

## OBSAH

### Výzkumné stati

Radka Marta Dvořáková, Karolína Absolonová Obsahová analýza tématu evoluce člověka v českých učebnicích přírodopisu a biologie.....	2
Petr Eisenmann, Jiří Příbyl, Jarmila Novotná, Jiří Břehovský, Jiří Cihlář Volba heuristických strategií v závislosti na věku .....	21
Jana Hájková Dějiny přírodních věd: Jejich místo ve škole a v učebnicích biologie .....	39
Vanda Janštová, Petr Novotný Pedagogický výzkum jako součást kvalifikačních prací studentů učitelství biologie .....	52
Milan Kubiátko Predstavy žiakov o vylučovacej a endokrinnej sústave.....	70
Lenka Pavlasová Profesní vidění studentů učitelství biologie zaměřené na obor a oborově di- daktické jevy .....	84
Veronika Tůmová, Naďa Vondrová Links between Success in Non-measurement and Calculation Tasks in Area and Volume Measurement and Pupils' Problems.....	100

## Obsahová analýza tématu evoluce člověka v českých učebnicích přírodopisu a biologie

*Radka Marta Dvořáková, Karolína Absolonová*

### Abstrakt

Tento článek se zabývá obsahovou analýzou tématu evoluce člověka v 18 českých učebnicích přírodopisu / biologie a souhrnech gymnaziální látky. Analýza cílí na tři klíčové oblasti – pojetí našeho druhu vůči zbytku živé přírody, pojetí evolučního vývoje člověka a druhovou analýzu. Upozorňuje na řadu zastaralých informací a chyb, které učebnice a souhrny obsahují a které mohou komplikovat relevantní pochopení tématu, jako je kupříkladu čistě lineární schéma evolučního vývoje, prezentování našeho vlastního druhu jako vrcholu evolučního vývoje a / nebo nejdokonalejšího tvora nebo vyčleňování taxonu *H. sapiens sapiens* vedle druhu *H. sapiens*.

**Klíčová slova:** evoluce člověka, učebnice přírodopisu a biologie, obsahová analýza.

## Content Analysis of Czech School Biology Textbook with Regard to Human Evolution Topics

### Abstract

This article is about factual accuracy of the issue of human evolution as presented in eighteen Czech biology textbooks. We focused upon three key fields — the conception of *H. sapiens* among living beings, the conception of human evolution and analyse of species. We point out the rank of outdated information and mistakes in the biology textbooks which can complicate the understanding of this issue like linear image of evolution, presenting *H. sapiens* as a goal of evolution and / or the most perfect animal or labelling *H. sapiens sapiens* as another taxon in addition to *H. sapiens*.

**Key words:** human evolution, biology textbooks, content analysis.

# 1 ÚVOD

Učebnice představují nejkonkrétnější kodifikovanou podobu kurikula (Knecht, 2007). Podle řady autorů (např. Woodward, 1986; Průcha, 1998; Palečková, 1999; Miklášová & Nogová, 2002; Průcha, 2002: s. 293) slouží učitelům jako hlavní informační zdroj při plánování a realizaci výuky; důležitost jejich role v procesu tzv. ontodidaktické transformace je nesporná. Odborná správnost učebnic by proto měla být samozřejmostí; při hodnocení učebnic bývá tato dimenze považována za jedno z nejdůležitějších kritérií (Sikorová, 2007). Dle Průchy (1998: s. 80) vydavatelé učebnic i subjekty schvalující učebnice zpravidla dbají, aby obsah učebnic odpovídal stavu poznání vědy. V případě dynamicky se rozvíjejících disciplín, mezi které můžeme řadit i paleoantropologii a evoluční antropologii, se ovšem autoři a hodnotitelé učebnic dostávají do obtížné pozice. Rozpoznat a odhadnout, které z nových poznatků, objevů a koncepcí jsou nosné a reprezentativní natolik, že by měly mít v učebnicích místo, představuje bezesporu velmi obtížný úkol. Lpění na tradičních a osvědčených konceptech se může mnohým zdát jako nejjistější cesta (Quessada et al., 2008; Padian, 2013). Aktuální poznatky tak někdy pronikají do učebnic až se značným odstupem (Alles & Stevenson, 2003; DeSilva, 2004). V tomto kontextu je ovšem dobré si uvědomit, že odborná správnost informací a koncepcí často velmi těsně souvisí právě s jejich aktuálností. Na poli paleoantropologie a evoluční antropologie můžeme vidět, že fosilní nálezy z posledních let nejen že významně rozšířily spektrum dosud známých druhů i rodů hominidů, ale do značné míry proměnily i naše představy o jejich klasifikaci, o možných evolučních vztazích jednotlivých vývojových linií a o mnoha dalších souvislostech (viz např. Pickford & Senut, 2001; Brunet et al., 2002; Brown et al., 2004; Berger et al., 2010; Krause et al., 2010; Leakey et al., 2012; Berger et al., 2015 a další). Moderní výzkumné přístupy pak přinesly celou plejádu poznatků o stavbě těla našich dávných předchůdců, jejich kognitivních schopnostech, sociálním životě nebo kultuře či prostředí, ve kterém před desítkami až stovkami tisíc či miliony let žili (viz např. WoldeGabriel et al., 2009; Reich et al., 2010; Sandel, 2013; Wynn et al., 2013).

Zajímalo nás, co z nových poznatků o evoluci člověka se již dostalo do českých učebnic a souběžně s tím i jaké zastaralé představy v učebnicích stále přetrvávají – náš hlavní výzkumný cíl tedy představuje analýza odborné správnosti údajů o vzniku a vývoji člověka v aktuálně používaných českých učebnicích přírodopisu / biologie a souhrnech gymnaziální látky.

## 2 ZAŘAZENÍ TÉMATU V RÁMCOVÝCH VZDĚLÁVACÍCH PROGRAMECH PRO ZŠ A GYMNÁZIA

Tematika vzniku a vývoje člověka představuje oblast poznání, která je v českém školním prostředí pevnou součástí kurikula. Téma prostupuje několika oblastmi Rámcových vzdělávacích programů pro základní (RVP ZV) i gymnaziální vzdělávání (RVP G). Na 2. stupni je zmíněno ve vzdělávacím oboru přírodopis v rámci celku „Biologie člověka“ (RVP ZV 2010: s. 59) a dále ve vzdělávacím oboru dějepis v celku „Počátky lidské společnosti“ (RVP ZV 2010: s. 45). V Rámcovém vzdělávacím programu pro gymnázia se téma objevuje v oboru biologie, opět v rámci „Biologie člověka“ (RVP G 2007: s. 33), oboru dějepis v celku „Pravěk“ a okrajově také ve společném vzdělávacím obsahu oboru Umění a kultura (RVP G 2007: s. 56)

a v průřezovém tématu Environmentální výchova v tematickém okruhu Člověk a životní prostředí (RVP G 2007: s. 76). Z předešlých řádků vyplývá, že téma evoluce člověka v sobě nese velký potenciál pro žádoucí mezipředmětové vztahy, které RVP zdůrazňuje a podporuje (RVP G 2007: s. 6). Zda a jak je tento potenciál v realizovaném kurikulu skutečně úročen, je nepochybně zajímavou otázkou, která ovšem již překračuje rámec naší studie.

### 3 METODIKA VÝZKUMU

V naší studii jsme se zaměřily na obsahovou analýzu, tedy vědeckou správnost a s ní související aktuálnost informací, tématu vznik a vývoj člověka v českých učebnicích přírodopisu (pro základní školy a nižší gymnázia) a v učebnicích biologie a souhrnech gymnaziální látky (pro vyšší gymnázia). Společně s učebnicemi, které ve většině případů obsahují doložku MŠMT (bez doložky jsou jen Kočárkovy učebnice Biologie člověka 1 a 2, vydané nakladatelstvím Scientia), jsme do analýzy zařadily i souhrny gymnaziální látky (konkrétně Nový přehled biologie, Odmaturuj z biologie, Biologie v kostce), protože podle našich zkušeností jsou tyto texty učiteli a zejména studenty hojně využívány (např. při přípravě na maturitu) a podobně jako učebnice formují znalosti gymnaziálních studentů. Analyzovaly jsme celkem 18 učebních textů – 11 určených pro výuku na 2. stupni a 7 pro výuku na 3. stupni. 13 z 18 analyzovaných textů obsahovalo doložku MŠMT, která by měla být garancí jejich celkové kvality. Přehled analyzovaných učebnic a souhrnů gymnaziální látky zachycuje tab. 1. Pro účely analýzy jsme použily nejnovější dostupná vydání. V případě učebnic Přírodopis 8 nakladatelství Fraus a Prodos, které v roce 2016 vyšly ve zcela novém přepracování, jsme do analýzy zařadily zároveň i jejich starší verze, které se na školách, na rozdíl od nejnovějších vydání, dosud v hojné míře využívají.

V učebnicích a souhrnech jsme se zaměřily na analýzu několika klíčových oblastí tématu vznik a vývoj člověka. Vyšly jsme z metodiky použité při analýze stejného tématu v dějepisných učebnicích (Dvořáková & Absolonová, 2016) s ohledem na širší biologický kontext přírodovědných učebnic. Konkrétně jsme se zaměřily na následující oblasti:

1. pojetí našeho druhu vůči zbytku živé přírody,
2. pojetí evolučního schématu vývoje člověka,
3. popisované druhové spektrum.

Hledaly jsme odpovědi na následující výzkumné otázky:

Ad 1) Jak autoři učebnic pojmají postavení druhu *Homo sapiens* vůči zbytku živé přírody? Sledované kategorie: pojetí druhu *Homo sapiens* (neutrální pojetí / nejdokonalejší stupeň vývoje / odlišná entita; vymezení jednotlivých kategorií viz níže).

Zajímalo nás, zda autoři prezentují druh *Homo sapiens* přírodovědecky neutrálně tj. jako jeden z mnoha druhů na planetě Zemi, který se od jiných druhů liší v některých charakteristikách kvantitativně, nikoli však kvalitativně (kategorie „neutrální pojetí“). Nebo zda náš vlastní druh naopak představují jako nejdokonalejší stupeň evolučního vývoje homininů, případně nejvyšší / nejdokonalejší evoluční stupeň v rámci celé živé přírody (kategorie „nejdokonalejší stupeň vývoje“). Nebo zda je *Homo sapiens* prezentován jako entita výrazně odlišná od ostatních živých tvorů, např. velkých lidoopů (kategorie „odlišná entita“). Sledovány byly nejen slovní informace v základním textu, ale i informace obsažené v doplňujícím a doprovodném

Tab. 1: Přehled analyzovaných učebnic přírodopisu / biologie a souhrnů gymnaziální látky (analyzované publikace jsou seskupeny podle stupně vzdělávání, pro který jsou určeny, v rámci obou skupin jsou pak seřazeny sestupně podle roku vydání)

Název učebnice	Autor	Nakladatelství	Rok	Stupeň	Doložka MŠMT
Přírodopis 8	kol. (kap. Vývoj člověka: Vančata)	Fraus	2016	2.	ano
Přírodopis 8	Navrátil	Prodos	2016	2.	ano
Přírodopis pro 8. ročník	Drozdová, Klinkovská, Lízal	Nová škola	2010	2.	ano
Ekologický přírodopis	Kvasničková, Tonika, Froněk, Jeník	Fortuna	2009	2.	ano
Přírodopis 8	Černík, Martinec, Vodová	SPN	2009	2.	ano
Přírodopis 8	Vaněčková, Skýbová, Markvartová, Hejda	Fraus	2006	2.	ano
Přírodopis 8	Kantorek, Jurčák, Froněk	Prodos	2005	2.	ano
Přírodopis pro 8. ročník Člověk	Maleninský, Vacková	nakl. ČGS	2005	2.	ano
Přírodopis 3 Biologie člověka	Černík, Bičík, Martinec	SPN	2003	2.	ano
Přírodopis IV	Cílek, Matějka, Mikuláš, Ziegler	Scientia	2000	2.	ano
Přírodopis pro 8. ročník ZŠ	Eduard Kočárek	Jinan	2000	2.	ano
Biologie pro gymnázia	Jelínek, Zicháček	nakl. Olomouc	2014	3.	ano
Odmaturuj z biologie	Benešová, Hamplová, Knotová, Lefnerová, Pfeiferová, Sáčková, Satrapová	Didaktis	2013	3.	ne
Biologie v kostce pro SŠ	Hančová, Vlková	Fragment	2012	3.	ne
Biologie člověka 1	Kočárek	Scientia	2010	3.	ne
Biologie člověka 2	Kočárek	Scientia	2010	3.	ne
Biologie člověka	Novotný, Hruška	Fortuna	2010	3.	ano
Nový přehled biologie	kol. (kap. Evoluce člověka: Mazura)	Scientia	2003	3.	ne

textu (ve schématech a obrázcích), protože nás mj. zajímalo, zda se v některých učebnicích informační obsah textové a grafické složky liší.

Ad 2) Prezентují autoři učebnic evoluční vývoj člověka ve smyslu lineární řady nebo fylogenetického stromu? Sledované kategorie: pojetí / znázornění evolučního vývoje člověka (vhodné / ne zcela vhodné / nevhodné / nelze určit; vymezení jednotlivých kategorií viz níže).

Zajímalo nás, které učebnice prezентují evoluci člověka v souladu s poznatky moderní vědy, tedy ve smyslu fylogenetického stromu. Toto pojetí, nesoucí mj. informaci, které druhy existovaly na Zemi ve stejném časovém období vedle sebe, považujeme za „vhodné“. Za „nevhodné“ naopak pokládáme čistě lineární pojetí, které znázorňuje, jak jeden druh postupně přechází v další. Toto pojetí, které bývá nejčastěji zachycováno pomocí lineární, za sebou jdoucí řady homininů, pomocí časové přímky nebo navazují datace druhů, zjednodušuje podle nás skutečnost za hranici únosnosti; geologický záznam jasně ukazuje, že některé druhy existovaly na Zemi ve stejném čase vedle sebe. Navíc může být při stavu našich dosavadních vědomostí velmi nejisté pokoušet se jednoznačně vyvozovat, který druh byl přímým předchůdcem jiného druhu. Za „nevhodné“ pokládáme i fylogenetické stromy s lineární větví homininů, pokud tuto linearitu podporuje i doprovodný text, případně na sebe navazující datace druhů. Jako „ne zcela vhodné“ jsme označily přístup, který kombinuje pojetí fylogenetického stromu s lineární řadou. Typickým příkladem je fylogenetický strom s lineární nebo částečně lineární větví homininů, na jejímž vrcholu se nalézá *H. sapiens*, a doprovodný text, který čistou linearitu evoluce člověka problematizuje například překrývající se datací druhů. Zaznamenávaly jsme i formu prezentace tématu (slovní popis, fylogenetické schéma, vývojová řada, časová přímka, souhrnná tabulka), protože informace z jednotlivých zdrojů se v učebnicích různě doplňují.

Ad 3) Kolik druhů (případně rodů) homininů a dalších fosilních primátů prezентují jednotlivé učebnice a o jaké druhy se jedná? Sledované kategorie: druhy (případně rody) homininů a dalších fosilních primátů – jejich počet a výčet.

Zajímalo nás, které druhy homininů, případně starších fosilních primátů, jednotlivé učebnice a souhrny prezентují, protože tato charakteristika může napovědět, jak staré objevy (v širším kontextu i informace z oboru obecně) autoři reflektují. Při srovnávání druhového spektra v jednotlivých učebnicích jsme se potýkaly s komplikacemi, které pramení z odborných polemik ohledně vymezení jednotlivých taxonů a jejich klasifikace (srov. Wood & Lonergan, 2008). Přidržely jsme se pojetí navrženého v nejnovějších českých monografiích Jiřího A. Svobody a Václava Soukupa (Svoboda, 2014; Soukup, 2015).

## 4 VÝSLEDKY

### 4.1 POJETÍ NAŠEHO DRUHU VŮČI ZBYTKU ŽIVÉ PŘÍRODY

Všechny aktuálně používané učebnice přírodopisu a biologie prezентují taxon *Homo sapiens* jako biologický druh v systému živé přírody. Při bližším pohledu ale vychází najevo, že mnozí autoři zároveň náš vlastní druh chápou jako pomyslný vrchol evolučního vývoje a / nebo nejdokonalejšího a nejvyspělejšího tvora. Přehled přístupů k pojetí našeho druhu v rámci živé přírody shrnuje tab. 2.

Tab. 2: Pojetí našeho druhu v učebnicích přírodopisu / biologie a souhrnech gymnaziální látky; sledované kategorie: neutrální pojetí / nejdokonalejší stupeň vývoje / odlišná entita

Název učebnice nakladatelství, rok, (stupeň)	Pojetí našeho druhu	Citace / příklad (strana v učebnici)
<b>Přírodopis 8</b> Fraus, 2016, (2.)	NEJDOKONALEJŠÍ STUPEŇ VÝVOJE / NEUTRÁLNÍ POJETÍ	„Proces (hominizace) byl završen vznikem moderního člověka.“ (s. 47) / vývojové schéma (s. 46) – člověk je umístěn stejně vysoko jako ostatní druhy recentních lidoopů
<b>Přírodopis 8</b> Prodos, 2016, (2.)	NEJDOKONALEJŠÍ STUPEŇ VÝVOJE	„Člověk dnešního typu je z hlediska struktury mozku a myšlení nejdokonalejším z živočichů a nejnस्पělejším vývojovým článkem rodu <i>Homo</i> .“ (s. 8)
<b>Přírodopis pro 8. ročník</b> Nová škola, 2010, (2.)	ODLIŠNÁ ENTITA / NEJDOKONALEJŠÍ STUPEŇ VÝVOJE	„Člověk se od ostatních savců v mnohém odlišuje. Žádný jiný savec nedokáže chodit po dvou končetinách tak dobře jako člověk. . . Výjimečný je i lidský mozek. . . Od ostatních savců se (člověk) liší svým vzhledem, vlastnostmi, způsobem života, schopností myslet a mluvit.“ (s. 10)
<b>Ekologický přírodopis</b> Fortuna, 2009, (2.)	NEUTRÁLNÍ POJETÍ	Ve fylogramu (s. 55) je člověk umístěn na stejnou linku jako ostatní savci.
<b>Přírodopis 8</b> SPN, 2009, (2.)	NEJDOKONALEJŠÍ STUPEŇ VÝVOJE	„Člověk (latinsky <i>Homo</i> ) je součástí živočišné říše. Z hlediska stavby a funkce mozku je to vývojově nejdokonalejší organismus.“ (s. 9)
<b>Přírodopis 8</b> Fraus, 2006, (2.)	NEJDOKONALEJŠÍ STUPEŇ VÝVOJE / ODLIŠNÁ ENTITA	„Člověk je posledním a vývojově nejvyšším článkem živočišného systému.“ (s. 46) „Rozvojem rozumových schopností . . . se člověk stal nejnस्पělejším živou bytostí na Zemi.“ (s. 50) / ve fylogramu savců (s. 46) je člověk znázorněn na samostatné lince, která se od skupiny primátů odštěpila v druhohorách(!)
<b>Přírodopis 8</b> Prodos, 2005, (2.)	NEJDOKONALEJŠÍ STUPEŇ VÝVOJE	„Člověk jako nejdokonalejší a nejvyvinutější živá bytost na Zemi je zároveň nedílnou součástí přírody. . . “ (s. 43) „Jeho mozkovna (člověka vyspělého) . . . ukrývala nejnस्पělejším mozek v živočišné říši.“ (s. 48) Ve fylogramu (s. 51) je člověk vyspělý umístěn na vyšší lince než ostatní druhy recentních lidoopů.
<b>Přírodopis pro 8. ročník Člověk</b> Nakl. ČGS, 2005, (2.)	NEUTRÁLNÍ POJETÍ / ODLIŠNÁ ENTITA / NEJDOKONALEJŠÍ STUPEŇ VÝVOJE	„Dlouhou dobu se lidé domnívali, že člověk je bytost, která stojí kdesi nad přírodou. . . dnes už dávno víme, že stavbou těla nejsme vlastně nic než opice. Holé, po zadních nohou běžající a nesmírně zvědavé opice. . . “ (s. 6) / „Do další velké skupiny patří giboni, lidoopi a hominidi. . . Od lidoopů se hominidi odlišovali hlavně schopností rychle se přizpůsobit novému prostředí. . . “ (s. 7) „Vrcholem vývoje člověka je druh člověk moudrý (latinsky <i>Homo sapiens</i> ).“ (s. 9)

<b>Přírodopis 3 Biologie člověka</b> SPN, 2003, (2.)	NEJDOKONALEJŠÍ STUPEŇ VÝVOJE	„Člověk (latinsky <i>Homo</i> ) je součástí živočišné říše. Z hlediska stavby a funkce mozku je vývojově nejdokonalejší organismus.“ (s. 13)
<b>Přírodopis IV</b> Scientia, 2000, (2.)	NEUTRÁLNÍ POJETÍ	Ve fylogramu (s. 102) jsou lidé umístěni stejně vysoko jako šimpanzi. „DNA člověka je nejméně z 98 % totožná s DNA šimpanze. Veškeré rozdíly mezi člověkem a velkým africkým lidoopem ve zjevu, chování a inteligenci jsou dány jen 2 % genetické výbavy.“ (s. 103)
<b>Přírodopis pro 8. ročník ZŠ</b> Jinan, 2000, (2.)	NEJDOKONALEJŠÍ STUPEŇ VÝVOJE / ODLIŠNÁ ENTITA	„Při putování živou přírodou od nejjednodušších organismů k nejsložitějším jsme dospěli až k vrcholu vývoje savců – člověku.“ (s. 40) / Ve fylogramu (s. 41) je větev vedoucí k člověku výrazně oddělená od větví ostatních lidoopů.
<b>Biologie pro gymnázia</b> Nakl. Olomouc, 2014, (3.)	NEUTRÁLNÍ POJETÍ	„Fylogenetický vývoj člověka je součástí kmenového vývoje obratlovců.“ (s. 244) Ve fylogenetických schématech (s. 245, 246) stojí člověk na stejné úrovni jako jiní lidoopi.
<b>Odmaturuj z biologie</b> Didaktis, 2013, (3.)	NEJDOKONALEJŠÍ STUPEŇ VÝVOJE / ODLIŠNÁ ENTITA	„Nejdokonalejší čeleď hominidé...“ (s. 149) / nadčeleď <i>Hominoidea</i> překládán jako „lidoopi a lidé“. (s. 216)
<b>Biologie v kostce pro SŠ</b> Fragment, 2012, (3.)	NEUTRÁLNÍ POJETÍ / ODLIŠNÁ ENTITA	„Fylogeneze člověka je součástí vývoje savců.“ (s. 54) / taxon <i>Hominoidea</i> překládána jako „lidoopi a lidé“ (s. 113)
<b>Biologie člověka 1</b> Scientia, 2010, (3.)	NEUTRÁLNÍ POJETÍ	zařazení do živočišného systému (s. 12, 302), popis evolučního vývoje neutrální, bez superlativů „nejdokonalejší“, např.: „Důvod, proč moderní <i>H. sapiens</i> obstál v konkurenci s neandertálcem, hledá většina současných badatelů v jeho největší evoluční výhodě – v rozvinuté schopnosti abstrakce...“ (s. 313)
<b>Biologie člověka 2</b> Scientia, 2010, (3.)	NEUTRÁLNÍ POJETÍ	Popis evolučního vývoje neutrální, např.: „Rozvinuté symbolické myšlení a dokonalejší schopnost komunikace zřejmě umožnily modernímu <i>H. sapiens</i> obstát v konkurenci s neandertálcem.“ (s. 192)
<b>Biologie člověka</b> Fortuna, 2010, (3.)	NELZE URČIT	–
<b>Nový přehled biologie</b> Scientia, 2003, (3.)	NEUTRÁLNÍ POJETÍ	„Stavbou orgánů a jejich funkcí se člověk v podstatě neliší od ostatních vyšších primátů a jako takový je předmětem zkoumání věd biologických.“ (s. 538)



Jsme si vědomy, že v některých případech nemusí být úplně jednoznačné, jak danou formulaci chápat nebo interpretovat. V přepracovaném vydání učebnice Přírodopis 8 nakladatelství Fraus z roku 2016 se třeba píše: „*Proces (hominizace) byl završen vznikem moderního člověka. . .*“ (Vančata, 2016: s. 47). V tomto případě lze spekulovat, zda se spíš nejedná o formulaci, která sice může evokovat obraz moderního člověka jako „cíle a vrcholu stvoření“, zatímco autor chtěl pouze naznačit, že moderní člověk je jediným recentním příslušníkem rodu *Homo* etc. Grafická složka učebnice podporuje spíše druhou interpretaci, viz tab. 2. Obsah textu jednotlivých učebnic, jak je patrné z tab. 2, nemusí být vždy úplně konzistentní. Učebnice Přírodopis pro 8. ročník nakladatelství ČGS z roku 2005 předkládá zcela jednoznačně protichůdné názory. Na jednu stranu se zde můžeme dočíst, že člověk není nic než holá opice, nikoli tvor stojící kdesi nad přírodou (Maleninský & Vacková, 2005: s. 6), na druhou stranu však autoři exkluzivně vyčleňují vedle lidoopů ještě taxon hominidé (kam řadí člověka), bez jakékoli hlubší reflexe, že druh *Homo sapiens* je ze zoologického hlediska také lidoop a společně s orangutany, gorilami, šimpanzi a dalšími vymřelými rody patří mezi hominidy. Pouze 2 učebnice pro 2. stupeň (konkrétně Ekologický přírodopis nakladatelství Fortuna z roku 2009 a Přírodopis VI nakladatelství Scientia z roku 2000) prezentují postavení našeho vlastního druhu v rámci živé přírody čistě neutrálně. Všechny ostatní chápou člověka jako nejdokonalejší stupeň evolučního vývoje, čemuž v některých případech sekunduje pojetí člověka jako výjimečné entity, která je kvalitativně odlišná od zbytku živé přírody. Tvrzení o výjimečnosti člověka navíc 4 z 11 učebnic pro 2. stupeň (konkrétně: Přírodopis 8 nakladatelství Fraus z roku 2006, Přírodopis 8 nakladatelství Prodos z roku 2005, Přírodopis 3 Biologie člověka nakladatelství SPN z roku 2003 a Přírodopis pro 8. ročník ZŠ nakladatelství Jinan z roku 2000) ještě podtrhují zastaralou a nyní již chybnou představou o fylogenetických vztazích moderních lidoopů, kdy je jako nejbližší příbuzný rodu šimpanz (*Pan*) prezentován rod gorila (*Gorilla*), nikoli rod člověk (*Homo*). V případě učebnic a souhrnů látky pro vyšší gymnázia lze konstatovat, že fylogenetické vztahy recentních lidoopů jsou zde prezentovány v souladu s moderními zoologickými poznatky. Jedinou výhradu si zaslouží pouze Biologie v kostce nakladatelství Fragment z roku 2012, kde je jedna ze skupin vyšších primátů pojmenována „lidoopi a lidé Hominoidea“ (Hančová Vlková, 2012: s. 113); vyčlenění lidí v názvu taxonu nemá žádné biologické opodstatnění a evokuje opět exkluzivní chápání druhu *Homo sapiens* v rámci živočišné říše. S formulacemi, které prezentují člověka jako vrchol evoluce nebo entitu kvalitativně odlišnou od zbytku živé přírody, se v učebních textech pro vyšší gymnázia, na rozdíl od těch pro základní školy, prakticky nesetkáme. Kromě výše uvedené citace z Biologie v kostce lze obdobnou zmínku najít už jen v souhrnu Odmaturuj z biologie nakladatelství Didaktis z roku 2013, kde je čeleď hominidé v rámci přehledu živočišného systému označena přívlastkem „nejdokonalejší“ (Benešová et al., 2013: s. 149).

## 4.2 POJETÍ EVOLUČNÍHO SCHÉMATU VÝVOJE ČLOVĚKA

Pojetí evolučního schématu vývoje člověka v učebnicích a souhrnech gymnaziální látky osciluje od čistě lineární vývojové řady až k fylogenetickému stromu, který zachycuje nejen dobu existence jednotlivých druhů v čase (a skutečnost, že některé druhy existovaly na planetě Zemi i současně), ale i adekvátní naznačení možných příbuzenských vztahů mezi jednotlivými druhy a liniemi. Mezi těmito dvěma póly najdeme v jednotlivých učebnicích celou řadu přechodů, které se odvíjejí nejen od informací v textu, ale i od grafického ztvárnění problematiky. Při detailnějším roz-

boru se ukazuje, že ačkoli větší polovina, konkrétně 10 učebnic a souhrnů látky z 18 obsahuje různá zpodobnění fylogenetických stromů, přesto 6 z nich inklinuje při zobrazování evolučního vývoje člověka k určitému stupni linearity, viz tab. 3. Jako nevhodné pojetí jsme vyhodnotily prezentaci tématu ve 4 z 11 učebnic pro základní školy a v 1 ze 7 učebnic pro vyšší gymnázia. Ve 4 gymnaziálních a 2 základních školních učebnicích jsme pojetí tématu naopak vyhodnotily jako vhodné. Celkový přehled prezentace tématu v jednotlivých učebnicích, včetně komentářů, shrnuje tab. 3.

### 4.3 POPISOVANÉ DRUHOVÉ SPEKTRUM

Většina učebnic zmiňuje v tématu o vzniku a vývoji člověka pouze druhy v linii od posledního společného předka lidí a šimpanzů k modernímu člověku, tedy druhy homininů. Celkem 5 z 18 analyzovaných učebnic a souhrnů se obrací i dále do evoluční historie a zmiňuje i některé ze starších fosilních druhů primátů. Přehled druhů a rodů zmíněných v učebnicích a souhrnech látky zachycuje tab. 4.

Učebnice pro 2. stupeň uvádějí 5–8 druhů homininů; vždy je zmíněn *H. sapiens*, *H. neanderthalensis*, *H. erectus*, *H. habilis* a rod *Australopithecus*. Učebnice a souhrny látky pro vyšší gymnázia jsou ve výčtu druhů mnohem variabilnější, uvádějí 0–14 druhů. Jeden z krajních extrémů představuje učebnice Biologie člověka nakladatelství Fortuna z roku 2010, která téma vzniku a vývoje člověka, až na návrh jednoho praktického cvičení, zcela opomíjí. Ostatní učebnice pro vyšší gymnázia se v jádru druhového spektra shodují s učebnicemi pro 2. stupeň. Rod *Ardipithecus*, objevený a popsán v 90. letech 20. století, zmiňují celkem 4 učebnice, konkrétně: Biologie člověka 1 nakladatelství Scientia z roku 2010, Biologie v kostce nakladatelství Fragment z roku 2012, Přírodopis 8 nakladatelství Fraus z roku 2016 a Přírodopis 8 nakladatelství Prodos z roku 2005; do přepracovaného vydání z roku 2016 se paradoxně tento rod již nedostal. Ještě novější nálezy z počátku milénia (konkrétně druhů *Sahelanthropus tchadensis*, *Orrorin tugenensis* nebo nálezy trpasličích koster na ostrově Flores) obsahuje jen jediná z analyzovaných učebnic – Kočárkova Biologie člověka 1 nakladatelství Scientia z roku 2010. Velmi rozšířenou nepřesností, kterou neobsahují pouze 3 učebnice, konkrétně Biologie člověka 1 a 2 nakladatelství Scientia z roku 2010 a přepracované vydání Přírodopisu 8 nakladatelství Fraus z roku 2016, je uvádění svébytného taxonu *H. sapiens sapiens*, vedle druhu *H. sapiens*, kdy kontext informací často budí dojem, jako by šlo o dva různé druhy. Rozkolísanost ve vymezení našeho vlastního druhu je patrná i z nejednotného českého názvosloví. V učebnicích se můžeme setkat s mnoha různorodými označeními: člověk moudrý, člověk rozumný, moderní člověk, člověk moderního typu, člověk současný, člověk vyspělý etc. S pojmenováním „anatomicky moderní člověk“, které bývá doporučováno v odborných kruzích (Soukup, 2015), se v učebnicích, až na výjimky (jako je učebnice Přírodopis 8 nakladatelství Fraus z roku 2016, Přírodopis 8 SPN z roku 2009, Biologie člověka 1 a 2 nakladatelství Scientia z roku 2010), prakticky nese-  
tkáme.

Tab. 3: Pojetí a forma prezentace evolučního vývoje člověka v učebnicích přírodopisu a biologie a souhrnech gymnaziální látky

Název učebnice nakladatelství, rok, (stupeň)	Pojetí evoluce člověka, (doplňující komentář)	Forma prezentace tématu
<b>Přírodopis 8</b> Fraus, 2016, (2.)	NE ZCELA VHODNÉ (Text, zachycující popis čtyř následných etap vývoje, evokuje lineární pojetí; jinak výstižný fylogenetický strom tvoří v úseku arditéci – australopitéci – Homo lineární přímku; obrázky postav tří homininů jsou seřazeny za sebe, sice bez šipek, kompozice ale evokuje lineární řadu.)	slovní popis, fylogenetické schéma, lineární řada
<b>Přírodopis 8</b> Prodos, 2016, (2.)	NE ZCELA VHODNÉ (Text, popisující stupně vývojové linie (konkrétní druhy), evokuje lineární pojetí; jedno vývojové schéma je silně zjednodušené, ale naznačující slepé vývojové větve a koexistenci druhů; vývojová řada ilustrující postupné napřimování postavy)	slovní popis, fylogenetické schéma, vývojová řada
<b>Přírodopis pro 8. ročník</b> Nová škola, 2010, (2.)	NE ZCELA VHODNÉ (Lineární časová přímka s jedním rozdvojením k <i>H. neanderthalensis</i> ; datace druhů v textu na sebe sice nenavazuje, ale v některých případech neodpovídá aktuálním poznatkům.)	slovní popis, časová přímka
<b>Ekologický přírodopis</b> Fortuna, 2009, (2.)	VHODNÉ (Text mj. zmiňuje, že předchůdci dnešních lidoopů a lidí žili vedle sebe; větvené vývojové schéma – některé naznačené vztahy jsou ovšem trochu diskutabilní.)	slovní popis, fylogenetické schéma
<b>Přírodopis 8</b> SPN, 2009, (2.)	NE ZCELA VHODNÉ (Text popisující jednotlivé druhy – „vývojové stupně“ – evokuje lineární pojetí, datace některých druhů se ale překrývá.)	slovní popis
<b>Přírodopis 8</b> Fraus, 2006, (2.)	NEVHODNÉ (Text, souhrnná tabulka s přesně navazujícími datacemi i fylogenetické schéma s vývojovou větví vedoucí k <i>H. sapiens</i> zachycuje čistě lineární pojetí. V jednom z fylogramů stojí člověk a řád primáti na samostatných linkách.)	slovní popis, fylogenetické schéma, souhrnná tabulka
<b>Přírodopis 8</b> Prodos, 2005, (2.)	NEVHODNÉ (Text přímo zmiňuje, že ze starších druhů homininů se vyvinuly druhy mladší (s výjimkou neandertálce, který je správně označen za slepou vývojovou větev, nikoli předka <i>H. sapiens</i> ), lineární pojetí evoluce člověka evokují i obě vývojová schémata.)	slovní popis, fylogenetické schéma, vývojová řada
<b>Přírodopis pro 8. ročník Člověk</b> Nakl. ČGS, 2005, (2.)	VHODNÉ (Text zmiňuje, že mladší australopitéci byli současníky druhu <i>H. habilis</i> a že neandrtálci představovali slepou vývojovou větev.)	slovní popis

<b>Přírodopis 3 Biologie člověka</b> SPN, 2003, (2.)	NEVHODNÉ (Text, popisující jednotlivé vývojové stupně vedoucí k současnému člověku, evokuje lineární pojetí, vývojové schéma je sice načrtnuto jako fylogenetický „strom“, ale větev vedoucí k člověku je lineární.)	slovní popis, fylogenetické schéma
<b>Přírodopis IV</b> Scientia, 2000, (2.)	NE ZCELA VHODNÉ (V textu je zmínka, že neandrtálci představovali slepou vývojovou větev a že současný člověk má celou řadu předků a slepých vývojových cest; vývojové schéma je hodně zjednodušené a bez popisku pod ním by mohlo evokovat lineární pojetí.)	slovní popis, fylogenetické schéma
<b>Přírodopis pro 8. ročník ZŠ</b> Jinan, 2000, (2.)	NEVHODNÉ (Vývoj rodu <i>Homo</i> je v textu i schématu prezentován čistě lineárně, přestože je (správně) zmíněn neandrtálec jako slepá vývojová větev a v textu se hovoří i o společném výskytu australopitéků a druhu <i>H. habilis</i> ; učebnice obsahuje i dvě čistě lineární řady – jedna zachycuje vývoj lebky, druhá napřimování postavy.)	slovní popis, fylogenetické schéma, vývojová řada
<b>Biologie pro gymnázia</b> Nakl. Olomouc, 2014, (3.)	NE ZCELA VHODNÉ (Text hovoří o „na sebe navazujících vývojových stupních“, což evokuje lineární pojetí; jedno schéma zobrazuje existenci druhů v čase a jejich časový překryv, druhé (zjednodušené) naznačuje čarami možné příbuzenské vztahy.)	slovní popis, fylogenetické schéma
<b>Odmaturuj z biologie</b> Didaktis, 2013, (3.)	NEVHODNÉ (Datace druhů v jejich přehledu, sice naznačuje, že některé druhy existovaly na Zemi současně, text ale doplňuje obrázková lineární vývojová řada)	slovní popis, vývojová řada
<b>Biologie v kostce pro SŠ</b> Fragment, 2012, (3.)	VHODNÉ (Datace druhů sice v mnoha případech nekoresponduje s aktuální vědeckou datací, ale lze z ní vyčíst, že některé druhy existovaly na Zemi současně.)	přehledová tabulka
<b>Biologie člověka 1</b> Scientia, 2010, (3.)	VHODNÉ (Slovní popis zmiňuje časový překryv některých druhů; větvené vývojové schéma.)	slovní popis, fylogenetické schéma
<b>Biologie člověka 2</b> Scientia, 2010, (3.)	VHODNÉ (Slovní popis zmiňuje časový překryv některých druhů.)	slovní popis
<b>Biologie člověka</b> Fortuna, 2010, (3.)	NELZE URČIT	–
<b>Nový přehled biologie</b> Scientia, 2003, (3.)	VHODNÉ (Slovní popis, souhrnná tabulka i časová přímka zachycuje časový překryv některých druhů.)	slovní popis, souhrnná tabulka, časová přímka

Tab. 4: Přehled druhů (případně rodů) homininů a starších fosilních primátů v učebnicích přírodopisu a biologie a souhrnech gymnaziální látky. Druhy zvýrazněné tučně jsme braly v úvahu při vyčíslení počtu druhů homininů v dané učebnici. Druh *H. heidelbergensis* v závorce znamená, že učebnice toto označení sice explicitně neuvádí, ale zmiňuje taxon nebo nález, který by bylo možné takto klasifikovat

Název učebnice nakladatelství, rok, (stupeň)	Počet druhů hom.	Výčet druhů (a rodů) homininů	Výčet druhů (rodů) starších fosilních primátů
<b>Přírodopis 8</b> Fraus, 2016, (2.)	8	<i>H. sapiens</i> – rozlišen anatomicky moderní člověk a archaický <i>H. sapiens</i> (= <i>H. sapiens</i> a <i>H. heidelbergensis</i> ), <i>H. neanderthalensis</i> , <i>H. denisoviensis</i> , <i>H. erectus</i> , <i>H. habilis</i> , <i>Australopithecus</i> , <i>Ardipithecus</i>	<i>Dryopithecus</i> , <i>Oreopithecus</i> , <i>Afropithecus</i> , <i>Proconsul</i>
<b>Přírodopis 8</b> Prodos, 2016, (2.)	5	<i>H. sapiens</i> (+ <i>H. sapiens sapiens</i> ), <i>H. neanderthalensis</i> , <i>H. erectus</i> , <i>H. habilis</i> , <i>A. africanus</i>	–
<b>Přírodopis pro 8. ročník</b> Nová škola, 2010, (2.)	6	<i>H. sapiens</i> (+ <i>H. sapiens sapiens</i> ), <i>H. neanderthalensis</i> , <i>H. heidelbergensis</i> , <i>H. erectus</i> , <i>H. habilis</i> , <i>Australopithecus</i>	–
<b>Ekologický přírodopis</b> Fortuna, 2009, (2.)	5	<i>H. sapiens</i> (+ <i>H. sapiens sapiens</i> ), <i>H. neanderthalensis</i> , <i>H. ergaster</i> , <i>H. habilis</i> , <i>Australopithecus</i>	–
<b>Přírodopis 8</b> SPN, 2009, (2.)	8	<i>H. sapiens</i> (+ <i>H. sapiens sapiens</i> ), <i>H. neanderthalensis</i> , <i>H. heidelbergensis</i> , <i>H. erectus</i> , <i>H. ergaster</i> , <i>H. habilis</i> , <i>Australopithecus africanus</i> , <i>A. anamensis</i>	–
<b>Přírodopis 8</b> Fraus, 2006, (2.)	6	<i>H. sapiens</i> (+ <i>H. sapiens sapiens</i> ), <i>H. neanderthalensis</i> , <i>H. heidelbergensis</i> , <i>H. erectus</i> , <i>H. habilis</i> , <i>Australopithecus</i>	<i>Dryopithecus</i> , <i>Sivapithecus</i> (dříve <i>Ramapithecus</i> )
<b>Přírodopis 8</b> Prodos, 2005, (2.)	8	<i>H. sapiens</i> (+ <i>H. sapiens sapiens</i> ), <i>H. neanderthalensis</i> , <i>H. erectus</i> , <i>H. habilis</i> , <i>Australopithecus africanus</i> , <i>A. afarensis</i> , <i>A. anamensis</i> , <i>Ardipithecus ramidus</i>	–
<b>Přírodopis pro 8. ročník</b> <b>Člověk</b> Nakl. ČGS, 2005, (2.)	7	<i>H. sapiens</i> (+ <i>H. sapiens sapiens</i> ), <i>H. neanderthalensis</i> , <i>H. heidelbergensis</i> , <i>H. erectus</i> , <i>H. ergaster</i> , <i>H. habilis</i> , <i>Australopithecus afarensis</i>	–
<b>Přírodopis 3</b> <b>Biologie</b> <b>člověka</b> SPN, 2003, (2.)	6	<i>H. sapiens</i> (+ <i>H. sapiens sapiens</i> ), <i>H. neanderthalensis</i> , <i>H. erectus</i> , <i>H. ergaster</i> , <i>H. habilis</i> , <i>Australopithecus africanus</i>	<i>Sivapithecus</i> (dříve <i>Ramapithecus</i> )

Přírodopis IV Scientia, 2000, (2.)	5	<i>H. (sapiens) sapiens</i> , <i>H. neanderthalensis</i> , <i>H. erectus</i> , <i>H. habilis</i> , <i>Australopithecus</i>	–
Přírodopis pro 8. ročník ZŠ Jinan, 2000, (2.)	5	<i>H. sapiens</i> (+ <i>H. sapiens sapiens</i> ), <i>H. neanderthalensis</i> , <i>H. erectus</i> , <i>H. habilis</i> , <i>Australopithecus</i>	<i>Sivapithecus</i>
Biologie pro gymnázia Nakl. Olomouc, 2014, (3.)	10	<i>H. sapiens</i> (+ <i>H. sapiens sapiens</i> , <i>H. s. aniensis</i> ), <i>H. neanderthalensis</i> , <i>H. s. steinheimensis</i> (= <i>H. heidelbergensis</i> ), <i>H. erectus</i> (+ <i>H. e. pekinensis</i> , <i>H. e. palaeohungaricus</i> ), <i>H. habilis</i> , <i>Australopithecus africanus</i> <i>A. afarensis</i> , <i>A. robustus</i> , <i>A. boisei</i> , <i>A. aethiopicus</i>	<i>Aegyptopithecus zeuxis</i> , <i>Proconsul africanus</i> , <i>Dryopithecus</i>
Odmaturuj z biologie Didaktis, 2013, (3.)	6	<i>H. sapiens</i> (+ <i>H. sapiens sapiens</i> ), <i>H. neanderthalensis</i> , <i>H. s. steinheimensis</i> + <i>protoneandertálec</i> (= <i>H. heidelbergensis</i> ), <i>H. erectus</i> (+ <i>H. e. pekinensis</i> ), <i>H. habilis</i> , <i>Australopithecus</i>	–
Biologie v kostce pro SŠ Fragment, 2012, (3.)	13	<i>H. sapiens</i> (+ <i>H. sapiens sapiens</i> , <i>H. s. steinheimensis</i> ), <i>H. neanderthalensis</i> (+ <i>H. s. aniensis</i> ), <i>H. heidelbergensis</i> , <i>H. erectus</i> (+ <i>H. e. pekinensis</i> , <i>H. e. officinalis</i> , <i>H. e. mauritanicus</i> , <i>H. e. latianensis</i> , <i>H. e. palaeohungaricus</i> ), <i>H. ergaster</i> , <i>H. habilis</i> , <i>Australopithecus afarensis</i> , <i>A. africanus</i> , <i>A. anamensis</i> , <i>A. robustus</i> , <i>A. boisei</i> , <i>A. aethiopicus</i> , <i>Ardipithecus ramidus</i>	<i>Aegyptopithecus zeuxis</i> , <i>Dendropithecus macinnesi</i> , <i>Proconsul africanus</i> , <i>Kenyapithecus wickeri</i> , <i>Dryopithecus fontani</i>
Biologie člověka 1 Scientia, 2010, (3.)	14	<i>H. sapiens</i> , <i>H. neanderthalensis</i> , <i>H. heidelbergensis</i> (+ archaický <i>H. sapiens</i> ), <i>H. erectus</i> , (+ <i>H. georgicus</i> ), <i>H. ergaster</i> , <i>H. floresiensis</i> , <i>H. rudolfensis</i> , <i>H. habilis</i> , <i>Australopithecus afarensis</i> , <i>A. africanus</i> , <i>A. aethiopicus</i> , <i>Ardipithecus ramidus</i> , <i>Orrorin tugenensis</i> , <i>Sahelanthropus tchadensis</i>	–
Biologie člověka 2 Scientia, 2010, (3.)	6	<i>H. sapiens</i> , <i>H. neanderthalensis</i> , <i>H. erectus</i> , <i>H. ergaster</i> , <i>H. habilis</i> , <i>Australopithecus</i>	–

Biologie člověka Fortuna, 2010, (3.)	0	–	–
Nový přehled biologie Scientia, 2003, (3.)	7	<i>H. sapiens</i> (+ <i>H. sapiens sapiens</i> ), <i>H. neanderthalensis</i> , <i>H. heidelbergensis</i> , <i>H. rhodensis</i> , <i>H. erectus</i> , <i>H. habilis</i> , <i>Australopithecus africanus</i>	–

## 5 DISKUZE

Pojetí našeho druhu vůči zbytku živé přírody prezentuje většina učebnic přírodopisu pro 2. stupeň jako exkluzivní vztah a nešetří přivlastky jako „vývojově nejdokonalější“ / „nejvyspělejší“ / „nejvyvinutější“ / „vrchol vývoje“ etc. Prezentovaná výlučnost člověka se v některých případech pojí navíc se zastaralou a nyní již chybnou představou o fylogenetických vztazích recentních lidoopů, kdy byl člověk chápán jako druh lidoopa nejméně příbuzný těm zbývajícím; ještě v 80. letech 20. století se i ve vědeckých kruzích předpokládalo, že šimpanz má ke gorile mnohem blíže než k člověku a teprve znalost genomu jednotlivých druhů odhalila odlišnou skutečnost (Dunbar, 2009: s. 28). Řada autorů učebnic tuto zastaralou představu ovšem stále opakuje, místo aby ji revidovala a uvedla na pravou míru. Výlučnost druhu *H. sapiens* lze zaznamenat i v učebnicích dějepisu. V nich ale bývá zpravidla zdůrazněn, na rozdíl od přírodovědných učebnic, kulturní rozměr této lidské výjimečnosti (Dvořáková & Absolonová, 2016). Na rozdíl od učebnic přírodopisu pro 2. stupeň učebnice biologie pro vyšší gymnázia pojímají v drtivé většině případů člověka přírodovědecky neutrálně, jako jeden z mnoha druhů na planetě Zemi. Také fylogenetické vztahy zde prezentované většinou odpovídají aktuálním zoologickým představám (srov. Ventura et al., 2011; Prado-Martinez et al., 2013).

Pojetí vývoje člověka v učebnicích přírodopisu a biologie a souhrnech gymnaziální látky nabývá celé řady podob od čistě lineární vývojové řady až ke klasickému fylogenetickému stromu. V porovnání s dějepisnými učebnicemi lze říci, že přírodopisné učebnice obsahují nápadně častěji různě modifikovaná fylogenetická schémata (stromy) a naopak téměř vůbec časové přímky (srov. Dvořáková & Absolonová, 2016). Zdá se, že autoři učebnic daného předmětu inklinují k zobrazení, které je pro jejich obor charakteristické; zjištěný rozdíl odráží typické grafické schéma používané v daném předmětu, tedy lineární přímku s posloupností jednotlivých historických událostí v případě dějepisu nebo fylogenetický strom zachycující vzájemnou příbuznost různých skupin organismů v případě přírodopisu. Pro relevantní pochopení lidského evolučního vývoje nejsou ovšem všechna zobrazení stejně vhodná. Lineární pojetí evolučního vývoje nejenže je nepřesné a zavádějící, navíc je pro výukové účely dost fádní a nudné, jak poznamenává DeSilva (2004). Vzhledem ke skutečnosti, že v České republice na 2. i 3. stupni předchází výuka tématu evoluce člověka v dějepise výuce v přírodopise a biologii, mohou se učitelé přírodních věd dostávat opakovaně do nelehké situace, kdy jsou při výuce nuceni v první řadě korigovat již existující žákovské miskoncepce. V horším případě učitelé přírodopisu v žácích tyto miskoncepce dále prohlubují, protože zdaleka ne všechny používané učebnice přírodopisu a biologie prezentují téma adekvátním způsobem, a je známo, že, právě učebnice slouží učitelům jako hlavní informační zdroj při plánování a realizaci výuky (Wo-

odward, 1986; Průcha, 1998; Palečková, 1999; Miklášová & Nogová, 2002; Průcha, 2002: s. 293). Učebnice tak zásadní měrou na všech stupních vzdělávání ovlivňují, jaká fakta budou do výuky zařazována (Driscoll et al., 1994; Mikk, 2007). Přitom obecný rámeček pojetí lidské evoluce tak, jak ho chápe moderní věda, se v blízké budoucnosti s velmi vysokou pravděpodobností měnit nebude (Alles & Stevenson, 2003). Pro adekvátnější výuku tématu by vlastně stačilo velmi málo – sladit obsah učebnic s aktuálním vědeckým územ (Pobiner, 2016), v první řadě tedy přestat evoluci člověka zobrazovat jako čistě lineární přímkou. Ani objevování nových druhů nebo překlasifikování některých nálezů by pak nepředstavovalo rušivý element, kvůli kterému by bylo nutné učebnice „od základu“ přepisovat.

