Scientia in educatione, 13(2), 2022
http://www.scied.cz
ISSN 1804-7106

Obsah

Výzkumné studie

Veronika Bystrá, Adéla Čečmanová, Radka Marta Dvořáková, Barbora Váňová, Petr Novotný
Tematický celek „Tkáně“ v gymnaziální biologii 2

Dominika Koperová, Ľubomír Held
Monitorovanie kognitívneho vývinu vo vzdelávacom programe ExpEdícia: Môže kognitívny vývin odrážať vplyv vzdelávacieho prostredia? 13

Jana Marounová, Petr Kácovský
Experimenty ve výuce fyziky: Kde se čeští učitelé inspirují? 26

Gabriela Novotná
How lower-secondary pupils approach and perceive understanding mathematics 36

Martin Šrámek, Milada Teplá
Vlastnosti úloh z organické chemie a biochemie vyplývající z položkové analýzy oborového testu z chemie v rámci přijímacího řízení na Přírodovědeckou fakultu Univerzity Karlovy 51

Nakladatelství Karolinum

Tematický celek „Tkáně“ v gymnaziální biologii

Thematic unit “Tissues” in grammar school biology

Veronika Bystrá[1], Adéla Čečmanová[1], Radka Marta Dvořáková[1], Barbora Váňová[1], Petr Novotný[1,*]

[1] Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova, Albertov 6, 128 00 Praha 2; novotp@natur.cuni.cz

Pro zvolený tematický celek gymnaziální biologie „Tkáně“ jsme navrhli konceptuální rámec, identifikovali učivo užívané v učebnicích a navrhli testové položky ověřující porozumění definovaným konceptům.
Konceptuální rámec byl navržen na základě českých gymnaziálních učebnic biologie a doplňkových materiálů. Obsahuje deset základních konceptů, jejichž porozumění považujeme za cíl a důvod výuky daného tematického celku. Z učebnic jsme excerpovali učivo, které je použito pro budování porozumění těmto konceptům. Díky získanému vhledu jsme byli schopni popsat didakticky zajímavé aspekty tohoto tématu v českých učebnicích. Ve většině z nich tvoří úvodní bránu k organologii lidského těla. Na základě konceptuálního rámce a zamýšleného učiva jsme navrhli uzavřené testové položky s jednou správnou odpovědí. Položky byly validovány na třech gymnáziích, jejich analýza vycházela z klasické teorie testů a teorie odpovědi na položku. Výsledný set obsahuje 33 psychometricky validovaných testových položek zveřejněných pod licencí CC BY-SA 3.0, které jsou uvedeny jako příloha tohoto článku.

Klíčová slova:
tkáně, test, konceptuální rámec, učivo, gymnázium.

Zasláno 6/2022
Revidováno 11/2022
Přijato 11/2022

For the chosen thematic unit of grammar school biology “Tissues” we designed a conceptual framework, identified the core curriculum used in textbooks, and designed test items to verify the understanding of the defined concepts.
The conceptual framework was designed based on the of Czech grammar school biology textbooks and supplementary materials. It contains ten core concepts, the understanding of which is considered to be the aim and reason for teaching a given thematic unit. From the textbooks, we have excerpted the content used to build an understanding of these concepts. Thanks to the insight gained, we were able to describe didactically interesting aspects of this topic in Czech textbooks. In most of them, the unit “Tissues” form the gateway to the organology of the human body. Based on the conceptual framework and the intended curriculum, we designed test items. The items were validated in three grammar schools, and their analysis was based on Classical Test Theory and Item Response Theory. The resulting set contains 33 psychometrically validated test items published under a CC BY-SA 3.0 license, which are included as an appendix to this article.

Key words:
tissues, test, conceptual framework, subject matter, grammar school.

Received 6/2022
Revised 11/2022
Accepted 11/2022

1 Úvod

Na nejobecnější rovině vymezují učiteli soubor znalostí pro určitý typ a stupeň školy státní kurikulární dokumenty (RVP). Určitým vodítkem mohou být učiteli i učebnice, které ovšem mají doporučující, nikoli závazný charakter. Učebnice jsou ovšem primárně orientovány na perspektivu z pozice žáka. Kurikulárním dokumentem, zohledňujícím perspektivu učitele, jsou metodické příručky k učebnicím. Ty ale v případě českých středoškolských učebnic chybí, což vytváří určité slepé místo v rámci ontodidaktické transformace učiva – zamýšlení učitele co a proč učit na gymnáziu ve vztahu ke konkrétnímu obsahu. Domníváme se, že české prostředí postrádá pro stupeň vyššího gymnázia takové práce, které vedou k vymezení klíčových konceptů definovaného bloku lidského vědění, načrtnutí vztahů mezi nimi a diskusi o jejich významu ve vzdělávání.

S našimi studenty učitelství jsme si na nahodile zvoleném tématu „Tkáně“ určili tyto cíle:

1. **definovat konceptuální rámec** tematického celku „Tkáně“;
2. pro tento rámec **navrhnout testové položky**, ověřující znalostní bázi nezbytnou pro porozumění jednotlivým konceptům, a **vytvořené testové položky validovat**.

Domníváme se, že výsledek naší práce může přispět k didaktickému ukotvení daného výukového celku, tedy k zodpovězení otázky „co je smyslem výuky“ na straně jedné a souběžně poskytnout cestu ke zjišťování „co si z výuky odnášejí žáci“ na straně druhé.

2 Teoretický rámec

2.1 „Tkáně“

Studiem tkání se zabývá histologie nazývaná někdy také mikroskopická anatomie. Histologie ovšem není pouhou popisnou anatomií buněčného mikrosvěta. Je to věda studující strukturu živočišných tkání v přímém vztahu k jejich funkci. Rozkračuje se tak logicky mezi anatomii a fyziologii. V tomto smyslu je histologie chápána jako integrující nauka, která jasně propojuje strukturu a funkci (Chapman et al., 2006).

V českých národních kurikulárních dokumentech je tematický celek „Tkáně“ ukotven v rámci „obecné biologie“; tkání se týká očekávaný výstup „Vysvětlí význam diferenciace a specializace buněk pro mnohobuněčné organismy“ (*Rámcový vzdělávací program pro gymnázia – RVP G*, 2007, s. 31). Tento výstup v sobě ale zahrnuje i rostlinná pletiva, která jsme nezpracovávali. V kontextu naší práce zdůrazňujeme, že se nejedná o celou humánní histologii, ale pouze o tematický celek „Tkáně“, který představuje povšechný úvod zařazený před průchod stavbou lidského těla.

