Eds., 2019, s. 32–41). Předkládáme jej upravený a rozšířený.

zkumů, které pak mohou být vyplněny, ať už přímo novým bádáním, nebo vypsáním vhodně zaměřených výzkumných výzev (Lin et al., 2018). Nejdéle jsou v tomto směru sledovány jádrové časopisy považované za vůdčí v oboru didaktiky přírodovědných předmětů (např. *International Journal of Science Education*, *Journal of Research in Science Teaching*, *Research in Science Education*, *Research in Science & Technological Education*, *Journal of Biology Education* či *Science Education*). Systematické sledování publikovaných studií začalo v roce 1998. V prvních pěti letech (1998–2002) mezi tématy převažovalo studentské pojetí učení, výzkumy se věnovaly také kurikulu a vzdělávací politice (Tsai & Wen, 2005). Lee et al. 2009, kteří mimo jiné sledovali i zemi původu autorů analyzovaných publikací, poukázali na nárůst zastoupení autorů z neanglicky mluvících zemí v průběhu let 2003–2007. Autoři se na rozdíl od předchozího sledovaného období také více zaměřili na kontext žákovského učení. Toto téma velmi rezonovalo mezi výzkumníky i v následujícím období (2008–2012), ve kterém byly nejvíce citovány práce týkající se dále např. badatelsky orientované výuky a použití a pochopení modelů a příměrů v přírodních vědách (Lin et al., 2014). Zatím poslední srovnání z let 2013 až 2017 ukázalo, že mezi nejvíce zastoupené patřil výzkum žákovských pojetí a představ (prekonceptů), zejména o stěžejních a zastřešujících tématech přírodních věd, jako je například energie (Lin et al., 2018). Autoři také poukazují na trendy jasné po celé dvě sledované dekády. Například téma pojetí výuky, které bylo na začátku sledovaného období hojně zastoupené, je od roku 2003 na ústupu, zatímco pokles počtu příspěvků věnovaných kurikulu a vzdělávací politice byl zastaven. Podrobnější pohled na 10 nejcitovanějších prací ukázal, že mezi výzkumníky v posledních letech nejvíce rezonovala nerovnost v přírodovědném a technickém vzdělávání (STEM; *Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) a zkoumání zkušeností studentů s výzkumem (Lin et al., 2018). Podle autorů Chang, Chang a Tseng (2010) byly mezi lety 1990 až 2007 nejvíce používané myšlenkové rámce konstruktivismu či kognitivní psychologie.

Dirks (2011) zpracovala přehledovou studii zaměřenou na výzkum v didaktice biologie (*Biology Education Research*) v letech 1990 až 2010, přičemž analyzovány byly pouze výzkumné publikace na úrovni terciárního vzdělávání (*undergraduate level*). Ve zmiňovaném období bylo publikováno celkem 195 studií, přičemž většinu z nich (86 %) tvořily odborné články publikované v recenzovaných časopisech (62 různých časopisů). Nejvíce studií bylo publikováno v pouhých 4 časopisech: *Cell Biology Education/CBE-Life Sciences Education*, *Journal of Research in Science Teaching*, *Advances in Physiology Education* a *Journal of College Science Teaching*, přičemž v mnoha z analyzovaných časopisů byla během dvou sledovaných dekád publikována pouze jedna výzkumná studie z oblasti didaktiky biologie na úrovni terciárního vzdělávání (Dirks, 2011, s. 29–30; srov. Singer et al., 2013, s. 131). Z výsledků vyplynul také výrazný vzestupný trend publikovaných výsledků z oblasti didaktiky biologie, neboť většina článků (83 %) pocházela z období 2001–2010. Z obsahového hlediska autorka články kategorizovala do tří skupin: (a) studentské učení a jeho výsledky, (b) studentské postoje a přesvědčení, (c) konceptové inventáře a další standardizované nástroje (Dirks, 2011).

Další přehledová studie byla zaměřena na výzkum v didaktice biologie publikovaný ve vybraných mezinárodních časopisech v letech 1997 až 2014 (Gül & Sözbilir, 2016). Autoři analyzovali téměř 1 400 článků z oblasti didaktiky biologie, přičemž výzkum nebyl metodicky limitovaný stupněm vzdělávání jako v případě předchozí studie (srov. Dirks, 2011). Nejvíce publikací vyšlo v časopisech *Journal of Biology Education* (31,3 %) a *International Journal of Science Education* (24 %), přibližně 10 % článků bylo publikováno v časopisech *Journal of Research in Science Teaching*, *Science Education* a *Journal of Science Education and Technology*. Z biologických disciplín se výzkumníci nejčastěji zaměřili na problematiku výuky ekologie a životního prostředí (21,7 % realizovaných výzkumů) či genetiku a biotechnologie (16,5 %). Četné byly také výzkumy zaměřené na problematiku výuky evoluční biologie, naopak výzkumy týkající se výuky botaniky (3 %) byly zastoupeny minimálně. Nejčastěji byly zkoumány výuka a učení spolu s žákovskými postoji k výuce biologie. Hlavní skupiny respondentů představovali žáci druhého stupně základních škol (33,6 %), studenti vysokých škol (22,7 %), žáci prvního stupně základních škol (20,1 %) a učitelé bez ohledu na stupeň školy, na kterém působili (17,7 %). Okrajová pozornost byla věnována výzkumu výuky u studentů doktorských studijních programů, předškolnímu stupni vzdělávání či vztahu rodičů ke školnímu biologickému vzdělávání. Počty respondentů v analyzovaných výzkumných studiích čítaly převážně desítky až nízké stovky respondentů, více než 300 respondentů bylo zahrnuto pouze v 16 procentech výzkumných studií. V analyzovaných výzkumech byl zastoupen kvalitativní (53 %) či kvantitativní (43 %) design, smíšený výzkumný design, který umožňuje komplexnější náhled na zkoumanou problematiku, byl využit pouze ve 4,2 % studií. Data byla nejčastěji sbírána jednorázově pomocí dotazníků, rozhovorů či studií dokumentů. Výsledky byly nejčastěji prezentovány jako tabulky četností, často byly používány i běžné deskriptivní statistiky a základní statistické testy jako Studentův t-test nebo ANOVA/ANCOVA (Gül & Sözbilir, 2016). Gül a Sözbilir (2015) nenalezli zásadní rozdíly mezi zaměřením mezinárodních trendů v didaktice biologie a trendů v didaktice biologie v tureckém prostředí, kdy zkoumali publikace tureckých autorů jak v mezinárodních tak národních periodikách.

King (2008) ve své přehledové studii o vzdělávání v geologii (resp. geovědách) upozorňuje na specifika, současné trendy a problémy ve výuce geologie. Jako zásadní problémy označuje nedostatečnou pozornost, která je celosvětově věnovaná výuce geologie a její okrajové postavení na úrovni národního kurikula v jednotlivých státech (srov. též King, 2015, s. 420–423). Z hlediska výsledků výzkumu didaktiky geologie jsou ve studii přehledně shrnuty poznatky o miskoncepcích ve vybraných oblastech geologického učiva (King, 2008, s. 204–209). Lewis a Baker (2010) upozorňují, že ve Spojených státech je poměrně malý zájem o geologii mezi žáky sekundárního a studenty terciárního stupně vzdělávání a nedostatek kvalifikovaných učitelů geologie. Na základě analýzy vybraných problémů v oblasti geologického vzdělávání uvádí, že pro zlepšení současného stavu je nezbytné zaměřit se v didaktice geologie na komplexní výzkum, který bude využívat široké spektrum výzkumných metod a smíšený výzkumný design, zaměřit se na nové výzkumné směry (např. problematiku zájmu o učitelství geologie) či využívat akční výzkum (Lewis & Baker, 2010, s. 127–128). Na obdobné problémy s výukou geologie na Slovensku upozorňují Turanová a Ružek (2015). Autoři zmiňují zejména okrajové postavení geologie v kurikulu a výraznou redukci geologického učiva na základních školách a gymnáziích v posledních letech. Zároveň podotýkají, že rozvoj didaktiky geologie jako oboru je úzce provázaný se školní výukou geologie a současné negativní změny ve výuce geologie se mohou projevit stagnací didaktiky geologie a přípravy učitelů geologie na vysokých školách (Turanová & Ružek, 2015, s. 128–130).

V českém prostředí se situací ve výzkumech realizovaných v didaktice biologie věnoval v sérii přednášek Papáček (2012, 2016). Souhrnný přehled vývoje oborové didaktiky biologie a přírodních disciplín pak přinesli Papáček et al. (2015) kapitolou *Didaktika biologie: didaktika v rekonstrukci* v rámci monografie *Oborové didaktiky: vývoj – stav – perspektivy* (Stuchlíková & Janík et al., 2015). Už název kapitoly ukazuje, že autoři kriticky zhodnotili jak historii, tak zejména současný stav didaktiky biologie. Období po roce 1989 autoři otvírají popisem jisté stagnace až regrese oboru v průběhu 90. let, která skončila na přelomu tisíciletí. Upozorňují na problém „generačního hiátu habilitovaných nositelů oboru“ (s. 231, s. 253), ale pozitivně uzavírají tím, že se nacházíme v období, pro které je charakteristická celá řada nadějných změn, jako např. akreditace doktorského studijního oboru *Vzdělávání v biologii* a etablování oborového časopisu *Scientia in educatione*. Za nejčastěji řešená témata jimi sledovaného období uvádějí Papáček et al. (2015, s. 248–250) výzkumy zaměřené na znalosti, pochopení učiva a miskoncepce, výzkumy orientované na procesní stránku výuky a výzkumy týkající se kurikula a hodnocení učebnic.

V tomto textu si klademe za cíl na Papáčka et al. (2015) navázat a doplnit jimi popsany přehled výzkumu v didaktice biologie o aktuální stav.

Výzkumná otázka:

Jaký je stav českého výzkumu v didaktice biologie, geologie a environmentální výchovy v období 2008–2018 a jaké směry v něm můžeme pozorovat?

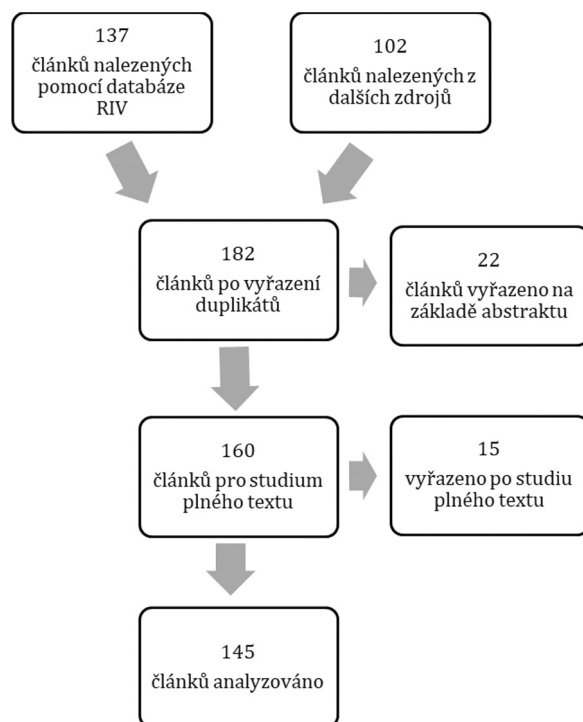
2 Metodologie

Následující metodologický přehled se týká analýzy článků publikovaných v období 2008–2018 v recenzovaných časopisech (viz kapitola 3.1). Konferenční příspěvky a vědecké monografie nebyly kvantitativně analyzovány a v přehledu výsledků je v příslušných kapitolách uveden pouze jejich komentář.

Sběr dat pro analýzu článků proběhl čtyřstupňově, a to následujícím způsobem: 1) pomocí databáze RIV za pomoci klíčových slov (*science education, biology education, environmental education, geology education, inquiry based education, IBSE, . . .*); 2) systematickou rešerší dosud vyšlých čísel českých i zahraničních jádrových časopisů; 3) systematickou rešerší z dosud vyšlých čísel českých (obecně) pedagogických časopisů a 4) doplněním článků autory studie, které nebyly zachyceny v krocích 1 až 3, na základě znalosti konkrétních textů z důvodu neexistence souhrnného indexu českých pedagogických a oborově didaktických časopisů s možností vyhledávání.

Výběr článků pro vlastní analýzu respektoval postupy popsané v The PRISMA statement (Moher et al., 2009), vlastní postup výběru ilustruje obr. 1.

Po vyřazení duplicitních publikací nalezených v databázi RIV a dalších uvedených zdrojích bylo prostudováno celkem 182 článků. Po studiu abstraktu bylo z počátečního souboru vyřazeno 22 článků, po studiu plného textu bylo vyřazeno dalších 15 článků. Vyřazeny byly články, které neměly charakter výzkumného sdělení či jejichž respondenti nepocházeli z České republiky. Hodnoceny tedy byly všechny články, které seznamovaly s výsledky výzkumů realizovaných v prostředí českého školství, a to včetně textů přehledových. Výsledných 145 článků (viz Příloha 1) bylo podrobena kvantitativní analýze, při které byly v souladu se zahraničními studiemi (Lee et al., 2009; Gül & Sözbilir, 2015; Gül & Sözbilir, 2016) sledovány následující ukazatele: rok publikování, časopis, typ článku, zaměření textu, cílová skupina, výzkumný design.



Obr. 1: PRISMA flow diagram pro výběr analyzovaných článků

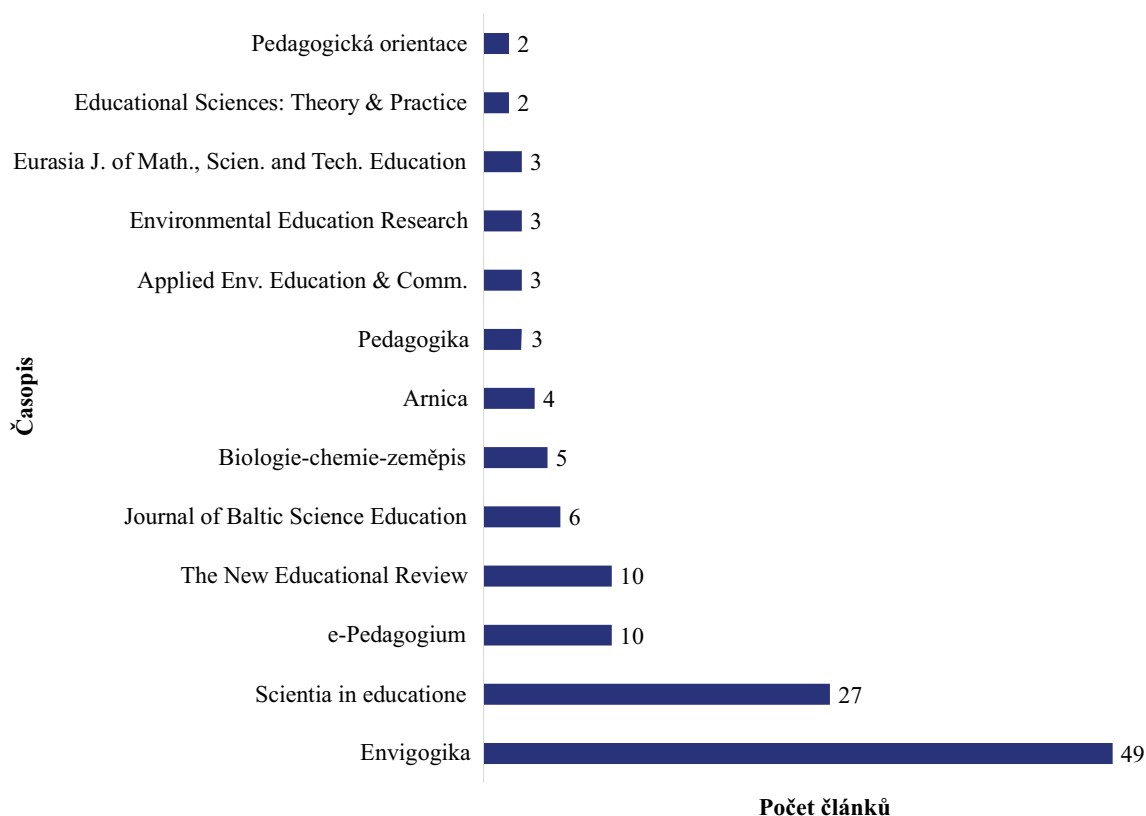
3 Výsledky

Text výsledků je explicitně rozlišen na pojednání o a) časopisech a výstupech v nich uveřejněných analyzovaných dle výše popsané metodologie; b) oborových konferencích; c) stěžejních monografiích a dalších knižních publikacích. K tomuto rozdělení vedla různá kvalita příspěvků vycházející z různé náročnosti, až absence, recenzního řízení. Příspěvky ve sbornících z významnějších konferencí sice procházejí recenzním řízením, ale to má často spíše korektivní charakter. Zatímco u časopiseckých textů je ambicí této studie pokrýt drtivou většinu publikovaných článků obsahujících výzkum v didaktice biologie a geologie, u konferenčních příspěvků je dosažení takového stavu takřka nereálné. Souvisí to jednak s tříštěním výstupů do celé řady konferencí nejrůznější kvality, jednak se stále klesajícím množstvím reálně publikovaných konferenčních sborníků. Současná situace je nakloněna spíše publikování komplexnějších textů v časopisech, což lze považovat za pozitivní trend. V případech, kdy z konference není vydán ani sborník abstraktů, není možné z názvů příspěvků odhadovat jejich charakter a podrobit je analýze. Nižší popsaná kvantitativní analýza, tak byla provedena pouze u souboru 145 článků z recenzovaných časopisů (viz kapitola 2).

3.1 Časopisy publikující výsledky tuzemského výzkumu v didaktice biologie, geologie a environmentální výchově

Analyzované články byly publikovány v celkem 30 časopisech domácí i zahraniční provenience. V obr. 2 jsou uvedeny ty časopisy, ve kterých byl publikován více než jeden článek. Na prvním místě stojí ryze oborově didaktické časopisy věnované environmentální výchově, respektive didaktice přírodních věd, významné množství článků pak bylo publikováno v obecně pedagogických časopisech, a to těch, které jsou více nakloněné oborovým didaktikám. Čtyři a méně publikací na časopis představují jednak výskyty v časopisech, jejichž zaměření není pro výzkum v didaktice biologie a přírodních oborů zásadní, jednak v prestižních zahraničních oborových časopisech.

Vědní obory a jejich komunity mají ve zvyku se formovat kolem jádrových časopisů, které v pravidelných intervalech přináší nové podněty čtenářům z řad odborné veřejnosti. Jinak tomu není ani v didaktice biologie, kdy roli hlavního takového časopisu vydávaného v Česku zaujímá *Scientia in educatione* (ISSN 1804-7106), původně vydávaný Pedagogickou fakultou Univerzity Karlovy a v současné době nakladatelstvem Karolinum. V období 2010–2018 v něm bylo publikováno 27 recenzovaných textů zaměřených na nejrůznější oblasti výzkumu v didaktice biologie, geologie a environmentální výchovy. Kromě těchto textů *Scientia in educatione* pokrývá také potřeby didaktiky matematiky, chemie a fyziky, a stává se tak postupně významnou publikační platformou v přírodovědném vzdělávání u nás. Do jisté míry tak ovlivňuje další směřování tuzemského výzkumu v didaktice biologie. Časopis je aktuálně inde-



Obr. 2: Počet článků publikovaných ve sledovaném období v jednotlivých časopisech

xován databází ERIH PLUS s výhledem na potřebný vstup do databáze SCOPUS. Předností časopisu je především podrobné recenzní řízení.

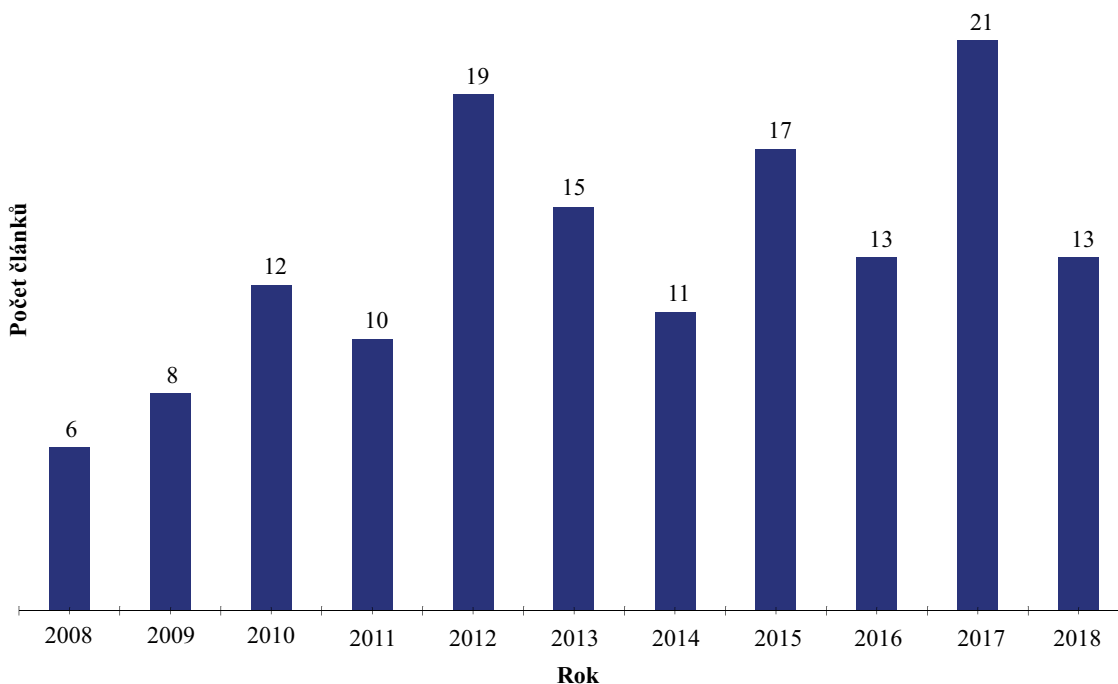
Obdobnou roli zaujímá v oblasti environmentální výchovy a vzdělávání časopis *Envigogika* (ISSN 1802-3061), který vychází od roku 2006 pod patronátem Centra pro otázky životního prostředí Univerzity Karlovy v Praze. Ve sledovaném období zde bylo publikováno množství recenzovaných textů, které pokrývají pestré spektrum témat, od filozofických aspektů environmentalistiky po čistě didaktické příspěvky. Do sledovaného didaktického výzkumu jich spadá 49, přičemž někdy je, vzhledem k průřezovosti environmentální výchovy, poměrně obtížné stanovit hranice zaměření textu. Podobně jako předchozí časopis, i *Envigogika* je evidována v databázi ERIH PLUS a také publikuje texty i v anglickém jazyce, od roku 2013 ve formě občasných anglických čísel.

Arnica (ISSN 1804-8366), vydávaná Pedagogickou fakultou Západočeské univerzity, je dalším z časopisů věnovaných primárně didaktice biologie a příbuzných disciplín. Vychází od roku 2011, obsahem je směs výzkumných a metodických článků. V tomto období byla publikována celá řada textů ryze metodického charakteru, které přinášejí pedagogům z praxe doporučení a návody, jak přistupovat ke konkrétním tématům, případně představují nestandardní metody výuky konkrétních témat, ale neověřují efektivitu takto prezentovaných metodických přístupů, a tedy zcela postrádají výzkumný charakter. Určitá obroda nastala v roce 2018, a to pod vlivem projektu *Didaktika – Člověk a příroda A*, v rámci kterého bylo připraveno číslo věnované tzv. kritickým místům kurikula.

Nejdelší tradici z časopisů věnovaných didaktice přírodních věd má u nás *Biologie – Chemie – Zeměpis* (ISSN 1210-3349), vydávaný od roku 1991, nyní Pedagogickou fakultou Univerzity Karlovy (PedF UK). Spektrum textů je velice pestré, zahrnuje úvahy, vzpomínky a samozřejmě čistě metodické články. Součástí jsou také články výzkumného charakteru, kterých bylo ve sledovaném období publikováno pět.

3.1.1 Rok publikace časopiseckých článků

Množství publikovaných článků v jednotlivých letech poměrně kolísá, nicméně určitý vzestupný trend je evidentně patrný (viz obr. 3). Zajímavým jevem je střídání „silnějších“ a „slabších“ let, které koresponduje s konáním konference *Trendy v didaktice biologie*. V konferenčních letech (2014, 2016, 2018) je publikací méně, naopak v letech po konání konference je jich více.



Obr. 3: Počet článků publikovaných v jednotlivých letech sledovaného období

3.1.2 Typ výzkumného designu

Šest analyzovaných článků mělo ryze přehledový charakter s jasně definovanou metodikou, 139 textů bylo výzkumných. Snad i kvůli přírodovědnému zázemí většiny výzkumníků v didaktice biologie převažují významně výzkumy s kvantitativním designem (89 textů). Výzkumy ryze kvalitativní (36 textů), případně výzkumy se smíšeným designem (14 textů) jsou o poznání vzácnější.

3.1.3 Tematické zaměření výzkumných studií

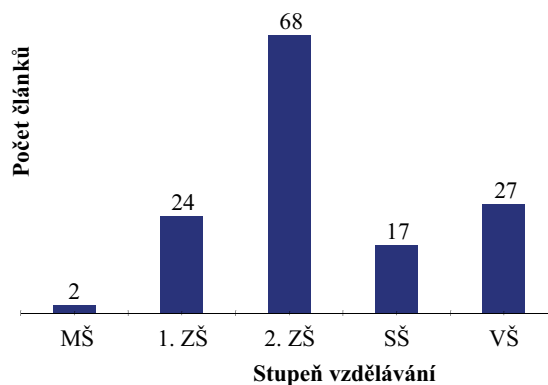
Tematické zaměření jednotlivých textů není proměnná, kterou by bylo možné kategorizovat jednoduchým způsobem. Překryvy, které většina článků představuje, jsou logickým důsledkem charakteru vědeckého textu. Články jednak mohou mít zaměření v rámci biologie jako vědy (např. evoluce, genetika, botanika, ...), jednak z hlediska didaktiky (např. evaluační studie, zjišťování postojů k předmětům, analýzy učebnic, ...). Z těchto důvodů nebyla provedena detailní kvantitativní analýza jednotlivých témat, ale spíše vyzdvihnuta ta, která v textech rezonovala častěji.

Významným výzkumným přístupem jsou evaluační studie (26 článků), které jednak mají v českém prostředí tradici v environmentální výchově a dále jsou do této oblasti zařazeny články věnované konkrétním didaktickým přístupům, obsahují-li řádné zhodnocení jeho dopadů. Téma badatelsky orientované výuky rezonuje českým výzkumem prakticky celou dekádu, ve sledovaném období k němu můžeme přiřadit devět textů. Deset textů se pak věnuje kvantitativnímu zjišťování postojů žáků a studentů k přírodním vědám, jejich jednotlivým oborům nebo přímo vyučovacím předmětům.

Při oborovém pohledu lze nejvíce článků, celých 24, přiřadit k ekologii a jejím subdisciplínám. To souvisí také s vyšším zastoupením ekologických témat v environmentálně zaměřených textech. Významně méně se pak výzkumem prolínají další oblasti jako zoologie (7 textů), evoluční biologie (6), geologie (3) či botanika (3).

3.1.4 Cílová skupina realizovaných výzkumů dle stupně vzdělávání

U těch článků, kde to bylo možné vzhledem k jejich charakteru postihnout (124 textů), byla sledována cílová skupina, tedy stupeň vzdělávání, na který byl výzkum zaměřen. Pohled na zastoupení jednotlivých stupňů podává obr. 4. Pokud se výzkum věnoval více kategoriím respondentů, je uveden u každé z těchto kategorií. Celkový počet textů zobrazených na obr. 4 je tak vyšší, než počet analyzovaných článků.



Obr. 4: Zaměření článků dle cílové skupiny vyjádřené stupněm vzdělávání

3.2 Konference

Podobně jako jádrové časopisy formují výzkumný diskurz oboru, pomáhají stejně koncipované konference budovat síť výzkumníků a jsou nezbytným sociálním aspektem, díky kterému se rodí nové způsoby spolupráce. Významnou celostátní konferencí, proběhnuvší ve sledovaném období, která představovala důležitý impuls pro výzkum v didaktice biologie a příbuzných oborech, byl v roce 2010 seminář nazvaný *Didaktika biologie v České republice 2010 a badatelsky orientované vyučování*. Proběhl na Pedagogické fakultě Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, kde se v té době kolem prof. Papáčka formovala silná skupina zaměřená na problematiku badatelsky orientované výuky.

Na výše zmíněný seminář navázaly konference pořádané na Pedagogické fakultě Univerzity Karlovy pod názvem *Trendy v didaktice biologie*. S dvouletou periodicitou představují stěžejní událost, na které se setkávají výzkumníci v didaktice biologie, geologie a environmentální výchovy z České republiky i Slovenska. Z konference jsou publikovány pouze sborníky abstraktů. Vlastní příspěvky jsou někdy následně rozpracovány v plnohodnotné texty v recenzovaných časopisech.

Dlouhou tradici mají konferenční setkání zaměřené na *Projektové vyučování a další aktivizační strategie ve výuce přírodovědných oborů*. Konferenční tradice vznikla v roce 2001 jako primárně studentská setkávání, po roce 2010 se pak konference otevřela dalším účastníkům, a to jak domácím, tak zahraničním (Rusek & Vojtíš, 2018). Postupně se měnila také šíře jejího záběru, až do současného pojetí otevřeného prakticky všem didaktikům přírodních věd. Aktuálně se jedná o jedinou českou konferenci zaměřenou i na didaktiku biologie, která je pravidelně indexovaná databází *Web of Science*.