Pokud jde o druhovou skladbu, všechny učebnice přírodopisu a biologie a souhrny gymnaziální látky (krom jediné – Biologie člověka nakladatelství Fortuna, která téma vzniku a vývoje člověka téměř úplně opomíjí) zmiňují druhy *H. sapiens*, *H. neanderthalensis*, *H. erectus*, *H. habilis* a rod *Australopithecus*. Jádro druhového spektra odpovídá druhům nejčastěji uváděným i v dějepisných učebnicích (Dvořáková & Absolonová, 2016). Třetina přírodovědných učebnic pak kromě homininů zmiňuje i některé starší druhy fosilních primátů, viz tab. 2, což sice může na jednu stranu rozšířit „telefonní seznam“ prezentovaných druhů až na hranici únosnosti, na druhou stranu však tento přístup nabízí hlubší vhled do evoluční historie, který nekončí povědomím o společném předkovi lidí a šimpanzů. Velmi rozšířenou nepřesností, kterou obsahuje dokonce 14 z 18 analyzovaných učebních textů (podobně jsou na tom i učebnice dějepisu, srov. Dvořáková & Absolonová, 2016) je vyčleňování taxonu *H. sapiens sapiens* a datování jeho vzniku do období před 40 000 lety. Toto datum vymezuje začátek mladého paleolitu v Evropě a jedná se pouze o určitý kulturní předěl, který nemá z biologického hlediska a druhové klasifikace žádné opodstatnění. Navíc v Africe, odkud náš vlastní druh pochází, se obdobné artefakty objevují již o několik desítek tisíc let dříve, ve středním paleolitu (McBrearty & Brooks, 2000). Rozlišování „druhů“ *H. sapiens* a *H. sapiens sapiens* považujeme nejen za biologicky zcela neopodstatněné, ale také za velmi matoucí, neboť může vyvolávat představu, že druh *H. sapiens* již vyhynul, což pochopitelně není pravda. Doporučovaly bychom proto uvádět pouze jeden druh – *H. sapiens* – a jeho vznik datovat do období zhruba před 200 000 lety (Svoboda, 2014; Soukup, 2015). Jsme si vědomy, že přesné vymezení taxonů a jednoznačné zařazení jednotlivých nálezů je u druhů, které můžeme klasifikovat pouze na základě jejich morfologické, nikoli genetické podobnosti, velmi problematické a diskutabilní. Nová revize učebnice Přírodopis 8 nakladatelství Fraus z roku 2016 zahrnuje pod hlavičku *H. sapiens* například i tzv. starobylého moderního člověka, jehož vznik datuje do doby před 650 000 lety. Toto pojetí a vymezení nelze určitě označit za chybu nebo nepřesnost (srov. Stanford et al., 2013: s. 380–388; Soukup, 2015: s. 710–741). Domníváme se ovšem, že pro účely školní výuky, zejména na 2. stupni, je z didaktického hlediska vhodnější vymezovat druh *H. sapiens* jinak (jak jsme naznačily výše) a taxon „archaický *H. sapiens*“ vůbec nepoužívat. Na základě našich zkušeností s výukou tématu na školách musíme konstatovat, že především pro žáky základních škol je označení a vymezení taxonu „archaický *H. sapiens*“ v celkovém kontextu evoluce člověka matoucí. I odborníci poukazují na skutečnost, že fosilie označované souhrnně jako „archaický *H. sapiens*“ představují ve skutečnosti několik samostatných taxonů, které jen zatím nedokážeme adekvátně roztřídit a klasifikovat (Rightmire, 1998; Schwartz & Tattersall, 2010; Manzi, 2016). Fosilie středního paleolitu není pochopitelně nutné ani rozumné ve výuce úplně ignorovat. Navrhujeme obrátit pozornost např. k taxonu *H. heidelbergensis*, o kterém V. Soukup (2015: s. 710) poznamenává: „Význam taxonu *Homo heidelbergensis* jako alternativ-



*ního označení archaického Homo sapiens neustále stoupá.*“ Taxon *H. heidelbergensis* sice rozhodně není synonymním označením pro všechny fosilie označované jako „archaický *H. sapiens*“ a různí autoři chápou vymezení těchto dvou taxonů a jejich vzájemný vztah velmi rozličně (srov. Rightmire, 1998; Vančata, 2005; Stanford et al., 2013; Svoboda, 2014; Soukup, 2015; Manzi, 2016), ale právě pro komplikovaný stav poznání a nejednoznačnou interpretaci bychom se pro účely školní výuky doporučily přidržet se výše naznačené ontodidaktické transformace. Můžeme kvitovat, že několik autorů učebnic se touto cestou již vydalo, viz tab. 4. Je také potěšitelné, že do několika málo učebních textů pronikly i některé nálezy úplně nových druhů z posledních let. Zcela mimořádně v tomto ohledu vyniká Kočárkova Biologie člověka 1 nakladatelství Scientia z roku 2010, která nejenže představuje celou řadu nově objevených a popsáných druhů, ale informace navíc řadí do smysluplných a přehledných souvislostí. Biologie člověka v kostce nakladatelství Fragment z roku 2012, která prezentuje podobné množství druhů, působí oproti tomu jako odstrašující a nepřehledný telefonní seznam. Autoři tohoto souhrnu gymnaziální látky navíc nereflktují, že řada jimi uváděných druhů a poddruhů byla již dávno překlasifikována (srov. např. Arambourg, 1955 vs. Hublin, 2001: s. 99–131; Berdúmez de Castro, 2007), takže uváděný obsáhlý seznam může vyvolat spíš zmatek než cokoli jiného.

## 6 ZÁVĚR

Obsahová analýza tématu vznik a vývoj člověka v 18 českých učebnicích přírodopisu a biologie a souhrnech gymnaziální látky odhaluje některé nepřesnosti a chyby, které výukové texty obsahují. Velká část z nich, jako například zobrazování evoluce člověka jako lineární řady nebo vyčleňování „druhu“ *H. sapiens sapiens*, plyne primárně z neaktuálnosti informací, kdy řada autorů učebnic zastaralé představy stále opisuje ze starších vydání, místo aby je revidovala a uvedla na pravou míru. Z našeho šetření plyne, že ani doložka MŠMT nepředstavuje vždy jednoznačnou garanci obsahové správnosti příslušné učebnice, což není úplně optimistické zjištění. Z hlediska obsahové aktuálnosti a adekvátnosti informací jako nejlepší hodnotíme Kočárkovu Biologii člověka 1, kterou v roce 2010 vydalo nakladatelství Scientia, a která paradoxně doložku MŠMT neobsahuje. Autor této učebnice nejenže reflektuje nejnovější objevy a poznatky v oblasti paleoantropologie a evoluční antropologie, ale přiměřeným způsobem provádí i jejich výběr a transformaci pro daný věkový stupeň. Našimi zjištěními bychom však v žádném případě nechtěly oficiální garanci kvality učebnic relativizovat. Domníváme se, že kvalitní recenze státem garantovaných učebních textů je žádoucí a potřebná, a že na revizi učebnic by se v ideálním případě měl podílet kolektiv odborníků na danou problematiku i zkušených didaktiků z praxe, jejichž připomínky je potřeba do učebních textů důsledně zapracovávat. Jen tak se můžeme dočkat situace, kdy nebude učitel nucen si při přípravě na výuku ověřovat fakta v odborné vědecké literatuře, ale bude se moci spolehnout na informace obsažené v příslušné učebnici.

## PODĚKOVÁNÍ

Výzkum byl podpořen Grantovou agenturou Univerzity Karlovy v Praze (projekt č. 279515). Za odborné konzultace děkují autorky pracovníkům Hrdličkova muzea člověka a Katedry antropologie Přírodovědecké fakulty UK, především Zuzaně Schierové a Martinu Horovi.

## LITERATURA

- Alles, D. L., Stevenson, J. C. (2003). Teaching human evolution. *Human evolution*, 65(5), 333–339.
- Arambourg, C. (1955). A recent discovery in human paleontology: *Atlanthropus* of Ternifine (Algeria). *American Journal of Physical Anthropology*, 13, 191–202.
- Bermúdez de Castro, J. M., Arsuaga, J. L., Carbonell, E., Rosas, A., Martínez, I., Mosquera, M. (1997). A hominid from the lower Pleistocene of Atapuerca, Spain: possible ancestor to Neandertals and modern humans. *Science*, 276(5317), 1392–1395.
- Berger, L. R., De Ruiter, D. J., Churchill, S. E., Schmid, P., Carlson, K. J., Dirks, P. H. G. M., Kibii, J. M. (2010). Australopithecus sediba: A new species of Homo-Like Australopithecus from South Africa. *Science*, 328(5975), 195–204.
- Berger, L. R., Hawks, J., Ruitter, D. J., Churchill, S. E., Schmid, P., Deleuzene, L. K., Kivell, T. L., Garvin, H. M., Williams, S. A., DeSilva, J. M., Skinner, M. M., Musiba, Ch. M., Cameron, N., Hollyday, T. W., Harcourt-Smith, W., Ackermann, R. R., Bastir, M., Bogin, B., Bolter, D., Brophy, J., Cofran, Z. D., Congdon, K. A., Deane, A. S., Dembo, M., Drapeau, M., Elliott, M. C., Feuerriegel, E. M., Garcia-Martinez, D., Green, D. J., Gurtov, A., Irish, J. D., Kruger, A., Laird, M. F., Marchi, D., Meyer, M. R., Nalla, S., Negash, E. W., Orr, C. M., Radovicic, D., Schroeder, L., Scott, J. E., Throckmorton, Z., Tocheri, M. W., Vansickle, C., Walker, Ch. S., Wei, P. & Zipfel, B. (2015). Homo Naledi, a new species of the genus Homo from the Dinaledi Chamber, South Africa. *eLife*, 4(e09560).
- Brown, P., Sutikna, T., Morwood, M. J., Soejono, R. P., Jatmiko, Saptomo, E. W. & Deu, R. A. (2004). A new small-bodied Hominin from the Late Pleistocene of Flores, Indonesia. *Nature*, 431(7012), 1055–1061.
- Brunet, M., Guy, F., Pilbeam, D., Mackaye, H. T., Likius, A., Ahounta, D., Beauvilain, A., Blondel, C., Bocherens, H., Boissierie, J. R., De Bonis, L., Coppens, Y., Dejax, J., Denys, C., Düringer, P., Eisenmann, V. R., Fanone, G., Fronty, P., Geraads, D., Lehmann, T., Lihoreau, F., Louchart, A., Mahamat, A., Merceron, G., Mouchelin, G., Otero, O., Campomanes, P. P., De Leon, M. P., Rage, J. C., Sapanet, M., Schuster, M., Sudre, J., Tassy, P., Valentin, X., Vignaud, P., Viriot, L., Zazzo, A. & Zollikofer, C. (2002). A new Hominid from the Upper Miocene of Chad, Central Africa. *Nature*, 418(6894), 145–151.
- DeSilva, J. (2004). Interpreting evidence: an approach to teaching human evolution in the classroom. *The American Biology Teacher*, 66(4), 257–267.
- Driscoll, M. P., Moallem, M., Dick, W. (1994). How does the textbook contribute to learning in a middle school science class? *Contemporary Educational Psychology*, 19(1), 79–100.
- Dunbar, R. (2009). *Příběh rodu Homo. Nové dějiny evoluce člověka*. Praha: Academia.
- Dvořáková, R. M. & Absolonová, K. (2016). Obsahová analýza tématu evoluce člověka v českých učebnicích dějepisu. *Scientia in educatione*, 7(2), 34–47.
- Hublin, J. J. (2001). Northwestern African Middle Pleistocene hominids and their bearing on the emergence of Homo sapiens. In L. Barham, K. Robson-Brown (Eds.), *Human roots: Africa and Asia in the Middle Pleistocene*. Bristol: Western Academy / Special Press.
- Knecht, P. (2007). Didaktická transformace aneb od „didaktického zjednodušení“ k „didaktické rekonstrukci“. *Orbis scholae*, 2(1), 67–81.

- Krause, J., Fu, Q., Good, J. M., Viola, B., Shunkov, M. V., Derevianko, A. P. & Pääbo, S. (2010). The complete mitochondrial DNA genome of an unknown Hominin from Southern Siberia. *Nature*, 464(7290), 894–897.
- Leakey, M. G., Spoor, F., Dean, M. Ch., Feibel, C. S., Anton, S. C., Kiarie, Ch. & Leakey, L. N. (2012). New fossils from Koobi Fora in Northern Kenya confirm taxonomic diversity in early Homo. *Nature*, 488(7410), 201–204.
- Manzi, G. (2016). Humans of the Middle Pleistocene: The controversial calvarium from Ceprano (Italy) and its significance for the origin and variability of Homo heidelbergensis. *Quaternary International*, 411, 254–261.
- McBrearty, S. & Brooks, A. S. (2000). The revolution that wasn't: a new interpretation of the origin of modern human behavior. *Journal of Human Evolution*, 39(5), 453–563.
- Mikk, J. (2007). Učebnice: budoucnost národa. In J. Maňák, P. Knecht (Eds.), *Hodnocení učebnic*, (11–23). Brno: Paido.
- Miklášová, M. & Nogová, M. (2002). Postavenie učebnice v niektorých štátoch Európskej únie a na Slovensku. In Š. Švec (Ed.), *Jazyk vied o výchove* (83–90). Bratislava: Univerzita Komenského.
- Padian, K. (2013). Correcting some common misrepresentations of evolution in textbooks and the media. *Evolution: Education and Outreach*, 6(11).
- Palečková, J. (1999). Třetí mezinárodní výzkum matematického a přírodovědného vzdělávání: výsledky žáků 4. ročníků základních škol. *Pokroky matematiky, fyziky a astronomie*, 44(2), 141–148.
- Pickford, M. & Senut, B. (2001). “Millennium ancestor”, a 6-million-year-old Bipedal Hominid from Kenya — Recent discoveries push back human origins by 1.5 million years. *South African Journal of Science*, 97(1–2), 22.
- Pobiner, B. (2016). Accepting, understanding, teaching, and learning (human) evolution: obstacles and opportunities. *Yearbook of physical anthropology*, 159, 232–274.
- Prado-Martinez, J., Sudmant, P. H., Kidd, J. M., Li, H., Kelley, J. L., Lorente-Galdos, B. & Cagan, A. (2013). Great ape genetic diversity and population history. *Nature*, 499(7459), 471–475.
- Průcha, J. (1998). *Učebnice: Teorie a analýza edukačního média. Příručka pro studenty, učitele, autory učebnic a výzkumné pracovníky*. Brno: Paido.
- Průcha, J. (2002). *Moderní pedagogika*. Praha: Portál.
- Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání. (2010). Česká republika. Dostupné z <http://www.nuv.cz/file/133>
- Rámcový vzdělávací program pro gymnázia. (2007). Česká republika. Dostupné z <http://www.nuv.cz/file/159>
- Reich, D., Green, R. E., Kircher, M., Krause, J., Patterson, N., Durand, E. Y., Viola, B., Briggs, A. W., Stenzel, U., Johnson, P. L. F., Maricic, T., Good, J. M., Marques-Bonet, T., Alkan, C., Fu, Q., Mallick, S., Li, H., Meyer, M., Eichler, E. E., Stoneking, M., Richards, M., Talamo, S., Shunkov, M. V., Derevianko, A. P., Hublin, J.-J., Kleso, J., Slatkin, M. & Pääbo, S. (2010). Genetic history of an archaic hominin group from Denisova Cave in Siberia. *Nature*. 468(7327), 1053–1060.
- Rightmire, G. P. (1998). Human evolution in the Middle Pleistocene: The role of Homo heidelbergensis. *Evolutionary anthropology*, 6(6), 218–227.

- Sandel, A. A. (2013). Brief communication: Hair density and body mass in Mammals and the evolution of human hairlessness. *American Journal of Physical Anthropology*, 152(1), 145–150.
- Sikorová, Z. (2007). Návrh seznamu hodnotících kritérií pro učebnice základních a středních škol. In J. Maňák, P. Knecht (Eds.), *Hodnocení učebnic* (31–39). Brno: Paido.
- Schwartz, J. H. & Tattersall, I. (2010). Fossil evidence for the origin of *Homo sapiens*. *American Journal of Physical Anthropology*, 143(51), 94–121.
- Soukup, V. (2015). *Prehistorie rodu Homo*. Praha: Karolinum.
- Stanford, C., Allen, J. S. & Antón, S. C. (2013). *Biological Anthropology. The Natural History of Humankind*. Pearson.
- Svoboda, J. A. (2014). *Předkové evoluce člověka*. Praha: Academia.
- Vančata, V. (2005). *Paleoantropologie a evoluční antropologie. Učební text pro studenty antropologických oborů University Karlovy*. Praha: Universita Karlova v Praze, Pedagogická fakulta, katedra biologie a ekologické výchovy.
- Ventura, M., Catacchio, C. R., Alcan, C., Marques-Bonet, T., Sajjadian, S., Graves, T. A., Hormozdiari, F., Navarro, A., Malig, M., Baker, C., Lee, Ch., Turner, E. H., Chen, L., Kidd, J. M., Archidiacono, N., Shendure, J., Wilson, R. K. & Eicher, E. E. (2011). Gorilla genome structural variation reveals evolutionary parallelism with chimpanzee. *Genome Research*, 21(10), 1640–1649.
- Quessada, M., Clément, P., Oerke, B., Valente, A. (2008). Human evolution in science textbooks from twelve different countries. *Science Education International*, 19(2), 147–162.
- Woldegabriel, G., Ambrose, S. H., Barboni, D., Bonnefille, R., Bremond, L., Currie, B., Degusta, D., Hart, W. K., Murray, A. M., Renne, P. R., Jolly-Saad, M. C., Stewart, K. M. & White, T. D. (2009). The Geological, Isotopic, Botanical, Invertebrate, and Lower Vertebrate Surroundings of *Ardipithecus ramidus*. *Science*, 326(5949).
- Wood, B. & Lonergan, N. (2008). The Homin Fossil Record: Taxa, Grades and Clades. *Journal of Anatomy*. 212, 354–376.
- Woodward, A. (1986). Beyond Textbooks in Elementary Social Studies. *Social Education*, 50(1), 50–53.
- Wynn, J. G., Sponheimer, M., Kimbell, W. H., Alemseged, Z., Reed, K., Bedaso, Z. K. & Wilson, J. N. (2013). Diet of *Australopithecus Afarensis* from the Pliocene Hadar formation, Ethiopia. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 110(26), 10495–10500.

---

RADKA MARTA DVOŘÁKOVÁ, radka.marta@natur.cuni.cz  
 Univerzita Karlova v Praze, Pedagogická fakulta  
 Katedra biologie a environmentálních studií  
 M. D. Rettigové 4, 116 39 Praha 1, Česká republika  
 Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta  
 Katedra učitelství a didaktiky biologie  
 Viničná 7, 128 44 Praha 2, Česká republika

KAROLÍNA ABSOLONOVÁ, karolina.absolonova@seznam.cz  
 Endokrinologický ústav  
 Národní 8, 116 94 Praha 1, Česká republika

## Volba heuristických strategií v závislosti na věku

*Petr Eisenmann, Jiří Příbyl, Jarmila Novotná,  
Jiří Břehovský, Jiří Cihlář*

### Abstrakt

Príspevok popisuje experiment, ktorý bol súčasťou dlhodobého výzkumu *Rozvíjení kultury řešení matematických problémů ve školské praxi*. Experiment byl proveden na vzorku celkem 584 respondentů ve věku 11–17 let a mapuje rozložení četností voleb heuristických strategií matematických úloh u různých věkových skupin žáků. Žákům 6. a 8. ročníku základní školy, I. a III. ročníku střední školy byly předloženy tři úlohy, které je možné efektivně řešit pomocí heuristických strategií. Kromě úspěšnosti řešení úloh byla věnována pozornost také způsobu jejich řešení. Výsledkem experimentu je zjištění, že existují heuristické strategie, které žáci použili při řešení úloh i přesto, že s nimi ve výuce nebyli seznámeni. U některých strategií se jejich výskyt nemění v závislosti na věku.

**Klíčová slova:** heuristická strategie, systematické experimentování, pokus – ověření – korekce, zavedení pomocného prvku, cesta zpět.

## Choice of Heuristic Strategies with Respect to Age

### Abstract

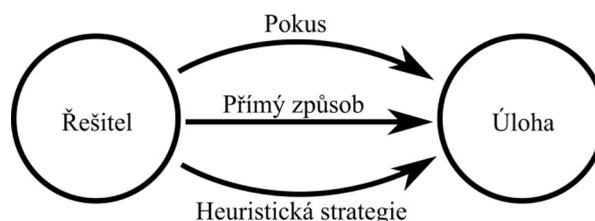
The paper reports on an experiment that was a part of a longitudinal research project entitled *Development of culture of problem solving in mathematics carried out in Czech schools*. The experiment involved 584 respondents aged 11–17. The experiment maps the distribution in pupils' selection of heuristic strategies towards solving mathematical problems in case of different age groups of pupils. Pupils from the 6<sup>th</sup> and 8<sup>th</sup> grades of lower secondary and the I<sup>st</sup> and III<sup>rd</sup> grade of upper secondary school were assigned three problems that could be solved effectively using heuristic strategies. Besides the success rate in solving the problems, attention was also paid to the manner in which the pupils managed to solve them. The results of the experiment show that the pupils tended to use some particular heuristic strategies despite the fact that they had not come across them in lessons. The occurrence of some of these strategies is independent of the age of pupils.

**Key words:** heuristic strategy, systematic experimentation, guess – check – revise, introduction of an auxiliary element, working backwards.

Příspěvek je jedním z výstupů vědeckého projektu GA ČR P407/12/1939 *Rozvíjení kultury řešení matematických problémů ve školské praxi*. Výzkum byl zaměřen na to, jak je tato kultura ovlivněna rozvíjením schopnosti žáků řešit úlohy heuristickými strategiemi. Jeho výsledky jsou souhrnně uvedeny v publikaci autorského kolektivu vedeného Eisenmannem (2015).

## 1 ŘEŠENÍ ÚLOH

Řešení úlohy chápeme jako kognitivní proces, který lze realizovat jedním ze tří způsobů v závislosti na angažovanosti, schopnostech a dovednostech řešitele (viz obr. 1).



Obr. 1: Způsoby řešení úloh

První způsob označujeme jako *pokus*. Jedná se o nejprimitivnější způsob vypořádání se s úlohou, který předpokládá pouze vnější motivaci řešitele. Ten plní pouze cíl „vyřešit úlohu“, a to většinou pouze jednou, bez vnitřní zpětné vazby o správnosti řešení.

Druhý způsob označujeme jako *přímý způsob* a je založen na aplikaci naučené znalosti nebo algoritmu. Řešitel zná požadovaný proces řešení a navíc je s to si uvědomit, že ho má použít, a aplikuje ho.

Třetí způsob nazýváme řešení *užitím heuristické strategie*. Řešitel nemá požadované znalosti nebo je neumí použít, nemůže tedy úlohu řešit přímým způsobem. Je však vnitřně motivován k řešení úlohy. Heuristická strategie mu umožní úlohu vyřešit. Heuristické strategie jsou zde uvažovány ve smyslu, v němž je používají Pólya (2004) a Schoenfeld (1992).

Některé z heuristických strategií jsou relativně jednoduché a žáci je dokonce mohou používat k řešení úloh spontánně, pouze na základě svých předchozích zkušeností, aniž by jim byly předtím ve výuce explicitně předkládány k osvojení. Jiné je naopak poměrně obtížné si osvojit a aktivně používat k řešení úloh.

Jak je ukázáno dále v kapitole 2.3, heuristické strategie se při řešení úloh v českých učebnicích matematiky vyskytují ojediněle. Četné diskuse s učiteli matematiky různých stupňů škol potvrzují, že ani v praxi se ve výuce při řešení úloh příliš nepoužívají.

Z tohoto úhlu pohledu by tedy mohlo být užitečné popsat, jaké je rozložení spontánní volby heuristických strategií při řešení matematických úloh u různých věkových skupin žáků. Žákům 6. a 8. ročníku základní školy a 1. a 3. ročníku střední školy byly proto předloženy tři úlohy, které se dají efektivně řešit pomocí vybraných heuristických strategií. Za efektivní (účinný) způsob řešení úlohy považujeme takový, kde výsledek odpovídá vložené práci či dokonce množství vložené práce při řešení heuristickou strategií je menší než v případě přímého způsobu řešení.

Vybrány byly s ohledem na naše předchozí výzkumy (Eisenmann et al., 2015; Břehovský et al., 2013) následující čtyři strategie: *Systematické experimentování*, *Pokus – ověření – korekce*, *Cesta zpět* a *Zavedení pomocného prvku* (tato strategie pouze u geometrických úloh). Výběr strategií byl proveden na základě jejich

vlastností, které jsme popsali v (Příbyl & Eisenmann, 2014). Lze konstatovat, že konkrétně *množství nutných znalostí*, *množství nutných zkušeností k jejich úspěšnému použití* a tzv. *riziko nesprávného použití*, je u těchto čtyř strategií oproti ostatním strategiím nízké. V tomto smyslu vnímáme vybrané strategie jako relativně jednoduché.

## 2 TEORETICKÉ POZADÍ

### 2.1 DISKUTOVANÉ HEURISTICKÉ STRATEGIE

Dále uvedené heuristické strategie jsou podrobně popsány např. v následujících publikacích (Eisenmann, Novotná & Příbyl, 2015; Příbyl & Ondrušová, 2014; Eisenmann & Příbyl, 2013; Novotná, Eisenmann & Příbyl, 2015). Zde je pouze stručně pro účely tohoto příspěvku charakterizujeme a v kapitole 4.1 je ilustrujeme při řešení testových úloh.

Následující dvě popisované strategie řadíme mezi strategie experimentální, neboť v jejich pozadí je vždy provedení konkrétního experimentu. Pohled na tyto dvě strategie není jednotný. Ve svých počátcích Pólya (2004) tento způsob řešení nepovažuje za strategii, byť upozorňuje, že pro řešení úloh je důležité provádět pokusy. V Pólya (1981) už se však můžeme setkat s tím, že tento způsob řešení považuje za heuristickou strategii, ale mezi těmito dále specifikovanými strategiemi nerozlišuje a souhrnně je nazývá strategie pokus – omyl (*trial and error*). Stejně tak Schoenfeld (1982) hovoří o strategii pokus – omyl a tento přístup k řešení úloh zakládá na odhadu podloženém intuicí. Hayes (1981) jde dál a mezi následujícími dvěma strategiemi začíná rozlišovat, a to právě způsobem, jaký jsme použili i my.

*Systematické experimentování* (SE): Principem této strategie je proces postupného přibližování se k výsledku. Na počátku provede řešitel volbu odhadu výsledku (buď prvního možného, nebo nějakého bližšího k řešení) a dále postupuje systematicky. Po každém provedeném experimentu řešitel pouze ověří, zda získal požadovaný výsledek či nikoliv. Pokud ne, pokračuje dál, přičemž vstupní hodnota do dalšího experimentu je dána pořadím (nikoliv volbou řešitele). Tato strategie se opírá o fakt, že řešitel si je vědom skutečnosti, že hledaný výsledek leží v řetězci hodnot provázaných systémem a pokud projde tento řetězec, potom výsledek najde. Velmi často se jako prostředku řešení užívá výpočetní technika.

*Pokus – ověření – korekce* (POK): Principem této strategie je proces přibližování se výsledku úlohy, kdy řešitel v prvním kroku provede náhodnou volbu. Ve druhém kroku ověří, zda jeho volba byla správná. Pokud ne, pokusí se zjistit, jak moc se zmýlil. Konečně ve třetím kroku provede korekci, tedy opravu, která mu vygeneruje nový pokus. Celý proces začíná nanovo. Cílem je dobrat se řízenými iteracemi po konečném počtu kroků k cíli.

*Cesta zpět* (CZ): Princip této strategie spadá mezi již dlouho známé postupy řešení úloh. Jak uvádí celá řada autorů (Pólya, 2004; Hintikka & Remes, 1974), počátky této „strategie“ lze vysledovat až k Pappovi z Alexandrie, přičemž hovoří o Pappově analytické metodě (*method of analysis*), kterou prováděl oběma směry a na kterou navazovala syntéza (*method of synthesis*). V matematice se jedná o často užívanou strategii, kdy známe koncový stav, známe počáteční stav a snažíme se jít od konce k počátku. Řešení úlohy je potom založeno na „otočení“ nalezeného postupu – vhodným příkladem jsou úlohy z konstrukční geometrie.

V těchto úlohách vycházíme z předpokladu, že řešení dané úlohy existuje a má požadované vlastnosti. Zpětným krokováním (rozbořem) si uvědomujeme, který krok bezprostředně předcházel danému a v tomto duchu postupujeme až do situace, která je počáteční situací úlohy. Obrácením tohoto postupu (rozboru) získáváme řešení úlohy. Specifickou variantou úloh řešených pomocí CZ jsou slovní úlohy, ve kterých se s úspěchem využívají inverzní operace k operacím uvedeným v zadání úlohy.

*Zavedení pomocného prvku (ZPP):* Základní idea této strategie spočívá v tom, že zavedením pomocného prvku se řešení pro řešitele stane snadněji dosažitelné. Pólya (2004) vnímá námi popisovanou strategii ZPP v širších souvislostech a rozlišuje dva základní typy pomocných prvků. Prvním typem je pomocný prvek jako takový (*auxiliary element*) a druhým pak je pomocná úloha (*auxiliary problem*). Smyslem pomocné úlohy je umožnit řešiteli buď získat vhled do původní úlohy, nebo vyřešit úlohu jako takovou. Na rozdíl od tohoto úhlu pohledu vymezujeme pomocný prvek pouze jako objekt, který se na první pohled v úloze nevyskytuje, a my jej do úlohy vpravíme s nadějí, že nám usnadní přístup k řešení. V některých případech je existence tohoto prvku indukována objekty již v úloze se vyskytujícími a v tomto případě je možno hovořit o skrytém prvku. U geometrických úloh se obvykle jedná o přímku, úsečku, bod či obrazec, v případě slovních úloh o číslo či nějakou funkci, u rovnic zase zavádíme pomocný prvek pomocí substituce.

Zatímco Pólya (2004) vnímá zavedení pomocného prvku jako specifický způsob řešení problému (v obecnosti), Schoenfeld (1982) již vnímá tento proces jako samostatnou heuristickou strategii a hovoří o strategii zavádění pomocného prvku (*introducing auxiliary elements*).

Jak již bylo řečeno výše, my se v našem výzkumu zabýváme spontánní volbou této strategie pouze u geometrických úloh. Zde je totiž volba pomocného prvku na rozdíl od slovních úloh většinou relativně jednoduchá.

## 2.2 RELEVANTNÍ VÝZKUMY

Uvedme nyní přehledně výsledky pěti relevantních výzkumů zabývajících se spontánní volbou heuristických strategií žáky.

Jiang, Hwang a Cai (2014) popisují výsledky své studie, v níž zkoumali použití řešitelských strategií žáky ve věku 10–11 let při řešení úloh o pohybu. Celkem se studie zúčastnilo 361 čínských a 345 singapurských žáků z různých typů škol. Pro naše účely je zajímavé, že jednou z relativně často volených strategií byla strategie námi označovaná jako POK. Žáci byli při jejím použití většinou při řešení úlohy úspěšní.

Ho a Lowrie (2014) popisují výsledky svého výzkumu, kterého se zúčastnilo 607 singapurských žáků ve věku 11–12 let. Žákům byly předloženy dvě slovní úlohy a byly analyzovány způsoby jejich řešení. Z našeho pohledu je zajímavé, že celkem třetina žáků použila grafický způsob řešení, jehož jedním ze zástupců je strategie námi označovaná jako ZPP.

Iliada, van den Heuvel-Panhuizen a Kolovou (2009) popisují výsledky svého výzkumu, kterého se zúčastnilo 152 holandských žáků ve věku 9–10 let. Žákům byly předloženy tři slovní úlohy a byly analyzovány způsoby jejich řešení. Mezi strategiemi použitými při řešení těchto úloh se objevily mimo jiné i strategie, námi označované jako SE a POK. Žáci, kteří tyto strategie zvolili, byli většinou úspěšní. Celkově ale uplatnilo heuristické strategie při řešení úloh jen málo žáků (Iliada, van den Heuvel-Panhuizen & Kolovou, 2009: s. 611).



Van den Heuvel-Panhuizen, Kolovou a Robitzsch (2013) zkoumali roli dynamických online her na žáky z hlediska jejich schopnosti řešit úlohy. Žáci řešili slovní úlohy, které se zabývají určováním množství. Experimentu se zúčastnilo celkem 253 holandských žáků ve věku 10–12 let. Žáci své úlohy řešili v on-line režimu, speciální software zaznamenával mimo jiné také strategie použité při řešení. Nejpožívanější strategií bylo POK, občas se vyskytlo i SE.

Ishida (2002) popisuje svou studii, která se zaměřovala na schopnost žáků nalézt nejlepší možnou strategii řešení úlohy. Experimentu se zúčastnilo 12 japonských žáků ve věku 11–12 let. Žáci řešili dvě úlohy, každou alespoň dvěma způsoby. Poté sami vysvětlovali, který z použitých způsobů je k řešení úlohy vhodnější. První úloha je na společnou práci, druhá úloha ukládá určit počet trojúhelníků, pomocí nichž se předepsaným způsobem sestaví daný obrazec. V prvním případě žáci označili jako nejefektivnější strategii námi nazývanou POK, ve druhém vyzdvihli grafický způsob řešení, jehož jedním zástupcem je strategie námi nazývaná ZPP.

Kromě dvou výše zmíněných výzkumů s holandskými žáky nejsou autorům známy žádné relevantní výzkumy z oblasti spontánního výskytu heuristických strategií, které by probíhaly v evropských zemích kulturně a historicky spjatých s ČR.

### 2.3 HEURISTICKÉ STRATEGIE V ČESKÝCH UČEBNICÍCH

V rámci experimentu jsme provedli také analýzu vybraných českých sad učebnic pro základní a střední školy. Zkoumali jsme, zda se v řešených úlohách uvedených v těchto učebnicích vyskytují výše uvedené čtyři heuristické strategie. Při identifikaci těchto řešených úloh jsme nehledali názvy strategií, ale zaměřili jsme se na podstatu řešení dané úlohy. V tabulkách 1 a 2 uvádíme pouze ta témata, kde se řešené úlohy pomocí zkoumaných strategií vyskytly. Sloupec *Počet úloh* udává počet všech vyřešených úloh daného tématu a následující sloupce udávají četnosti výskytu řešených úloh pomocí zkoumaných heuristických strategií.

Tab. 1: Použití heuristických strategií v řešených úlohách učebnic ZŠ

Sada učebnic	Téma	Počet úloh	Použité heuristické strategie			
			SE	POK	CZ	ZPP
(Molnár et al., 1998–2001)	Trojúhelník	1			1	
	Množina bodů dané vlastnosti	5	1			
	Konstrukční úlohy	7			2	
	Podobnost	5				1
	Finanční matematika	9	2			
(Půlpán et al., 2007–2010)	Prostor a jeho zobrazení	18				1
	Trojúhelník	8			1	1
	Shodnost	8			3	
	Čtyřúhelníky	13			2	2
	Kružnice a kruh	8			1	
	Konstrukční úlohy	15			8	
	Podobnost	13				1

Tab. 2: Použití heuristických strategií v řešených úlohách učebnic SŠ

Sada učebnic	Téma	Počet úloh	Použité heuristické strategie			
			SE	POK	CZ	ZPP
(Odvárko et al., 1985–1988)	Logaritmické a exponenciální rovnice	4				1
	Goniometrické rovnice	4				2
	Geometrické posloupnosti	4	1			
	Nekonečná řada	4	2			
	Shodná zobrazení v rovině	2			1	
	Stejnolehlost	2			2	
(Boček et al., 1993–1999)	Rovnice vyšších stupňů	13		1		8
	Goniometrické rovnice	5				1
	Integrální počet	23				7
	Metrické vlastnosti	16				3
	Geometrické útvary v rovině	9				3
	Množina bodů dané vlastnosti	19	1		3	1
	Zobrazení v rovině	29			10	1

### 3 VÝZKUMNÉ OTÁZKY A HYPOTÉZY

Na začátku jsme si položili tyto výzkumné otázky:

1. V jaké míře použijí žáci při řešení předložených úloh vytipované heuristické strategie?
2. Jak závisí volba vytipovaných heuristických strategií na věku žáků?
3. Jak jsou žáci při použití heuristických strategií úspěšní?
4. Jak se v závislosti na věku mění četnost případů, kdy žáci vůbec nezačnou úlohu řešit?

Na základě zkušeností z dosavadních experimentů popsanych především v (Eisenmann et al., 2015) jsme formulovali před začátkem experimentu následující výzkumné hypotézy:

H1: Při řešení předloženého souboru úloh se objeví všechny čtyři vytipované heuristické strategie.

H2: Četnost případů, kdy žáci vůbec nezačnou úlohu řešit, bude s narůstajícím věkem řešitelů klesat.

Kromě těchto dvou hypotéz vztahujících se k položeným výzkumným otázkám jsme formulovali i přirozenou hypotézu o úspěšnosti řešení úloh jako takových:

H3: Četnost úspěšně vyřešených úloh (jakýmkoli způsobem) bude s narůstajícím věkem řešitelů vzrůstat.

V pozadí hypotéz H2 a H3 je očekávání, že pokud se žák v rámci vzdělávacího procesu delší dobu (z hlediska školní docházky) věnuje řešení úloh, pak dochází nejen k tomu, že nebude řešení úloh vzdávat v takové míře, jak když se s úlohami setkává nově, ale že dochází i k přirozenému nárůstu úspěšnosti. Poznamenejme, že podstata testových úloh je vždy nezávislá na věku, avšak z důvodu zachování stejné početní náročnosti jsme vytvořili pro jednotlivé věkové kategorie různé varianty zadání u dvou testových úloh.

## 4 EXPERIMENT

Na jaře 2013 byl proveden předvýzkum vždy ve dvou třídách každé věkové kategorie: 6. a 8. ročník základní školy a I. a III. ročník střední školy. Jednalo se vždy o cca 45 žáků ze tříd, které byly z hlediska školního výkonu průměrné. Tento předvýzkum nám umožnil z celkového počtu 16 testovaných úloh vytvořit soubor tří následujících úloh, které se nejlépe osvědčily z hlediska záměru výzkumu. Zadání se u dvou z nich v některých parametrech z důvodu zachování přibližně stejné početní obtížnosti liší podle věku zkoumaných žáků. U každé úlohy uvádíme tu či ty heuristické strategie, které jsou kromě přímého způsobu řešení, pokud jej tedy žáci jsou schopni použít, efektivním způsobem jejího řešení.

### 4.1 ZADÁNÍ A ŘEŠENÍ TESTOVÝCH ÚLOH

#### ÚLOHA NEZNÁMÉ ČÍSLO

Polovina neznámého celého čísla zmenšená o polovinu je číslo 32. O jaké číslo se jedná? (verze 6. roč.)

Třetina neznámého celého čísla zmenšená o polovinu je číslo 32. O jaké číslo se jedná? (verze 8. roč.)

Třetina neznámého celého čísla zmenšená o pětinu je číslo 32. O jaké číslo se jedná? (verze SŠ)

Heuristické strategie řešení: CZ, POK.

#### AUTORSKÁ ŘEŠENÍ ÚLOHY (VERZE SŠ)

##### 1. přímý způsob

Označme  $n$  hledané číslo. Přímý způsob řešení spočívá v sestavení příslušné rovnice.

$$\frac{1}{3}n - \frac{1}{5}\left(\frac{1}{3}n\right) = 32$$

Řešením této rovnice získáme:

$$n = 120.$$

##### 2. heuristická strategie – CZ

Jestliže známe výsledné číslo a hledáme původní číslo, musíme provádět inverzní operace k operacím v zadání, a to v obráceném pořadí.

1. Odečtení pětiny daného čísla od sebe samého je ekvivalentní s vynásobením daného čísla  $\frac{4}{5}$ ; inverzní operací je vynásobení „výsledku“  $\frac{5}{4}$ .
2. Inverzní operací k násobení  $\frac{1}{3}$  je násobení 3.

Následující zápis ukazuje provedení postupu:

$$\left(\frac{5}{4} \cdot 32\right) \cdot 3 = 120.$$

##### 3. heuristická strategie – POK

Provádějme postupně jednotlivé odhady čísel s ideou najít hledané ( fáze pokus). Po volbě odhadu provedeme požadované operace a ověříme, zda jsme získali výsledek uvedený v úloze ( fáze ověření). Pokud ne, je zapotřebí provést opravu ( fáze korekce) a dané číslo buď nahradit větším či menším. Tím se vygeneruje další pokus.

Pokus č. 1 – volba: 90

$$\frac{1}{3} \cdot 90 - \frac{1}{5} \left( \frac{1}{3} \cdot 90 \right) = 24$$

Vyšlo nám 24, ale požadováno je 32. Je potřeba odhadované číslo zvětšit.

Pokus č. 2 – volba: 150

$$\frac{1}{3} \cdot 150 - \frac{1}{5} \left( \frac{1}{3} \cdot 150 \right) = 40$$

Vyšlo nám 40, ale požadováno je 32. Je potřeba odhadované číslo zmenšit.

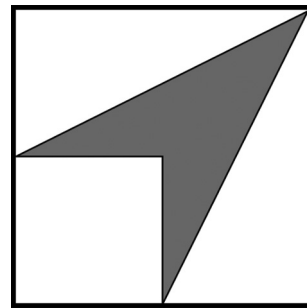
Pokus č. 3 – volba: 120

$$\frac{1}{3} \cdot 120 - \frac{1}{5} \left( \frac{1}{3} \cdot 120 \right) = 32$$

Vyšlo nám 32, což je požadováno. Na třetí pokus jsme našli hledané číslo.

### ÚLOHA ŠIPKA

Je dán čtverec o straně délky 8 cm. Určete obsah vybarveného obrazce – šipky. (Konce šipky jsou ve středech stran, viz obr. 2.)



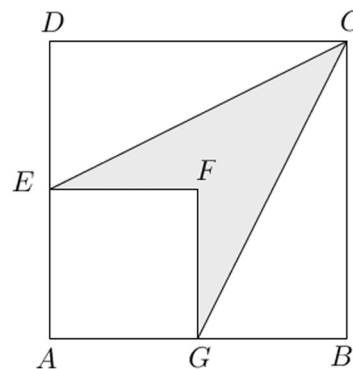
Obr. 2: Šipka

Zadání převzato z (Maláč & Kurfürst, 1981).

Heuristické strategie řešení: ZPP.

### AUTORSKÁ ŘEŠENÍ ÚLOHY

Pro snadnou orientaci zavedeme označení vrcholů jako na obrázku 3.

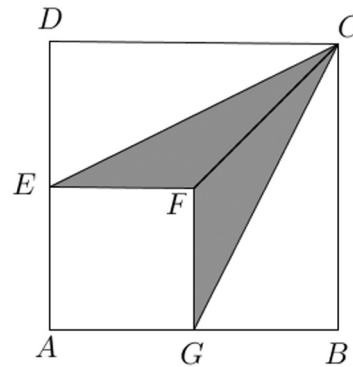


Obr. 3: Označení bodů v úloze Šipka

#### 1. přímý způsob

Vypočteme obsahy trojúhelníků  $BCG$  a  $DCE$  a čtverce  $AGFE$  a odečteme je od obsahu čtverce  $ABCD$ .

$$\begin{aligned} S_{\text{šipka}} &= S_{ABCD} - S_{BCG} - S_{DCE} - S_{AGFE} \\ S_{\text{šipka}} &= 64 - 16 - 16 - 16 \\ S_{\text{šipka}} &= 16 \end{aligned}$$



Obr. 4: Zavedení pomocného prvku úsečky  $FC$

## 2. heuristická strategie – ZPP

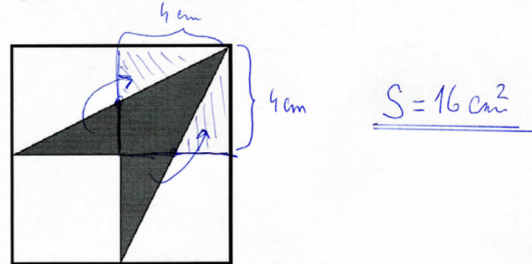
Využijeme obrázek 4. Pomocným prvkem je úsečka  $FC$ . Šipka se skládá ze dvou shodných trojúhelníků  $FCE$  a  $FCG$ , přičemž oba trojúhelníky mají základnu i výšku rovnou 4 cm.

$$\begin{aligned} S_{\text{šipka}} &= 2 \cdot S_{FCE} \\ S_{\text{šipka}} &= 2 \cdot \frac{4 \cdot 4}{2} \\ S_{\text{šipka}} &= 16 \end{aligned}$$

## ŽÁKOVSKÉ ŘEŠENÍ ÚLOHY

Na obrázku 5 uvádíme jedno velmi pěkné žákovské řešení úlohy, které je také založeno na heuristické strategii ZPP.

Je dán čtverec o straně délky 8 cm. Určete obsah vybarveného obrazce – šipky. (Konce šipky jsou ve středech stran.)



Obr. 5: Žákovské řešení úlohy pomocí heuristické strategie ZPP

## ÚLOHA SOUČIN

Po sobě následující lichá čísla jsou 1, 3, 5, 7, 9, ... Určete dvě po sobě následující lichá čísla tak, aby jejich vynásobením vzniklo číslo 255. (verze 6. roč.)

Po sobě následující lichá čísla jsou 1, 3, 5, 7, 9, ... Určete dvě po sobě následující lichá čísla tak, aby jejich vynásobením vzniklo číslo 1 023. (verze 8. roč. a SŠ)

Zadání převzato z (Cihlár & Zelenka, 1998).

Heuristické strategie řešení: SE, POK.

## AUTORSKÁ ŘEŠENÍ ÚLOHY (VERZE SŠ)

### 1. přímý způsob

Označme si  $a$ ,  $b$  hledaná dvě po sobě jdoucí lichá čísla. Nechť  $n$  je přirozené číslo větší než nula. Vyjádřeme si hledaná čísla následovně:

$$\begin{aligned} a &= 2n - 1 \\ b &= 2n + 1 \end{aligned}$$

Tedy

$$\begin{aligned}a \cdot b &= 1\,023 \\(2n - 1)(2n + 1) &= 1\,023 \\4n^2 - 1 &= 1\,023 \\n^2 &= 256 \\n &= 16\end{aligned}$$

Situaci, kdy  $n = -16$  nepřipouštíme, protože dle předpokladu je  $n$  přirozené číslo. Získáváme hledaná čísla:

$$\begin{aligned}a &= 2 \cdot 16 - 1 = 31 \\b &= 2 \cdot 16 + 1 = 33\end{aligned}$$

## 2. heuristická strategie – SE

Její podstatou je postupné testování možností. Jak je uvedeno v kapitole 2.1, vhodným pomocníkem je výpočetní technika, v našem případě reprezentovaná počítačem a tabulkovým procesorem MS Excel. Obrázek 6 ukazuje řešení, přičemž hledaná čísla jsou tučně zvýrazněna.

	A	B	C	D
1	První číslo	Druhé číslo	Součin	
2	1	3	3	
3	3	5	15	
4	5	7	35	
5	7	9	63	
6	9	11	99	
7	11	13	143	
8	13	15	195	
9	15	17	255	
10	17	19	323	
11	19	21	399	
12	21	23	483	
13	23	25	575	
14	25	27	675	
15	27	29	783	
16	29	31	899	
17	<b>31</b>	<b>33</b>	<b>1023</b>	
18	33	35	1155	
19	35	37	1295	
20	37	39	1443	
21				

Obr. 6: Řešení úlohy Součin pomocí tabulkového procesoru MS Excel

## 3. heuristická strategie – POK

Provádějme postupně jednotlivé odhady čísel s ideou najít hledanou dvojici (fáze pokus). Po volbě odhadu provedeme jejich vynásobení a ověříme, zda jsme získali výsledek uvedený v úloze (fáze ověření). Pokud ne, je zapotřebí provést opravu (fáze korekce) a daná čísla buď nahradit většími či menšími. Tím se vygeneruje další pokus.

Pokus č. 1 – volba: 21 a 23

$$21 \cdot 23 = 483$$

Vyšlo nám 483, ale požadováno je 1023. Je tedy zapotřebí obě čísla zvětšit.

Pokus č. 2 – 41 a 43

$$41 \cdot 43 = 1\,763$$

Vyšlo nám 1 763, ale požadováno je 1 023. Je tedy zapotřebí obě čísla zmenšit.

Pokus č. 3 – 33 a 35

$$33 \cdot 35 = 1\,155$$

Vyšlo nám 1 155, ale požadováno je 1 023. Je tedy zapotřebí obě čísla zmenšit.

Pokus č. 4 – 31 a 33

$$31 \cdot 33 = 1\,023$$

Vyšlo nám 1 023, což je požadováno. Na čtvrtý pokus jsme našli požadovanou dvojici čísel.

## 4.2 POPIS TESTOVÁNÍ

Na podzim roku 2013 byl proveden samotný experiment. Toho se zúčastnilo celkem 584 žáků ve čtyřech věkových kategoriích: 145 žáků 6. ročníku ZŠ, 129 žáků 8. ročníku ZŠ, 200 žáků z I. ročníku SŠ a 110 žáků III. ročníku SŠ. Žáci navštěvovali běžné třídy základních a středních škol Ústeckého kraje a okolí Prahy. V případě žáků 6. a 8. ročníku základních škol se vždy jednalo o žáky stejné školy. Do výzkumu nebyly zahrnuty specializované třídy (např. třídy s rozšířenou výukou matematiky nebo jazyků). V případě středních škol se jednalo v každé věkové kategorii o střední školy všech typů: gymnázia, odborné školy s maturitou i obory středních škol bez maturity. Školy byly vybrány tak, aby poměr respondentů výzkumu přibližně odpovídal zastoupení žáků těchto typů škol v České republice. Tabulka 3 ukazuje počty respondentů v jednotlivých typech středních škol. Jednalo se o vzorek na základě dostupnosti.

Tab. 3: Počty respondentů jednotlivých typů středních škol

	Gymnázia	Střední odborné školy		Celkem
		s maturitou	bez maturity	
1. ročník	64	82	54	200
3. ročník	36	39	35	110

V rámci výzkumu jsme nerozlišovali pohlaví žáků.

Úlohy byly žákům zadány v hodině matematiky. Každý žák dostal jeden list papíru, na němž bylo zadání všech tří úloh. Pod něj pak žáci přímo na tento papír úlohu řešili. Každý učitel dostal tyto pokyny: učitel nesmí radit ani vysvětlovat zadání; používání mobilů, kalkulaček a jakýchkoliv materiálů (tabulky, sbírky vzorců) je zakázáno; žáci musí napsat postup řešení či úvahy vedoucí k výsledku, ne jen samotný výsledek; žáci musí napsat slovní odpověď či dvakrát podtrhnout výsledek; učitel nechť posoudí, zda se mají žáci podepsat či nikoli. Je však zapotřebí dosáhnout co největší angažovanosti žáků; žáci mají na řešení nejvýše 40 minut.

U každé úlohy jsme sledovali výskyt těchto jevů:

- „přímý způsob“ (žák k řešení úlohy použil znalost nebo naučený algoritmus, a tedy nepoužil žádnou heuristickou strategii);
- „použitá heuristická strategie“;
- „úloha je úspěšně vyřešena“ (žák správným postupem vyřešil úlohu, napsal správnou slovní odpověď či jasně vyznačil výsledek);
- „prázdná“ (žák úlohu neřešil a odevzdal prázdný papír).

## 5 VÝSLEDKY A DISKUSE

Následující tabulky 4, 5 a 6 uvádějí u každé úlohy relativní četnosti přímého způsobu řešení, řešení pomocí očekávaných heuristických strategií (viz podkapitola 4.1) a situace, kdy žák nezačal úlohu vůbec řešit. Čísla v posledním řádku pak vždy souhrnně udávají relativní četnosti všech ostatních reakcí, které mezi tyto tři jevy nespádají. Součty hodnot v jednotlivých sloupcích jsou vždy rovny 100 %.

Tab. 4: Úloha Neznámé číslo (v %)

	6. ročník $N = 145$	8. ročník $N = 129$	I. ročník $N = 200$	III. ročník $N = 110$
přímý způsob	7,6	2,3	27,5	20,9
heur. strategie CZ	77,2	76,0	42,0	61,8
heur. strategie POK	0,0	0,0	0,0	0,0
prázdnó	7,6	9,3	16,5	16,4
ostatní	7,6	12,4	14,0	0,9

Tab. 5: Úloha Šipka (v %)

	6. ročník $N = 145$	8. ročník $N = 129$	I. ročník $N = 200$	III. ročník $N = 110$
přímý způsob	26,2	28,7	50,5	42,7
heur. strategie ZPP	20,7	25,6	19,5	20,9
prázdnó	27,6	33,3	23,5	31,8
ostatní	25,5	12,4	6,5	4,6

Tab. 6: Úloha Součin (v %)

	6. ročník $N = 145$	8. ročník $N = 129$	I. ročník $N = 200$	III. ročník $N = 110$
přímý způsob	0,0	0,0	5,0	0,9
heur. strategie POK	51,7	57,4	67,0	69,1
heur. strategie SE	7,6	3,1	1,5	1,8
prázdnó	26,9	27,9	29,0	26,4
ostatní	13,8	11,6	2,5	2,7

Zodpovězme nyní postupně všechny čtyři položené výzkumné otázky.

První výzkumná otázka se ptá na výskyt uvažovaných heuristických strategií při řešení úloh žáky. Hypotéza H1 říká: Při řešení předloženého souboru úloh se objeví všechny čtyři vytipované heuristické strategie. Z tabulek 4–6 je zřejmé, že hypotéza H1 se potvrdila.

Ve sledovaných zahraničních výzkumech se nejčastěji objevila strategie POK, dále pak ZPP a SE. Častější použití těchto strategií se projevilo i v našem výzkumu, a to ve všech věkových kategoriích. Spontánně byla navíc použita i strategie CZ, která se v zahraničních výzkumech, které jsme porovnávali s našimi výsledky, nevyskytla. Může to být dáno tím, že tato strategie je často zařazována do výuky matematiky v České republice už na 1. stupni základní školy.



Druhá výzkumná otázka se zabývá rozložením četnosti užití jednotlivých strategií v závislosti na věku žáků. Lze konstatovat, že u strategií POK a ZPP se výrazně nemění četnost jejich použití v závislosti na věku (viz tab. 5 a 6). O rozložení četnosti užití strategie SE se nevyjadřujeme, protože byla žáky použita pouze marginálně (viz tab. 6).

Nejčastěji spontánně volenou strategií je CZ (viz tab. 4). V prvním a třetím ročníku SŠ je možné úbytek četnosti použití této strategie vysvětlit do jisté míry nástupem řešení pomocí rovnic. Ty použila v osmém ročníku ZŠ 2 % žáků, zatímco v prvním, resp. třetím ročníku SŠ 27 %, resp. 21 % žáků.

Třetí výzkumná otázka se ptá na úspěšnost použití jednotlivých heuristických strategií. Výsledky jsou vidět v tabulce 7, která udává úspěšnost použití jednotlivých heuristických strategií ve srovnání se situací, kdy žáci řešili úlohu přímým způsobem. Procenta jsou vztažena k počtu žáků, kteří daný způsob řešení použili. Připomeňme, že četnost užití jednotlivých způsobů řešení udávají tabulky 4 až 6.