Ve všech zahrnutých českých středoškolských učebnicích jsou ve shodě s výše uvedeným „Tkáně“ pojaty jako samostatný celek předcházející systematickému výkladu orgánových soustav člověka. Výběr tkání a jejich klasifikace je ve studovaných pramenech poměrně konzistentní. Autoři zpravidla vymezují čtyři skupiny – epitely, tkáně svalové, pojivové a nervové. Variabilní je zařazení krve – většina zdrojů ji chápe jako specifický případ pojivové tkáně s kapalnou extracelulární matrix. Tento přístup následujeme i my. Některé domácí práce (Elišková & Naňka, 2006) ji ovšem přidávají jako pátou, samostatnou skupinu.

Terminologie oboru je velmi široká a její porozumění je součástí výuky histologie. Ovšem i v rámci středoškolské výuky se v úvodu k tématu „Tkáně“ objevuje několik odborných pojmů, které nejsou užívány konzistentně, jejich věcnou definici zde proto uvádíme:

> *Neurit* představuje v anglické literatuře obecně *neuronový výběžek*, tedy jakoukoliv projekci z buněčného těla neuronu. Preferujeme nepoužívat ho jako zastřešující pro oba typy neuronových výběžků (axony a dendrity), neboť označení neurit se obecně používá pro neuronové výběžky u nezralých a vyvíjejících se neuronů, u kterých může být před dokončením diferenciace obtížné rozlišit mezi jednotlivými typy (Flynn, 2013). U již diferencovaného neuronu používáme pojmů axon (pro informační výstup z neuronu) a dendrit (pro příjemce nervových vzruchů do neuronu).
>
> *Chondroblasty* a *chondrocyty* jsou dva hlavní typy buněk v chrupavce. Chondroblasty aktivně dělí nezralé buňky, které tvoří extracelulární matrix a diferencují se v chondrocyty. Chondrocyty jsou tedy diferencované buňky, které se podílejí na difúzi živin, údržbě a opravě extracelulární matrix chrupavky. Klíčový rozdíl mezi chondrocyty a chondroblasty je ontogenetický, chondroblasty jsou nezralé buňky chrupavky, které se nacházejí v blízkosti perichondria, zatímco chondrocyty jsou buňky zralé chrupavky, které se nacházejí v extracelulární matrix (Čihák, 2001, s. 19; Dylevský et al., 2000, s. 48).
>
> *Osteoblasty* a *osteocyty* jsou dva hlavní typy buněk, které najdeme v kostech. Osteoblast je kostní buňka, která se specializuje na syntézu tzv. kostní matrix. Navzdory terminologické obdobě k buňkám chrupavky se chondroblasty nedělí, množení buněk zajišťují preosteoblasty. Během života se z osteoblastu stávají osteocyty. Osteocyt je základní buňkou zralé kosti. Na rozdíl od osteoblastu nevytváří mezibuněčnou hmotu kosti. Podílí se však uvolňováním vápníku z kosti na regulaci dostupnosti vápníku v těle (Čihák, 2001, s. 21; Dylevský et al., 2000, s. 51–52).
>
> Na obdobném ontogenetickém principu je založen také vztah pojmů *fibroblasty* a *fibrocyty*, což jsou základní buňky vaziva. Rozdíl proti kostní tkáni spočívá v tom, že se fibrocyty dokáží proměnit zpět na fibroblasty (Čihák, 2001, s. 14; Dylevský et al., 2000, s. 41).

2.2 Konceptuální rámec

Otázku „Co a proč z histologie učit?“ nám pomůže zodpovědět vymezení klíčových pojmů dané vědní oblasti a vztahů mezi nimi. Klíčové pojmy představují základní stavební kameny odborného jazyka a umožňují nám, na rozdíl od jazyka obecného, dorozumět se v rámci příslušné disciplíny jednoznačně (Hills & Gibson, 1992; Tondl, 2005). Soustavu pojmů, které nám zprostředkovávají srozumitelné a dostatečně přesné vyjádření stavů nebo situací v rámci dané tematické nebo problémové oblasti, pak označujeme jako **konceptuální rámec** (dále KR). KR nám umožňují vyjádřit nejen jedinečné, ale také obecné vztahy (Ostrom, 2005; Tondl, 2005). Leshem a Trafford (2007) nebo Veselý (2011) upozorňují, že v literatuře

termín KR občas splývá s pojmy jako model nebo teorie, někteří autoři používají tyto výrazy jako synonyma. V našem textu se nicméně přidržíme hierarchického vymezení konceptuální rámec → teorie → model. KR budeme chápat jako soubor proměnných, na jehož základě mohou být různé teorie formulovány či porovnávány (srov. Ostrom, 2005, s. 27–29). Za užitečné považujeme i přirovnávání KR k mostu či spojnici mezi paradigmatem a praktickým zkoumáním problému (viz Leshem & Trafford, 2007), tedy nejobecnějšímu souhrnu základních myšlenek.

Kvalitu KR můžeme posuzovat z hlediska různých dimenzí. Mezi nejdůležitější dimenze KR patří komplexnost a úspornost. Dostatečnou komplexnost a zahrnutí všech klíčových pojmů a prvků systému vyvažuje v dobrém KR na druhé straně zase úspornost, tedy nejjednodušší možné vysvětlení. Nalézt optimální poměr mezi komplexností a úsporností nebývá vždy jednoduché. Ideální je, pokud je KR užitečný nejen pro odborníka, který ho vytváří, ale i pro laického čtenáře či posluchače. Většinou je ale třeba KR uzpůsobit jedné hlavní skupině, které je určen. Zkušenosti ukazují, že na začátku je lepší dát přednost jednodušším KR a ty pak podle potřeby doplňovat (Veselý, 2011). Další důležitou dimenzí KR je relevance a užitečnost. KR mohou sloužit k výzkumným i pedagogickým účelům. Jejich klíčovou charakteristikou je vždy, bez ohledu na jejich účel, analytický charakter (Tondl, 2005). Pokud jsou KR přiměřeně přehledné a srozumitelné, umožňují rychlé sdílení poznatků a orientaci v dané problematice. KR také někdy umožňují zachytit vývoj sledované problematiky v čase. Tato vlastnost koresponduje s poslední důležitou dimenzí KR – dynamičností. Kvalitní KR by měl být schopen podněcovat uvažování o procesech, které v systému probíhají (Veselý, 2011).