Specifickou roli v rámci oborově laděných konferencí zaujímá mezinárodní vědecká konference *EDUCO*, v roce 2019 se jedná o XIV. ročník. Konference se současně koná v Tatranské Štrbě na Slovensku a je pořádána ve spolupráci různých vysokoškolských ústavů několika univerzit České a Slovenské republiky. Aktivními členy zde jsou například Institut vzdělávání a poradenství České Zemědělské Univerzity, Ústav geologie a paleontologie Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy a další. Jejím cílem je výměna zkušeností a navázání vzájemné spolupráce mezi výzkumníky z různého prostředí.

Geologická tematika ve vzdělávání je také diskutována na *Konferenci národních geoparků*, která existuje od roku 2013. Konference je putovní a každým rokem probíhá pod záštitou jiného geoparku.

Naopak v oblasti environmentální výchovy se tradice pravidelných setkávání, na kterých by se prezentovaly výsledky oborového výzkumu, teprve rodí. A to jak ve formě *Národní konference EVVO*, jejíž druhý ročník proběhl v roce 2018, tak více výzkumně zaměřené konference *Role univerzit pro rozvoj environmentální výchovy a výchovy pro udržitelný rozvoj*. Ta se v roce 2018 dočkala svého druhého ročníku. Je vhodné připomenout, že zatímco výzkumně zaměřené konference environmentální výchovy jsou novinkou, setkání s primárně didaktickou náplní mají v tomto oboru dlouhou tradici. A to jak v podobě pravidelných krajských konferencí EVVO, tak rozsáhlejších akcí jako je Konference k environmentální výchově – Konev, pořádaná od roku 1999 či Národní konference EVVO a environmentálního poradenství, která se ve svém druhém ročníku v roce 2018 otevřela také výzkumným tématům.

3.3 Monografie a další knižní publikace

Zajímavou, ale z hlediska výzkumu nedůležitou, oblast představují publikace zaměřené na seznámení se specifickými didaktickými přístupy. Ve sledovaném období jde například o *Přírodovědné exkurze ve školní praxi* (Pavlasová et al., 2015), *Činnosti se zvířaty v předškolním vzdělávání* (Jančaříková & Havlová, 2014) či *Možnosti využití úloh z Biologické olympiády ve výuce přírodopisu a biologie* (Petr, 2014). Významným čistě didaktickým dílem zaměřeným na preprimární a primární edukaci je pak kniha *Didaktické přístupy k přírodovědnému vzdělávání předškolních dětí a mladších žáků* (Jančaříková, 2015).

Ryze výzkumná monografie byla ve sledovaném období publikována pravděpodobně pouze jedna. Šlo o výsledky výzkumu podpořeného Grantovou agenturou České republiky. Řezníčková et al. (2013) se zaměřili na biologii, geografii a chemii a zkoumali dovednosti žáků na konci základní školy a na konci čtyřletých i víceletých gymnázií. Kromě této kvantitativní části byly vedeny rozhovory s vyučujícími.

V oblasti environmentální výchovy je situace poněkud optimističtější, byť významně opřená o osobnost Jana Činčery, který stojí za všemi publikovanými monografiemi ve sledovaném období. Mezi nejvýznamnější patří prezentace výsledků výzkumu provedeného na reprezentativním počtu českých pedagogů *Environmentální výchova z pohledu učitelů* (Činčera et al., 2016), dále analýza role nezávislých environmentálních center (Činčera, 2013a) a komplexní práce *Environmentální výchova: efektivní strategie* (Činčera, 2013b).

Důležitou přehledovou publikací, která reflektuje stoupající zájem o venkovní učení, a činí tak na podkladě velkého množství výzkumných publikací, je kniha *Tajemství školy za školou* (Daniš, 2018), které otevírá cestu k učitelům také čtivý jazyk a zdařilé grafické zpracování.

4 Diskuze

Výzkum na poli didaktiky biologie v České republice považujeme za etablovaný, s pestrým zastoupením témat, reflektujících řadu „žhavých“ otázek současné didaktiky. Další posilování významu národního výzkumu v této oblasti vidíme v překročení národních hranic a vstup na pole mezinárodní, a to především do časopisů, které formují obor jako takový. V nich česká stopa dosud chybí nebo je velmi malá. V oblasti didaktiky biologie uvádí databáze RIV ve sledovaném období 8 článků v časopisech s IF a dalších 14 článků v databázi SCOPUS. V oblasti environmentální výchovy je to 6 článků v časopise s IF a 10 v databázi SCOPUS. V rámci didaktiky geologie nejsou v databázi RIV žádné články tohoto typu uvedeny.

Pro zvýšení počtu publikačních výstupů českých výzkumníků v oblasti didaktiky biologie a geologie v renomovaných časopisech indexovaných v databázích Web of Science (WOS) a SCOPUS je třeba zaměřit se do budoucna na aktuální výzkumná témata, která budou přinášet nové poznatky o efektivních metodách výuky biologie (srov. Singer et al., 2013; Dolan, 2015) a budou mít obecnou platnost a možnosti využití. Z přehledu několika výše uvedených tuzemských výzkumných studií je patrné, že se jedná mnohdy o deskriptivní studie s lokálním dopadem, které poměrně detailně popisují aktuální stav výuky vybraného biologického tématu v ČR (srov. Janštová & Jáč, 2015 na příkladu molekulární biologie) nebo přináší komparaci daného výukového tématu v ČR se zahraničím (srov. Müllerová, 2015 na příkladu evoluční biologie). Tyto studie sice mohou být cenné, protože z pohledu probíhajících revizí přírodopisného (biologického) kurikula se jeví jako klíčová kvalitně provedená ontodidaktická transformace obsahu biologie na úrovni RVP, ale také příprava „modelového“ ŠVP, kde by byly učivo a očekávané výstupy detailněji rozpracovány. Současný hlavní proud výzkumu v didaktice biologie se však zaměřuje především na hledání způsobů, které prokazatelně povedou u žáků a studentů k lepšímu porozumění učivu a jejich aktivnímu zapojení do výuky (přehledně viz např. Freeman et al., 2014; Dolan, 2015). Především takto koncipované studie mají šanci projít náročným recenzním řízením v zahraničních oborově didaktických časopisech. Zároveň ale při srovnání se zahraničními studiemi najdeme některé podobnosti, například pozornost upřenou na badatelsky orientovanou výuku (srov. Lin et al., 2014). V pracích zaměřených na didaktiku biologie jak u nás, tak ve světě, je značně zastoupený kvantitativní výzkumný design, počty respondentů jsou často poměrně nízké (Gül & Sözbilir, 2016).

O pragmatičnosti výzkumníků v Česku i v zahraničí svědčí využití nejsnáze dostupných skupin respondentů, žáků druhého stupně základních škol a vysokoškolských studentů (srov. Gül & Sözbilir, 2016). Výrazná převaha těchto skupin respondentů je zřejmě způsobena kombinací několika různě silných faktorů. Velká část výzkumníků pochází z pedagogických fakult, kde se tradičně připravují učitelé 2. stupně základní školy, pedagogické fakulty mají poměrně rozsáhlou síť fakultních škol, s nimiž úzce spolupracují. Proto jsou tito žáci a případně jejich učitelé nejčastější skupinou respondentů realizovaných výzkumů. Vyšší zastoupení výzkumů realizovaných u studentů vysokých škol pak opět souzní s „dostupností“ respondentů z řad studentů jednotlivých výzkumníků. Výzkumy v mateřských školách a na prvním stupni pak naráží na specifické obtíže se sběrem dat, a to zejména u kvantitativně zaměřených výzkumů, které převládají.

Bez zajímavosti není fakt, že články věnované metodologii oborově didaktického výzkumu jsou v rámci celého období pouze dva, což je jeden z aspektů naznačujících mnohdy ne zcela vhodné metodologické uchopení některých realizovaných výzkumů. Hlubší analýza nejčastějších metodologických prohrěšků přesahuje ambice tohoto textu. Zároveň se domníváme, že se jedná o vhodný námět pro navazující analýzu, jejíž výsledky by mohly přinést výzkumníkům v oblasti didaktiky biologie (a příbuzných disciplín) cenné poznatky pro zkvalitnění přípravy a realizace empirických studií.

Na to, že didaktika biologie je zavedeným oborem, poukazuje nejen stoupající kvalita domácích oborově didaktických časopisů, ale také možnost realizovat doktorské studium ve dvou oborově didakticky zaměřených studijních programech. Kromě v úvodu zmiňovaného a již etablovaného Vzdělávání v biologii (PF JU & PF UK) je to také studijní obor Didaktika primárního přírodovědného vzdělávání (PF UJEP), jehož záběr je, jak naznačuje název, významně užší. Existence silných doktorských programů je jedním ze základních rozvoju většiny vědeckých oborů, didaktiky přírodních věd a environmentální výchovy nevyjímaje. Rozvoj odborné komunity také podporuje již zavedená konference Trendy v didaktice biologie. V souvislosti s ní se nabízí domněnka, že důvodem faktu, že v konferenčních letech (2014, 2016, 2018) je tuzemských publikací zaměřených na didaktiku biologie a geologie méně, a naopak v letech po konání konference více, je zpracování prezentovaných výstupů v dalším roce do časopiseckého příspěvku.

5 Závěr

V období 2008–2018 bylo v didaktice biologie, geologie a environmentální výchovy publikováno 145 výzkumných a přehledových prací. Je patrné formování funkčních výzkumných týmů a objevují se noví odborníci zaštiťující konkrétní témata. Výzkum v oblasti didaktiky geologie je ve srovnání se zbývajícími analyzovanými obory více roztržštěný a spíše soliterní.

Závěry výzkumů jsou prezentovány především v časopisech a monografiích, kde je vyšší jistota podrobného recenzního řízení.

Výsledky analýzy ukázaly, že uplynulá dekáda výzkumu v didaktice biologie přinesla poměrně malý podíl teoretických či empirických studií, které by obsahovaly nové poznatky či podněty ve vztahu k úpravám cílů a obsahu přírodopisného (biologického) vzdělávání. Mnohé z nich opakovaně poukazují na nedostatky týkající se ontodidaktické transformace oborového biologického obsahu do školního kurikula (srov. Janšová & Jáč, 2015; Müllerová, 2015; Dvořáková & Absolonová, 2016, 2017; Hájková, 2017). Výzkum byl realizován zejména v oblastech biologie, které aktuálně prochází dynamickým vývojem (molekulární biologie, evoluční biologie), přibývá v nich velké množství nových vědeckých poznatků a mnohdy mají také značný společenský dopad (např. etické otázky spojené moderními metodami molekulární biologie či postavení člověka vůči zbytku organismů).

Teoretické a přehledové studie pak přináší nové podněty, mnohdy inspirované zahraničními přístupy, pro výuku přírodopisu a biologie, jako je např. implementace badatelsky orientovaného vyučování (přehledně např. Papáček, 2010) nebo větší zastoupení terénní výuky (Činčera & Holec, 2016). V návaznosti na Papáčka et al. (2015) konstatujeme, že pozitivní změny v didaktice biologie, geologie a environmentální výchovy v České republice pokračují. Množství výzkumů i jejich autorů roste a jsou, co do zaměření a provedení, mnohdy srovnatelné se zahraničními studiemi. Tento nastoupený trend snad zachovají absolventi a budoucí absolventi doktorských programů zaměřených na didaktiku biologie.

Poděkování

Děkujeme prof. RNDr. Miroslavu Papáčkovi, CSc., a RNDr. Ivě Kubištové, Ph.D., za kritické pročtení a zrecenzování první verze textu, ze kterého tento článek vychází. Zároveň děkujeme oběma anonymním recenzentům příspěvku, jejichž konstruktivní připomínky vedly ke zkvalitnění konečné verze textu. Příspěvek vznikl v rámci přípravy podkladové studie pro revizi Rámcového vzdělávacího programu pro základní vzdělávání, autoři by proto chtěli poděkovat Národnímu ústavu pro vzdělávání za souhlas s publikováním upravené a rozšířené verze příspěvku v časopise *Scientia in educatione*.

Věnováno prof. RNDr. Miroslavu Papáčkovi, CSc.

Literatura

- Činčera, J. (2013a). *Střediska ekologické výchovy mezi teorií a praxí*. BEZK, Agentura Koniklec a Masarykova univerzita.
- Činčera, J. (2013b). *Environmentální výchova: efektivní strategie*. BEZK, Agentura Koniklec a Masarykova univerzita.
- Činčera, J., & Holec, J. (2016). Terénní výuka ve formálním vzdělávání. *Envigogika*, 12(2), 1–19. <https://doi.org/10.14712/18023061.533>
- Činčera, J., Jančaříková, K., Matějček, T., Lupač, M., Šimonová, P., Bartoš, J., & Broukalová, L. (2016). *Environmentální výchova z pohledu učitelů*. Masarykova univerzita.
- Daniš, P. (2018). *Tajemství školy za školou: Proč učení venku v přírodě zlepšuje vzdělávací výsledky, motivaci a chování žáků*. Ministerstvo životního prostředí.

- Dirks, C. (2011). *The current status and future direction of biology education research*. National Research Council (Board on Science Education Commissioned Paper).
http://http://sites.nationalacademies.org/DBASSE/BOSE/DBASSE_071087
- Dolan, E. L. (2015). Biology education research 2.0. *CBE-Life Sciences Education*, 14, (1–2).
- Dvořáková, R. M., & Absolonová, K. (2016). Obsahová analýza tématu evoluce člověka v českých učebnicích dějepisu. *Scientia in educatione*, 7(2), 34–37. <https://doi.org/10.14712/18047106.358>
- Dvořáková, R. M., & Absolonová, K. (2017). Obsahová analýza tématu evoluce člověka v českých učebnicích přírodopisu a biologie. *Scientia in educatione*, 8(2), 34–37. <https://doi.org/10.14712/18047106.765>
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 111(23), 8410–8415.
<https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111>
- Gilbert, J. K., De Jong, O., Justi, R., Treagust, D. F., & Van Driel, J. H. (2003). Research and development for the future of chemical education. In J. K. Gilbert, O. De Jong, R. Justi, D. F. Treagust, & J. H. Van Driel (Eds.), *Chemical education: Towards research-based practice* (pp. 391–408). Springer.
- Gül, S., & Sözbilir, M. (2015). Biology education research trends in Turkey. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 11(1), 93–109. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2015.1309a>
- Gül, Ş., & Sözbilir, M. (2016). International trends in biology education research from 1997 to 2014: A content analysis of papers in selected journals. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 12(6), 1631–1651. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2015.1363a>
- Hájková, J. (2017). Dějiny přírodních věd: Jejich místo ve škole a v učebnicích biologie. *Scientia in educatione*, 8(2), 39–51. <https://doi.org/10.14712/18047106.758>
- Chang, Y. H., Chang, C. Y., & Tseng, Y.-H. (2010). Trends of science education research: An automatic content analysis. *Journal of Science Education and Technology*, 19(4), 315–331.
<https://doi.org/10.1007/s10956-009-9202-2>
- Jančaříková, K. (2015). *Didaktické přístupy k přírodovědnému vzdělávání předškolních dětí a mladších žáků*. Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta.
- Jančaříková, K., & Havlová, J. (2014). *Činnosti se zvířaty v předškolním vzdělávání*. Raabe.
- Janštová, V., & Jác, M. (2015). Výuka molekulární biologie na gymnáziích: analýza současného stavu a možnosti její podpory. *Scientia in educatione*, 6(1), 14–39. <https://doi.org/10.14712/18047106.145>
- King, C. (2008). Geoscience education: An overview. *Studies in Science Education*, 44(2), 187–222.
<https://doi.org/10.1080/03057260802264289>
- King, C. (2015). The need for an international geoscience school syllabus: Its development and publication. *Science Education International*, 26(4), 420–438.
- Lee, M.-H., Wu, Y.-T., & Tsai, C.-C. (2009). Research trends in science education from 2003 to 2007: A content analysis of publications in selected journals. *International Journal of Science Education*, 31(15), 1999–2020.
<https://doi.org/10.1080/09500690802314876>
- Lewis, E. B., & Baker, D. R. (2010). A call For a new geoscience education research agenda. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(2), 121–129. <https://doi.org/10.1002/tea.20320>
- Lin, T. C., Lin, T. J., & Tsai, C. C. (2014). Research trends in science education from 2008 to 2012: A systematic content analysis of publications in selected journals. *International Journal of Science Education*, 36(8), 1346–1372. <https://doi.org/10.1080/09500693.2013.864428>
- Lin, T. J., Lin, T. C., Potvin, P., & Tsai, C. C. (2018). Research trends in science education from 2013 to 2017: A systematic content analysis of publications in selected journals. *International Journal of Science Education*, 41(3), 367–387. <https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1550274>
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & The PRISMA Group (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *PLOS Medicine*, 6(7), e1000097.
<https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>
- Müllerová, L. (2015). Termín „evoluce“ a jeho vymezení a použití v českých a britských učebnicích přírodopisu a biologie. *Scientia in educatione*, 6(1), 40–79. <https://doi.org/10.14712/18047106.120>
- Papáček, M. (2010). Badatelsky orientované přírodovědné vyučování cesta pro biologické vzdělávání generací Y, Z a alfa? *Scientia in educatione*, 1(1), 33–49. <https://doi.org/10.14712/18047106.4>
- Papáček, M. (2012). Současný výzkum v didaktice biologie v České republice: přehled. In V. Ježková (Ed.), *Kvalita ve vzdělávání. XX. Výroční konference České asociace pedagogického výzkumu. Sborník anotací* (s. 120). Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta.

Papáček, M. (2016). Podporovaný výzkum v didaktice biologie v České republice: dvanáct let poté. . . In L. Pavlasová (Ed.), *Trendy v didaktice biologie. Sborník abstraktů* (s. 10). Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta.

Papáček, M., Čížková, V., Kubiátko, M., Petr, J., & Závodská, R. (2015). Didaktika biologie: didaktika v rekonstrukci. In I. Stuchlíková, T. Janík, Z. Beneš, M. Bílek, K. Brücknerová, M. Černochová, V. Čížková, H. Čtrnáctová, L. Dvořák, K. Dyrtrtová, B. Gracová, O. Hník, M. Kekule, K. Kostková, M. Kubiátko, M. Nedělka, J. Novotná, M. Papáček, J. Petr, . . . V. Žák, *Oborové didaktiky: vývoj – stav – perspektivy* (s. 225–257). Masarykova univerzita.

Pavlasová, L., Hrouda, L., Teodoridis, V., Andreska, J., Říhová, D., Vančata, V., Novotný, P., Řezníček, J., & Novotná, M. (2015). *Přírodovědné exkurze ve školní praxi*. Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta.

Petr, J. (2014). *Možnosti využití úloh z Biologické olympiády ve výuce přírodopisu a biologie. Inspirace pro badatelsky orientované vyučování*. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Pedagogická fakulta.

Rokos, L., & Holec, J. (Eds.) (2019). *Podkladová studie k revizi rámcových vzdělávacích programů v oblasti vzdělávání o živé a neživé přírodě. Jak budeme učit přírodopis, biologii a geologii v příštích letech?* Národní ústav pro vzdělávání.

Rusek, M., & Vojíš, K. (2018). Konference o projektovém vyučování: ohlédnutí za 15 ročníky. In M. Rusek & K. Vojíš (Eds.), *Project-based education in science education* (s. 35–43). Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta.

Řezníčková, D., Cídllová, H., Čížková, V., Čtrnáctová, H., Čudová, R., Hanus, M., Kubiátko, M., Marada, M., Matějček, T., & Trnová, E. (2013). *Dovednosti žáků ve výuce biologie, geografie a chemie*. P3K s.r.o.

Singer, S. R., Nilsen, N. R., & Schweingruber, H. A. (2013). Biology education research: Lessons and future directions. *CBE-Life Sciences Education*, 12(Summer 2013), 129–132. <https://doi.org/10.1187/cbe.13-03-0058>

Stuchlíková, I., Janík, T., Beneš, Z., Bílek, M., Brücknerová, K., Černochová, M., Čížková, V., Čtrnáctová, H., Dvořák, L., Dyrtrtová, K., Gracová, B., Hník, O., Kekule, M., Kostková, K., Kubiátko, M., Nedělka, M., Novotná, N., Papáček, M., Petr, J., . . . Žák, V. (2015). *Oborové didaktiky: vývoj – stav – perspektivy*. Masarykova univerzita.

Tsai, C., & Wen, L. M. (2005). Research and trends in science education from 1998 to 2002: A content analysis of publication in selected journals. *International Journal of Science Education*, 27(1), 3–14. <https://doi.org/10.1080/0950069042000243727>

Turanová, L., & Ružek, I. (2015). Didaktika geologie na Slovensku – história, súčasný stav a perspektívy. *Scientia in educatione*, 6(1), 123–132. <https://doi.org/10.14712/18047106.125>

Příloha 1 – Analyzované publikace

1. Andreska, J. (2008). Poznávání přírodnin jako didaktický problém. *Biologie – chemie – zeměpis*, 17(5), 229–232.
2. Andreska, J., & Mejzr, M. (2012). Velké šelmy pohledem žáků ZŠ. *Envigogika*, 8(1), 1–19.
3. Andreska, J., & Švecová, K. (2015). Analýza aktuálních kompetencí žáků a studentů v určování našich obratlovců. *Envigogika*, 9(2), 1–24.
4. Bartoš, J., & Matějček, T. (2015). Development of environmental attitudes from the perspective of teachers from the second level of primary schools. *Envigogika*, 10(2), 1–17.
5. Brestenská, B., Cibulková, J., & Ivánková, P. (2017). The use of digital technologies in the science camp VEBOR. *e-Pedagogium*, 17(4), 104–118.
6. Beňková, V., & Činčera, J. (2010). Prožitkové naučné stezky jako prostředek environmentální interpretace krajiny. *Envigogika*, 5(2), 1–19.
7. Bílek, M. (2008). Zájem žáků o přírodní vědy jako předmět výzkumných studií a problémy aplikace jejich výsledků v pedagogické praxi. *Acta Didactica*, 2, nestránkováno.
8. Bílek, M., Doulik, P., Šimonová, I., & Škoda, J. (2016). Learning style as a factor influencing the effectiveness of the inquiry-based science education at lower secondary schools. *Journal of Baltic Science Education*, 15(5), 588–601.
9. Brabcová, B., Vodová, L., & Hvězdová, K. (2018). Analýza tématu Řasy ve vybraných učebnicích přírodopisu. *Scientia in educatione*, 9(1), 4–36.
10. Broukalová, L., Broukal, V., Činčera, J., & Sopůšková, Z. (2015). “Two are more than one”: Evaluation of a programme operated by the Bumblebee – Friends of Nature organization. *Envigogika*, 1(2), 1–30.
11. Cídllová, H., Kubiátko, M., Bayerová, A., & Petruš, M. (2012). Oblíbenost přírodovědných předmětů mezi žáky ZŠ. *Biologie – chemie – zeměpis*, 21(1), 4–7.

12. Činčera, J. (2008). Evaluace programu Ekoškola. *Envigogika*, 3(2), 1–32.
13. Činčera, J. (2008). Evaluační strategie středisek ekologické výchovy. *Envigogika*, 3(2), 1–18.
14. Činčera, J. (2009). Analýza průřezového tématu Environmentální výchova v Rámcovém vzdělávacím programu pro základní vzdělávání. *Envigogika*, 4(1), 1–27.
15. Činčera, J. (2011). Rozvoj výzkumných kompetencí žáků na základní škole: zkušenosti z evaluace programu o Jizerských horách. *Envigogika*, 6(3), 1–13.
16. Činčera, J. (2011). Vliv pobytového programu o Jizerských horách na proenvironmentální postoje a hodnoty. *Envigogika*, 6(3), 1–16.
17. Činčera, J. (2012). Děti a les: analýza mentálních map žáků čtvrtých tříd. *Envigogika*, 7(1), 1–15.
18. Činčera, J. (2012). Evaluace orientovaná na uživatele: zkušenost s pobytovým programem Člověk a prostředí. *Orbis Scholae*, 6(3), 119–134.
19. Činčera, J. (2012). Strach z lesa: vliv programu environmentální výchovy na snižování obav žáků z pobytu v lesním prostředí. *Envigogika*, 7(2), 1–15.
20. Činčera, J. (2012). Vliv výukového programu na rozvíjení environmentální senzitivity žáků. *Envigogika*, 7(2), 1–15.
21. Činčera, J. (2013). Evaluation of an educational exhibition on global issues and consumer responsibility: From involvement to hopelessness. *Envigogika*, 8(2), 1–13.
22. Činčera, J. (2013). Managing cognitive dissonance: Experience from an environmental education teachers training course in the Czech Republic. *Journal of Teacher Education for Sustainability*, 15(2), 42–51.
23. Činčera, J. (2013). Paradigmatická proměna domácího pojetí environmentální výchovy. *Pedagogika*, 2013(2), 182–197.
24. Činčera, J. (2013). Vliv pobytového programu na atraktivitu Jizerských hor. *Envigogika*, 8(1), 1–10.
25. Činčera, J. (2014). To think like a scientist: An experience from the Czech primary school inquiry-based learning programme. *The New Educational Review*, 36(2), 118–130.
26. Činčera, J. (2015). Application of the RWL model for evaluation of a residential environmental program. *Envigogika*, 10(3), 1–14.
27. Činčera, J. (2015). Real World Learning: A critical analysis. *Envigogika*, 10(3), 1–12.
28. Činčera, J., Broukal, V., Broukalová, L., Kroufek, R., Šimonová, P., & Skalík, J. (2017). Eco-School in kindergartens: The effects, interpretation, and implementation of a pilot program. *Environmental Education Research*, 23(7), 919–936.
29. Činčera, J., Fleková, A., & Kopecký, J. (2011). „S TUREm tu i zítra budem“: evaluace programu Ekocentra Podhoubí. *Envigogika*, 6(3), 1–17.
30. Činčera, J., Gilar, P., & Sokolovičová, J. (2010). Specializační studium pro koordinátory environmentální výchovy, vzdělávání a osvěty: interpretace a efektivita z pohledu absolventů. *Envigogika*, 5(1), 1–20.
31. Činčera, J., & Havlíček, F. (2016). Centra environmentálního vzdělávání z pohledu učitelů. *Envigogika*, 11(2), 1–14.
32. Činčera, J., & Holec, J. (2016). Terénní výuka ve formálním vzdělávání. *Envigogika*, 12(2), 1–19.
33. Činčera, J., & Johnson, B. (2013). Earthkeepers in the Czech Republic: Experience from the implementation process of an earth education programme. *Envigogika*, 8(4), 1–14.
34. Činčera, J., Johnson, B., & Kovačiková, S. (2015). Evaluation of a place-based environmental education program: From there to here. *Applied Environmental Education & Communication*, 14(3), 178–186.
35. Činčera, J., Kohoutová, K., & Sokolovičová, J. (2010). Účastníci specializačního studia pro koordinátory environmentální výchovy: očekávání, hodnocení a první přínosy. *Envigogika*, 5(3), 1–23.
36. Činčera, J., & Komárková, M. (2010). Využití kresby jako prostředku evaluace programu na rozvíjení environmentální senzitivity mladších dětí. *Envigogika*, 5(2), 1–14.
37. Činčera, J., Koróny, S., Smolaková, N., & Švajda, J. (2016). The benefit of the GLOBE program for the development of inquiry competence in the Czech and Slovak contexts. *International Journal of Environmental & Science Education*, 11(16), 9507–9519.
38. Činčera, J., & Kováčiková, S. (2014). Being an eco-team member: Movers and fighters. *Applied Environmental Education and Communication*, 13(4), 227–233.
39. Činčera, J., Kováčiková, S., Mašková, V., Medal, R., & Medalová, K. (2012). The Green School: An impact of evaluation on decision-making about a program. *The New Educational Review*, 30(4), 17–29.
40. Činčera, J., & Krajhanzl, J. (2013). Eco-Schools: What factors influence pupils? Action competence for pro-environmental behavior. *Journal of Cleaner Production*, 61(25), 117–121.
41. Činčera, J., Kulich, J., & Gollová, D. (2009). Efektivita, evaluace a podpora programů environmentální výchovy. *Envigogika*, 4(2), 1–31.