Tab. 7: Úspěšnost použití jednotlivých heuristických strategií (v %)

Úloha	Způsob řešení	6. ročník	8. ročník	I. ročník	III. ročník
Neznámé číslo	Přímý způsob	82	33	20	22
	Heur. strategie CZ	69	90	66	54
Šipka	Přímý způsob	76	41	52	49
	Heur. strategie ZPP	63	52	69	52
Součin	Heur. strategie POK	95	96	85	91
	Heur. strategie SE	100	100	67	0

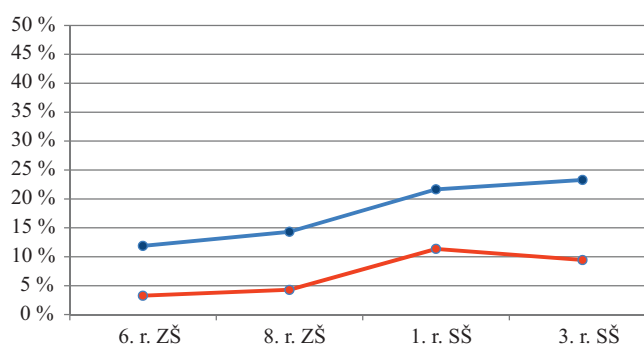
Lze konstatovat, že úspěšnost užití strategií ZPP a POK se výrazně v závislosti na věku nemění. Úspěšnost užití strategie CZ na střední škole poklesla. Co se strategie SE týče, připomeňme, že četnost jejího užití je marginální (viz tab. 6).

Srovnání úspěšnosti užití heuristické strategie a přímého způsobu řešení je možné pouze u úloh Šipka a Neznámé číslo. Zatímco u úlohy Šipka byli žáci od 8. ročníku výše mírně úspěšnější, jestliže použili heuristickou strategii ZPP, u úlohy Neznámé číslo je úspěšnost použití heuristické strategie CZ výrazně vyšší než při použití přímého způsobu (rozdíl v procentuální úspěšnosti je cca od 30 % do 60 % a hypotéza o rovnosti pravděpodobností jevu, že žák vyřeší úlohu úspěšně, se zamítá na hladině významnosti 1 %).

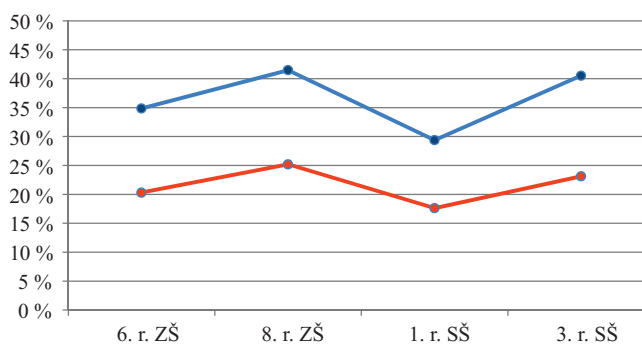
Zodpovězme nyní i čtvrtou výzkumnou otázku. Hypotéza H2 říká: Četnost případů, kdy žáci vůbec nezačnou úlohu řešit, bude s narůstajícím věkem řešitelů klesat.

Z tabulek 4 až 6 je zřejmé, že hypotéza H2 se nepotvrdila. Následující grafy (viz obr. 7–9) popisující rozložení četnosti případů „prázdko“ ukazují pro každou úlohu 95% intervaly spolehlivosti pro každou věkovou kategorii.

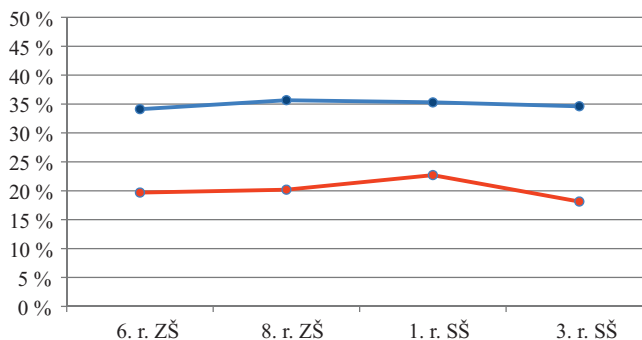
Obr. 7: Neznámé číslo – 95% interval spolehlivosti pro pravděpodobnost výskytu jevu „prázdko“



Obr. 8: Šipka – 95% interval spolehlivosti pro pravděpodobnost výskytu jevu „prázdnó“



Obr. 9: Součín – 95% interval spolehlivosti pro pravděpodobnost výskytu jevu „prázdnó“



V tabulce 4 je například uvedeno, že v úloze Neznámé číslo v 6. ročníku vůbec nezačalo úlohu řešit 7,6 % žáků z výběrového souboru 145 žáků. Z tohoto údaje byl vypočten 95% interval spolehlivosti pro pravděpodobnost toho, že náhodně zvolený žák z celé populace žáků 6. ročníku (ze základního souboru) tuto úlohu nezačne řešit. Dolní mez tohoto intervalu spolehlivosti je 3,3 %, horní mez je 11,9 %. To lze interpretovat (s vysokou spolehlivostí 95 %) tak, že z celé populace žáků 6. ročníku je těch žáků, kteří tuto úlohu nezačnou řešit, přibližně 3 % až 12 %. Tyto dvě hodnoty jsou v grafu na obrázku 7 znázorněny dvěma levými krajními body spodní linie (dolní meze intervalů spolehlivosti pro jednotlivé ročníky) a horní linie (horní meze intervalů spolehlivosti pro jednotlivé ročníky). Podobně z hodnoty 16,4 % pro III. ročník je vypočten interval spolehlivosti 9,5 % až 23,3 %, tyto dva body pak jsou na obrázku 7 znázorněny jako pravé krajní body obou linií.

Relativní četnost případů „prázdnó“ neklesá s věkem řešitelů. Relativní četnost případů „prázdnó“ u úlohy Neznámé číslo má v závislosti na věku spíše rostoucí charakter. Odpověď na tento fakt prozatím nemáme. Vysvětlením by mohlo být, že žáci se s podobnými úlohami setkávají u rovnic, kde slouží jako procvičovací úlohy, proto nejsou jiné řešitelské strategie u těchto úloh podporovány učiteli ani učebnicemi. K přesnějšímu vymezení důvodů by mohly přispět rozhovory s žáky, které však do experimentu nebyly zařazeny. U zbývajících dvou úloh je relativní četnost případů „prázdnó“ vzhledem k věku zhruba konstantní – u úlohy Šipka kolísá kolem 30 %, u úlohy Součín kolísá mezi 20 % a 35 %.

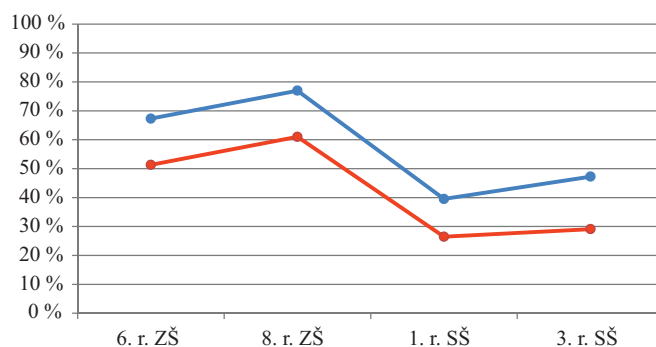
Na závěr ještě vyhodnotíme hypotézu H3. Ta říká: Četnost úspěšně vyřešených úloh (jakýmkoli způsobem) bude s narůstajícím věkem řešitelů vzrůstat.

Tabulka 8 ukazuje relativní úspěšnosti řešení úloh v závislosti na věku u jednotlivých úloh, procenta jsou vždy vztažena k celkovému počtu žáků.

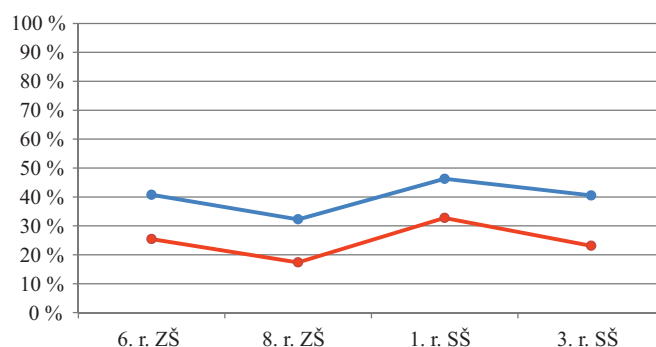
Tab. 8: Relativní úspěšnost řešení úloh v závislosti na věku (v %)

Úloha	6. ročník $n = 145$	8. ročník $n = 129$	I. ročník $n = 200$	III. ročník $n = 110$
Neznámé číslo	59,3	69,0	33,0	38,2
Šipka	33,1	24,8	39,5	31,8
Součín	56,6	58,1	58,0	62,7

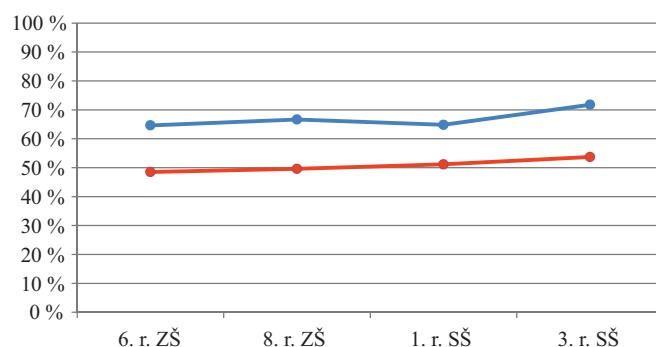
Obr. 10: Neznámé číslo – 95% interval spolehlivosti pro pravděpodobnost úspěšnosti při řešení úloh



Obr. 11: Šipka – 95% interval spolehlivosti pro pravděpodobnost úspěšnosti při řešení úloh



Obr. 12: Součin – 95% interval spolehlivosti pro pravděpodobnost úspěšnosti při řešení úloh



Je zřejmé, že hypotéza H3 se nepotvrdila. Následující grafy (viz obr. 10–12) ukazují pro každou úlohu 95% intervaly spolehlivosti pro každou věkovou kategorii.

Relativní četnost správných odpovědí nevzrůstá s věkem řešitelů. Relativní četnost správných odpovědí u dvou posledních úloh je vzhledem k věku zhruba konstantní – u úlohy Šipka kolísá kolem 32 % s odchylkou 7 %, u úlohy Součin kolísá kolem 60 % s odchylkou 3 %.

Zvláštní průběh má závislost relativní četnosti správných odpovědí na věku u první úlohy Neznámé číslo. Zde je úspěšnost řešení u žáků ZŠ mnohem vyšší (cca 65 %) než u žáků střední školy (cca 35 %), což v tomto případě nejen vyvrací platnost hypotézy H3, ale s vysokou spolehlivostí lze tvrdit, že u této úlohy došlo k významnému poklesu úspěšnosti. Rozbor výsledků ukazuje, že tento pokles byl způsoben pokusem žáků řešit tuto úlohu pomocí rovnic, při němž ale nebyli příliš úspěšní.

Všeobecně je přijímáno, že kromě vstřebávání celé řady poznatků a algoritmických dovedností při vyučování matematice je třeba velkou pozornost věnovat jejich tvořivému využívání jak v matematice, tak i mimo ni. Využívat matematiku znamená umět určit, kdy, kde a jak použít poznatky, které má žák při řešení úloh k dispozici (Novotná, 2004). Jedním ze způsobů, jak řešit úlohy, je využít heuristických strategií. V této souvislosti učitel čelí důležité otázce, zda jsou některé

heuristické strategie žáky voleny spontánně. Novotná et al. (2006) uvádějí, že při přípravě výukových situací je pro učitele důležité rozmyslet si, jaké vědomosti a poznatky jsou pro užití dané heuristické strategie nezbytné a které z nich budou žáci schopni spontánně aplikovat.

Výzkumy věnované spontánnímu použití strategií při řešení úloh uvedené v 2.2 jsou zaměřeny vždy na žáky ve věku 9–12 let. Přitom se každý omezuje pouze na poměrně úzkou věkovou kategorii obvykle dvou, nejvýše tří let. Výsledky prezentované v tomto článku se týkají žáků od 12 do 19 let a umožňují tak porovnání podle věku žáků. Experiment ukázal, že věk žáků neovlivňuje významně spontánní použití heuristických strategií žáky. Významnou roli zde hrají znalosti z matematiky, které mají žáci k dispozici, a jejich vhodnost pro využití pro řešenou úlohu. Např. nástup řešení pomocí rovnic (případně jejich soustav) na střední škole vedl ke snížení počtu žáků, kteří využili některou heuristickou strategii u úlohy Součín.

Určitým omezením našeho výzkumu je množina předkládaných strategií. Při případné další studii by stálo za úvahu předložit žákům úlohy, které se dají efektivně řešit i některými dalšími heuristickými strategiemi a sledovat jejich případné spontánní využití žáky. V úvahu připadají např. strategie Analogie, Rozklad na jednodušší případy či Konkretizace a zobecnění. Dalším směrem navazujícího výzkumu by mohlo být též studium spontánního výskytu heuristických strategií při řešení úloh žáky mladšího školního věku.

## 6 ZÁVĚR

Provedený experiment ukázal, že existují heuristické strategie, které se mohou při řešení vybraného typu úloh u žáků objevit spontánně, a to nezávisle na jejich věku. Námi čtyři vytipované heuristické strategie POK, SE, ZPP a CZ byly žáky opravdu při řešení předložených úloh voleny, aniž by žáci byli předtím ve výuce s těmito strategiemi a s jejich použitím seznámeni. Nejčastěji volenou strategií v našem experimentu byla CZ. Dále lze konstatovat, že u strategií POK a ZPP se výrazně nemění četnost jejich použití v závislosti na věku. Strategie SE byla žáky k řešení využita pouze marginálně.

Z hlediska úspěšnosti použití jednotlivých strategií lze konstatovat, že ta se u strategií POK a ZPP v závislosti na věku více méně nemění.

Jak popisujeme v (Novotná, Eisenmann & Příbyl, 2015), žáci jsou schopni naučit se řešit úlohy pomocí vybraných heuristických strategií. Minimálně u strategií POK, ZPP a CZ může být tento fakt způsoben tím, že použití těchto strategií k řešení úloh není žákům cizí, což náš experiment prokázal. Řešení standardních úloh pomocí výše uvedených strategií by tak mohlo zlepšit schopnost žáků řešit úlohy a tím zlepšit i jejich postoj k řešení úloh a výuce matematiky obecně.

## PODĚKOVÁNÍ

Tento příspěvek byl zpracován s podporou grantu GAČR č. 407/12/1939.

## LITERATURA

Boček, L. et al. (1993–1999). *Matematika pro gymnázia*. Praha: Prometheus. Série učebnic pro gymnázia.

- Břehovský, J., Eisenmann, P., Ondrušová, J., Příbyl, J. & Novotná, J. (2013). Heuristic strategies in problem solving of 11–12-year-old pupils. In J. Novotná & H. Moraová (Eds.), *Proceedings of Symposium on Elementary Maths Teaching SEMT '13* (75–82). Praha: UK.
- Cihlář, J. & Zelenka, M. (1998). *Matematika pro 8. ročník*. Praha: Pythagoras Publishing, a. s.
- Eisenmann, P., Novotná, J. & Příbyl, J. (2015). The heuristic strategy Introduction of an auxiliary element. In D. Szarková, D. Richtáriková & L. Balko (Eds.), *Proceedings of 14th Conference on Applied Mathematics Aplimat 2015* (232–245). Bratislava: Slovak University of Technology in Bratislava.
- Eisenmann, P., Novotná, J., Příbyl, J. & Břehovský, J. (2015). The development of a culture of problem solving with secondary students through heuristic strategies. *Mathematics Education Research Journal*, 27(4), 535–562.
- Eisenmann, P. & Příbyl, J. (2013). Systematické experimentování ve výuce matematiky. In *Sborník příspěvků 6. konference Užití počítačů ve výuce matematiky* (85–93). České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.
- Hayes, J. R. (1981). *The Complete Problem Solver*. Philadelphia, Pennsylvania: The Franklin Institute.
- van den Heuvel-Panhuizen, M., Kolovou, A. & Robitzsch, A. (2013). Primary school students' strategies in early algebra problem solving supported by an online game. *Educational Studies in Mathematics*, 84(3), 281–307.
- Hintikka, J. & Remes, U. (1974). *The method of analysis: Its geometrical origin and its general significance*. Dordrecht, Holland: D. Reidel Publishing Company.
- Ho, S. T. & Lowrie, T. (2014). The model Method: Students' performance and its effectiveness. *The Journal of Mathematical Behavior*, 35, 87–100.
- Iliada, E., van den Heuvel-Panhuizen, M. & Kolovou, A. (2009). Exploring strategy use and strategy flexibility in non-routine problem solving by primary school high achievers in mathematics. *ZDM The International journal on Mathematics Education*, 41(5), 605–618.
- Ishida, J. (2002): Students' evaluation of their strategies when they find several solution methods. *The Journal of Mathematical Behavior*, 21(1), 49–56.
- Jiang, Ch., Hwang, S. & Cai, J. (2014). Chinese and Singaporean sixth-grade students' strategies for solving problems about speed. *Educational Studies in Mathematics*, 87(1), 27–50.
- Maláč, J. & Kurfürst, J. (1981). *Zajímavé úlohy z učiva matematiky ZŠ*. Praha: SPN.
- Molnár, J. et al. (1998–2001). *Matematika 6–9: Učebnice s komentářem pro učitele*. Olomouc: Prodos. Série učebnic pro základní školy.
- Novotná, J. (2004). Matematické objevování založené na řešení úloh. In M. Hejný, J. Novotná & N. Stehlíková (Eds.), *25 kapitol z didaktiky matematiky* (357–366). Praha: PedF UK.
- Novotná, J., Eisenmann, P. & Příbyl, J. (2015). Impact of heuristic strategies on pupils' attitudes to problem solving. *Journal on Efficiency and Responsibility in Education and Science*, 8(1), 15–23.
- Novotná, J., Pelantová, A., Hrabáková, H. & Krátká, M. (2006). Příprava a analýza didaktických situací. In Podíl učitele matematiky ZŠ na tvorbě ŠVP: Studijní materiály k projektu. Praha: JČMF.

- Odvárko, O. et al. (1985–1988). *Matematika pro střední odborné školy a studijní obory středních odborných učilišť 1.–6. část*. Praha: SPN. Série učebnic pro střední odborné školy.
- Pólya, G. (1981). *Mathematical Discovery: On Understanding, Learning, and Teaching Problem Solving*. Combined edition. New York: John Wiley and Sons.
- Pólya, G. (2004, 1. vydání 1945). *How to solve it: A new aspect of mathematical method (Expanded princeton science library ed.)*. Princeton: Princeton University Press.
- Příbyl, J. & Eisenmann, P. (2014). Properties of problem solving strategies. In M. Houška, I. Krejčí & M. Flégl (Eds.), *Proceedings of efficiency and responsibility in education 2014* (623–630). Prague: Czech University of Life Sciences.
- Příbyl, J. & Ondrušová, J. (2014). Zavedení pomocného prvku – užitečná heuristická strategie. *Matematika, fyzika, informatika*, 23(2), 95–105.
- Půlpán, Z. et al. (2007–2010). *Matematika 6–9*. Praha: SPN. Série učebnic pro základní školy.
- Schoenfeld, A. H. (1982). *Expert and novice mathematical problem solving: Final project report and appendices B–H*. Clinton, N.Y.: Hamilton College, 1982.
- Schoenfeld, A. H. (1992). Learning to think mathematically: Problem solving, metacognition, and sense-making in mathematics. In D. A. Grouws (Ed.), *Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning* (334–370). New York: Macmillan.

---

PETR EISENMANN, Petr.Eisenmann@ujep.cz

JIŘÍ PŘIBYL, Jiri.Pribyl@ujep.cz

Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem, Přírodovědecká fakulta

Katedra matematiky

České mládeže 8, 400 96 Ústí nad Labem, Česká republika

JARMILA NOVOTNÁ, Jarmila.Novotna@pedf.cuni.cz

Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta

Katedra matematiky a didaktiky matematiky

Magdalény Rettigové 4, 116 39 Praha 1, Česká republika

JIŘÍ BŘEHOVSKÝ, Jiri.Brehovsky@tul.cz

Technická univerzita v Liberci, Fakulta přírodovědně-humanitní a pedagogická

Katedra matematiky a didaktiky matematiky

Univerzitní nám. 1410/1, 460 01 Liberec 1, Česká republika

JIŘÍ CIHLÁŘ, Jiri.Cihlar@ujep.cz

Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem, Přírodovědecká fakulta

Katedra matematiky

České mládeže 8, 400 96 Ústí nad Labem, Česká republika

## Dějiny přírodních věd: Jejich místo ve škole a v učebnicích biologie

*Jana Hájková*

### Abstrakt

Článek vychází z myšlenky, že by výuka dějin věd mohla přispět ke zlepšení vědecké gramotnosti žáků. Protože učitelé přírodních věd nebývají příliš znalí dějin vědy, opírají se při jejich výuce ve velké míře o učebnice. Popisovaný výzkum se proto zaměřil na sledování historického obsahu v českých učebnicích, k čemuž využil nástroj ověřený na portugalských učebnicích fyziky. Analyzovány byly učebnice biologie určené vyššímu gymnáziu z produkce nakladatelství Scientia, Fortuna a Olomouc. Výzkum ukázal, že se učebnice používané v dnešní době značně liší prostorem věnovaným dějinám, nicméně většina jich zmiňuje historii pouze okrajově. Obvykle jde o whigovské pojetí dějin, které ne vždy přispívá k vytvoření adekvátního obrázku o vývoji vědy.

**Klíčová slova:** dějiny vědy, učebnice biologie, vědecká gramotnost.

## History of Science: Its Role at School and its Place in Biology Textbooks

### Abstract

The article is based on an old idea that teaching history of science could improve pupils' scientific literacy. Since science teachers are usually not familiar with the history of science, they rely on textbooks. This research focused on historical content in Czech textbooks and made use of an instrument tested already on Portuguese physics textbooks. The research project analyzed biology textbooks for secondary school produced by three different publishers (Scientia, Fortuna, Olomouc). The results indicated substantial differences between the textbooks as far as history was concerned. Most of the textbooks under scrutiny mentioned the history of biology only briefly and they usually tended to the so-called Whig view of history.

**Key words:** history of science, biology textbooks, scientific literacy.

Myšlenka, že by dějiny mohly být prospěšné pro výuku přírodních věd (dále jen „věd“ ve smyslu „science“), není nová. Výrazněji se prosadila již ve 40. letech 20. století v USA (Solomon et al., 1992). Od té doby se objevila řada studií (viz Lederman, 1992), které porovnávaly výstupy výuky zohledňující dějinný vývoj vědy a výstupy výuky, která dějiny nebrala v úvahu. Zároveň nashromáždily argumenty pro i proti začleňování dějin do výuky věd.

Cílem výzkumu popisovaného v tomto článku bylo zjistit, jaký typ historických informací se nejčastěji vyskytuje v gymnaziálních učebnicích biologie a jakou roli v nich plní. Kvůli nedostatečným znalostem dějin vědy se totiž učitelé necítí při jejich výuce jistě a hodně se spoléhají na učebnice (Leite, 2002). Proto má smysl si všimnout, jaký obrázek vývoje vědy žákům vykresluje učebnice.

Výzkumné otázky byly formulovány následovně:

1. Jsou v soudobých gymnaziálních učebnicích biologie zohledněny dějiny biologie?
2. Jaký typ informací z dějin biologie je v těchto učebnicích uveden?
3. Jakou formou jsou v učebnicích podány dějiny biologie?
4. Liší se jednotlivé učebnice prostorem věnovaným dějinám biologie?

## PŘÍNOS VÝUKY DĚJIN VĚDY

Již výše zmiňovaný Lederman (1992) podotýká, že ačkoliv neexistuje jednoznačný názor na to, jaký konkrétní obsah má být součástí výuky věd, panuje shoda, že jejím cílem je porozumění vědeckému způsobu poznávání. Tento cíl odpovídá požadavku na tzv. vědeckou gramotnost, která je podmíněna velkou rolí vědy a výzkumu v dnešní společnosti (Rutherford & Ahlgren, 1990).

Vědeckou gramotnost je možné rozčlenit na porozumění (i) základním konceptům vědy; (ii) povaze vědy; (iii) vztahům mezi vědou a společenskými vědami; (iv) etice vědecké práce; (v) vztahům mezi vědou a společností a (vi) rozdílům mezi vědou a technikou (Pella et al., 1966). A právě dějiny vědy by mohly přispět k lepšímu porozumění uvedeným aspektům vědy (Rutherford, 2001). Dějiny vědy ukáží, že je vědecké poznání provizorní, že není tak objektivní, jak laická veřejnost soudí, a že její směřování ovlivňují nejrozmanitější společenské zájmy a osobní motivy (Leite, 2002). Také nás mohou poučit, že je mnoho způsobů, jak rozumět světu, a tím v začátku podnítit otázku: „Proč si myslíme zrovna tohle?“ (Monk & Osborne, 1997). Dějiny vědy mohou vést k porozumění tomu, jak se navrhuje experimenty a jak se z nich vyvozují závěry, a také k reflexi našich soudobých představ: díky historickým miskonceptům si lépe uvědomíme naše vlastní (Wandersee, 1985, 1986), doceníme soudobé vědecké představy (Lin & Hung, 2002), ale zároveň se zbavíme prezírávého pohledu na dřívější vědce (Irwin, 2000). Jinými slovy dějiny vědy nás mohou poučit o konceptuálních, procedurálních a kontextuálních aspektech vědy (Klopfer, 1969). Učit se vědu a učit se o vědě totiž není totéž (Matthews, 1994) a vědecky gramotný je jen ten, kdo ví, nejen k čemu věda dospěla, ale také jak to zjistila (Kyle, 1970). Bohužel učitelé se příliš soustřeďují na výsledek, k němuž věda dospěla, a opomíjejí proces, který k němu vedl (Wandersee, 1985).

Jak ukazují nedávné výzkumy, učitelé většinou dějiny vědy zmiňují v souvislosti se sociálními, politickými či psychologickými faktory ovlivňujícími vědu (Wang & Marsh, 2002). Na střední škole využívají učitelé dějiny věd hlavně k tomu, aby žákům pomohli pochopit obsah a povahu vědeckého poznání, zatímco na základní škole s jejich pomocí spíše ukazují roli vědy ve společnosti a snaží se k ní vzbudit kladný vztah. (Wang & Cox-Peterson, 2002).



Pozitivní dopad dějin věd na výuku dokumentuje studie Lin a Hung (2002), podle které přispívají dějiny věd k prohloubení žákovské dovednosti řešit problémy. To ovšem pouze za předpokladu, že je historický přístup uplatňován dlouhodobě. Pouze dílčí úspěch dějin věd ve škole dokládá studie Solomona et al. (1992). Podle ní se přínos dějinně pojaté výuky věd omezil hlavně na to, že žáci začali lépe odlišovat teorie a fakta a opustili představu, že je pokus cílenou snahou učinit objev. Místo toho začali pokus pokládat za test navrženého vysvětlení, jehož výsledek vědci obvykle předjímají. Studie Abd-El-Khalick a Ledermana (2000) pak u vysokoškoláků vůbec neprokázala, že by znalost dějin vědy zlepšila studentské představy o povaze vědy.

O dějinách vědy se soudí, že by vedle vědecké gramotnosti mohly také přispět k sjednocení různých vědeckých pohledů na svět. Jak si povšiml již v 50. letech Snow (1959), mezi světem přírodních věd a humanitními obory zeje obrovská propast plná neporozumění pro druhou stranu. Bylo by žádoucí najít prostředníka, který by tuto propast překlenul a roztržštěný svět stále víc specializovanějších věd sjednotil. Tímto prostředníkem by mohly být právě dějiny vědy (Wang & Cox-Peterson, 2002; Matthews, 1994).

Dějiny navíc zohledňují společenský rozměr vědy, ukazují, že je věda kolektivním výsledkem práce lidí ukotvených v určitém dobovém kontextu (Leite, 2002) a že odráží individuální i společenské potřeby. V tomto smyslu historie vědu humanizuje (Wang & Cox-Peterson, 2002). K tomu, aby věda nebyla chladná a nepropojená s lidskými osudy, mohou přispět například biografické zmínky o úspěších i selháních objevitelů (Leite, 2002). Dějiny tak mohou na žáky působit motivačně a vyvolat dojem, že je věda skutečné intelektuální dobrodružství (Slezak, 1994), kde jsou dramatické změny pravidlem, ne výjimkou (Wang & Marsh, 2002). Větší motivovanost žáků k vědecké práci, která byla podmíněná integrací historie do výuky věd, doložili například Klopfer a Cooley (1961).

## POTÍŽE S VÝUKOU DĚJIN VĚDY

Jakkoliv jsou výše uvedené argumenty pro zapojení dějin vědy do výuky pádné, situaci komplikuje několik skutečností:

Lederman (1992) poukazuje, že se pojetí vědy liší jak v rámci jednotlivých přírodovědných disciplín, tak mezi jednotlivými filozofy a historiky vědy. Proto nepovažuje za možné chtít po učitelích, aby žákům představili jednu konkrétní („tu správnou“) podobu vědy. Říká, že by spíše měli zprostředkovat rozmanitost povahy věd a jejich proměnlivost v čase.

V souladu s názory T. S. Kuhna upozorňují Abd-El-Khalick a Lederman (2000), že je každý člověk ukotven v soudobém paradigmatu, a aby se z dějin vědy poučil, musí dokázat přepnout na jiný (dobový) způsob myšlení. A to je u žáků s omezenými znalostmi dějin těžko uskutečnitelné.

Ryze praktickou komplikací pro učitele představuje skutečnost, že se porozumění povaze vědy obtížně testuje (Irwin, 2000) a že je přírodovědné kurikulum i bez dějin věd dost obsáhlé. Před učitelem tak vyvstává nelehký úkol, co z dějin vědy vybrata jak je interpretovat, aby se z nich nestaly „historické anekdoty“ (Holton, 2003).

Historický přístup k výuce vědy naráží také na neadekvátní znalosti povahy vědy a jejích dějin na straně učitelů. Protože informace o povaze vědy vyvozují žáci často podvědomě ze slov a činů svého učitele, z tzv. skrytého vědeckého kurikula (Hodson, 1986), je nanejvýš nutné, aby měl učitel patřičnou představu o povaze vědy i o jejích dějinách a vědomě svoje působení na žáky směřoval. Adekvátní představa

o povaze vědy se však nemusí promítnout do každodenní praxe učitele (Lederman, 1995). Je sice nezbytnou, nikoliv však postačující podmínkou, aby ji učitelé mohli šířit dál (Lederman, 1992). Uvedený názor potvrzuje studie Wang a Cox-Petersona (2002), podle které učitelé význam dějin vědy doceňují, ale v jejich výuce se to příliš neprojevuje.

## METODIKA

Zohlednění dějin biologie bylo zkoumáno v učebnicích biologie pro vyšší gymnázium, s nimiž se ve školním roce 2016/2017 mohl středoškolák běžně setkat v knihkupectvích. Jednalo se o produkci nakladatelství Scientia, Fortuna a Olomouckého nakladatelství. Celkem bylo analyzováno 13 učebnic, přičemž dvanáct z nich se zaměřovalo na určitý biologický obor (např. botaniku či biologii člověka). Protože poslední učebnice (Biologie pro gymnázia z Olomouckého nakladatelství) zahrnovala učivo celé středoškolské biologie, byla rozdělena na pět částí odpovídající délkou a zaměřením jednooborovým učebnicím ostatních nakladatelství. Testové otázky zahrnuté v praktické části této učebnice byly vždy započítány do odpovídajícího oboru.

Následuje seznam analyzovaných učebnic a jejich písmenného značení:

- A – Kočárek, E. (2010). *Biologie člověka 1*. Praha: Scientia.
- B – Kočárek, E. (2010). *Biologie člověka 2*. Praha: Scientia.
- C – Kočárek, E. (2008). *Genetika*. Praha: Scientia.
- D – Závodská, R. (2006). *Biologie buněk*. Praha: Scientia.
- E – Papáček, M. et al. (2000). *Zoologie*. Praha: Scientia.
- F – Kubát, K. et al. (2003). *Botanika*. Praha: Scientia.
- G – Novotný, I. & Hruška, M. (2005). *Biologie člověka*. Praha: Fortuna.
- H – Šmarda, J. (2003). *Genetika*. Praha: Fortuna.
- CH – Kubišta, V. (2000). *Obecná biologie*. Praha: Fortuna.
- I – Smrž, J., Horáček, I. & Švátora, M. (2004). *Biologie živočichů*. Praha: Fortuna.
- J – Kincl, L., Kincl, M. & Jakrlová, J. (2008). *Biologie rostlin*. Praha: Fortuna.
- K – Šlégl, J., Kislinger, F. & Laníková, J. (2002). *Ekologie a ochrana životního prostředí*. Praha: Fortuna.
- L – Jelínek, J. & Zicháček, V. (2014). *Biologie pro gymnázia*. Olomouc: Nakladatelství Olomouc.
- L1 – část Biologie prokaryot, rostlin a hub.
- L2 – část Chromista a prvoci.
- L3 – část Biologie živočichů.
- L4 – část Biologie a fyziologie člověka (Je v ní z velké části zakomponována i genetika.)
- L5 – část Vybrané kapitoly z obecné biologie.

V analýze nebyly zahrnuty dvě učebnice z produkce Olomouckého nakladatelství: (Zicháček, V. 2012. *Zoologie*. Olomouc: Nakladatelství Olomouc., Jelínek, J. 2011. *Vybrané kapitoly z obecné biologie*. Olomouc: Nakladatelství Olomouc.). Jejich obsah totiž odpovídá částem učebnice Biologie pro gymnázia (L3 a L5), tudíž jejich zahrnutí do výzkumu by znamenalo dvojité hodnocení téhož materiálu a zkreslení celkového obrazu dostupných učebnic.

Pro sledování historického obsahu v přírodovědných učebnicích byl využit nástroj navržený pro analýzu portugalských učebnic fyziky (Leite, 2002: s. 343–345). Základní sledované kategorie (typ historické informace, způsob její prezentace, kontext, význam historické informace, související učební aktivity, způsob začlenění dějin do učebnice a jejich zohlednění v bibliografii) byly přejaté beze změn. S ohledem na specifika učebnic biologie byly upraveny některé dílčí kategorie, například byla nově přidána interpretace jevu, sledován byl také terminologický kontext, upraveny byly způsoby zařazení historických pasáží do učebnic. V tabulce 1 uvádím popis sledovaných kategorií. Pro porovnání s původní podobou navrženého nástroje odkazují čtenáře na článek Leite (2002: s. 343–345).

Tab. 1: Kategorie sledované v učebnicích

Specifikace sledovaných historických informací	Podrobnější komentář	
Typ historické informace		
Vědci		
	Jméno	Uvedené i bez křestního jména a životních dat.
	Osobnost	Například vlastnosti vědce, jeho povaha apod.
	Události ze života	Životopisné pasáže, informace o přátelství s určitou osobou, o rodinném zázemí, ...
	Pozitivní hodnocení	Zmínky o výjimečnosti vědce nebo jeho dobrých činech.
	Negativní hodnocení	Zmínky o podprůměrných školních výsledcích, nešikovnosti apod.
Vývoj vědy		
	Objev	Zmínky o objevu, vynálezu či nové myšlence, pozorování jevu (i nemoci), navržení nového léčebného postupu atd.
	Popis objevu	Bližší informace o průběhu pokusů či o okolnostech objevu.
	Interpretace jevu	Nový přístup či výklad určitého jevu, teorie nově vysvětlující známý jev.
	Lineární pojetí vývoje vědy	Sled objevů bez návaznosti či vysvětlení souvislostí, historický přehled etap, zdánlivě plynulý vývoj mířící k dnešnímu stavu poznání.
	Realistické pojetí vývoje vědy	Popis obtíží, tápání, dobových diskusí a peripetií při prosazování určitého přístupu, střety protichůdných názorů.
Zodpovědné osoby		
	Jednotlivec	Vědec jako samostatně pracující osoba, které se dá objev připsat.
	Skupina	Dva a více vědců spolupracujících na stejném úkolu.
	Vědecká komunita	Výsledky připisovány vědcům dané doby bez uvedení konkrétních postav.

Způsob prezentace historické informace		
	Obrázek vědce	Fotografie či kresba vědce.
	Obrázky ostatní	Fotografie či kresba přístroje, interiéru a vybavení laboratoře, titulní strany knihy, ...
	Původní dokument	Text či nákres, jehož autorem je zmiňovaný vědec. Započítány jsou i krátké citáty.
	Text autora	Jde o souvislý text psaný autorem učebnice, včetně popisu dobových pokusů, ...
Kontext historické informace		
	Vědecký	Historická informace má podobu vědeckého poznání.
	Technologický	Historie je uvedena v souvislosti s dostupností či naopak absencí potřebné technologie. Může jít i o nový léčebný postup.
	Sociální	Historická pasáž vypovídá o životních podmínkách dané doby, obecně přijímaných postojích, ...
	Politický	Historická informace odráží tehdejší politické dění.
	Náboženský	Historická informace se vztahuje k tehdejším náboženským představám.
	Terminologický	Je zmiňován původ pojmů, jejich první použití, případně změna jejich významu v čase.
	Epistemologický	Jsou zmíněny dobové postupy vědecké práce a způsobu poznávání vůbec. Poukazuje se na omezení vědeckých metod, na případy podvodů, spory o oprávněnost ocenění určitého objevu apod.
Význam historické informace		
	Informace v základním textu	Historická informace je součástí základního textu.
	Informace v doplňujícím textu	Historická pasáž je určena zájemcům. Obvykle je tištěna drobnějším písmem či jinak vyznačena. Může být soustředěna do vyhrazených částí učebnice (přílohy, graficky odlišené boxy, ...).

Učební aktivity související s historií		
	Průzkum literatury	Úkol vedoucí žáky k vyhledání literatury či jiného informačního zdroje a vypracování slohové práce či přednesení referátu.
	Rozbor dat	Analýza údajů získaných z dobového pokusu.
	Zopakování historického pokusu	Výzva k zopakování dobového pokusu, návod na jeho provedení.
	Otázky	Otázky testující zapamatování historických informací uvedených v učebnici.
	Ostatní	Například výzva k exkurzi (návštěvě muzea) apod.
Způsob zařazení historických pasáží		
	Systematické	V celé učebnici je historie biologie zakomponována jednotně. Historické pasáže jsou téměř ve všech kapitolách.
	Nepřavidelné	
	Jedna historická kapitola	Kromě historické kapitoly (úvodu, předmluvy, přílohy apod.) jsou historické zmínky v učebnici ojedinělé.
	Sporadické zmínky o historii	V učebnici jsou na několika málo místech uvedeny historické informace.
	Častější historické pasáže	V učebnici jsou do některých kapitol zakomponovány obsáhlejší historické pasáže.
	Žádné	Učebnice postrádá historické informace. V celém textu se objeví maximálně jedna až dvě zmínky.
Bibliografie k historii		
	Tištěné publikace	Soupis knih či článků věnovaných dějinám biologie, buď v použité, nebo v doporučené literatuře.
	Internet	Odkazy na webové stránky vztahující se k historickým tématům.

Při analýze nebyla vyhodnocována věcná správnost a přesnost historických informací, pouze se zaznamenávala četnost výskytu sledovaných významových jednotek. Základním vyhodnocovaným úsekem textu byl odstavec, který přirozeně nese ucelenou myšlenku či informaci. Do analýzy byly započítávány i události z nedávné minulosti. V případě, že se historická informace opakovala (například byla-li zmíněna v textu a následně i v závěrečném shrnutí kapitoly), byla počítána pouze jednou. Obdobně nebyla počítána opakující se jména téhož vědce.

## VÝSLEDKY

Analýza výše uvedených učebnic biologie přinesla následující údaje:

Jak ukazuje tabulka 2, v historických pasážích jsou ve většině učebnic zmiňováni vědci zodpovědní za určitý objev. Jejich počet se v jednotlivých učebnicích velmi liší. Výrazně nadprůměrné hodnoty vykazují učebnice A a C, které mají stejného autora. Ten v předmluvě k učebnici C uvádí, že poznatky v učebnici mají „ilustrovat vývoj genetického poznání od samých počátků až do současnosti. Proto je ve většině kapitol zdůrazněn historický aspekt, který často přispívá i k lepšímu pochopení učiva“. (Kočárek, 2008: s. 7). V předmluvě k učebnici A se vyjadřuje obdobně. Zdůrazňování dějin biologie v obou učebnicích tedy vyplývá z přesvědčení jejich autora.

Tab. 2: Typ historické informace

	A	B	C	D	E	F	G	H	CH	I	J	K	L1	L2	L3	L4	L5	suma
<b>Vědci</b>																		
Jméno	103	14	43	13	0	8	15	22	16	1	7	3	0	0	14	24	20	<b>303</b>
Osobnost	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>3</b>
Události ze života	6	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	<b>11</b>
Pozitivní hodnocení	2	0	1	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>6</b>
Negativní hodnocení	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>1</b>
<b>Vývoj vědy</b>																		
Objev	41	3	22	9	0	3	6	12	9	1	5	2	0	0	2	14	1	<b>130</b>
Popis objevu	9	0	3	1	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	1	1	<b>18</b>
Interpretace jevu	22	2	4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	4	0	11	<b>44</b>
Lineární pojetí vývoje vědy	4	2	8	2	0	2	1	4	5	0	1	0	0	0	0	0	0	<b>29</b>
Realistické pojetí vývoje vědy	6	1	4	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>14</b>
<b>Zodpovědné osoby</b>																		
Jednotlivec	44	7	6	7	0	3	4	5	7	1	3	1	0	0	3	10	4	<b>105</b>
Skupina	11	0	6	2	0	0	3	3	1	0	1	1	0	0	2	6	1	<b>37</b>
Vědecká komunita	2	3	2	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	<b>10</b>

Vědci, kteří byli zmíněni v největším počtu učebnic (bez ohledu na to, kolikrát se jejich jméno opakovalo), byli Ch. Darwin v souvislosti s evoluční teorií a C. Linné v souvislosti se základy systematiky a pravidly pojmenovávání organismů. Oba byli uvedeni v sedmi učebnicích. Těsně za nimi následují M. J. Schleiden a T. Schwann, které uvedlo v souvislosti s buněčnou teorií šest učebnic.

Z tabulky 2 vyplývá, že o vědcích píše autoři učebnic vesměs neutrálně, hodnocení jejich osobnosti a činů, ať již kladné či záporné, je ojedinělé. Také obvykle nevěnují pozornost událostem z jejich života. Vědec bývá zmíněn v souvislosti s určitým objevem či myšlenkou, méně často v souvislosti s novou interpretací známého jevu. Objev bývá jen konstatován, jeho okolnosti, související pokusy a návaznost na předchozí či následující bádání obvykle rozebírány nejsou. Je-li objev ojediněle

zasazen do dobového vývoje vědy, je tento vývoj většinou podán jako sled objevů postupně vedoucích k dnešnímu stavu poznání. Realistické vykreslení křivolakého vývoje se v učebnicích objevuje sporadicky. Objev bývá nejčastěji připisován samostatně pracujícímu vědci.

Pro orientační porovnání se situací na základní škole a nižším gymnáziu doplňme, že v učebnicích nakladatelství Fraus (Čabradová, V. et al. 2003. *Přírodopis 6*. Plzeň: Fraus; Čabradová, V. et al. 2005. *Přírodopis 7*. Plzeň: Fraus; Vaněčková, I. et al. 2006. *Přírodopis 8*. Plzeň: Fraus; Švecová, M., Matějka, D. 2007. *Přírodopis 9*. Plzeň: Fraus) bylo dohromady uvedeno 15 různých osobností z dějin biologie, přičemž pět z nich bylo spjato s Českem – J. E. Purkyně, J. Janský, A. Hrdlička, J. Barrande a G. Mendel. Nejvíce osobností bylo uvedeno v učivu o člověku (12). Nejčastěji byli zmiňováni C. Linné, A. van Leeuwenhoek, J. Barrande a J. E. Purkyně, kteří se objevili ve dvou učebnicích.

Tab. 3: Způsob prezentace historické informace

	A	B	C	D	E	F	G	H	CH	I	J	K	L1	L2	L3	L4	L5	suma
Obrázek vědce	8	1	9	1	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	19	0	<b>42</b>
Obrázky ostatní	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3	1	<b>7</b>
Původní dokument	7	2	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	<b>15</b>
Text autora	81	18	31	9	0	3	7	13	9	1	5	2	0	0	7	15	14	<b>215</b>

Z tabulky 3 vyplývá, že s historií se žáci nejčastěji seznamují prostřednictvím textů autora učebnice. Při dokreslení tématu se občas uplatní podobizny vědců. Jiné způsoby, jak historickou látku žákům předložit, se využívají minimálně.

Tab. 4: Kontext historické informace

	A	B	C	D	E	F	G	H	CH	I	J	K	L1	L2	L3	L4	L5	suma
Vědecký	54	3	20	7	0	2	7	13	7	1	5	1	0	0	4	14	14	<b>152</b>
Technologický	17	13	5	2	0	0	1	2	4	0	0	0	0	0	2	2	0	<b>48</b>
Sociální	17	1	12	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	<b>33</b>
Politický	2	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>4</b>
Náboženský	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>6</b>
Terminologický	10	0	5	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	3	1	1	<b>25</b>
Epistemologický	5	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>7</b>

Historické informace jsou v učebnicích uváděny nejčastěji v souvislosti se změnou vědeckého poznání, méně často v souvislosti s pokrokem technologií (viz tab. 4). Ve většině učebnic bývá alespoň jedna zmínka vysvětlující původ určitého biologického termínu.

Tabulka 5 ukazuje, že většina autorů umísťuje historické informace do pasáží určených pro zájemce. Tyto úseky bývají graficky odděleny od hlavního textu.

Tab. 5: Význam historické informace

	A	B	C	D	E	F	G	H	CH	I	J	K	L1	L2	L3	L4	L5	suma
Informace v základním textu	11	1	16	0	0	1	2	9	12	1	2	0	0	0	7	1	14	<b>77</b>
Informace v doplňujícím textu	73	13	19	9	0	3	6	3	2	0	3	2	0	0	0	14	1	<b>148</b>

Tab. 6: Učební aktivity související s historií

	A	B	C	D	E	F	G	H	CH	I	J	K	L1	L2	L3	L4	L5	suma
Průzkum literatury	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
Rozbor dat	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zopakování historického pokusu	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Otázky	0	0	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	10
Ostatní	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Tab. 7: Bibliografie k historii

	A	B	C	D	E	F	G	H	CH	I	J	K	L1	L2	L3	L4	L5	suma
Tištěné publikace	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Internet	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5

Tab. 8: Způsob zařazení historických pasáží

	A	B	C	D	E	F	G	H	CH	I	J	K	L1	L2	L3	L4	L5	suma
Systematické	×	×																2
Nepravidelné																		
Jedna historická kapitola	×							×	×							×		4
Sporadické zmínky o historii						×	×				×				×		×	5
Častější historické pasáže				×														1
Žádné					×					×	×	×	×	×				5

Z tabulky 6 vyplývá, že učebních aktivit na historické téma bývá v učebnicích poskrovnu. Pokud se ojedinele vyskytnou, jde o testové otázky na znalost (tj. prosté vybavení přečtených informací), případně o výzvu k prostudování literatury a vypracování eseje na historické téma.

Doporučená či použitá literatura vztahující se k historickému vývoji biologie není obvyklou součástí učebnic (viz tab. 7).

U deseti z celkového počtu 17 učebnic buď zmínky o historii zcela chybí, nebo jsou pouze ojedinelé (viz tab. 8). Žádné historické informace neobsahují učebnice věnované zoologii (E, I), ekologii (K) a botanice (L1). Naopak nejvíce byly dějiny zohledněny v biologii člověka (A), genetice (C) a biologii buněk (D). Jak již bylo uvedeno výše, učebnice A a C pochází od téhož autora, který dějinám vědy připisuje nemalý význam. S ohledem na stav historického obsahu v ostatních učebnicích z daných oborů (H, CH, J, G, L4) a omezený počet učebnic nelze vyvodit závěr, že by se v určitém oboru věnovala dějinám větší pozornost. Stejně tak z tabulky 8 nelze vypožorovat žádný rozdíl mezi učebnicemi jednotlivých nakladatelství.

## DISKUSE

Výsledky z tabulky 8 ukazují, že se soudobé české gymnaziální učebnice biologie hodně liší prostorem, který historii věnují. Učebnice, které ho mají větší, jsou spíše



ojedinělé, většina učebnic dějiny nezohledňuje buď vůbecnebo jen okrajově. Toto zjištění je v souladu s podobnými výzkumy z jiných zemí: například podle prací Rutherforda (2001) či Wang a Cox-Petersona (2002) dějiny vědy v učebnicích příliš zohledněny nejsou. K obdobnému závěru dospěl také Gallagher (1991), podle něhož věnují učebnice vývoji vědeckých myšlenek jen malou pozornost a soustřeďují se hlavně na fakta.

Podle výzkumu Leite (2002) je v učebnicích prostor věnovaný dějinám vědy různě velký, přičemž většinou jsou historické odkazy mimo hlavní text, což je v souladu s výsledky uvedenými v tab. 5, a jen málokdy přispívají k adekvátnímu obrázku o vědě. Že jsou v soudobých učebnicích dějiny vědy zmíněny jen okrajově, dokládá také Monk a Osborne (1997). Jejich práce navíc upozorňuje, že historické pasáže nabízejí whigovské pojetí dějin, tj. chápou historický vývoj jako kumulativní pokrok směřující k vrcholu v podobě moderních výzkumů. Na whigovskou interpretaci dějin, která ne vždy přispívá k porozumění vývoje vědy, naráží také Brush (2000) a tabulka 2 svědčí o její přítomnosti i v českých učebnicích biologie.

Celkově jsou tedy závěry uvedených studií ve shodě se zjištěními této práce.

## ZÁVĚR

Mnohé výzkumy ukazují, že vzhledem k vlivu vědy v dnešním světě je potřeba podporovat vědeckou gramotnost žáků a že se k dosažení tohoto cíle dá využít dějin vědy. Tyto výzkumy ale také dokládají, že uplatnění této myšlenky v praxi naráží na řadu potíží, mj. na nedostatečné povědomí učitelů o dějinách vědy, a že se v této situaci učitelé velmi spoléhají na učebnice, jejichž kvalita tak může ovlivnit úroveň podání historické problematiky.

S ohledem na klíčovou roli učebnic mapovala autorka této práce stav českých učebnic. Zkoumány byly recentní učebnice biologie určené vyššímu gymnáziu. Studie ukázala, že se učebnice dosti liší množstvím historického obsahu, nicméně že většina učebnic dějinám věnuje jen okrajovou pozornost. Historické odkazy obvykle představovaly krátké zmínky v nadstavbovém textu o vědci a jemu připisovaném objevu. Pokud učebnice výjimečně popisuje vývoj biologie, jedná se o whigovské pojetí dějin. Takto pojaté dějiny bohužel postrádají příběhy, které mají velký potenciál oživit text učebnice. Podle názoru Hájkové (2016) by pro dobro věci stačilo pár vhodně zvolených historických událostí.

Na životních příbězích jejich aktérů by žáci zakusili povahu dané doby i vědy samotné. Pouze ve dvou učebnicích z celkového počtu 17 byly dějiny biologie skutečně integrální součástí publikace. Výzkum naznačil, že rozdílné začleňování historie je dáno přístupem autora učebnice, vliv nakladatelství či tradice daného biologického oboru v tom podle dostupných údajů nehrají roli.

## LITERATURA

Abd-El-Khalick, F. & Lederman, N. G. (2000). The influence of history of science courses on students' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(10), 1057–1095.

Brush, S. (2000). Thomas Kuhn as a historian of science. *Science & Education*, 9(1), 39–58.

- Gallagher, J. J. (1991). Perspective and practicing secondary school science teachers' knowledge and beliefs about the philosophy of science. *Science Education*, 75(1), 121–134.
- Hájková, J. (2016). Dějiny biologie – učit, či neučit? *Živa*, 6, 141–142.
- Hodson, D. (1986). Philosophy of science and science education. *Journal of Philosophy of Education*, 20(2), 215–225.
- Holton, G. (2003). What historians of science and science educators can do for one another. *Science & Education*, 12(7), 603–616.
- Irwin, A. R. (2000). Historical case studies: Teaching the nature of science in context. *Science Education*, 84(1), 5–26.
- Justi, R. & Gilbert, J. (2000). History and philosophy of science through models: Some challenges in the case of the atom. *International Journal of Science Education*, 22(9), 993–1009.
- Klopfer, L. E. (1969). The teaching of science and the history of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 6(1), 87–95.
- Klopfer, L. & Cooley, W. (1961). *Use of case histories in the development of student understanding of science and scientists*. Cambridge, Massachusetts: Graduate School of Education, Harvard University.
- Kyle, W. C. (1970). Assessing students' understanding of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(9), 851–852.
- Lederman, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 331–359.
- Lederman, N. G. (1995). The influence of teachers' conceptions of the nature of science on classroom practice. In F. Finley et al. (Eds.), *Third international history, philosophy and science teaching conference* (656–663). Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Leite, L. (2002). History of science in science education: Development and validation of a checklist for analysing the historical content of science textbooks. *Science & Education*, 11(4), 333–359.
- Lin, H. S., Hung, J. Y. & Hung, S. C. (2002). Using the history of science to promote students' problem-solving ability. *International Journal of Science Education*, 24(5), 453–464.
- Matthews, M. R. (Ed.) (1994). *Science teaching: The role of history and philosophy of science*. New York: Routledge.
- Monk, M. & Osborne, J. (1997). Placing the history and philosophy of science on the curriculum: A model for the development of pedagogy. *Science Education*, 81(4), 405–424.
- Pella, M. O. et al. (1966). Scientific literacy: Its referents. *The Science Teacher*, 33(5), 44.
- Rutherford, F. J. (2001). Fostering the history of science in American science education. *Science & Education*, 10(6), 569–580.
- Rutherford, F. & Ahlgren, A. (1990). *Science for all Americans*. Oxford, New York: Oxford University Press.
- Slezak, P. (1994). Does science teaching need history and philosophy of science? In M. R. Matthews (Ed.), *Science teaching: The role of history and philosophy of science* (21–38). New York: Routledge.