V oblasti pedagogiky bývají KR častým východiskem pro konstrukci didaktických testů (Chvál et al., 2015). Z kurikulárních dokumentů se nejvíce blíží ŠVP, protože zahrnují nejen všeobecně akceptovaný obsah, ale i vlastní pohled tvůrce na téma, pro KR typický (Luft et al., 2022). V didaktice biologie je současný trend ve vymezování klíčových konceptů velmi aktuální – soudobá literatura pracuje s tzv. Big Ideas jako nejobecnějším KR (Harlen, 2015), oborově zaměřené rámce zpracovávají jednotlivé oblasti (např. fyziologie (Michael et al., 2009) a ústí v konkrétní tematické bloky, jakými jsou například homeostáza (Modell et al., 2015) či buněčná komunikace (Michael et al., 2017).

3 Metody

3.1 Konceptuální rámec a učivo

Při vypracování konceptuálního rámce jsme vycházeli primárně z českých středoškolských učebnic biologie (Jelínek & Zicháček, 2014; Kočárek, 2010; Novotný & Hruška, 2007), konfrontovaných s českým překladem Campbellovy Biologie (Campbell & Reece, 2006) a online materiály jako Khan Academy (Tissues, Organs, & Organ Systems (Article) | Khan Academy, b.r.).

Učivo použité v tematickém celku jsme vypsali z jednotlivých učebnic a sjednotili použitou terminologii. Vyloučili jsme obsah, který byl zahrnut pouze v jedné z použitých učebnic. Vedle gymnaziálních učebnic jsme prošli i běžně dostupné učebnice pro druhý stupeň základní školy, abychom si udělali představu o pojetí tématu a přístupu k jeho zpracování. Učivo ze základoškolských učebnic jsme ale neextrahovali. Výsledný přehled je přiložen jako příloha A.

Vstupním problémem, se kterým jsme se museli vypořádat, bylo již samotné vyčlenění vybraných tkání do vymezeného výukového celku, který shodně nalézáme jak v českém, tak anglosaském prostředí. Proč učit výběr z tkání, a to extrémně povrchně (*de facto* zmínit, že existují kosti a svaly), když dílčím tkáním je ve výuce lidského těla věnována detailní pozornost (stavba kostí, svalu ap.)?

Dále jsme si kladli otázku, zda je cílem tematického bloku „Tkáně“, jako úvodu do organologie, stanovit klasifikaci pro všechny typy tkání, zda je s touto klasifikací dále nějak pracováno, přináší hlubší porozumění problematice a má být součástí připravovaných testových položek.

Následně jsme určili klíčové koncepty, které jsou zprostředkovány učivem o tkáních, a jejich konkretizaci v podobě znalostí. Právě znalosti jsou v učebnicích používány jako „materiál“ umožňující koncepty formulovat, diskutovat a porozumět jim. Navržené koncepty tvoří provázaný KR, který je hlavním výsledkem naší práce.

3.2 Tvorba a validace testových položek

Na základě definovaného konceptuálního rámce a učiva užívaného pro jeho dosažení jsme navrhli položky didaktického testu. Každý spoluautor poskytl zhruba deset položek. Provedli jsme jejich křížovou recenzi a dospěli ke shodě na celkem 41 položkách. Naprostá většina otázek byla multiple-choice s jednou správnou odpovědí a třemi distraktory, pouze 3 úlohy byly jiného typu (otevřená s krátkou odpovědí, otevřená s dlouhou odpovědí, binární). Každá položka byla doplněna o možnost „nevím“, abychom omezili tipování

žáků. Položky jsme tvořili se zřetelem na definovaný konceptuální rámec. Naší snahou bylo testovat porozumění konceptuálnímu rámci za využití identifikovaného učiva.

Výsledný set otázek jsme doplnili otázkou na ročník a pohlaví, protože nás mj. zajímal jejich vliv na výsledky testu. Test jsme pak v papírové podobě distribuovali v rámci studentských praxí na třech českých gymnáziích, na nichž studenti realizovali své pedagogické praxe. Test byl realizován ve třídách, které měly daný blok nejvýše před dvěma měsíci probraný (určeno na základě doporučení spolupracujících vyučujících). Sběr byl anonymní, bez vlivu na klasifikaci žáka. Vyučující obdrželi po zpracování výsledků pouze znění finálních otázek a jejich zjištěnou náročnost. Získali jsme 202 validně vyplněných testů (109 mužů a 93 žen). Většina respondentů byla v septimě (118), menší část navštěvovala kvintu (33) nebo oktávu (51). Průměrný počet nezodpovězených položek byl 2,4 položky na respondenta.

Data jsme přepsali z papírových testů do tabulkového procesoru, binarizovali otevřené otázky a provedli položkovou analýzu. Pro výpočet skóre jsme pracovali s binarizovanými odpověďmi a shodnou bodovou vahou všech položek.

Analýzu jsme prováděli v jazyku R (R Core Team, 2021) za využití balíčku *ShinyItemAnalysis* (Martinková & Drabinová, 2018). Pro ověření validity a náročnosti testových položek jsme využili metody klasické testové teorie (CTT) vycházející z práce (Lord & Novick, 2008), která položku hodnotí z pohledu obtížnosti (podíl respondentů se správnou odpovědí) a různými koeficienty citlivosti (nakolik otázka rozlišuje mezi respondenty odlišné úrovně znalostí). Příkladem koeficientu citlivosti je ULI (*upper-lower index* (Charvát et al., 2014), založený na rozdílu úspěšnosti respondentů v dané položce při porovnání žáků nejlepších a nejhorších (rozdělení do skupin dle celkového skóre je volitelné, například rozdělení respondentů do třetin).

U každé položky jsme sledovali její obtížnost, koeficient ULI a empirické křivky procenta volby jednotlivých odpovědí dle úrovně celkového skóre respondentů. Vyřadili jsme nejhorší otázky dle funkčnosti distraktorů (Metsämuuronen, 2022), jako je stav negativní diskriminace či zcela nefunkční distraktory, ovšem pouze v takovém případě, kdy jsme nebyli schopni navrhnout modifikaci položky tak, abychom mohli předpokládat její zlepšení. Takto jsme vyřadili 8 otázek. Výslednou reliabilitu setu položek jsme určili pomocí Cronbachova alfa.

U zúženého výběru položek jsme poté přešli k nástrojům teorie odpovědi na položku (IRT), které odhadují měřenou znalost přesněji než empirické křivky či regresní modely (Martinková et al., 2017). Bockův nominální model (Bock, 1972) jsme využili pro detailní analýzu distraktorů a navrhli jsme úpravy, nejčastěji vhodnější distraktor.

Pro celkový pohled na položky jsme na základě Bayesova informačního kritéria BIC (Schwarz, 1978) zvolili jednoparametrický (1PL) IRT model.

Celkem jsme po validaci modifikovali distraktory či stylistickou stavbu kmenu devíti položek (č. 1, 3, 4, 5, 8, 9, 12, 13 a 29). Upravená podoba položek již nebyla znovu validována.