42. Činčera, J., & Macháčková, P. (2009). Evaluace pobytového programu Podblanického ekocentra. *Envigogika*, 4(3), 1–17.
43. Činčera, J., & Mašková, V. (2011). GLOBE in the Czech Republic: A program evaluation. *Environmental Education Research*, 17(4), 499–517.
44. Činčera, J., Medek, M., Činčera, P., Lupač, M., & Tichá, I. (2017). What science is about – development of the scientific understanding of secondary school students. *Research in Science and Technological Education*, 35(2), 183–194.
45. Činčera, J., Stejskal, J., Mach, M., & Lupač, M. (2014). “Organic food is fertilised at night”: Why people (do not) buy environmentally friendly products. *Envigogika*, 9(1), 1–21.
46. Činčera, J., & Šimonová, P. (2017). “I am not a big man”: Evaluation of the issue investigation program. *Applied Environmental Education and Communication*, 16(2), 84–92.
47. Činčera, J., Winklerová, K., Křepelková, Š., & Kroufek, R. (2018). The GLOBE Program: Long-term memories of program-relevant experience. *The Journal of Environmental Education*, 49(5), 400–410.
48. Čížková, V., & Lustigová, V. (2009). Analýza úloh v učebnicích biologie pro základní školy a gymnázia. *Biologie – chemie – zeměpis*, 18(2), 78–83.
49. Čudová, R., Kubiátko, M., Radvanová, S., & Čížková, V. (2013). The teachers’ opinions and requirements of biology skills. *Journal of Baltic Science Education*, 12(5), 579–591.
50. Daniš, P. (2013). Nové vymezení environmentální gramotnosti a návrh na její mezinárodní hodnocení v PISA 2015. *Envigogika*, 8(3), 1–16.
51. Doskočilová, Š., & Mergl, M. (2012). Který druh reprezentuje typického hlavonožce? *Arnica*, 2(1–2), 10–18.
52. Dostál, P. (2010). Didaktika biologie – vývoj a současnost. *Scientia in educatione*, 1(1), 125–132.
53. Dvořáčková, S., & Ryplová, R. (2012). Sonda do environmentální gramotnosti studentů přírodovědně a ekologicky zaměřených oborů na Pedagogické fakultě JU. *Envigogika*, 7(3), 1–22.
54. Dvořáčková, R. M., & Absolonová, K. (2016). Obsahová analýza tématu evoluce člověka v českých učebnicích dějepisu. *Scientia in educatione*, 7(2), 34–37.
55. Dvořáčková, R. M., & Absolonová, K. (2017). Obsahová analýza tématu evoluce člověka v českých učebnicích přírodopisu a biologie. *Scientia in educatione*, 8(2), 34–37.
56. Fančovičová, J., & Kubiátko, M. (2015). Záujem žiakov nižšieho sekundárneho vzdelávania o biologické vedy. *Scientia in educatione*, 6(1), 2–13.
57. Florianová, A. (2015). Rostlinné invaze v povědomí studentů vybraných gymnázií. *Scientia in educatione*, 6(2), 74–103.
58. Fraňšič, M., Turčová, I., & Martin, A. J. (2016). Czech Youth Summer Camps: More than playing games in nature. *Envigogika*, 11(2), 1–13.
59. Franěk, M. (2012). Nature Relatedness Scale. Český překlad škály měřící spojení s přírodou. *Envigogika*, 7(1), 1–10.
60. Hájková, J. (2017). Dějiny přírodních věd: Jejich místo ve škole a v učebnicích biologie. *Scientia in educatione*, 8(2), 39–51.
61. Haláková, Z., & Kubiátko, M. (2008). Sú buduci učitelia prírodovedných predmetov tvoriví? *Pedagogika*, 2008(1), 50–60.
62. Havlíčková, V., Bílek, M., & Šorgo, A. (2018). Can virtual dissection replace traditional hands-on dissection in school biology laboratory work? *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(4), 1415–1429.
63. Havlíčková, V., Bílek, M., & Šorgo, A. (2018). Virtuální pitvy a jejich akceptace studenty učitelství biologie v České republice. *Scientia in educatione*, 9(1), 37–47.
64. Heinz, J., Enghag, M., Stuchlíková, I., Cakmakci, G., Peleg, R., & Baram-Tsabari, A. (2016). Impact of initiatives to implement science inquiry: A comparative study of the Turkish, Israeli, Swedish and Czech science education systems. *Cultural Studies of Science Education*, 12(3), 677–708.
65. Hlaváčová, L. (2015). Výuka evoluční biologie na základních a středních školách. *Scientia in educatione*, 6(2), 104–120.
66. Hlaváčová, L. (2016). Výuka evoluce a přírodního výběru na českých a britských školách. *e-Pedagogium*, 16(3), 127–138.
67. Hrabí, L. (2010). The text difficulty in some Czech natural science textbooks. *The New Educational Review*, 22(3–4), 143–148.
68. Hrabí, L. (2012). Natural science textbooks for the fourth grade and their text difficulty. *Envigogika*, 7(2), 1–7.
69. Hrabí, L., Vránová, O., Machar, I., & Pechanec, V. (2014). Text difficulty in Czech natural science textbooks for the fourth grade. *The New Educational Review*, 35(1), 29–40.

70. Hrabí, L., Vránová, O., & Müllerová, M. (2010). Kvalita současných učebnic přírodopisu z různých pohledů. *e-Pedagogium*, 10(4), 9–18.
71. Hromádka, Z. (2008). Vztahy mezi vědomostmi, postoji a skutečným jednáním u žáků druhého stupně základní školy v rámci environmentální výchovy. *Pedagogická orientace*, 18(1), 22–33.
72. Chytrý, V., & Kroufek, R. (2017). Možnosti využití Likertovy škály – základní principy aplikace v pedagogickém výzkumu a demonstrace na příkladu zjišťování vztahu člověka k přírodě. *Scientia in educatione*, 8(1), 2–17.
73. Janáková, M. (2016). Permakultura a teorie environmentální výchovy (EV): mapující přehledová studie. *Envigogika*, 11(2), 1–31.
74. Jančaříková, K. (2009). Přírodovědná inteligence: diagnostika a péče o přírodovědně talentované žáky a studenty v ČR. *Envigogika*, 4(3), 1–11.
75. Jančaříková, K., & Pavlasová, L. (2018). Dovednost studentů učitelství biologie aplikovat teorii didaktických situací při přípravě na výuku. *Scientia in educatione*, 9(1), 48–65.
76. Janštová, V., Jáč, M., & Dvořáková, R. (2015). Faktory motivující žáky středních škol k zájmu o obor biologie a účasti v předmětových soutěžích s biologickou tematikou. *e-Pedagogium*, 15(1), 56–71.
77. Janštová, V., & Jáč, M. (2015). Výuka molekulární biologie na gymnáziích: analýza současného stavu a možnosti její podpory. *Scientia in educatione*, 6(1), 4–39.
78. Janštová, V., & Novotný, P. (2017). Pedagogický výzkum jako součást kvalifikačních prací studentů učitelství biologie. *Scientia in educatione*, 8(2), 52–69.
79. Jelemenská, K. (2009). Prepojenosť výberu učebných obsahov, zisťovania výkonov žiakov a predstáv učiteľov. Význam empirických výsledkov výskumu didaktiky biológie na príklade vyučovania evolúcie. *Pedagogika*, 2009(2), 164–181.
80. Jirásek, I., Veselský, P., & Poslt, J. (2017). Winter outdoor trekking: Spiritual aspects of environmental education. *Environmental Education Research*, 23(1), 1–22.
81. Johnson, B., & Činčera, J. (2015). Examining the relationship between environmental attitudes and behaviour in education programmes. *Sociální studia*, 12(3), 97–111.
82. Kapitulčinová, D. (2017). Kalkulačky environmentálních stop jídla ve vzdělávání a představení Nutriční stopy jako nástroje pro podporu udržitelné spotřeby potravin. *Envigogika*, 12(2), 1–25.
83. Kaufnerová, V., & Vágnerová, P. (2013). Sinice a řasy v učebnicích pro základní a střední školy. *Arnica*, 3(1–2), 9–18.
84. Kekule, M., Žák, V., Ješková, Z., & Kimáková, K. (2017). Gender differences when assessing impact of the inquiry based science education. *The New Educational Review*, 48(2), 100–114.
85. Kroufek, R., Chytrý, V., & Uhrinová, M. (2018). The effect of the type of the finished high school on the nature relatedness of pre-service primary teachers. *The New Educational Review*, 54(4), 231–243.
86. Kubiátko, M. (2011). Bez přírodopisu to nejde alebo ako ho vnímajú žiaci základných škôl. *Studia Paedagogica*, 16(2), 75–88.
87. Kubiátko, M. (2012). Kindergarten childrens perception of animals focusing on the look and fear of animals. *Educational Sciences: Theory & Practice*, 12(4), 3181–3186.
88. Kubiátko, M. (2012). The investigation of Czech lower secondary school pupils toward science subjects. *Journal of Educational and Social Research*, 2(8), 11–17.
89. Kubiátko, M. (2014). The environmental literacy of lower secondary school pupils, high school and college students. *Journal of Environmental Science and Engineering Technology*, 2(1), 2–8.
90. Kubiátko, M. (2017). Predstavy žiakov o vylučovacej a endokrinnnej sústave. *Scientia in educatione*, 8(2), 70–83.
91. Kubiátko, M., & Balátová, K. (2014). Are storks homosexuals? Persistence of misconceptions among university students. *Journal of Baltic Science Education*, 13(4), 448–457.
92. Kubiátko, M., & Vašíčková, M. (2011). Do we need biological skills for our future life? The elementary school pupils views on the importance of biological skills. *Western Anatolia Journal of Educational Sciences*, 2, 153–160.
93. Kubiátko, M., & Vašíčková, M. (2013). Ověřování výzkumného nástroje zaměřeného na zkoumání názorů žáků na důležitost biologických dovedností. *e-Pedagogium*, 13(1), 69–81.
94. Kubiátko, M., & Vlčková, J. (2011). Návrh výzkumného nástroje na zkoumání postojů žáků 2. stupně ZŠ k přírodopisu. *Scientia in educatione*, 2(1), 49–67.
95. Kubrická, J., & Hromádka, Z. (2015). Environmental elements in an English language textbook. *Envigogika*, 10(4), 1–9.
96. Machar, I., Činčera, J., Vránová, O., Pechanec, V., Kiliánová, H., & Málková, J. (2014). Innovation in biology and educational didactics in pre gradual training of secondary biology teachers in the context of current changes in educational system. *The New Educational Review*, 37(3), 31–42.

97. Malcová, K., & Janštová, V. (2018). Jak jsou hodnoceny jednotlivé obory biologie žáky 2. stupně ZŠ a nižšího stupně gymnázia? *Biologie – chemie – zeměpis*, 27(1), 23–34.
98. Matějček, T., & Bartoš, J. (2012). Environmentální gramotnost učitelů a studentů učitelství. *Envigogika*, 7(2), 1–14.
99. Müllerová, L. (2012). Pojem evoluce a jeho vnímání žáky základních a středních škol. *Scientia in educatione*, 3(2), 33–64.
100. Müllerová, L. (2015). Termín „evoluce“ a jeho vymezení a použití v českých a britských učebnicích přírodopisu a biologie. *Scientia in educatione*, 6(1), 40–79.
101. Němečková, L., & Pavlasová, L. (2016). Efektivita vybraných metod a forem výuky tématu morfologie listů. *Biologie – chemie – zeměpis*, 25(2), 69–71.
102. Papežová, N. (2018). Evaluace tří výukových programů s tematikou permakultury. *Envigogika*, 13(2), 1–13.
103. Pavlasová, L. (2015). Disertační práce se zaměřením na didaktiku biologie v České republice v letech 2004–2013. *Scientia in educatione*, 6(2), 4–15.
104. Pavlasová, L. (2017). Profesionální vidění studentů učitelství biologie zaměřené na obor a oborově didaktické jevy. *Scientia in educatione*, 8(2), 84–99.
105. Pavlátová, V., & Kroufek, R. (2018). Pohled učitelů na obtížnost vybraných environmentálních fenoménů v učebnicích pro základní školy. *Scientia in educatione*, 9(2), 57–79.
106. Petiška, E. (2018). Využívání otevřených vzdělávacích zdrojů studenty environmentálních oborů v České republice. *Envigogika*, 13(1), 1–18.
107. Petr, J. (2010). Srovnání výběru přírodnin v přírodovědném učivu na 1. stupni ZŠ v různých vzdělávacích systémech. *e-Pedagogium*, 10(3), 89–103.
108. Petr, J. (2014). Living things in the science education at primary school. The video research on the current state of instruction. *The New Educational Review*, 36(2), 131–143.
109. Petr, J., Budková, L., & Kovářiková, M. (2010). Znalosti vybraných přírodnin u žáků prvního stupně ZŠ. *e-Pedagogium*, 10(4), 64–72.
110. Podroužek, L. (2011). Komparativní analýza vývoje učiva o horninách, nerostech a půdě v naší primární škole. *Arnica*, 1(2), 39–48.
111. Podroužek, L. (2011). Problematika vymezování a koncipování učiva přírodopisu v kurikulárních dokumentech základní školy z vývojového hlediska. *Arnica*, 1(1), 7–14.
112. Polášková, A. (2013). Lectures on ecology and environmental protection – previous knowledge and present attitudes of first year university students. *Envigogika*, 8(2), 1–18.
113. Pouchová, M. (2010). Školní projekty ve výuce přírodovědných předmětů. *Envigogika*, 5(1), 1–20.
114. Pouchová, M. (2010). Školní projekty ve výuce přírodovědných předmětů na 2. stupni základních škol – česko-slovenský srovnávací výzkum. *Scientia in educatione*, 1(1), 101–117.
115. Pražáková, M., & Pavlasová, L. (2017). Non-formal children and youth education focused on geoscience content in the Czech Republic. *Pedagogická orientace*, 27(4), 599–619.
116. Prokop, P., & Kubiátko, M. (2014). Perceived vulnerability to disease predicts environmental attitudes. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 10(1), 3–11.
117. Radvanová, S., Čížková, V., & Martinková, P. (2018). Mění se pohled učitelů na badatelsky orientovanou výuku? *Scientia in educatione*, 9(1), 81–103.
118. Rokos, L., & Vácha, Z. (2017). Integrated science and biology education as viewed by Czech university students and their attitude to inquiry-based scientific education. *The New Educational Review*, 47(1), 241–252.
119. Rokos, L., & Vomáčková, V. (2017). Hodnocení efektivity badatelsky orientovaného vyučování v laboratorních pracích při výuce fyziologie člověka na základní škole a nižším stupni gymnázia. *Scientia in educatione*, 8(1), 32–45.
120. Rokos, L., & Závodská, R. (2015). Formative assessment and other assessment methods in biology education and pre-service biology teacher training in the Czech Republic. *International Journal of Assessment and Evaluation*, 23(2), 17–27.
121. Rokos, L., Závodská, R., Bílá, M., & Řeháčková, L. (2013). The respondent – secondary school and university student and the primary biological education. *Journal of International Scientific Publications: Educational Alternatives, Education, Research and Development*, 11(1), 334–344.
122. Rokos, L., Závodská, R., Petr, P., & Papáček, M. (2016). Formative assessment methods in biology education: Pedagogical study at primary school in the Czech Republic. *Bulletin of the South Ural State University. Series Education, Educational sciences*, 8(4), 94–99.
123. Ryplová, R., & Řeháčková, J. (2011). The benefit of research-oriented instruction for environmental education: Case study implementation for primary school education. *Envigogika*, 6(3), 1–10.
124. Schmutzerová, L., & Bílek, M. (2010). Jak hodnotili čeští pánáctiletí žáci základních škol a studenti víceletých gymnázií environmentální problémy. *Envigogika*, 5(2), 1–12.

125. Skalík (2015). Climate change awareness and attitudes among adolescents in the Czech Republic. *Envigogika*, 10(4), 1–19.
126. Strnadová, D., Brůhová Foltýnová, H., & Jordová, R. (2017). Environmentální výchova hrou – výsledky dopravní kampaně pro děti „Oblékáme hada Edu“. *Envigogika*, 12(1), 1–17.
127. Svobodová, S. (2017). Vliv vybraných proměnných na environmentální gramotnost žáků 2. stupně základní školy. *Envigogika*, 12(1), 1–22.
128. Svobodová, S. (2018). Konativní dimenze environmentální gramotnosti českých a slovenských žáků 2. stupně ZŠ. *Envigogika*, 13(2), 1–12.
129. Svobodová, S., & Kroufek, R. (2016). Environmentální gramotnost žáků 2. stupně v Žatci – výzkumná sonda. *Envigogika*, 11(2), 1–17.
130. Svobodová, S., & Kroufek, R. (2018). Možnosti využití škály MSELs pro testování environmentální gramotnosti na základních školách v České republice. *Scientia in educatione*, 9(2), 80–101.
131. Škoda, J., Doulík, P., Bílek, M., & Šimonová, I. (2015). The effectiveness of inquiry based science education in relation to the learners' motivation types. *Journal of Baltic science education*, 14(6), 791–803.
132. Šorgo, A., Lamanauskas, V., Šašic, S., Šimic, E., Zehra, N., Tomažič, I., Kubiátko, M., Prokop, P., Ersozlu, A., Frančovičova, J., Bílek, M., & Usak, M. (2017). Cross-national study on relations between motivation for science courses, pedagogy courses and general self-efficacy. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(10), 6497–6508.
133. Šorgo, A., Usak, M., Kubiátko, M., Fančovičova, J., Prokop, P., Puhek, M., Škoda, J., & Bahar, M. (2014). A cross-cultural study on freshmens knowledge of genetics, evolution, and the nature of science. *Journal of Baltic Science Education*, 13(1), 6–18.
134. Torkar, G., Kubiátko, M., & Bajd, B. (2012). Assessing pre-service teachers (dis)liking of some animal species. *Journal of Baltic science education*, 11(4), 393–402.
135. Vacínová, M., & Matějček, T. (2013). Intergenerational differences in personal relationship to nature. *Envigogika*, 8(2), 1–19.
136. Vačkář, D., & Krkoška Lorencová, E. (2017). Aplikace participativní metody World Café v oblasti globálních problémů životního prostředí. *Envigogika*, 12(2), 1–25.
137. Vácha, Z. (2015). Didaktické využití školních zahrad v České republice na primárním stupni základních škol. *Scientia in educatione*, 6(1), 80–90.
138. Vácha, Z., & Ditrich, T. (2016). Efektivita badatelsky orientovaného vyučování na primárním stupni základních škol v přírodovědném vzdělávání v České republice s využitím prostředí školních zahrad. *Scientia in educatione*, 7(1), 6579.
139. van den Berg, E. (2013). Didaktická znalost obsahu v laboratorní výuce: Od práce s přístroji k práci s myšlenkami. *Scientia in educatione*, 4(2), 74–92.
140. Vlčková, J. (2017). Miskoncepce v genetice: přehledová studie. *e-Pedagogium*, 17(3), 149–161.
141. Vlčková, J., & Kubiátko, M. (2014). Přírodopis v očích žáků 2. stupně základních škol. *e-Pedagogium*, 14(1), 20–37.
142. Vránová (2009). Tasks in natural science textbooks. *e-Pedagogium*, 9(1), 91–96.
143. Vránová (2012). Difficult learning tasks in biology curriculum. *The New Educational Review*, 30(4), 30–44.
144. Yilmaz, Z., Kubiátko, M., & Topal, H. (2012). Czech childrens drawing of nature. *Educational Sciences: Theory & Practice*, 12(4), 3111–3119.
145. Zahradník, M., & Pachmanová, L. (2009). Příklad využití wiki-prostředí v environmentálním vzdělávání na vysoké škole: hodnocení kurzu Organizace a řízení ochrany životního prostředí. *Envigogika*, 4(3), 1–17.

Mathematical Thinking Styles and the Features of Modeling Process

Styl myšlení v matematice a charakteristika procesu modelování

Juhaina Awawdeh Shahbari¹

¹ Al-Qasemi Academy, Israel; juhaina@qsm.ac.il

The current study investigated the relationship between students' mathematical thinking style and their modeling processes and routes. Thirty-five eighth-grade students were examined. In the first stage, the students solved questions and, based on their solutions, they were assigned to one of three groups according to their thinking styles, namely visual, analytic and integrative. The focus in the current study was the analytic and visual thinking style; we chose five students from the analytic group and five from the visual group (totaling 10 participants). The analytic group therefore comprised five analytic students, while the visual group comprised the visual students. The two groups engaged in three modeling activities. Findings indicated some differences in the groups' modeling processes while performing the three activities. The primary differences in the modeling processes were manifested in simplifying, mathematizing, and eliciting a mathematical model. Besides, the analytic thinking group skipped the real-model phase in the three activities, while the visual group built a real model for each activity.

Key words:
modeling, modeling process, modeling cycle, visual thinking style, analytic thinking style.

Received 10/2019

Revised 2/2020

Accepted 2/2020

Studie se zabývá vztahem mezi stylem myšlení žáků a procesem modelování. Zúčastnilo se jí 35 žáků osmého ročníku. V první fázi žáci řešili úlohy a na základě jejich řešení byli klasifikováni do jednoho ze tří stylů myšlení: vizuálního, analytického a integrativního. V ohnisku našeho zájmu byl vizuální a analytický styl. Vybrali jsme pět žáků z každé skupiny ($N = 10$), kterým byly zadány tři úlohy vyžadující modelování. Výsledky naznačují rozdíly v modelování mezi oběma skupinami. Hlavní rozdíly se projeví ve zjednodušení, matematizaci a tvorbě matematického modelu. Kromě toho žáci z analytické skupiny přeskočili ve všech úlohách fázi reálného modelu, zatímco žáci z vizuální skupiny reálný model v každé úloze vytvořili.

Klíčová slova:
modelování, proces modelování, modelovací cyklus, styly myšlení, vizuální myšlení, analytické myšlení.

Zasláno 10/2019

Revidováno 2/2020

Přijato 2/2020

1 Introduction

Thinking style and cognitive methods strongly affect student performance in many areas determining significant differences, as demonstrated in empirical cognitive psychology studies (e.g. Cakan, 2000; Dwyer & Moore, 1994). Therefore, students' different thinking styles should be taken into account when determining appropriate educational interventions (Sternberg & Zhang, 2005). Thus, teacher awareness of different thinking styles is particularly important, specifically when students are solving real-world problems. Ability to solve real-world problems is considered an important goal in mathematics education, as emphasized by the Organization for Economic Cooperation and Development [OECD] (2004). Such problems are the cornerstone of mathematical modeling approach; they offer students the opportunity to meet mathematical and everyday challenges and requirements (Lesh & Doerr, 2003; Lesh & Lehrer, 2000; Lesh et al., 2003), and help them understand their world and critically view mathematical information in the sense of active citizenship (Niss, Blum & Galbraith, 2007). Mathematical modeling is the process of translating between the real world and mathematics (Blum & Borromeo Ferri, 2009). Knowledge about students' modeling processes can ameliorate their teachers' interventions (Blum & Leib, 2005). Given their potential, modeling processes have been studied widely (e.g. English & Fox, 2005; English & Watters, 2005; Shahbari & Daher, 2016; Shahbari & Peled, 2017; Stillman et al., 2007). However, only a few scholars (e.g. Borromeo Ferri, 2010) have examined the modeling process of individuals having different thinking styles. Furthermore, almost no studies have focused on modeling processes with respect to groups where all modelers have the same thinking style. We chose to examine students that worked in homogenous groups in order to emphasize the thinking style as the main variable. This study aims to shed light on the influence of group thinking style on their modeling process and route while engaged in modeling activities.

Note: This article is an extended and elaborated version of Shahbari, J. A., & Salameh, R. (2018). Group thinking styles and their modeling process while engaging in modeling activities. In E. Bergqvist, M. Österholm, C. Granberg, & L. Sumpter (Eds.), *Proceedings of the 42th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (Vol. 4, pp. 163–170). PME.

2 Framework

2.1 Mathematical thinking style

Thinking style is a way of thinking; it is not an ability, but rather a preferred way of using one's abilities (Sternberg, 1997). Thus, mathematical thinking styles denote how individuals prefer to learn mathematics, not how their mathematical understanding is assessed (Borromeo Ferri, 2010). In addition, it is also indicative of how the individual prefers to proceed with the mathematical task (Sternberg, 1997). Borromeo Ferri and Kaiser (2003) suggested three different thinking styles: the philosopher, who constructs on the basis of concepts; the analyst, who operates within a formula; and the geometer, who has a visual starting point. Similarly, Borromeo Ferri and Kaiser (2003) in their empirical study, suggested three thinking styles: the analytic, the visual, and the integrated. In the current study, we will follow the latter classification, focusing on the visual and the analytic thinking styles. The visual thinking style has been defined as thinking based on the shapes, drawings, and images presented in real situations and relationships (Campbell et al., 1995). Students with a visual thinking style are characterized by a strongly image-oriented way of thinking when solving mathematical problems; this facilitates their obtaining, representing, interpreting, perceiving, and memorizing of information, as well as expressing it (Borromeo Ferri & Kaiser, 2003).

On the other hand, the analytic style of thinking is identified as thinking symbolically and formalistically (Burton, 2001). Individuals with an analytic thinking style tend to search for structures, patterns or formulas and their application, or to operate on the basis of formulas, as Borromeo Ferri and Kaiser (2003) reported. Analytic thinking involves sorting and separating elements from context, a tendency to focus on the properties of objects and elements for classification into categories, and a preference for using rules about categories and predicting behavior (Monga & John, 2007). Presmeg (1986) considered the solution of problems with no visual imagery as nonvisual thinking. Some studies reported that students with nonvisual thinking performed better than those with visual thinking (Lean & Clements, 1981). However, Lowrie and Kay (2001) reported that task difficulty has a significant influence on the way students represent mathematics problems; students typically used visual methods to solve difficult or novel problems, whereas nonvisual strategies were used in less difficult situations. Furthermore, some studies (e.g. Lowrie & Clements, 2001) indicated that students with a visual thinking style moved toward more nonvisual and analytic forms of reasoning when the familiarity of the tasks increased. Also, Burton (2001) reported that the majority of her interviews indicated that they used a combination of three thinking styles: visual, analytic and conceptual, while they engaged in mathematical tasks.

2.2 Modeling

Mathematical modeling means solving complex, realistic, and open problems with the help of mathematics; the process that students develop and use in solving such problems is termed modeling process. The modeling process is cyclic, whereby translating between the real world and mathematics transpires in both directions (Blum & Borromeo Ferri, 2009). There are multiple modeling processes in the literature; in the current study, we chose the modeling processes suggested by Blum and Leiß (2005), who identified modeling processes from a cognitive perspective as phases and transitions. The phases comprise a situation model, a real model, and a mathematical model, as well as mathematical results and real results. The transitions include several actions: understanding the problem and simplifying a situation model; presenting a real model; mathematizing, which leads to the construction of a mathematical model; applying mathematical procedures; interpreting the mathematical results; and validating, whereby mathematical results are validated in a real-life task. Various visual descriptions of the cyclic-modeling process have been reported in the literature. The current research is based on Blum and Leiß's (2005) modeling cycle. Borromeo Ferri (2007) delineated the modeling process in detail, incorporated the various phases of the modeling cycle on an internal and external level and referred to it as the modeling route. It is important to state that the modeling cycle is considered as an idealized scheme, which does not describe the actual students' process; the way through the modeling process of students through the modeling cycle is identified as the modeling route and it may be different from the modeling cycle (Borromeo Ferri, 2007). The modeling route may not be linear and shift across levels (Maaß, 2006).

2.3 Modelers with different thinking styles

Borromeo Ferri (2006) found that the modeling routes depend on students' style of thinking. Reporting about two students with different thinking styles, her analyses indicated that students with an analytic thinking style tend to immediately use the mathematical model, and then may go back to the real model only if there is a need to understand the task better. On the other hand, students with a visual thinking

style follow the modeling cycle mentioned by Blum and Leiß (2005). In general, Borromeo Ferri (2015) also indicated that when analytic thinkers engage in modeling tasks, they prefer to change the real world model to a mathematical model and work in a formalistic way, while visual thinkers think more in terms of the real world rather than of formal solutions and tend to present their thinking through pictures and graphic drawings.

2.4 Research aim and question

Teachers have a central role while their students engage in modeling activities; their knowledge of students' modeling activities will affect their intervention (Blum & Leiß, 2005). It is important to shed light about the modeling process and routes of students with different thinking styles. The aim of the research is to examine the relationship between two groups of eighth-grade students with different thinking styles and their modeling process and routes while they are engaged in modeling activities. More precisely, this research addressed the following question:

Do groups of students with different thinking styles (visual or analytic) differ in their modeling process and their modeling routes while working on a sequence of modeling activities, and how?

3 Method

The current study uses a qualitative approach, focusing on the interpretation of the data which emerged in students' solving process of the tasks in the questionnaire. Students were observed in their classes while they worked on three modeling tasks, which were video recorded.

The research participants and procedure comprised two stages, as detailed below.

3.1 Research participants, data sources and analysis in the first stage

This study carried out in a public school. The class chose for the accessibility to conduct the current study and due to the teacher knowledge of modeling approach. For the first stage of the study, 35 students in an eighth-grade class participated; they were almost 14-year-old. The data source was a questionnaire for identifying participants' thinking style.

3.1.1 Questionnaire

The study questionnaire comprised eight tasks for classifying students according to their thinking style. Some of these tasks were adapted from other studies (e.g. Lowrie & Clements, 2001), and some were designed by the researchers. The selected tasks were characterized by a variety of topic areas and of possible solution strategies. Below is an example of two tasks from the questionnaire:

1. Turf Problem (Lowrie & Clements, 2001): A husband and wife want to turf their backyard (put grass squares down). Before purchasing the turf, they have a ground pool put in their backyard. The pool is 3 m wide and 5 m long. Sensibly, they also pave an area 1 m wide around the pool. If turf costs \$10 per square meter, how much would it cost to turf the backyard (150 m² in total) once the pool and the paving are finished?
2. Handshakes task (Kaput & Blanton, 2001): Five people are at a party. If each person is to shake everybody else's hand once, how many handshakes will take place at the party?

3.1.2 Data analysis of the questionnaire

We used the constant comparative method (Glaser & Strauss, 1967) to analyze the problem-solving processes for each task in the questionnaire for each student. We adopted the categories described by Borromeo Ferri and Kaiser (2003): when illustrating and solving mathematical problems, the visual thinking style was characterized by sketches, drawings, or graphs, while the analytic thinking style was expressed in a formula-oriented way, namely the information from the text of a given problem is expressed by means of a formula. The integrative group was comprised by students who solved some tasks analytically and others visually. An example of students' answers classification for the Turf Problem can be seen below in two tasks.

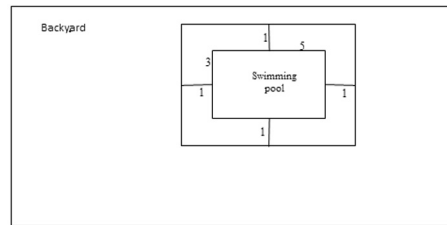
a. Turf Problem

The Visual group's solution:

$$5 \cdot 7 = 35 \text{ m}^2$$

$$150 - 35 = 115 \text{ m}^2$$

$$115 \cdot 10 = 1150\$$$



The Analytic group's solution:

$$3 + 2 = 5 \text{ m}$$

$$5 + 2 = 7 \text{ m}$$

$$7 \cdot 5 = 35 \text{ m}^2$$

$$150 - 35 = 115 \text{ m}^2$$

$$115 \cdot 10 = 1150\$$$

b. The Handshakes task

The Visual group's solution:

Person	First	Second	Third	Fourth	Fifth
Number of shakes	4	3	2	1	0

The Analytic group's solution: The first person shakes hands four times; the second shakes hands three times; the third shakes hands twice and the fourth shakes hands one time. $1 + 2 + 3 + 4 = 10$.