Snow, C. P. (1959). *Two cultures and the scientific revolution*. New York: Cambridge University Press.

Solomon, J. et al. (1992). Teaching about the nature of science through history: Action research in the classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 409–421.

Wandersee, J. H. (1986). Can the history of science help science educators anticipate students' misconceptions? *Journal of Research in Science Teaching*, 23(7), 581–597.

Wandersee, J. H. (1985). The history phone. *Science and Children*, 23(1), 15–17.

Wang, H. A. & Cox-Peterson, A. M. (2002). A comparison of elementary, secondary and student teachers' perceptions and practices related to history of science instruction. *Science & Education*, 11(1), 69–81.

Wang, H. A. & Marsh, D. D. (2002). Science instruction with a humanistic twist: Teachers' perception and practice in using the history of science in their classrooms. *Science & Education*, 11(2), 169–189.

---

JANA HÁJKOVÁ, hajkova6@natur.cuni.cz  
Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta  
Katedra učitelství a didaktiky biologie  
Viničná 7, Praha-Nové Město, Česká republika

## Pedagogický výzkum jako součást kvalifikačních prací studentů učitelství biologie

*Vanda Janštová, Petr Novotný*

### Abstrakt

Opakovaně se objevují apely, že škola má žáky vést ke kritickému myšlení, práci s literárními zdroji, badatelsky orientované výuce a plánování experimentů. Těmi, kdo má tyto přístupy a metody zprostředkovávat, jsou učitelé. Je proto důležité, aby budoucí učitelé rozeznávali důvěryhodné zdroje literatury, kriticky vyhodnocovali informace a v neposlední řadě měli správnou představu o tom, jak probíhá pedagogický výzkum. I když není nutné, aby jej učitelé z praxe přímo prováděli, je vhodné, aby znali metody a trendy, které jim pomohou aktualizovat a zefektivnit výuku. Myslíme si, že jednou z možných cest jak získat představu o úspěchu přípravy učitelů v naznačených doménách, je analýza kvalifikačních prací studentů učitelství. Provedli jsme proto kvalitativní analýzu všech prací obhájených na našich domovských katedrách za poslední tři roky ( $n = 199$ ) doplněnou o porovnání mezi absolventy dvou kateder, které se věnují přípravě budoucích učitelů biologie na Univerzitě Karlově. Pedagogický výzkum obsahovalo 60 prací, absolventi k získání dat nejčastěji volili dotazník, který ale často nebyl pilotně ověřen, nebyla zjišťována reliabilita ani validita. V řadě prací chyběly údaje o výběru respondentů. Absolventi obou kateder se lišili mj. v míře použití induktivní statistiky. Zjištění jsou dále diskutována.

**Klíčová slova:** příprava učitelů, biologie, závěrečné práce, absolventská práce, kvalifikační práce.

## Pedagogical Research as a Part of Pre-service Biology Teachers' Theses

### Abstract

We are hearing many recommendations to teach critical thinking, work with different sources of information, inquiry based teaching and experiment planning. Because the teacher is supposed to transmit these skills to his/her students, it is crucial pre-service teachers should be able to recognize credible sources of information, be critical about information gained and have an idea how pedagogical research is conducted. Although it is not necessary that in-service teachers conduct research, they should know trends which help them to keep their teaching up to date and effective. We conducted a content analysis to find out the focus of pre-service biology teachers' theses, because we believe such analysing is one of possible ways how to gain an idea about success of pre-service teachers' preparation. We analysed all theses ( $n = 199$ ) defended at our home departments in last three years and compared the theses of pre-service teachers from each faculty. Pedagogical research was a part of 60 theses, the most frequently used tool for acquiring data was a questionnaire. A number of theses failed to describe respondent selection. Pre-service teachers from the two departments differed e.g. in the extent of inductive statistics usage. Results are discussed and steps to improve suggested.

**Key words:** pre-service teacher education, biology, thesis.

## ÚVOD

Je celospolečensky řešenou otázkou, které dovednosti a znalosti by si měli osvojit absolventi základních a středních škol, potažmo budoucí učitelé těchto absolventů. Obecně panuje shoda v tom, že absolventi i učitelé základních škol by měli být schopni se rozhodnout na nejen základě biologických znalostí, ale i kritického zhodnocení informací (Papáček, 2010; Vohra, 2000; Younès, 2000).

Při výuce přírodních věd často není věnován dostatek prostoru plánování a vyhodnocování pokusů, objevování a bádání žáků a nejsou zdůrazněny souvislosti s každodenním životem žáků (Rennie, Goodrum & Hackling, 2001). Žáci pak tyto předměty mohou snáze vnímat jako nudné (Goodrum, Rennie & Hackling, 2001) a obtížné (Lyons, 2006), což je případ i České republiky (Bílek, 2008). Byla navrhována řešení, která jsou proveditelná a vhodná pro české prostředí, jako je například využívání badatelsky orientovaného vyučování (Papáček, 2010), tedy získání nových znalostí objevováním (Bílek, 2008), využívání problémových úloh (Čížková, 2002), přírodnin a živých organismů (Chudá, 2007), práce s literárními zdroji a kritické myšlení, například prostor pro řízenou diskuzi (Bílek, 2008; Lyons, 2006; Scharfenberg & Bogner, 2011), či vztahování ke každodennímu životu žáků a jejich koníčkům (Chalupková & Demkanin, 2011). Možnost ztraktivnění učiva nabízí také využití multimédií ve výuce (Odcházalová, 2014). Výše zmíněné přístupy při správném provedení podporují aktivní roli žáka, což je nutný předpoklad efektivní výuky (Armbruster, Patel, Johnson & Weiss, 2009). Na základě šetření PISA<sup>1</sup> je bohužel zřejmé, že v průběhu posledních let (mezi lety 2006 a 2015) došlo ke zhoršení přírodovědné gramotnosti žáků, konkrétně zejména schopnosti naplánovat pokus a následně vyhodnotit výsledky a vyvodit z nich závěry (Česká školní inspekce, 2015). Je tedy otázkou, nakolik jsou výše zmíněné postupy používány učiteli ve výuce. Výzkumníci se na šetření PISA naopak zaměřují čím dál tím více, jak ukazují Hopfenbeck et al. (2017), a výsledky nejsou brány na lehkou váhu. Například v sousedním Německu na základě výsledků šetření PISA přehodnocují kurikulum, došlo i ke změně politického a akademického diskurzu (Ertl, 2006). Obdobně své výsledky sledují a vyvozují z nich důsledky i další země včetně úspěšného Finska (Schatz, Popovic & Dervin, 2017) a mimoevropských států jako Japonsko (Tasaki, 2017) nebo Čína (Tan, 2017).

Je nesporné, že pokud si tyto výzkumné přístupy mají osvojit žáci, musí je v první řadě ovládat učitelé z praxe, potažmo budoucí učitelé (Hine, 2013; Koenig, Schen & Bao, 2012). Je na místě zkoumat, zda jsou studenti učitelství v průběhu studia seznámeni např. s plánováním, provedením a vyhodnocením výzkumu či s uspořádáním pokusů. Kromě absolvování předmětů, které svým obsahem pokrývají tyto problematiky, je další příležitostí, jak si osvojit dovednosti experimentovat a obecně pracovat se zdroji a kriticky myslet, vypracování absolventské (bakalářské a magisterské) práce. Kvalifikační práce pak demonstruje úroveň dovedností, již absolvent v rámci studia dosáhl, a přímo se nabízí pro zhodnocení a reflexi přípravy učitelů. Zahraniční autoři zároveň upozorňují na fakt, že učitelé musí analyzovat výukové situace, přizpůsobovat metody a formy výuky individualitě žáků a stále se měnícím požadavkům společnosti. Je proto s výhodou, pokud jsou schopni provádět výzkum v malém měřítku svých tříd, což napomůže zvýšit kvalitu jejich výuky (Lamanauskas & Augienė, 2016; Taber, 2010). „Učitel výzkumník“ se stává synonymem pro „učitele profesionála“, který se sám stále učí (Fueyo & Koorland, 1997). Lamanauskas a Augienė (2016) ukázali, že výzkum je zásadní součástí přípravy budoucích učitelů

---

<sup>1</sup>Programme for International Student Assessment

přírodovědných předmětů na jejich povolání. Je zajímavé, že důležitost výzkumu pro svůj profesionální i osobní rozvoj vnímali i studenti učitelství. Účast pregraduálních studentů ve výzkumu obecně zvýšila pravděpodobnost, že výzkum využijí i ve své profesi i samostatnost a motivaci studentů k dalšímu studiu (Lopatto, 2007).

Kvalita přípravy učitelů a pedagogického výzkumu je aktuálním tématem posledních let. Rozvoj pedagogického výzkumu i v rámci přípravy budoucích učitelů je důležitý i proto, že ze studentů učitelských oborů se také často rekrutují studenti postgraduálních didakticky zaměřených oborů (v případě didaktiky biologie obor Vzdělávání v biologii), kteří jsou budoucími výzkumníky na poli oborových didaktik a rozvíjí poznání daného oboru (Papáček et al., 2015; Čížková, Kubiátko, Petr & Závodská, 2015; Pavlasová, 2015). Na to, že potřeba kultivace pedagogického výzkumu je vnímána i dalšími autory ukazuje fakt, že v posledních letech můžeme i v českých odborných periodických nalézt metodicky zaměřené příspěvky (např. Soukup, 2016; Soukup & Kočvarová, 2016; Soukup & Rabušic, 2007), které bezesporu mohou napomoci vyšší kvalitě pedagogického výzkumu obecně.

Tato práce je popisná, klade si za cíl seznámit čtenáře se stavem problematiky a ideálně doplnit odbornou diskuzi na téma kvality kvalifikačních prací studentů učitelství biologie, která byla v českém prostředí zahájena pracemi Pavlasové (2015), Kroufka (2016) a Hybšové (2017). Jejich práce byly nicméně zaměřeny na specifické okruhy absolventů, v případě Pavlasové (2015) na disertační práce zaměřené na didaktiku biologie, Kroufek (2016) analyzoval kvalifikační práce budoucích učitelů mateřských škol. Hybšová (2017) se podrobně zaměřila na analýzu těch prací, které obsahovaly kvantitativní výzkum. Disertační práce zaměřené na didaktiku chemie a fyziky byly analyzovány Ruskem (2015), resp. Žákem (2015).

## VÝZKUMNÉ OTÁZKY

V rámci studie jsme chtěli zodpovědět následující výzkumné otázky:

1. Jaký podíl absolventských prací studentů učitelství biologie se věnuje pedagogickému výzkumu či biologickým oborům a která témata jsou současnými studenty řešena? – Vycházíme z představy, že absolventské práce souzní s výzkumným zaměřením pracoviště a s pojetím přípravy budoucích učitelů, a mohly by ukázat na soulad/rozpor s tematickým zaměřením aktuálního diskurzu didaktiky biologie.
2. Jak je pojímána metodika sběru a analýza získaných dat? – Tedy dbají studenti učitelství biologie na popis metodiky výběru vzorku, které metody preferují, a dokáží sebraná data analyzovat?
3. Ve kterých faktorech se liší kvalifikační práce obhájené na dvou různých katedrách připravujících budoucí učitele biologie na Univerzitě Karlově?

## METODIKA

Do přehledové studie byly zahrnuty všechny bakalářské a diplomové práce obhájené budoucími učiteli biologie a přírodopisu na KBES<sup>2</sup> a na KUDBi<sup>3</sup>, a to za poslední

<sup>2</sup>Katedra biologie a environmentálních studií Pedagogické fakulty Univerzity Karlovy

<sup>3</sup>Katedra učitelství a didaktiky biologie Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy

tří akademické roky (akademický rok 2013/2014–2015/2016). Kvalifikační práce bakalářského i magisterského stupně byly zařazeny z toho důvodu, že v obou se může vyskytnout pedagogický výzkum. Všechny tyto práce jsou dostupné elektronicky v repositáři závěrečných prací Univerzity Karlovy<sup>4</sup>, včetně posudků a výsledků obhajoby. Zhruba polovinu prací jsme měli k dispozici v tištěné podobě před odesláním do archivu, k ostatním jsme přistoupili přes uvedený repositář.

## PŘEDVÝBĚR

Práce byly hodnoceny podle předem daných kritérií vždy jedním z autorů tohoto příspěvku, v nejasných případech posouzení jsme hledali konsensus.

Některé kategorie byly dodány podle potřeby v průběhu analýzy. Vedle základních kritérií jako typ práce, pracoviště či pohlaví, která byla čerpána z databáze studijních výsledků, jsme rozlišovali *obor práce* ve smyslu biologických disciplín (buněčná a molekulární biologie, genetika, evoluční biologie, mikrobiologie (virologie a bakteriologie), protozoologie, botanika, zoologie, mykologie, antropologie, ekologie, environmentalistika, popis lokality, geologie) nebo pedagogiky/oborové didaktiky. Paleontologické práce byly řazeny do oborů zoologie či botaniky. Práce označené jako „popis lokalit“ jsou poměrně časté a představují zpracování určité, rozličně vymezené lokality (chráněné území, okolí školy, intravilán obce atp.) které je zpracováno se zahrnutím kombinovaného popisu místní geologie, geomorfologie, botaniky, zoologie, historie či jiného, nezřídka společenskovedního, rázu. Práce zařazené pod jednotlivé biologické obory mohly obsahovat i pedagogický výzkum, nepředstavoval však těžiště dané kvalifikační práce.

V dalším kroku jsme rozlišovali, zda se jedná o práci čistě přehledového charakteru, obvykle doplněnou o určitou formu zpětné vazby zjišťující spokojenost žáků a pedagogů v případě, že byla navržena výuková aktivita (zaměřené například na pochopení vytvořených pracovních listů), nebo výzkumně laděnou práci. Práce přehledové povahy, i pokud byly doplněny o zjištění zpětné vazby, jsme z dalšího zpracování vyloučili (viz obr. 1).

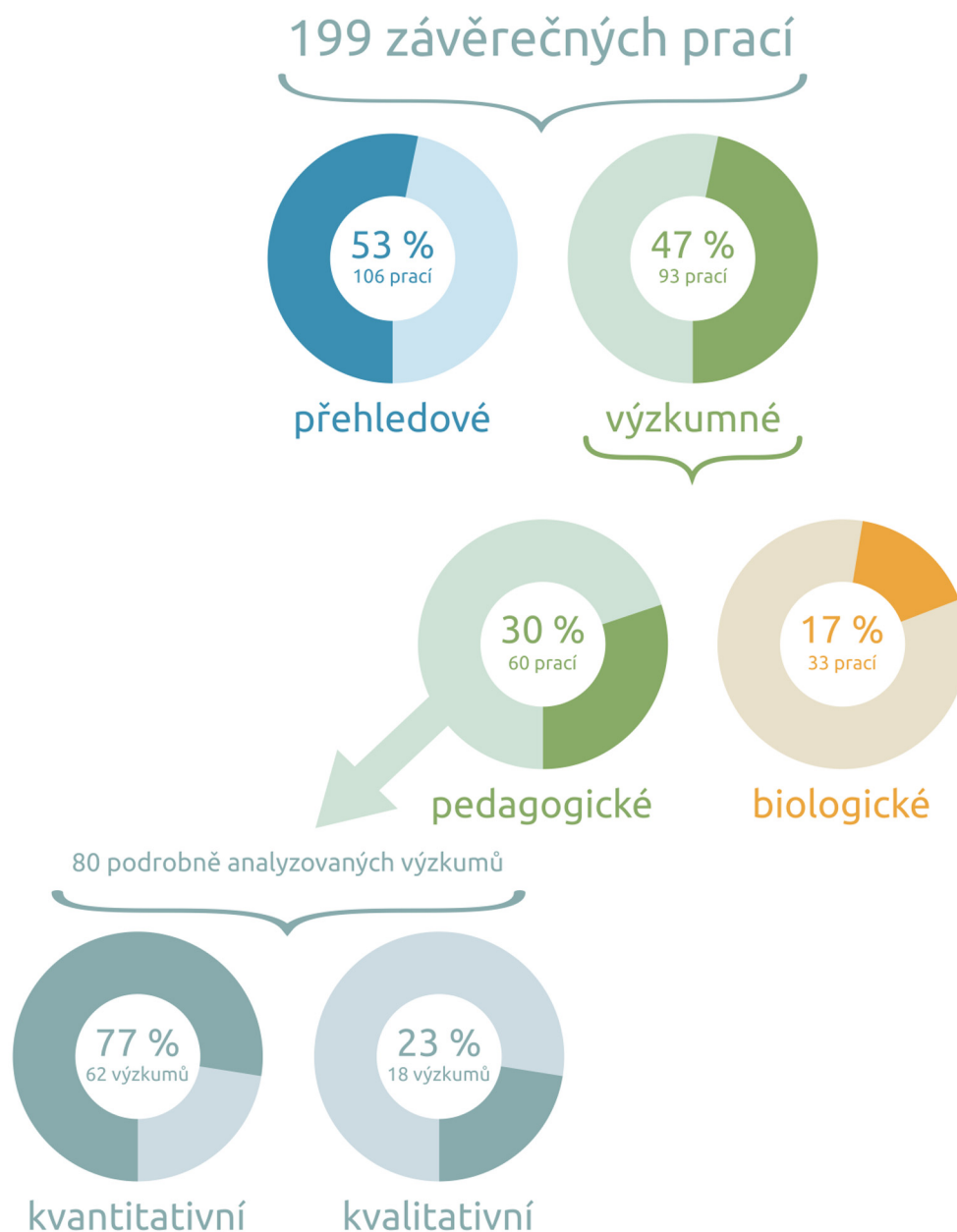
Výzkumně laděné práce jsme poté rozdělili podle *oboru výzkumu* na „biologické“ a „pedagogické“. Protože studium učitelství zahrnuje biologii *sensu latissimo*, není snadné smysluplně kategorizovat velmi různorodé typy biologicky odborně zaměřených výzkumů a srovnávat jejich metodiku, a analýza biologicky zaměřených výzkumných prací by přesáhla rozsah tohoto příspěvku. Blíže jsme se proto zaměřili pouze na kvalifikační práce, které obsahovaly pedagogický výzkum.

## PODROBNÁ ANALÝZA PEDAGOGICKÝCH VÝZKUMŮ

Ve finálním souboru tedy zbyly jen ty práce, které obsahovaly výzkum pedagogického rázu, ať jako hlavní obsah práce nebo jako doplněk výzkumu oborového. V případě, kdy práce obsahovala několik organizačně oddělených výzkumů či nasazení kombinace nástrojů, rozdělili jsme tyto jako samostatné entity. U nich jsme se již detailně věnovali kategorizaci tematického zaměření výzkumu, povaze výzkumného nástroje (původ, typ, stavba), zjišťování psychometrických vlastností dotazníků (validita, reliabilita), získávání dat (forma komunikace, výběr vzorku, cílová skupina) a způsobu vyhodnocení získaných dat. Metodika této fáze byla volně inspirována studií Pavlasové (2015).

---

<sup>4</sup>Dostupné z [https://is.cuni.cz/webapps/zzp/search/?lang=cs&tab\\_searchas=basic](https://is.cuni.cz/webapps/zzp/search/?lang=cs&tab_searchas=basic)



Obr. 1: Postup výběru prací pro podrobnou analýzu

*Typ výzkumu* byl rozlišován na kvantitativní a kvalitativní. Celý postup členění analyzovaných prací znázorňuje obr. 1.

Velmi důležitou kategorií je *směřování výzkumu*, zde jsme rozlišovali uvedené možnosti: zjišťování prekonceptů, znalostí, postojů, chování, užitých metod a forem výuky, využívání didaktických pomůcek a materiálů, analýza kurikulárních dokumentů, zjišťování učiva. Pro vysoce specifické výzkumy jsme použili kategorii „jiné“.

U *typu výzkumného nástroje* (dotazník, rozhovor, pozorování, analýza dokumentů a učebnic, didaktický test) jsme nerozlišovali, zda se jedná o strukturovaný či nestrukturovaný rozhovor/pozorování, neboť ne vždy bylo zřejmé, o který typ se jednalo, a struktura kategorie by se nepřehledně rozdrobila. To, zda byl výzkumný nástroj tvořený *de novo*, či autor navazoval na již existující výzkum včetně nástroje zohledňujeme v kategorii *původ výzkumného nástroje* (převzatý a inspirovaný předchozím výzkumem, nebo nový – zde bylo u dotazníků rozlišováno, zda byl pilotně vyzkoušen). Bylo také sledováno, zda autoři provedli ověření validity a reliability.



Protože zejména u dotazníků se nabízí větší škála možných forem organizace, které mohou ovlivňovat výsledek a především ukazují na metodický přístup, uvádíme *způsob komunikace s respondenty* (elektronicky prostřednictvím e-mailu, elektronicky prostřednictvím on-line dotazníku, osobně, kombinace) a kdo byl přímým zadavatelem (autor práce, proškolený učitel, kombinace).

Při sledování *věkové kategorie respondentů* jsme vycházeli ze stupně školy; nebylo však možné použít stupnici ISCED<sup>5</sup>, protože se vyskytovaly práce, u nichž nešlo rozlišit podíl směřovaný na druhý stupeň ZŠ versus nižší gymnázia, či práce zaměřené na učitele. Rozlišované kategorie jsou tedy tyto: mateřské školy, první stupeň základních škol, druhý stupeň základních škol, druhý stupeň základní školy společně s nižšími gymnázii, střední školy, studenti vysokých škol, učitelé a veřejnost.

Posledními kritérii byly *výběr respondentů* (výběr dostupný – vlastní žáci posluchače, jeho domovská škola apod., celý soubor, výběr územně správního celku, sněhová koule, cílený výběr) a *způsob statistického zpracování dat*; pochopitelně pouze v případech, kde to umožnil typ dat (pouze absolutní a relativní četnosti, pouze popisná statistika, induktivní statistika).

Pomocí Fisherova exaktního testu jsme porovnali zastoupení vybraných kategorií mezi oběma pracovišti. Rozdíly byly považovány za signifikantní, pokud dosažená hladina testu ( $p$ ) byla menší než zvolená 5% hladina významnosti ( $p < 0,05$ ). K výpočtům byl použit statistický balík R verze 3.1.1 (R Core Team, 2014).

## VÝSLEDKY

Z celkového souboru 199 prací bylo 102 (51 %) bakalářských a 97 (49 %) magisterských, mezi autory převládaly ženy (174, tj. 87 %, z toho 152 na PedF a 22 na KUDBi) nad muži (25, tj. 13 %, z toho 23 na PedF a 2 na KUDBi). Většina prací (175, tj. 88 %) pocházela z KBES, menší část (24, tj. 12 %) byla obhájena na KUDBi.

U každé práce jsme určili dominantní oborové zaměřené práce a získané zastoupení podle jednotlivých oborů je uvedeno v tabulce 1. Zastoupení oborů se mezi oběma pracovišti lišilo ( $p = 0,01$ ).

Tab. 1: Zastoupení oborů, kterým byly věnovány absolventské práce

$\Sigma = 199$	Absolutní četnost	Relativní četnost v %	Absolutní četnost PedF	Absolutní četnost KUDBi
Zoologie	62	31	59	3
Antropologie	42	21	35	7
Botanika	27	14	22	5
Popis lokality	19	10	18	1
Pouze pedagogika/didaktika biologie	18	9	12	6
Environmentalistika	13	7	13	0
Mikrobiologie (virologie a bakteriologie)	5	3	5	0
Geologie (bez paleontologie)	4	2	4	0
Mykologie	3	2	3	0
Buněčná a molekulární biologie	2	1	2	0
Evoluční biologie	2	1	0	2
Genetika	1	1	1	0
Protozoologie	1	1	1	0

<sup>5</sup>International Standard Classification of Education

Většina prací byla přehledové povahy (106, tj. 53 %), tyto práce neobsahovaly pedagogický výzkum (tedy ani evaluaci v pravém slova smyslu), mohly obsahovat zjištění zpětné vazby od žáků a učitelů; jako výzkumně laděné jsme označili 93 (tj. 47 %) prací. Z výzkumně laděných jsme dále vyloučili 33 (tj. 17 %) prací čistě biologických, u nichž považujeme další srovnávání za zavádějící (viz Metodika). Přesto bychom rádi zprostředkovali vzhled na zaměření prací, za tímto účelem publikujeme jako elektronický *appendix A* tohoto příspěvku jejich jmenný seznam doplněný o námi použitou kategorii „obor“. Zastoupení přehledových a výzkumných prací mezi pracemi bakalářskými a diplomovými ukazuje tabulka 2. I když je vidět, že výzkumné práce byly častěji zastoupeny mezi pracemi diplomovými, myslíme si, že je na místě zahrnout i práce bakalářské, které představovaly třetinu výzkumně laděných prací. Naším cílem nebylo porovnávat typy prací, ale analyzovat úroveň pedagogického výzkumu v kvalifikačních pracích obecně.

Tab. 2: Zastoupení přehledových a výzkumných prací mezi bakalářskými a diplomovými pracemi

$\Sigma = 199$	Přehledové práce	Výzkumné práce	Přehledové práce – relativní četnost v %	Výzkumné práce – relativní četnost v %
Bakalářské práce	72	30	36	15
Diplomové práce	34	63	17	32

Ve zbývajících 60 (30 % celkové počtu) pracích bylo identifikováno 80 pedagogických výzkumů, z toho 18 (tj. 23 % výzkumů) zaměřených kvalitativně a 62 (tj. 77 % výzkumů) kvantitativně; není-li uvedeno jinak, v další části textu hovoříme vždy jen o této podskupině. Mezi absolventy KBES a KUDBi byl rozdíl v míře zastoupení typů výzkumu ( $p = 0,001$ ), jak je vidět z tabulky 3, celkově převládal kvantitativní výzkum, který byl i více zastoupený mezi absolventy KUDBi. Celkem 6 prací, jedna obhájená na KUDBi, zbylých pět na KBES, obsahovalo smíšený design výzkumu.

Tab. 3: Zastoupení kvalitativního a kvantitativního výzkumu ve výzkumných pracích

$\Sigma = 80$	Absolutní četnost	Relativní četnost v %	Absolutní četnost PedF	Absolutní četnost KUDBi
Kvalitativní výzkum	18	23	15	3
Kvantitativní výzkum	62	78	46	16

Některé sledované kategorie byly příležitostně neaplikovatelné na danou práci (statistické zpracování kvalitativních výzkumů či zadavatel u analýz učebnic), proto jsou dále uváděné relativní četnosti počítány z různých základů (rovno nebo menší 80 výzkumům, uvedeno v levém horním rohu tabulek).

Prvním, a z našeho pohledu velmi podstatným, sledovaným znakem je tematické zacílení výzkumu. Dominující byly práce sledující metody výuky (jejich zastoupení, efektivitu apod.), těsně sledované zjišťováním znalostí (z toho tři absolventi provedli kvazi-experiment), dohromady tvoří téměř polovinu všech prací (38, tj. 48 %). Na opačném pólu popularity leží sledování učiva společně s prekoncepty a užitím učebních pomůcek (6, tj. 8 %); zjištěné hodnoty ukazuje tabulka 4. Při srovnání tematického zacílení podle kateder není patrný statisticky významný rozdíl ( $p = 0,15$ ). Nicméně jak je vidět z tabulky 3, řada témat není na KUDBi řešena.

Tab. 4: Tematické zacílení výzkumu

$\Sigma = 80$	Absolutní četnost	Relativní četnost v %	Absolutní četnost PedF	Absolutní četnost KUDBi
Metody a formy	20	25	13	7
Znalosti	18	23	12	6
Chování	13	16	12	1
Postoje	11	14	6	5
Kurikulární dokumenty	7	9	7	0
Jiné	5	6	5	0
Pomůcky a materiály	3	4	3	0
Prekoncepty	2	3	2	0
Učivo	1	1	1	0

Sledované věkové kategorie respondentů v rámci výzkumů realizovaných v praxích odpovídají zaměření absolventů – studentů učitelství, blíže viz tabulka 5. Absolventi na KUDBi se zaměřovali spíše na starší žáky, na KBES se nevyhýbali ani předškolním dětem, rozdíly mezi pracovišti ale nebyly signifikantní ( $p = 0,17$ ).

Tab. 5: Věková kategorie respondentů. SŠ – střední škola, ZŠ – základní škola

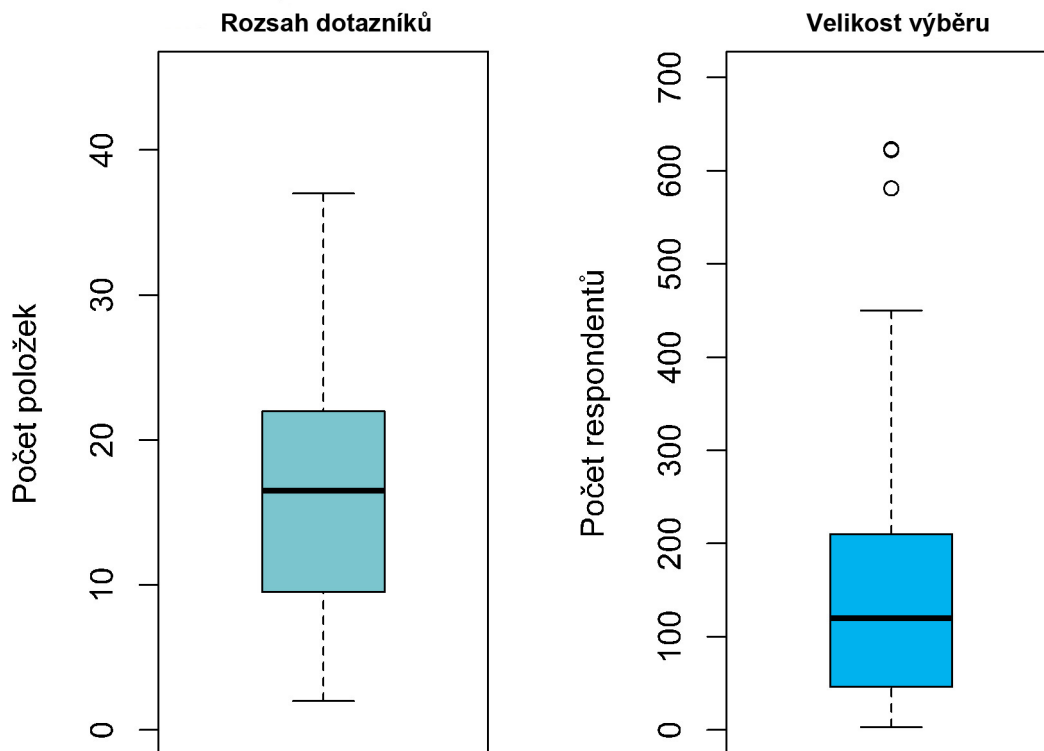
$\Sigma = 80$	Absolutní četnost	Relativní četnost v %	Absolutní četnost PedF	Absolutní četnost KUDBi
SŠ (střední školy)	22	28	14	8
Učitelé (všech stupňů)	21	26	13	8
ZŠ druhý stupeň	15	19	13	2
Veřejnost	6	8	6	0
ZŠ první stupeň	5	6	5	0
MŠ (mateřské školy)	4	5	4	0
ZŠ + SŠ (druhý stupeň společně se SŠ)	4	5	4	0
Vysokoškolská studenti	3	4	2	1

Mezi výzkumnými nástroji výrazně dominuje dotazník (49, tj. 61 %), jak ukazuje tabulka 6; rozdělení četností typu nástrojů ve srovnání podle kateder taktéž nevykazuje statisticky významný rozdíl ( $p = 0,66$ ).

Tab. 6: Použitý výzkumný nástroj

$\Sigma = 80$	Absolutní četnost	Relativní četnost v %	Absolutní četnost PedF	Absolutní četnost KUDBi
Dotazník	49	61	36	13
Rozhovor	9	11	7	2
Didaktický test	8	10	5	3
Analýza učebnic	7	9	7	0
Pozorování	6	8	5	1
Jiné	1	1	1	0

U dotazníku jako dominantního nástroje jsme sledovali počet položek a velikost vzorku, viz graf na obr. 2.



Obr. 2: Rozložení počtu položek a velikosti vzorku u výzkumů založených na dotazníkovém šetření. Jsou znázorněny medián, minimum a maximum, dolní a horní kvartil (odlehle hodnoty zobrazují 623 resp. 622 a 581 respondentů). Byla vyloučena extrémní hodnota 1 800 respondentů

Naprostá většina (60, tj. 90 %) výzkumů byla založena na *de novo* postavených dotaznících, položkách, či metodikách a pouze jednotlivé práce převzaly či upravily (7, tj. 10 %) již existující nástroj ( $\Sigma = 67$ ), jak je shrnuto v tabulce 7. Mezi katedrami nebyl zjištěn rozdíl ( $p = 0,09$ ).

Tab. 7: Původ výzkumného nástroje

$\Sigma = 67$	Absolutní četnost	Relativní četnost v %	Absolutní četnost PedF	Absolutní četnost KUDBi
Nový	60	90	45	15
Upravený/Převzatý	7	10	3	4

Dotazníky ( $\Sigma = 49$ ) nebyly ve většině případů pilotně ověřeny před vlastním použitím (33, tj. 67 %), pouze menší část byla předem pilotována (16, tj. 33 %). Tabulka 8 ukazuje rozdíly mezi pracovišti, které byly signifikantní ( $p < 0,001$ ), častěji dotazníky pilotně ověřili absolventi KUDBi.

Tab. 8: Pilotní ověření použitých dotazníků

$\Sigma = 57$	Absolutní četnost	Relativní četnost v %	Absolutní četnost PedF	Absolutní četnost KUDBi
Pilotáž	22	39	8	14
Bez pilotáže	35	61	33	2

Pouze v jediné práci obhájené na KUDBi byla zmínka o spolehlivosti výzkumného nástroje, reliabilitě, konkrétně byla spočítána hodnota Cronbachova alfa. Žádný ze zbylých 48 autorů se spolehlivostí použitého nástroje nezabýval. Validitu pak v kontextu s použitým dotazníkem nezmiňuje žádný z absolventů.

Kategorie „způsob zadání“ nebyla z povahy věci u osmi výzkumů aplikovatelná, relativní četnosti jsou tedy uváděny ze základu  $\Sigma = 72$ . V tabulce 9 rozlišujeme elektronický formulář (on-line dotazník) a stavíme email jako samostatnou kategorii. Při sloučení těchto kategorií lze říci, že 50 (69 %) výzkumů bylo zadáno pouze osobně a 14 (20 %) bylo zadáno pouze elektronickou cestou. Pokud zvolili absolventi elektronickou cestu, posílali dotazník buď e-mailem, nebo získali data pomocí elektronického formuláře. Tyto způsoby komunikace jsme rozlišovali, protože se liší náročností vyplnění z pohledu respondenta. V případě dotazníku poslaného e-mailem bylo zapotřebí stáhnout dokument a po vyplnění ho odeslat zpět, elektronický formulář, ve kterém jsou odpovědi vyplněny on-line, považujeme za lepší a z hlediska respondenta snazší variantu. Byly použity dva typy elektronických formulářů, převažoval Google formulář<sup>6</sup> (8) nad Survio<sup>7</sup> (2). Nebyl zjištěn rozdíl ve formě zjišťování dat, kterou absolventi obou kateder použili ( $p = 0,78$ ).

Tab. 9: Forma zjišťování dat

$\Sigma = 72$	Absolutní četnost	Relativní četnost v %	Absolutní četnost PedF	Absolutní četnost KUDBi
Osobně	50	69	35	15
Elektronický formulář	10	14	7	3
Kombinace osobně + elektronicky	7	10	6	1
Email	4	6	4	0
Neuvedeno	1	1	1	0

V naprosté většině případů (56, tj. 80 %) data sbírali samotní absolventi, ve třech případech (4 %) zadával dotazník oslovený vyučující, a řada studentů vůbec tuto informaci neuvedla (7, tj. 10 %); relativní četnosti jsou uváděny ze základu  $\Sigma = 70$  a prezentuje je tabulka 10. Mezi pracovišti nebyl zjištěn rozdíl ( $p = 0,83$ ).

Tab. 10: Kdo sbíral výzkumná data

$\Sigma = 70$	Absolutní četnost	Relativní četnost v %	Absolutní četnost PedF	Absolutní četnost KUDBi
Absolvent	56	80	39	17
Neuvedeno	7	10	6	1
Kombinace absolvent + učitel	4	6	3	1
Učitel	3	4	3	0

Při analýze nás zajímalo, jak absolventi realizují výběr testovacího souboru, a zejména zda si jsou vědomi, o jak významnou informaci se jedná (a tedy ji nezapomenou uvést). Různé typy výběru uvádí tabulka 11, nelze nezdůraznit, že 31 výzkumů (41 %) vůbec neuvádí, jakým způsobem byl výběr proveden ( $\Sigma = 75$ ). Podle očekávání v žádné z prací nenalezneme náhodný výběr (viz diskuze). Mezi absolventy

<sup>6</sup>Dostupné z <https://www.google.com/forms/about/>

<sup>7</sup>Dostupné z <http://www.survio.com/cs/>

obou kateder byly rozdíly ( $p < 0,01$ ), jak je vidět z tabulky 11, některé kategorie nebyly využity absolventy KUDBi, jiné absolventy KBES.

Tab. 11: Způsob výběru testovacího souboru

$\Sigma = 75$	Absolutní četnost	Relativní četnost v %	Absolutní četnost PedF	Absolutní četnost KUDBi
Neuvedeno	31	41	26	5
Domovská	13	17	8	5
Mikroregion	12	16	10	2
Cílený výběr	7	9	7	0
Celý soubor	6	8	3	3
Spolužáci (tj. ostatní absolventi)	4	5	0	4
Sněhová koule	2	3	2	0

Poslední sledovaná kategorie popisuje míru zpracování získaných kvantitativních dat a byla aplikována pouze u prací, u kterých povaha výzkumu umožnila formulaci hypotéz a jejich testování. Většina analyzovaných prací se omezila na uvedení absolutních a relativních četností (38, tj. 62 %), pouze popisnou statistiku užilo minimum prací (2, tj. 3 %) a vcelku značné množství autorů použilo i metody indukativní statistiky (21, tj. 34 %); výsledky sumarizuje tabulka 12 ( $\Sigma = 61$ ).

Tab. 12: Míra zpracování kvantitativních dat

$\Sigma = 61$	Absolutní četnost	Relativní četnost v %	Absolutní četnost PedF	Absolutní četnost KUDBi
Pouze absolutní a relativní četnosti	38	62	36	2
Induktivní statistika	21	34	7	14
Pouze popisná statistika	2	3	2	0

Rozdíl mezi mírou zpracování kvantitativních dat mezi absolventy obou analyzovaných pracovišť byla signifikantní ( $p < 0,001$ ) ve smyslu vyššího užití statistických metody u prací obhájených na KUDBi.

U 21 výzkumů, které využily indukativní statistiky, jsme se snažili posoudit, zda použití analytických metod odpovídalo typu získaných dat a zda byly výsledky vhodně interpretovány. Pouze ve dvou případech, oba byly součástí jedné kvalifikační práce, tomu tak nebylo, autorka chybně interpretovala zápornou korelaci ve smyslu, že výskyt jednoho jevu se pojí s výskytem jevu druhého. Ve zbylých 19 výzkumech považujeme použití indukativní statistiky za korektní, i když v některých případech nebyly zmíněny testy normality. Jednalo se ale o stovky respondentů, což je případ, kdy Rasch, Teuscher & Guiard (2007) použití parametrických testů, například t-testu, připouští.

## DISKUZE

Abychom mohli zhodnotit dovednosti, které budoucí učitelé přírodopisu a biologie získali v oblasti pedagogického výzkumu a jeho metodologie, analyzovali jsme obhájené kvalifikační práce studentů z pracovišť KBES a KUDBi, tedy kateder, které tyto studenty připravují na Univerzitě Karlově.

## PŘEDVÝBĚR

Nejdříve diskutujeme na všechny bakalářské a diplomové práce, které byly obhájeny v letech 2013/2014–2015/2016. Nejvíce kvalifikačních prací studentů učitelství biologie bylo věnováno oborům zoologie a antropologie, což přesně odráží oblíbenost těchto oborů mezi žáky základních a středních škol i jejich učiteli (Prokop et al., 2007; Uitto, 2014; Bukáčková, 2016; Bukáčková & Janštová, 2017). Ukazuje se tedy, že tyto obory jsou oblíbené nejen napříč všemi věkovými kategoriemi, ale i u respondentů, kteří svoji profesní dráhu spojili s biologií. Zastoupení biologických oborů samozřejmě reflektuje i nabídku témat kvalifikačních prací školiteli. Překvapivě se žádná z analyzovaných prací nevěnovala ekologii, mezi další nejméně zastoupené obory patřily genetika, buněčná biologie a evoluční biologie. Zde vidíme možnou souvislost s tím, že zmíněné obory jsou v rámci biologie komplexní a zastřešující (Wake, 2008). Jako takové jsou často (zejména na nižších stupních škol) vyučovány velmi zjednodušeně (Carlsson, 2002), i když bylo ukázáno, že komplexní výuka např. ekologie je efektivnější a proveditelná i na základních školách (Randler & Bogner, 2009). Je zajímavé, že mezi řešiteli Ústředního kola biologické olympiády byly tyto obory oblíbenější než mezi dalšími zájemci o biologii, což poukazuje na možný hlubší vzhled těchto žáků (Janštová et al., 2015).

Z výše uvedených důvodů bychom považovali za vhodné, aby se studenti učitelství biologie zastřešujícím oborům biologie věnovali např. i v rámci řešení svých absolventských prací. Námi zjištěné výsledky poukazují na nesoulad v zaměření prací a aktuálním diskurzem didaktiky biologie. Výzkumníci v didaktice biologie již řadu let poukazují na chybějící informace a propojení učiva různých oborů biologie a chybějící přesah do každodenního života žáků (Koršňáková, 2005; Mayoh & Knutton, 1997; Rennie et al., 2001). Například v oborech genetika a buněčná biologie, se kterými se setkají žáci v praxi u lékaře, či až budou mít své potomky, panují velmi zkreslené představy (Lewis, Leach & Wood-Robinson, 2000; Lewis & Wood-Robinson, 2000; Šorgo & Šiling, 2017). I když se v českém prostředí didaktiky biologie vyskytují ojedinělé práce zaměřené na evoluční (Hlaváčová, 2015; Müllerová, 2012) a molekulární biologii (Janštová & Jáč, 2015) i ekologii (Florianová, 2015), mezi analyzovanými pracemi tato témata citelně chyběla.

## PODROBNÁ ANALÝZA PEDAGOGICKÝCH VÝZKUMŮ

Bliže jsme se zaměřili pouze na práce, které obsahovaly pedagogický výzkum, ostatní práce jsme z další analýzy vyloučili. Většina výzkumných prací v bliže zkoumaném vzorku (77 %) využila kvantitativního výzkumu, shodně s kvalifikačními pracemi zkoumanými Kroufkem (2016). Kvantitativní výzkum je pro absolventy pravděpodobně snáze uchopitelný, mají pocit, že když něco spočítají, mohou se opřít o čísla, a tak pevně podložit svá tvrzení.

Většina absolventů v analyzovaných pracích využila dotazníku jako výzkumného nástroje, nezávisle na tom, zda obhajovali na KBES, nebo na KUDBi. Absolventi bakalářského a magisterského studia se volbou dotazníku jako nejčastějšího nástroje shodli s absolventy doktorského studia zaměřeného na didaktiku biologie (Pavlasová, 2015), i s budoucími učiteli biologie z dalších pedagogických fakult v České republice (Hybšová, 2017). Je zajímavé, i když ne překvapivé, že pořadí zvolených výzkumných nástrojů podle relativní četnosti je identické s pořadím zjištěným Žákem (2016) v případě mezinárodních studií zaměřených zejména na didaktiku fyziky. To ukazuje na podobnost přístupů jednotlivých oborů didaktik přírodních věd. Od-

lišné výsledky s převahou rozhovorů získal Kroufek (2016) v případě kvalifikačních prací studentů učitelství pro mateřské školy. To je dáno specifikem respondentů, dětí předškolního věku, které neumí číst a psát. Dotazník byl ve většině případů nově vytvořený, a výzkum neobsahoval pilotní šetření. Validitu dotazníku neověřoval žádný z absolventů, reliabilitu pouze jediný. To může být dáno rozšířenou představou, že sestavit dotazník je snadné, nebo nedbalostí absolventů, potažmo jejich školitelů. Zde vnímáme rezervy ve výzkumném designu, protože dotazníky je nutné pilotně vyzkoušet a vyhodnotit reliabilitu a validitu. Použití dotazníků, které neprošly procesem validizace a stanovení reliability, je nevhodné (na srovnání např. s Chráskou, 2007). Je zajímavé, že v případě budoucích učitelů v mateřských školách byla častěji testována reliabilita výzkumného nástroje, který byl také častěji převzatý z již existujících výzkumů (Kroufek, 2016). Předpokládáme, že v případě výzkumu dětí předškolního věku jsou limity nástrojů více nasnadě, naopak u starších respondentů mohou absolventi snáze získat mnohdy mylný dojem, že pomocí dotazníků získají „tvrdá data“.

Obdobně je znepokojující, že ve více než 40 % výzkumů není uvedený způsob výběru respondentů, což naznačuje, že absolventi a pravděpodobně ani jejich školitelé nepovažují tuto informaci za podstatnou. Dokonce jsme narazili na zavádějící formulace typu: „města (ze kterých pocházeli respondenti) byla vybrána . . . dle mých možností, tedy zcela náhodně“, ze kterých je zřejmé, že si absolvent pod náhodným výběrem představuje zcela jiný postup, než jaký odpovídá skutečnosti. Zároveň je ale pochopitelné, že nejčastěji uvedeným výběrem je dostupný, naopak náhodný výběr nevyužil v analyzovaných pracích žádný z absolventů. Náhodný výběr je samozřejmě důležitým předpokladem pro reprezentativnost získaných dat, nicméně pro účely absolventských prací je příliš náročný na čas i finance (Soukup & Kočvarová, 2016) a standardně není používán ani v pedagogických studiích. Při větších počtech respondentů, jsou navíc výsledky při různých typech výběru srovnatelné (Cumming, 1990; Hultsch et al., 2002; MacDonald, Hunter, Maitland & Dixon, 2002; Rubin, 1974). Kane (2002) pro praxi, ve které nemůžeme náhodný výběr použít, doporučuje důsledné kontrolování proměnných, případně opakování měření. Vhodné je také určit dostatečný počet respondentů, např. podle Barletta, Kotrlika a Higginse (2001). Považujeme za potěšující, že ve většině případů provedli sběr dat osobně přímo studenti učitelství. Měli tak možnost vysvětlit účel šetření, dohlédnout na jeho průběh, osobně zaručit anonymitu respondentů apod.

Jako poslední faktor jsme vyhodnocovali míru statistického zpracování dat. Ve více než třetině analyzovaných výzkumů absolventi data statisticky zpracovali, z čehož se pouze v minimu případů omezili na popisné statistické metody, ve 34 % šetření byly testovány hypotézy pomocí induktivní statistiky. Míra užití induktivní statistiky se lišila mezi pracovišti ve prospěch KUDBi. Je dobrou zprávou, že řada studentů učitelství biologie využila alespoň nějakou statistickou analýzu a ti, kteří tak učinili, zvolili typ testu odpovídající typu dat. Mohli tak na závěr šetření rozhodnout o platnosti stanovených hypotéz. V poděkování těchto prací se často vyskytovali externí konzultanti, kteří pomohli s induktivní statistikou. Je pozitivní, že pokud si student nebyl jistý a statistickou konzultaci neposkytl školitel, pravděpodobně doporučil jiného odborníka. Zároveň je ale zřejmé, že zbylé dvě třetiny se omezily pouze na výstupy ve formě četností, které studentům pravděpodobně neumožnily hlubší vhled do jimi zkoumané problematiky, ani správnou formulaci odpovědi na otázky. Podrobně se problematice zpracování statistických dat v diplomových pracích budoucích učitelů biologie věnovala Hybšová (2017). Na základě analýzy diplomových prací ze čtyř pedagogických fakult konstatuje, že i když zvolili budoucí učitelé bio-



logie kvantitativní přístup, téměř třetina z nich neformulovala hypotézy, ze zbylých dvou třetin většina formulovala hypotézy chybně. Dále Hybšová popisuje časté nevhodné využití statistických metod či jejich chybné interpretace v absolventských pracích, případně nevyužití potenciálu nasbíraných dat. Shodneme se s Hybšovou (2017), že zde vnímáme prostor pro další zlepšení kvality absolventských prací. Uvědomujeme si, že do jisté míry je tento stav dán i tím, jak jsou studenti při vypracovávání prací vedeni svými školiteli a zda mají možnost absolvovat v rámci svého studia metodologicky zaměřené předměty, protože se v naprosté většině případů setkávají s pedagogickým výzkumem poprvé. Kvalifikovanost školitele v metodologii výzkumu je nutným předpokladem pro to, aby student mohl vypracovat kvalitní práci. Zároveň se shodneme s Kroufkem (2016), že systémovější řešení je zařazení metodologický témat do běžné výuky v průběhu studia. Na to ukazuje i naše zjištění, že absolventi Přírodovědecké fakulty vykazují výrazně vyšší míru užití statistických metod při zpracování výsledků. Zde je možná souvislost s předmětem Výzkumné metody v přírodovědném vzdělávání, který je studentům všech kombinací učitelství (tedy biologie, ale i chemie, zeměpisu a geologie) na KUDBi nabízen. V rámci tohoto předmětu jsou studenti seznámeni se základními metodami pedagogického výzkumu, možnostmi a předpoklady jejich využití. Na Pedagogické fakultě Univerzity Karlovy takto zaměřený předmět momentálně není nabízen, což se může odrážet na metodice kvalifikačních prací.

## ZÁVĚR

Na základě analýzy 199 absolventských prací budoucích učitelů biologie a přírodopisu z pracovišť Pedagogické a Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy jsme formulovali následující závěry a doporučení.

V otázce oborového zaměření prací je pochopitelné, že volba biologických oborů kopírovala jejich oblíbenost, u budoucích učitelů přírodopisu a biologie je ale zásadní i vzhled do zastřešujících oborů jako ekologie, genetika, buněčná a evoluční biologie. Je to právě učitel, od koho se očekává zprostředkování a propojení komplexního učiva. Proto je potřebné tyto obory na všech stupních škol (včetně univerzit) vyučovat v souvislostech a motivovat tak budoucí učitele přírodopisu a biologie k získání hlubšího pochopení a propojení biologických oborů. Chtěli bychom apelovat na školitele kvalifikačních prací, aby témata vypisovali a zadávali i s ohledem na požadavek po komplexním vzdělání studentů učitelství biologie a nevyhýbali se zastřešujícím oborům biologie, i když takové práce mohou být obtížnější z hlediska vedení i vypracování. Věříme, že o to větším přínosem následně jsou pro budoucí učitele a jejich praxi.

Více než jedna třetina analyzovaných prací obsahovala pedagogický výzkum, který byl předmětem dalšího popisu. K analýze prací jsme nepřístupovali s názorem, že je nutné do kvalifikační práce studentů učitelství nezbytně takový výzkum zakomponovat, spíše nás zajímala úroveň jeho případné realizace. Z výsledků je zřejmé, že kvalifikační práce budoucích učitelů mají v této oblasti vcelku jasně identifikovatelné slabiny. Patří mezi ně zejména: nedostatečný popis a zdůvodnění volby použitých výzkumných metod a nástrojů, chybějící ověření psychometrických vlastností výzkumných nástrojů (validita a reliabilita dotazníku), nedostatečný popis výběru respondentů, či zdůvodnění volby metod zpracování dat. Na základě zjištěných dat bychom chtěli zdůraznit potřebu cíleně kultivovat metodologii realizace takových výzkumů. K nápravě výše zmíněných nedostatků by mohlo přispět zavedení

metodologických předmětů zaměřených na pedagogický výzkum v kontextu oboru (a motivace studentů k jejich volbě v případě, že již v nabídce předmětů jsou) a důslednější přístup školitelů a oponentů kvalifikačních prací včetně vyžadování správné volby, vhodného použití i podrobného popisu výzkumných metod a nástrojů.

Bylo by zajímavé dalším výzkumem zjistit, v jakém stavu jsou absolventské práce budoucích učitelů na jiných vysokých školách a jak se tato problematika bude vyvíjet v čase.