3.3 Analýza respondentů

Výsledný datový vzorek byl vyhovující pro validaci položek, ale pro analýzu případných prediktorů skóre byl malý a nehomogenní. Na škole C byla jako jediná testována kvinta, což znemožnilo odlišit vliv školy a ročníku při analýze celého vzorku. Orientační zjištění závislosti výsledků v testu na pohlaví, ročníku a škole jsme tedy provedli pouze na vzorku ze školy A a B. Pro výpočet celkového skóre jsme použili pouze položky, které jsme v rámci validace nevyloučili.

Závislost skóre na pohlaví jsme testovali jednoduchou lineární regresí. Kombinovaný vliv prediktorů byl posuzován vícenásobnou lineární regresí se zpětným výběrem. Statistické testy byly považovány za statisticky významné na zvolené hladině významnosti 5 %.

4 Výsledky

4.1 Konceptuální rámec tematického celku „Tkáně“

Prvním výsledkem naší práce bylo definování konceptuálního rámce, k jehož porozumění by měla výuka směřovat. Celkem deset vymezených klíčových konceptů jsme rozdělili do tří skupin:

A) Jednota mnohobuněčnosti a specializace

1. buňky jsou u pokročilých mnohobuněčných organismů organizovány do tkání, skupin podobných buněk, které společně zajišťují specifickou funkci;
2. tělo je organizováno do různých úrovní komplexity organela–buňka–tkáň–orgán–orgánová soustava, každá úroveň se vyznačuje přítomností (objevením se) charakteristického znaku;

3. orgány jsou tvořeny z více typů spolupracujících tkání;
4. různé části těla jsou specializovány na odlišné funkce;
5. z důvodu specializace jsou jednotlivé části těla na sobě závislé.

B) Jednota struktury a funkce

1. na každé úrovni organizace je struktura úzce spojena s funkcí;
2. struktura určuje funkci, funkce určuje strukturu, proto se jednotlivé tkáně mezi sebou liší;
3. některé tkáně jsou orgánově nespecifické, vyskytují se v různých orgánech těla.

C) Stavba tkání

1. tkáně jsou tvořeny buňkami obklopenými extracelulární matrix;
2. míra prokrvení tkáně ovlivňuje její regenerační schopnosti.

4.2 „Tkáně“ v českých učebnicích

Dalším dosaženým výsledkem naší práce, který přímo souvisí s tvorbou KR, bylo porozumění, že existuje určitá, praxí učebních textů doložená didaktická potřeba představit tkáně jako hierarchický stupeň ve stavbě těla mnohobuněčných organismů, a to v samostatném bloku před detailní organologií/histologií. Takovýto blok učí koncepty hierarchičnosti za využití učiva orgánově nespecifických tkání, které jsou později probírány mnohem podrobněji. Použité konkretizace na příkladech orgánových soustav tak jsou příslovečnou Cimrmanovou *zapomněnkou*. Jsou určené pro okamžitou demonstraci příkladů širšího konceptu, aniž by jejich dílčí znalost byla v dané fázi vzdělávání zásadní.

4.2.1 Klasifikace tkání není cílem celku „Tkáně“

Významnou část všech učebnic tvořila klasifikace tkání. Byla vizuálně zdůrazněna, víceméně představovala osu výkladu a ostatní učivo bylo zpravidla uváděno jako ilustrace a příklady dané klasifikace. Na otázky, zda je cílem tematického bloku „Tkáně“ stanovit klasifikaci pro všechny typy tkání, zda je s touto klasifikací dále nějak pracováno, zda přináší hlubší porozumění problematice a zda má být součástí připravovaných testových položek, je naší odpovědí jasné NE. Dle našeho pohledu vnímáme pozici klasifikace tkání ve výuce jako pedagogicky účelovou, zavedenou pro přehlednost tématu, tvořící osnovu a rámec sdělení, nikoli jádro obsahu. Proto představujeme názor, že není důvod, aby tato klasifikace byla sama o sobě předmětem výuky a ověřování jejích výsledků; její role spočívá ve shrnutí typů tkání, které se vyskytují napříč orgánovými soustavami, které jsou svým způsobem obecné pro stavbu těla živočichů, orgánově nespecifické.

4.2.2 Terminologické bohatství a nekonzistence

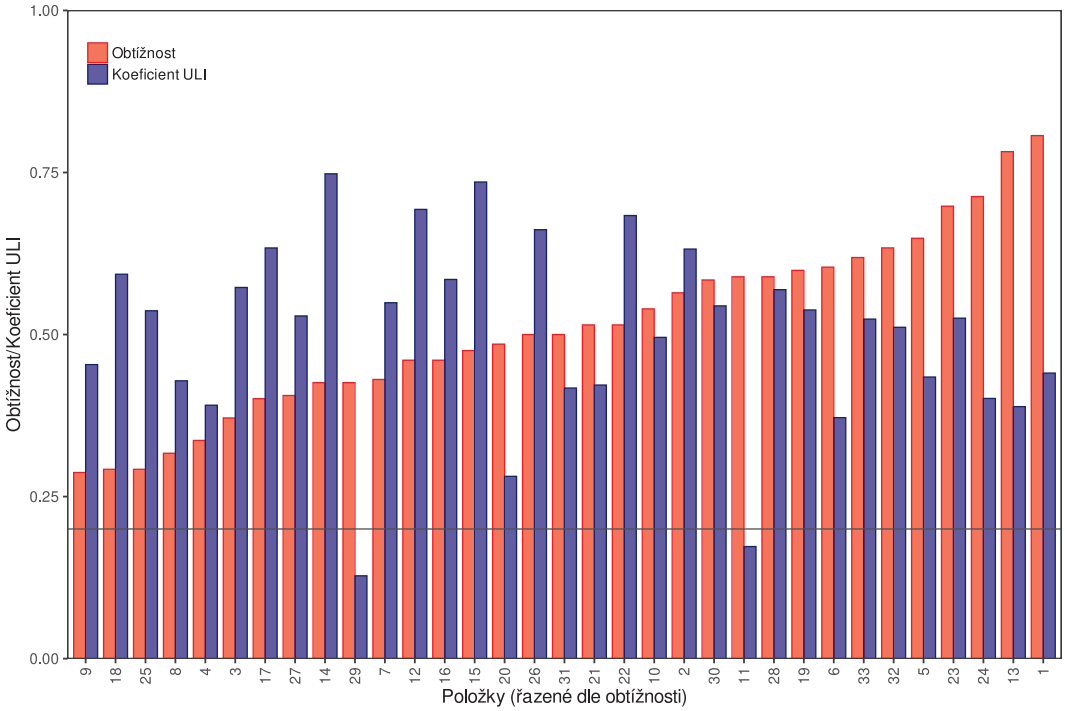
Výsledkem naší práce je také upozornění, že **množství odborných pojmů**, použitých pro celek „Tkáně“, se mezi jednotlivými učebnicemi značně liší. Setkali jsme se s dvěma nedostatky:

a) pojmy jsou leckdy uváděny bez vysvětlení jejich obsahu či bez informační hodnoty, která by vynucovala, či alespoň opravňovala jejich uvedení. Prostě jsou jen zmíněny jako odborné synonymum k českému pojmu, aniž by byly dále v textu použity. Učební texty jakoby měly potřebu zavádět pojmy „dostatečně včas“; například pro vymezení svalových tkání a jejich obecné role v organismu není nutné poskytovat odborný ekvivalent svalové buňky *myocyt*. Jeho zavedení je dostatečné u tématu svalové soustavy (v kontextu *myo* -cyt -globin, -patie, -kard). U gymnaziálních učebnic lze snad časné uvádění odborných synonym vnímat jako systematičnost či důslednost, ale u základoškolských učebnic je vysloveně nepřiměřené – příkladem poslouží učebnice pro 8. třídu základní školy vydavatelství Taktik (Žídková & Knůrová, 2018), která kritizovaným způsobem (a v tématu „Tkáně“) zavádí dokonce pojem *lipocyt*.

b) napříč učebnicemi byl problematický pojem *neurit*, který je užíván obdobně neuměřeně (nervový výběžek/výběžek nervové buňky je plnohodnotnou a dostatečnou terminologií pro několikařádkový popis nervové tkáně). V řadě učebnic dokonce odborně chybně, např. jako synonymum pro axon (viz třeba Jelínek & Zicháček, 2014, s. 277; Kočárek, 2010, s. 195).

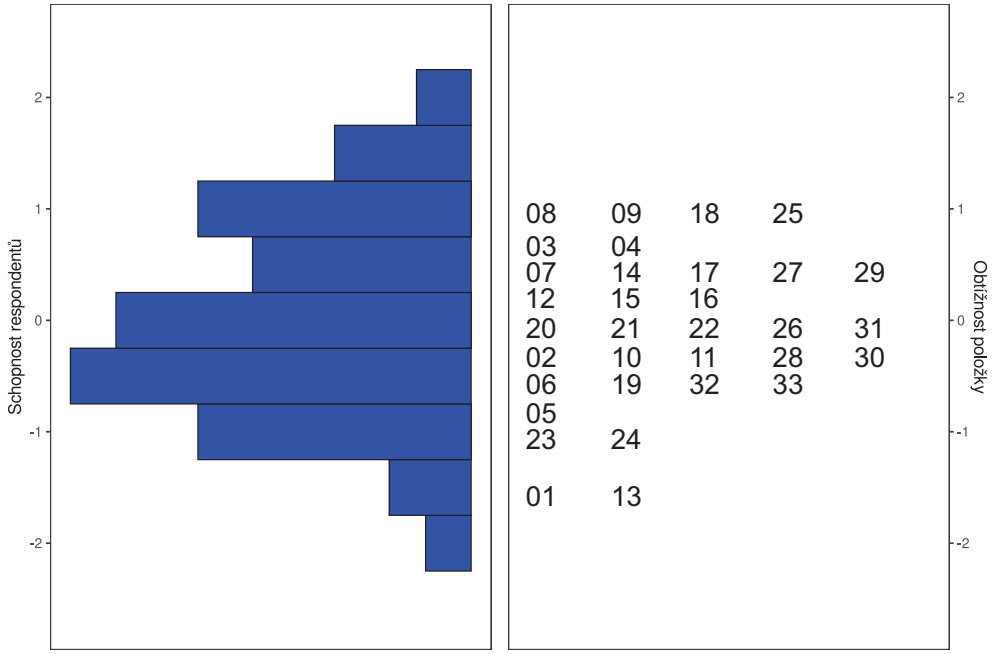
4.3 Testové položky a jejich validace

Testové položky vytvořené v rámci naší práce vedly k vytvoření 33 validovaných položek. Položky jsou uvolněné pod licencí CC BY-SA 3.0 a uvedeny jako příloha B a C tohoto článku, jejich obtížnost shrnuje obr. 1.



Obr. 1: Obtížnost (proporce správných odpovědí) je zobrazena červenými sloupci. Koeficient diskriminace ULI počítaný na třetinách dle celkového skóre je zobrazen modrými sloupci; černá linka představuje obvyklý práh 0,2 pro konvenčně očekávanou minimální diskriminaci ULI

Reliabilita setu je velmi dobrá, Cronbachovo $\alpha = 0{,}88$, CI (0,85–0,9), rozložení obtížnosti položek je patrné z Wright mapy na obr. 2. Mezi nejlehčí položky patří č. 1 a 13, mezi nejobtížnější č. 8, 9, 18 a 25. Binarizovaná validační data uvádí příloha D, podrobné charakteristiky položek uvádí příloha E.

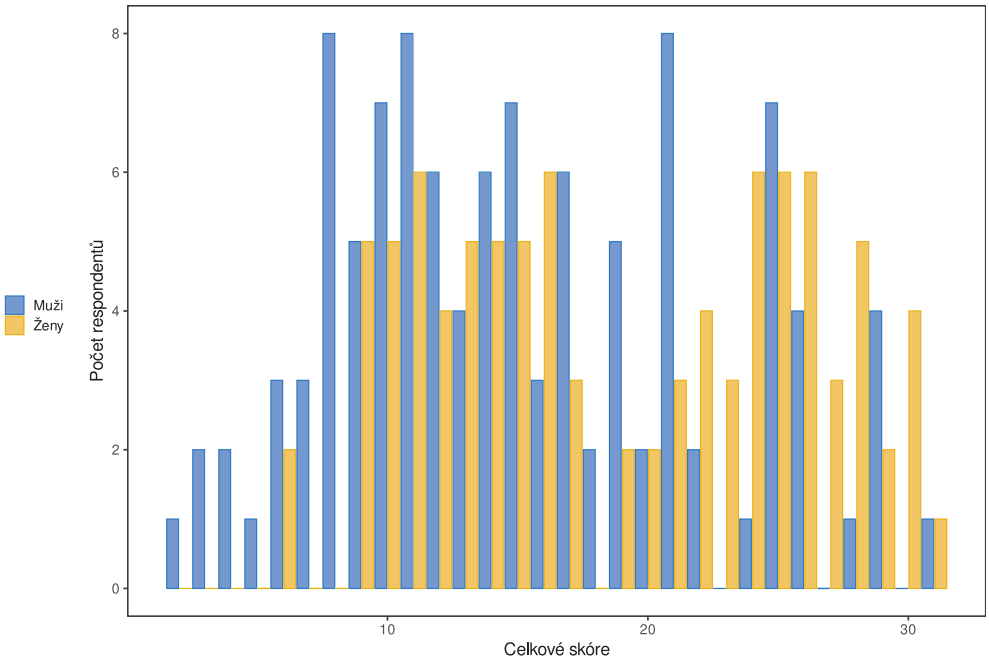


Obr. 2: Levá část zobrazuje rozložení respondentů podle odhadu jejich porozumění definovaným konceptům jednoparametrickým IRT modelem. Pravá část ukazuje rozložení testových položek dle jejich náročnosti. Svislá osa odpovídá měřené míře porozumění konceptuálnímu rámci. Například hodnota 1 na svislé ose odpovídá porozumění o jednu směrodatnou odchylku lepší, než mají průměrní žáci