Based on the styles reflected in solving the questionnaire's tasks, students were then classified into three thinking style groups: analytic (14 students), visual (11 students), and integrated (10 students) thinking style groups.

3.2 Research participants and data sources in the second stage

The focus in the current study was the analytic and visual thinking style, so we did not focus on the integrative style thinking. We chose five students from the analytic group and five from the visual group (totaling 10 participants). We selected the 10 students with the assistance of their mathematics teacher in order to maximize matching variables (e.g. gender, mathematics abilities, socioeconomic status). The teacher had 16 years of teaching experience, also had a master's degree in mathematics education and had a knowledge about the modeling approach from her master's studies. Each group included three girls and two boys. All of the students in the two groups are middle socioeconomic status; in each group were two high mathematical abilities students, two middle mathematical abilities students and one low mathematical abilities student. The five analytic students together comprised the analytic group, and the visual students comprised the visual group. Both groups (analytic and visual) were assigned the same three modeling activities in the course of three weeks, with one activity per week. The modeling activities were adapted from the literature (e.g. Blum & Borromeo Ferri, 2009).

3.2.1 Video recordings

Video recordings were made of the two groups working on the three modeling activities and were transcribed.

3.2.2 Video recording analysis

We used the constant comparison method (Glaser & Strauss, 1967) to analyze the students modeling processes in the three modeling activities, taking into account the cognitive aspect of the modelers' modeling cycle (Kaiser & Stender, 2013). The students' modeling process was elaborated into phases and actions. The modeling processes were described visually according to Shahbari and Tabach's study (e.g. Shahbari & Tabach, 2018; Shahbari & Tabach, 2019), in which the researchers visualized all modeling phases and actions of modelers while they engaged in modeling activities.

3.3 Sequence of modeling activities

The sequence includes three modeling activities; the context of these activities is not one of the foci of the current research. The first activity (the Juice Activity, p. 91) adapted from Ben-Chaim, Kerret and Ilany (2012); talking about two boys who are testing four recipes for preparing orange juice to decide which one gives a more “orangey” drink. The second activity (the Been Activity, pp. 116–117) is adapted from Ben-Chaim, Kerret and Ilany (2012). It includes an activity of removing a number of white beans from a bag and replacing brown beans. Then students need to estimate the number of brown beans in the bag that included both white and brown beans. The third activity (the Giant’s Shoes) was designed by Blum and Borromeo Ferri (2009). It includes a picture of the sports center in the Philippines in which Florentino Anonuevo Jr. polishes a pair of shoes, with the length and width of the shoes provided, and the students need to estimate the height of the giant that the shoes fit. The main mathematical themes that related to the three activities are ratio and proportion, estimation, and average.

4 Findings

First, we will present the modeling processes for the two groups (visual thinking and analytic thinking) while working on the three modeling activities. Then we will focus on their modeling routes and present them visually.

4.1 Modeling processes between the analytic and visual groups

The analysis of the modeling processes of the two groups (analytic and visual) in the three activities revealed that each group demonstrated similar features while working on the three modeling activities, but the two groups differed in their modeling processes (phases and actions). Tab. 1 presents the general findings regarding the two groups’ modeling processes as well as the phases and the actions that they went through while working on the activities.

Tab. 1: Modeling processes of the analytic and visual groups in the three activities

Group	Analytic									Visual									
	Actions					Phases				Actions					Phases				
Modeling process	Number of modeling cycle	Simplifying and understanding	Mathematizing	Working mathematically	Interpreting	Validating	Real model	Mathematical model	Mathematical results	Real results	Simplifying and understanding	Mathematizing	Working mathematically	Interpreting	Validating	Real model	Mathematical model	Mathematical results	Real results
Juice Activity	1	+	+	+	-	-	-	+	+	-	+	+	+	-	-	+	+	+	-
	2	-	+	+	+	+	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
	3	-	+	+	+	+	-	+	+	+									
Been Modeling cycle	1	+	-	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	2	-	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	3	-	-	+	+	+	-	+	+	+									
Giant’s Shoes activity	1	+	+	+	-	+	-	-	+	-	+	+	+	-	+	+	+	+	-
	2	-	+	-	-	-	-	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	3	-	+	+	+	+	-	+	+	+									

Tab. 1 shows that the major differences between the two groups were in the real model phase. However, finer analyses of the other phases and actions revealed three other main differences in the simplifying and mathematizing actions and in the mathematical model phase. Tab. 2 presents the differences between the two groups, illustrated by sample statements from the students’ discussions while working on modeling activities.

As presented in Tab. 2, the main difference between the two groups was the way of illustrating the mathematical ideas. In other words, the same idea was illustrated differently in the two groups. It is important to note that each group have different measures (shoes and height); because of that we have different numbers.

Tab. 2: Differences in modeling process between analytic and visual groups

Modeling process	Analytic group	Visual group																		
Simplifying	The simplifying actions occurred through mathematizing. Students simplified the situations by mathematizing, skipping the real model for the situations. [5] Student 2: We can calculate by ratio between width and length.	Students simplified the activities by drawing and illustrating. [5] Student 1: I can explain the situation; we have information about... [they drew an illustration of shoes and body]. [6] Student 1: We can find the relation between us and the giants.																		
Mathematization	Students mathematize the situation by searching for formulas. [9] Student 4: The ratio between the length and the width... length 32 and width 12 [length and width of their shoes]. [11] Student 2: We should simplify the ratio... 32 : 12.	Students mathematize the situation by working in tables and lists. [10] Student 3: Make a table [16] Student 3: Your shoes are 26 cm, here I write 29 cm [in the column of the shoes' length], your height is 160.																		
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Height</th> <th>Shoes '' length</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>160</td> <td>26</td> </tr> <tr> <td>163</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>146</td> <td>28</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Height	Shoes '' length	160	26	163	30	146	28										
Height	Shoes '' length																			
160	26																			
163	30																			
146	28																			
Mathematical model	The mathematical model is presented through a formula. $H \approx \text{shoes length} \cdot 5$	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Height</th> <th>Shoes '' length</th> <th>Ratio</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>160</td> <td>29</td> <td>5.51</td> </tr> <tr> <td>163</td> <td>30</td> <td>5.43</td> </tr> <tr> <td>155</td> <td>28</td> <td>5.53</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>5.29</td> <td>5.36</td> </tr> </tbody> </table>	Height	Shoes '' length	Ratio	160	29	5.51	163	30	5.43	155	28	5.53				X	5.29	5.36
Height	Shoes '' length	Ratio																		
160	29	5.51																		
163	30	5.43																		
155	28	5.53																		
X	5.29	5.36																		

4.2 Modeling cycles and routes in the analytic and visual groups

Analysis of the modeling processes of the two groups in the three modeling activities indicated that the analytic group went through more modeling cycles in each activity to obtain the final model than the visual group, as presented in Tab. 1. In addition, the analysis indicated that the analytic group engaged in more skipping during the modeling phases than the visual group. Modeling routes among the two groups in the three modeling activities are presented in Tab. 3.

Tab. 3: Modeling routes of the two group in the three activities

Activity	Group	Modeling route
Juice Activity	Analytic group	See Fig. 1.
	Visual group	See Fig. 2.
Been Activity	Analytic group	See Fig. 3.
	Visual group	See Fig. 4.
Giant's Shoes activity	Analytic group	See Fig. 5.
	Visual group	See Fig. 6.

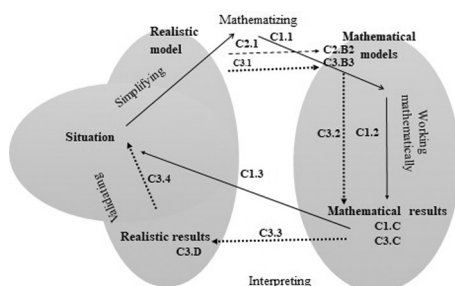


Fig. 1: Modeling routes of the analytic group in the Juice Activity

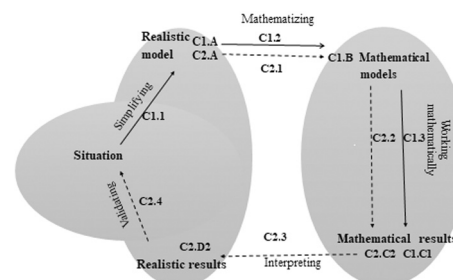


Fig. 2: Modeling cycle of the visual group in the Juice Activity

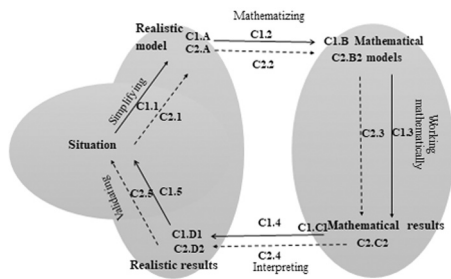


Fig. 3: Modeling routes of the analytic group in the Been Activity

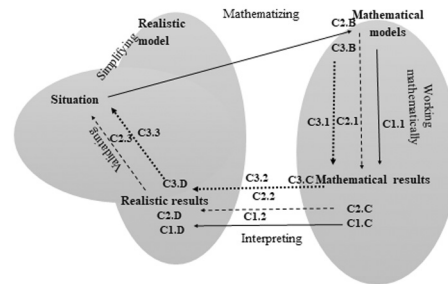


Fig. 4: Modeling cycle of the visual group in the Been Activity

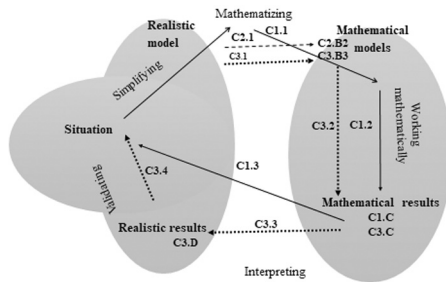


Fig. 5: Modeling routes of the analytic group in the Giant's Shoes Activity

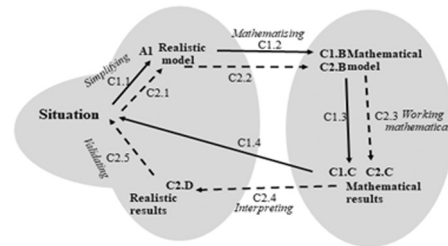


Fig. 6: Modeling cycle of the visual group in the Giant's Shoes activity

Tab. 3 indicates that the analytic group (Fig. 1, 3 and 5) always has three modeling cycles, while the visual group (Fig. 2, 4 and 6) has for the same activities two modeling cycles. In addition, the cycles in the visual group are more sequential than the analytic group. The figures above show that the analytic group always began with the action of mathematizing the activity and did not reach the phase of a real model, while the visual group always began with the action of simplifying the situation and illustrate it with a real model.

For more details, below are the groups' modeling processes for one activity; to avoid repetition, we chose the 'Giant's Shoes' activity:



The modeling process of the analytic group in the Giant's Shoes activity, illustrated in Fig. 5, can be split into three modeling cycles: the first cycle, identified by a straight line (C1.1, C1.2, C1.3, C1.4), the second cycle (dashed line) (C2.1, C2.B), and the third cycle, the dotted line (C3.1, C3.B, C3.3, C3.C, C3.4, C3.D, C3.5). Tab. 4 presents the modeling process.

Tab. 4: Modeling process of the analytic group in the Giant's Shoes activity

Modeling cycle	Process	Explanation
First cycle —————▶	C1.1	Understanding the situation, simplifying through mathematizing by thinking about the relation between the width and the length of shoes 5.29: 2.37
	C1.2	Working mathematically: Finding the ratio between the width and the length of one student: 32 : 12
	C1.C	Mathematical result: The ratio 8 : 3
	C1.3	Validating: Not helpful in solving the situation
Second cycle - - - - -▶	C2.1	Returning to the situation, simplifying through mathematizing: Finding the ratio between the length of student's shoes and her height.
	C2.B	Mathematical model: The height of person is four times the length of their shoes.
Third cycle▶	C3.1	Returning to the situation, simplifying through mathematizing: Finding the ratio between the average length of their shoes.
	C3.B	Mathematical model: The height of a person is five times the length of shoes
	C3.2	Applying the model: $5.29 * 5$
	C3.C	Mathematical result: the height of the giant is 26.45.
	C3.3	Application to reality: it is almost 27 m
	C3.D	Realistic result: 27 m
	C3.4	Validating the results in the situation: 27 m

The visual group in the Giant's Shoes activity, illustrated in Fig. 6, engaged in two modeling cycles. The group began by simplifying the situation through the use of a drawing; they tried to draw an image of shoes through their simplification to yield a real model (A) and thought about the numerical relationship between the giant's height and the length of his shoes, and how this relation would be equivalent for ordinary people (C1.1); they began mathematizing by ordering their own shoe length and height measurements, and the ratio between these measurements was recorded on a table they constructed (C1.2); they then elicited a mathematical model, indicating that the ratio between the length of the shoes and the height resembled the ratio of their own measures (C1.B); they applied the results (C1.3), and each student received mathematical results resembling their ratio. They received different results because each had a different ratio (C1.C); thus, these results did not resolve the problem (C1.4). The second cycle began with a mathematical model, comprising the average of the group's ratio calculations (C2.B); they applied it (C2.3) and received the numerical result of 32 (C2.C); this result was then transformed into a realistic result, indicating the giant's height as 32 m (C2.D); they accepted this result (C2.5).

5 Discussion

The aim of the current study was to examine the relationship between two groups of eighth-grade students with different thinking styles (analytic and visual) and their modeling process and routes while they engaged in a sequence of modeling activities. The findings revealed that each group had similar features among the three modeling activities, while there were major differences in the two groups' modeling processes. The main difference between the two groups was in the action directly after reading the situation, through the simplifying process and the ability to access the activity. The analytic group tried to simplify the three activities by mathematizing them, while the visual group tried to simplify the activities by drawing and illustrating the situations. These findings are in line with Borromeo Ferri's (2015), who indicated that when analytic thinkers deal with a modeling activity they preferred to change the real-world situation to a mathematical model and operate in a formalistic manner, while visual thinkers think more in terms of the real world rather than of formal solutions, and thus tend to present their thinking by means of pictures and drawings. We can conclude that students with a visual thinking style make more connections between mathematics and the real world by starting with simplification and using a real model; these results are similar to the findings of Huang (2013) who reported that students with a visual thinking style make more connections between mathematical concepts and the physical world.

The findings also revealed differences in the mathematizing action and in the illustration of the mathematical model. The analytic group emphasized the use of formulas, while the visual group mathematized with the help of lists, tables and drawings; the same features of action were identified in mathematical models. The features of the mathematizing actions of the analytic group when they were engaging in modeling activities were found to be similar to features activated in solving routine world problems. In fact, as Borromeo Ferri and Kaiser (2003) reported, students with an analytic thinking style are more likely to search for structures, patterns, or formulas and their application, or to operate with formulas.

According to the modeling cycles and routes, we identified that the modeling routes of the analytic group are longer than the visual group's. However, the analytic group engaged in more skipping of the modeling phases; in the three activities, they skipped the real model, while the visual group always addressed this phase. It is important to note that skipping modeling phases or actions did not relate to the effectiveness of the elicited models, as emphasized by Shahbari and Tabach (2016).

The findings also indicated that each group had the same features in the three activities. However, we did not have an indicator of whether the groups would have continued to work in a similar way and maintained the same features of the modeling routes, had the sequence of the modeling activities been longer. Researchers reported that changes can occur; for example, Kaiser (2007) reported that expert modelers control their solving strategies and therefore achieve their aim faster.

Finally, Sternberg (1997) proposed that understanding thinking styles help teachers to differentiate instruction to maximize the learning outcomes of all learners; in our case, teachers' awareness of students' thinking styles has an essential role in designing effective interventions while students engaged in modeling activities. The findings emphasized that students' thinking style didn't relate to their mathematical abilities, due to that the two groups worked and used different modeling routes even when they obtained final mathematical models with parallel contents; therefore, the teachers need to be aware of different preferences in simplifying and in mathematizing situations. Teachers also should be aware of presenting and modeling solution strategies in visual and analytic ways. More spastically, teachers should be aware that students with different thinking style prefer to simplify, mathematize and elicit mathematical models in a different way; being aware of the difference can make teachers conscious of their intervention. Besides

our conclusion, we must indicate about the limitation of the current study, it conducted among only two groups the visual and the analytic groups and without the group of integrated thinking style students. Also, the number of participants was too small to address the research questions adequately or to generalize the results beyond the three activities which included in the current study. We suggest expanding our work by examining more than a single group from each style, and with including the integrated thinking style students, to learn more about modeling processes and modeling routes of students with different thinking styles and the features of each thinker.

References

- Ben-Chaim, D., Keret, Y., & Ilany, S.-B. (2012). *Ratio and proportion: Research and teaching in mathematics teachers' education (Pre- and in-service mathematics teachers of elementary and middle school classes)*. Sense Publisher.
- Blum, W., & Borromeo Ferri, R. (2009). Mathematical modeling: Can it be taught and learnt? *Journal of Mathematical Modeling and Application*, 1(1), 45–58.
- Blum, W., & Leiß, D. (2005). “Filling Up” – the problem of independence-preserving teacher interventions in lessons with demanding modeling tasks. In M. Bosch (Ed.), *Proceedings of the fourth congress of the European Society for Research in Mathematics Education (CERME 4)* (pp. 1623–1633). Sant Feliu de Guíxols, Spain, Fundemí IQS Universitat Ramon Llull.
- Borromeo Ferri, R. (2006). Theoretical and empirical differentiations of phases in the modeling process. *ZDM*, 38(2), 86–95. <https://doi.org/10.1007/bf02655883>
- Borromeo Ferri, R. (2007). Modeling problems from a cognitive perspective. In C. P. Haines, P. Galbraith, W. Blum, & S. Khan (Eds.), *Mathematical modeling (ICTMA12): Education, engineering and economics* (pp. 260–270). Horwood Publishing Limited.
- Borromeo Ferri, R. (2010). On the influence of mathematical thinking styles on learners' modeling behavior. *Journal fur Mathematik-Didaktik*, 31(1), 99–118. <https://doi.org/10.1007/s13138-010-0009-8>
- Borromeo Ferri, R. (2015). Mathematical thinking styles in school and across cultures. In S. Cho (Eds.), *Selected regular lectures from the 12th International Congress on Mathematical Education* (pp. 153–173). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-17187-6_9
- Borromeo Ferri, R., & Kaiser, G. (2003). First results of a study of different mathematical thinking styles of schoolchildren. In L. Burton (Ed.), *Which way in social justice in mathematics education?* (pp. 209–239). Greenwood.
- Burton, L. (2001). Research mathematicians as learners – and what mathematics education can learn from them. *British Educational Research Journal*, 27(5), 589–599. <https://doi.org/10.1080/01411920120095762>
- Campbell, K. J., Collis, K. F., & Watson, J. M. (1995). Visual processing during mathematical problem solving. *Educational Studies in Mathematics*, 28(2), 177–194. <https://doi.org/10.1007/BF01295792>
- Cakan, M. (2000). Interaction between cognitive styles and assessment approaches. In *LSU Historical dissertations and theses*. https://digitalcommons.lsu.edu/gradschool_disstheses/7145
- Dwyer, F. M., & Moore, D. M. (1994). Effect of colour coding and test type (visual/verbal) on students identified as possessing different field dependence levels. *British Journal of Educational Technology*, 25(3), 217–219.
- English, L. D., & Fox, J. L. (2005). Seventh-graders' mathematical modeling on completion of a three-year program. In P. Clarkson et al. (Eds.), *Building connections: Theory, research and practice* (Vol. 1, pp. 321–328). Deakin University Press.
- English, L. D., & Watters, J. J. (2005). Mathematical modeling in the early school years. *Mathematics Education Research Journal*, 16(3), 58–79. <https://doi.org/10.1007/BF03217401>
- Huang, C.-H. (2013). Engineering students' visual thinking of the concept of definite integral. *Global Journal of Engineering Education*, 15(2), 111–117.
- Glaser, B. G., & Strauss, A. L. (1967). *Discovery of grounded theory: Strategies for qualitative research*. Aldine Publishing Company.
- Kaiser, G. (2007). Mathematical modeling at schools how to promote modeling competencies. In C. P. Haines, P. Galbraith, W. Blum, & S. Khan (Eds.), *Mathematical modeling (ICTMA12): Education, engineering and economics* (pp. 110–119). Horwood Publishing Limited.
- Kaiser, G., & Stender, P. (2013). Complex modeling problems in co-operative, self-directed learning environments. In G. A. Stillman, G. Kaiser, W. Blum, & J. P. Brown (Eds.), *Teaching mathematical modeling: Connecting to research and practice* (pp. 277–294). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-6540-5_23

- Kaput, J. J., & Blanton, M. (2001). Algebrafying the elementary mathematics experience: Part 1: Transforming task structures. In H. Chick, K. Stacey, J. Vincent, & J. Vincent (Eds.), *Proceedings of the 12th International Commission on Mathematics Instruction Study Conference* (pp. 344–351). University of Melbourne, Melbourne, Australia.
- Lean, G., & Clements, M. A. (1981). Spatial ability, visual imagery, and mathematical performance. *Educational Studies in Mathematics*, 12(3), 267–299. <https://doi.org/10.1007/BF00311060>
- Lesh, R., & Doerr, H. M. (2003). Foundations of models and modeling perspective on mathematics teaching, learning, and problem solving. In R. Lesh, & H. M. Doerr (Eds.), *Beyond constructivism: Models and modeling perspectives on mathematics problem solving, learning, and teaching* (pp. 3–33). Erlbaum.
- Lesh, R., Hoover, M., Hole, B., Kelly, A., & Post, T. (2000). Principles for developing thought-revealing activities for students and teachers. In R. Lesh, & A. Kelly (Eds.), *Handbook of research design in mathematics and science education* (pp. 591–645). Lawrence Erlbaum.
- Lesh, R., & Lehrer, R. (2003). Models and modeling perspectives on the development of students and teachers. *Mathematical Thinking and Learning*, 5(2–3), 109–129. <https://doi.org/10.1080/10986065.2003.9679996>
- Lowrie, T., & Clements, M. A. (2001). Visual and nonvisual processes in grade 6 students' mathematical problem solving. *Journal of Research in Childhood Education*, 16(1), 77–93. <https://doi.org/10.1080/02568540109594976>
- Lowrie, T., & Kay, R. (2001). Relationship between visual and nonvisual solution methods and difficulty in elementary mathematics. *The Journal of Educational Research*, 94(4), 248–255. <https://doi.org/10.1080/00220670109598758>
- Maaß, K. (2006). What are modeling competencies? *ZDM*, 38(2), 113–142. <https://doi.org/10.1007/BF02655885>
- Monga, A. B., & John, D. R. (2007). Cultural differences in brand extension evaluation: the influence of analytic versus holistic thinking. *Journal of Consumer Research*, 33(4), 529–536. <https://doi.org/10.1086/510227>
- Niss, M., Blum, W., & Galbraith, P. (2007). Introduction. In W. Blum, P. L. Galbraith, H.-W. Henn, & M. Niss (Eds.), *Modeling and applications in mathematics education* (pp. 3–32). Springer.
- Organization for Economic Cooperation and Development (OECD). (2004). *Learning for tomorrow's world: First results from PISA 2003*. OECD.
- Presmeg, N. C. (1986). Visualization in high school mathematics. *For the Learning of Mathematics*, 6(3), 42–46.
- Shahbari, J. A., & Daher, W. (2016). Mathematical models' features: Technology and non-technology. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 4(4), 523–533.
- Shahbari, J. A., & Peled, I. (2017). Modeling in primary schools: Constructing a conceptual system and making sense of fractions. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(2), 371–391. <https://doi.org/10.1007/s10763-015-9702-x>
- Shahbari, J. A., & Tabach, M. (2016). Different generality levels in the product of a modeling activity. In C. Csikos, A. Rausch, & J. Sztanyani (Eds.), *Proceedings of the 40th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (Vol. 4, pp. 179–186). PME.
- Shahbari, J. A., & Tabach, M. (2018). Developing prospective mathematics teachers' knowledge of the modeling approach. *Scientia in educatione*, 9(2), 146–158. <https://doi.org/10.14712/18047106.1183>
- Shahbari, J. A., & Tabach, M. (2019). Adopting the modeling cycle for representing prospective and practicing teachers' interpretations of students' modeling activities. In G. Stillman, & J. Brown (Eds.), *Lines of inquiry in mathematical modeling research in education* (pp. 179–196). ICME-13 Monographs, Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-14931-4_10
- Sternberg, R. J. (1997). *Thinking styles*. Cambridge University Press.
- Sternberg, R. J., & Zhang, L.-F. (2005). Styles of thinking as a basis of differentiated instruction. *Theory into Practice*, 44(3), 245–253. https://doi.org/10.1207/s15430421tip4403_9
- Stillman, G., Galbraith, P., Brown, J., & Edwards, I. (2007). A framework for success in implementing mathematical modeling in the secondary school. In J. Watson, & K. Beswick (Eds.), *Proceedings of the 30th Annual Conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia (MERGA)* (Vol. 2, pp. 688–697). MERGA.

Patterns in Kindergarten: Teachers' Knowledge of Content and Pupils and Associated Self-Efficacy Beliefs

Vzory ve školce: Didaktické znalosti týkající se obsahu a žáků a související přesvědčení

Iris Schreiber¹

¹ Kibbutzim College of Education, Bar-Ilan university, Israel; irisifi5@gmail.com

The present study investigates sixty Israeli kindergarten teachers and examines two aspects that might affect the teaching-learning process of patterns: Teachers' pedagogical knowledge of content and pupils (specifically, what is easy or difficult for the children and what their typical errors are) and teachers' self-efficacy, particularly with regard to their knowledge. These aspects are explored via two types of patterns – a repeating pattern and a growing pattern, and by comparing two teacher groups – novice teachers and experienced teachers. The results regarding the repeating pattern show that teachers have knowledge of children's typical errors. However, they only have partial knowledge of what is easy or difficult for the children: they tend to underestimate children's abilities. Regarding the growing pattern, teachers only have a partial knowledge of children's typical errors. Also, they cannot fully discern what the pupils find easy or difficult: they tend to overestimate children's abilities. Using teachers' seniority as a criterion, novice teachers were found to be less knowledgeable and less confident (i.e. they have lower self-efficacy). The results may have implications for teachers' education and guidance, especially novice teachers.

Key words:
kindergarten,
mathematics, patterns,
pedagogical-content-
knowledge,
self-efficacy.

Received 7/2019
Revised 10/2019
Accepted 2/2020

Studie se šedesáti učiteli mateřské školy v Izraeli zkoumá dva aspekty, které mohou ovlivnit výuku „vzorů“: Didaktické znalosti týkající se obsahu a žáků (konkrétně co je pro žáky jednoduché a co je obtížné a jaké jsou typické chyby) a učitelovo vnímání vlastní zdatnosti (self-efficacy). Tyto aspekty jsou analyzovány prostřednictvím dvou typů vzorů – opakující se vzor a rostoucí vzor, a porovnáním dvou skupin učitelů – začátečníci a zkušení učitelé. Výsledky týkající se opakujícího se vzoru ukazují, že učitelé mají povědomí o typických chybách žáků. Mají ovšem jen částečnou znalost toho, co je pro děti jednoduché a co obtížné. Mají tendenci výkon dětí podceňovat. Co se týče rostoucího vzoru, učitelé mají částečné znalosti typických chyb i toho, co je pro děti jednoduché a co obtížné. Mají tendenci výkon dětí přeceňovat. Co se týče učitelské zkušenosti, začátečníci mají menší důvěru ve vlastní zdatnost a menší znalosti. Výsledky mají důsledky pro vzdělávání učitelů zejména u začátečníků.

Klíčová slova:
mateřská škola,
matematika, vzory,
didaktická znalost
obsahu, self-efficacy.

Zasláno 7/2019
Revidováno 10/2019
Přijato 2/2020

1 Introduction

It is commonly agreed that mathematics learning in early childhood has a formative effect – it is essential for consolidating the foundations of many topics and concepts that children will learn later on in school (Clements, 2001; National Council of Teachers of Mathematics, 2000). An important topic, which is part of the curriculum in many countries, is patterns. A pattern is a series of elements arranged according to a certain rule. Each element has a single value determined by its place in the series, so that the elements appear in a predictable way. Patterns and structures are considered as the heart of algebraic thinking, which may be promoted by continuing a pattern, being able to describe a 'general' element and expressing and justifying these generalizations (Zazkis & Liljedahl, 2002; Warren, 2005).

An effective teaching-learning process is impacted by various aspects and the present study focuses on two of them. One aspect is teachers' pedagogical content knowledge which was indicated by many researchers as necessary for effective teaching of mathematics (Ball et al., 2008; National Council of Teachers of Mathematics, 2000; Shulman, 1986, 1987). The present study focuses on a specific pedagogical content knowledge component that has not been investigated enough regarding patterns: knowledge of content and students, which is the integration of subject-matter knowledge with an acquaintance of students. This kind of knowledge may improve the quality and precision of the teaching process. Teachers who are aware of student's concepts and difficulties can plan their teaching better. The second aspect investigated in this study is teachers' self-efficacy which was defined by Bandura (1977) as one's belief in one's ability to organize and execute a series of actions required for achieving a certain desired result. Self-efficacy is important because teachers' performance in class may be impacted by their confidence in their ability to successfully perform certain teaching processes (Dellinger et al., 2008). These aspects were examined in Israel by a comparison of two kindergarten teacher groups, 30 novices and 30 experienced.

2 Literature review

2.1 Mathematics and patterns in kindergarten

During the last decade, educators have acknowledged the importance of promoting children's mathematics knowledge already from an early age. The significance of mathematics learning for developing creativity, mathematical skills, and thinking abilities is emphasized in standard documents and in various curricula (Ministry of Education in Israel, 2010; NCTM, 2000). Researchers have frequently discussed mathematics curricula at pre-school ages, recommending many learning activities that may promote mathematical thinking (Clements, 2001; Clements & Sarama, 2007, 2011; Greenes et al., 2004).