## PODĚKOVÁNÍ

Autoři děkují ing. Anetě Hybšové za poskytnutí kapitol disertační práce před zveřejněním a recenzentům za věcné a podnětné připomínky, které pomohly při zpracování příspěvku.

## LITERATURA

Armbruster, P., Patel, M., Johnson, E. & Weiss, M. (2009). Active learning and student-centered pedagogy improve student attitudes and performance in introductory biology. *CBE-Life Sciences Education*, 8(3), 203–213.

Barlett, J. E., Kotrlik, J. W. & Higgins, C. C. (2001). Organizational research: Determining appropriate sample size in survey research. *Information Technology, Learning, and Performance Journal; Morehead*, 19(1), 43–50.

Bílek, M. (2008). Zájem žáků o přírodní vědy jako předmět výzkumných studií a problémy aplikace jejich výsledků v pedagogické praxi. *Acta Didactica*, FPV UKF Nitra, 2008(2), nestránkováno.

Bukáčková, A. (2016). Efektivita výuky poznávání organismů na příkladu krytosemenných rostlin [Diplomová práce]. Praha: Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy.

Bukáčková, A. & Janštová, V. (2017). Methods of teaching organism recognition. How recommendation and practice differ. In M. Rusek, D. Stárková, I. B. Metelková (Eds.), *Project-based education in science education XIV*. (155–160). Prague: Charles University, Faculty of Education.  
Dostupné z [http://pages.pedf.cuni.cz/pvch/files/2011/11/PBE\\_XIV\\_final.pdf](http://pages.pedf.cuni.cz/pvch/files/2011/11/PBE_XIV_final.pdf)

Carlsson, B. (2002). Ecological understanding 2: Transformation — a key to ecological understanding. *International Journal of Science Education*, 24(7), 701–715.

Cumming, R. G. (1990). Is probability sampling always better? A comparison of results from a quota and a probability sample survey. *Community Health Studies*, 14(2), 132–137.

Česká školní inspekce. (2015). Česká školní inspekce ČR – Národní zpráva PISA 2015. Dostupné z <http://www.csicr.cz/Prave-menu/Mezinarodni-setreni/PISA/Narodni-zpravy/Narodni-zprava-PISA-2015>. (cit. 17. 12. 2016)

Čížková, V. (2002). Příspěvek k teorii a praxi problémového vyučování. *Pedagogika*, 52(4), 415–430.

Ertl, H. (2006). Educational standards and the changing discourse on education: the reception and consequences of the PISA study in Germany. *Oxford Review of Education*, 32(5), 619–634.

- Florianová, A. (2015). Rostlinné invaze v povědomí studentů vybraných gymnázií. *Scientia in educatione*, 6(2), 74–103.
- Fueyo, V. & Koorland, M. A. (1997). Teacher as researcher: A synonym for professionalism. *Journal of Teacher Education*, 48(5), 336–344.
- Goodrum, D., Rennie, L. J. & Hackling, M. W. (2001). *The status and quality of teaching and learning of science in Australian schools: A research report*. Department of Education, Training and Youth Affairs Canberra.
- Hine, G. S. C. (2013). The importance of action research in teacher education programs. *Issues in Educational Research*, 23(2), 151–163.
- Hlaváčová, L. (2015). Výuka evoluční biologie na základních a středních školách. *Scientia in educatione*, 6(2), 104–120.
- Hopfenbeck, T. N., Lenkeit, J., Masri, Y. E., Cantrell, K., Ryan, J. & Baird, J.-A. (2017). Lessons learned from PISA: A systematic review of peer-reviewed articles on the programme for international student assessment. *Scandinavian Journal of Educational Research*, 0(0), 1–21.
- Hultsch, D. F., MacDonald, S. W. S., Hunter, M. A., Maitland, S. B. & Dixon, R. A. (2002). Sampling and generalisability in developmental research: Comparison of random and convenience samples of older adults. *International Journal of Behavioral Development*, 26(4), 345–359.
- Hybšová, A. (2017). *Analýza statistické gramotnosti studentů učitelství biologie v České republice* [rukopis Disertační práce]. Praha: Pedagogická fakulta Univerzity Karlovy.
- Chalupková, S. & Demkanin, P. (2011). Vyučovanie fyziky v kontexte záľub študentov. *Scientia in educatione*, 2(1), 15–22.
- Chráška, M. (2007). *Metody pedagogického výzkumu*. Praha.: Grada Publishing, a. s.
- Chudá, J. (2007). Postoje žiaků a učitelů přírodopisu k predmetu přírodopis. *e-Pedagogium*, (2), 52–70.
- 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.
- Janštová, V. & Jáč, M. (2015). Výuka molekulární biologie na gymnáziích: analýza současného stavu a možnosti její podpory. *Scientia in Educatione*, 6(1), 14–39.
- Kane, M. (2002). Inferences about variance components and reliability-generalizability coefficients in the absence of random sampling. *Journal of Educational Measurement*, 39(2), 165–181.
- Koenig, K., Schen, M. & Bao, L. (2012). Explicitly targeting pre-service teacher scientific reasoning abilities and understanding of nature of science through an introductory science course. *Science Educator; Johnson City*, 21(2), 1–9.
- Koršňáková, P. (2005). Přírodovedná gramotnosť slovenských žiakov a študentov. In B. Matejovičová, A. Sandanusová (Eds.), *Metodologické aspekty a výskum v oblasti didaktík prírodovedných, poľnohospodárskych a príbuzných odborov* (34–39). Nitra, FPV UKF: Prírodovedec.
- Kroufek, R. (2016). Environmentální výzkumná témata v závěrečných pracích studentů učitelství pro mateřské školy na PF UJEP – trendy, překážky, výsledky. In *Trendy a perspektivy předškolního vzdělávání* (52–57). Ústí nad Labem: PF UJEP.

- Lamanauskas, V. & Augienė, D. (2016). Scientific research activity of students preservice teachers of sciences at university: Significance, readiness, effectiveness and career aspects. *Journal of Baltic Science Education*, 15(6), 746–758.
- Lewis, J., Leach, J. & Wood-Robinson, C. (2000). Chromosomes: the missing link - young people's understanding of mitosis, meiosis, and fertilisation. *Journal of Biological Education*, 34(4), 189–199.
- Lewis, J. & Wood-Robinson, C. (2000). Genes, chromosomes, cell division and inheritance — do students see any relationship? *International Journal of Science Education*, 22(2), 177–195.
- Lopatto, D. (2007). Undergraduate research experiences support science career decisions and active learning. *CBE-Life Sciences Education*, 6(4), 297–306.
- Lyons, T. (2006). Different countries, same science classes: Students' experiences of school science in their own words. *International Journal of Science Education*, 28(6), 591–613.
- Mayoh, K. & Knutton, S. (1997). Using out-of-school experience in science lessons: reality or rhetoric? *International Journal of Science Education*, 19(7), 849–867.
- Müllerová, L. (2012). Pojem evoluce a jeho vnímání žáky základních a středních škol. *Scientia in educatione*, 3(2), 33–64.
- Odházelová, T. (2014). Role multimédií ve výuce přírodních věd. *Scientia in educatione*, 5(2), 2–12.
- Papáček, M. (2010). Badatelsky orientované přírodovědné vyučování – cesta pro vzdělávání generací Y, Z a alfa? *Scientia in Educatione*, 1(1), 33–49.
- Papáček, M., Čížková, V., Kubiátko, M., Petr, J. & Závodská, R. (2015). Didaktika biologie: didaktika v rekonstrukci. In *Oborové didaktiky: vývoj – stav – perspektivy* (225–257). Brno: Masarykova univerzita.
- Pavlasová, L. (2015). Disertační práce se zaměřením na didaktiku biologie v České republice v letech 2004–2013. *Scientia in educatione*, 6(2), 4–15.
- Prokop, P., Prokop, M. & Tunnicliffe, S. D. (2007). Is biology boring? Student attitudes toward biology. *Journal of Biological Education*, 42(1), 36–39.
- R Core Team (2014). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.  
Dostupné z <http://www.R-project.org/>.
- Randler, C. & Bogner, F. X. (2009). Efficacy of two different instructional methods involving complex ecological content. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 7(2), 315–337.
- Rasch, D., Teuscher, F. & Guiard, V. (2007). How robust are tests for two independent samples? *Journal of Statistical Planning and Inference*, 137(8), 2706–2720.
- Rennie, L. J., Goodrum, D. & Hackling, M. (2001). Science teaching and learning in Australian schools: Results of a national study. *Research in Science Education*, 31(4), 455–498.
- Rubin, D. B. (1974). Estimating causal effects of treatments in randomized and nonrandomized studies. *Journal of Educational Psychology*, 66(5), 688–701.
- Rusek, M. (2015). Analýza disertačních prací z didaktiky chemie obhájených v České republice v letech 2003–2014. *Scientia in educatione*, 6(2), 16–34.
- Scharfenberg, F.-J. & Bogner, F. X. (2011). A new two-step approach for hands-on teaching of gene technology: Effects on students' activities during experimentation in an outreach gene technology lab. *Research in Science Education*, 41(4), 505–523.

- Schatz, M., Popovic, A. & Dervin, F. (2017). From PISA to national branding: exploring Finnish education<sup>®</sup>. *Discourse: Studies in the Cultural Politics of Education*, 38(2), 172–184.
- Soukup, P. (2016). Užívání statistické a věcné významnosti v časopise *Pedagogická orientace* a *Pedagogika* v posledních deseti letech: pohled statistika. *Pedagogická orientace*, 26(2), 182–201.
- Soukup, P. & Kočvarová, I. (2016). Velikost a reprezentativita výběrového souboru v kvantitativně orientovaném pedagogickém výzkumu. *Pedagogická orientace*, 26(3), 512–536.
- Soukup, P. & Rabušic, L. (2007). Několik poznámek k jedné obsesi českých sociálních věd – statistické významnosti. *Sociologický časopis / Czech Sociological Review*, 43(02), 379–395.
- Šorgo, A. & Šiling, R. (2017). Fragmented knowledge and missing connections between knowledge from different hierarchical organisational levels of reproduction among adolescents and young adults. *CEPS Journal*, 7(1), 69–91.
- Taber, K. S. (2010). Preparing teachers for a research-based profession. In M. V. Zuljan & J. Vogrinc (Eds.), *Facilitating effective student learning through teacher research and innovation* (19–48). Slovenia: Faculty of Education, University of Ljubljana.  
Dostupné z [https://www.pef.uni-lj.si/fileadmin/Datoteke/Zalozba/pdf/Zuljan\\_Vogrinc\\_Facilitating.pdf](https://www.pef.uni-lj.si/fileadmin/Datoteke/Zalozba/pdf/Zuljan_Vogrinc_Facilitating.pdf)
- Tan, C. (2017). PISA and education reform in Shanghai. *Critical Studies in Education*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1080/17508487.2017.1285336>
- Tasaki, N. (2017). The impact of OECD-PISA results on Japanese educational policy. *European Journal of Education*, 52(2), 145–153.
- Uitto, A. (2014). Interest, attitudes and self-efficacy beliefs explaining upper-secondary school students' orientation towards biology-related careers. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 12(6), 1425–1444.
- Vohra, C. F. (2000). Changing trends in biology education. In *BioEd International Symposium on Biology Education, UNESCO and IUBS* (15–18).
- Wake, M. H. (2008). Integrative biology: Science for the 21st Century. *BioScience*, 58(4), 349–353.
- Younès, T. (2000). Biological education: Challenges of the 21 st Century. *Biology International*, 39, 8–13.
- Žák, V. (2015). Disertační práce z didaktiky fyziky obhájené v České republice v letech 2004 až 2013 – přehled a analýza. *Scientia in educatione*, 6(2), 35–50.
- Žák, V. (2016). Metody sběru dat využívané didaktikou fyziky v mezinárodním prostředí. *Scientia in educatione*, 7(2), 18–33.

---

VANDA JANŠTOVÁ, vanda.janstova@natur.cuni.cz

Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta  
Katedra učitelství a didaktiky biologie  
Viničná 7, 128 44 Praha 2, Česká republika

PETR NOVOTNÝ, petr.novotny@pedf.cuni.cz

Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta  
Katedra biologie a environmentálních studií  
Magdalény Rettigové 4, 116 39 Praha 1, Česká republika

## Predstavy žiakov o vylučovacej a endokrinatej sústave

*Milan Kubiatio*

### Abstrakt

Cieľom výskumu bolo zistiť predstavy žiakov druhého stupňa základných škôl o vylučovacej a endokrinatej sústave. Predvýskumu sa zúčastnilo 78 respondentov a hlavného výskumného šetrenia 204 respondentov. Ako výskumný nástroj slúžil obrys ľudského tela, do ktorého respondenti zakresľovali požadované informácie. Ďalším cieľom bolo determinovať vplyv vybraných premenných, ktoré môžu vplývať na úroveň mylných predstáv. Medzi tieto premenné patrili: gender, umiestnenie základnej školy (vidiek vs. mesto), navštevovaný ročník, prítomnosť lekára v rodine a vnímanie vlastného zdravia. Na určenie rozdielu medzi skupinami nezávislých premenných bola použitá analýza rozptylu. Pri porovnaní vylučovacej a endokrinatej sústavy boli orgány vylučovacej sústavy zakresľované častejšie. Premenné s významným vplyvom na predstavy žiakov o vylučovacej a endokrinatej sústave boli gender, navštevovaný ročník, umiestnenie školy a vnímanie vlastného zdravia.

**Kľúčová slova:** detská kresba, endokrinná sústava, vylučovacia sústava, žiaci druhého stupňa základných škôl.

## Pupils' Ideas about Urinary and Endocrine System

### Abstract

The aim of the study was to survey lower secondary school pupils' understanding of endocrine and urinary system. The pilot study was carried out among 78 respondents and the main research was carried out among 204 respondents. The contour of human body drawn on an A4-size paper was used as a research tool, with the students being asked to fill in the required information. Another aim was to determine the influence of selected variables like gender, school location (village vs. town), year of study, presence of a doctor in the family and the pupil's perception of his or her own health. The analysis of variance was used as statistical method. The pupils tended to add drawings of urinary system organs more frequently than those of the endocrine system. The variables with significant influence on the results were gender, year of study, school location and the pupil's perception of his or her own health.

**Key words:** children's drawing, endocrine system, urinary system, lower secondary school pupils.

Poznanie ľudského tela by malo patriť medzi základnú vedomostnú bázu každého jednotlivca, pretože bez podstatných informácií o našom tele sa o seba nedokážeme adekvátne postarať a taktiež poskytnutie pomoci inému v prípade nutnosti môže byť problematické. V záujme celej spoločnosti by malo byť, aby dieťa už od útleho veku bolo oboznamované s teoretickými znalosťami o ľudskom tele a s postupujúcim vekom by sa na ne mali nabaľovať ďalšie informácie, neskôr aj s praktickými znalosťami, ktoré by mali žiakom umožniť spoznať fungovanie ľudského tela po anatomickej a fyziologickej stránke. Cieľom výskumného šetrenia bolo zistiť predstavy žiakov základných škôl o ľudskom tele. Výskum prebiehal v dvoch etapách. V prvej mali žiaci nakresliť jednotlivé sústavy ľudského tela (táto etapa slúžila ako predvýskum) a druhá etapa sa zamerala na predstavy žiakov o endokrinnnej a vylučovacej sústave.

## 1 TEORETICKÉ VYMEDZENIE ZÁKLADNÝCH POJMOV

V rámci prezentovanej štúdie sa pracuje najmä s pojmami predstava a mylná predstava. Predstavy sú obrazy, ktoré napodobujú niečo, čo je nám známe, čo sme predtým niekedy vnímali. Sú to obrazy niečoho, čo je pre nás pomerne nové. V prvom prípade sa jedná o predstavy pamäti, v druhom prípade zas o predstavy fantázie. Deti a umelci majú živšie predstavy v porovnaní s ľuďmi, ktorí pri práci používajú abstraktné myslenie (Čáp, 1983).

Pojem mylná predstava je chápaný vo význame chybného ponímania skutočnosti, niekedy býva označovaný aj ako miskoncepcia. Tento termín môže byť chápaný ako jedna z podôb ponímania učiva žiakmi, alebo ako súčasť chybných žiackych predstáv a nesprávneho ponímania učiva (Schneider & Ohadi, 1998). V niektorých prácach je možné nájsť náznaky toho, aby sa pojmy miskoncepcia a mylná predstava rozlišovali. Ale napríklad Duit (2002) presadzuje zjednotenie uvedených termínov.

Učitelia majú veľké penzum možností pôsobiť na predstavy žiakov. Ale ani kvalitný výklad nového učiva učiteľom nemusí ovplyvniť predstavy žiakov. Žiak si stále môže stať za svojimi predstavami. Môže sa nechať ovplyvniť len z časti, časť budú tvoriť nové odborne správne informácie a časť pôvodné predstavy. To vedie k celkovému neúplnému porozumeniu a nepochopeniu súvislosti. Táto mylná koncepcia je označovaná ako miskoncepcia alebo mylná predstava. Tieto mylné predstavy spomaľujú proces učenia. Pre odhalenie mylných predstáv je potreba špeciálneho diagnostického úsilia (Čáp & Mareš, 2001). Podobné ponímanie mylných predstáv je možné nájsť aj v zahraničných prácach (napr.: Bahar, 2003; Fisher, 1985; Nakhleh, 1982).

K odhaľovaniu mylných predstáv žiakov o určitej udalosti, situácii a skutočnosti sú používané rozhovory, didaktické otázky, pojmové mapy a taktiež kresby. V rámci prezentovaného výskumného šetrenia je ako výskumný nástroj použitá kresba. Kresba dáva žiakom príležitosť, aby vyjadrili svoje myšlienky a odpovede voľnejšie v porovnaní s inými výskumnými technikami (Costu et al., 2007). Ako uviedli Prokop a Fančovičová (2006), kresby sú jednoduché nástroje, ktoré slúžia k jednoduchému porovnaniu na medzinárodnej úrovni. Kresba môže byť použitá pri odhaľovaní predstáv a poznatkov pri bežnej činnosti a zbiera veľký počet dát. Ako je možné vidieť, kresba poskytuje žiakom príležitosť preukázať svoje vedomosti bez obmedzenia a dáva príležitosť k porovnaniu výsledkov v rôznych krajinách a medzi rôznymi kultúrami (Bartoszeck, Machado & Amann-Gainotti, 2008). Žiaci nemusia mať radi odpovedanie na otázky, môžu mať problémy pri vyjadrení myšlienok v písomnej forme. Na druhej strane kresba

môže byť pre žiakov jednoduchá a nezaťažujúca činnosť. Kresby odrážajú obraz myslí žiakov a často bývajú používané k výskumným účelom. Kresba bola napríklad použitá k preskúmaniu predstáv žiakov o vybraných abstraktných pojmoch v iných prípadoch mali respondenti vyjadriť ako si predstavujú vnútornú štruktúru ľudského tela a iné (Köse, 2008).

## 2 SÚČASNÝ STAV RIEŠENEJ PROBLEMATIKY

Výskumných prác zameraných na skúmanie mylných predstáv neustále pribúda. Nižšie sú prezentované výskumné štúdie sa týkajú problematiky identifikovania mylných predstáv o ľudskom tele. Niektoré práce sú zamerané priamo na endokrinnú a vylučovaciu sústavu, ale taktiež na celkovú anatómiu ľudského tela.

Reiss a kol. (2002) sa zamerali znalosti žiakov o anatómii ľudského tela. Výskumnú vzorku tvorilo viac ako 500 žiakov z 11 rôznych krajín (Austrália, Brazília, Dánsko, Ghana, Island, Severné Írsko, Portugalsko, Rusko, Taiwan, Uganda a Venezuela) vo veku 7 až 15 rokov. Ako výskumná technika bola použitá kresba, kde mali žiaci za úlohu nakresliť ich predstavu o tom, čo je vnútri ľudského tela. Autori následne determinovali vplyv genderu, veku a krajiny pôvodu na znalosti o anatómii. Najstarší respondenti dosahovali najvyššie skóre takmer vo všetkých krajinách, okrem Taiwanu, kde boli poznatky o anatómii ľudského tela rovnaké ako u najmladších, tak aj u najstarších respondentov. Medzi chlapcami a dievčatami významný rozdiel preukázaný nebol. Rozdiely medzi jednotlivými krajinami je stanoviť ťažko. Čo sa týka celkového zhodnotenia, tak žiaci najčastejšie kreslili tráviacu, dýchaciu a opornú sústavu. Na druhej strane veľmi málo kresieb obsahovalo pohybovú a endokrinnú sústavu. Ak je zameranie na orgány a nie celé orgánové sústavy, tak takmer všetky kresby obsahovali srdce a mnohé z nich obsahovali orgán z tráviacej sústavy, prípadne určitú kosť. Makonore a Reiss (2003) sa zamerali na vedomosti o orgánoch jednotlivých sústav, žiaci nemali problém so zakreslením orgánov tráviacej či obehovej sústavy, problémy boli identifikované u vylučovacej sústavy, kde bolo schopných len 30 % žiakov zakresliť niektorý z orgánov vylučovacej sústavy, orgány endokrinatej sústavy sa nevyskytli v kresbe u žiadneho z respondentov. Autori sa zamerali aj na identifikovanie rozdielov medzi chlapcami a dievčatami, kde nedetekovali významný rozdiel medzi skupinami, a s ohľadom na vek, tak u vylučovacej sústavy dochádzalo k zlepšeniu skóre s postupujúcim vekom. Podobne Özsevgec (2007) sa zaoberal tým, čo tureckí žiaci vedia o vnútornej štruktúre tela, pričom na odhalenie predstáv použili výskumníci kresbu. Respondenti dostali papier s obrysom tela človeka a za úlohu mali dokresliť orgány a napísať ich funkciu. Najčastejšie žiaci kreslili srdce a pľúca bez ohľadu na vek. Orgány pohlavnej sústavy sa na kresbách takmer vôbec nevyskytovali. Problém bol so správnym umiestnením orgánov. Napríklad srdce bolo nakreslené takmer v každej, ale umiestnenie bolo vo veľkom počte neprávne. U žiakov sa takisto preukázala neznalosť funkcie jednotlivých orgánov.

Arnaudin a Mintzes (1985) sa zamerali na obehovú sústavu a znalosti žiakov o nej. Ako výskumnú techniku použili rozhovor. Prostredníctvom uvedenej výskumnej techniky autori zistili viacerí mylné predstavy u žiakov, medzi ktoré patrilo napríklad nesprávne určenie funkcií srdca, či jeho nákras, keď ho mnohí žiaci kreslili ako „valentínske“ srdce. Cakici (2005) skúmal u 10 a 11 ročných žiakov ich predstavy o tráviacej sústave prostredníctvom dotazníka a pološtruktúrovaného rozhovoru. Autori konštatovali, že žiaci uvádzali ako funkcie tráviacej sústavy v prevažnej miere rozomletie prijatej potravy a často sa objavovala aj odpoveď rozdelenia



prijatej potravy na jednotlivé živiny. Čo sa týkalo jednotlivých orgánov, tak žiaci uvádzali žalúdok ako jediný orgán tráviacej sústavy. Žoldošová a Prokop (2007) skúmali predstavy žiakov o prenatálnom vývoji dieťaťa, pritom ako výskumné techniky boli použité kresby a rozhovor. Vnútorne orgány plodu neboli identifikované u žiadneho respondenta, všetci kreslili plod s hlavou a končatinami a polovica nakreslila aj pupočnú šnúru. Prostredie v maternici mali problém popísať takmer všetci žiaci. Podobný výskum realizovali aj Prokop a Fančovičová (2008), pričom autorov zaujímalo ako žiaci stredných škôl vnímali tehotenstvo. Vo výskumnom šetrení bol použitý dotazník. Autori konštatovali problémy žiakov s oplodnením, s určovaním pohlavia dieťaťa, taktiež so vzťahom medzi oplodnením a menštruačným cyklom. Bahar a kol. (2008) sa zamerali na skúmanie predstáv študentov vysokých škôl študujúcich biológiu o obehovej sústave. napriek študijnému odboru bolo evidované, že študenti majú mylné predstavy o vnútornej štruktúre srdca a taktiež ho častokrát nesprávne umiestňovali. Problém s umiestnením srdca, keď nezáležalo na jeho tvare zistili aj Kubiátko a Balatova (2014) u budúcich učiteľov biológie. Bajd, Praprotník a Matyášek (2008) uvádzali podobné výsledky, ako predošlé dve zmieňované štúdie medzi slovinskými a českými študentmi pedagogických fakúlt. Podobne Havu-Nuutinen a Keinonen (2010) zisťovali medzi žiakmi fínskych základných škôl ich predstavy o umiestnení jednotlivých orgánov ľudského tela a ich funkcii. Autori identifikovali, že žiaci dokázali nakresliť len niektoré orgány, ale nedokázali uviesť ich funkciu, prípadne len vo veľmi obmedzenej miere. Následne autori aplikovali niekoľko týždňový blok vyučovania podľa bádateľsky orientovanej koncepcie. Po jej implementácii výskumníci opätovne zadali kresbu žiakom a po vyhodnotení uviedli oproti predošlej verzii nakreslenie viacerých orgánov, ktoré boli žiaci schopní spájať aj do orgánových sústav a taktiež boli schopní uviesť aj ich funkcie.

### 3 CIELE VÝSKUMNÉHO ŠETRENIA

Výskumné šetrenie je možné rozdeliť na dve základné etapy. V prvej etape bolo hlavným overiť výskumný nástroj na skúmanie mylných predstáv u žiakov druhého stupňa základných škôl a ľudskom tele. Ďalším cieľom bolo na základe výsledkov predvýskumného šetrenia identifikovať orgánové sústavy ľudského tela, s ktorými majú žiaci najväčší problém.

V druhej etape výskumu bolo cieľom zistiť úroveň predstáv žiakov základných škôl o vylučovacej a endokrinnnej sústave. Ďalším cieľom bolo determinovať vplyv vybraných premenných, ktoré môžu vplývať na úroveň predstáv. Medzi tieto premenné patrili: gender, umiestnenie základnej školy (vidiek vs. mesto), navštevovaný ročník, prítomnosť lekára v rodine a vnímanie vlastného zdravia.

## 4 METODIKA

### 4.1 RESPONDENTI

Predvýskumného šetrenia sa zúčastnilo celkom 78 žiakov druhého stupňa základných škôl z Českej republiky, pričom boli zastúpení žiaci zo všetkých ročníkov. Hlavného výskumného šetrenia sa zúčastnilo celkom 204 žiakov druhého stupňa základných škôl. Celkom 87 žiakov bolo zo základnej školy, ktorá bola umiestnená v meste a ostatní ( $n = 117$ ) boli zo základnej školy, ktorá bola umiestnená vo vidieckom

prostredí. Mesto, v ktorom bola umiestnená škola, malo viac ako 100 tisíc obyvateľov a vidiecka obec, v ktorej bola lokalizovaná škola, mala menej ako 5 tisíc obyvateľov. Výskumu sa zúčastnilo celkom 109 dievčat a 95 chlapcov. Prítomnosť lekára v rodine označilo 27 respondentov. S ohľadom na navštevovaný ročník, najmladších respondentov bolo 52, siedmakov 48, z ôsmeho ročníka bolo 56 respondentov a zvyšok ( $n = 48$ ) bolo z deviateho ročníku základnej školy.

## 4.2 VÝSKUMNÝ NÁSTROJ

V rámci predvýskumného šetrenia bola na zistenie úrovne predstáv o ľudskom tele použitá kresba, kde žiaci mali na formát listu A4 do predkresleného obrysu ľudského tela nakresliť a popísať všetko, čo si myslia, že je v ľudskom tele.

V rámci hlavného výskumného šetrenia bol použitý výskumný nástroj k zisteniu predstáv o endokrinatej a vylučovacej sústave rozdelený do troch častí. Prvá časť sa týkala demografických položiek (gender, navštevovaný ročník, prítomnosť lekára v rodine, umiestnenie školy). Druhá časť sa zameriavala na to, ako respondenti vnímali vlastné zdravie. Táto časť pozostávala z 15 položiek Likertovho typu, obsahujúcich 5-bodový odpovedový formát. Väčšina otázok bola formulovaná v negatívnom zmysle ( $n = 9$ ) a 6 otázok bolo v pozitívnom význame. Dotazník na vnímanie vlastného zdravia bol prebraný od autorov Wallach a kol. (2001) a adaptovaný na lokálne podmienky. Tretia časť výskumného nástroja bola zameraná na znalosti respondentov o vylučovacej a endokrinatej sústave. Ako v predvýskume, tak aj v hlavnom výskume bola použitá analýza detskej kresby. Respondentom bol poskytnutý obrys ľudského tela na formáte A4 a ich úlohou bolo nakresliť a popísať vylučovaciu a endokrinnú sústavu. Kresby boli hodnotené na stupnici, vychádzajúcej zo štúdie od autorov Prokop, Fančovičová a Tunnicliffe (2009), ktorá vychádzala z hodnotiacej stupnice od autorov Reiss a Tunnicliffe (2001):

Šesť bodov na stupnici pre vyhodnocovanie vylučovacej sústavy:

Úroveň 1 – žiadne zastúpenie orgánov vylučovacej sústavy

Úroveň 2 – jeden alebo viac orgánov vylučovacej sústavy umiestnených náhodne

Úroveň 3 – jeden orgán vylučovacej sústavy v správnej polohe

Úroveň 4 – dva alebo tri orgány vylučovacej sústavy na správnej pozícii

Úroveň 5 – každý zo štyroch orgánov vylučovacej sústavy (obličky, močovody, močový mechúr a močová trubica) na správnej pozícii, ale žiadny vzťah medzi nimi nie je uvedený

Úroveň 6 – každý zo štyroch orgánov vylučovacej sústavy (obličky, močovody, močový mechúr a močová trubica) na správnej pozícii a je medzi nimi zobrazený vzťah.

Šesť bodov stupnice pre vyhodnocovanie endokrinatej sústavy:

Úroveň 1 – žiadne zastúpenie orgánov endokrinatej sústavy

Úroveň 2 – jeden alebo viac orgánov endokrinatej sústavy umiestnených náhodne

Úroveň 3 – jeden orgán endokrinatej sústavy v správnej polohe

Úroveň 4 – dva alebo tri orgány endokrinatej sústavy na správnej pozícii

Úroveň 5 – štyri alebo päť orgánov endokrinatej sústavy na správnej pozícii

Úroveň 6 – každý z ôsmich orgánov endokrinatej sústavy (hypofýza, šuškovité teliesko, štítna žľaza, prítitné teliesko, brzlík, nadobličky, podžalúdková žľaza, pohlavné žľazy) na správnej pozícii.

### 4.3 ANALÝZA ZÍSKANÝCH DÁT

Pri predvýskume bolo zameranie len na určenie sústav, ktoré robili žiakom problém. Najskôr prebehlo zaradenie do jednotlivých úrovní a následne percentuálne vyhodnotenie úspešnosti.

Pri hlavnom výskumnom šetrení bolo najskôr zistené percentuálne zastúpenie jednotlivých úrovní u vylučovacej a endokrinnnej sústave a taktiež percentuálne zastúpenie jednotlivých orgánov vyššie zmienených dvoch sústav. Na určenie rozdielu medzi skupinami nezávislých premenných bola použitá analýza rozptylu. Medzi nezávislé premenné patrili gender, navštevovaný ročník, prítomnosť lekára a umiestnenie školy. Závislú premennú predstavovali výsledky detskej kresby. Navštevovaný ročník obsahoval viac ako dve skupiny, preto kvôli detailnému určaniu rozdielov medzi jednotlivými ročníkmi bol použitý Tukeyho post-hoc test. K zisteniu vzťahu medzi vnímaním vlastného zdravia a úrovňou znalostí z vylučovacej a endokrinnnej sústavy bol použitý Pearsonov korelačný koeficient.

## 5 VÝSLEDKY

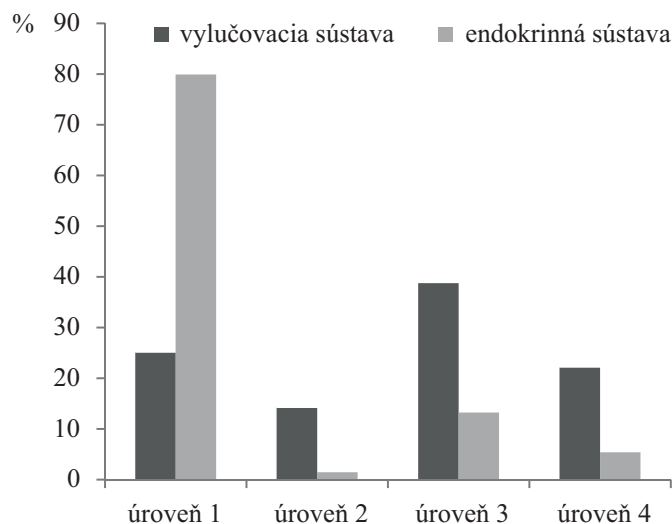
### 5.1 ZISTENIA Z PREDVÝSKUMNÉHO ŠETRENIA

Výsledky týkajúce sa predvýskumu boli rozdelené na dve základné skupiny, a to prítomnosť sústav, ale s nesprávnym umiestnením, a prítomnosť sústav či orgánov so správnym umiestnením. Napríklad, ak žiak nakreslil srdce ako zástupcu obehovej sústavy, ale nakreslil ho na nesprávnom mieste alebo nezodpovedajúcej veľkosti, bola kresba radená do nesprávneho umiestnenia. A ak srdce približne odpovedalo veľkosti a bolo správne umiestnené, tak výsledok pripadol ku správne umiestneniu. Pri hodnotení prítomnosti orgánov a sústav, ale s ich nesprávnym umiestnením, najčastejšie uvádzali respondenti orgány obehovej sústavy, najčastejšie bolo nakreslené srdce, zriedkavo sa objavovali žily a tepny. Vysoké zastúpenie orgánov mala aj nervová sústava, pričom bol najčastejšie kreslený mozog. Pľúca boli najčastejšie kreslené ako orgán dýchacej sústavy. Vysoké zastúpenie mali taktiež orgány tráviacej sústavy, najčastejšie žalúdok, pričom sa v niektorých kresbách objavovali aj tenké a hrubé črevo. Nízke zastúpenie mali orgány vylučovacej sústavy, pohybovej a opornej sústavy. Pohľavná a endokrinná sústava mali veľmi nízke zastúpenie.

Pri analýze zastúpenia jednotlivých sústav a ich správneho umiestnenia najvhodnejšie kreslili a umiestňovali orgány nervovej sústavy (88,46 %). Takmer dve tretiny respondentov správne umiestňovali orgány dýchacej a obehovej sústavy. Pri ostatných sústavách už nastal u žiakov problém so správnym umiestnením, u žiadnej z nich nedosahovalo správne umiestnenie ani 20 % oslovených žiakov, pričom orgány endokrinnnej sústavy sa nevyskytovali vôbec v žiadnej analyzovanej kresbe.

### 5.2 ZISTENIA Z HLAVNÉHO VÝSKUMU

Pri porovnaní predstáv žiakov o vylučovacej a endokrinnnej sústave je možné povedať, že respondenti mali horšie povedomie o endokrinnnej sústave v porovnaní s vylučovacou sústavou. Ako je možné vidieť v grafe 1, tak úroveň 1 bola u endokrinnnej sústavy na hodnote takmer 80 %, čo znamená žiadne zastúpenie orgánov endokrinnnej sústavy, pričom nezastúpenie orgánov vylučovacej sústavy bolo detekované len u približne 25 % respondentov. V ďalších úrovniach, kde už respondenti kreslili orgány vylučovacej a endokrinnnej sústavy bolo vyššie skóre identifikované práve u vylučovacej sústavy. Úrovne 5 a 6 zastúpenie nemali.



Graf 1: Percentuálne zastúpenie jednotlivých úrovní u endokrinnéj a vylučovacej sústavy

V tabuľke 1 je uvedená prítomnosť jednotlivých orgánov vylučovacej sústavy. Najčastejšie boli uvedené močový mechúr a obličky, ale pri ich správnom umiestnení už boli evidované rozdiely. Obličky boli zo všetkých nákresov správne umiestnené vo viac ako polovici prípadov, pričom močový mechúr bol správne umiestnený z prípadov, kde bol uvedený takmer vždy. Močovú rúru nakreslilo len o málo viac ako 10 % respondentov, ale takmer všetci respondenti, ktorí ju nakreslili, ju aj správne umiestnili. Najnižšie zastúpenie mali močovody, ale keď boli uvedené, tak boli správne nakreslené vo všetkých prípadoch.

Tab. 1: Percentuálne vyhodnotenie prítomnosti jednotlivých orgánov vylučovacej sústavy a ich správne resp. nesprávne umiestnenie

Orgán	Prítomnosť [%]	Správne umiestnenie [%]	Nesprávne umiestnenie [%]
obličky	57,35	57,26	42,73
močovody	6,37	100,00	0,00
močový mechúr	57,84	94,92	5,08
močová rúra	10,78	90,91	9,09

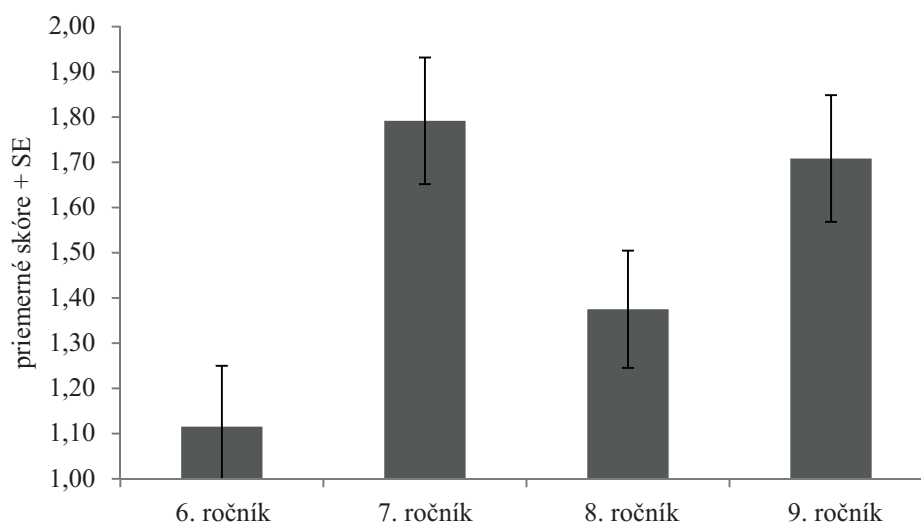
V tabuľke 2 je uvedená prítomnosť jednotlivých orgánov endokrinnéj sústavy a ich správne resp. nesprávne umiestnenie. Pohlavné žľazy boli rozdelené na mužské a ženské. Najčastejšie z orgánov endokrinnéj sústavy bola zobrazovaná štítna žľaza, nakreslilo ju takmer 10 % respondentov. O niečo menej boli uvádzané respondentmi semenníky, potom nasledovali nadobličky, ktoré boli nakreslené viac ako 5 % respondentov. Ostatné orgány endokrinnéj sústavy boli identifikované v menej ako 5 % prípadov. Ak boli orgány zobrazené, tak takmer vo všetkých prípadoch boli aj správne umiestnené, akurát štítna žľaza, brzlík a podžalúdková žľaza neboli vždy správne umiestnené.

Okrem orgánov, ktoré patria k vylučovacej a endokrinnéj sústave, respondenti uvádzali aj orgány, ktoré prináležia k iným sústavám. Najčastejšie boli zobrazené črevá, takmer v polovici analyzovaných kresbách sa tieto orgány vyskytli, pričom žiaci uviedli, že patria k vylučovacej sústave. Podobne k vylučovacej sústave zaradila takmer štvrtina respondentov žalúdok a konečník. Takmer 15 % respondentov uviedlo mozog ako súčasť endokrinnéj sústavy. Potom ešte v menej ako 5 % boli uvádzané pľúca, hltan či pažerák ako orgány vylučovacej resp. endokrinnéj sústavy.

Tab. 2: Percentuálne vyhodnotenie prítomnosti jednotlivých orgánov endokrinnnej sústavy a ich správne resp. nesprávne umiestnenie

Orgán	Prítomnosť [%]	Správne umiestnenie [%]	Nesprávne umiestnenie [%]
hypofýza	2,94	100,00	0,00
šuškovité teliesko	0,98	100,00	0,00
štítina žľaza	9,31	94,73	5,27
prištítne telieska	1,96	100,00	0,00
brzlík	3,92	50,00	50,00
nadobličky	5,39	100,00	0,00
podžalúdková žľaza	4,41	77,78	22,22
vaječníky	3,92	100,00	0,00
semenníky	8,82	100,00	0,00

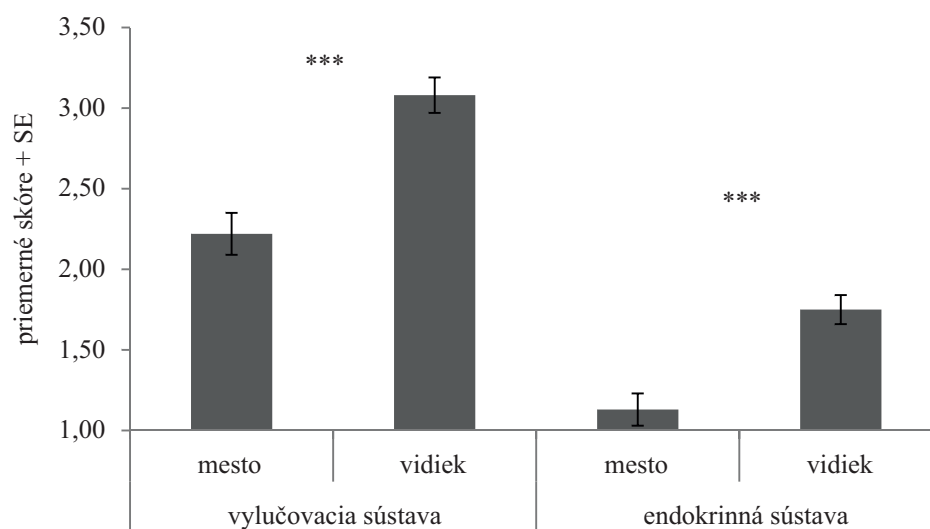
Ďalej boli prostredníctvom indukčnej štatistiky zisťované rozdiely medzi skupinami premenných a vzťahy medzi premennými. Výsledky s ohľadom na gender ukázali významný rozdiel medzi chlapcami a dievčatami pri vylučovacej sústave ( $F = 4,54$ ;  $p < 0,05$ ), pričom dievčatá dosahovali vyššie skóre ( $x = 2,89$ ;  $SE = 0,12$ ) v porovnaní s chlapcami ( $x = 2,52$ ;  $SE = 0,13$ ). Pri endokrinnnej sústave nebol identifikovaný významný rozdiel ( $F = 2,02$ ;  $p = 0,16$ ), s tým, že u dievčat bolo detekované vyššie skóre ( $x = 1,58$ ;  $SE = 0,10$ ) v porovnaní s chlapcami ( $x = 1,38$ ;  $SE = 0,10$ ). Pri hodnotení navštevovaného ročníku nebol pri vylučovacej sústave zistený významný rozdiel ( $F = 0,84$ ;  $p = 0,47$ ), pričom najnižšie skóre dosiahli žiaci šiesteho ročníka ( $x = 2,50$ ;  $SE = 0,18$ ) a najvyššie bolo zistené u žiakov ôsmeho ročníka ( $x = 2,86$ ;  $SE = 0,17$ ). U endokrinnnej sústavy bol identifikovaný významný rozdiel s ohľadom na navštevovaný ročník ( $F = 5,20$ ;  $p < 0,01$ ). Tukeyho post-hoc test poukázal na to, že žiaci šiesteho ročníka dosahovali významne nižšie skóre v porovnaní so žiakmi siedmeho a aj so žiakmi deviatego ročníka na úrovni  $p < 0,05$ . Najnižšie skóre dosiahli žiaci šiesteho ročníka ( $x = 1,12$ ;  $SE = 0,13$ ) a najvyššie žiaci siedmeho ročníka ( $x = 1,79$ ;  $SE = 0,14$ ). Distribúcia skóre u endokrinnnej sústavy s ohľadom na jednotlivé ročníky je zobrazená v grafe 2.



Graf 2: Distribúcia skóre u endokrinnnej sústavy s ohľadom na navštevovaný ročník

Prítomnosť lekára v rodine sa nepreukázal ako významný faktor. V prípade vylučovacej sústavy bola hodnota analýzy rozptylu  $F = 2,34$  ( $p = 0,13$ ) a v prípade endokrinnnej sústavy  $F = 0,95$  ( $p = 0,55$ ). U endokrinnnej sústavy dosahovali vyššie skóre respondenti, ktorí označili prítomnosť lekára v rodine ( $x = 1,59$ ;  $SE = 0,19$ ) v porovnaní s tými, ktorí prítomnosť lekára v rodine nepotvrdili ( $x = 1,47$ ;  $SE = 0,07$ ). Pri vylučovacej sústave nastal opačný efekt, tí ktorí nemali lekára v rodine dosahovali vyššie skóre ( $x = 2,76$ ;  $SE = 0,09$ ) v porovnaní s respondentmi, ktorí lekára v rodine mali ( $x = 2,37$ ;  $SE = 0,24$ ).

Pri hodnotení výsledkov vedomostí z endokrinnnej a vylučovacej sústavy s ohľadom na umiestnenie školy v oboch prípadoch dosahovali vyššie skóre respondenti z vidieckeho prostredia. V oboch prípadoch bol evidovaný významný rozdiel vo výsledkoch u vylučovacej sústavy ( $F = 26,50$ ;  $p < 0,001$ ) a u endokrinnnej sústavy ( $F = 21,51$ ;  $p < 0,001$ ). Distribúcia skóre za obe orgánové sústavy s ohľadom na umiestnenie školy je zobrazené v grafe 3.



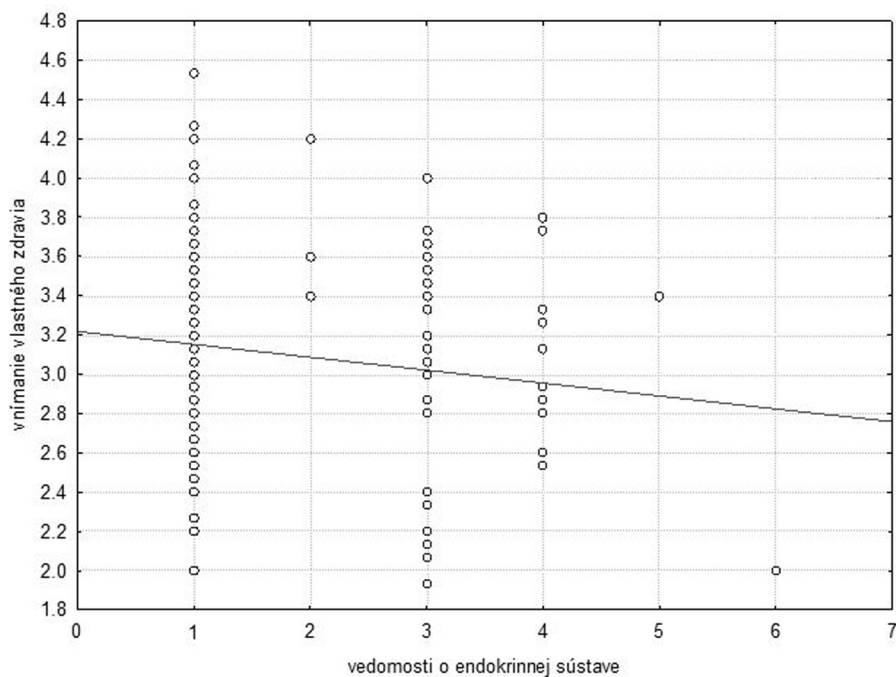
\*\*\*  $p < 0,001$

Graf 3: Distribúcia skóre za vylučovaciu a endokrinnú sústavu s ohľadom na umiestnenie školy

Poslednou analýzou bolo určenie vzťahu medzi vnímaním vlastného zdravia a vedomosťami z vylučovacej a endokrinnnej sústavy. Vzťah medzi predstavami o vylučovacej sústave a vnímaním vlastného zdravia bol nevýznamný ( $r = -0,02$ ;  $p = 0,82$ ), ale vzťah medzi predstavami o endokrinnnej sústave a vnímaním vlastného zdravia bol významný a slabo negatívny ( $r = -0,14$ ;  $p < 0,05$  (graf 4)).

## 6 DISKUSIA

V prvej etape výskumného šetrenia bolo zámerom určiť, ktoré sústavy robia žiakom druhého stupňa základných škôl najväčší problém pri ich zakresľovaní do predloženého obrysu ľudského tela. Pri determinovaní najproblémovnejších orgánových sústav bolo použité len percentuálne zastúpenie jednotlivých orgánov. Na základe výsledkov boli určené vylučovacia a endokrinná sústava ako tie, ktoré žiakom robili najväčšie problémy, preto v hlavnom výskumnom šetrení bolo zameranie na uvedené dve sústavy a vplyv vybraných premenných na ne.



Graf 4: Vzťah medzi vnímaním vlastného zdravia a predstavami o endokrinnnej sústave

Prvou premennou bol gender, čiže bolo snahou určiť rozdiel medzi dievčatami a chlapcami z vedomostí o vylučovacej a endokrinnnej sústave. Na základe výsledkov je možné povedať, dievčatá dosahovali vyššie skóre v oboch sústavách v porovnaní s chlapcami. Podobné výsledky, ale o iných sústavách bolo možné nájsť aj v prácach ďalších autorov. Napríklad Bahar a kol. (2008) dosahovali lepšie vedomosti pri zakresľovaní srdca a mozgu do predloženého obrysu ľudského tela. Makonore a Reiss (2003) vo výskume realizovanom na žiakoch základných škôl nezistili rozdiel pri zakresľovaní orgánov jednotlivých sústav s ohľadom na gender. Kým orgány vylučovacej sústavy bolo možné nájsť približne u tretiny chlapcov a dievčat, tak orgány endokrinnnej sústavy sa nevyskytovali ani v kresbách chlapcov ani v kresbách dievčat. Okrem iných boli predmetom výskumu aj vylučovacia s endokrinnou sústavou. Podobne aj pri zakresľovaní orgánov týkajúcich sa orgánov vylučovacej, dýchacej a tráviacej sústavy dosahovali vyššie skóre dievčatá v porovnaní s chlapcami (Prokop, Fančovičová & Tunnicliffe, 2009). Lepšie výsledky v kresbe orgánov endokrinnnej a vylučovacej sústavy u dievčat je možné pripísať tomu, že dievčatá sa snažia a o ucelenejšie a presnejšie kresby v porovnaní s chlapcami. Tento efekt bol potvrdený napríklad v štúdiu od autorov Gabriels a kol. (2000). Podobne Tuman (1999) uviedol vo svojej práci, že pri analyzovaní detských kresieb boli u dievčat pozorované určité charakteristiky, ktoré sa u chlapcov nevyskytovali. Dievčatá boli vo svojich kresbách presnejšie, používali viac farieb, kresby boli oveľa viac detailnejšie ako kresby chlapcov.

Ďalšou premennou, ktorá bola zaradená do výskumného šetrenia, bol navštevovaný ročník. U vylučovacej sústavy boli zistené konzistentné výsledky, najmladší respondenti dosahovali najhoršie výsledky, týkajúce sa predstáv o uvedenej sústave. Narastajúcim vekom stúpala počet správne umiestnených zakreslených orgánov spadajúcich do vylučovacej sústavy. Podobné výsledky uvádza aj Reiss a kol. (2002), ktorí vo svojej práci uviedli lepšie vedomosti starších žiakov o anatómii ľudského tela v porovnaní s mladšími respondentmi. Precíznosť, úplnosť a presnosť kresby s ohľadom na vek respondentov boli skúmané aj autorom van Mier (2006), ktorý

na základe výsledkov uviedol, že s postupujúcim vekom respondentov stúpala presnosť, úplnosť a precíznosť kresby. Makonore a Reiss (2003) skúmali vplyv veku na schopnosť žiakov základných škôl zakresľovať orgány rôznych sústav ľudského tela. Okrem iných vyhodnocovali aj vylučovaciu a endokrinnú sústavu. Kým pri vylučovacej sústave nastalo s postupujúcim vekom zlepšenie pri zakresľovaní orgánov, tak pri endokrinnnej sústave ostal výsledok na rovnakej úrovni. Ako mladší, tak aj starší respondenti nezakreslili ani jeden orgán endokrinnnej sústavy. Pri endokrinnnej sústave boli identifikované odlišné výsledky, najlepšie výsledky dosiahli žiaci siedmeho ročníka a najhoršie výsledky najmladší respondenti (žiaci šiesteho ročníka). Toto zistenie je relatívne prekvapujúce, pretože sa očakávalo, že práve najstarší respondenti dosiahnu najlepšie výsledky, keďže mali prebrané učivo z anatómie človeka. Výsledok siedmakov je možné vysvetliť tým, že predstavy o endokrinnnej sústave majú z anatómie živočíchov.