Muži dosáhli slabších výsledků než ženy (viz tab. 1), ale nepodařilo se nám identifikovat žádnou otázku, která by je reálně znevýhodňovala, rozložení celkových skóre obou skupin ukazuje obr. 3.

Tab. 1: Popisná statistika dosažených skóre podle pohlaví

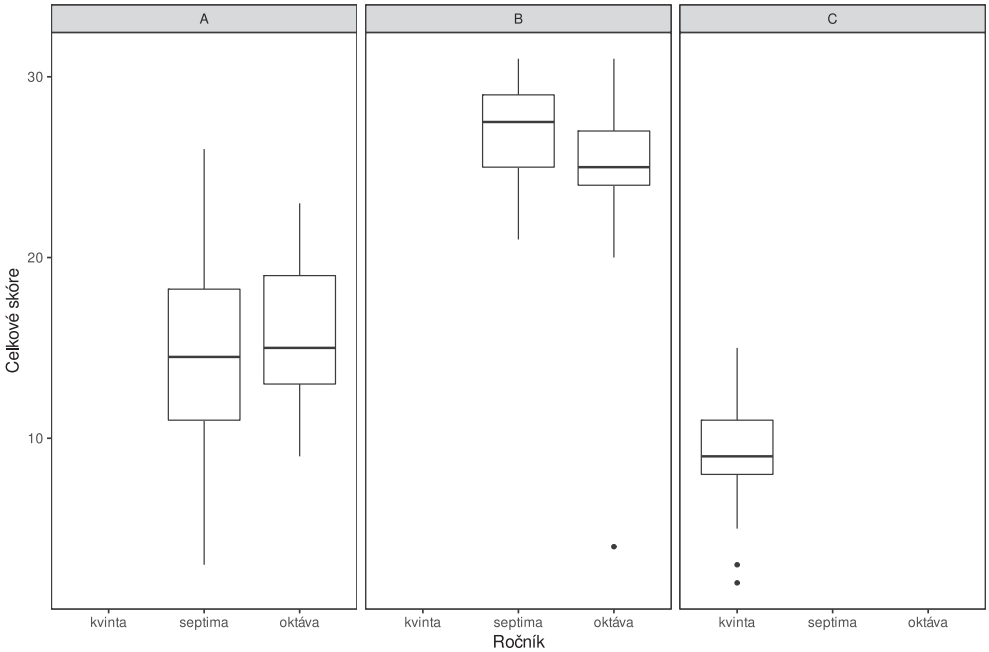
	muži	ženy
minimální skóre	2	6
maximální skóre	31	31
průměr	15,2	18,9
medián	14	19



Obr. 3: Distribuce celkového skóre podle pohlaví. Muži jsou modrou barvou, ženy hnědou

4.4 Závislost znalostního skóre na prediktorech

Závislost znalostního skóre jsme testovali na vzorku ze škol A a B (srovnání viz obr. 4). Vliv pohlaví jsme testovali jako samostatnou závislost, a potvrdili lepší skóre dívek ($p = 0{,}000\,2$, $R^2 = 0{,}06$), rozdíl činí 3,8 bodů skóre.



Obr. 4: Distribuce skóre na jednotlivých školách (A, B, C) a v jednotlivých ročnících

Při použití vícenásobné lineární regrese jsme potvrdili vliv školy ($p < 0{,}000\,1$, $R^2 = 0{,}54$), kde škola B převyšuje školu A o zhruba jedenáct bodů skóre; pohlaví ani ročník (septima/oktáva) neměly v přijatém modelu statistickou významnost.

5 Diskuse

Tematický celek „Tkáně“ je osnován dominantně jako úvodní kapitola k organologii lidského těla, čímž získává silně antropologický kontext. Podle prostudované literatury se jedná o osvědčený přístup, který ale není nezbytně jediný, jak ukazují autoři Kočárek a Kočárek (2000). V podstatě veškeré učivo je vzápětí výrazně prohlubováno v rámci jednotlivých orgánových soustav, což je velmi charakteristický aspekt zvoleného tematického celku. Jako jeden z výsledků naší práce uvádíme porozumění významu předřazení tohoto celku – orientační představení nespecifických tkání, se kterými se žák posléze opakovaně setká v různých soustavách lidského těla, a uvedení do hierarchie organismus–orgánová soustava–orgán–tkáň–buňka. Je podstatné sdělit/připomenout žákům, že sval je složen ze svalových buněk, které konají práci při stahu, nebo že nervové buňky mají četné výběžky. Stejně tak je ale (v dané fázi výuky) nepodstatné diskutovat rozdílný tvar buněk dle typů svaloviny či terminologicky vymezovat výběžky neuronu. Takovýto informační detail nepřispívá k porozumění obecné role daného typu tkáně v lidském těle.

Ve výsledcích uvádíme, že učební texty mají častý sklon sklouzávat k akcentaci klasifikace tkání. Toto naše přesvědčení je založeno pouze na didaktickém vhledu do tématu a není podpořeno kvantitativními daty. Studované texty v nás ale tento dojem vzbuzovaly. Usuzujeme, že klasifikace tkání může být autory a následně i učitelskou obcí přeceňována, přestože na úrovni středoškolského učiva vlastně vůbec nejsou obsažena kritéria, podle nichž je vytvořena. Proto její roli na vyšším gymnáziu nevidíme v *klasifikaci*, ale jako shrnutí orgánově nespecifických typů lidských tkání – nic méně a nic více.

V českých textech naopak postrádáme zdůrazňování jednoty struktury a funkce, souvislost mezi velikostí organizmu a specializací buněk, či rozdílů v ontogenetickém původu tkání – tedy dle námi definovaného KR nosný obsah. V žádné učebnici jsme nenalezli formulovanou hlavní příčinu vyčlenění obecného tématu „Tkáně“ před orgánové soustavy, tedy orientační představení tkání, se kterými se posléze žák opakovaně setká v různých soustavách.