The present study focuses on the mathematical topic of patterns, which is part of the mathematics curriculum for kindergartens in many countries, including Israel. Its importance is highlighted in policy documents and curricula: "Patterns are everywhere. Children, who are encouraged to look for patterns and to express them mathematically, begin to understand how mathematics applies to the world in which they live" (NCTM, 1989: p. 60). Patterns may form the basis for understanding recurring structures, which promote the acquisition of various mathematical concepts – such as variables, functions and algebraic expressions (Moss & Beatty, 2006; Warren, 2005). Patterns may also lead to a high level of thinking – the ability to generalize (Ministry of Education in Israel, 2010). Recommendations for early ages suggest focusing on patterns with different characteristics, such as color, position, quantity, sound or movement.

The current research engages in two types of patterns: a repeating pattern and a growing pattern. The difference between the two types of patterns is the way in which their elements are arranged:

A *repeating pattern* is a pattern in which an element repeats itself systematically and a *growing pattern* is a pattern that increases or decreases systematically (see examples in Fig. 1).

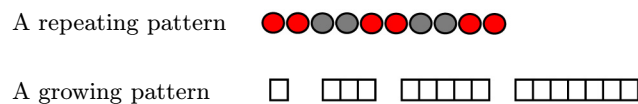


Fig. 1: Examples of the two pattern types

According to the curriculum of mathematics for kindergarten in Israel, the subject of repeating patterns should be taught first with patterns that have one characteristic, such as color or shape (see examples in Fig. 2), and then patterns that have two characteristics, such as color and quantity or color and shape, which is the type of pattern chosen for the present study (see examples in Fig. 2).



Fig. 2: Examples for repeating patterns characteristics

Growing patterns are not part of the Israeli mathematics curriculum for kindergarten. However, since they are included in the curriculum of other countries and have been investigated, I decided to include a growing pattern in the research. I chose to keep the same characteristics (color and shape) as in the repeating pattern, while adding the growing quantity (see Fig. 3).

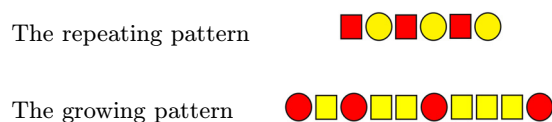


Fig. 3: The patterns chosen for the study

Many studies recommend teaching the topic of repeating and growing patterns at all ages, particularly in kindergarten, and suggest activities and tasks such as describing, creating, continuing or completing a pattern (Burton, 1982; Gibbs, 1999; Threlfall, 1999; Papić & Mulligan, 2007; Papić et al., 2011; Warren, 2005).

The present study investigates two types of tasks that, according to the curriculum in many countries (including Israel) and to many researchers, are considered ones that may promote mathematical thinking and generalization abilities:

1. “Continue a pattern”: children are asked to produce/create/build a continuation for a given pattern (Burton, 1982; Economopoulos, 1998; Warren, 2005).
2. “Complete a pattern”: children are asked to produce/create/build the missing elements of a given pattern (Burton, 1982; Papic & Mulligan, 2007; Warren, 2005).

The tasks incorporated in this research are: “continue a repeating pattern”, “complete a repeating pattern” and “continue a growing pattern”.

2.2 Pedagogical knowledge of content and students

Lee Shulman (1986, 1987), one of the most prominent researchers defining the type of knowledge which teachers need for an effective teaching process, argued that a combination of content knowledge and pedagogical knowledge is necessary. Pedagogical content knowledge integrates them both. Regarding mathematics, it may involve knowledge of various ways of presenting a mathematical idea and knowing to estimate the difficulty levels of specific topics. Such knowledge helps teachers to plan better lessons, to connect ideas and concepts during and between lessons, and to cope with students’ difficulties. Past studies show a correlation between teachers’ mathematical pedagogical content knowledge and children’s improved attainments (McCray & Chen, 2012) it with the wider the teachers’ knowledge was, the more extensive the students’ knowledge and the better their attainments were (Tchoshanov, 2011).

A group of researchers led by Deborah Ball (Ball et al., 2008; Hill et al., 2008) defined more specifically the term pedagogical content knowledge in mathematics education, attributing two aspects to it. The first is Knowledge of Content and Teaching which includes, for example, assessing the strengths and weaknesses of different tasks, knowing what examples are suitable for presenting a certain topic and which examples should be used to enhance knowledge. The second aspect, on which this study focuses, is Knowledge of Content and Students. It includes, for example, identifying what is easy or difficult for specific groups of students, finding what their common errors are and possible reasons thereof. Knowledge of content and students is important for the teaching-learning process because it enables teachers to focus their explanations and give students a variety of effective tasks.

Studies of patterns in kindergarten, which explored different aspects of teachers’ knowledge, show that teachers have partial pedagogical content knowledge. On the one hand, they know how to solve patterning tasks, describe patterns and notice errors children make. On the other, they are not familiar with various tasks, with the way children think or with what should be done in order to promote children’s knowledge (Economopoulos, 1998; Fox, 2005b; Waters, 2007; Zhang, 2015). Based on the theory conceived by Ball (Ball et al., 2008), Lee (2010) examined preschool teachers’ mathematical pedagogical content knowledge in various topics. In the case of patterns, the researcher found that teachers possessed a high level of knowledge of how to teach patterns. However, Lee’s study did not examine teachers’ patterning knowledge of content and students and in general, this aspect has not been sufficiently investigated regarding patterns. Therefore, I have decided to study this specific component of knowledge.

The present study examined teachers’ patterning knowledge of content and students in two aspects: what the children’s common errors are and what is easy or difficult for them. Regarding children’s errors, studies indicate wrong answers for patterning tasks that children frequently give. For example: continuing a pattern randomly (Clements & Sarama, 2007; Starkey et al., 2004); repeating one element of the pattern systematically (Clements & Sarama, 2007; Starkey et al., 2004); and copying the pattern like a mirror image (Fox, 2005a; Garrick et al., 1999).

Regarding what is easy or difficult for children, the literature indicates the basic unit and its length as the most prominent factors determining the difficulty level (Kyriakides & Gagatsis, 2003; Threlfall, 1999). Moreover, findings illustrate that growing patterns are more difficult for children than repeating patterns (Warren, 2005). The results of studies that examined the differences between continuing and completing repeating patterns were inconclusive (Warren, 2005; Warren & Miller, 2010).

In the present study, when indicating what is easy or difficult for children, the teachers were also asked to refer to differences between older and younger children. Studies show that older children succeed more than younger children even with no teaching process (Mulligan et al., 2004).

2.3 Self-efficacy

Self-efficacy is one’s assessment of one’s ability to successfully perform a certain task (Bandura, 1977; 1986). Bandura defined self-efficacy as “people’s judgments of their capabilities to organize and execute a course of action required to attain designated types of performances” (1986, p. 391). Hackett and Betz (1989) defined mathematical self-efficacy as “assessment of an individual’s confidence in her or his ability to successfully perform or accomplish a particular task or problem” (p. 262). This study explores teachers’

pedagogical-mathematical self-efficacy, i.e. their confidence in their pedagogical knowledge. Self-efficacy connects performance and confidence: in order to complete a task effectively, people need both the suitable skills and the confidence in their ability to apply them as required (Dellinger et al., 2008). The level of self-efficacy has a direct impact on people's choices and behavior: people act with confidence in situations whereby they believe they may function well, but they tend to avoid situations in which they don't believe in their abilities or knowledge. Furthermore, self-efficacy affects the amount of time and effort people invest in performing certain tasks: the higher one's self-efficacy level is, the more persistent in completing a task one is. Studies found that self-efficacy may significantly impact teachers' performance (Dellinger et al., 2008) and is related to their behavior in the classroom and to students' results (Midgley et al., 1989). Teachers whose level of self-efficacy was high had greater job satisfaction, were more involved in the preparation of personal curricula for the students and cooperated better with parents and colleagues (Brouwers & Tomic, 2000).

A sense of self-efficacy is examined with respect to a specific subject. The present study examined kindergarten teachers' self-efficacy in pedagogical knowledge of content and students related to the topic of patterns, which has not been sufficiently investigated.

2.4 Teachers' seniority

In the present study, teachers' knowledge and self-efficacy were investigated and compared between two teacher groups: novice and experienced.

Studies of teachers' professional development (Ball & Wilson, 1990; Leinhardt, 1989; Tirosh et al., 1998; Zhang, 2015) refer to novice teachers as teachers with seniority of up to five years, and experienced teachers as teachers with seniority of at least ten years. The present study adheres to these definitions. These studies compared mathematical knowledge of novice and experienced teachers in elementary and high schools and found that experienced teachers had a broader pedagogical knowledge than novice teachers. However, other researchers did not find a positive correlation between seniority and different types of knowledge (Krauss et al., 2008).

Regarding self-efficacy and seniority, the literature presents inconsistent findings. Chiu and Klassen (2010) found a connection between teachers' years of experience and their self-efficacy. In a study conducted by Tschannen and Woolfolk (2007), experienced teachers rated themselves higher on overall self-efficacy than novice teachers, but on some specific aspects, there was no significant difference between the two groups. Another study showed that teachers' experience was not associated with their self-efficacy (Guo et al., 2011).

3 Research aims

The first aim of the study is to explore teachers' knowledge of content and students related to patterns: Do teachers know which type of pattern and which patterning tasks are easier for students and which are more difficult? Do teachers know students' common errors in the patterning tasks? Is there a difference between the knowledge demonstrated by novice teachers and the knowledge demonstrated by experienced teachers?

I hypothesized that novice teachers would have less knowledge of content and students based on past findings (e.g. Tirosh et al., 1998) and on the fact that they are not acquainted enough with students' conceptions and misconceptions.

The second aim of the present study is to explore teachers' level of self-efficacy related to their knowledge: What is the teachers' level of self-efficacy in their pedagogical knowledge of content and students (i.e., what is the teachers' level of confidence regarding their knowledge)? Is there a correlation between teachers' level of confidence and teachers' seniority?

I hypothesized that novice teachers are less confident in their knowledge due to the findings of previous studies (e.g. Chiu & Klassen, 2010).

4 Methodology

The present study was conducted in two stages, the first with children and the second (on which this paper focuses) with teachers.

4.1 The first stage of the study

The first stage, the “preliminary study”, examined children’s knowledge of patterns. The participants were 206 Israeli children: 99 children aged 4–5 and 107 children aged 5–6. All the children attended kindergartens in the same region of Israel and had the same socioeconomic status (as determined by the Ministry of Education in Israel). Each kindergarten comprised about 30 children, aged 4–6. For the children aged 4–5, it was the first year at kindergarten, and for the children aged 5–6, it was the second year at kindergarten. Ethical approval was given by the Chief Scientist of the Ministry of Education in Israel.

The two patterns that were chosen for this study (see Fig. 3) were incorporated into three tasks (see Fig. 4): continuing a repeating pattern, completing a repeating pattern, continuing a growing pattern.

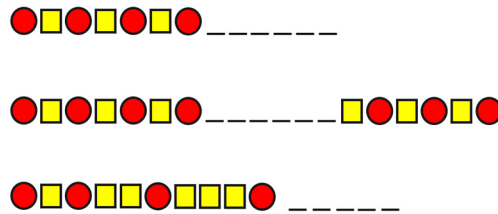


Fig. 4: The examined three tasks

The children answered the three tasks in front of a computer screen, using a software developed specifically for the study. Each child responded to the questionnaire in the presence of the researcher in a quiet area of the kindergarten. The children’s responses (the way they continued or completed the pattern and their oral response) were documented and recorded.

It is noteworthy that the kindergartens in which the preliminary study was conducted were mainstream education kindergartens without special education children or under-achievers. Before answering the questionnaire, the children practiced, played and became familiar with the software, learning how to move the shapes to the appropriate place.

The aim of the first stage is to examine the patterning knowledge of preschool children:

How do kindergarten children respond to the three patterning tasks, regarding the percentage of correct answers and common errors (see the expected answers in Fig. 5)? Is there a difference between the knowledge demonstrated by younger children and the knowledge demonstrated by older children?

I hypothesized that older children would respond more correctly than younger children due to their longer studying term in kindergarten and based on past findings (e.g. Mulligan et al., 2004).

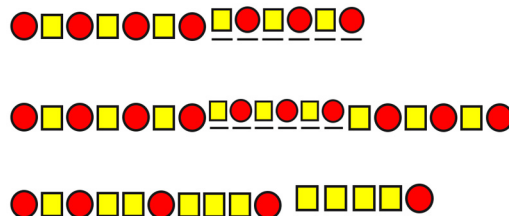


Fig. 5: The expected correct answers for the three tasks

4.2 The second stage of the study

At the second stage, in which this paper engages, the participants were 60 kindergarten teachers: 30 novice teachers, whose seniority was up to 5 years, and 30 experienced teachers, whose seniority was 10 years or more. All the teachers are females, have a first degree in education and they were trained to teach and work in mainstream education kindergartens. The teachers work in the same kindergartens in which the preliminary study was conducted.

The research instruments were two questionnaires, a Knowledge Questionnaire, and a Self-Efficacy Questionnaire, that were validated by three mathematics teaching experts.

The questionnaires related to the three tasks that the children had answered in the preliminary study. Reliability was examined with 10 teachers. A Cronbach’s coefficient alpha was calculated, using the pilot data. The reliability score (> 0.7) of the instruments had an acceptable level of reliability.

The teachers’ self-efficacy questionnaire consisted of an Attitudes Scale, in which the teachers were asked to point out the level of confidence in their ability to predict children’s typical errors and the level

of confidence in their ability to estimate children's percentage of success in each of the three tasks that the children had answered in the preliminary study ("Continue a repeating pattern", "complete a repeating pattern", "continue a growing pattern"). They ranked their confidence in their ability from 1 (not at all confident I can), through intermediate degrees of confidence (3 – moderately confident I can), to complete confidence (5 – very confident I can).

The teachers responded to the questionnaire examining pedagogical knowledge after they had responded to the self-efficacy questionnaire. They were asked to estimate the percentage of success of children, as well as indicate the errors that children would make in each task.

4.3 Data analysis

The preliminary study examined children's knowledge and provided two sets of data. The first consisted of children's responses to the three patterning tasks – these responses were either correct or incorrect. The percentage of correct answers was calculated for each group of children separately and for them all. The second set of data was an analysis of the incorrect answers: was the error observed in previous studies and what was the percentage of children that made that error.

In the second stage, as related above, the self-efficacy statements were given a score from 1–5. A Pearson correlation test was taken to examine whether there is a correlation between teachers' confidence scores and years of experience.

Regarding teachers' knowledge of content and students (specifically what is easy or difficult for children), the teachers were asked to estimate the percentage of success of children. The teachers' answers regarding the percentage of success are organized in ranges of 20% as follows:

- between 0%–20% – almost none of the children would answer correctly,
- between 21%–40% – a minority of the children would answer correctly,
- between 41%–60% – about half of the children would answer correctly,
- between 61%–80% – most children would answer correctly,
- between 81%–100% – almost all the children would answer correctly.

A T-test was taken to examine the difference between the two teacher groups. The mean estimation was calculated, and the teachers' estimation was compared with the children's findings in the preliminary study.

Regarding teachers' knowledge of content and students (specifically what were the common errors the children made), the teachers were asked to indicate errors that children would make in each task. The errors the teachers noted were compared with known errors from previous studies and with the findings of the preliminary study. A chi-square test was taken to examine the difference between the two teacher groups.

5 Results

5.1 Overview

Levels of self-efficacy regarding knowledge of children's errors and knowledge of percentage of success were similar: ~ 70% of the teachers were confident about the "continue a repeating pattern" task and ~ 50% of the teachers were confident about the two other tasks.

Results regarding pedagogical knowledge were inconclusive: Regarding children's errors, the teachers mentioned some of the errors that the children had made, but they also mentioned errors that the children had not made and failed to mention the most common error (copying the pattern). Regarding the difference between children aged 5–6 and children aged 4–5 (see Tab. 1), teachers estimated that children aged 5–6 would answer the tasks more correctly than children aged 4–5 (93% of the teachers). Their estimation was correct only regarding the "continue a repeating pattern" task. Regarding children's success, teachers either underestimated or overestimated children's performance, as demonstrated in Tab. 1.

Tab. 1 illustrates that teachers estimated correctly that the growing pattern task is more difficult for children than the repeating pattern tasks, but that they also estimated incorrectly that completing a repeating pattern is more difficult than continuing a repeating pattern. Tab. 1 also demonstrates that in the cases in which the teachers were incorrect, the gap between their estimation and the children's actual success percentage as well as the variance of the findings were greater (see sd value in Tab. 1).

Tab. 1: A comparison between the percentage of success that the teachers estimated and the actual percentage of success of the children

	Children aged 5–6			Children aged 4–5		
	Teachers' estimation M (SD)	Children's success	Difference (t-value)	Teachers' estimation M (SD)	Children's success	Difference (t-value)
Continue a repeating pattern	89.3 (10.2)	88.8	0.34	69.0 (18.0)	71.0	-1.17
Complete a repeating pattern	80.3 (18.2)	94.4	-6.00**	60.0 (22.3)	77.8	-6.17**
Continue a growing pattern	38.1 (21.4)	7.5	11.11**	13.2 (14.4)	3.0	5.44**

Note. ** = $p < 0.01$

5.2 Results of teachers' self-efficacy

The self-efficacy questionnaire explored the teachers' level of confidence in their pedagogical knowledge of content and students. Specifically, the teachers were asked to rank their level of confidence in predicting children's errors as well as children's percentage of success in patterning tasks, on a scale of 1–5 (5 – very confident, 1 – not at all confident).

A positive correlation was found between the teachers' seniority and their confidence in their ability to predict children's errors ($r = 0.38$, $t = 3.134$, $p < 0.05$). Similarly, a positive correlation was found between the teachers' seniority and their level of confidence in their ability to predict children's percentage of success ($r = 0.29$, $t = 2.26$, $p < 0.05$). Thus, the more seniority teachers have, the more confident they are in their ability to predict children's errors as well as what is easy or difficult for them in patterning tasks.

In general, the teachers' scored their confidence high. Tab. 2 presents the mean score of self-efficacy for every component of knowledge, in every task and in each group.

Tab. 2: Mean self-efficacy score and standard deviation in every area of knowledge for every task

	level of confidence in predicting children's errors			level of confidence in predicting children's percentage of success		
	Continue a repeating pattern M (sd)	Complete a repeating pattern M (sd)	Continue a growing pattern M (sd)	Continue a repeating pattern M (sd)	Complete a repeating pattern M (sd)	Continue a growing pattern M (sd)
$N = 60$	4.02 (1.02)	3.70 (1.06)	3.60 (1.15)	4.18 (0.99)	3.78 (1.13)	3.77 (1.10)
Novice $N = 30$	4.43 (0.67)	4.07 (0.81)	4.00 (0.89)	4.53 (0.72)	4.00 (1.00)	3.90 (0.89)
Experienced $N = 30$	3.60 (1.27)	3.33 (1.25)	3.20 (1.30)	3.83 (1.26)	3.57 (1.30)	3.63 (1.31)

Tab. 2 illustrates that the teachers' level of confidence regarding the "Continue a repeating pattern" task is higher than regarding the two other tasks. Moreover, the table indicates that the overall level of confidence of experienced teachers is higher than that of novice teachers, and that their level of confidence about children's percentage of success is higher than their level of confidence regarding children's errors. A significant difference was found between novice and experienced teachers ($t = 3.242$, $p < 0.05$).

5.3 Results of teachers' pedagogical knowledge of content and students

Teacher's pedagogical knowledge was examined in relation to the results of the preliminary study. The teachers were requested to address the following questions regarding each task: What would be the percentage of success of children aged 5–6 and of children aged 4–5? What would be the errors children would make?

5.4 Results of teachers' knowledge about the "Continue a repeating pattern" task

In the preliminary study, 88.8% of the children aged 5–6 and 71% of the children aged 4–5 answered the task correctly (as shown in Fig. 5). The teachers were asked to estimate the percentage of children that would succeed in the task (Tab. 3).



Tab. 3: The percentage of teachers estimating each range of success percentage in the “continue a repeating pattern” task

	Regarding ages 4–5			Regarding ages 5–6		
	<i>N</i> = 60	<i>N</i> = 30 Novice	<i>N</i> = 30 Experienced	<i>N</i> = 60	<i>N</i> = 30 Novice	<i>N</i> = 30 Experienced
0%–20%	3.3	6.7	0.0	0.0	0.0	0.0
21%–40%	5.0	6.7	3.3	0.0	0.0	0.0
41%–60%	25.0	20.0	30.0	5.0	6.7	3.3
61%–80%	46.7	40.0	53.3	13.3	13.3	13.3
81%–100%	20.0	26.7	13.3	81.7	80.0	83.3

The teachers’ common estimated percentage of success for children aged 5–6 correlated with the results of the preliminary study. They also predicted correctly the effect of children’s age on the percentage of success. However, the teachers, especially the experienced ones, tended to underestimate children aged 4–5: about a third of them thought that fewer children than observed in the preliminary study would succeed. A significant difference was found between novice and experienced teachers’ estimations regarding 4–5 years old children (T-test 2.14, $p < 0.05$).

In the preliminary study, only a single error was observed: the children copied the pattern. When asked to indicate errors that children would make in this task, half of the teachers indicated this error, twenty-five percent pointed out errors that had been mentioned in previous studies but had not been observed in the present study, and the rest did not mention any error (Tab. 4): Almost half of the novice teachers (43%) and only a small part of the experienced teachers (7%).

Tab. 4: Errors that teachers thought children would make in the “continue a repeating pattern” task

The error	Repeat one element systematically: 	Continue randomly	Copy the pattern: 
Was the error reported in other studies?	yes	yes	yes
Percentage of children making the error	0.0	0.0	19.5
Percentage of teachers pointing out each error			
<i>N</i> = 60	3.3	21.7	50.0
Novice <i>N</i> = 30	0.0	13.3	43.3
Experienced <i>N</i> = 30	6.7	30.0	56.7
Difference: Chi-square value	4.687*	8.562**	3.920*

Note. * = $p < 0.05$, ** = $p < 0.01$

5.5 Results of teachers’ knowledge about the “Complete a repeating pattern” task

The preliminary study showed that 94.4% of the children aged 5–6 and 77.8% of the children aged 4–5 answered correctly (as shown in Fig. 5).

The teachers were asked to estimate the percentage of children of each group that would succeed in this task (Tab. 5). Results show that they tended to underestimate the children’s performance. For each children group, the teachers estimated a lower percentage of success than observed in the preliminary study. Some of the teachers thought that none of the children would succeed in this task.

Tab. 5: The percentage of teachers estimating each range of success percentage in the “complete a repeating pattern” task

	Regarding ages 4–5			Regarding ages 5–6		
	<i>N</i> = 60	<i>N</i> = 30 Novice	<i>N</i> = 30 Experienced	<i>N</i> = 60	<i>N</i> = 30 Novice	<i>N</i> = 30 Experienced
0%–20%	6.7	6.7	6.7	5.0	6.7	3.3
21%–40%	15.0	13.3	16.7	1.7	0.0	3.3
41%–60%	31.7	30.0	33.3	3.3	0.0	6.7
61%–80%	35.0	40.0	30.0	36.7	26.7	46.7
81%–100%	11.7	10.0	13.3	53.3	66.7	40.0

Contrary to the results of the preliminary study, the teachers estimated that the percentage of success in the “complete a repeating pattern” task would be lower than in the “continue a repeating pattern” task. A significant difference was found between novice and experienced teachers’ estimations regarding 5–6 years old children (T-test $-3.94, p < 0.01$).

In the preliminary study, two errors were observed. The most common error was completing the pattern by copying its left side. When asked to indicate errors that children would make in this task, all the teachers pointed out the same errors as for the “continue a repeating pattern” task (see Tab. 4). Most of the experienced teachers mentioned at least one error, though some of the errors they indicated had not been observed in the preliminary study (such as the error of continuing persistently with one shape). Almost half of the novice teachers did not mention any errors.

5.6 Results of teachers’ knowledge about the “Continue a growing pattern” task

In the preliminary study, the percentage of success of both children groups was low: only 7.5% of the children aged 5–6 and 3% of the children aged 4–5 answered correctly (as shown in Fig. 5). No significant difference was found between the two children groups. The teachers were asked to estimate what the children’s percentage of success would be (Tab. 6).


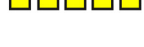


Tab. 6: The percentage of teachers estimating each range of success percentage in the “continue a growing pattern” task

	Regarding ages 4–5			Regarding ages 5–6		
	<i>N</i> = 60	<i>N</i> = 30	<i>N</i> = 30	<i>N</i> = 60	<i>N</i> = 30	<i>N</i> = 30
		Novice	Experienced		Novice	Experienced
0%–20%	83.3	100.0	66.7	30.0	36.7	23.3
21%–40%	10.0	0.0	20.0	21.7	13.3	30.0
41%–60%	6.7	0.0	13.3	40.0	43.3	36.7
61%–80%	0.0	0.0	0.0	8.3	6.7	10.0
81%–100%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

The teachers estimated correctly that continuing a growing pattern would be more difficult for children than continuing or completing a repeating pattern. Accordingly, they predicted that the percentage of success in this task would be much lower than in the previous tasks (see Tab. 3, 5). However, the teachers, especially the experienced ones, overestimated the children’s performance. A significant difference was found between novice and experienced teachers’ estimations regarding both children groups: 5–6 years old children (T-test 2.71, $p < 0.01$), and 4–5 years old children (T-test 9.68, $p < 0.01$).

In the preliminary study, the children made various errors when solving this task. The teachers indicated most of them, as well as an error that had not been observed – random continuation (Tab. 7). However, they did not indicate the most common error – copying the pattern either from left to right or from right to left.

Tab. 7: Errors that teachers thought children would make in the “continue a growing pattern” task

The error	Continue randomly	Continue with the repeating pattern 	Continue with 5 Squares 	Copy the pattern 	Copy the pattern like mirror image 
Was the error reported in other studies?	yes	no	yes	no	yes
Percentage of children making the error	0	30.6	1.8	41.3	12.8
Percentage of teachers pointing out each error					
<i>N</i> = 60	15	61.7	25.0	0.0	50.0
Novice <i>N</i> = 30	10	73.3	10.0	0.0	43.3
Experienced <i>N</i> = 30	20	50.0	40.0	0.0	56.7
Difference: Chi-square value	3.92*	11.17**	24.00**	–	3.92*

Note. – = no significant difference, * = $p < 0.05$, ** = $p < 0.01$

The results in Tab. 7 show differences between the percentage of teachers who indicated a certain error and the percentage of children who had made it in the study. Errors were pointed out in a higher or lower percentage than had been observed. For example, the error of continuing the growing pattern with a repeating pattern was observed in a lower percentage (32%) than the teachers thought (62%). Experienced teachers tended to indicate this error more and in a higher percentage than did novice teachers. In this task, all of the experienced teachers and most of the novice teachers pointed out at least one error. Some experienced teachers indicated more than one error, so the total percentage for each error in Tab. 7 can exceed 100%.

6 Discussion and conclusions

The present study investigates the pedagogical knowledge of kindergarten teachers regarding patterns. It focuses on teachers' knowledge of content and students – a component of knowledge that was not studied enough in past studies and is considered an important component of knowledge (e.g. Lee, 2010): a teacher who knows what is easy or difficult for his students, and knows what the common errors of students are, can choose the suitable tasks for developing students' knowledge; can focus his explanations and promote students' mathematical thinking. Knowledge of content and students improves the quality and precision of the teaching process: teachers who know typical errors and the reasons that cause them may include discussions of these errors while teaching – thus deepening children's understanding. Also, teachers that don't know what is easy or difficult for children may avoid teaching thought-provoking tasks that may help deepen children's understanding of the material only because they think it too difficult; or teach tasks that they think are easy but in fact are too difficult for children, thus frustrating them.

The findings of the present study support this approach and emphasize the importance of teachers' knowledge about students.

The study also investigates teachers' self-efficacy regarding their knowledge about students. Self-efficacy is an important factor in the teaching-learning process (e.g. Dellinger et al., 2008). The findings of the present study show that the teachers were more confident when they were more knowledgeable and least confident regarding the pattern type or task they were less knowledgeable about. A comparison between novice and experienced teachers was conducted. The findings support previous studies and show that novice teachers are less confident and less knowledgeable than experienced teachers.

The present study illustrated several main findings that may have implications for teachers' training and guidance.

The results of pedagogical knowledge regarding children's typical answers and errors show gaps in teachers' knowledge. First, they failed to predict the most common error that children had made – copying the pattern: half of the teachers didn't mention it in the repeating pattern tasks, and all of the teachers didn't mention it in the growing pattern task. This error was observed in previous studies (e.g. Fox, 2005a; Garrick et al., 1999) and in the preliminary study of the current research. This error implies that the method that many children use for solving pattern tasks is copying, instead of identifying the structure or generalizing. Although children can succeed in continuing repeating patterns by using a procedural or rhythmic approach (Threlfall, 1999), it is important that teachers draw students' attention to regularity and sequencing. Only in this way, repeating patterns may form the basis for generalization and algebraic thinking. The fact that the teachers did not predict this error suggests that they are not aware that children use an algorithm and that maybe they do not put enough emphasis on the structure of the pattern during the teaching process. The results emphasize the importance of the pedagogical knowledge of content and students: by knowing children's errors, teachers may focus their explanations and promote children's knowledge and thinking abilities.

Apart from copying the pattern, the children made other errors, most of which were indicated by the teachers, both responses which had been reported in previous studies and responses which had not. It can be assumed that the teachers relied on various children's answers they had observed in the course of their work. The results emphasize the importance of learning from teachers' practical experience and from what they observe during their work in the kindergarten (Jacobs et al., 2010; Cohen & Ball, 1990).

The results of pedagogical knowledge of what is easy or difficult for children show a significant difference between teachers' estimation of children's performance and the actual percentage of success.