Prítomnosť lekára v rodine sa ukázala ako nevýznamná premenná, keďže ani pri endokrinnnej ani pri vylučovacej sústave nebol zistený významný vplyv tejto premennej. Uvedená premenná patrí len medzi okrajovo skúmané. V dostupných databázach nebola nájdená žiadna výskumná práca, ktorá by odkazovala na vplyv uvedenej premennej. Aj keď rozdiel nebol významný, tak pri endokrinnnej sústave dosahovali vyššie skóre respondenti, ktorí označili prítomnosť lekára v rodine, ale pri vylučovacej sústave bol efekt opačný, tam dosahovali vyššie skóre respondenti, ktorí lekára v rodine nemali. Tento jav bol možno spôsobený tým, že choroby súvisiace s endokrinnou sústavou patria medzi častejšie spomínané a bežnejšie, niektoré z nich patria aj medzi tzv. civilizačné choroby (napr. cukrovka). Prípadne choroby endokrinného systému spôsobujú následne ochorenia vylučovacej sústavy. Taktiež je možné nájsť aj informácie o strese ako faktore, ktorý spôsobuje ochorenia endokrinnnej sústavy (napr. McEwen & Stellar, 1993). Preto je možné v rodine, kde je prítomný lekár, počuť viac o chorobách endokrinného systému v porovnaní s vylučovacími.

Ďalšou premennou bolo prostredie, kde je umiestnená škola. Pri oboch sústavách, ako vylučovacej, tak aj endokrinnnej, dosahovali významne vyššie skóre žiaci z vidieckeho prostredia. Vplyv rezidencie v oblasti vedomosti o ľudskom tele nebol v dostupných databázach dohľadateľný, ale napríklad v oblasti environmentalistiky bol robený výskum na vedomosti a proenvironmentálne správanie (napr. Berenguer, Corraliza & Martin, 2005) či v prácach týkajúcich sa zoológie (napr. Kellert & Westervelt, 1984). Väčšina výskumných štúdií, kde bol skúmaný vplyv vidieckeho a mestského prostredia na vedomosti, deklarovali lepšie vedomosti o skúmaných témach u žiakov, ktorí navštevovali školu vo vidieckom prostredí, resp. pochádzali z vidieckeho prostredia. Jednou z možností, ako je možné vysvetliť lepšie skóre u žiakov z vidieckych škôl, je nižší počet žiakov v triedach z mimomestského prostredia (napr. Kučerová et al., 2011), preto má učiteľ možnosť sa venovať viac žiakom, individuálne vyučovanie prebieha častejšie ako v mestskom prostredí. Tým dochádza u žiakov k porozumeniu uvedenej problematiky a nielen k jej povrchnému osvojeniu.

Poslednou premennou bolo vnímanie vlastného zdravia a jeho vzťah s vedomosťami o endokrinnnej a vylučovacej sústave. Bolo zistené, že žiaci, ktorí vnímali svoj zdravotný stav horšie, dosahovali vyššie skóre v oboch sústavách v porovnaní s respondentmi, ktorí vnímali zdravotný stav lepšie. K tomuto javu mohlo dôjsť pravdepodobne na základe toho, že respondenti, ktorí majú problémy so zdravím, sa viac zaujímajú o stavbu ľudského tela a jeho fungovanie, preto boli u nich predstavy na vyššej úrovni.



## 7 ZÁVER

Na základe výsledkov výskumného šetrenia bolo zistených niekoľko problematických oblastí v predstavách o endokrinnnej a vylučovacej sústave u žiakov druhého stupňa základných škôl. Medzi najčastejšie mylné predstavy patrilo zaradenie orgánov tráviacej sústavy (najmä črevá) medzi orgány vylučovacej sústavy. Potom boli identifikované mylné predstavy o polohe obličiek, prípadne dochádzalo k zámene močovej rúry a močovodov. Pri endokrinnnej sústave dochádzalo k určeniu mozgu ako orgánu patriaceho do endokrinnnej sústavy. Na úroveň predstáv o oboch sústavách pôsobili premenné ako gender, navštevovaný ročník či umiestnenie školy, ale taktiež aj vnímanie vlastného zdravia.

Výsledky prezentované na základe analýzy dát môžu byť užitočné aj pre učiteľov, k výberu vhodných vyučovacích metód a postupov, ktorými by priblížili žiakom orgány vylučovacej a endokrinnnej sústavy tak, aby nedochádzalo k zámene s inými sústavami. Vyučovacie metódy by mohli byť zamerané na využitie takých didaktických pomôcok a techník, ktoré by žiakom zobrazili v správnej polohe umiestnenie orgánov jednotlivých sústav. Taktiež samotný výskumný nástroj (obrys ľudského tela a vyhodnocovacie kódovanie) by mohol byť nápomocný pre učiteľov pred začatím preberania anatómie ľudského tela tak, aby zistili, aké predstavy majú žiaci o usporiadaní orgánov jednotlivých sústav, ktorá je pre žiakov najproblematickejšia a aké problémy pri jednotlivých sústavách sa zameriť.

## LITERATURA

- Arnaudin, M. W. & Mintzes, J. J. (1985). Students' alternative conceptions of the human circulatory system: A cross-age study. *Science Education*, 69(5), 721–733.
- Bahar, M. (2003). Misconceptions in biology education and conceptual change strategies. *Educational Sciences: Theory & Practice*, 3(1), 55–64.
- Bahar, M., Ozel, M., Prokop, P. & Usak, M. (2008). Science student teachers' ideas of the heart. *Journal of Baltic Science Education*, 7(2), 78–85.
- Bajd, B., Praprotnik, L. & Matyášek, J. (2008). Basic knowledge of the cardiovascular system: A comparison between students of the faculties of education in Ljubljana (Slovenia) and Brno (Czech Republic). *School and Health*, 21(3), 7–15.
- Bartoszeck, A. B., Machaldo, D. Z. & Amann-Gainotti, M. (2008). Representations of internal body image: A study of preadolescents and adolescent students in Araucaria, Parana, Brazil. *Ciencias & Cognicao*, 13(2), 139–159.
- Berenguer, J., Corraliza, J. A. & Martin, R. (2005). Rural-urban differences in environmental concern, attitudes and actions. *European Journal of Psychological Assessment*, 21(2), 128–138.
- Çakici, Y. (2005). Exploring Turkish upper primary level pupils' understanding of digestion. *International Journal of Science Education*, 27(1), 79–100.
- Costu, B., Ayas, A., Niaz, M., Unal, S. & Calik, M. (2007). Facilitating conceptual change in students' understanding of boiling concept. *Journal of Science Education and Technology*, 16(6), 524–536.
- Čáp, J. (1983). *Psychologie pro učitele*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství.
- Čáp, J. & Mareš, J. (2001). *Psychologie pro učitele*. Praha: Portál.

- Duit, R. (2002, June). *Conceptual change — still a powerful frame for improving science teaching and learning?* Paper presented at the Third European Symposium on Conceptual Change: A Process Approach to Conceptual Change, Turku, Finland.
- Fisher, K. M. (1985). A misconception in biology: Amino acids and translation. *Journal of Research in Science Teaching*, 22(1), 53–62.
- Gabriels, R. L., Wamboldt, M. Z., McCormick, D. R., Adams, T. L. & McTaggart, S. R. (2000). Children's illness drawings and asthma symptom awareness. *Journal of Asthma*, 37(7), 565–574.
- Havu-Nuutinen, S. & Keinonen, T. (2010). The changes in pupils' conceptions of human body based on science, technology and society based teaching. *Journal of Baltic Science Education*, 9(3), 212–223.
- Kellert, S. R. & Westervelt, M. O. (1984). Children's attitudes, knowledge and behaviors towards animals. *Children's Environments Quarterly*, 1(3), 8–11.
- Köse, S. (2008). Diagnosing student misconceptions: using drawings as a research method. *World Applied Sciences Journal*, 3(2), 283–293.
- Kubiatko, M. & Balátová, K. (2014). Are storks homosexuals? Persistence of misconceptions among university students. *Journal of Baltic Science Education*, 13(4), 448–457.
- Kučerová, S., Mattern, T., Štych, P. & Kučera, Z. (2011). Změny dostupnosti základních škol v Česku jako faktor znevýhodnění regionů a lokalit. *Geografie*, 116(3), 300–316.
- Makonore, V. & Reiss, M. J. (2003). Pupils drawings of what is inside themselves: A case study in Zimbabwe. *Zimbabwe Journal of Educational Research*, 15(1), 28–43.
- McEwen, B. S. & Stellar, E. (1993). Stress and the individual mechanisms leading to disease. *Archives of Internal Medicine*, 153(18), 2093–2101.
- Mier van, H. (2006). Developmental differences in drawing performance of the dominant and non-dominant hand in right-handed boys and girls. *Human Movement Science*, 25(4–5), 657–677.
- Nakhleh, M. B. (1992). Why some students don't learn chemistry – Chemical misconceptions. *Journal of Chemical Education*, 69(3), 191–196.
- Özsevgeç, L. C. (2007). What do Turkish students at different ages know about their internal body parts both visually and verbally? *Journal of Turkish Science Education*, 4(2), 31–44.
- Prokop, P. & Fančovičová, J. (2006). Students' ideas about the human body: Do they really draw what they know? *Journal of Baltic Science Education*, 2(10), 86–95.
- Prokop, P. & Fančovičová, J. (2008). Students' understanding of human pregnancy. *Journal of Baltic Science Education*, 7(1), 37–47.
- Prokop, P., Fančovičová, J. & Tunnicliffe, S. D. (2009). The effect of type of instruction on expression of children's knowledge: How do children see the endocrine and urinary system? *International Journal of Environmental & Science Education*, 4(1), 75–93.
- Reiss, M. J. & Tunnicliffe, S. D. (2001). Students' understandings of human organs and organ systems. *Research in Science Education*, 31(3), 383–399.
- Reiss, M. J. a kol. (2002). An international study of young peoples' drawings of what is inside themselves. *Journal of Biological Education*, 36(2), 58–64.

Schneider, I. & Ohadi, M. M. (1998). Unraveling students' misconceptions about the Earth's shape and gravity. *Science Education*, 82(2), 265–284.

Tuman, D. M. (1999). Gender style as form and content: An examination of gender stereotypes in the subject preference of children's drawing. *Studies in Art Education*, 41(1), 40–60.

Wallach, P. M. a kol. (2001). Standardized patients' perceptions about their own health care. *Teaching and Learning in Medicine*, 13(4), 227–231.

Žoldošová, K. & Prokop, P. (2007). Primary pupils' preconceptions about child prenatal development. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 3(3), 239–246.

---

MILAN KUBIATKO, mkubiatko@gmail.com

Fakulta humanitných vied ŽU

Katedra pedagogických štúdií

Univerzitná 1, 01026 Žilina, Slovenská republika

## Profesní vidění studentů učitelství biologie zaměřené na obor a oborově didaktické jevy

*Lenka Pavlasová*

### Abstrakt

Profesní vidění představuje jednu z dimenzí učitelské profesionality. Obecná shoda panuje na tom, že by mělo být rozvíjeno v průběhu přípravného vzdělávání učitelů. Volba účinných intervencí vyžaduje znalost výchozího stavu dovedností studentů. Předložená studie zjišťuje dovednosti všímání si a uvažování založené na znalostech u budoucích učitelů biologie ( $n = 26$ ) pomocí kvalitativní analýzy písemných reflexí videozáznamu vyučovací hodiny. Použitím kategoriálního systému podle Sherin a van Es (2009) bylo zjištěno, že u studentů převažují výroky zaměřené na učitele, pedagogiku a obecnou didaktiku a že k nim zaujímají převážně hodnotící a popisný přístup. Další analýzy ukázaly, že výroky uváděné ve spojení se žákem jsou ve větší míře interpretovány než výroky spojené s učitelem, kde převažuje popis a hodnocení. Podrobnější analýza oborových a oborově didaktických komentářů ukázala jejich tematickou orientaci na dvě širší oblasti: (1) metody, formy, postupy a pojetí výuky a (2) cíl výuky, očekávané výstupy, kompetence, obsah výuky. Mezi opomíjená témata patřily například pomůcky, motivace, aktivizace a pozornost žáků, instrukce učitele. Jen ojediněle studenti komentovali odborné chyby a terminologické nepřesnosti učitele. Tato zjištění poskytují důležité informace garantům kurzů didaktiky biologie.

**Klíčová slova:** profesní vidění, didaktika biologie, všímání si, výběrové zaměření pozornosti, student učitelství biologie.

## Professional Vision of Pre-service Biology Teachers Focused on Subject and Subject Didactics Phenomena

### Abstract

Professional vision represents one dimension of teachers' professionalism. The general consensus is that it should be developed during the standard teacher-training process. In order to choose an effective intervention mechanism, the teacher needs to be familiar with the proficiency of the students at the beginning of the teaching process. The submitted study focuses on pre-service biology teachers ( $n = 26$ ), with the aim of assessing their noticing abilities and knowledge-based reasoning skills. These are detected by a qualitative analysis of written reflections on videos of someone else's teaching. Using the category system

devised by Sherin and van Es (2009) it was found that students' reflections contained more statements focused on the teacher and pedagogy, typically expressing a descriptive and evaluative stance. Further analysis showed that statements associated with the pupils were more often interpreted by students than the ones associated with the teacher, where description and evaluation tended to be the predominant stances. Statements associated with subject and subject didactics can be thematically divided into two broad groups: (1) methods, forms, process and concept of teaching and (2) goal of teaching, expected outcomes, competencies, content of teaching. Neglected topics are e.g. teaching aids, motivation, activation and attention of pupils, teacher's instructions and teacher's mistakes. The presented findings provide important information for the guarantors of courses specializing in the didactics of biology.

**Key words:** professional vision, didactics of biology, noticing ability, selective attention, pre-service biology teacher.

Profesní vidění představuje vedle profesního vědění a profesního jednání jednu z dimenzí učitelské profesionality (Minaříková & Janík, 2012). Tento pojem byl použit Goodwinem (1994: s. 606) pro označení jednoho ze znaků profesí obecně. Představuje soubor diskurzivních praktik používaných členy profese ke strukturování událostí v oblasti, která je předmětem jejich profesního pozorování. Viděné potom vzniká interakcí pozorovaného právě s těmito diskurzivními praktikami.

Profesní vidění je zkoumáno poměrně často i u učitelské profese, protože učitelovo vnímání situací ve výuce ovlivňuje jeho rozhodování a jednání, čímž může mít důsledky pro kvalitu výuky a výsledky žáků (Minaříková & Janík, 2012). Profesní vidění se mění v průběhu učitelské přípravy mimo jiné vlivem intervencí během kurzů obecné a oborové didaktiky a pedagogické praxe. Pro vyučující těchto kurzů je přitom důležité mít povědomí, jak rozvinuté profesní vidění mají studenti, kteří do nich vstupují. Podle Svatoše (2013) je malá pozornost věnována výzkumům studentů učitelství na začátku studia a dále nejsou známy žádné výzkumy provedené u studentů učitelství biologie, proto jsme považovali za potřebné tuto mezeru zaplnit.

## 1 TEORIE A SOUVISEJÍCÍ VÝZKUM

Podle Sherin a van Es (2009) má profesní vidění dvě složky: výběrové zaměření pozornosti (*selective attention*; někdy nazývané též všímání si, *noticing*) a uvažování založené na znalostech (*knowledge-based reasoning*). První složka vypovídá o tom, které jevy považuje učitel za důležité ve sledované výuce, a druhá složka o tom, jak o nich uvažuje na základě svých znalostí a zkušeností.

Obecná shoda panuje v tom, že tyto dovednosti by měly být rozvíjeny v pregraduálním vzdělávání učitelů. Často se k těmto účelům vedle přímého pozorování výuky využívají videozáznamy výukových situací, kdy studenti řeší s podporou videa různé učební úlohy (viz např. Sonmez & Hakverdi-Can, 2012; Martin & Siry, 2012; Simpson, Vondrová & Žalská, 2017), které mohou být izolované nebo jsou součástí komplexních celků. Ve výuce jsou často využívána elektronická učební prostředí (MOODLE, webové stránky) a speciálně vytvořené kurzy (Sherin & van Es, 2005; Janík & Seidel, 2009; Minaříková et al., 2015). Následné zvýšení efektivity výuky učitelů přírodních věd po intervencích s využitím vlastního videa uvádí např.

McConnell et al. (2008). Pozitivní vliv videí jiných učitelů na rozvoj dovedností studentů učitelství přírodních věd popisuje Ling Wong et al. (2006).

Obě složky profesního vidění jsou zkoumány zpravidla kvalitativními přístupy u učitelů či studentů učitelství různých předmětů a různého stupně škol. Za všechny jmenujme zejména výzkumy učitelů matematiky (Sherin & van Es, 2009; Vondrová & Žalská, 2015), přírodovědných předmětů (Roth et al., 2011; Talanquer, Tomanek & Novodvorsky, 2013), anglického jazyka (Uličná, 2017), 1. stupně (Steffensky, 2015; Uličná, Stará & Novotná, 2017) a preprimárního vzdělávání (Syslová, 2016). Ojedinele jsou prováděny studie učitelů více aprobací (Blomberg, Stürmer & Seidel, 2011; Pavlasová et al., 2018). Zkoumaným materiálem pak bývají písemné reflexe studentů nebo audiozáznamy jejich diskusí, z nichž je pořízen transkript. Komplexní výpověď studenta je nejprve tříděna do základních kategorií pomocí kategoriálních systémů (často jsou používány systémy podle Sherin & van Es, 2009 a Stockero, 2008) a poté podrobena dalším analýzám.

Sonmez a Hacverdi-Can (2012) zkoumali budoucí učitele přírodních věd (předmět *science*) na začátku kurzu využívajícího práci s videi. Zjistili, že si studenti nevěšili detailů výuky a byli schopni pouze částečně rozpoznat hlavní rysy výukové praxe (příprava hodiny, průběh hodiny, kvalita výuky, vedení hodiny). Komentáře většiny účastníků výzkumu se zaměřovaly více na činnost učitele než na žáka. Týkaly se především popisu přítomnosti nebo nepřítomnosti určitých jevů ve výuce, nebyli schopni posoudit kvalitu výuky a roli žáků ve vzdělávacím procesu. Totéž popisuje např. i Sherin a Han (2004) u učitelů matematiky. V průběhu kurzu pozorovali zlepšení schopnosti všimnout si jevů v komplexním prostředí třídy, zlepšilo se výběrové zaměření pozornosti studentů a schopnost všimnout si detailů výuky. Dále došlo k pozitivnímu posunu v oblasti hodnocení výuky (schopnost identifikovat silné a slabé stránky výuky).

Seidel et al. (2011) zjistili, že pro učitele přírodovědných předmětů (předmět *science*, výuka fyzikálního tématu) je sledování vlastního videa více aktivizující a motivační než sledování videa jiného učitele. Učitelé se zkušenostmi s prací s videem a sledující vlastní video si všímali více složek výuky než učitelé bez těchto zkušeností nebo učitelé sledující video jiného učitele. Výsledky ale nebyly statisticky významné. Mezi učiteli sledujícími video jiného učitele nebyly rozdíly ve všímání si z hlediska přítomnosti nebo nepřítomnosti jejich předchozích zkušeností s prací s videem. V uvažování o viděném vykazovali učitelé se zkušeností s prací s videem a sledující své vlastní video tendenci k méně četnému uvádění kritických momentů ve výuce.

Blomberg, Stürmer a Seidel (2011) zkoumali profesní vidění u studentů učitelství různých předmětů, mezi jinými i matematiky a předmětu *science*. Tito studenti vykazovali horší výsledky v profesním vidění než studenti sociálních a humanitních oborů, což ukazuje, že na dovednosti profesního vidění může mít vliv obor, který studenti studují. Ovšem nebylo prokázáno, že dosahují lepších výsledků při sledování výuky oboru, který studují. Z toho autoři vyvozují, že dovednost profesního vidění musí mít obecné aspekty i aspekty vázané na obor.

Vlivu oborového zaměření se věnuje i Steffensky et al. (2015) u studentů učitelství a učitelů prvouky na 1. stupni ZŠ. Profesní vidění považují za specifickou dovednost závislou na oborovém zaměření učitele. Respondenti z obou uvedených skupin, kteří absolvovali předchozí vzdělání orientované na obor (přírodní vědy), vykazovali lepší výsledky v profesním vidění podpory učení žáků (aspektu zaměřeného na obsah) oproti řízení třídy (pedagogicko-psychologických aspektů výuky nesouvisejících s jejím obsahem) v porovnání s účastníky, kteří tyto zkušenosti s oborem neměli.

Mezi studenty učitelství středoškolské matematiky a přírodních věd jsou navíc značné intra-individuální rozdíly jak u vstupních dovedností, tak v možnosti jejich dovednosti se rozvíjet, což se ukázalo např. ve výzkumech Stürmer, Seidel a Holzberger (2016) zaměřených na tři úrovně procesu uvažování založeného na znalostech: popis, vysvětlení a predikci.

Z uvedeného vyplývá, že zahraniční výzkumy orientované na učitele přírodních předmětů se zabývají především učitelem integrovaného předmětu *science* zahrnujícího učivo biologie, chemie a fyziky, což odpovídá kurikulárním kontextům daných zemí. Nejsou známy výzkumy učitelů zaměřené na výuku čistě biologických témat. Ani v českém prostředí v podstatě neexistují výzkumy profesního vidění studentů učitelství a učitelů biologie (kromě Vondrová, Robová & Pavlasová, 2017). Uvedená studie má za cíl tento prostor zaplnit. Jako první v řadě se jeví potřebné zkoumat studenty učitelství na počátku jejich přípravného vzdělávání, aby bylo možné získat povědomí o jejich dovednostech, se kterými budou vstupovat do kurzů didaktiky biologie. Získaná zjištění mohou být významná pro oborové didaktiky a mohou jim pomoci při přípravě nových didaktických kurzů či při modifikacích kurzů stávajících a zaměřit je na konkrétní složky profesního vidění, které jsou méně rozvinuty.

Výzkum si proto klade za cíl odpovědět na tyto výzkumné otázky:

1. Čeho si všímají studenti učitelství biologie při vstupu do učitelského studia na videozáznamu výuky?
2. Kterého tématu se týkají výroky zaměřené na učitele, žáka a tvůrce kurikula a jaký je charakter uvažování o viděném v těchto výrocích?
3. Jaké je tematické zaměření výroků týkajících se oboru a oborové didaktiky?

## 2 METODOLOGIE

### 2.1 ÚČASTNÍCI VÝZKUMU A SBĚR DAT

Účastníky výzkumu bylo 26 studentů navazujícího magisterského studia oboru učitelství všeobecně vzdělávacích předmětů pro 2. stupeň ZŠ a SŠ – biologie, kteří byli na začátku studia (tj. na začátku zimního semestru 1. ročníku). S nabídkou na účast ve výzkumu byli osloveni všichni studenti ročníku (41), ve výsledku reflexe odevzdala jen část studentů (63,4 %), konkrétně 20 žen a 6 mužů. Před nástupem do učitelského studia absolvovali oborové bakalářské studium, které obsahovalo teoretické základy pedagogicko-psychologických disciplín, konkrétně kurzy Základy psychologie, Psychologii dítěte školního věku, Sociální pedagogiku a Úvod do pedagogiky. V období před výzkumem se neúčastnili žádné výuky didaktiky biologie.

Studenti dostali za úkol napsat písemnou reflexi na zadanou videoukázku vyučovací hodiny. Rozsah reflexe nebyl stanoven. Studenti byli požádáni, aby napsali vše, co je zaujalo, nebáli se vyjádřit své názory a snažili se psát celými větami, ne jen heslovitě. Reflexe psali doma a na video se mohli podívat, kolikrát chtěli. Odkaz na video byl studentům zaslán e-mailem, termín odevzdání byl stanoven na čtrnáct dní od zadání. Reflexe byly odevzdávány v elektronické podobě.

Pro výzkum bylo vybráno video *Měkkýši* dostupné na webových stránkách Metodického portálu RVP<sup>1</sup>, které obsahuje několik dobře zřetelných didakticko-biologických jevů a na jeho začátku je divák seznámen s kontextem hodiny samotnou vyučující. Na videu se střídají různé aktivity a probíhají četné interakce vyučující se žáky,

<sup>1</sup>Dostupné z <http://www.rvp.cz>

což poskytuje studentům dostatek příležitostí tyto jevy zachytit a uvést v reflexích. Videokázka obsahovala hodinu biologie ve čtvrtém ročníku šestiletého gymnázia, kde bylo probíráno téma morfologie a životní prostředí měkkýšů. Žáci v ukázce po krátkém opakování učiva pracovali nejprve ve skupinách s textem v učebnici a vypisovali z něj informace, které doplňovali do tabulky připravené vyučující. Vypsané informace poté prezentovali svým spolužákům a vybrané pojmy ukazovali na přírodninách. Hodina byla zakončena společným opakováním spojeným s promítáním obrázků zástupců měkkýšů.

## 2.2 ANALÝZA DAT

Data z písemných reflexí byla analyzována podle metodiky publikované Sherin a van Es (2009), viz tab. 1. Při výběru kategoriálního systému byly zvažovány různé možnosti popsané v literatuře (Santagata, Zannoni & Stigler, 2007; Stockero, 2008; Seidel et al., 2011 a další), uvedený systém byl zvolen z důvodu jeho rozšířenosti a možnosti pozdějšího srovnání výsledků s jinými studiemi. Reflexe byly nejprve rozděleny na významové jednotky (zpravidla celé věty; souvětí byla dělena v případě odlišného zaměření jednotlivých vět) a poté zakódovány podle kategorií uvedených v tab. 1. Každý výrok byl přiřazen k jedné kategorií v každé ze čtyř oblastí. Např. výrok „Hned ze začátku se mi líbí, jak se paní učitelka ptá žáků, jaké základní informace o měkkýších si pamatují ze dvou předchozích hodin.“ byl kódován učitel – obor a oborová didaktika – hodnocení – konkrétní; výrok „Žáci si veškeré informace dokázali vyhledat a doplnit sami.“ byl kódován žák – pedagogika a obecná didaktika – popis – obecný. Obsah kategorií je zřejmý z jejich názvu a nepotřebuje bližší vysvětlení, snad kromě kategorie tvůrce kurikula, kam byly zařazeny výroky týkající se tvůrců vzdělávacích programů, autorů učebnic, tvůrců výukových materiálů, učebních úloh, výukových pomůcek, tematických plánů, témat hodin apod.

Tab. 1: Čtyři oblasti kategorií pro kódování výroků (podle Sherin a van Es, 2009)

Oblast	kategorie
Aktér	učitel – žák – pozorovatel videa – tvůrce kurikula – jiné
Téma	obor a oborová didaktika – pedagogika a obecná didaktika – klima třídy – řízení třídy – jiné
Přístup	popis – hodnocení – interpretace – jiné
Míra konkrétnosti	konkrétní – obecný

Kódování prováděly tři kódující, členky širšího výzkumného týmu, nejprve individuálně. Následně byly jejich kódy porovnány a v případě shody dvou až tří kódů bylo učiněno rozhodnutí pro každou jednotku. V případě výskytu tří různých kódů u jedné jednotky, což bylo pouze v 0,01 % případů, se výzkumnice na výsledném kódu společně dohodly. Použitím výše uvedené metodiky byl získán základní přehled o charakteru studentských výroků a jejich četnosti. Data byla analyzována za použití popisné statistiky.

Dále bylo sledováno, které kategorie se ve významových jednotkách vyskytují společně a s jakou četností. Pro tuto analýzu bylo zvoleno třídění podle jednotlivých *aktérů* a bylo zjišťováno, s jakým *tématem* jsou tito aktéři spojováni a jaký je současně *přístup* studentů k analýze dění uvedených v těchto vybraných výrociích. Pro snadnější vyhodnocování byly nejprve vyloučeny všechny výroky, kde se v kategoriích *téma* nebo *přístup* objevil kód *jiné*. Zásah do datového souboru byl nepatrný, jednalo se jen o dvě položky u aktéra učitel, pět položek u aktéra pozorovatel



videa a jednu položku u aktéra tvůrce kurikula. Výsledky jsou prezentovány graficky (graf 1–3).

Data vztahující se k *oboru a oborové didaktice* ve spojení s ostatními kategoriemi byla analyzována následně i kvalitativně s cílem zjistit tematické zaměření těchto výroků. Významové jednotky byly tříděny do podkategorií podle publikace Pavlasová et al. (v tisku): (1) metody, formy, postupy a pojetí výuky, (2) cíl výuky, očekávané výstupy, kompetence, obsah výuky, (3) motivace, aktivizace, pozornost, (4) řízení třídy (management), (5) didaktické zásady. Navíc byly přidány podkategorie (6) pomůcky a (7) instrukce učitele. Kategorie klima třídy nebyla použita, protože se ve výrocích vůbec nevyskytovala (viz tab. 4). Každá významová jednotka byla přiřazena do jedné podkategorie. Spolu s komentářem uvádíme i jejich četnosti, protože mají určitou vypovídající hodnotu.

### 3 VÝSLEDKY

#### 3.1 OBLASTI A KATEGORIE VŠÍMÁNÍ SI

Celkem bylo získáno 26 reflexí s rozdílnou délkou textu. Nejkratší obsahovala 506 znaků i s mezerami, nejdelší 3 885. Průměrná délka reflexe byla 1 400 znaků i s mezerami, medián 945, směrodatná odchylka 954. Souhrnná délka všech reflexí byla 36 403 znaků i s mezerami. Reflexe byly nejprve rozděleny na úseky (významové jednotky) s výpovědní hodnotou vhodnou pro kódování. Nejnižší počet úseků v reflexi byl 6, nejvyšší počet úseků 59, průměr 19, medián 13, směrodatná odchylka 14. Celkový počet kódovaných úseků byl 489. Četnost výroků v jednotlivých kategoriích po zakódování metodikou podle Sherin a van Es (2009) je uvedena v tab. 2.

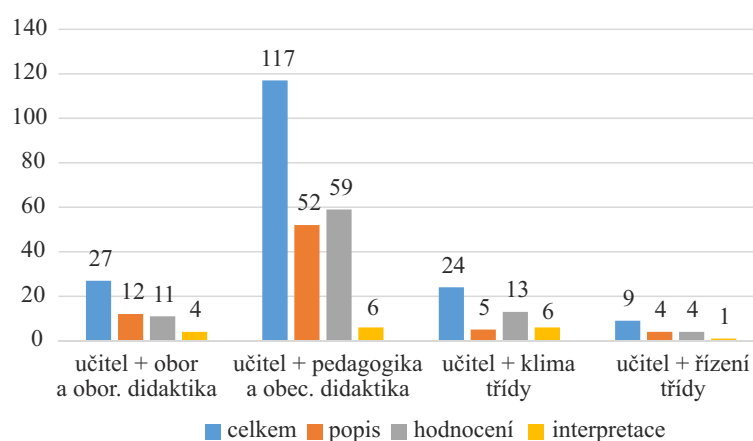
Tab. 2: Četnost výroků v kategoriích podle Sherin a van Es (2009). Celkový počet výroků analyzovaných v každé kategorii je 489. Relativní četnosti jsou zaokrouhleny na dvě desetinná místa

Oblast/Kategorie	Četnost výroků v kategorii	Rel. četnost výroků v kategorii
Aktér		
Učitel	179	36,61 %
Žák	135	27,61 %
Pozorovatel videa	17	3,48 %
Tvůrce kurikula	76	15,54 %
Jiné	82	16,77 %
Téma		
Obor a oborová didaktika	85	17,38 %
Pedagogika a obecná didaktika	302	61,76 %
Klima třídy	54	11,04 %
Řízení třídy	21	4,29 %
Jiné	27	5,52 %
Přístup		
Popis	167	34,15 %
Hodnocení	218	44,58 %
Interpretace	81	16,56 %
Jiné	23	4,70 %
Míra konkrétnosti		
Konkrétní	39	7,98 %
Obecný	450	92,02 %

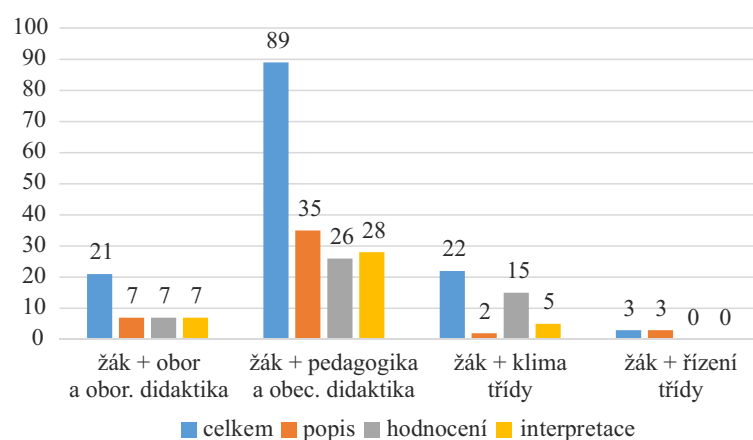
Z tabulky 2 vyplývá, že si studenti nejvíce ze všech aktérů výuky všimají učitele a hned potom žáka (výzkumná otázka 1). Naproti tomu v minimální míře popisují dění ve výuce z hlediska toho, jak by výuky vedli oni sami v roli učitele (kategorie pozorovatel videa). Téma komentářů je v převážné většině z oblasti pedagogiky a obecné didaktiky oproti oboru a oborové didaktice, které jsou komentovány v mnohem menší míře. Klima třídy a řízení třídy se zdá být na okraji zájmu studentů. Přístup, jakým způsobem jsou výroky uváděny, je převážně hodnotící, kdy student uvádí, co mu ve výuce líbí nebo nelíbí, ovšem většinou bez zdůvodnění. V menší míře se vyskytují výroky popisné obsahující pouhou rekapitulaci událostí. Interpretace vyžadující hlubší uvažování o pozorovaných jevech byly zaznamenány jen v malém procentu případů. Téměř všechny výroky se týkají obecných činností ve výuce, konkrétní události z vyučovací hodiny, učivo, výroky aktérů jsou uvedeny jen ojediněle.

### 3.2 KATEGORIE AKTÉR V ŠIRŠÍCH SOUVISLOSTECH

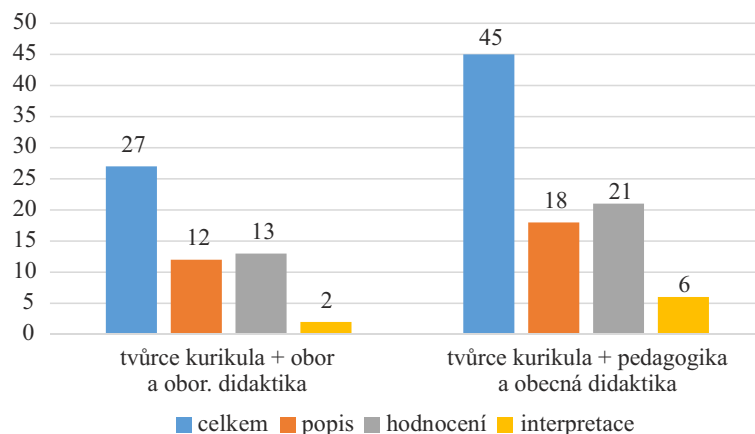
Podrobnější analýza vyžadovala zjištění, s jakou četností se vyskytovaly vybrané kategorie ve výrocích společně (výzkumná otázka 2). Zvoleno bylo třídění podle jednotlivých *aktérů* a bylo zjišťováno, s jakým *tématem* jsou tito aktéři spojováni a jaký je *přístup* studentů k analýze dění uvedených v těchto vybraných výrocích. Výsledky jsou uvedeny v grafech 1–3.



Graf 1: Četnost výskytu významových jednotek ve výrocích uvedených v souvislosti s učitelem ( $n = 177$ )



Graf 2: Četnost výskytu významových jednotek ve výrocích uvedených v souvislosti se žákem ( $n = 135$ )



Graf 3: Četnost výskytu významových jednotek ve výrocích uvedených v souvislosti s tvůrcem kurikula ( $n = 72$ ). Tři případy týkající se tvůrce kurikula a řízení třídy nejsou v grafu zobrazeny

Výroky uvedené v souvislosti s učitelem (graf 1) se tematicky týkají převážně pedagogiky a obecné didaktiky (66,10 %). Toto platí i pro výroky uvedené v souvislosti se žákem (graf 2; 65,93 %) a tvůrcem kurikula (graf 3; 62,50 %). Komentáře studentů jsou v tomto ohledu vyrovnané a nenalézáme zde rozdílný příspěvek k celkovému relativnímu počtu výroků v této kategorii u žádného aktéra. Mnohem méně si studenti všimají ve spojení s učitelem, žákem i tvůrcem kurikula oborových a oborově didaktických jevů (grafy 1–3; 15,25 % versus 15,56 % a 37,50 %), i když tvůrce kurikula je zmiňován výrazně častěji než obě dvě další kategorie (viz dále tab. 3). Klima třídy se ve výrocích vyskytuje s podobnou četností ve spojení s učitelem i žákem. Řízení třídy je zmiňováno minoritně. Tvůrce kurikula se ve spojení s klimatem třídy nevyskytoval ani v jednom výroku a ve spojení s řízením třídy jen ve třech případech (tyto údaje proto neuvádíme v grafu ani je dále nekomentujeme). Kategorie pozorovatel videa byla zastoupena nejméně z všech kategorií jak absolutně, tak i ve spojení s dalšími aktéry. Byla identifikována pouze u 17 významových jednotek ve všech reflexích (tab. 2), což je velmi malý počet pro vyvozování jakýchkoliv závěrů. Nebudeme se jí proto dále zabývat.

Přístup k uvažování o pozorovaných jevech (výzkumná otázka 2) ve spojení se žákem je z hlediska četností v podstatě stejný u všech tří sledovaných kategorií (popis 34,81 %, hodnocení 35,56 %, interpretace 29,63 %). To je odlišné od přístupu zjištěného u výroků ve spojení s učitelem i tvůrcem kurikula, kdy převažuje hodnocení (49,15 %, resp. 47,22 %), následováno popisem (41,24 %, resp. 41,67 %) a velmi málo zastoupenou interpretací (9,60 %, resp. 11,11 %). Zaznamenáváme zde zřetelný posun od popisu a hodnocení k interpretaci, tedy hlubšímu uvažování, u výroků spojených se žákem („Z těchto zápisků se pak žáci snáze budou připravovat na příští zkoušení, neboť si vědomosti sami prožili v dané hodině zážitkovou metodou.“, „Ale studenti si z pár řádků v učebnici a tabulky, kterou někam založí, nebudou mnoho pamatovat.“, „Žáci nebo studenti, pokud mají zadanou práci, tak se nesoustředí na výklad pedagoga.“) oproti výroky spojeným s učitelem („Práci by urychlilo, kdyby jim toto oznámila už při začátku sjednocování informací na tabuli.“, „Vyučující je nutí myslet a propojovat si informace, poukazuje i na mediální zprávy.“, „Myslím, že by měla nechat otevřenou debatu nad věcmi, které nejsou zcela jasné.“). U výroků spojených s učitelem převažuje naopak popis („Paní učitelka využila dataprojektor a nejen k opakování ale i k výuce.“) a hodnocení, které není podpořeno argumenty („Líbilo se mi, jak pojala výklad.“, „Podle mého názoru není na místě, aby paní učitelka pořád opakovala slovo svižně.“).

### 3.3 KATEGORIE OBOR A OBOROVÁ DIDAKTIKA V ŠIRŠÍCH SOUVISLOSTECH

Podrobněji jsme se následně věnovali tematickému zaměření výroků v kategorii obor a oborová didaktika uvedených ve spojení s aktéry učitel, žák a tvůrce kurikula (výzkumná otázka 3). Učitel a žák byl komentován studenty učitelství v souvislosti s oborem a oborovou didaktikou zhruba se stejnou relativní četností. Na rozdíl od kategorie tvůrce kurikula, kde je relativní podíl komentářů výrazně vyšší (viz tab. 3), což vyplývá ze samotné podstaty kategorie (viz kap. 2.2).

Tab. 3: Četnost výskytu významových jednotek ve výrocích týkajících se oboru a oborové didaktiky ve spojení s kategorií učitel, žák a tvůrce kurikula ( $n = 75$ )

Výroky v kategorii obor a oborová didaktika uvedené v souvislosti s kategorií. . .	Četnost/celkem jednotek v kategorii	Relativní četnost %
Učitel	27/177	15,25 %
Žák	21/135	15,56 %
Tvůrce kurikula	27/72	37,50 %

Četnost výskytu významových jednotek v identifikovaných podkategoriích kategorie obor a oborová didaktika uvedená ve spojení s kategorií učitel, žák, pozorovatel videa a tvůrce kurikula je uveden v tab. 4. Není zohledněn přístup studenta k analýze výuky, tedy jestli studenti výuku popisují, hodnotí nebo interpretují, ale pouze tematické zaměření významové jednotky. Jako příklad uvádíme měnící se zaměření výroků u podkategorie metody, formy, postupy a pojetí výuky: výrok ve spojení s učitelem („Vyučující se snažila popsat a laserovým ukazovátkem ukazovala všechny podstatné typické znaky u jednotlivých zástupců měkkýšů.“), se žákem („Studenti společně zopakují poznatky z minulé hodiny – shrnutí základních znaků měkkýšů a jejich taxonomické zařazení.“) a s tvůrcem kurikula („Dále se mi líbilo využití množství názorných exponátů i spojení s projekcí diapozitivů.“).

Tab. 4: Četnost výskytu významových jednotek v identifikovaných podkategoriích kategorie obor a oborová didaktika uvedená ve spojení s kategorií učitel, žák, pozorovatel videa a tvůrce kurikula ( $n = 75$ )

Podkategorie	Obor a obor. didaktika ve spojení s učitelem $n = 27$	Obor a obor. didaktika ve spojení s žákem $n = 21$	Obor a obor. didaktika ve spojení s tvůrcem kurikula $n = 27$
Metody, formy, postupy a pojetí výuky	9/33,33 %	9/42,86 %	14/51,85 %
Cíl výuky, očekávané výstupy, kompetence, obsah výuky	9/33,33 %	9/42,86 %	5/18,52 %
Motivace, aktivizace, pozornost	2/7,40 %	–	–
Řízení třídy (management)	–	1/4,76 %	–
Didaktické zásady	4/14,81 %	–	–
Pomůcky	1/3,70 %	1/4,76 %	7/25,93 %
Instrukce učitele	1/3,70 %	–	–
Jiné	1/3,70 %	1/4,76 %	1/3,70 %

Celkově se s největší četností objevují výroky komentující metody, formy, postupy a pojetí výuky. Jejich obsah je převážně popisný nebo hodnotící („Výklad byl doplňován obrazovými materiály a vzorky měkkýšů.“, „Přínosná byla demonstrace některých plžů, mlžů a hlavonožců.“). Vyskytly se i interpretační výroky s náznakem opory o teorii, ve kterých se studenti hlouběji zamýšleli nad vhodností použitých metod a jejich dopadem na znalosti žáka („Je sice hezké, když žákům něco ukážeme v knížce, či promítneme na plátně, ale určitě je mnohem lepší, když si to opět žáci mohou osahat a hezky na nich mohou popsat jejich morfologické znaky.“, „Ovšem přišlo mi, že pořádně si demonstrované měkkýše mohli prohlédnout jen studenti, kteří je měli v úkolu zpracovat.“, „Demonstrace materiálu (s výjimkou lastury hřebenatky a sépiové kosti) se odbývá prohlášením: máte tady schránky.“).

Poměrně značná pozornost je studenty věnována cílům výuky („Výuka se zaměřovala na morfologii měkkýšů.“), očekávaným výstupům („Žáci nejsou schopni tyto zástupce rozpoznat na fotografiích, dokonce ani ti, kteří je měli prezentovat.“), kompetencím a obsahu výuky („Podle mého názoru se jedná o složitější typ látky biologie živočichů.“, „Vyučující odkazuje na aktuální regionální medii šířenou zajímavost vztahující k tématu - levotočivý hlemýžď.“).

V kategorii obor a oborová didaktika uváděné ve spojení s kategorií tvůrce kurikula se komentáře nejčastěji zabývaly pomůckami. Výroky se týkají převážně použité učebnice („A nepřekvapilo mě, že zvolila Biologii pro gymnázia.“) a dalších pomůcek („Suprová je i tabulka, do které si žáci vpisují jednotlivé morfologické znaky měkkýšů.“). Nekomentují je ovšem v souvislosti s činností učitele nebo žáka, jen si všímají jejich přítomnosti ve výuce. Dále je zajímavé, že jen velmi málo komentují samotné přírodniny, které byly dominantní pomůckou ve sledované ukázce výuky, a nešlo je přehlédnout. Používání přírodnin ve výuce bylo konstatováno pouze ve dvou výrocích studentů („V ukázce o měkkýších mají sice při hodinách přírodopisu horší technické vybavení, ale o to více pracují žáci s trvalými exponáty.“, „Učitelka má hodinu velmi dobře připravenou – preparáty, tabulky, nápisy na tabuli apod.“) bez vyjádření k jejich volbě, množství, popisu apod.

V kategorii obor a oborová didaktika se v souvislosti s učitelem objevují čtyři komentáře, které můžeme považovat za úvahy obsahující náznaky intuitivního povědomí o didaktických zásadách. Můžeme zde identifikovat zásadu vědeckosti („Učitelka je nutí používat správnou terminologii.“, „Nedopouští se faktických chyb, pouze určitých nepřesností a neodbornosti.“, „Sem tam se paní profesorka dopustila chyb, např. velevrub se neodlišuje přítomností vrubu, ale počtem zámků.“) a zásadu propojení teorie s praxí a školy se životem („Učitelka propojuje informace o prezentovaných zástupcích s žákům známými skutečnostmi a zkušenostmi z běžného života – pojídání ústřic.“).

Zajímavé jsou případy, kdy stejné momenty ve výuce studenti komentují odlišným způsobem. Vypovídá to o jejich odlišném nazírání na výukovou situaci, kdy ji např. odlišně hodnotí („Přínosná byla demonstrace některých plžů, mlžů a hlavonožců.“ versus „Skupiny plžů, mlžů a hlavonožců neměli dostatek času, aby si válce nebo schránky důkladně prohlédly.“).

Pokud bychom měli zmínit, co nám ve výpovědích studentů chybělo a čemu nevěnují v souvislosti s oborem pozornost, tak by to byly odborné chyby a nepřesnosti v terminologii učitele. Těch se ve videu několik vyskytlo, ale studenti je přešli, až na výjimky, bez povšimnutí.

## 4 DISKUSE

### 4.1 VŠÍMÁNÍ SI A PŘÍSTUP STUDENTŮ K VIDĚNÉMU

Struktura všímání si je obdobná jako ve výzkumech Sonmez a Hacverdi-Can (2012). I v našem výzkumu si studenti učitelství všímali více učitele než žáka a pedagogických a obecně didaktických jevů na úkor jevů zaměřených na obor a oborovou didaktiku (výzkumná otázka 1). Zaznamenali jsme soulad i s výsledky uvedenými Stehlíkovou (2010) a Vondrovou a Žalskou (2015), které zkoumaly studenty učitelství matematiky. Všímání si zaměřené více na učitele a obecně pedagogické jevy než na žáka a obsah výuky uvádějí i výzkumy Santagata, Zannoni a Stigler (2007) a Mitchell a Marin (2015) u studentů učitelství matematiky.

Studenti na začátku učitelského studia tedy uvažují o výuce zejména v obecné rovině a méně domýšlejí pozorované jevy až do úrovně biologie jako oboru a didaktiky biologie. Z hlediska Shulmanova pojetí znalostní báze učitele (Shulman, 1987) používají především znalosti obecně pedagogické (*general pedagogical knowledge*) a méně znalosti samotného obsahu (*content knowledge*) a didaktické znalosti obsahu (*pedagogical content knowledge*). Otázkou je, zda jim v uvažování nebrání přeci jen menší znalost oboru, než jakou budou mít na konci učitelského studia (tedy po dalších dvou letech), a také zda se po absolvování kurzů oborové didaktiky tento podíl pedagogiky a obecné didaktiky versus oboru a oborové didaktiky bude měnit ve prospěch právě oborové didaktiky. Na zmíněné otázky snad poskytnou odpověď navazující výzkumy autorky.

Komentáře vztahující se k žákovi byly přítomny sice v menší míře než komentáře učitele, nicméně v počtu, který svědčí o přemýšlení o výuce z obou stran, jak ze strany učitele, tak ze strany žáka. U studentů učitelství 1. stupně zaznamenáváme v některých výzkumech opačný poměr, kdy je student učitelství více zaměřen na žáka (Pavlasová et al., v tisku; Uličná, 2017). Tento jev patrně vypovídá o tom, že námi zkoumaní učitelé biologie 2. stupně ZŠ a SŠ jsou patrně více orientováni na výuku oboru než obecně na práci s dítětem.

V komentářích se nejméně vyskytuje kategorie *pozorovatel videa*. To může být svým způsobem pochopitelné, studenti jsou teprve na začátku učitelského studia a o výuce patrně ještě neuvažují jako o něčem, co budou sami provádět, a nezamýšlejí se nad tím, jak výuku vést jinak. Berou patrně učitele na videu jako určitý profesní vzor, výuku popisují a ve značné míře hodnotí, ale nepouštějí se do interpretací ani do uvažování, co dělat jinak nebo proč to dělat stejně jako učitel na videu.

Přístup studentů k analýze výuky byl převážně hodnotící nebo popisný. Interpretace, kdy student opírá svoje tvrzení o teorii, vysvětluje je, navrhuje alterace nebo predikuje důsledky výuky vzhledem k budoucímu rozvoji žáků, byly zaznamenány jen v nízkém počtu případů (srov. Pavlasová et al., v tisku). Tato zjištění nejsou překvapivá, protože se jednalo o studenty na začátku jejich přípravného vzdělávání, u kterých schopnost interpretace dění ve výuce není ještě plně rozvinuta, nejsou vybaveni teoretickými základy a nemají dostatek zkušeností s vlastní výukou. Výsledky otevírají zároveň prostor pro zaměření úloh v didaktických kurzech a jejich zacílení na rozvoj uvažování založeného na znalostech. Ovšem některé výzkumy ukazují (např. Stürmer, Seidel & Holzberger, 2016), že vstupní dovednosti studentů na začátku kurzů i možnost jejich ovlivnění jsou individuální a mezi studenty existují rozdíly. Například zejména dovednost predikce je obtížněji ovlivnitelná a míra růstu dovedností studentů po intervenci klesá s vyššími vstupními dovednostmi (tamtéž).

Komentáře studentů byly převážně obecné, jen v malé míře si všímali konkrétních (specifických) událostí v hodině (konkrétních výroků učitele nebo žáka, zadání konkrétních učebních úloh apod.), obdobně jako v jiných výzkumech (např. Simpson, Vondrová & Žalská, 2017).

## 4.2 KATEGORIE AKTÉR VE SPOJENÍ S OSTATNÍMI KATEGORIEMI

Při analýze společného výskytu kategorií bylo zjištěno, že se kategorie pedagogika a obecná didaktika vyskytuje s největší četností ve spojení se všemi uvažovanými aktéry (učitel, žák i tvůrce kurikula), což jenom potvrzuje celkové výsledky komentované v kapitole 4.1. Všechny kategorie tedy přispívají rovnoměrně k celkovému výsledku. U všech zmíněných kategorií byl také potvrzen mnohem menší výskyt výroků vztažených k oboru a oborové didaktice (výzkumná otázka 2). Toto je zajímavé v porovnání se studií Simpsona, Vondrové a Žalské (2017), ve které naopak jimi zkoumaní studenti učitelství matematiky komentovali více matematický obsah než obecné pedagogické jevy (autoři využívali stejný kategoriální systém jako v našem výzkumu). Všimání si oboru a specifických didakticko-biologických jevů považujeme při přípravě studenta učitelství biologie za klíčové, proto mu byla v tomto výzkumu věnována zvláštní pozornost. Zejména proto, že ve výzkumných studiích nepanuje shoda o podílu pozornosti, kterou studenti oboru a oborové didaktice věnují na úkor pedagogiky a obecné didaktiky. Z tohoto důvodu byly výroky dále analyzovány s cílem zjistit jemné nuance v jejich zaměření (viz kapitola 3.3 a dále).

Přístup k uvažování o pozorovaných jevech je z hlediska četností v podstatě stejný u všech tří sledovaných kategorií (pedagogika a obecná didaktika, obor a oborová didaktika, klima třídy) ve spojení s kategorií žák (výzkumná otázka 2). Rovnoměrně zde zaznamenáváme popisný, hodnotící i interpretační přístup. K podobným výsledkům dospěla Uličná (2017) u studentů učitelství anglického jazyka pro 2. a 3. stupeň (její výsledky se týkají kategorie žák jako celku). Je to ovšem odlišné od přístupu zjištěného u kategorie učitel (ale i tvůrce kurikula), kde převažuje hodnocení následované popisem situace. Interpretace jsou zastoupeny pouze minoritně. Podobně malé zastoupení interpretací ve spojení s učitelem uvádějí i Uličná, Stará a Novotná (2017) u studentů učitelství 1. stupně ZŠ. Jedním z důvodů vysvětlující tento rozdíl může být fakt, že se student učitelství lépe vcítí do osoby žáka než do osoby učitele, protože se do jeho komentářů mohou promítnout zkušenosti z jeho vlastní školní docházky. Tím si můžeme vysvětlit podstatně vyšší celkový počet interpretačních výroků a posun od popisu a hodnocení směrem k interpretaci u jevů spojených s žákem. Naopak převažující popis a hodnocení u učitele v porovnání se žákem může být způsobeno tím, že s profesí učitele se student ještě plně neidentifikuje, nedokáže hlouběji uvažovat o pozorovaných jevech a o příčinách jednání učitele na videu. Je schopen pouze určité události popsat a posoudit, zda se mu líbí nebo ne, což opět připomíná spíše „pohled žáka hodnotícího svého učitele“. Určitě bude zajímavé sledovat, zda se tento poměr v přístupu k pozorovaným jevům bude u studentů měnit v průběhu studia, případně zda bude záviset na délce praxe u učitelů již působících na školách.