V učebnicích dominantní vazba k výuce antropologie se projevila i v námi navrženém KR, jehož třetí skupina C představuje koncepty spjaté s živočišnými tkáněmi; KR rovněž nepostihuje provázanost na učivo o rostlinných pletivech. Tímto je navržený konceptuální rámec pevně spjat s uspořádáním učiva tradičním v našem kulturním prostoru. Jeho rozšíření o širší kontext by bylo biologicky žádoucí, upřednostnili jsme ale jeho vazbu na současnou školní praxi.

Koncepty z navrženého KR neobsahují žádné konkrétní „učivo“ (rozuměj konkrétní tkáň, kontext pro koncept atp.), rozhodně ale nezastáváme představu, že se mají učit jako samonosné konstrukty. Představují obecný rámec, který je potřebné nikoli žákům sdělit, ale vybudovat z konkrétních znalostí. Které učivo je k tomuto účelu vhodné z pohledu praxe učebních textů, nastiňuje příloha A, a zároveň náš pohled do určité míry reprezentují navržené testové položky. Při jejich vytváření jsme se snažili soustředit právě na porozumění konceptům (což u tématu, které sami označujeme jako výčtově orientované a *a priori* znalostně povrchní, nebylo snadné). Příkladem práce, která zpracovává konkrétnější oblast výuky histologie, je studie Kvello a Gericke (2021); jejím výsledkem je konceptuální rámec pro výuku nervové soustavy. Při přípravě uvedeného KR spolupracovali s experty z oboru, při srovnání našich přístupů bychom mohli považovat námi prezentovaný KR (který je založen pouze na analýze učebnic a osobních znalostí) jako výchozí bod použitelný k obdobné studii. Význam tohoto typu studií v oborových didaktikách je dle našeho názoru zatím nedoceněn. Konceptuální rámce jsou vytvářeny spíše pro témata procedurálního charakteru (evoluce: Beniermann et al. (2021) či práce s fylogenetickými stromy autorů Schramm et al. (2021)), a pro témata více deskriptivní chybí – modelově obsah výuky histologie je tak zvykový, bez mezinárodního konsensu (Martin-Piedra et al., 2022).

Vytvořené testové položky jsou – díky validaci, otevřenému licencování a vazbě na koncepty s reflektovaným učivem obecně užívaným k jejich budování – přínosem jak pro teoretický didaktický výzkum, tak pro školní praxi, srovnej např. D'Avanzo (2008). Ze zapojených škol jsme získali zpětnou vazbu o situacích, kdy vytvořené otázky podnítily zájem žáků a vedly k diskusi o biologické podstatě problému. To považujeme za velmi pozitivní – alespoň některé položky překročily faktografický rámec a vedou k zamyšlení.

Nevnímáme předložené testové položky jako specializovaný nástroj pro měření porozumění konceptuálnímu rámci; nebalancovali jsme jejich obtížnost (ve smyslu odstranění obdobně obtížných položek), ani početní vyrovnanost pro jednotlivé prvky rámce (poskytujeme všechny, které jsme nezamítli). Představujeme je jako vnitřně konzistentní set testových úloh, z nichž by bylo možné takový nástroj vytvořit. V tomto směru bude nutné zejména: i) potvrdit svázání s lidskou anatomií bez zohlednění rostlinných

pletiv, nebo zaujmout více integrující postoj (a tedy vyloučit třetí skupinu konceptů), ii) revalidovat pozměněné distraktory, a iii) ověřit psychometrické vlastnosti výsledného nástroje včetně závislosti na základních demografických proměnných.

Orientační analýza vlivu pohlaví, ročníku a školy dokazuje, že ačkoli data dobře posloužila pro validaci položek, pro validaci případného nástroje a interpretovatelnosti jeho výsledků je nezbytný další výzkum. Slabší výsledky chlapců jsou na střední škole zjišťovány opakovaně jako např. Janštová et al. (2022), ale v setu jsme neprokázali přítomnost položek, které by zvýhodňovaly dívky. Ve vztahu k navrženým položkám se tedy jedná o indiferentní zjištění.

Význam vlivu školy se jeví v našich datech jako extrémní, ale nebylo by oprávněné ze vzorku v podstatě pouze dvou porovnatelných škol vyvozovat jiné závěry, než že tvorba a validace úžeji zaměřených didaktických testů je velmi důležitá pro školní praxi i výzkum, neboť umožňuje sledovat konkrétní tematický celek a právě touto konkrétností umožňuje s výsledky reálně pracovat ve smyslu průběžného monitoringu (Mazur, 1992). Snad i proto, že v dnešní době dominují didaktickému diskursu holistická pojetí, jako jsou „gramotnosti“ – přírodovědnou shrnula Janoušková et al. (2019), považujeme za nezbytné připomenout, že tyto celostní výsledky jsou založeny na jednotlivých (např. biologických) oborech, tematických celcích, konceptech a učivu, jež je užito pro jejich budování. Proto vnímáme jako nezbytné validně sledovat i právě tyto základní stavební prvky výuky středoškolské biologie.

V České republice máme potenciál (kladný i záporný) k rozrůznění přístupů ve výuce biologie, otevřený individuální školní realizací více než obecného rámce RVP. Bylo by nanejvýše užitečné, kdybychom vedle celostních srovnání dílčích přístupů byli schopni studovat tuto různorodost také na detailním výukovém rámci, k čemuž bychom rádi touto prací přispěli.

Pro další studie se nabízí sledovat provázanost učiva o rostlinných pletivech, vzniku mnohobuněčnosti a celku „Tkáně“ v učebnicích (tedy budování celého výstupu „Vysvětlí význam diferenciace a specializace buněk pro mnohobuněčné organismy“ (*Rámcový vzdělávací program pro gymnázia – RVP G*, 2007, s. 31). Jedná se totiž o základní obecně-biologické koncepty, které by mohla těsná vazba k učivu antropologie v hlavách žáků stigmatizovat jako specifické pro člověka. Obdobně zajímavá se nám jeví i navazující tvorba konceptuálních rámců pro konkrétní tkáně respektive celé orgánové soustavy.

Poděkování

Děkujeme zapojeným školám, že nám umožnily sebrat data pro validaci testových položek. Pro navazující práci na „Tkáních“ i zpracování dalších biologických témat uvítáme zájemce o spolupráci z řad středoškolských vyučujících.

Děkujeme také dvěma anonymním recenzentům za připomínky, které významně přispěly ke konzistenci textu.