Regarding the repeating pattern tasks, in the preliminary study, the percentage of children's success in the completing a repeating pattern task was very similar to, and even slightly higher than, in the continuing a repeating pattern task. Previous studies (Warren, 2005; Warren & Miller, 2010) were inconclusive about what is easier for children – to complete or to continue a pattern. In the present study, teachers assumed incorrectly that completing the pattern would be much more difficult. The results also illustrate that teachers, especially the experienced ones, tended to underestimate children's performance.

They failed to assess the difficulty level of the tasks, even though they were used to teach repeating patterns. It is possible that when the teachers referred to the “continue a repeating pattern” task, their attention was directed to various tasks given in the kindergarten, and not necessarily to the specific task on which the present study focuses. The underestimation was most prominent in the case of 4–5 years old children in the “complete a repeating pattern” task, in which the children performed best. The participating teachers reported they were reluctant to teach this task in kindergarten because they believed it was difficult. It is important to present different tasks of patterns to kindergarten children at different levels of difficulty. The results demonstrate that teachers do not do this enough and that they should be educated and guided to do so.

Regarding the growing pattern task, in the preliminary study, the percentage of children’s success in the growing pattern task was much lower than in the repeating pattern tasks. Previous studies (e.g. Warren, 2005) also indicate that growing patterns are more difficult for children. However, the teachers tended to overestimate children’s performance. It may be due to their lack of experience in teaching this type of pattern. In the preliminary study, there was no difference between children aged 4–5 and children aged 5–6 in this task, meaning that even if it was their second year in the kindergarten, the children failed to solve this task which they had not encountered before. The fact that the children were more knowledgeable about a pattern type they had previously studied emphasize the importance of the teaching-learning process, leading to a recommendation to teach growing patterns in kindergartens.

Overall, the results illustrate that teachers’ knowledge of content and students is insufficient and should be reinforced.

In line with previous findings (e.g. Leinhardt, 1989) results regarding knowledge and seniority indicate that experienced teachers have a wider pedagogical knowledge than novice teachers. It is reasonable to assume that experienced teachers would have greater knowledge than novice teachers, due to their long acquaintance with children.

Results regarding the levels of self-efficacy show that teachers are more confident in their knowledge regarding repeating patterns than regarding growing patterns, possibly because of their lack of experience in teaching growing patterns. The results also show that experienced teachers have a higher sense of self-efficacy than novice teachers, perhaps due to their longer acquaintance with children’s responses to patterning tasks. The results support previous findings indicating a correlation between seniority and self-efficacy (Chiu & Klassen, 2010), and emphasize the need to guide and instruct all teachers, particularly novice, in a professional manner during their work in the kindergarten.

The present study has three main limitations. The first limitation is that the research results do not link teachers’ knowledge and the children’s attainments. The second resides in the fact that the study does not explore other components of knowledge that teachers need, such as subject matter knowledge or knowledge of content and teaching. The third limitation is methodological: in the study three tasks were examined and for generalizing more tasks are needed.

Hence, it is recommended conducting a further study of the level of teachers’ various components of knowledge and to explore possible relations between teachers’ knowledge and the attainments of the children in their kindergarten.

Acknowledgment

The study is part of a doctoral thesis conducted under the supervision of Prof. Pessia Tsamir and Prof. Dina Tirosh, TAU, Israel.

References

- Ball, D. L., Thames, M. H., & Phelps, G. (2008). Content knowledge for teaching – What makes it special? *Journal of Teacher Education*, 59(5), 389–407. <https://doi.org/10.1177/0022487108324554>
- Ball, D. L., & Wilson, S. M. (1990). *Knowing the subject and learning to teach it: Examining assumptions about becoming a mathematics teacher*. National Center for Research on Teacher Education, Michigan State University.
- Bandura, A. (1977). Self-efficacy: Toward a unifying theory of behavioral change. *Psychological Review*, 84(2), 191–215. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.84.2.191>
- Bandura, A. (1986). *Social foundations of thought and action: A social cognitive*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall. <https://doi.org/10.1017/S0813483900008238>
- Brouwers, A., & Tomic, W. (2000). A longitudinal study of teacher burnout and perceived self- efficacy in classroom management. *Teacher and Teaching Education*, 16(2), 239–253. [https://doi.org/10.1016/S0742-051X\(99\)00057-8](https://doi.org/10.1016/S0742-051X(99)00057-8)

- Burton, G. M. (1982). Patterning: Powerful play. *School Science and Mathematics*, 82(1), 38–44. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.1982.tb17161.x>
- Chiu, M., & Klassen, R. M. (2010). Effects on teachers' self-efficacy and job satisfaction: Teacher gender, years of experience and job stress. *Journal of Educational Psychology*, 102(3), 741–756. <https://doi.org/10.1037/a0019237>
- Clements, D. H. (2001). Mathematics in the preschool. *Teaching Children Mathematics*, 7(5), 270–275.
- Clements, D. H., & Sarama, J. (2007). Effects of a preschool mathematics curriculum: Summative research on the Building Blocks Project. *Journal for Research in Mathematics Education*, 38(2), 136–163.
- Clements, D. H., & Sarama, J. (2011). Early childhood mathematics intervention. *Science*, 333(6045), 968–970. <https://doi.org/10.1126/science.1204537>
- Cohen, D. K., & Ball, D. L. (1990). Relations between policy and practice: a commentary. *Educational Policy and Analysis*, 12(3), 331–338. <https://doi.org/10.3102/01623737012003331>
- Dellinger, A., Bobbett, J., Olivier, D., & Ellett, C. (2008). Measuring teachers' self-efficacy beliefs: Development and use of the TEBS-Self. *Teaching and Teacher Education*, 24(3), 751–766. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2007.02.010>
- Economopoulos, K. (1998). What comes next? The mathematics of pattern in kindergarten. *Teaching Children Mathematics*, 5(4), 230–233.
- Fox, J. (2005a). Connecting algebraic development to mathematical patterning in early childhood. In P. Grootenboer., R. Zevenbergen, & M. Chinnappan (Eds.), *Proceedings of the 29th Annual Conference of the Mathematics Education Research Group of Australia* (Vol. 1, pp. 221–228). MERGA.
- Fox, J. (2005b). Child initiated mathematical patterning in the pre-compulsory years. In H. L. Chick, & J. L. Vincent (Eds.), *Proceedings of the 29th International Conference for the Psychology of Mathematics Education* (2, pp. 313–320). PME.
- Garrick, R., Threlfall, J., & Orton, A. (1999). Pattern in the nursery. In A. Orton (Ed.), *Pattern in the teaching and learning of mathematics* (pp. 1–17). Cassel.
- Gibbs, W. (1999). Pattern in the classroom. In A. Orton (Ed.), *Pattern in the teaching and learning of mathematics* (pp. 207–221). Cassel.
- Greenes, C., Ginsburg, H. P., & Balfanz, R. (2004). Big mathematics for little kids. *Early Childhood Research Quarterly*, 19(1), 159–166. <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2004.01.010>
- Guo, Y., Justice, L. M., Sawyer, B., & Tompkins, V. (2011). Exploring factors related to preschool teachers' self-efficacy. *Teaching and Teacher Education*, 27(5), 961–968. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2011.03.008>
- Hackett, G., & Betz, N. (1989). An exploration of the mathematics self-efficacy/mathematics performance correspondence. *Journal for Research in Mathematics Education*, 20(3), 261–273. <https://doi.org/10.2307/749515>
- Hill, H. C., Ball, D. L., & Schilling, S. G. (2008). Unpacking pedagogical concept knowledge: Conceptualizing and measuring teachers' topic-specific knowledge for students. *Journal for Research in Mathematics Education*, 39(4), 372–400.
- Jacobs, R. V., Lamb, L. C., & Philip, R. A. (2010). Professional noticing of children's mathematical thinking. *Journal for Research in Mathematics Education*, 41(2), 169–202.
- Kyriakides, L., & Gagatsis, A. (2003). Assessing student problem solving skills. *Structural Equation Modeling*, 10(4), 609–621. https://doi.org/10.1207/S15328007SEM1004_7
- Krauss, S., Baumert, J., & Blum, W. (2008). Secondary mathematics teachers' pedagogical content knowledge and content knowledge: Validation of the COACTIV constructs. *ZDM*, 40(5), 873–892. <https://doi.org/10.1007/s11858-008-0141-9>
- Lee, J. (2010). Exploring kindergarten teachers' pedagogical content knowledge of mathematics. *International Journal of Early Childhood*, 42(1), 27–41. <https://doi.org/10.1007/s13158-010-0003-9>
- Leinhardt, G. (1989). Math lessons: a contrast of novice and expert competence. *Journal for Research in Mathematics Education*, 20(1), 52–75. <https://doi.org/10.2307/749098>
- McCray, J. S., & Chen, J. Q. (2012). Pedagogical content knowledge for preschool mathematics: Construct validity of a new teacher interview. *Journal of Research in Childhood Education*, 26(3), 291–307. <https://doi.org/10.1080/02568543.2012.685123>
- Midgley, C., Feldlaufer, H., & Eccles, J. S. (1989). Change in teacher efficacy and student self and task-related beliefs in mathematics during the transition to junior high school. *Journal of Educational Psychology*, 81(2), 247–258. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.81.2.247>

- Moss, J., & Beatty, R. (2006). Knowledge building and knowledge forum: grade 4 students collaborate to solve linear generalization problems. In J. Novotná, H. Moraová, M. Krátká, & N. Stehliková (Eds.), *Proceedings of the 30th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (Vol. 4, pp. 193–199). PME.
- Mulligan, J. T., Prescott, A., & Mitchelmore, M. C. (2004). Children's development of Structure in early mathematics. In *Proceedings of the 28th PME International Conference* (Vol. 3, pp. 393–401). Bergen University College.
- Ministry of Education in Israel. (2010). *Curriculum for mathematics in kindergarten*. Ministry of Education, Israel. [Hebrew]
- National Council of Teachers of Mathematics. (1989). *Curriculum and Evaluation for school mathematics*. NCTM USA.
- National Council of Teachers of Mathematics. (2000). *Principles and Standards for school mathematics*. NCTM USA.
- Papic, M., & Mulligan, J. (2007). The growth of early mathematical patterning: an intervention study. In J. Watson, & K. Beswick (Eds.), *Proceedings of the 30th Annual Conference of the Mathematical Education Research Group of Australia* (Vol. 2, pp. 591–600). MERGA.
- Papic, M., Mulligan, J., & Mitchelmore, M. (2011). Assessing the development of preschoolers' mathematical patterning. *Journal for Research in Mathematics Education*, 42(3), 237–269. <https://doi.org/10.5951/jresmetheduc.42.3.0237>
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4–14. <https://doi.org/10.3102/0013189X015002004>
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1–21. <https://doi.org/10.17763/haer.57.1.j463w79r56455411>
- Starkey, P., Klein, A., & Wakeley, A. (2004). Enhancing young children's mathematical knowledge through a pre-kindergarten mathematics intervention. *Early Childhood Research Quarterly*, 19(1), 99–120. <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2004.01.002>
- Tchoshanov, M. A. (2011). Relationship between teacher knowledge of concepts and connections, teaching practice and student achievement in middle grades mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 76(2), 141–164. <https://doi.org/10.1007/s10649-010-9269-y>
- Threlfall, J. (1999). Repeating pattern in the early primary years. In A. Orton (Ed.), *Pattern in the teaching and learning of mathematics* (pp. 18–29). Cassel.
- Tirosh, D., Even, R., & Robinson, N. (1998). Simplifying algebraic expressions: Teacher awareness and teaching approaches. *Educational Studies in Mathematics*, 35(1), 51–64. <https://doi.org/10.1023/A:1003011913153>
- Tschannen-Moran, M., & Woolfolk-Hoy, A. (2007). The differential antecedents of self-efficacy beliefs of novice and experienced teachers. *Teaching and Teacher Education*, 23(6), 944–956. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2006.05.003>
- Warren, E. (2005). Patterns supporting the development of early algebraic thinking. In P. Clarkson, A. Downton, D. Gronn, M. Horne, A. McDonough, R. Pierce, & A. Roche (Eds.), *Proceedings of the 28th annual conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia, Melbourne* (Vol. 1, pp. 759–766). MERGA.
- Warren, E., & Miller, J. (2010). Indigenous children's ability to pattern as they enter kindergarten/pre-prep settings: an exploratory study. In L. Sparrow, B. Kissane, & C. Hurst (Eds.), *Proceedings of the 33rd annual conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia* (pp. 594–601). MERGA.
- Waters, J. (2007). Mathematical patterning in early childhood settings. In J. Watson, & K. Beswick (Eds.), *Proceeding of the 30th Annual Conference of the Mathematical Education Research Group of Australia* (Vol. 2, pp. 565–572). MERGA.
- Zazkis, R., & Liljedahl, P. (2002). Generalization of patterns: the tension between algebraic thinking and algebraic notation. *Educational Studies in Mathematics*, 49(3), 379–402. <https://doi.org/10.1023/A:1020291317178>
- Zhang, Y. (2015). *Pedagogical content knowledge in early mathematics: What teachers know and how it associates with teaching and learning*. A dissertation submitted for the degree of Ph.D. Loyola University, USA.

Tablet alebo notebook? Komparatívna štúdia žiakovho vnímania rozdielnych technologických prístupov v počítačom podporovanom chemickom laboratóriu

Tablet or Notebook? A Comparative study of Student's Perception of Different Technological Approaches in Computer Supported Chemistry Labs

Marek Skoršepa^{1,*}, Jarmila Kmeťová¹, Erika Horváthová¹

¹ Univerzita M. Bela, Fakulta prírodných vied, Tajovského 40, 974 01 Banská Bystrica, Slovensko; marek.skorsepa@umb.sk

Školské experimentovanie s podporou výpočtovej techniky je v relevantnej literatúre už niekoľko desiatok rokov prezentované ako jeden zo sľubných prístupov v štúdiu prírodných vied. Technológie však podliehajú veľmi častým a rýchlym zmenám, a preto aj v oblasti počítačovej podpory laboratórnej činnosti žiakov možno za posledné obdobie sledovať rôzne technologické riešenia. V tomto príspevku sa zaoberáme komparáciou žiakovho vnímania experimentovania s meracími systémami s dvomi rozdielnymi koncovými zariadeniami: (i) notebookmi a (ii) tabletmi. Pre účely štúdie sme vytvorili sadu štyroch počítačom podporovaných aktivít z chémie, ktoré boli realizované dvomi skupinami žiakov slovenských gymnázií. Kým prvá skupina žiakov pracovala s meracím systémom pripojeným k notebooku, druhá skupina pracovala na rovnakých aktivitách, s tým istým meracím systémom pripojeným k tabletu. Cieľom štúdie je zistiť, či rozdielne technologické prístupy majú potenciál generovať štatisticky významné rozdiely vo vnímaní tohto typu experimentovania samotnými žiakmi.

Klíčová slova:
vyučovanie chémie,
počítačom podporované
laboratórium, počítačový
merací systém,
notebook, tablet.

Zasláno 3/2019
Revidováno 12/2019
Přijato 1/2020

School experimenting assisted by computer devices has been reported as one of promising ways of learning science for a couple of decades. However, technology has been changing very often and quickly. This is why many technological approaches can be seen in the field of computer assisted laboratory work over the years. This paper deals with the comparison of student's perception of experimenting with measuring systems using two different computer terminals: (i) notebooks and (ii) tablets. For the purpose of the study we designed a set of four computer-based laboratory activities for chemistry to be performed by two cohorts of Slovak grammar school students. While working on the same activities and with the same measuring system, one cohort operated measuring systems connected to notebooks and the other one operated measuring systems connected to tablets. The goal of the study is to find out whether different technological approaches are able to generate significant differences in students' perceptions of such a type of experimenting.

Key words:
chemistry education,
computer based
laboratory, computer
measuring system,
notebook, tablet.

Received 3/2019
Revised 12/2019
Accepted 1/2020

1 Úvod

Chémia je žiakmi často vnímaná ako príliš náročný predmet, predovšetkým pre veľký počet abstraktných tém, ktoré sú jej súčasťou. Učítelia tak stoja pred neľahkou úlohou, ako zvýšiť záujem žiakov a prekonať niekoľko bariér na ceste k efektívnej výučbe tohto predmetu. Veľkú pomoc vo vyučovaní chémie zabezpečuje práve experimentálna činnosť (Hofstein, 2004; Mamlok-Naaman et al., 2018), ktorá pomáha prepojiť abstraktné témy s realitou chemických dejov. Laboratórne práce žiakov nielen motivujú, ale aj výrazne prispievajú k porozumeniu prezentovaného obsahu (Gilbert & Treagust, 2009; Johnstone, 2010). Z tohto dôvodu je pozornosť mnohých výskumov zameraná práve na rozvoj, ale aj účinnosť experimentálnej činnosti žiakov.

V dnešnej dobe technológií sa vo vyučovaní čoraz viac využíva rozličná počítačová technika, ktorá sa prirodzene dostala aj do školských chemických (resp. prírodovedných) laboratórií. Vytvorilo sa tým technické zázemie na prepojenie rôznych digitálnych zariadení so samotnými meracími prístrojmi, čo umožňuje merané dáta zaznamenávať, zobrazovať a vyhodnocovať v digitálnej podobe. Vzhľadom na súčasnú technologickú variabilitu, ktorá sa v oblasti školského počítačom podporovaného experimentovania prejavuje najmä v existencii širokej škály rozličných koncových zariadení počítačových meracích systémov (Skoršepa, 2015), sa vynára otázka, či rôzne technologické prístupy použité na podporu prírodovedného experimentovania môžu ovplyvňovať proces realizácie a samotnú efektivitu vyučovania.

Hoci v priebehu takmer štyridsaťročnej (v zahraničí) existencie počítačom podporovaného experimentovania vo výchovnovzdelávacom prostredí bolo realizovaných obrovské množstvo výskumov skúmajúcich rozličné aspekty tohto prístupu, štúdie uvažujúce o type použitého technologického riešenia ako o možnom faktore generujúcom potenciálne rozdiely vo vnímaní experimentovania samotnými žiakmi, sa začali

objavovať až v posledných rokoch (Priest et al., 2014). V našej štúdií sme adaptovali publikované postupy na porovnanie žiakovho vnímania počítačom podporovaného experimentovania ovládaného notebookom a dotykovým zariadením – tabletom v slovenských podmienkach.

2 Počítačové meracie systémy v školskom prírodovednom laboratóriu – prehľad výskumov

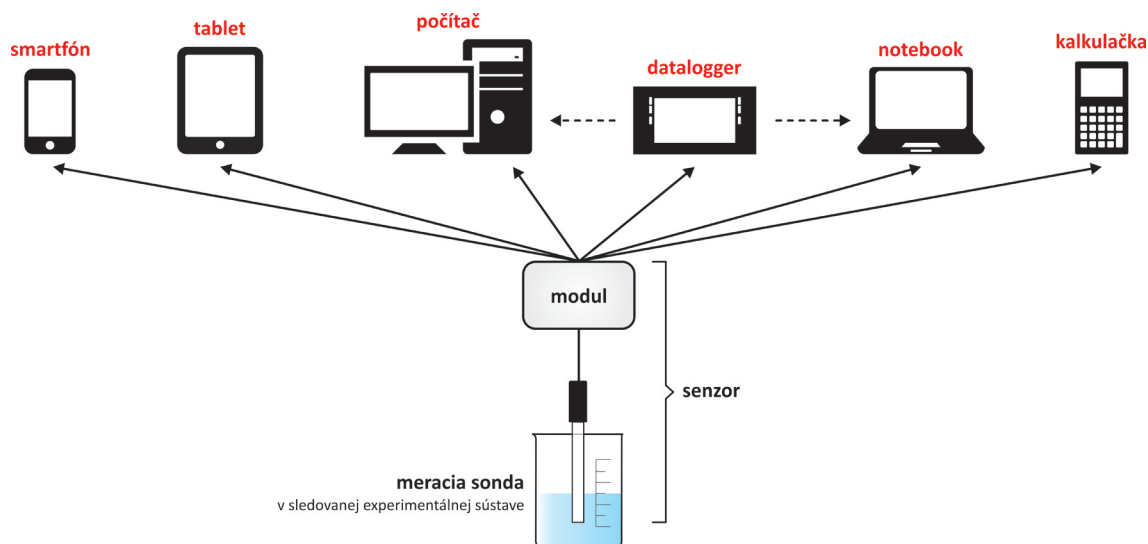
Experimentovanie s meracími systémami sa v literatúre najčastejšie označuje termínom *Microcomputer Based Laboratory (MBL)* (Tinker, 1984, 2000; Tortosa Moreno, 2012), ktorý pochádza ešte z osemdesiatych rokov minulého storočia. Hoci dnes už nevystihuje situáciu úplne presne, najmä kvôli neaktuálnemu pojmu *microcomputer* – mikropočítač (Skoršepa, 2015), čo je aj hlavným dôvodom na jeho odmietanie, so skratkou MBL sa stále stretávame aj v nedávnych (najmä zahraničných) publikáciách (Pierri et al., 2008; Voogt et al., 2009; Aksela, 2011; Tho & Hussain, 2011; Tortosa Moreno, 2012; Urban-Woldron et al., 2013; Rane, 2013; Priest et al., 2014). Medzi frekventované novšie pojmy patrí *datalogging* (Lavonen et al., 2003), označujúci prácu so senzormi pripojenými k dataloggeru a *probeware* (Kovalchick & Dawson, 2004; Linn & Eylon, 2011), v užšom význame označujúci hardvérovú časť meracieho systému zahŕňajúcu jednotlivé senzory a ich sondy (z angl. probe = sonda, snímač), v širšom význame označujúci celý technologický prístup, podobne ako MBL.

Odhliadnuc od terminologickej nejednotnosti prameniacej najmä z existencie rôznych technologických variantov toho istého experimentálneho riešenia je dôležité, že dostupné štúdie potvrdzujú mnohé pozitívne črty tohto spôsobu školského experimentovania. Z niektorých výskumov realizovaných po roku 2000, najmä tých, ktoré presadzujú konštruktivistické prístupy vo vzdelávaní, vyplynuli odporúčania na posilnenie školskej laboratórnej praxe práve implementáciou počítačových meracích systémov (Borghi et al., 2001; Bernhard, 2003; Russell et al., 2003; Ambrose, 2004; Sassi et al., 2005). Vychádzali pritom zo starších výskumov, ktoré jednoznačne preukázali pozitívny efekt aplikovania počítačových meracích systémov do experimentálnej činnosti žiakov, a to v rozličných pedagogických a pedagogicko-psychologických aspektoch (Tinker, 1984; Linn & Songer, 1991; Thornton, 1991). Mnohí renomovaní odborníci sa už na prelome tisícročí domnievali, že nesporná výhoda tejto počítačovej podpory oproti tradičnému experimentovaniu (bez počítačových meracích systémov) sa prejavuje najmä pri získavaní (zberu) experimentálnych dát a ich vizualizácii (Redish et al., 1997; Euler & Müller, 1999; Svec, 1999; Marcum-Dietrich, 2002; Russell et al., 2003). Pritom za najvýznamnejší benefit tohto spôsobu experimentovania je považovaná tzv. *simultánna grafická reprezentácia* meraných závislostí v reálnom čase, ktorá výrazne prispieva k zvýšeniu schopností žiakov správne „čítať“ a interpretovať grafy (Brasell, 1987a, 1987b; Beichner, 1990; Barton, 1997; Testa et al., 2002), a zároveň pomáha prirodzene prepojiť konkrétnu zložku makroskopického pozorovania s jeho abstraktnou reprezentáciou (Mokros & Tinker, 1987; Thornton & Sokoloff, 1990; Trumper & Gelbman, 2001). Navyše, niektoré štúdie zaznamenali vyšší stupeň aktívneho zapojenia žiakov v procese vytvárania si logických vzťahov vedúcich k pochopeniu riešenej problematiky (Linn et al., 1987; Rogers, 1995). Vysvetľujú to intenzívnejšou orientáciou na interpretáciu výsledkov a nie na zaznamenávanie dát (Linn & Hsi, 2000).

Širokým spektrom rôznych aspektov počítačovej podpory experimentovania v prírodovednom vzdelávaní sa od polovice deväťdesiatych rokov minulého storočia zaoberajú aj českí a slovenskí autori, napríklad v prácach (po roku 2000): Šmejkal a Stratilová Urválková (2011, 2012), Bílek, Kričfaluši a Budweiserová (2002), Schauer, Lustig, Dvořák a Ožvoldová (2008), Skoršepa (2012, 2014, 2015), Gašparík (2014), Ješková (2004), Zelenický, Valovičová, Jenisová a Štubňa (2011).

Za posledných tridsať rokov, odkedy sa v pedagogickom prostredí objavili prvé aplikácie počítačových zariadení do experimentovania v prírodovedných predmetoch, sa však mnoho zmenilo aj v oblasti technológií použiteľných na tento účel. Od prvých počítačov (resp. mikropočítačov) a kalkulačiek, ku ktorým sa v osemdesiatych rokoch pripájali meracie senzory a sondy (Nachmias & Linn, 1987; Stein, 1987; Thornton, 1991), sme sa posunuli k výkonnejším, prenosnejším a inteligentnejším zariadeniam: notebookom, dataloggerom, tabletom a smartfónom. Prehľad rozličných technologických spôsobov usporiadania meracieho systému pri použití rôznych koncových počítačových zariadení uvádzame na obr. 1. Aj keď väčšinu z týchto koncových zariadení nenazývame počítačmi, v skutočnosti ich tiež možno chápať ako špeciálne počítačové prístroje so špecifickými funkciami, ktoré štandardný počítač v istých ohľadoch zastupujú. To je tiež dôvod, prečo sa komunita autorov pôsobiacich v tejto oblasti zatiaľ nevzdáva pojmov *počítačom podporované laboratórium*, *počítačom podporované experimentovanie*, *počítačový merací systém* a pod.

Je tiež potrebné si uvedomiť, že dnes je používanie týchto zariadení pre väčšinu žiakov bežnou súčasťou ich každodenného života, a preto je ich implementácia do vyučovania prirodzenejšia ako v minulosti. Pritom nesmieme zabúdať ani na skutočnosť, že práca s nimi nielen uľahčuje žiakom určité fázy experimentovania, čím im umožňuje koncentrovať sa na podstatu samotného experimentu, ale ako ukazujú



Obr. 1: Príklad experimentálneho usporiadania meracieho systému s rôznymi koncovými zariadeniami

niektoré štúdie, je tiež silným motivačným činiteľom (Urban-Woldron et al., 2013; Skoršepa et al., 2014; Skoršepa & Tortosa Moreno, 2014; Skoršepa, 2015; Skoršepa & Šmejkal, 2018).

3 Empirická časť

3.1 Zámer a ciele výskumu

Štúdia pojednáva o rozdieloch vo vnímaní počítačom podporovaného experimentovania žiakmi pri použití dvoch odlišných technologických riešení – koncových zariadení školských počítačových meracích systémov. Vytvorili sme sadu štyroch laboratórnych úloh, na ktorých pracovali dve skupiny žiakov. Kým jedna z nich využívala ako koncové zariadenia meracích systémov notebooky, druhá skupina (pri použití toho istého meracieho systému) na tento účel používala tablety. Cieľom výskumu je zistiť, či rozdielne technologické prístupy majú potenciál generovať štatisticky významné rozdiely vo vnímaní tohto typu experimentovania samotnými žiakmi. Štúdia bola inšpirovaná komparatívnym výskumom Priesta a kol. (2014), v ktorom bolo analogickým spôsobom porovnávané vnímanie experimentálnej práce žiakov s notebookmi a dataloggermi ako koncovými zariadeniami školských meracích systémov.

3.2 Výskumná vzorka

Výskumu sa celkovo zúčastnilo 115 žiakov (z toho 60 dievčat) z dvoch slovenských gymnázií vo veku 15–18 rokov (priemerný vek $M = 16,325$, $SD = 0,844$), pričom 17 z nich uviedlo, že s podobnými experimentami majú predchádzajúcu skúsenosť. S notebookom ako koncovým zariadením pracovalo spolu 44 žiakov. 42 z nich uviedlo, že dané zariadenie používajú denne a majú s ním bohaté užívateľské skúsenosti. S tabletom ako koncovým zariadením pracovalo v štúdiu 71 žiakov, z toho 51 uviedlo, že s ním majú každodenné užívateľské skúsenosti. Väčšina žiakov pracovala len na jednej z vytvorených laboratórnych aktivít, s výnimkou jedenástich z nich, ktorí v priebehu štúdie realizovali dve experimentálne aktivity. Dohromady sme teda so 115 žiakmi získali 126 výstupov (Horváthová, 2018). V tab. 1 je uvedený počet realizovaných aktivít s použitím oboch koncových zariadení. Dodávame, že hoci predchádzajúcu experimentálnu skúsenosť s prácou s počítačovými meracími systémami uviedlo 17 (14,78 %) zo 115 respondentov, pri vyhodnocovaní výsledkov (napríklad vo vzťahu k rozdielnym východiskovým predpokladom žiakov) to neberieme do úvahy, pretože ich skúsenosť bola len jednorazová, neperiodická, realizovaná len v rámci prezentačných dní na niektorej z vysokých škôl, a nemala teda cieľový edukačný, ale skôr prezentačný, atraktívny a motivačný charakter.