## 4.3 KATEGORIE OBOR A OBOROVÁ DIDAKTIKA

Stehlíková (2010) zjistila u studentů učitelství a učitelů matematiky, že jen v malé míře komentovali specifické didakticko-matematické jevy. Následně to bylo potvrzeno i ve studii Vondrové a Žalské (2015). Ke stejným výsledkům jsme dospěli

i v našem výzkumu. Vzhledem k tomu, že porozumění oborově didaktickým jevům je důležitou součástí didaktické znalosti obsahu učitele (viz Shulman, 1987), zaměřili jsme další výzkum právě na obor a oborovou didaktiku a snažili jsme se zjistit tematické zaměření oborových a oborově-didaktických výroků (viz tab. 4, výzkumná otázka 3).

Stehlíková (2010) dále uvádí, že studenti učitelství a učitelé matematiky věnovali v komentářích k hodině matematiky značnou pozornost aktivizaci žáků ve výuce. Studenti učitelství biologie se na začátku svého studia tomuto tématu nevěnovali téměř vůbec (zaznamenali jsme jen dva komentáře s tímto obsahem týkající se oboru a oborové didaktiky v souvislosti s učitelem).

Santagata, Zannoni a Stigler (2007) uvádějí, že si studenti učitelství matematiky na počátku kurzu zaměřeného na rozvoj všímavání si více všimají obecně didaktických jevů (což je též v souladu s našimi výsledky) a neuvádějí příliš často komentáře k obsahu výuky, a pokud je uvádějí, tak v souvislosti s činností učitele. Podle našich zjištění je naopak obsah výuky komentován s vyšší relativní četností v souvislosti se žákem (tab. 4), i když četnost komentářů týkajících se obsahu výuky a učitele není rozhodně zanedbatelná. Tento jev bude určitě zajímavé sledovat u studentů učitelství biologie na konci studia.

V kategorii tvůrce kurikula ve spojení s oborem a oborovou didaktikou (tab. 4) studenti nejčastěji zmiňovali použité pomůcky, což je na jednu stranu pochopitelné, protože to vyplývá ze samé podstaty kategorie a charakteru viděné hodiny. Pomůcky ovšem nebyly dávány do souvislosti s činností učitele nebo žáka, nebyl komentován jejich výběr, spojitost s obsahem učiva a cílem výuky. Podobně laděná vyjádření bychom očekávali zejména u přírodnin, kterých byla ve výuce použita celá řada. Zde vidíme další důležitý úkol/prostor pro oborovou didaktiku, protože použití přírodnin je vzhledem k dodržování didaktické zásady názornosti v biologii klíčové. Totéž se týká i zařazování úloh cílených na analýzu odborného obsahu výuky, kde jsou značné rezervy studentů v identifikování chyb nebo terminologických nepřesností učitele.

Uvedené výsledky mohou poskytnout oporu vzdělavatelům budoucích učitelů biologie, protože dávají obraz o představách studentů o výuce biologie na příkladu konkrétního tématu výuky. Tento přístup k výzkumu je obecně doporučován (viz Van Dijk & Kattmann, 2007).

#### 4.4 OMEZENÍ VÝZKUMU

Výsledky byly získány u omezeného počtu studentů jednoho ročníku (akademický rok 2015/2016), což bylo dáno počtem přijatých do studia a dobrovolnou účastí ve výzkumu. I když studenti nebyli nijak předem vybíráni, při zobecňování výsledků je nutná opatrnost. Pro základní analýzu byl po zvážení zvolen jeden z literárně popsaných kategoriálních systémů (Sherin & van Es, 2009), což bylo výhodné při srovnávání výsledků, ale mohlo také způsobit opominutí některého jevu, na který se tento systém primárně nezaměřuje. Samotné zkoumání volných reflexí studentů může mít také své úskalí a poskytovat poněkud jiné výsledky, než výzkumy prováděné pomocí elektronických výzkumných nástrojů (používaných např. ve výzkumu Blomberg, Stürmer & Seidel, 2011), kde jsou studenti na některé odpovědi přímo naváděni otázkami. V neposlední řadě může být všímavání si ovlivněno volbou videa. Abychom tuto možnost pokud možno eliminovali, sledovali studenti výuku tématu v souladu se svojí studovanou aprobací včetně příslušné věkové skupiny žáků. Výuka obsahovala prvky typické pro výuku biologie (př. demonstrace, pozorování a určování přírodnin) a množství různých činností a interakcí.



## 5 ZÁVĚR

Provedený výzkum byl zacílen na zjišťování dovedností v oblasti profesního vidění u studentů učitelství biologie pro 2. a 3. stupeň. Bylo zjištěno, že studenti svoji pozornost zaměřují především na učitele a na pedagogické a obecně didaktické jevy. Jejich komentáře jsou z velké části popisné nebo hodnotící. V mnohem menší míře jsme zaznamenali výroky vztahující ke k oboru a oborové didaktice a výroky interpretující dění ve výuce. Další analýzy ukázaly, že výroky uváděné ve spojení se žákem jsou ve větší míře interpretovány než výroky spojené s učitelem, kde převažuje popis a hodnocení. Podrobnější analýza oborových a oborově didaktických komentářů ukázala jejich tematickou orientaci na dvě širší oblasti: (1) metody, formy, postupy a pojetí výuky a (2) cíl výuky, očekávané výstupy, kompetence, obsah výuky. Mezi opomíjená témata patřily například pomůcky, motivace, aktivizace a pozornost žáků, instrukce učitele. Jen ojediněle studenti komentovali odborné chyby a terminologické nepřesnosti učitele.

Tato zjištění poskytují důležité informace garantům kurzů didaktiky biologie: 1. o prekonceptcích studentů učitelství biologie, které mohou u svých studentů očekávat; 2. o oblastech, které je potřeba rozvíjet a na které by mohly být zaměřeny intervence v rámci didaktických kurzů; 3. o fenoménu profesního vidění a jeho zakotvení ve výzkumu i vzdělávací praxi. Výzkum profesního vidění učitelů biologie by měl být úzce navázán nejen na přípravu studentů učitelství, ale i další vzdělávání učitelů. V českém prostředí nabízí množství možností zjišťování výchozích stavů dovedností účastníků výzkumů, navrhování a ověřování intervenčních postupů a zjišťování proměny úrovně jednotlivých složek profesního vidění v průběhu studia učitelů nebo v průběhu jejich vlastní výukové praxe po absolvování studia. Studenti účastníci se představeného výzkumu budou dále sledováni a bude zjišťován jejich posun na konci učitelského studia, což přispěje k vyhodnocení efektivity současné koncepce vzdělávání učitelů biologie na Pedagogické fakultě Univerzity Karlovy, ale zároveň poskytne i obecnější informace pro ostatní vzdělavatele učitelů.

## PODĚKOVÁNÍ

Výzkum byl podpořen programem Progres Q17 *Příprava učitele a učitelská profese v kontextu vědy a výzkumu*. Mé poděkování patří doc. RNDr. Nadě Vondrové, Ph.D., za cenné připomínky, které mi v průběhu psaní článku poskytla, a PhDr. Janě Staré, Ph.D., a PhDr. Kláře Uličné, Ph.D., za pomoc při kódování.

## LITERATURA

- Blomberg, G., Stürmer, K. & Seidel, T. (2011). How pre-service teachers observe teaching on video: Effects of viewers' teaching subjects and the subject of the video. *Teaching and Teacher Education*, 27(7), 1131–1140.
- Goodwin, C. (1994). Professional vision. *American anthropologist*, 96(3), 606–633.
- Janík, T. & Seidel, T. (Eds.). (2009). *The power of video studies in investigating teaching and learning in the classroom*. New York: Waxman.
- Ling Wong, S., Wai Yung, B. H., Cheng, M. W., Lam, K. L. & Hodson, D. (2006). Setting the stage for developing pre-service teachers' conceptions of good science teaching: the role of classroom videos. *International Journal of Science Education*, 28(1), 1–24.

- Martin, S. N. & Siry, C. (2012). Using video in science teacher education: An analysis of the utilization of video-based media by teacher educators and researchers. In B. Fraser, K. Tobin, C. McRobbie (Eds.), *Second International Handbook of Science Education* (417–433). Springer International Handbooks of Education, vol 24. Springer, Dordrecht.
- McConnell, T. J., Lundeberg, M. A., Koehler, M. J., Urban-Lurain, M., Zhang, T., Mikeska, J. & Eberhardt, J. (2008, January). Video-based teacher reflection—What is the real effect on reflections of inservice teachers. Příspěvek prezentovaný na konferenci *International Conference of the Association of Science Teacher Educators*, Saint Louis, USA.
- Minaříková, E. & Janík, T. (2012). Profesní vidění učitelů: od hledání pojmu k možnostem jeho uchopení. *Pedagogická orientace*, 22(2), 181–204.
- Minaříková, E., Pišová, M., Janík, T. & Uličná, K. (2015). Video Clubs: EFL teachers' selective attention before and after. *Orbis Scholae*, 9(2), 55–75.
- Mitchell, R. N. & Marin, K. A. (2015). Examining the use of a structured analysis framework to support prospective teacher noticing. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 18(6), 551–575.
- Pavlasová, L., Stará, J., Vondrová, N., Novotná, M., Robová, J. & Uličná, K. (v tisku). Výběrové zaměření pozornosti u studentů učitelství a povaha jejich interpretací. *Pedagogika*, 68(1).
- Roth, K. J., Garnier, H. E., Chen, C., Lemmens, M., Schwille, K. & Wickler, N. I. (2011). Videobased lesson analysis: Effective science PD for teacher and student learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(2), 117–148.
- Santagata, R., Zannoni, C. & Stigler, J. W. (2007). The role of lesson analysis in pre-service teacher education: An empirical investigation of teacher learning from a virtual video-based field experience. *Journal of mathematics teacher education*, 10(2), 123–140.
- Seidel, T., Stürmer, K., Blomberg, G., Kobarg, M. & Schwindt, K. (2011). Teacher learning from analysis of videotaped classroom situations: Does it make a difference whether teachers observe their own teaching or that of others? *Teaching and teacher education*, 27(2), 259–267.
- Sherin, M. G. & Han, S. Y. (2004). Teacher learning in the context of a video club. *Teacher and Teacher Education*, 20(2), 163–183.
- Sherin, M. G. & van Es, E. A. (2005). Using video to support teachers' ability to notice classroom interactions. *Journal of technology and teacher education*, 13(3), 475–491.
- Sherin, M. G. & van Es, E. A. (2009). Effects of video club participation on teachers' professional vision, *Journal of Teacher Education*, 60(1), 20–37.
- Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard educational review*, 57(1), 1–23.
- Simpson, A., Vondrová, N. & Žalská, J. (2017). Sources of shifts in pre-service teachers' patterns of attention: the roles of teaching experience and of observational experience. *Journal of Mathematics Teacher Education*. Advanced online publication. DOI: 10.1007/s10857-017-9370-6
- Sonmez, D. & Hakverdi-Can, M. (2012). Videos as an instructional tool in pre-service science teacher education. *Egitim Arastirmalari-Eurasian Journal of Educational Research*, 46, 141–158.

- Steffensky, M., Gold, B., Holdynski, M. & Möller, K. (2015). Professional vision of classroom management and learning support in science classrooms — Does professional vision differ across general and content-specific classroom interactions? *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13(2), 351–368.
- Stehlíková, N. (2010). Interpretace některých didakticko-matematických jevů u studentů učitelství a učitelů matematiky. *Pedagogika*, 60(3–4), 303–313.
- Stürmer, K., Seidel, T. & Holzberger, D. (2016). Intra-individual differences in developing professional vision: preservice teachers' changes in the course of an innovative teacher education program. *Instructional Science*, 44(3), 293–309.
- Stockero, S.L. (2008). Using a video-based curriculum to develop a reflective stance in prospective mathematics teachers. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 11(5), 373–394.
- Svatoš, T. (2013). A student teacher on the pathway to teaching profession: Reviewing research and proposing a model. *Pedagogická orientace*, 23(6), 786–809.
- Syslová, Z. (2016). Rozvoj profesního vidění studentů oboru Učitelství pro mateřské školy. *Pedagogika*, 66(4), 462–476.
- Talanquer, V., Tomanek, D. & Novodvorsky, I. (2013). Assessing students' understanding of inquiry: What do prospective science teachers notice? *Journal of Research in Science Teaching*, 50(2), 189–208.
- Uličná, K. (2017). To see or not to see: Profesní vidění budoucích učitelů anglického jazyka a budoucích učitelů pro 1. stupeň se specializací na anglický jazyk. *Pedagogická orientace*, 27(1), 81–103.
- Uličná, K., Stará, J. & Novotná, M. (2017). Teacher in the eyes of future primary school teachers. *Proceedings of the 14th International Conference Efficiency and Responsibility in Education* (490–497). Prague: Czech University of Life Sciences.
- Van Dijk, E. M. & Kattmann, U. (2007). A research model for the study of science teachers' PCK and improving teacher education. *Teaching and Teacher Education*, 23(6), 885–897.
- Vondrová, N., Robová, J. & Pavlasová, L. (2017). Future secondary teachers' knowledge-based reasoning when observing a lesson. *Proceedings of the 14th International Conference Efficiency and Responsibility in Education* (536–544). Prague: Czech University of Life Sciences.
- Vondrová, N. & Žalská, J. (2015). Ability to notice mathematics specific phenomena: What exactly do student teachers attend to? *Orbis scholae*, 9(2), 77–101.

---

LENKA PAVLASOVÁ, lenka.pavlasova@pedf.cuni.cz  
 Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta  
 Katedra biologie a environmentálních studií  
 Magdalény Rettigové 4, 116 39 Praha 1, Česká republika

## Links between Success in Non-measurement and Calculation Tasks in Area and Volume Measurement and Pupils' Problems

*Veronika Tůmová, Naďa Vondrová*

### Abstract

Measurement in geometry is one of the key areas of school mathematics, however, pupils make serious mistakes when solving problems involving measurement and hold misconceptions. This article focuses on the possible links between lower secondary pupils' ( $n = 870$ ) success in solving non-measurement tasks and calculations tasks on area and volume and on their problems when solving measurement tasks. The study uses a mixed research design. Statistical methods are used to find correlations between the two types of tasks and a qualitative analysis is carried out to identify mistakes and misconceptions. The results show that there are indeed relatively strong links between success in non-measurement tasks and calculation tasks, and consequently, when teaching, attention must be paid to the development of both types of skills. The study identified pupils' mistakes in tasks which are within the Czech curriculum but which proved to be difficult, such as a missing link between algebraic and geometric representations, a tendency to linearize and/or to employ pseudo-analytical thinking. The study identified differences between individual classes which point to the significant role of the teacher and/or influence of the textbook used.

**Key words:** measurement, geometry, area, volume, structuring space, formulas.

## Vztah mezi úspěšností v nenumernických a numerických úlohách na obsah a objem a žakovské problémy

### Abstrakt

Míra v geometrii patří mezi klíčové oblasti školské matematiky, žáci však dělají při řešení úloh na míru závažné chyby a objevují se u nich miskoncepce. Článek se zabývá souvislostí mezi úspěšností žáků druhého stupně ( $n = 870$ ) při řešení nenumernických a numerických úloh na obsah a objem a jejich problémy při řešení těchto úloh. Výzkum má smíšený charakter. Statistické metody jsou použity pro zjištění korelací mezi oběma typy úloh a kvalitativní analýza má za cíl identifikovat chyby a miskoncepce. Výsledky ukazují, že existuje silné spojení mezi úspěšností v nenumernických a numerických úlohách, a proto se při výuce musí dbát na rozvoj obou typů dovedností. Výzkum identifikoval žakovské chyby u úloh, které patří do českého kurikula, avšak ukázaly se jako pro žáky příliš obtížné, např. chybějící spojení mezi algebraickou a geometrickou reprezentací, tendence linearizovat a pracovat v pseudo-analytickém módu. Výzkum také identifikoval rozdíly mezi jednotlivými třídami, což ukazuje na důležitou roli učitele a použitých učebnic.

**Klíčová slova:** míra v geometrii, obsah, objem, strukturace prostoru, vzorce.

# INTRODUCTION

Measurement in geometry, that is the notions of length, area and volume measurement and calculations, is a key area of mathematics, and not only because it has strong real-life applications. Understanding geometric measurement in school mathematics means “(1) conceptualizing that numbers can be used to quantify the amount of the attribute (e.g., length, area, volume) contained in a geometric object by determining the number of attribute-units that fit in the object and (b) being able to implement procedures for assigning measurements to objects (e.g., iterating units, using a ruler, choosing appropriate measurement units)” (Battista, 2007: p. 891).

However, pupils often do not have a good understanding of area and volume measurement and calculations (see section 1.2). In the Czech context, national and international tests point to problems pupils have with structuring space and connecting it to multiplication, and to their low ability to use other strategies than formulas, such as de-composing and re-composing (Vondrová, 2015). Rendl and Vondrová (2014) identified problems of Grade 8 pupils with the use of geometric formulas in TIMSS 2007 and attributed it to their failure to link algebraic expressions and geometric representations. The follow-up qualitative research showed, among others, the inability of average lower-secondary pupils to use a rectangular structure to find area and volume (Vondrová, 2015). Moreover, the pupils’ way of tiling a shape highly correlated with their success in problems on area and volume (Tůmová & Janda, 2014) which opens a question of possible links between structuring space and solving calculation problems in measurement. Apart from single studies (Divišová, 2012; Kuřina, 2011; Vondrová, 2015), there is no systematic research aimed at measurement in the Czech context. The aim of this study is to investigate the ability of lower-secondary pupils to solve problems in geometric measurement, to bring insight into their mistakes and misconceptions and to investigate possible links between spatial skills and the ability to solve calculation tasks in measurement.

## 1 THEORETICAL FRAMEWORK AND RELATED LITERATURE

It is generally agreed that the concepts of length, area and volume are based on several key concepts (Curry, Mitchelmore & Outhred, 2005; Battista, 2007): conservation, unit, numerical processes and algebraic representation. When measuring area (length, volume), the assumption is that the units are conserved and can be combined in different ways (Piaget, Inhelder & Szeminska, 1960). For example, pupils come to understand that when a shape is divided into parts and these parts are re-arranged, the area remains the same. To find a number which expresses the area (length, volume), a unit is selected and iterated until the shape is fully covered. When arranging units into rows and columns, pupils come to understand that the area, for example, depends on the number of rows and the number of columns and that there is a multiplicative relationship between these numbers. The algebraic representation consists of writing a formula in numbers and later in letters.

### 1.1 LEARNING TRAJECTORY FOR AREA AND VOLUME

While most researchers concentrate on the enumeration of units as the main notion in the learning of area and volume (Outhred & Mitchelmore, 2000; Battista,

2004; Sarama & Clements, 2009), Battista in his later work proposes a learning trajectory for area and volume that contains two parallel streams: measurement and non-measurement reasoning. By the latter, he means reasoning that does not use numbers (Battista, 2007: p. 894). Figure 1 depicts the trajectory.

De-composition and re-composition of shapes is hypothesized to be crucial for understanding measurement in geometry (e.g., Rahim & Siddo, 2012), which is also supported by a historical parallel. The starting point for the development of measurement in Euclidean Geometry were comparisons between quantities (with the main strategy being the “overlapping” — *epithesis*) — i.e., non-measurement activities (Zacharos, 2006).

The measurement and non-measurement streams are supposed to work best in combination. For example, Huang and Witz’s (2011) intervention study showed that the optimal curriculum for learning area was “combined”. In the study, the control group did not learn anything about area, the AM group had a curriculum in which an emphasis was on the application of formulas and numerical calculations used in determining areas while the geometric operations of de-composition and re-composition were only used in the discovery of the formulas, the GM group focused on relationships between shape change and area and the geometric operations were used similarly to the AM group, and finally, the GMAM group’s curriculum emphasized relationships between the two streams. The GMAM group outperformed the other groups in mathematical judgement tasks and explanation tasks, only in the calculation tasks in which a simple application of a formula was required, there was no difference between the AM and GMAM groups.

Non-measurement reasoning	Measurement reasoning
1. Holistic visual comparison of shapes	1. Use of numbers not connected to unit iteration
2. Visual comparison of shapes by de-composing/re-composing	2. Unit iteration and enumeration (coordinated structuring of space into arrays), includes:
3. Comparison of shapes by property preserving transformations/de-compositions	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Units properly located only along the edges/sides</li> <li>• Units properly located without overlaps or gaps</li> <li>• Units organized into composites (layers) – repeated addition; multiplication</li> <li>• Operating with other units than cubes</li> </ul>
	3. Operating on numerical measurement <ul style="list-style-type: none"> <li>• Structuring becomes implicit — multiplication of measures</li> </ul>
	4. Integrated measurement and non-measurement reasoning (understanding formulas for non-rectangular or composite shapes, deriving length from area, etc., relation between units)



Figure 1: Scheme of learning trajectory for area and volume (according to Battista, 2007)

Zacharos's intervention study (2006) showed how the curriculum influences pupils' solving methods. The experimental group was learning to determine area using squares or other plane figures as units while the teaching in the control group was aimed at deriving the formula for the area of a rectangle and using this formula for area calculations. In the post test, the pupils from the control group measured the sides and used multiplication to determine the area but had problems with interpreting the results of their calculations (they lacked conceptual understanding) and made mistakes more frequently. The most common mistake was calculating the area of a figure as a multiple of two side lengths when the figure was not rectangular or regular. On the other hand, the "covering/overlapping" strategies of the experimental group led much more frequently to the correct solution and the pupils understood more often what they were measuring.

## 1.2 PUPILS' PROBLEMS IN MEASUREMENT

Research has pointed to problematic areas in geometric measurement. First, pupils of different ages have problems with the conservation of area (Kamii & Kysh, 2006; Tan Sisman & Aksu, 2016). Second, many problems are caused by a missing link between structuring space and numeric reasoning (Battista, 2007; Huang & Witz, 2013). Pupils do not see the underlying structure behind multiplication. Another source of problems are geometric formulas. Pupils fail when solving problems in which no numbers are given and thus, geometric formulas do not help and non-measurement reasoning must be used (e.g., Divišová, 2012; Kordaki, 2003; Kospentaris, Spyrou & Lappas, 2011; Kuřina, 2011). Pupils often resort to formulas even in such problems and their knowledge of formulas functions as an obstacle. In fact, using a formula when the problem concerns area or volume is often the first, automatic strategy pupils resort to even before trying to imagine the situation (Vondrová, 2015), which can be seen as a manifestation of pseudo-analytical thinking (Vinner, 1997). Moreover, the formula for the area of a rectangle is such a frequent and strong model of area, that it replaces the concept of area as such for some pupils and they use it for different shapes too (Herendiné-Kónya, 2015; Kamii & Kysh, 2006; Kordaki & Potari, 2002; Vondrová, 2015; Zacharos, 2006).

Pupils' misconceptions in geometric measurement include "shapes of the same perimeter have the same area" (Dembo, Levin & Siegler, 1997) and "the area (volume) grows in a liner way, the same as the side of the shape" (De Bock et al., 2007). Pupils have frequent problems with geometric units (Battista, 2007; Tan Sisman & Aksu, 2016; Vondrová, 2015). Quite a comprehensive list of errors and misconceptions of Grade 6 pupils when solving conceptually and procedurally oriented tasks is given in (Tan Sisman & Aksu, 2016). To sum up, pupils of different ages, and worldwide, seem to hold similar misconceptions and have similar problems in area and volume measurement tasks.

## 1.3 SPATIAL ABILITIES AND NON-MEASUREMENT REASONING

Non-measurement reasoning is clearly related to spatial skills or abilities.<sup>1</sup> Some authors (e.g., Tartre, 1990) see spatial skills as consisting of two main factors: spatial visualization and spatial orientation. Non-measurement reasoning is part of the former, that is, it relates to "the ability to mentally manipulate, rotate, twist or invert a pictorially presented stimulus object" (McGee, 1979), without changing or

---

<sup>1</sup>Some authors use *skills* (Tartre, Sarama, Friedman), while others use *abilities* (McGee, Pitallis).

moving the perceptual perspective of the person viewing the object (which relates to the second factor of spatial skills, i.e., spatial orientation).

Research indicates that there is a correlation between spatial skills and success in mathematics in general (e.g., see the meta-analysis by Friedman, 1995). Sarama and Clements (2009) in their meta-analysis of research claim that spatial skills directly support children's learning of specific topics, including measurement, and highlight a consistent finding that spatial skills and mathematics achievement are connected for older pupils.

Pittalis and Christou (2010) investigated a relationship between four types of reasoning in 3D geometry (representing 3D objects, spatial structuring, conceptualizing mathematical properties and measurement reasoning) and spatial abilities (spatial visualization, spatial orientation and spatial relations) of pupils in Grades 5 to 9. They showed that spatial abilities constitute a strong predictor of pupils' performance in the four types of 3D reasoning.

Hannighofer et al. (2011) focused on a relationship between Grade 3 and Grade 4 pupils' figural reasoning ability (tested by subscales for figural analogy and figural classification of the Kognitiver Fähigkeits-Test, Heller & Perleth, 2000, cited in Hannighofer et al., 2011) and measurement competencies, consisting of Instrumental knowledge and Measurement sense. The former means "having available straightforward and isolated measurement knowledge and procedures" (such as conversion of measures and their comparison) and the latter "having available knowledge about measures and units of measurement in everyday life and being able to apply all kinds of measurement knowledge in context situations" (p. 656) (such as knowledge of daily life sizes, knowing which unit of measurement belongs to an attribute, context problems about additive and multiplicative calculation with one attribute and multiple units of measurement). Figural reasoning was found to have the largest effect on the overall measurement competence and on the Instrumental knowledge and Measurement sense, in particular, as compared to the effect of grade and gender.

Apart from these studies, we did not find any research which would correlate pupils' spatial skills and geometric measurement. One of the aims of our study is to investigate this correlation.

## 1.4 RESEARCH QUESTIONS

To sum up, authors seem to agree that for pupils' understanding of measurement in geometry and success in solving calculation problems, non-measurement reasoning and spatial skills are crucial. Our study addresses the following research questions:

RQ1: How successful will lower secondary pupils from different grades be in solving non-measurement and calculation tasks? What are their mistakes and misconceptions in tasks which proved to be the most difficult for them?

RQ2: How strong is the relation between non-measurement reasoning/spatial skills and success in solving problems on area and volume calculations?

# 2 METHODOLOGY

## 2.1 RESEARCH DESIGN

A mixed research design is used in our study to answer the research questions. Pupils were given a test with two parts (see section 2.3). The part A tasks evaluated their non-measurement reasoning (spatial skills) and the part B tasks were aimed at their ability to carry out area and volume calculations.



Two samples of pupils took part in our study. The test for Sample 2 differed from the test for Sample 1 in that the tasks in part B were assigned in random order. This was done with the aim of showing that the relative difficulty of individual tasks would remain roughly the same even though the order of the tasks changed and to check whether any correlations found would remain stable with a different sample. Part A of the test was the same for both samples.

## 2.2 RESEARCH SAMPLE

Sample 1 consists of 747 pupils from 40 classes (Grades 6 to 9) in 8 ordinary primary schools in Prague. The schools are representatives of a broad spectrum of socioeconomic backgrounds, they are schools for pupils from their immediate surroundings. Three of the schools had one class in each grade specialized (in mathematics or in languages). The number of pupils in the specialized classes is less than 10% of the sample.

Sample 2 consists of 123 pupils from 6 classes (Grades 7 to 9) from 2 primary schools in Prague. The sample includes 30% from classes specialized in mathematics.

The pupils from both samples were not selected in any way (entire classes participated).

## 2.3 INSTRUMENT

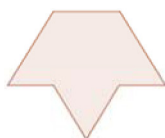
Part A of the test was to assess non-measurement reasoning related to spatial visualization skills. There are standardized (psychological) tests to assess spatial skills, however, most of them are not freely available. Therefore, we decided to modify locally developed tests already used in the Czech context (Plšková, 2010; Slezáková, 2011). Slezáková developed her test based on the “Test of Squares” which is part of Amthauer I-S-T universal intelligence tests, that are based on Rybakov figures. The sources for the test that Plšková used are not mentioned in her work, but the type of tasks corresponds to parts of the Amthauer I-S-T universal intelligence tests (2001), Differential Aptitude Test: Space Relations (Sorby, 2009) and other spatial ability tests available on-line.

Part A1 of the test finally used in our study is concerned with transformations of plane figures (de- and re-composition of shapes) and part A2 focuses on transformations in 3D space.

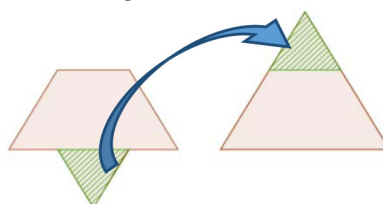
Part A1 consists of 20 polygons that should be modified to create an equilateral triangle (tasks U1–U20, see Appendix A). This is the assignment which included a worked-out example:

*Below you will find 20 polygons, your task is to draw a single straight line where to cut the polygon so that after rearranging the parts, you get an equilateral triangle. The cut must always connect two vertices of the polygon. You also must indicate where the cut-off part should be placed as in the example below:*

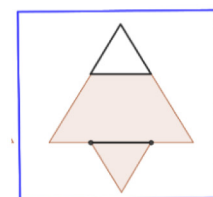
Task:



You imagine:

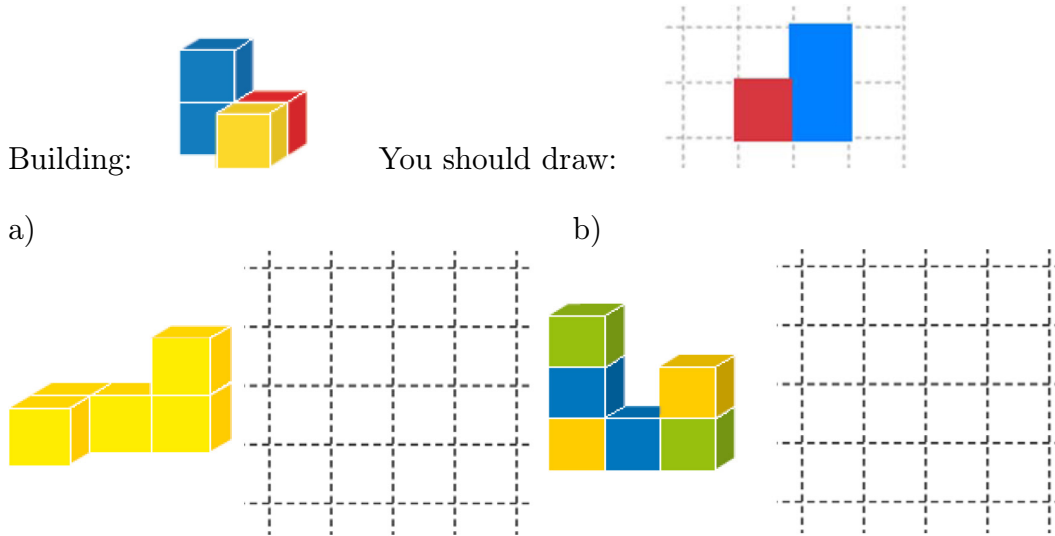


You draw:



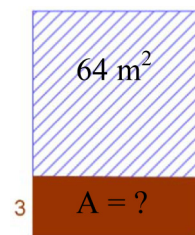
Part A2 is composed of several types of tasks that are used in testing spatial skills (Plšková, 2010; Amthauer et al., 2001, Differential Aptitude Test: Space Relations (DAT:SR) Sorby, 2009; tests available on the web<sup>2</sup>). There are 5 tasks in part A2 (tasks H8–H12) but some of them contain subtasks and thus this part of the test is comprised of 16 subtasks (see Appendix B). Namely, task H10 concerns mental cube rotation, tasks H9 with 4 subtasks is about mental rotation of other solids, tasks H8 and H11, each with 4 subtasks, concern the composition of a solid based on a given net, and task H12 with 3 subtasks is aimed at the calculation of the number of missing cubes in a cuboid made of small cubes. An example of a task from part A2 is H9.

**Task H9:** *How would the building made of cubes look from the other side (from the back)? Example:*



Part B of the test focuses on the pupils' ability to calculate areas and volumes. There are 5 tasks related to area calculation (H2–H6) and 4 tasks related to the calculation of volume (H13–H16) (see Appendix C). An attempt was made to use non-routine or novel tasks that require more advanced understanding of the underlying principles and concepts rather than a simple use of a formula. An example is H4.

**Task H4:** *The picture shows a plan of a garden. The hatched SQUARE represents grass and the solid rectangle is a flowerbed. Calculate the area of the flowerbed if you know that the area of grass (hatched square) is  $64 \text{ m}^2$  and the shorter side of the flowerbed is 3 m long.*



Mathematics education researchers examined the content validity of the test and small-scale pilot testing addressed its construct validity (this is described together with a detailed a-priori analysis of all of the tasks in Tůmová, 2017b).

Note: The tasks from part A of the test will be referred to as non-measurement tasks and the tasks from part B as calculation tasks.

<sup>2</sup>Available from <http://www.123test.com/spatial-reasoning-test/index.php>; <http://www.intelligencetest.com/questions/spatial.htm>

## 2.4 PROCEDURE

After small-scale pilot testing of the tasks and revision based on discussions with experts, the test was administered to the pupils by their mathematics teachers who had been previously instructed how to do it. Part A1 had a time constraint of 10 minutes, part A2 and B were not to exceed 45 minutes (to fit within one lesson). The test for Sample 1 was administered in September 2015, at the beginning of the school year, while the test for Sample 2 was assigned in February 2016, in the middle of the school year. Part A1 was usually done on a different day than the rest of the test, because all the parts took more than one standard lesson. For part B, the pupils were to be allowed calculators, however, some teachers decided to ban them, against our instructions. The pupils had standard equipment like pens, pencils, rulers, etc. All questions they asked during the test were recorded together with the answers from the respective teacher for us to check whether some classes did not get unintentional hints from the teacher.

The total of 747 pupils from Sample 1 completed parts A2 + B of the test, out of which 27 pupils did not complete part A1 (they were absent when it was assigned). They were excluded from the calculation of correlations between the ability to solve non-measurement tasks and calculation tasks (RQ2) but their work is used for RQ1. In Sample 2, a total of 123 pupils completed all parts of the test.

## 2.5 ANALYSIS OF DATA

The pupils' written solutions were coded by the first author and two more coders.

First, the success rates were determined. Points for non-measurement tasks were assigned in a dichotomous way: 1 for the correct answer and 0 for an incorrect one. For the calculation tasks, the scale 0, 1, 2 was used, where 2 points were assigned for the correct solution (possibly with insignificant inaccuracies or omissions), 1 point for a partially correct solution and 0 point for an incorrect solution or if the task was skipped. Aggregated results for non-measurement tasks and calculation tasks were used to assess the correlation between those two factors.

Next, several variables were defined capturing the measurement of different constructs. To measure non-measurement skills (a subset of spatial skills), the variable SPATIAL was introduced. It is calculated as a total score (expressed in a percentage of the maximum available points) in all 36 tasks and subtasks measuring spatial skills (i.e., U1–U20 and H8–H12). Based on the factor analysis of the data, the variable Ch\_STRAT was defined to capture the ability to use different strategies in non-measurement tasks (this includes tasks U1, U7, U10 and U15). To measure the success of the pupils in the area and volume problems in Part B of the test, the variable CALC was defined as the total score in all nine calculation tasks (i.e., H2–H6 and H13–H16) and expressed as percentage of the maximum available points (i.e., 18). Based on the factor analysis of the results, the variable F\_CONC was defined to measure success in more conceptually oriented tasks (this includes the same tasks as the variable CALC, only with tasks H2 and H3 removed). The statistical methods as depicted in section 3.2 were used to answer RQ2.

Finally, a qualitative analysis of the pupils' solutions was made to determine the pupils' mistakes and possible misconceptions (RQ1). The pupils' written solutions were coded using phenomena known from literature (e.g., the two misconceptions mentioned in section 1.2). The coding scheme was amended by new phenomena as they emerged from the written work in an open coding manner. In many cases, the

written solutions did not provide us with sufficient information to make assumptions about the possible causes of the pupils' failure and thus the numbers of mistakes of a certain type presented below must be interpreted with caution.

### 3 RESULTS

#### 3.1 SUCCESS IN TASKS AND MISTAKES AND MISCONCEPTIONS (RQ1)

##### 3.1.1 NON-MEASUREMENT TASKS

Tab. 1 lists the success rates for the three most difficult tasks in each category of non-measurement tasks. For part A1 (tasks U1–U20), the order of tasks was the same for both samples, while in part A2, the order was randomized for Sample 2. The three most difficult tasks are the same in both samples.

Table 1: Success rates for the three most difficult tasks in both parts of the spatial skills test

Part A1 (2D)	Sample 1	Sample 2	Part A2 (3D)	Sample 1	Sample 2
U15	10,7%	22,2%	H10	28,8%	54,5%
U1	15,3%	31,0%	H12.3	53,9%	71,5%
U7	17,3%	22,2%	H12.1	57,0%	72,4%

The most difficult tasks in this category (for both samples) were tasks U15, U1 and U7 — see fig. 2 for the respective polygons which were to be re-arranged into an equilateral triangle. The most frequent strategy to solve tasks U1–U20 was to cut off the “smallest part that is sticking out”<sup>3</sup> (see fig. 3) or to place an equilateral triangle on top of the polygon and see what is missing (see fig. 4, left). However, to solve the tasks in question (U15, U1, U7), one had to apply a different strategy (see fig. 4, right) and the strategies successful in other polygons became distractors that probably prevented pupils from finding the correct solution.

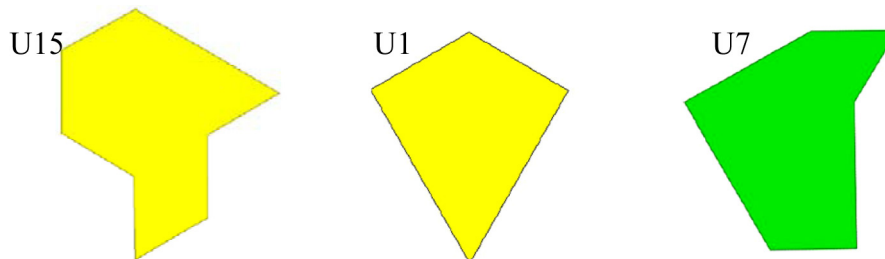


Figure 2: The most difficult tasks in the polygon de- and re-composition section (2D spatial skills test)

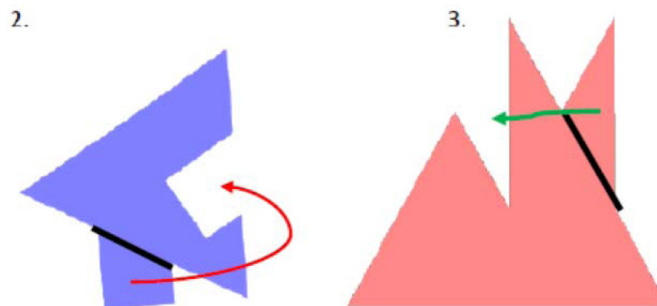


Figure 3: Strategy “cut off the smallest part that is sticking out”

<sup>3</sup>Which is also a strategy shown in the worked-out example.

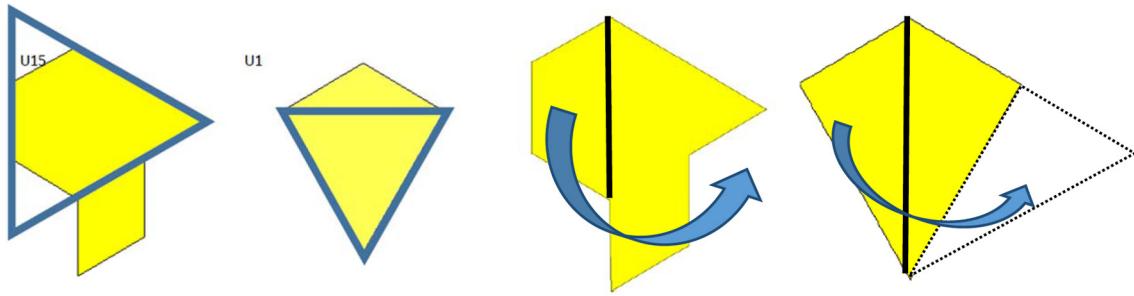


Figure 4: Incorrect (left) and correct solutions to tasks U15 and U1

In Part A2 which was dedicated to spatial skills in 3D, the most difficult task was H10 (cube rotation). The reason probably was that there is no reference object that the pupils could use for comparison. This task was followed by the subtasks of H12 (the enumeration of missing cubes in a cuboid). The most difficult of the H12 subtasks was H12.3 — a blue cube building (see fig. 5). This building has the biggest base of the three buildings ( $5 \times 4$ ) and the most frequent incorrect answer was 10 cubes (165 pupils). This is probably because these pupils calculated those cubes only that had at least one side next to the existing building and forgot to include the 2 cubes in the corners (since their sides touch the missing cubes only).

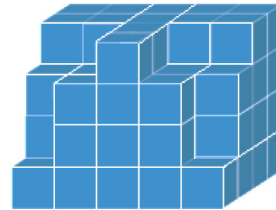


Figure 5: Blue cube building task H12.3

### 3.1.2 CALCULATION TASKS

Next, we will consider Part B of the test which measured the pupils' ability to calculate areas and volumes. Before we look at the most difficult tasks and problems the pupils had with them, we will consider the grade issue — we present this analysis only for the variable CALC since the results for the variable F\_CONC are similar and do not bring any new information. As could be expected, we found increasing success rates in higher grades (fig. 6). This must be interpreted with caution, however, as our study is a cross-sectional one, not a longitudinal one.

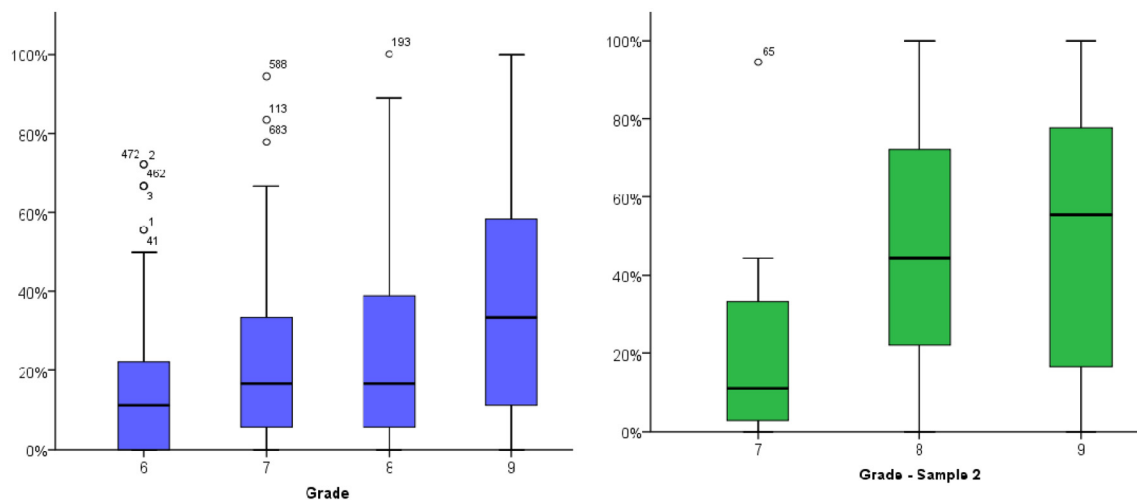


Figure 6: Box plot of CALC results per grade for Sample 1 (left) and Sample 2 (right)

Moreover, there are quite significant differences between individual classes. For Sample 1, we only show results aggregated by school and grade since showing all 40 classes would make the chart hard to read (fig. 7). For Sample 2, the two mathematics-specialized classes are in Grades 8 and 9 and are marked by hashed boxes (fig. 8).

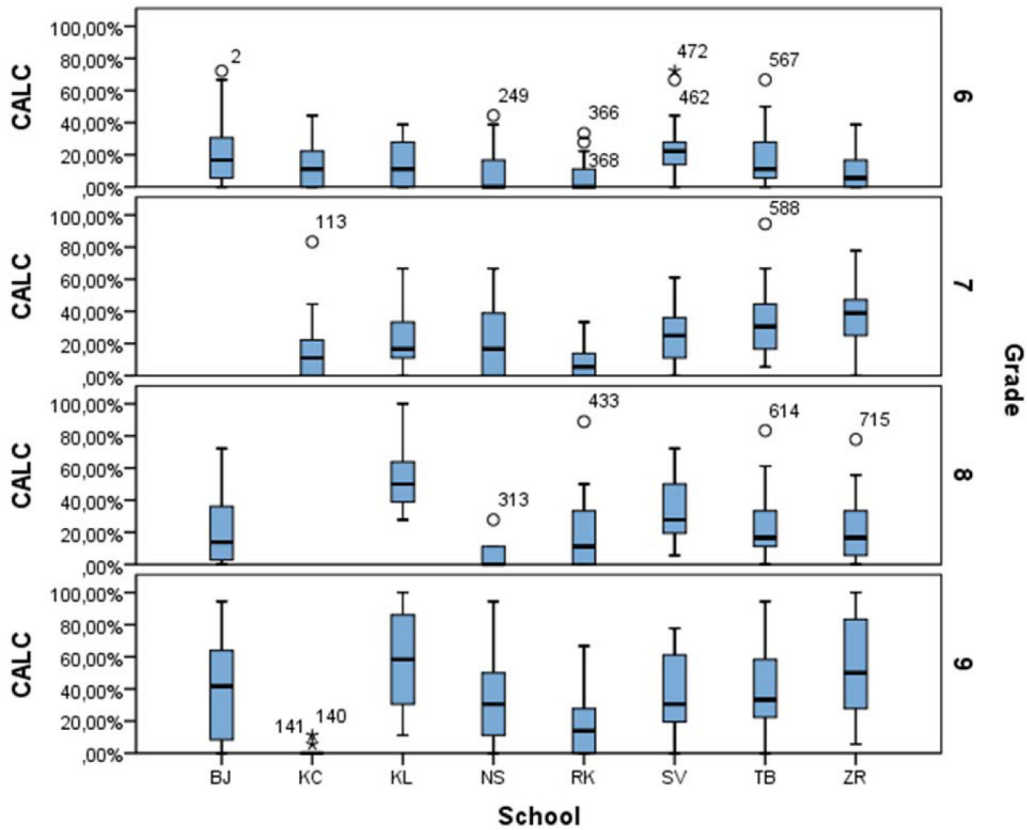


Figure 7: Sample 1 CALC results per school and grade

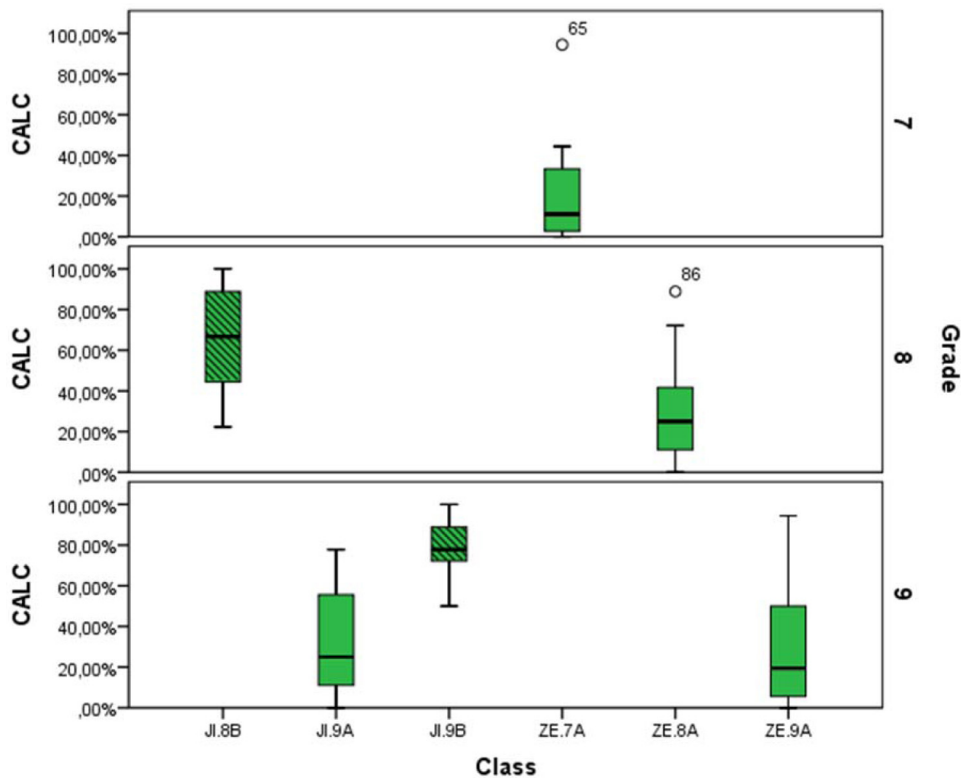


Figure 8: Sample 2 results per class

Tab. 2 shows the average success rates in the five tasks that proved to be the most difficult calculation tasks for Sample 1. The difficulty of tasks H15 and H16 is not caused only by the fact that they were the last ones in the test. These tasks were also the most difficult ones for Sample 2 where the order of tasks was random.

Table 2: Success rates for the most difficult calculation tasks for area and volume

	Sample 1 $N = 747$ (Grades 6 to 9)		Sample 2 $N = 123$ (Grades 7 to 9)	
	Success rate	No attempt	Success rate	No attempt
H15	5%	54%	22%	15%
H16	12%	74%	38%	33%
H5	15%	36%	39%	18%
H14	19%	65%	44%	35%
H6	23%	38%	38%	22%

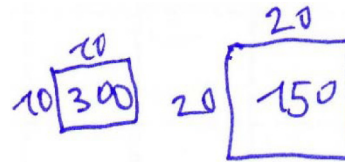


Figure 9: Solution to task H5 by a 6th grader

The most frequent misconception in tasks H5 and H15 was the assumption that if a side, or an edge, of the square, or the cubic unit, becomes 2 times bigger, so does the area, or the volume of the unit (the illusion of linearity, De Bock et al., 2007). For example, figure 9 shows a solution of a pupil from Grade 6. He assumes that if 300 of  $10 \times 10$  tiles are needed, then 150 of  $20 \times 20$  tiles must be used to cover the same area.

The pupils' tendency to solve the tasks based on cue words (to work in a pseudo-analytical mode, Vinner, 1997) rather than to make an image of the situation probably contributed to the small success rate. Only 10% of the pupils who attempted H5 and 5% of those attempting H15 drew a diagram to gain insight into the situation.

Task H16 required the pupils to calculate the height based on the volume and the base. Most of the pupils did not know how to solve it. 85% of Sample 1 pupils either did not attempt the task or just made a drawing or calculated the area of the base even though most of them had already learned the formula for calculating the volume of a cuboid ( $l \times w \times h$ ). Some pupils wrote in their solution that they "lack the length of the height of the vase" which shows that they did not grasp the assignment and that when they saw that volume was involved, they wanted to use the formula to calculate it. Some solved this obstacle by making up the height which they then used in their calculations.

Task H14 (calculating the number of cuboid shaped parcels that would fit into a cubic box) motivated the pupils to use graphical solving strategies more often. The graphical or manipulative strategy usually consisted in picturing the first layer of the parcels in the box, calculating their number and multiplying it with the number of layers. The calculation strategy included determining the volume of the box and dividing it by the volume of the parcel. In both samples, almost exactly half of the pupils who tried to solve the task used a graphical strategy. Both types of strategies were equally successful — both led to the correct solution in approximately 35% of



cases (in Sample 1). The main cause for failure was either using a wrong calculation or an incorrect formula for volume (in the calculation strategy) or arranging parcels incorrectly into the first layer (graphical strategy). This points to a possible disconnection between a geometric situation and an algebraic description of the relationship (i.e., formula or operation) and to problems with structuration of space.

Task H6 is similar to a problem in TIMSS 2007 which proved to be very difficult for Czech Grade 8 pupils (their success rate was only 23%, Rendl & Vondrová, 2014). The most frequent mistake of H6 was that pupils compared perimeters rather than areas. Confusing area and perimeter is a mistake often seen in literature (e.g., Tan Sisman & Aksu, 2016). In the Czech language, it is supported by the fact that words “area” and “perimeter” start with the same letters (“obsah” vs. “obvod”). However, in H6, the word “area” does not appear so the problem must lie in conceptual understanding rather than in a simple confusion of mathematical terms. The second most frequent mistake was a wrong formula for the area of a triangle (such as  $a \cdot b \cdot c$  or  $a \cdot b$ ). Quite a number of pupils only used a visual impression of the parts of the rectangle to argue for the congruence (or not) of their areas.

## 3.2 RELATION BETWEEN NON-MEASUREMENT REASONING AND SUCCESS IN CALCULATION TASKS (RQ2)

### 3.2.1 VARIABLES FOR MEASUREMENT OF CONSTRUCTS AND THEIR CHARACTERISTICS

As stated above, the variable SPATIAL was introduced to measure non-measurement skills consisting of the results of 36 tasks and subtasks measuring spatial skills (i.e., U1–U20 and H8–H12). Tab. 3 shows descriptives for the variable SPATIAL for both samples. The reliability in both tests (calculated as Cronbach’s alpha) is satisfactory.

Table 3: Descriptives for the variable SPATIAL for both samples

Variable SPATIAL	Mean	S.E.	Median	St. dev.	Reliability (Cronbach’s $\alpha$ )	<i>N</i>
Sample 1	0.558	0.007	0.569	0.189	0.886	720
Sample 2	0.690	0.017	0.722	0.186	0.884	123

Moreover, we performed a factor analysis of the results for Sample 1 in the tasks from parts A1 and A2 to determine the main factors that constitute spatial skills as measured in our test (i.e., the variable SPATIAL). The best fitting model — we used the principal components method for factor extraction with a varimax rotation — consists of seven factors which explain more than 50% of the variability of the variable SPATIAL. The two most influential factors are correlated with tasks from part A1 — the first factor with most of the tasks U2 to U9 and the second factor with tasks U11 to U20. These factors probably describe the skills in 2D shapes decomposition and transformations and differ only in the speed with which the pupils could apply their solving strategy to different cases (tasks U11 to U20 were located on the second page of the sheet and there was a higher percentage of pupils who did not have enough time to solve them). There are four tasks in part A1 (U1, U7, U10 and U15 — the most difficult tasks in this part) that do not contribute to any of these first two factors but create a separate factor. We decided to call it “Change



of Strategy” since solving these tasks requires the ability to try various strategies in the transformation tasks (see section 3.1.1). We decided to create a separate variable out of these four tasks and call it Ch\_STRAT.

The remaining four factors each correlate with subtasks of one of the tasks H8, H9, H11 and H12. It is not surprising given the fact that each of these tasks was selected from different parts of various space skills tests. Tasks H8 and H11 both work with nets of solids but their results are not very well correlated — this is probably because H8 deals with the ability to visualize the shape of a 3D solid that can be made of a certain net, while task H11 is aimed at the mental rotation of the composed solid (and the position and orientation of its sides — not only how the shape will look). Task H10 is best correlated with the factor “Change of Strategy” but the correlation is not that strong (only 0.44). The task would reduce the reliability of the composed variable, thus, it is not included in the variable Ch\_STRAT. Tab. 4 shows descriptives for this variable for both samples. The reliability in both tests (calculated as Cronbach’s alpha) is satisfactory (given the fact that it consists of 4 tasks only). We will use this variable in our correlation analysis as well and investigate its relationship with success in calculation tasks.

Table 4: Descriptives for the variable Ch\_STRAT for both samples

Variable Ch_STRAT	Mean	S.E.	Median	St. dev.	Reliability (Cronbach’s $\alpha$ )	<i>N</i>
Sample 1	0.1549	0.00703	0.00	0.2445	0.607	720
Sample 2	0.2724	0.02860	0.25	0.3169	0.678	123

To describe success in calculation tasks, the variable CALC was introduced as the total score in all nine calculation tasks (i.e., H2–H6 and H13–H16). Tab. 5 shows descriptives for the variable CALC in the test for both samples. The reliability (calculated as Cronbach’s alpha) is satisfactory for both samples.

Table 5: Descriptives for the variable CALC

Variable CALC	Mean	S.E.	Median	St. dev.	Reliability (Cronbach’s $\alpha$ )	<i>N</i>
Sample 1	0.2366	0.0087	0.1667	0.2374	0.792	747
Sample 2	0.4481	0.0293	0.4444	0.3248	0.869	123

To check whether the selected tasks measure one construct only, we performed a factor analysis on Sample 1 results of the tasks in part A2 and B to identify components of this part of the test. Tasks from part A2 were part of this analysis (but we looked at the aggregated results for the tasks H8–H12, not at results of the individual subtasks). We wanted to show that they created a different factor (i.e., the factor of spatial skills which differs from the CALC part of the test). The best interpretable model — again, we used the principal components method for factor extraction with a varimax rotation — consists of 3 factors which explain 43% of the variability of the total result. The first factor correlates well with tasks H4 to H6 and H13 to H16 and we decided to interpret it as a factor of “conceptual understanding of area and volume”. The tasks included in this factor are almost identical with the tasks we designed for the variable CALC. The only difference is the exclusion of tasks H2 and H3, which are tasks not requiring a deeper understanding of the

tested concepts. Based on this factor, we decided to create the variable F\_CONC that consists of 7 tasks: H4–H6 and H13–H16 and measures success in conceptually oriented area and volume tasks. Descriptives for this variable are shown in tab. 6.

Table 6: Descriptives for the variable F\_CONC

Variable F_CONC	Mean	S.E.	Median	St. dev.	Reliability (Cronbach's $\alpha$ )	<i>N</i>
Sample 1	0.1870	0.0087	0.1429	0.2370	0.768	747
Sample 2	0.4158	0.0304	0.3571	0.3374	0.845	123

Note that the more difficult area (H4–H6) and volume (H14–H16) tasks are always part of one single factor in all modifications of the factor model we tried (i.e., with different numbers of factors, different extraction methods and rotations). The results in area tasks are more strongly correlated with results in volume tasks than with the easier area tasks (i.e., H2 and H3). This might suggest that the development of concepts of area and volume is parallel and connected (see also Eames et al., 2014).

Tasks H8 to H12 were indeed found to correlate well with one of the identified factors (the “space skills” factor), only the correlation of task H8 with this factor was slightly weaker (0.37). The remaining factor consisted of tasks that did not require a deeper understanding of area and volume and we decided not to use this factor in our further analyses.

### 3.2.2 CALCULATING CORRELATIONS

The distribution of results in non-measurement tasks (the variable SPATIAL) and a visual check of a corresponding Q-Q plot suggest that the distribution of the variable SPATIAL might be close to normal (see fig. 10), however, Shapiro-Wilk's tests rejected the hypothesis of normality for both samples ( $p$ -value < 0.000 in both cases). The same is also true for the variable Ch\_STRAT where even the Q-Q plot suggests non-normality.

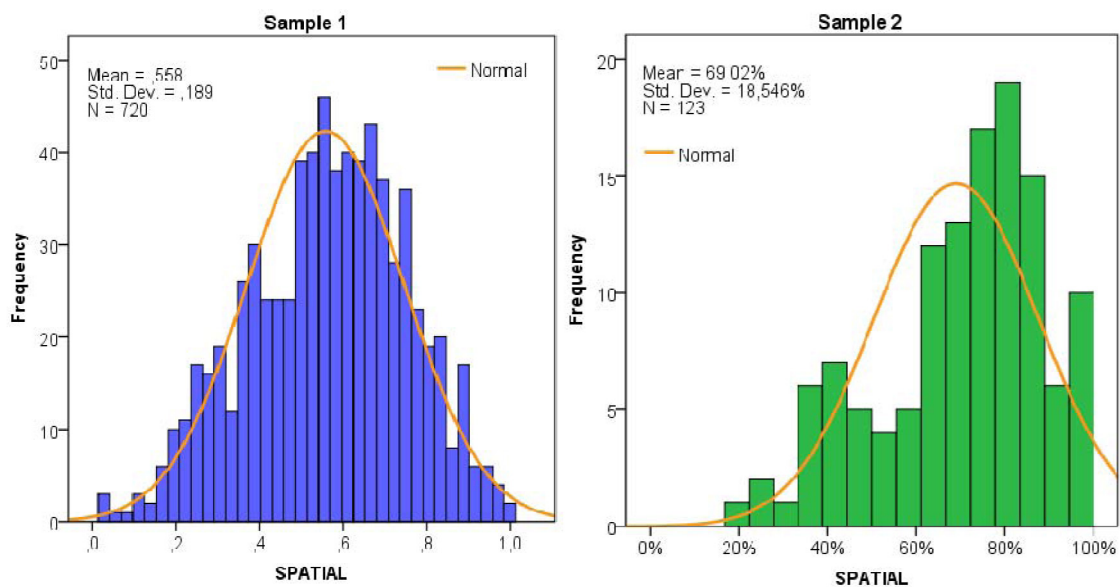


Figure 10: Distribution of the variable SPATIAL

The success rates in Part B of the test were rather low for Sample 1 (the mean for the variable CALC is less than 24%) and the number of pupils that skipped tasks in this part of the test was relatively high. The distribution of the variable CALC is, therefore, far from normal (see fig. 11, left). More than 170 Sample 1 pupils out of 747 scored 0% in these tasks. For the Sample 2 pupils, the situation was better (with a mean success rate of 44%), but the distribution of results is not normal either. This is due to the fact that two out of the six tested classes in Sample 2 are specialized in mathematics and their average scores are more than twice the results of the other regular classes which causes the “fat tail” on the right-hand side of the distribution (see fig. 11, right). The Shapiro-Wilk’s tests of normality rejected the hypothesis of normality for both samples as well as for the variable F\_CALC ( $p$ -value < 0.000 in all cases).

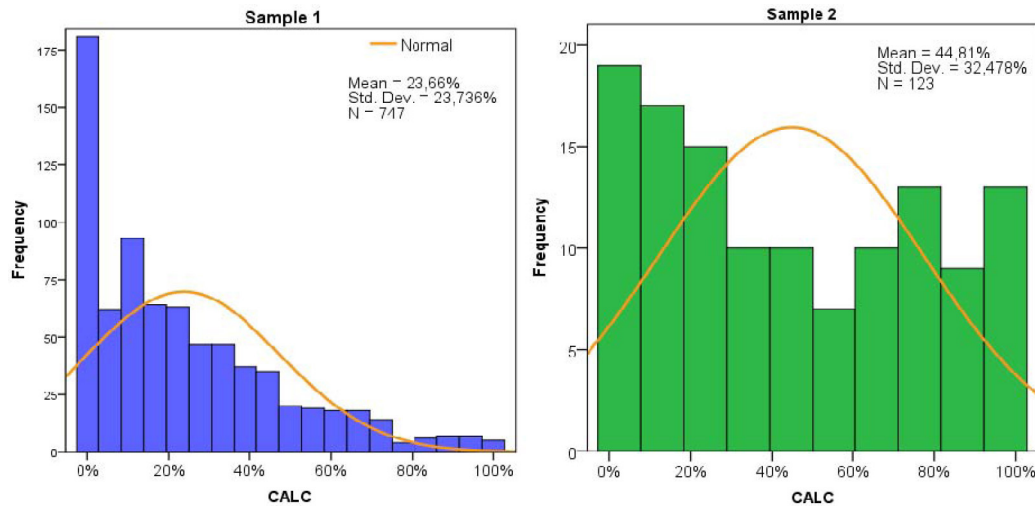


Figure 11: Distribution of the variable CALC for Sample 1 (left) and for Sample 2 (right)

Since the assumption of normality is not fulfilled for the analysed variables, we decided to use both Pearson’s correlation coefficient as well as Spearman’s<sup>4</sup> to assess the relationship between the variables measuring non-measurement reasoning (the variables SPATIAL and Ch\_STRAT) and the variables measuring the success in area and volume calculations (the variable CALC for all calculation tasks and F\_CONC for tasks which require conceptual understanding of area and volume). The highest correlation was found between the variables SPATIAL and CALC — for Sample 1, the Pearson’s correlation is 0.591 and for Sample 2, it is 0.534. Both correlations are statistically significant ( $p$ -value < 0.000) and can be considered ranging between substantial to strong (De Vaus, 2002). The Spearman’s correlations for these variables for both samples are also statistically significant ( $p$ -value < 0.000) with similar values: 0.610 for Sample 1 and 0.546 for Sample 2. Other correlations are shown in tab. 7. All the displayed correlations are statistically significant with the  $p$ -value < 0.005.

We can see that the correlations of the variable SPATIAL with success in conceptual tasks (F\_CONC) are also in the range substantial to strong for both samples — with values above 0.51. The Pearson correlation of the variable Ch\_STRAT (the ability to use different strategies in 2D transformation tasks) with the success in area and volume problems is less strong — only in the range moderate to substantial but still above 0.45 (De Vaus, 2002) for Sample 1. However, this correlation proved to be much weaker for Sample 2 (well below 0.3).

<sup>4</sup>It does not require the normality of the variables.

Table 7: Correlations between non-measurement reasoning and success in calculation tasks

Pearson correlations					
		Sample 1		Sample 2	
	CALC	F_CONC	CALC	F_CONC	
SPATIAL	0.591	0.531	0.534	0.513	
Ch_STRAT	0.457	0.454	0.278	0.244	

Spearman's rho					
		Sample 1		Sample 2	
	CALC	F_CONC	CALC	F_CONC	
SPATIAL	0.610	0.543	0.546	0.525	
Ch_STRAT	0.361	0.353	0.284	0.251	

The relatively strong relation between the variables SPATIAL and CALC is clearly apparent from the scatter plot in fig. 12. Only the data for Sample 1 are shown as the picture is similar for Sample 2. If used as a predictor, the variable SPATIAL can explain almost 35% (i.e., 0.591 squared) of the variance of the target variable CALC.

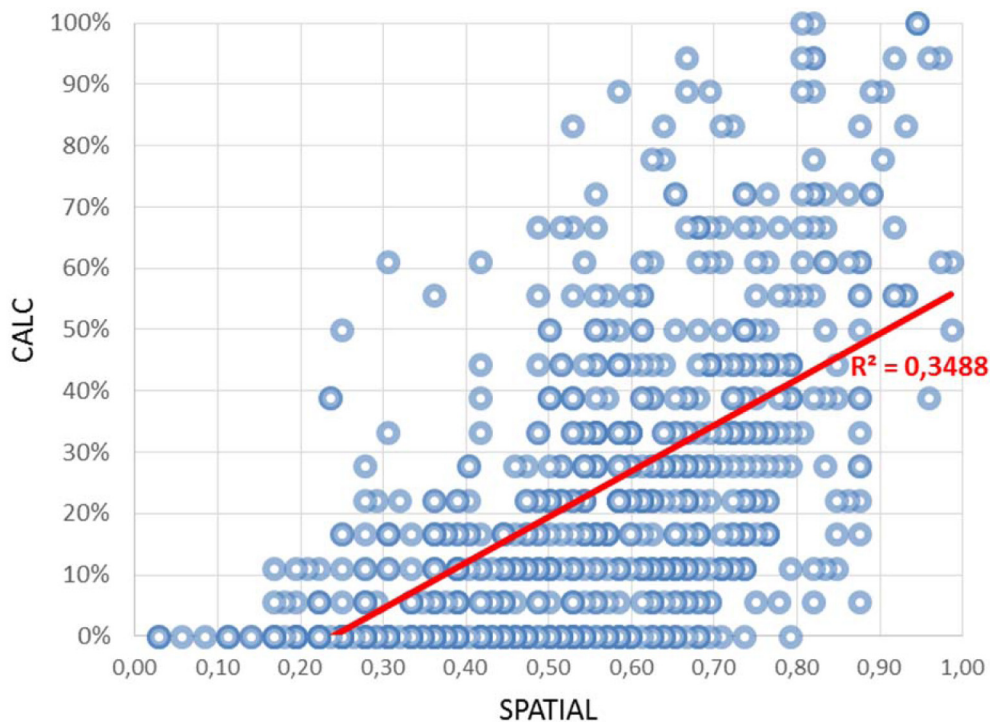


Figure 12: Scatter plot for the variables CALC and SPATIAL per pupil (Sample 1)

An even stronger relationship can be seen when we plot the average CALC result against the average SPATIAL result for each class (see fig. 13). Here, the average SPATIAL result predicts almost 73% of the average CALC result (Pearson correlation is 0.854). There are 4 classes (labelled by acronyms in fig. 13) that appear as exceptions to the trend suggested by the data. During discussion with a teacher of one of the classes (namely, ZR.9A), it came out that she pays special attention to the development of spatial skills of her pupils and that some of them were taking voluntary lessons in technical drawing. However, what we see in the graph is that this class has better CALC results than would be expected based on their average SPATIAL result. This issue might require deeper analysis.

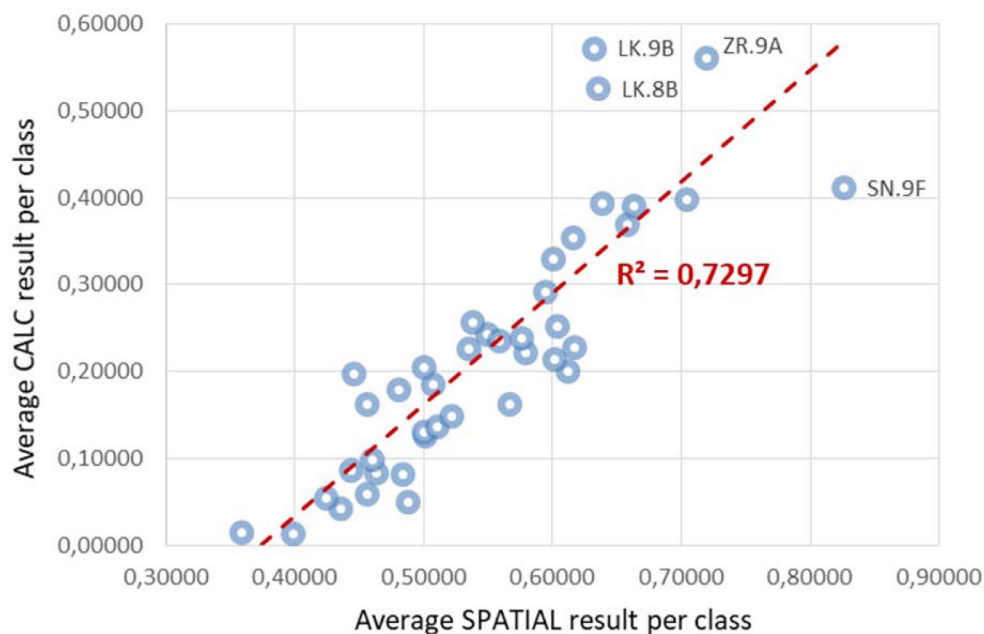


Figure 13: Scatter plot for average results for the variables CALC and SPATIAL per class (Sample 1)

## 4 DISCUSSION OF RESULTS

### 4.1 LOWER-SECONDARY PUPILS' SUCCESS AND MISTAKES IN NON-MEASUREMENT AND CALCULATION TASKS

Thanks to using the test in two samples, we were able to find which tasks were the most difficult ones for our pupils. The 2D spatial tasks in Part A1 seem to be more difficult than the 3D spatial tasks in Part A2. We can see two possible reasons. The first is the time restriction of Part A1, not present for Part A2. The second lies in the non-standard formulation of the tasks in Part A1 which, as our analysis shows, do not appear in the Czech mathematics textbooks used in schools.

Calculation tasks proved to be difficult for our sample even though they are tasks found within the Czech curriculum. In task H16, the pupils had to find the height based on the volume and base of the cuboid and many of them failed. Our analysis of the most used textbooks in Czech schools showed that this type of task is found in them less frequently than the task to calculate the volume based on the lengths of edges. Moreover, this problem is probably connected to difficulties Czech pupils have when working with algebraic expressions. Some of them memorize 4 different formulas for each variable instead of using only one ( $V = l \times w \times h$ ) and deriving the appropriate variable from it. The reason might be that the formula is mostly taught earlier than rules for manipulating expressions.

Tasks H5 and H15 are among the tasks with the lowest success rate but a relatively low omission rate. The tasks probably seemed easy to the pupils, but they proved tricky. First, the pupils had to overcome a tendency to linearize which is reported to be strong in many parts of mathematics (De Bock et al., 2007). Second, the pupils might have worked in the pseudo-analytical thinking mode as described by Vinner (1997). When pupils are working in this mode, they are using superficial similarities and signals to select the fitting procedure to solve the task (without really analysing the situation — kind of finding a “quick and dirty” solution). In our case, many pupils did not make any diagram to get an insight into the task but rather used formulas and calculations based on cue words. When looking at the tasks that proved to be among the most difficult for pupils in both parts of the test,

we note that many of them are tasks for which the first-hand (or “obvious”) solution does not work (tasks H5, H15, U1, U7 and U15). To solve these tasks correctly, the pupils had to “overcome” this obvious solution that did not yield the correct answer. This might be partially explained by their pseudo-analytical thinking mode. Lack of control mechanisms (e.g., checking the plausibility of the answer, analysing the situation in more depth) is typical for this type of thinking.

The above points to the fact that there might be a common underlying factor such as the culture of mathematical thinking (Hejný, 2007) that influences the pupils’ success in the test. Hejný characterizes the culture of mathematical thinking as, among others, the ability to analyse the task in depth, consider various solving strategies or transfer the problem into a different modus or representation. This corresponds to our findings: in some of the most difficult non-measurement tasks (U15, U1, U7) as well as in some of the most difficult calculation tasks (H5 and H15), the pupils had to analyse the task in more depth, overcome an incorrect “obvious” solution and find a different solving strategy. It is therefore possible that pupils with a higher culture of mathematical thinking would perform better in both types of tasks (non-measurement as well as measurement) simply because they are able to take these steps. This issue calls for further investigation.

Finally, our study showed an increasing success rate between grades for calculation tasks, however, we also found differences between schools and individual classes. Leaving aside the mathematical classes, the others are not specialized and if we take into account the fact that the schools taking part in our research have similar profiles, we would not expect such a diversity. There may be many factors causing it. Among them, the influence of the teacher and the way he/she introduces geometric measurement is significant as intervention studies show (e.g., Huang, 2011; Zacharos, 2006).

#### 4.2 RELATION BETWEEN NON-MEASUREMENT REASONING AND SUCCESS IN AREA AND VOLUME CALCULATIONS

When looking at the results of our study for individual pupils, their results in non-measurement tasks predict almost 35% of the variance of the results in calculation tasks and 28% of the variance for conceptual tasks. Note that the correlation remained stable for both samples which adds to the robustness of our results. If we look at average results for each class for the same two variables, the percentage of explained variance of the average CALC result (per class) grows to 73%. This, together with the fact that there are differences among classes in terms of their success in calculation tasks, points to the fact that there is a common variable related to the class (probably the teacher, his/her teaching methods, textbooks used) that strongly influences both variables. If we look at the correlations between the SPATIAL and CALC variables within individual classes, again, we see similar results as the correlation calculated for all tested pupils.

The variable Ch\_STRAT that we introduced based on the factor analysis of the results and that should relate to the ability to use different strategies for solving 2D transformation tasks, was relatively strongly correlated to success in calculation tasks for Sample 1 but this was not the case for Sample 2. As stated above, the ability to use different solving strategies could indicate a higher culture of mathematical thinking (Hejný, 2007) which we expect to influence both results, calculation as well as non-measurement. Our findings are mixed since the results were not stable in both samples. One of the reasons for this might be that we selected an insuffi-

cient or incorrect indicator of the ability to change strategies (and the culture of mathematical thinking cannot be described by this one factor only). Moreover, the stronger relationship in Sample 1 might be caused by the higher number of pupils that scored 0% in Ch\_STRAT (443 out of 720); 138 of them (i.e., 20% of tested pupils) also scored 0% in CALC. In Sample 2, this is not the case — only 9 pupils out of 123 scored 0% in both parts. This might indicate that the correlation in Sample 1 was over-estimated since the tasks included in both variables were simply too difficult for the tested pupils. As we concluded above, this issue would need further investigation.

As stated above, research has established relationships between spatial skills and performance in mathematics but the evidence of their link to geometric measurement is scarce. Our study results can be compared to two studies.

For 3D, Pittalis and Christou (2010) found a very strong relationship between spatial skills and measurement. They measured spatial skills including all the relevant factors (i.e., not excluding spatial orientation as in our case). To measure success in volume and area calculations, they used 4 tasks: calculation of the surface of a solid constructed by unit-sized cubes (task 1); calculation of the surface/volume of cuboids presented as open nets (tasks 2 and 3) and comparing the capacity of rectangular and cylinder reservoirs (task 4). The relationship they found might be slightly overestimated because one of the sub-tests of spatial skills (surface development) tests the ability to compose solids out of nets and this skill is directly required in tasks 2 and 3 of the calculation part. The relations we found in the present research (i.e., the relationship between spatial skills and the pupils' success in solving calculation and conceptual tasks for area and volume) are in line with these findings albeit not as strong. The reason for observing weaker correlations might be that our test measures part of the spatial skills only (and the types of tasks are not equally represented, for example, cube rotation is only used in one task) and due to using different measurement tasks: 9 measurement tasks were used in our test including area measurement (in a 2D situation and not only in a 3D one as was used by Pittalis and Christou).

Hannighofer et al. (2011) focused on pupils' measurement sense which they assessed by tasks which can be roughly compared to our calculation tasks. They reached a conclusion that from among gender, grades and figural reasoning, the latter had the strongest effect on measurement sense. They do not present what exactly they mean by figural reasoning, however, it seems to be related to spatial skills. Thus, our results for lower secondary pupils correspond to their results which relate to elementary pupils. Hannighofer et al. suggest that an extra year of teaching measurement does not enhance pupils' success in measurement tasks as much as the quality of their figural reasoning does. Similarly, we also suggest that the improvement of pupils' non-measurement reasoning might influence their performance in calculation tasks. Another result of Hannighofer et al.'s study opens a new way of looking at our data: in the group of pupils with a high figural reasoning ability, there was no effect of gender on the measurement achievements, while in the group with a low figural reasoning ability, the boys outperformed the girls in measurement competence.

## 5 LIMITATIONS, IMPLICATION AND FUTURE WORK

Our study has its limitations. The first lies in the test samples — both were convenience samples. However, the schools had similar profiles, catered for children from



their immediate surroundings, and apart from a few classes which put more stress on mathematics, there was no specialization. Moreover, the results are very similar in both test implementations (for both samples), which should contribute to their robustness. The second limitation concerns the qualitative analysis aimed at mistakes and misconceptions as it was only based on written solutions. Therefore, we have presented the data with caution, for example, not presenting the percentage of pupils committing the mistake, only its relative occurrence in the pupils' work. Even though we used a well-established distinction of non-measurement and measurement (calculation) streams in a hypothetical learning trajectory for measurement in geometry, we necessarily used several concrete tasks to describe the pupils' ability to work within the streams. The results might have been different for a different set of tasks.

Our study has some implications. The relation found between non-measurement reasoning (i.e., a subset of spatial skills) and success in solving area and volume tasks was found to be in the range substantial to strong. Based on our data, we cannot conclude about the causality of the relationship, however, similarly to others (e.g., Pittalis & Christou, 2010), it can be tentatively suggested that better spatial skills improve the pupils' skills in measurement calculations. Certainly, non-measurement reasoning proved to be tightly related to success in solving area and volume tasks and (as shown also by Huang & Witz, 2011) should play an important role in the teaching of area and volume concepts (as suggested by Battista, 2007, and others). However, it is important to emphasize that the development of non-measurement reasoning cannot replace numerical reasoning and, therefore, both of the streams should develop in parallel and be interconnected.

During the analysis of the data, a number of interesting issues came up. First, there were differences between individual classes which point to the significant role of the teacher and/or the influence of the textbook used. Next, it would be worthwhile investigating in more detail those pupils and classes that scored high in the calculation part but low in the spatial skills part (half of those with top ten differences comes from one class) and vice versa. More research is needed to explore the way measurement in geometry is taught in the class (and possibly mathematics as such) and the way pupils from the class deal with non-measurement and calculation tasks. Finally, we have presented only those mistakes and misconceptions which are related to the most difficult tasks in each part of the test but mistakes also appeared in the solutions to other tasks as well. Interviews with pupils are needed to gain deeper insight into some of them. Some interviews have already been conducted for tasks H13 and H14 with Grades 5 and 6 pupils to see how pupils of this age group structure space, what strategies they use and what the most common problems and obstacles in solving these tasks are (Tůmová, 2017a).

## ACKNOWLEDGEMENT

The paper was financially supported by the project GAČR 16-06134S Context problems as a key to the application and understanding of mathematical concepts.

## BIBLIOGRAPHY

Amthauer, R., Brocke, B., Liepmann, D. & Beauducel, A. (2001). *Intelligenz-Struktur-Test 2000 R*. Göttingen: Hogrefe, 2.



- Battista, M. T. (2004). Applying cognition-based assessment to elementary school students' development of understanding of area and volume measurement. *Mathematical Thinking and Learning*, 6(2), 185–204.
- Battista, M. T. (2007). The development of geometric and spatial thinking. In F. K. Lester Jr. (Ed.), *Second handbook of research on mathematics teaching and learning* (843–908). Charlotte, NC: Information Age Publishing Inc.
- Curry, M., Mitchelmore, M. & Outhred, L. (2006). Development of children's understanding of length, area, and volume measurement principles. In J. Novotná, H. Moraová, M. Krátká, N. Stehlíková (Eds.), *Proceedings of the 30th annual conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (Vol. 2, 377–384). Prague: PME.
- De Bock, D., Van Dooren, W., Janssens, D. & Verschaffel, L. (2007). *The illusion of linearity: From analysis to improvement*. New York, N.Y.: Springer.
- De Vauss, D. (2002). *Analyzing social science data*. London: SAGE.
- Dembo, Y., Levin, I. & Siegler, R. S. (1997). A comparison of the geometric reasoning of students attending Israeli ultraorthodox and mainstream schools. *Developmental Psychology*, 33, 92–103.
- Divišová, B. (2012). *Geometrické úlohy řešitelné bez výpočtu* [Geometric problems solvable without calculations] [Disertační práce]. Praha: PedF UK v Praze. Školitelka N. Vondrová.
- Eames, L. C., Clements, D. H. & Sarama, J. et al. (2014). Interactions among hypothetical learning trajectories for length, area, and volume measurement. In *NCTM Research Conference*. New Orleans, LA: NCTM.
- Friedman, L. (1995). The space factor in mathematics: Gender differences. *Review of Educational Research*, 65, 22–50.
- Hannighofer, J., Van den Heuvel-Panhuizen, M., Weirich, S. & Robitzsch, A. (2011). Revealing German primary school students' achievement in measurement. *ZDM*, 43(5), 651–665. doi: 10.1007/s11858-011-0357-y
- Hejný, M. (2007). Budování matematických schémat. [Building mathematical schemes]. In A. Hošpesová, N. Stehlíková & M. Tichá (Eds.), *Cesty zdokonalování kultury vyučování matematice* (81–122). České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.
- Heller, K. A. & Perleth, Ch. (2000). *Kognitiver Fähigkeitstest für 4.–12. Klassen, Revision (KFT 4–12+R)*. [Cognitive ability test for grades 4–12, revision (KFT 4–12 + R)]. Gottingen: Hogrefe.
- Herendiné-Kónya, E. (2015). The level of understanding geometric measurement. In K. Krainer & N. Vondrová (Eds.), *CERME9: Proceedings of the ninth congress of the European Society for Research in Mathematics Education* (536–542). Prague: Charles University in Prague, Faculty of Education and ERME.
- Huang, H.-M. E. & Witz, K. G. (2011). Developing children's conceptual understanding of area measurement: A curriculum and teaching experiment. *Learning and Instruction*, 21(1), 1–13.
- Huang, H.-M. E. & Witz, K. G. (2013). Children's conceptions of area measurement and their strategies for solving area measurement problems. *Journal of Curriculum and Teaching*, 2(1), 10–26.

- Kamii, C. & Kysh, J. (2006). The difficulty of “length×width”: Is a square the unit of measurement? *Journal of Mathematical Behavior*, 25, 105–115.
- Kordaki, M. (2003). The effect of tools of a computer microworld on students’ strategies regarding the concept of conservation of area. *Educational Studies in Mathematics*, 52(2), 177–209.
- Kordaki, M. & Potari, D. (2002). The effect of area measurement tools on student strategies: the role of a computer microworld. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 7, 65–100.
- Kospentaris, G., Spyrou, P. & Lappas, D. (2011). Exploring students’ strategies in area conservation geometrical tasks. *Educational Studies in Mathematics*, 77(1), 105–127.
- Kuřina, F. (2011). *Matematika a řešení úloh*. [Mathematics and problem solving]. České Budějovice: Jihočeská univerzita v ČB.
- McGee, M. G. (1979). Human spatial abilities: psychometric studies and environmental, genetic, hormonal, and neurological influences. *Psychological bulletin*, 86(5), 889–918.
- Outhred, L. N. & Mitchelmore, M. C. (2000). Young children’s intuitive understanding of rectangular area measurement. *Journal for Research in Mathematics Education*, 31(2), 144–167.
- Piaget, J., Inhelder, B. & Szeminska, A. (1960). *The child’s conception of geometry*. New York: Norton.
- Pittalis, M. & Christou, C. (2010). Types of reasoning in 3D geometry thinking and their relation with spatial ability. *Educational Studies in Mathematics*, 75(2), 191–212.
- Plšková, Z. (2010). *Rozvoj prostorové představivosti žáků ZŠ* [The development of three-dimensional imagination of elementary school students] [Disertační práce]. Universita Palackého v Olomouci, Pedagogická fakulta. Školitelka A. Stopenová. Dostupné z <http://theses.cz/id/ht91sr/>
- Rahim, M. H. & Sidlo, R. A. (2012). High school student-teachers attempts to justify mathematical propositions utilizing spatial structuring on shape transform. *Research in Mathematical Education*, 16(2), 107–123.
- Rendl, M. & Vondrová, N. (2014). Kritická místa v matematice u českých žáků na základě výsledků šetření TIMSS 2007. [Critical issues in mathematics of Czech pupils based on TIMSS 2007 results]. *Pedagogická orientace*, 24(1), 22–57.
- Sarama, J. A. & Clements, D. H. (2009). *Early childhood mathematics education research: Learning trajectories for young children*. New York: Routledge.
- Slezáková, J. (2011). *Geometrická představivost v rovině* [Spatial imagination in a plane] [Disertační práce]. Universita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta. Školitel J. Molnár. Dostupné z <http://theses.cz/id/op6350/?furl=%2Fid%2Fop6350%2F;so=nx;lang=en>
- Sorby, S. A. (2009). Educational research in developing 3-D spatial skills for engineering students. *International Journal of Science Education*, 31(3), 459–480.
- Tan Sisman, G. & Aksu, M. (2016). A Study on Sixth Grade Students’ Misconceptions and Errors in Spatial Measurement: Length, Area, and Volume. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 14(7), 1293–1319. doi: 10.1007/s10763-015-9642-5
- Tartre, L. A. (1990). Spatial orientation skill and mathematical problem solving. *Journal for Research in Mathematics Education*, 216–229.

Tůmová, V. & Janda, D. (2014). Vliv používání vizualizace a matematických operací na úspěšnost žáků v úlohách týkajících se objemu a obsahu. [Influence of using visualization and mathematical operations on pupils' success in area and volume problems]. In B. Bastl, M. Lávička (Eds.), *Sborník z konference setkání učitelů matematiky všech typů a stupňů škol 2014* (225–230). Plzeň: Vydavatelský servis.

Tůmová, V. (2017a). How do pupils of the 5<sup>th</sup> and 6<sup>th</sup> grade structure space. In J. Novotná, H. Moraová (Eds.), *International Symposium Elementary Maths Teaching SEMT '17, Proceedings. Equity and diversity in elementary mathematics education* (411–421). Prague: Charles University, Faculty of Education.

Tůmová, V. (2017b). *Chápání pojmů obsah a objem u žáků základní školy* [Disertační práce]. [Conceptions of area and volume of pupils at the elementary school. Dissertation thesis.] Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta.

Vinner, S. (1997). The pseudo-conceptual and the pseudo-analytical thought processes in mathematics learning. *Educational Studies in Mathematics*, 34(2), 97–129.

Vondrová, N. (2015). Obtíže žáků 2. stupně ve zjišťování obsahu útvarů a objemů těles. [Elementary school pupils' difficulties when finding area and volume.] In N. Vondrová, M. Rendl et al. (Eds.), *Kritická místa matematiky základní školy v řešeních žáků* (253–318). Praha: Karolinum.

Zacharos, K. (2006). Prevailing educational practices for area measurement and students' failure in measuring areas. *The Journal of Mathematical Behaviour*, 25(3), 224–239.

---

VERONIKA TŮMOVÁ, veronika.tumova@pedf.cuni.cz  
NAĎA VONDROVÁ, nada.vondrova@pedf.cuni.cz  
Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta  
Magdalény Rettigové 4, 116 39 Praha 1, Czech Republic

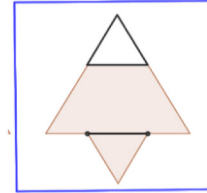
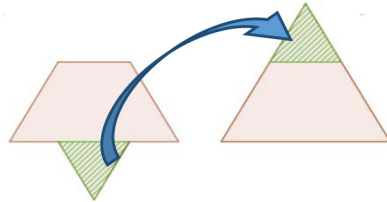
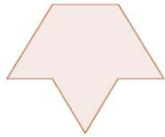
# APPENDIX A — 2D SPATIAL ABILITY TEST

Below you will find 20 polygons, your task is to draw a single straight line where to cut the polygon so that after rearranging the parts, you get an equilateral triangle. The line for cutting must always connect two vertices of the polygon. You also must indicate where the cut-off part should be placed as in the example below:

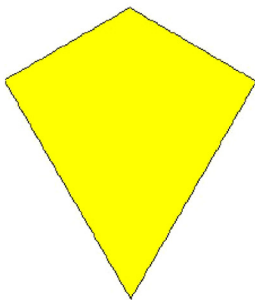
Task:

You imagine:

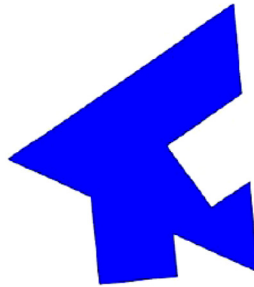
You draw:



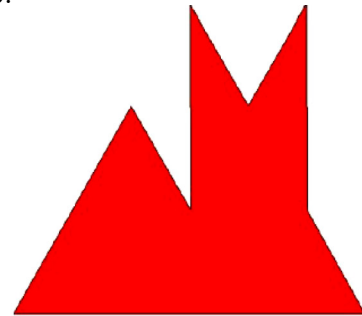
1.



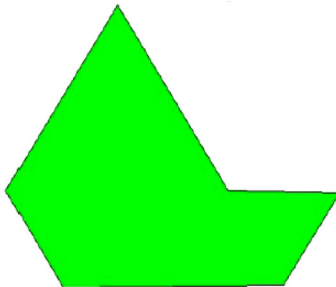
2.



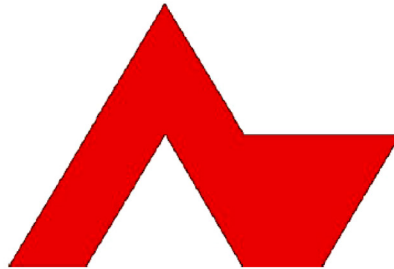
3.



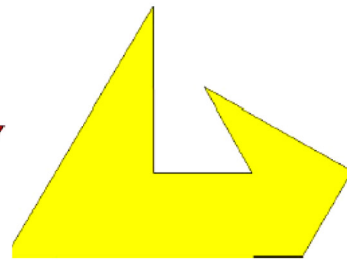
4.



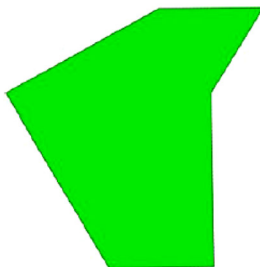
5.



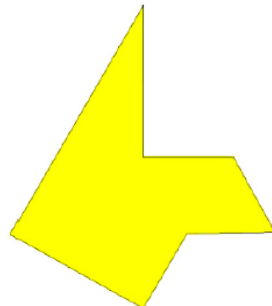
6.



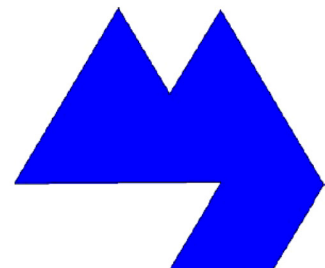
7.



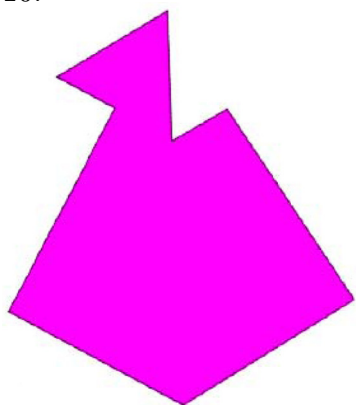
8.



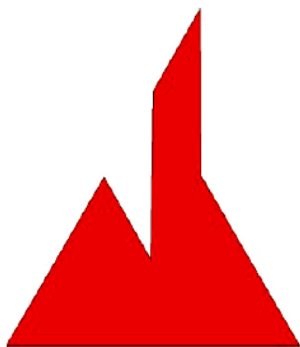
9.



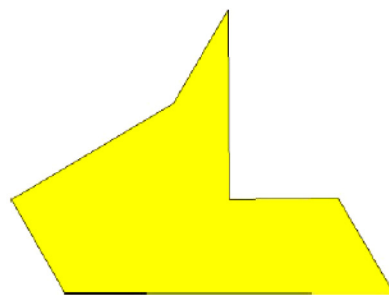
10.



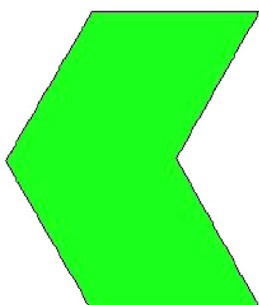
11.



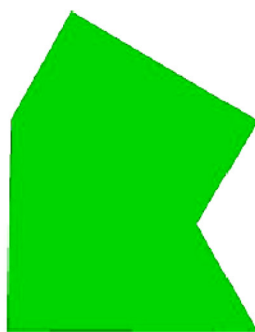
12.



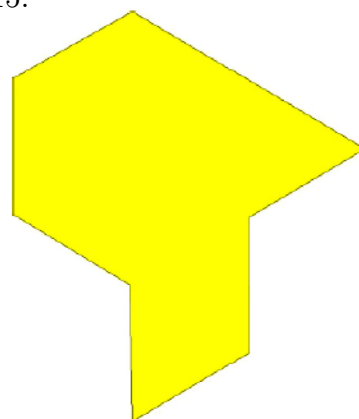
13.



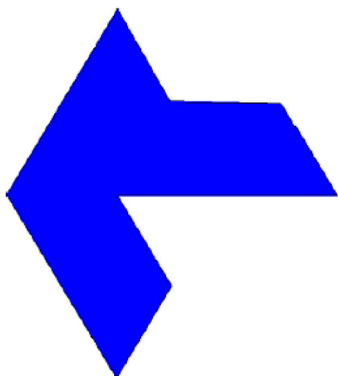
14.



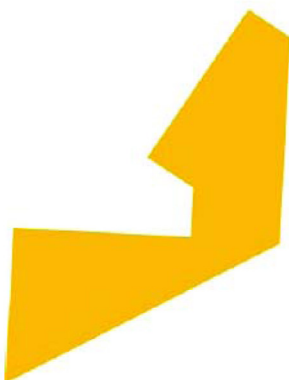
15.



16.



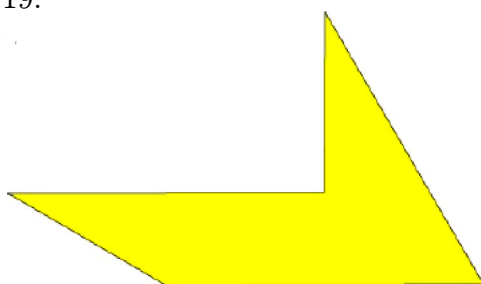
17.



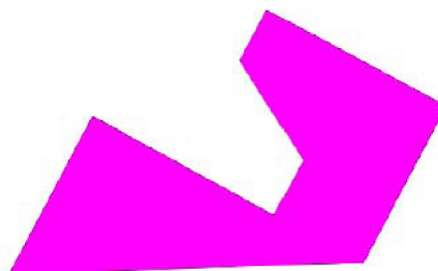
18.



19.

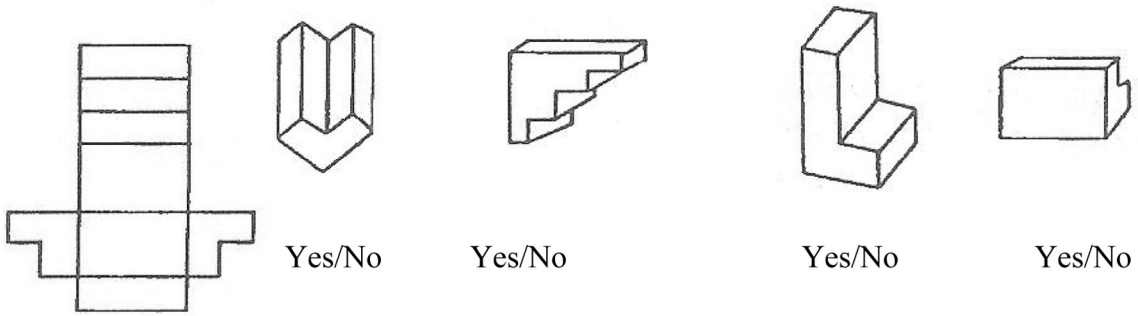


20.



## APPENDIX B — 3D SPATIAL ABILITY TEST

**Task H8:** The picture on the left shows a template to make a box. Which of the boxes can be made using this template? Mark Yes or No for each.



**Task H9:** How would the building made of cubes look from the other side (from the back)? Example:

Building: You should draw:

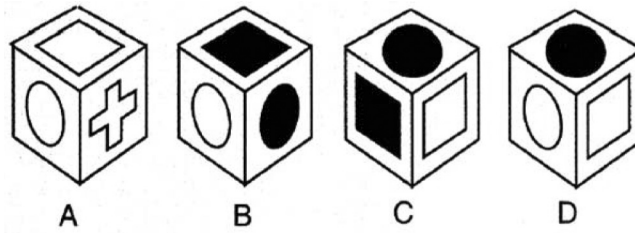
a)

b)

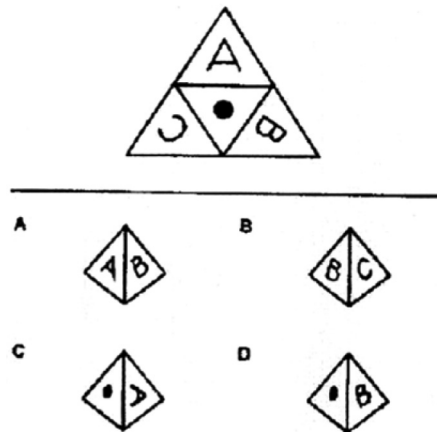
c)

d)

**Task H10:** The pictures below show the same cube from different perspectives, however, one picture does not fit with the rest. Decide which one it is and cross it out.



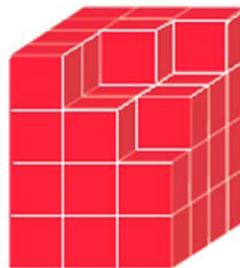
**Task H11:** Which of the tetrahedra cannot be obtained from the net by folding? Cross it out.



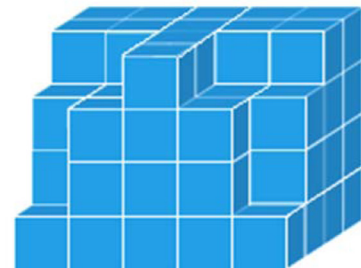
**Task H12:** The green cube building has 9 cubes in the first layer, the red one 12 and the blue one 20. How many cubes do you have to add to get the smallest possible completely filled prism (in other words, if the building was in a tightfitting rectangular box, how many cubes would you have to add in order to fill that box completely)?



Green: .....



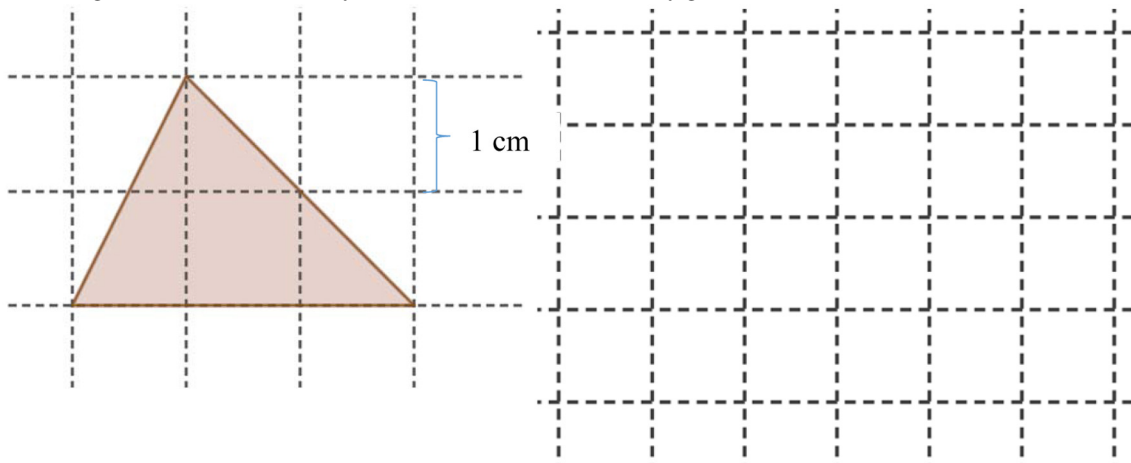
Red: .....



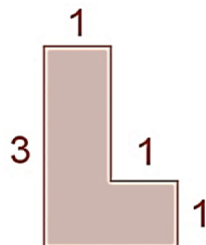
Blue: .....

## APPENDIX C — CALCULATION TASKS FOR AREA AND VOLUME

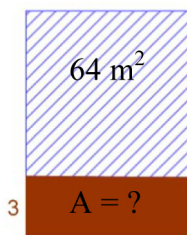
**Task H2:** Determine the area of the triangle if you know that the smallest square in the grid has the side of 1 cm. Draw two more figures with the same area.



**Task H3:** Determine the area and perimeter of the figure in the picture.



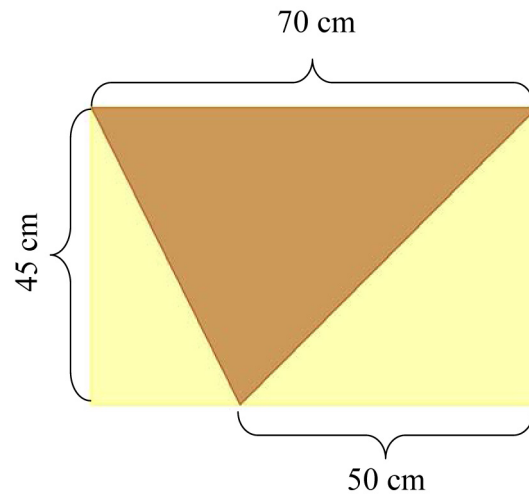
**Task H4:** The picture shows a plan of a garden. The hatched SQUARE represents grass and the solid rectangle is a flowerbed. Calculate the area of the flowerbed if you know that the area of grass (hatched square) is  $64 \text{ m}^2$  and the shorter side of the flowerbed is 3 m long.



**Task H5:** We used 300  $10 \times 10$  cm tiles to pave our bathroom. Now we want to redecorate it and the new tiles are  $20 \times 20$  cm. How many new tiles will I need? Neglect the gaps between the tiles — as if there were none.



**Task H6:** Will cut out the darker part of the rectangular board (see the picture). His friend Paul is angry with him saying: “This way, you will throw away more than half of the board.” Will disagrees and claims that the rest is smaller than the part which he will use. Who is right and why?



**Task H13:** You have exactly 59 cubes (with the edge of 1 unit) to create a building on a rectangular plot of land which is 4 units long and 3 units wide. You must use all the cubes but the building has to be as LOW as possible. How many layers will there be? How many cubes will there be in the top layer?

**Task H14:** What is the maximum number of parcels measuring  $2 \times 1 \times 1$  dm that would fit into a cubic box with an edge of 6 dm? Justify your answer.

**Task H15:** A hundred cubes (each with an edge of 12 cm) fit into a box and fill it completely. How many cubes with an edge of 4 cm do you need to fill the same box completely? Justify.

**Task H16:** A cuboid-shaped vase has a base of  $9 \times 12$  cm. If I pour one litre of water inside, how high will it reach? (Hint:  $1\text{ l} = 1\,000\text{ cm}^3$ ).

# Scientia in educatione

*Vědecký recenzovaný časopis pro oborové didaktiky  
přírodovědných 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.

doc. RNDr. Leoš Dvořák, CSc.

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)

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

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

doc. Ph.Dr. 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)

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

PaedDr. Svatava Kubicová, 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)

prof. RNDr. Miroslav Papáček, CSc. (Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích)

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

prof. RNDr. Ján Pišút, Dr.Sc. (Univerzita Komenského v Bratislavě, SR)

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)

RNDr. Jarmila Robová, CSc. (Univerzita Karlova)

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

doc. RNDr. Josef Trna, CSc. (Masarykova univerzita v Brně)

## **Adresa redakce**

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

e-mail: [scied@pedf.cuni.cz](mailto: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<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X zpracoval Miloš Brejcha, Vydavatelský servis, Plzeň.

Logo navrhl Ivan Špírk.

Redaktorka a jazyková korektorka Zdeňka Janušová