Tab. 1: Počet realizovaných experimentov vo vzťahu k druhu koncového zariadenia meracieho systému a ku konkrétnej realizovanej aktivite

	Aktivita 1	Aktivita 2	Aktivita 3	Aktivita 4	<i>N</i>
Tablet	13	36	10	12	71
Notebook	11	11	17	16	44
Celkový počet prípadov:					126

3.3 Technické zázemie

Všetky laboratórne úlohy boli realizované počítačovými meracími systémami firmy Vernier (Vernier Software & Technology, 2019), a to vrátane potrebnej softvérovej výbavy. Obe skupiny žiakov teda pracovali s rovnakými senzormi a modulmi, avšak tie boli pripojené k rozdielnym koncovým zariadeniam: tabletom alebo notebookom. V súlade s tým sa, samozrejme, líšila aj softvérová podpora oboch porovnávaných prístupov. Kým skupina žiakov pracujúca s notebookmi využívala softvérovú aplikáciu *Logger Pro 3* pre systém Windows, skupina pracujúca s tabletmi využívala voľne dostupnú aplikáciu *Graphical Analysis* pre systém Android. Káblové pripojenie senzorov k notebookom bolo realizované prostredníctvom jednotiek LabQuest 2, resp. LabQuest Mini. Na druhej strane, spojenie senzorov s tabletmi bolo bezdrôtové, zabezpečené prostredníctvom dostupných Bluetooth adaptérov firmy Vernier (Vernier Software & Technology, 2019).

3.4 Laboratórne aktivity

V štúdiu boli použité štyri experimentálne aktivity, pochádzajúce z dostupných zdrojov (uvedených nižšie) a upravené pre účely nášho výskumu. Dve z nich boli založené na meraní hodnôt pH, ďalšie dve boli orientované na meranie teploty. Štruktúra aktivít vychádza z nedávno navrhutej didaktickej sekvencie (Tortosa Moreno, 2012), ktorá čerpá z prvkov výskumne ladenej koncepcie vo vyučovaní (IBSE) (Banchi & Bell, 2008; Aksela, 2011; Held et al., 2011; Čtrnáctová et al., 2012), pričom v najdôležitejších častiach aktivity je žiak vedený trojkrokovým didaktickým algoritmom POE (Predict – Observe – Explain) (White & Gunstone, 1992), ktorý výrazne pripomína postupnosť krokov používanú vo vedeckom experimentovaní. Krátky opis jednotlivých aktivít prinášame v nasledujúcom texte.

Aktivita 1: Ako uhasiť pálenie záhy je zameraná na chemické riešenie problému z bežného života spojeného s refluxom, ktorý sa prejavuje takzvaným pálením záhy. Úlohou žiakov je vytvoriť laboratórny model žalúdka a následne, pomocou modulu na meranie pH, experimentálne otestovať účinnosť dostupných antacid (Skoršepa & Melicherčík, 2001; Skoršepa, 2012, 2014).

Aktivita 2: Ako „rozpustiť“ globálny problém sa zaoberá riešením globálneho problému spôsobeného nadmernou produkciou oxidu uhličitého a jeho hromadením v atmosfére. Žiaci experimentálne overujú účinnosť odvážnej alternatívnej myšlienky zavádzať oxid uhličitý do oceánov, pričom pracujú s modulom na meranie pH (Tolvanen, 2012).

Aktivita 3: Tepelné zmeny endotermických a exotermických reakcií je založená na sledovaní tepelného efektu (pomocou modulu na meranie teploty) jednoduchej reakcie kyseliny octovej (octu) a hydrogenuhličitanu sodného (sódy bikarbóny), pričom úlohou žiakov je na základe získaného grafu určiť, či ide o endotermickú alebo exotermickú reakciu.

Aktivita 4: Tepelné zmeny redoxných reakcií je zameraná na sledovanie tepelných zmien (pomocou modulu na meranie teploty) prebiehajúcich pri redoxnej reakcii horčíka s kyselinou chlorovodíkovou. Žiaci na základe získaného grafu určujú, či ide o endotermickú alebo exotermickú reakciu.

Ku každej aktivite bol vytvorený pracovný list so špecifickou štruktúrou obsahujúcou tri hlavné časti. Prvá časť je motivačným úvodom (príp. príbehom), z ktorého vyplýval problém (výskumná otázka), ktorý bol základom riešenia experimentálnej aktivity. Jej súčasťou boli úlohy zamerané na zopakovanie a aktiváciu nevyhnutne potrebných žiakových vedomostí súvisiacich s riešenou problematikou. Druhá časť pracovného listu obsahovala konkrétne informácie potrebné na realizáciu samotného experimentu, napr. zoznam potrebných pomôcok, chemikálií, postup práce (schému) a pod. Posledná časť pracovného listu obsahovala úlohy, ktoré boli žiakovi nápomocné pri vyhodnocovaní a interpretácii získaných experimentálnych dát.

3.5 Výskumné nástroje

Primárnym zdrojom spätnej väzby bol v našej štúdiu dotazník, ktorý bol respondentom administrovaný bezprostredne po realizácii experimentálnych aktivít. Jeho štruktúra a obsah vychádzajú z analogického nástroja vytvoreného v projekte *ASELL – Advancing Science by Enhancing Learning in the Laboratory* (ASELL, 2014). Hoci tento nástroj bol pôvodne mienený len na účely podobných skúmaní vo vyučovaní fyzikálnej chémie, neskôr bol rozšírený na oblasť chémie vo všeobecnosti (Buntine et al., 2007; George et al., 2009), a po ďalších úpravách je dokonca použiteľný v akejkoľvek vedeckej oblasti (Yeung et al., 2011). Pôvodný nástroj obsahuje 14 položiek Likertovho typu a 5 otvorených položiek. Pre náš výskum sme vytvorili podobný dotazník obsahujúci 8 položiek Likertovho typu, 2 dichotomické položky typu áno/nie a 2 otvorené položky (Horváthová, 2018). Položky Likertovho typu mali charakter pozitívnych deklaratívnych výrokov, v ktorých respondenti vyjadrovali mieru svojho súhlasu (resp. nesúhlasu) na

päťstupňovej škále od -2 (úplne nesúhlasím), cez nulu (neutrálny bod, bez názoru, resp. neviem sa rozhodnúť), po $+2$ (úplne súhlasím).

Doplňujúce dáta nám tiež poskytli samotné pracovné listy žiakov, v ktorých sme sa zamerali na kvalitatívne vyhodnotenie špecificky zvolených úloh orientovaných najmä na porozumenie chemickej podstaty sledovaného procesu prostredníctvom grafu.

Pomocným nástrojom na získanie spätnoväzbových údajov v našej štúdiu bol rozhovor, ktorý bol so žiakmi realizovaný počas celej doby experimentovania. Rozhovor bol priebežne vedený so všetkými pracovnými tímami žiakov a bol cielene zameraný na získanie informácií o ich vnímaní experimentovania prostredníctvom rôznych technologických prístupov, ich názorov, pocitov a prípadných odporúčaní viažucich sa k uskutočňovanej aktivite alebo k samotnému meraciemu zariadeniu. Po ukončení aktivít bola so žiakmi v rovnakom duchu vedená diskusia, tentokrát však s celou experimentálnou triedou.

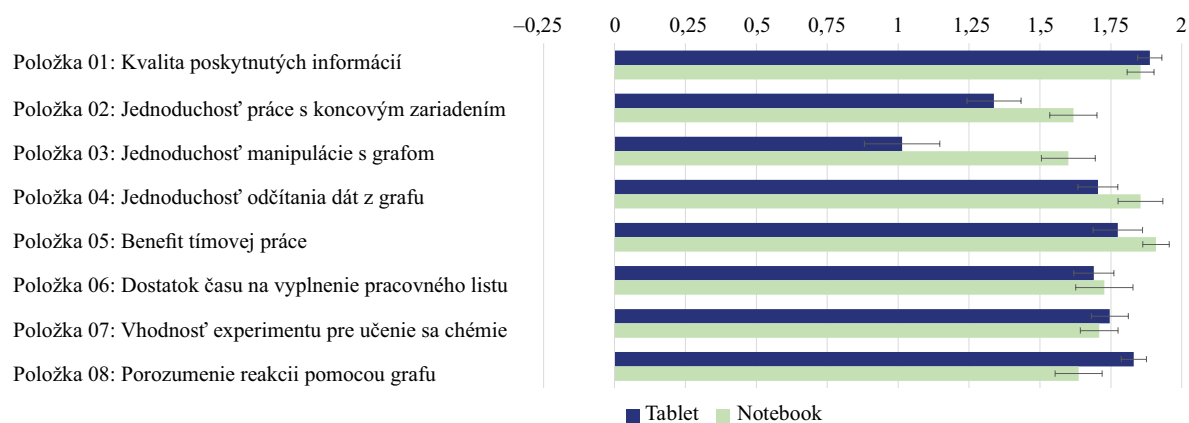
3.6 Spracovanie výskumných dát

Na kvantitatívne spracovanie získaných dát sme použili metódy deskriptívnej štatistiky a komparatívnej štatistickej analýzy. Zistenie štatistickej signifikantnosti generovaných rozdielov sme v prípade komparatívnej analýzy, vzhľadom na charakter našich dát, realizovali prostredníctvom neparametrickej štatistickej metódy – Mannovho-Whitneyovho U testu (Mann & Whitney, 1947). Veľkosť účinku (Effect Size) v prípadoch komparácií so štatisticky významným rozdielom sme na základe relevantných odporúčaní (Field, 2013) merali prostredníctvom korelačného koeficientu (r) konvertovaného zo z -skóre Mannovho-Whitneyovho U testu podľa vzťahu definovaného Rosenthalom (1991, s. 19). Interpretácia hodnôt veľkosti účinku bola realizovaná na základe odporúčaní Cohena (1988, 1992). Získané dáta boli spracované štatistickým softvérovým balíkom IBM SPSS ver. 18 (SPSS Inc., 2009).

4 Výsledky

V štúdiu sme sa zamerali na sledovanie a vyhodnotenie rôznych vzťahov a k nim patriacich podmienujúcich faktorov. Najdôležitejšou časťou výskumu bolo porovnávanie žiackeho vnímania počítačom podporovaného experimentovania pri použití dvoch odlišných koncových hardvérových, a zároveň aj softvérových technológií: notebookov a tabletov.

Na obr. 2 sú zobrazené stredné hodnoty odpovedí žiakov na dotazníkové položky Likertovho typu nezávisle na aktivite, ktorú vykonávali. Napriek tomu, že sme zaznamenali aj niekoľko individuálnych negatívnych odpovedí, je zrejme, že všetky priemerné odpovede boli pozitívne a líšia sa len mierou pozitívneho vyjadrenia.



*Chybové úsečky predstavujú štandardné chyby merania (Standard Error).

Obr. 2: Stredné hodnoty odpovedí žiakov na dotazníkové položky Likertovho typu pre všetky aktivity (celkový pohľad, nezávislý na realizovanej aktivite)

Najviac kladných odpovedí sme v priemere zaznamenali pri položkách týkajúcich sa *poskytnutých informácií pred experimentovaním a počas experimentovania (P01)* a *benefitu tímovej práce (P05)*. Najmenej pozitívnych odpovedí bolo zaznamenaných pri položkách týkajúcich sa *jednoduchosti práce s koncovým zariadením (P02)* a *manipulácie s grafom (P03)*. Zdá sa, že žiaci boli spokojní s informáciami a odbornou pomocou učiteľa počas experimentovania, skupinovú prácu považovali za pozitívum, avšak vnímanie používaného koncového zariadenia sa ukazuje ako nejednotné, závisiace na type daného prístroja. S tým súvisia aj niektoré komplikácie, s ktorými sa žiaci stretli pri manipulácii s grafmi.

Interesantnejšie zistenia sme zaznamenali prostredníctvom komparatívnej analýzy oboch skupín pracujúcich s rozdielnymi technológiami. Pri porovnaní odpovedí žiakov pracujúcich s notebookmi a žiakov pracujúcich s tabletmi odhalil Mannov-Whitneyov U test signifikantné rozdiely v troch položkách týkajúcich sa *jednoduchosti práce s koncovým zariadením (P02)*, *jednoduchosti manipulácie s grafom (P03)* a *jednoduchosti odčítavania dát z grafu (P04)*. Štatistické dáta ku komparácii týchto položiek uvádzame v tab. 2.

Tab. 2: Diferencie medzi žiakmi pracujúcimi s notebookmi a žiakmi pracujúcimi s tabletmi (celkový pohľad, nezávislý na realizovanej aktivite)

$N = 126$; uvedené sú len položky so štatisticky významným rozdielom

MR_{TBL} – priemerné poradie (*Mean Rank*) pre žiakov pracujúcich s tabletmi

MR_{NTB} – priemerné poradie (*Mean Rank*) pre žiakov pracujúcich s notebookmi

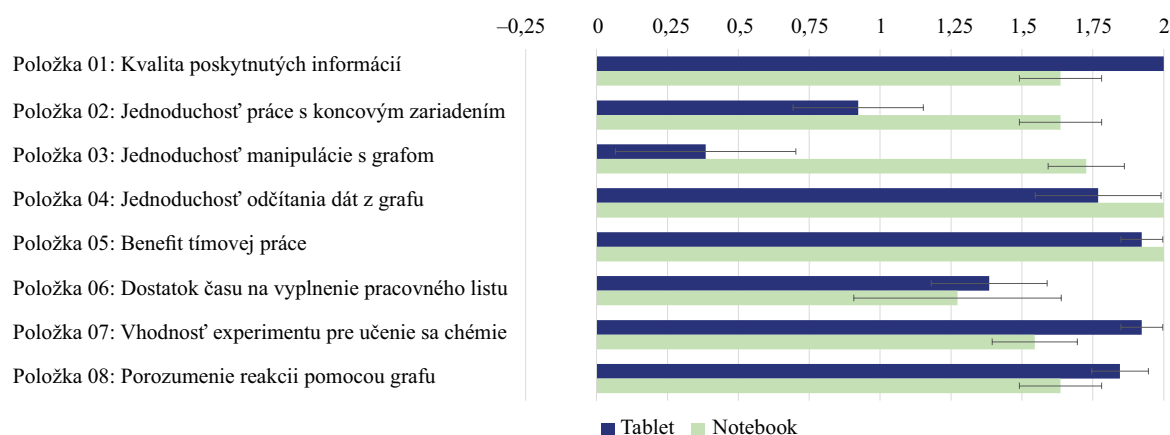
Položka	Mannov-Whitneyov U test*
	$U = 2\,320,5$; $z = 2,065$; $p = 0,039$
02 Jednoduchosť práce s koncovým zariadením.	$MR_{TBL} = 58,32$; $MR_{NTB} = 70,19$ $r = 0,18$
	$U = 2\,520,5$; $z = 3,103$; $p = 0,002$
03 Jednoduchosť manipulácie s grafom	$MR_{TBL} = 55,50$; $MR_{NTB} = 73,83$ $r = 0,28$
	$U = 2\,240,0$; $z = 2,145$; $p = 0,032$
04 Jednoduchosť odčítavania dát z grafu	$MR_{TBL} = 59,45$; $MR_{NTB} = 68,73$ $r = 0,19$

* Zobrazené sú asymptotické signifikancie.

Je zaujímavé, že štatisticky významné diferencie sme zaznamenali práve v oblastiach, ktoré sa najviac týkajú samotných koncových zariadení meracích systémov. Žiaci oboch porovnávaných skupín teda prácu s nimi nevnímali rovnako, aj keď obe použité zariadenia boli nimi prijímané pozitívne. Na základe hodnôt priemerných poradí (*Mean Rank*, MR) v tab. 2 sa domnievame, že práca s notebookmi bola žiakmi vnímaná pozitívnejšie ako práca s tabletmi. Pre úplnosť však musíme dodať, že zistené hodnoty korelačného koeficientu (r) sa vo všetkých troch prípadoch nachádzajú pod hraničnou hodnotou 0,30, čo podľa Cohena (1988, 1992) predstavuje nízku hodnotu veľkosti sledovaného účinku (*Effect Size*).

Pozitívnejšie vnímanie manipulácie s grafmi a ich efektívnejšie vyhodnocovanie skupinou žiakov pracujúcou s notebookmi potvrdila aj kvalitatívna analýza pracovných listov oboch skupín žiakov. Z nej vyplynulo, že žiaci pracujúci s notebookmi boli vo všeobecnosti schopní presnejšie odčítať kritické body na jednotlivých krivkách a správnejšie interpretovať chemické zdôvodnenia javov, ktoré boli týmito krivkami reprezentované.

Samozrejme, tieto rozdiely nájdeme nielen pri súhrnnom pohľade na všetky realizované aktivity, ale aj vtedy, ak aktivity budeme brať do úvahy jednotlivo, samostatne. Najmarkantnejšie diferencie sme pritom zaznamenali pri aktivite *Ako uhasiť pálenie záhy* (obr. 3), kde boli v signifikantne rozdielne vnímaných položkách týkajúcich sa *jednoduchosti práce s koncovým zariadením (P02)* a *jednoduchosti manipulácie s grafom (P03)* zistené veľkosti účinku dokonca na strednej ($r = 0,45$) a vysokej ($r = 0,60$) úrovni (tab. 3).



*Chybové úsečky predstavujú štandardné chyby merania (*Standard Error*).

Obr. 3: Stredné hodnoty odpovedí žiakov na dotazníkové položky Likertovho typu pre aktivitu *Ako uhasiť pálenie záhy*

Tab. 3: Diferencie medzi žiakmi pracujúcimi s tabletmi a žiakmi pracujúcimi s notebookmi pre aktivitu *Ako uhasiť pálenie záhy*

$N = 24$; uvedené sú len položky so štatisticky významným rozdielom

MR_{TBL} – priemerné poradie (*Mean Rank*) pre žiakov pracujúcich s tabletmi

MR_{NTB} – priemerné poradie (*Mean Rank*) pre žiakov pracujúcich s notebookmi

Položka	Mannov-Whitneyov U test*
	$U = 106,5; z = 2,223; p = 0,041$
02 Jednoduchosť práce s koncovým zariadením	$MR_{TBL} = 9,81; MR_{NTB} = 15,68$ $r = 0,45$
	$U = 119,0; z = 2,933; p = 0,005$
03 Jednoduchosť manipulácie s grafom	$MR_{TBL} = 8,85; MR_{NTB} = 16,82$ $r = 0,60$

*Zobrazené sú asymptotické signifikancie.

Pri podrobnejšom skúmaní sme si všimli, že signifikantné diferencie sú generované najmä aktivitami, pri ktorých sa meria pH (tab. 4). Pritom vo všetkých štatisticky signifikantne rozdielne vnímaných aspektoch žiaci pozitívnejšie vnímajú prácu s notebookmi. V aktivitách orientovaných na sledovanie tepelného efektu chemických reakcií rozdiely medzi porovnávanými skupinami pracujúcimi s notebookmi a tabletmi síce existujú, nie sú však štatisticky významné.

Tab. 4: Diferencie medzi žiakmi pracujúcimi s tabletmi a žiakmi pracujúcimi s notebookmi pre aktivity s meraním pH

$N = 71$; uvedené sú len položky so štatisticky významným rozdielom

MR_{TBL} – priemerné poradie (*Mean Rank*) pre žiakov pracujúcich s tabletmi

MR_{NTB} – priemerné poradie (*Mean Rank*) pre žiakov pracujúcich s notebookmi

Položka	Mannov-Whitneyov U test*
	$U = 793,0; z = 3,361; p = 0,001$
03 Jednoduchosť manipulácie s grafom	$MR_{TBL} = 30,82; MR_{NTB} = 47,55$ $r = 0,40$
	$U = 660,0; z = 2,394; p = 0,005$
04 Jednoduchosť odčítania dát z grafu	$MR_{TBL} = 33,53; MR_{NTB} = 41,50$ $r = 0,28$

*Zobrazené sú asymptotické signifikancie.

Zaujímalo nás tiež, ako prácu s rozdielnymi zariadeniami vnímajú rozdielne pohlavia. Chlapci aj dievčatá vo všetkých položkách dotazníka týkajúcich sa koncového zariadenia (P02, P03 a P04) preferovali notebook pred tabletom, avšak len pri dievčatách sme v tomto smere zaznamenali štatisticky významné indície (tab. 5) na úrovni strednej alebo nízkej veľkosti účinku.

Tab. 5: Diferencie medzi dievčatami pracujúcimi s tabletmi a dievčatami pracujúcimi s notebookmi (celkový pohľad, nezávislý na realizovanej aktivite)

$N = 66$; uvedené sú len položky so štatisticky významným rozdielom

MR_{TBL} – priemerné poradie (*Mean Rank*) pre dievčatá pracujúce s tabletmi

MR_{NTB} – priemerné poradie (*Mean Rank*) pre dievčatá pracujúce s notebookmi

Položka	Mannov-Whitneyov U test*
	$U = 733,5; z = 3,054; p = 0,002$
03 Jednoduchosť manipulácie s grafom	$MR_{TBL} = 28,19; MR_{NTB} = 41,17$ $r = 0,38$
	$U = 631,0; z = 1,972; p = 0,049$
04 Jednoduchosť odčítania dát z grafu	$MR_{TBL} = 30,82; MR_{NTB} = 37,37$ $r = 0,24$

*Zobrazené sú asymptotické signifikancie.

Skúmali sme tiež, či na prácu s rozdielnymi zariadeniami má vplyv vek (resp. ročník štúdia) respondentov, avšak drobné náznaky črtajúcich sa vzťahov a závislostí sa nakoniec ukázali ako štatisticky nevýznamné.

Otvorené otázky výskumného nástroja (dotazníka) boli určené najmä na zistenie ťažšie merateľnej spätnej väzby, názorov, pocitov a odporúčaní žiakov smerom k realizovaným aktivitám aj použitej technike. Ich vyhodnotením sme zistili, že už nemajú zásadný význam v posune alebo prehodnotení záverov prezentovaných vyššie. Získané odpovede žiakov sme roztriedili do niekoľkých najčastejšie sa opakujúcich kategórií. Frekvencie odpovedí žiakov pracujúcich s rozdielnymi zariadeniami sme tiež podrobili komparatívnej analýze, avšak štatisticky významné zistenia neboli zaznamenané. Najfrekventovanejšie odpovede žiakov na otázku: „Čo sa vám počas experimentovania najviac páčilo?“ uvádzame vo forme početností a percentuálnych vyjadrení v tab. 6.

Tab. 6: Najfrekventovanejšie odpovede žiakov na otvorenú otázku dotazníka týkajúcu sa najpríťažlivejšej časti experimentovania

Odpoveď	Tablet		Notebook	
	Početnosť	%	Početnosť	%
Pozorovanie chemickej reakcie	18	14,29	23	18,25
Vydychovanie CO ₂ do vody	17	13,49	8	6,35
Práca s technikou	12	9,52	10	7,94
Sledovanie grafu	10	7,94	8	6,35
Praktická časť	7	5,56	0	0,00
Odčítavanie údajov z grafu	5	3,97	2	1,59
Práca s grafom	5	3,97	0	0,00
Samotné meranie	3	2,38	3	2,38
Všetko	2	1,59	1	0,79

Samotná chemická reakcia bola podľa žiakov jednou z najzaujímavejších častí experimentovania, túto odpoveď uviedlo 14,29 % žiakov pracujúcich s tabletom a 18,25 % žiakov pracujúcich s notebookmi. Žiaci oceňovali najmä také činnosti, pri ktorých mali pocit priameho zainteresovania do skúmaného procesu. Pri rozhovoroch so žiakmi sme zistili, že v niektorých prípadoch ich praktická časť aktivity (napr. vydychovanie oxidu uhličitého do vody) zaujala najmä z dôvodu, že sa „cítily byť súčasťou samotného experimentu“. Práca s technikou bola taktiež frekventovanou odpoveďou, čo však bolo možné predpokladať, keďže podobné experimenty boli pre prevažnú väčšinu žiakov novinkou.

Na druhej strane sme žiakom položili otázku, ktorá časť experimentu by podľa nich potrebovala vylepšiť. Najfrekventovanejšie odpovede uvádzame vo forme početností a percentuálnych vyjadrení v tab. 7.

Tab. 7: Najfrekventovanejšie odpovede žiakov na otvorenú otázku dotazníka, týkajúcu sa odporúčaní na vylepšenie realizovanej experimentálnej činnosti

Odpoveď	Tablet		Notebook	
	Početnosť	%	Početnosť	%
Nič	30	23,81	32	25,40
Fungovanie techniky	8	6,35	2	1,59
Manipulácia s technikou	2	1,59	2	1,59
Aktualizácia a inovovanie softvéru	1	0,79	1	0,79
Zabezpečiť WiFi	1	0,79	0	0,00
Viac praxe s tabletom na hodinách chémie	1	0,79	0	0,00
Odčítanie grafu na tablete	1	0,79	0	0,00
Lepšie zaškolenie práce so softvérom	0	0,00	2	1,59

Žiaci boli s priebehom experimentovania v priemere spokojní a väčšina by na realizovanom experimente nevylepšila nič. Túto odpoveď sme zaznamenali až v 23,81 % odpovedí od žiakov pracujúcich s tabletmi a 25,4 % od žiakov pracujúcich s notebookmi. Žiaci by odporúčali vylepšiť manipuláciu s niektorými technickými zariadeniami alebo aktualizovať softvérovú aplikáciu. Z diskusie so žiakmi vyplynula aj potreba lepšieho zaškolenia, resp. častejšej praxe s meracími a počítačovými zariadeniami.

5 Limity výskumu

Musíme zdôrazniť, že dáta boli v našom výskume získané len z dvoch slovenských gymnázií, čo neumožňuje generalizovať naše zistenia pre všetky školy v Slovenskej republike, alebo dokonca vysloviť ešte všeobecnejšie závery. Považujeme to za najväčší limit nášho výskumu. Takéto obmedzenie, samozrejme, nie je účelné, avšak museli sme (okrem iného) vychádzať najmä z materiálno-technických možností a predpokladov škôl, kde sme výskum realizovali, a zvažovať aj časovú náročnosť realizovaných aktivít, a to najmä

s ohľadom na nevelkú skúsenosť respondentov s počítačom podporovaným experimentovaním. V tejto súvislosti možno tiež za isté obmedzenie považovať fakt, že žiaci zahrnutí do štúdie nemali rovnaké skúsenosti s prácou v počítačom podporovanom chemickom laboratóriu. Na druhej strane to podporuje variabilitu nášho výskumného súboru.

6 Diskusia

Diskusiu k zisteným výsledkom čiastočne uvádzame aj bezprostredne pri ich prezentácii. Najväčšiu podobnosť s našim výskumom má (z nám dostupných informácií) štúdia Priestu a kol. (2014), aj keď bola realizovaná za rozdielnych podmienok a jej cieľom bolo porovnávanie vnímania iných technologických prístupov používaných v počítačom podporovanom experimentovaní. Oba výskumy však majú isté vzájomne korešpondujúce črty, ktoré v diskusii na niekoľkých miestach porovnáваме.

Už tradične pri podobných skúsenostiach väčšina žiakov vyjadruje veľkú spokojnosť s experimentovaním prostredníctvom počítačových meracích systémov (Aksela, 2005; Pierri et al., 2008; Skoršepa, 2015). Aj teraz sme dokázali, že najprirodzenejšou činnosťou, ktorou je potrebné u žiakov podporovať záujem o chémiu, je jej organická súčasť – laboratórna práca.

Jedným z prvých markantných zistení nášho výskumu je fakt, že všetky priemerné odpovede žiakov na dotazníkové položky Likertovho typu mali pozitívny charakter. Zistenie prevažujúceho pozitívneho vzťahu k realizovaným aktivitám vo väčšine sledovaných aspektov však nie je úplne prekvapujúce. Takmer rovnaký trend sledujeme aj vo výsledkoch štúdie Priestu a kol. (2014). Všeobecne pozitívny vzťah respondentov k počítačom podporovanému experimentovaniu však dokladujú aj staršie štúdie (Atar, 2002; Metcalf & Tinker, 2004). Ako sme, okrem iného, uviedli v predchádzajúcej časti, najviac priemerných kladných odpovedí bolo zaznamenaných pri položkách týkajúcich sa *poskytnutých informácií pred experimentovaním a počas experimentovania (P01)* a *benefitu tímovej práce (P05)*. Práve oblasť tímovej práce vnímali podobne pozitívne aj respondenti výskumu Priestu a kol. (2014). Niektorí žiaci by sami uvítali možnosť lepšie sa zaškoliť v práci s technickými zariadeniami a softvérovými aplikáciami, prípadne by podobné experimenty radi realizovali v chemickom laboratóriu častejšie. Najviac sa žiakom páčila predovšetkým samotná skúmaná chemická reakcia a práca s príslušnou technikou. Konkrétne sledované chemické procesy boli pozitívne vnímané už aj v iných štúdiách zameraných na skúmanie rozličných dimenzií motivácie žiakov vo vzťahu k počítačom podporovanému experimentovaniu (Tortosa Moreno et al., 2013; Skoršepa, 2015). Zaujímavé zistenia boli tiež zaznamenané v zmysle pocitu zainteresovanosti žiakov, ktorí sa pri realizácii niektorých aktivít „cítily byť súčasťou samotného experimentu“. Analogické vyjadrenia nachádzame aj v starších výskumoch Beichnera (1990) a Aksely (2005). Psychológovia Ryan a Deci (2000) v tejto súvislosti dokonca predpokladajú, že takéto intenzívne zapojenie žiaka do experimentu posilňuje jeho pocit kompetentnosti, čo uľahčuje proces zvnútorňovania cieľov vzdelávania. Príťažlivosť samotnej počítačovej meracej techniky dokonca spôsobuje, pravdepodobne vzhľadom na to, že generácia dnešných žiakov má k technickým zariadeniam veľmi blízko, že jej využitie počas chemického experimentovania oslovilo aj takých žiakov, ktorí o chémiu v minulosti nejavili veľký záujem.

Cieľom našej štúdie však bolo preskúmať žiakove vnímanie laboratórnej činnosti podporovanej počítačovými zariadeniami so špecifickým zameraním na porovnanie vnímania rozdielnych technologických riešení koncových zariadení meracích systémov – tabletov, resp. notebookov.

V poslednom čase sa aj v pedagogickom prostredí do popredia pozornosti dostávajú práve dotykové technológie (tablety, smartfóny). Dotykový spôsob ovládania, kvôli svojej jednoduchosti a prístupnosti, tieto zariadenia istým spôsobom technologicky preferuje pred staršími technológiami používanými na školách v minulosti (Reychav & Wu, 2015; Shuler et al., 2013). Niektorí autori tiež zdôrazňujú, že tablety je výhodnejšie na vyučovaní používať okrem iného preto, že ich žiaci aj v súkromí používajú na pravidelnej báze (Ward et al., 2013; Hadlington et al., 2019). V našej štúdiu sme preto boli zvedaví, či dotykové technológie (reprezentované tabletmi) majú potenciál konkurovať staršej technológii aj vtedy, ak sú súčasťou počítačového meracieho systému. Ukazuje sa však, že napriek mnohým pozitívnym ohlasom, z ktorých však žiadny nezohľadňoval ich efektívnosť ako súčasť počítačového meracieho systému, práve pri takejto aplikácii nemusia predstavovať najúčinnnejšiu alternatívu. Naša štúdia totiž naznačuje, že použitie notebookov, hoci sú staršou technológiou, je v porovnaní s dotykovými zariadeniami ako sú tablety, žiakmi vnímané pozitívnejšie. Možno zosumarizovať, že výsledky nášho skúmania poskytujú istý empirický dôkaz o tom, že žiaci preferujú a sú efektívnejší pri práci s notebookmi (v porovnaní s tabletmi). Hoci oba technologické prístupy boli účinné a celkovo žiakmi vnímané pozitívne, rozdiely medzi nimi sa ukázali najmä pri činnostiach, ktoré boli pre žiakov problematickejšie. Žiaci pracujúci s tabletmi ťažkopádnejšie operovali s grafmi a dokonca z nich menej presne odčítavali dôležité dáta (napr. minimum a maximum). Tieto skutočnosti sa potvrdili aj vyhodnotením pracovných listov žiakov. Pri rozhovoroch počas experimentovania žiaci vo všeobecnosti deklarovali efektívnejšiu manipuláciu s notebookmi, a to nielen pri ovládaní

samotného merania, ale aj pri jeho spracovaní, vyhodnotení a interpretácii prostredníctvom vykreslených grafov. Navyše, naše výsledky ukazujú, že dievčatá sú vo vnímaní oboch použitých zariadení „citlivejšie“ ako chlapci, keď z pohľadu štatistiky markantnejšie vyjadrujú pozitívnejší postoj k notebookom ako k tabletom.

Príčiny týchto zistení môžu byť rozličné, avšak na základe nevelkého objemu našich dát je ťažké zhodnotiť ich komplexnejšie. Ak sa však pokúsime dať do súvisu naše zistenia s najpríbuznejšou publikovanou štúdiou (Priest et al., 2014), domnievame sa, že v našom prípade môžeme vylúčiť rovnaké zdôvodnenie, ako vo svojej štúdiu prezentuje spomínaný autorský kolektív, kde sú zistenia v prospech notebookov (oproti dataloggerom) logicky zdôvodňované rozdielom medzi známou (notebook) a neznámou (datalogger) technológiou. V našom výskume sú notebooky, rovnako ako tablety, žiakom veľmi blízke (teda rovnako známe) a pre väčšinu z nich práca s nimi predstavuje každodennú rutinu. Jedno z možných ponúkaných vysvetlení určite súvisí aj s rozdielnym spôsobom ovládania jednotlivých zariadení, ale aj s rozličnou „vypelostou“ softvéru, ktorým jednotlivé zariadenia v súčasnosti disponujú. Naše zistenia teda úplne neodrážajú trend vyplývajúci zo všeobecne stúpajúcej tendencie používania a popularity práve dotykových technológií žiakmi, ktorý potvrdzujú aj nedávne výskumy (Chen, Chang & Wang, 2008; Rideout, 2013, Simsek & Dogru, 2014). Množstvo ďalších štúdií skúma ich aplikáciu do rozličných pedagogických situácií, pričom sledujú široké spektrum didaktických a pedagogicko-psychologických aspektov ich použitia (Yang et al., 2015; Zydney & Warner, 2016; Mang et al., 2017; Volk et al., 2017; Liu et al., 2017; Fu & Hwang, 2018; Hadlington et al., 2019). Opäť však dodávame, že žiadny z týchto výskumov sa nezaoberal použitím tabletov (resp. dotykových technológií vo všeobecnosti) v experimentálnej časti vyučovania, teda ako súčastí meracích systémov. Niektoré z nich ukazujú, že pri implementácii tabletov do vyučovania je z hľadiska jeho efektívneho použitia vo vyučovaní dôležitá nielen blízkosť tohto zariadenia žiakovi, ale aj špecifická rola učiteľa (Haksiz, 2014; Montrieux et al., 2014). Tento nesporne dôležitý fakt však v našom výskume nezohľadňujeme. Naše výsledky čiastočne podporujú zaujímavé zistenie, že hoci používanie dotykových technológií má na školách medzi žiakmi stúpajúcu tendenciu, žiaci (najmä nižšieho veku) ich skôr vnímajú ako zariadenia na zábavu než na vzdelávanie (Oliemat et al., 2018).

7 Záver

Na záver nemožno neupozorniť na istú analógiu s inými koncovými zariadeniami meracích systémov – dataloggermi, ktoré boli v počítačom podporovanom experimentovaní kvôli predpokladaným pozitívnym črtám výrazne preferované približne od roku 2000 (Lavonen et al., 2003). Hoci o ich spornom prijatí žiakmi už dlhšiu dobu neoficiálne hovorili praktické skúsenosti ich používateľov (žiakov aj učiteľov), až štúdia Priestu a kol. (2014) kvantitatívne potvrdila ich nižšiu účinnosť v praxi v porovnaní s notebookmi.

Naša štúdia zatiaľ nemá potenciál zovšeobecniť zistené závery o skúmanej problematike. Naznačuje však, že notebook je ako koncové zariadenie školského počítačového meracieho systému žiakmi vnímaný ako efektívnejšia alternatíva v porovnaní s tabletom. V každom prípade, vedomosť o tom, že technológia má schopnosť signifikantne ovplyvňovať vnímanie žiakov vo vzťahu k samotnému laboratórnemu meraniu, môže byť nápomocná pre autorov počítačom podporovaných aktivít, ktorí by pri ich navrhovaní mali brať do úvahy aj túto skutočnosť. Uvedomujeme si však, že na zásadnejšie vyjadrenia by bolo potrebné zrealizovať ďalšie skúmania, zväziť viac ovplyvňujúcich faktorov a tiež rozšíriť vzorku zahrnutých respondentov. Preto našu štúdiu vnímame ako pilotnú prácu, ktorá naznačuje určité empirické vzťahy, a zároveň ďalšie výskumné smerovania v tejto oblasti.

Podakovanie

Príspevok vznikol s podporou národného projektu *ITMS 312011F057 – IT Akadémia, vzdelávanie pre 21. storočie*.

Literatúra

Ambrose, B. S. (2004). Investigating student understanding in intermediate mechanics: Identifying the need for a tutorial approach to instruction. *American Journal of Physics*, 72(4), 453–459. <https://doi.org/10.1119/1.1648684>

Aksela, M. K. (2005). *Supporting meaningful chemistry learning and higher-order thinking through computer-assisted inquiry: A design research approach* [Dizertačná práca]. University of Helsinki.

Aksela, M. K. (2011). Engaging students for meaningful chemistry learning through microcomputer-based laboratory (MBL) inquiry. *Educació Química EduQ*, 9, 30–37. <https://doi.org/10.2436/20.2003.02.66>

- ASELL – Advancing science by enhancing learning in the laboratory website. (2014). <http://www.physics.usyd.edu.au/asell/asell.site/>
- Atar, H. Y. (2002). Chemistry students' challenges in using MBL's in science laboratories. In P. A. Rubba, J. A. Rye, W. J. DiBiase, & B. A. Crawford (Eds.), *Proceedings of the 2002 Annual International Conference of the Association for the Education of Teachers in Science* (pp. 2–23). Charlotte, Association for the Education of Teachers in Science.
- Banchi, H., & Bell, R. (2008). The many levels of inquiry. *Science and Children*, 46(2), 26–29.
- Barton, R. (1997). How do computers affect graphical interpretation? *School Science Review*, 79(287), 55–60.
- Beichner, R. J. (1990). The effect of simultaneous motion presentation and graph generation in a kinematics lab. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(8), 803–815. <https://doi.org/10.1002/tea.3660270809>
- Bernhard, J. (2003). Physics learning and microcomputer based laboratory (MBL) learning – effects of using MBL as a technological and as a cognitive tool. In D. Psillos, P. Kariotoglou, V. Tselves, E. Hatzikraniotis, G. Fassoulopoulos, & M. Kallery (Eds.), *Science Education Research in the Knowledge-Based Society* (pp. 323–331). Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-94-017-0165-5>
- Bílek, M., Kričfaluši, D., Budweiserová, K., & Danielová, M. (2002). Digitální váhy a počítač ve výuce chemie. In M. Bílek (Ed.), *Profil učitele chemie II.: Sborník příspěvků z jednání v sekcích XI. mezinárodní konference o výuce chemie* (s. 206–209). Gaudeamus.
- Borghini, L., De Ambrosis, A., Lunati, E., & Mascheretti, P. (2001). In-service teacher education: An attempt to link reflection on physics subjects with teaching practice. *Physics Education*, 36(4), 299–305. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/36/4/303>
- Brasell, H. (1987a). *Effectiveness of a microcomputer-based laboratory in learning distance and velocity graphs* [Dizertačná práca]. University of Florida.
- Brasell, H. (1987b). The effect of real-time laboratory graphing on learning graphic representations of distance and velocity. *Journal of Research in Science Teaching*, 24(4), 385–395. <https://doi.org/10.1002/tea.3660240409>
- Buntine, M. A., Read, J. R., Barrie, S. C., Bucat, R. B., Crisp, G. T., George, A. V., Jamie, I. M., & Kable, S. H. (2007). Advancing chemistry by enhancing learning in the laboratory (ACELL): A model for providing professional and personal development and facilitating improved student laboratory learning outcomes. *Chemistry Education Research and Practice*, 8(2), 232–254. <https://doi.org/10.1039/B6RP90033J>
- Chen, G., Chang, C., & Wang, C. (2008). Ubiquitous learning website: Scaffold learners by mobile devices with information-aware techniques. *Computers & Education*, 50(1), 77–90. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2006.03.004>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. 2nd ed. Academic Press.
- Cohen, J. (1992). A power primer. *Psychological Bulletin*, 112(1), 155–159. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.112.1.155>
- Čtrnáctová, H., Čížková, V., Hlavová, L., & Řezníčková, D. (2012). Dovednosti žáků v badatelsky orientované výuce chemie. In J. Reguli (Ed.), *Zborník z medzinárodnej konferencie „Aktuálne trendy vo vyučovaní prírodných vied (Smolenice 2012)“* (s. 31–36). Pedagogická fakulta Trnavskej univerzity.
- Euler, M., & Müller, A. (1999). Physics learning and the computer: A review, with a taste of meta-analysis. In M. Komorek, H. Behrendt, H. Dahncke, R. Duit, W. Gräber, & A. Kross (Eds.), *Second International Conference of the European Science Education Research Association* (pp. 1–3). Kiel, European Science Education Research Association.
- Field, A. (2013). *Discovering statistics using IBM SPSS Statistics*. 4th edition. SAGE Publications.
- Fu, Q., & Hwang, Q. (2018). Trends in mobile technology-supported collaborative learning: A systematic review of journal publications from 2007 to 2016. *Computers & Education*, 119, 129–143. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.01.004>
- Gašparik, V. (2014) Školské počítačové meracie systémy vo vyučovaní chémie na základnej škole. *Biológia, ekológia, chémia*, 18(4), 48–53.
- George, A. V., Read, J. R., Barrie, S. C., Bucat, R. B., Buntine, M. A., Crisp, G. T., Jamie, I. M., & Kable, S. H. (2009). What makes a good laboratory learning exercise? Student feedback from the ACELL project. In M. Gupta-Bhowon, S. Jhaumeer-Laulloo, H. Li Kam Wah, & P. Ramasami (Eds.), *Chemistry Education in the ICT Age* (pp. 363–376). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9732-4_34
- Gilbert, J. K., & Treagust, D. (2009). *Multiple representations in chemical education*. Springer.
- Haksiz, M. (2014). Investigation of tablet computer use in special education teachers' courses. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 141, 1392–1399. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.05.240>

- Hedlington, L., White, H., & Curtis, S. (2019). "I cannot live without my [tablet]": Children's experiences of using tablet technology within the home. *Computers in Human Behavior*, *94*, 19–24. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2018.12.043>
- Held, L., Žoldošová, K., Orolinová, M., Juricová, I., & Kotuľáková, K. (2011). *Výskumne ladená koncepcia prírodovedného vzdelávania (IBSE v slovenskom kontexte)*. Typi Universitatis Tyrnaviensis.
- Hofstein, A. (2004). The laboratory in chemistry education: Thirty years of experience with developments, implementation and research. *Chemistry Education Research and Practice*, *5*(3), 247–264. <https://doi.org/10.1039/B4RP90027H>
- Horváthová, E. (2018). *Počítačom podporované experimenty s dotykovými koncovými zariadeniami* [Diplomová práca]. FPV UMB.
- Ješková, Z. (2004) *Počítačom podporované experimenty z termiky a termodynamiky v prostredí IP COACH*. Univerzita Pavla Jozefa Šafárika.
- Johnstone, A. H. (2010). You can't get there from here! *Journal of Chemical Education*, *87*(1), 22–29. <https://doi.org/10.1021/ed800026d>
- Kovalchick, A., & Dawson, K. (2004). *Education & technology. An encyclopedia*. ABC Clio.
- Lavonen, J., Aksela, M., Juuti, K., & Meisalo, V. (2003). Designing user-friendly datalogging for chemical education through factor analysis of teacher evaluations. *International Journal of Science Education*, *25*(12), 1471–1487. <https://doi.org/10.1080/0950069032000072755>
- Linn, M. C., & Eylon, B. (2011). *Science learning and instruction. Taking advantage of technology to promote knowledge integration*. Routledge.
- Linn, M. C., & Hsi, S. (2000). *Computers, teachers, peers: Science learning partners*. Routledge.
- Linn, M. C., Layman, J. W., & Nachmias, R. (1987). Cognitive consequences of microcomputer-based laboratories: Graphing skills development. *Contemporary Educational Psychology*, *12*(3), 244–253. [https://doi.org/10.1016/S0361-476X\(87\)80029-2](https://doi.org/10.1016/S0361-476X(87)80029-2)
- Linn, M. C., & Songer, N. B. (1991). Teaching thermodynamics to middle school students: What are appropriate cognitive demands? *Journal of Research in Science Teaching*, *28*(10), 885–918. <https://doi.org/10.1002/tea.3660281003>
- Liu, Ch., Wu, Ch., Wong, W., Lien, Y., & Chao, T. (2017). Scientific modeling with mobile devices in high school physics labs. *Computers & Education*, *105*, 44–56. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.11.004>
- Mamlok-Naaman, R., Eilks, I., Bodner, G., & Hofstein, A. (2018). *Professional development of chemistry teacher. Theory and practice*. The Royal Society of Chemistry.
- Mang, C., Brown, N., & Piper, L. (2017). "Old school" meets "new school": Using books and tablets to improve information literacy and promote integrative learning among business students. *The International Journal of Management Education*, *15*, 449–455. <https://doi.org/10.1016/j.ijme.2017.07.003>
- Mann, H. B., & Whitney, D. R. (1947). On a test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other. *The Annals of Mathematical Statistics*, *18*(1), 50–60.
- Marcum-Dietrich, N. I., & Ford, D. J. (2002). 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*, *21*(4), 361–379.
- Metcalf, S. J., & Tinker, R. F. (2004). Probeware and handhelds in elementary and middle school science. *Journal of Science Education and Technology*, *13*(1), 43–49. <https://doi.org/10.1023/B:JOST.0000019637.22473.02>
- Mokros, J. R., & Tinker, R. F. (1987). The impact of microcomputer-based labs on children's ability to interpret graphs. *Journal of Research in Science Teaching*, *24*(4), 369–383. <https://doi.org/10.1002/tea.3660240408>
- Montrieux, H., Vanderlinde, R., Courtois, C., Schellens, T., & Marez, L. (2014). A qualitative study about the implementation of tablet computers in secondary education: The teachers' role in this process. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, *112*, 481–488. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.1192>
- Nachmias, R., & Linn, M. (1987). Evaluations of science laboratory data: The role of computer-presented information. *Journal of Research in Science Teaching*, *24*(5), 491–506. <https://doi.org/10.1002/tea.3660240509>
- Oliemat, E., Ihmeideh, F., & Alkhalwaldeh, M. (2018). The use of touch-screen tablets in early childhood: Children's knowledge, skills, and attitudes towards tablet technology. *Children and Youth Services Review*, *88*, 591–597. <https://doi.org/10.1016/j.childyouth.2018.03.028>
- Pierri, E., Karatrantou, A., & Panagiotakopoulos, C. (2008). Exploring the phenomenon of change of phase of pure substances using the microcomputer-based-laboratory (MBL) system. *Chemistry Education Research and Practice*, *9*(3), 234–239. <https://doi.org/10.1039/B812412B>

- Priest, S. J., Pyke, S. M., & Williamson, N. M. (2014). Student perceptions of chemistry experiments with different technological interfaces: A comparative study. *Journal of Chemical Education*, *91*(11), 1787–1795. <https://doi.org/10.1021/ed400835h>
- Rane, L. (2013). The effectiveness of MBL experiments in developing conceptual understanding in kinematics among undergraduate physics students. In T. Bastiaens, & G. Marks (Eds.), *World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education (Las Vegas)* (pp. 2495–2502). San Diego, USA, Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).
- Redish, E. F., Saul, J. M., & Steinberg, R. N. (1997). On the effectiveness of active-engagement microcomputer-based laboratories. *American Journal of Physics*, *65*(1), 45–54. <https://doi.org/10.1119/1.18498>
- Reychav, I., & Wu, D. (2015). Mobile collaborative learning: The role of individual learning in groups through text and video content delivery in tablets. *Computers in Human Behavior*, *50*, 520–534. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.04.019>
- Rideout, V. (2013). *Zero to eight. Children's media use in America. Report of Common sense media's program for the study of children and media*. Common Sense Media. <https://www.commonsensemedia.org/file/zerotoeightfinal2011pdf-0/download>
- Rogers, L. T. (1995). Computer as an aid for exploring graphs. *School Science Review*, *76*(276), 31–39.
- Rosenthal, R. (1991). *Meta-analytic procedures for social research*. 2nd ed. CA.
- Russell, D. W., Lucas, K. B., & McRobbie, C. J. (2003). The role of the microcomputer-based laboratory display in supporting the construction of new understandings in kinematics. *Research in Science Education*, *33*(2), 217–243. <https://doi.org/10.1002/tea.10129>
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). Intrinsic and extrinsic motivations: Classic definitions and new directions. *Contemporary Educational Psychology*, *25*(1), 54–67. <https://doi.org/10.1006/ceps.1999.1020>
- Sassi, E., Monroy, G., & Testa, I. (2005). Teacher training about real-time approaches: Research-based guidelines and training materials. *Science Education*, *89*(1), 28–37. <https://doi.org/10.1002/sci.20041>
- Schauer, F., Lustig, F., Dvořák, J., & Ožvoldová, M. (2008). An easy-to-build remote laboratory with data transfer using the Internet School Experimental System. *European Journal of Physics*, *29*(4), 753–766. <https://doi.org/10.1088/0143-0807/29/4/010>
- Shuler, C., Winters, N., & West, M. (2013). *The future of mobile learning: Implications for policy makers and planners. UNESCO working paper series on mobile learning*. UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000219637>
- Simsek, M., & Dogru, I. A. (2014). Tablet Pc based classroom. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, *116*, 4246–4249. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.925>
- Skoršepa, M. (2012). Ako „uhasiť“ pálenie záhy – príklad školského chemického experimentu s podporou výpočtovej techniky. *Biológia, ekológia, chémia*, *16*(3–4), 8–11.
- Skoršepa, M. (2014). *Stomach acid and antacids*. Project No. 517587-LLP-1-2011-1-ES-COMENIUS-CMP. [online] <http://comblab.uab.cat/>
- Skoršepa, M. (2015). *Počítačom podporované experimenty v prírodovednom vzdelávaní*. Belianum (Vydavateľstvo UMB).
- Skoršepa, M., & Melicherčík, M. (2001). Zaujímavé kontinuálne merania z chémie uskutočňované SM Systémom. In *Proceedings of II. Conference for Ph.D. students* (pp. 254–258). Nitra, FPV UKF.
- Skoršepa, M., Stratilová Urváľková, E., Šmejkal, P., Tortosa Moreno, M., & Urban-Woldron, H. (2014). Activities with sensors in laboratory of biology: Students' motivation and understanding the results. In M. Nodzyńska, P. Cieśla, & A. Kania (Eds.), *Experiments in teaching and learning natural sciences* (pp. 25–33). Pedagogical University of Krakow.
- Skoršepa, M., & Šmejkal, P. (2018). Comprehending Computer Based Laboratory Activities by Slovak and Czech Students. In P. Cieśla, & A. Michniewska (Eds.), *Science Teaching in the XXI Century* (pp. 72–82). Pedagogical University of Krakow.
- Skoršepa, M., & Tortosa Moreno, M. (2014). Faktory ovplyvňujúce motivačnú orientáciu žiakov v počítačom podporovanom laboratóriu. *Acta Universitatis Matthiae Belii*, ser. chem., *15*, 84–91.
- SPSS INC. PASW Statistics for Windows. (2009). Ver. 18.0. SPSS Inc., Ed. 2009.
- Stein, J. S. (1987). The computer as lab partner: Classroom experience gleaned from one year of Microcomputer-Based Laboratory use. *Journal of Educational Technology Systems*, *15*(3), 225–236. <https://doi.org/10.2190/12PK-CDVR-EGP4-XDLW>

- Svec, M. (1999). Improving graphing interpretation skills and understanding of motion using microcomputer based laboratories. *Electronic Journal of Science Education*, 3(4).
- Šmejkal, P., & Stratilová Urválková, E. (2011). Školní měřicí systémy pro výuku chemie – mají o ně žáci vůbec zájem? In M. Ulrich, & K. Zatloukal (Eds.), *Alternativní metody výuky 2011, 9. ročník mezinárodní konference* (s. 1–9). Gaudeamus.
- Šmejkal, P., & Stratilová Urválková, E. (2012). Support for use of probeware in science for teachers and pupils. In P. Ciesla et al. (Eds.), *Chemistry Education in the Light of the Research* (pp. 118–123). Pedagogical University of Krakow.
- Testa, I., Monroy, G., & Sassi, E. (2002). Students' reading images in kinematics: the case of real-time graphs. *International Journal of Science Education*, 24(3), 235–256. <https://doi.org/10.1080/09500690110078897>
- Tho, S. W., & Hussain, B. (2011). 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*, 7(1), 42–55.
- Thornton, R. K. (1991). Using the microcomputer-based laboratory to improve student conceptual understanding in physics. *Turkish Journal of Physics*, 15(2), 316–335.
- Thornton, R. K., & Sokoloff, D. R. (1990). Learning motion concepts using real-time microcomputer-based laboratory tools. *American Journal of Physics*, 58(9), 858–867. <https://doi.org/10.1119/1.16350>
- Tinker, R. F. (1984). *Microcomputers in the lab: Techniques and applications*. Technical Educational Research Center.
- Tinker, R. F. (2000). *A history of probeware*. The Concord Consortium. [online] https://concord.org/sites/default/files/pdf/probeware_history.pdf
- Tolvanen, S. (2012, nepublikované). *Could oceans save us from climate change?* Project No. 517587-LLP-1-2011-1-ES-COMENIUS-CMP.
- Tortosa Moreno, M. (2012). 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*, 13(3), 161–171. <https://doi.org/10.1039/C2RP00019A>
- Tortosa Moreno, M., Skoršepa, M., Guitart Mas, J., Urban-Woldron, H., Aksela, M. K., Tolvanen, S., Stratilová Urválková, E., & Šmejkal, P. (2013). 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 C. P. Constantinou, N. Papadouris, & A. Hadjigeorgiu, *E-Book Proceedings of the ESERA 2013 Conference "Science Education Research For Evidence-based Teaching and Coherence in Learning"*, Strand 4. (pp. 695–703). Nicosia, Cyprus, European Science Education Research Association.
- Trumper, R., & Gelbman, M. A. (2001). Microcomputer-Based Contribution to Scientific and Technological Literacy. *Journal of Science Education and Technology*, 10(3), 213–221. <https://doi.org/10.1023/A:1016673931746>
- Urban-Woldron, H., Tortosa Moreno, M., & Skoršepa, M. (2013). Implementing learning with sensors in science education: Students' motivational orientations toward using MBL. In C. P. Constantinou, N. Papadouris, & A. Hadjigeorgiu (Eds.), *E-Book Proceedings of the ESERA 2013 Conference "Science education research for evidence-based teaching and coherence in learning"*, Strand 4. (pp. 848–854). Nicosia, Cyprus, European Science Education Research Association.
- Vernier Software & Technology. (2019). *Company website (homepage)*. <https://www.vernier.com/>
- Volk, M., Cotič, M., Zajc, M., & Starcic, A. I. (2017). Tablet-based cross-curricular maths vs. traditional maths classroom practice for higher-order learning outcomes. *Computers & Education*, 114, 1–23. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.06.004>
- Voogt, J., Tilya, F., & Akker, J. (2009). Science teacher learning of MBL-supported student-centered science education in the context of secondary education in Tanzania. *Journal of Science Education and Technology*, 18(5), 429–438. <https://doi.org/10.1007/s10956-009-9160-8>
- Ward, N. D., Finley, R. J., Keil, R. G., & Clay, T. G. (2013). Benefits and limitations of iPads in the high school science classroom and a trophic cascade lesson plan. *Journal of Geoscience Education*, 61(4), 378–384.
- White, R. T., & Gunstone, R. F. (1992). *Probing understanding*. Routledge.
- Yang, X., Li, X., & Lu, T. (2015). Using mobile phones in college classroom settings: Effects of presentation mode and interest on concentration and achievement. *Computers & Education*, 88, 292–302. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.06.007>

- Yeung, A., Pyke, S. M., Sharma, M. D., Barrie, S., Buntine, M. A., Burke da Silva, K., Kable, S. H., & Lim, K. F. (2011). The advancing science by enhancing learning in the laboratory (ASELL) project: The first Australian multidisciplinary workshop. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics*, 19(2), 51–72.
- Zelenický, L., Valovičová, L., Jenisová, Z., & Štubňa, M. (2011). *Počítačom podporované experimenty*. UKF.
- Zydney, J. M., & Warner, Z. (2016). Mobile apps for science learning: Review of research. *Computers & Education*, 94, 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.11.001>

Scientia in educatione

*Vědecký recenzovaný časopis pro oborové didaktiky
přirodovědných předmětů a matematiky
Scientific Journal for Science and Mathematics Educational Research*

Vydává nakladatelství Karolinum – <http://www.scied.cz>

Vedoucí redaktorka (Pedagogická fakulta, Univerzita Karlova)

doc. RNDr. Naďa Vondrová, Ph.D.

Redakce (Univerzita Karlova)

prof. RNDr. Hana Čtrnáctová, CSc.

RNDr. Martina Kekule, Ph.D.

prof. RNDr. Jarmila Novotná, CSc.

PhDr. Martin Rusek, Ph.D.

doc. RNDr. Vasilis Teodoridis, Ph.D.

Mezinárodní redakční rada

prof. RNDr. Pavel Beneš, CSc. (Univerzita Karlova)

Dr. John Carroll (Nottingham Trent University, Great Britain)

doc. RNDr. Leoš Dvořák, CSc. (Univerzita Karlova)

assoc. prof. Robert Harry Evans (University of Copenhagen, Denmark)

RNDr. Eva Hejnová, Ph.D. (Univerzita J. E. Purkyně, Ústí nad Labem)

doc. PhDr. Alena Hošpesová, Ph.D. (Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích)

Dr. Paola Iannone (University of East Anglia, Norwich, Great Britain)

prof. Dr. Rainer Kaenders (Rheinische Friedrich-Wilhelms-Uni. Bonn, Germany)

RNDr. Alena Kopáčková, Ph.D. (Technická univerzita v Liberci)

PhDr. Magdalena Krátká, Ph.D. (Univerzita J. E. Purkyně, Ústí nad Labem)

PaedDr. Svatava Kubíková, CSc. (Ostravská univerzita v Ostravě)

prof. RNDr. Ladislav Kvasz, Dr. (Univerzita Karlova)

prof. Dr. Martin Lindner (Martin Luther University Halle-Wittenberg, Germany)

prof. RNDr. Danuše Nezvalová, CSc. (Univerzita Palackého v Olomouci)

dr. hab. Małgorzata Nodzyńska (Uniwersytet Pedagogiczny, Krakow, Poland)

RNDr. Lenka Pavlasová, Ph.D. (Univerzita Karlova)

prof. Dr. Gorazd Planinšič, Ph.D. (Univerza v Ljubljani, Slovinsko)

RNDr. Vladimír Přívratský, CSc. (Univerzita Karlova)

prof. Bernard Sarrazy (Université Bordeaux, France)

dr. hab. prof. UR Ewa Swoboda (Uniwersytet Rzeszowski, Poland)

doc. RNDr. Jarmila Robová, CSc. (Univerzita Karlova)

doc. Dr. Andrej Šorgo (University in Maribor, Slovenia)

Adresa redakce

Pedagogická fakulta, Univerzita Karlova, Magdalény Rettigové 4, 116 39 Praha 1

e-mail: scied@pedf.cuni.cz

Pokyny pro autory jsou uvedeny na

<http://ojs.pedf.cuni.cz/index.php/scied/about/submissions#authorGuidelines>.

Sazbu v systému L^AT_EX zpracoval Miloš Břejcha, Vydavatelský servis, Plzeň.

Logo navrhl Ivan Špírk.

Redaktorka a jazyková korektorka Bc. Zdeňka Janušová