Výzkum byl finančně podpořen projektem Univerzity Karlovy UNCE/HUM/024 „Centrum didaktického výzkumu v přírodních vědách, matematice a jejich mezioborových souvislostech“.

Literatura

Beniermann, A., Kuschmierz, P., Pinxten, R., Aivelo, T., Bohlin, G., Brennecke, J. S., Cebesoy, U. B., Cvetković, D., Dordević, M., Dvořáková, R. M., Futo, M., Geamana Nicoleta, Korfiatis, K., Lendvai, A., Mogias, A., Paolucci, S., Petersson, M., Pietrzak, B., Porozovs, J., . . . & Graf, D. (2021). *Evolution education questionnaire on acceptance and knowledge (EEQ) – Standardised and ready-to-use protocols to measure acceptance of evolution and knowledge about evolution in an international context.* Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.4554742

Bock, D. (1972). Estimating item parameters and latent ability when responses are scored in two or more nominal categories. *Psychometrika*, *37*(1), 29–51. https://doi.org/10.1007/BF02291411

Campbell, N. A., & Reece, J. B. (2006). *Biologie.* 1. vyd. Computer Press.

Čihák, R. (2001). *Anatomie 1.* Grada.

D'Avanzo, C. (2008). Biology concept inventories: Overview, status, and next steps. *BioScience*, *58*(11), 1079–1085. https://doi.org/10.1641/B581111

Dylevský, I., Druga, R., & Mrázková, O. (2000). *Funkční anatomie člověka.* 1. vyd. Grada.

Elišková, M., & Naňka, O. (2006). *Přehled anatomie.* 1. vyd. Karolinum.

Flynn, K. C. (2013). The cytoskeleton and neurite initiation. *BioArchitecture*, *3*(4), 86–109. https://doi.org/10.4161/bioa.26259

Harlen, W. (Ed.) (2015). *Working with big ideas of science education.* The Science Education Programme (SEP) of IAP.

Hills, J., & Gibson, C. (1992). A conceptual framework for thinking about conceptual frameworks: Bridging the theory – practice gap. *Journal of Educational Administration*, *30*(4). https://doi.org/10.1108/09578239210020453

Chapman, J. A., Lee, L. M. J., & Swailes, N. T. (2020). From scope to screen: The evolution of histology education. In P. M. Rea (Ed.), *Biomedical visualisation: Volume 8* (pp. 75–107). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-47483-6_5

Charvát, M., Viktorová, L., Vobořil, L., Tošenovská, M., & Opletalová, V. (2014). *Tvorba, administrace a analýza testů studijních předpokladů.* 1. vyd. Univerzita Palackého v Olomouci.

Chvál, M., Procházková, I., & Straková, J. (2015). *Hodnocení výsledků vzdělávání didaktickými testy.* Česká školní inspekce.

Janoušková, S., Žák, V., & Rusek, M. (2019). Koncept přírodovědné gramotnosti v České republice: Analýza a porovnání. *Studia paedagogica*, *24*(3), Art. 3. https://doi.org/10.5817/SP2019-3-4

Janštová, V., Tichá, N., & Novotný, P. (2022). Perception of biological disciplines by upper secondary school students. In K. Korfiatis, & M. Grace (Ed.), *Current research in biology education: Selected papers from the ERIDOB community* (s. 219–230). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-89480-1_17

Jelínek, J., & Zicháček, V. (2014). *Biologie pro gymnázia: Teoretická a praktická část.* 11. vyd. Nakladatelství Olomouc.

Kočárek, E. (2010). *Biologie člověka 1.* 1. vyd. Scientia.

Kočárek, E., & Kočárek, E. (2000). *Přírodopis pro 8. ročník základní školy.* Jinan.

Kvello, P., & Gericke, N. (2021). Identifying knowledge important to teach about the nervous system in the context of secondary biology and science education – A Delphi study. *PloS one*, *16*(12), e0260752. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0260752

Leshem, S., & Trafford, V. (2007). Overlooking the conceptual framework. *Innovations in Education and Teaching International*, *44*(1), 93–105. https://doi.org/10.1080/14703290601081407

Lord, F. M., & Novick, M. R. (2008). *Statistical theories of mental test scores.* IAP.

Luft, J. A., Jeong, S., Idsardi, R., & Gardner, G. (2022). Literature reviews, theoretical frameworks, and conceptual frameworks: An introduction for bew Biology education researchers. *CBE – Life Sciences Education*, *21*(3), rm33. https://doi.org/10.1187/cbe.21-05-0134

Martinková, P., & Drabinová, A. (2018). ShinyItemAnalysis for teaching psychometrics and to enforce routine analysis of educational tests. *The R Journal*, *10*(2), 503–515. https://doi.org/10.32614/RJ-2018-074

Martinková, P., Drabinová, A., & Houdek, J. (2017). ShinyItemAnalysis: Analýza přijímacích a jiných znalostních či psychologických testů. *TESTFÓRUM*, *9*, Art. 9. https://doi.org/10.5817/TF2017-9-129

Martin-Piedra, M. A., Saavedra-Casado, S., Santisteban-Espejo, A., Campos, F., Chato-Astrain, J., Garcia-Garcia, O. D., Sanchez-Porras, D., Luna del Castillo, J. de D., Rodriguez, I. A., & Campos, A. (2022). Identification of histological threshold concepts in health sciences curricula: Students' perception. *Anatomical Sciences Education*. https://doi.org/10.1002/ase.2171

Mazur, E. (1992). Qualitative vs. quantitative thinking: Are we teaching the right thing? *Optics & Photonics News*, *3*, 38.

Metsämuuronen, J. (2022). Essentials of visual diagnosis of test items. Logical, illogical, and anomalous patterns in tests items to be detected. *Practical Assessment, Research, and Evaluation*, *27*(1). https://doi.org/10.7275/n0kf-ah40

Michael, J., Martinkova, P., McFarland, J., Wright, A., Cliff, W., Modell, H., & Wenderoth, M. P. (2017). Validating a conceptual framework for the core concept of "cell-cell communication". *Advances in Physiology Education*, *41*(2), 260–265. https://doi.org/10.1152/advan.00100.2016

Michael, J., Modell, H., McFarland, J., & Cliff, W. (2009). The "core principles" of physiology: What should students understand? *Advances in Physiology Education*, *33*(1), 10–16.

Modell, H., Cliff, W., Michael, J., McFarland, J., Wenderoth, M. P., & Wright, A. (2015). A physiologist's view of homeostasis. *Advances in physiology education*, *39*(4), 259–266. https://doi.org/10.1152/advan.00107.2015

Novotný, I., & Hruška, M. (2007). *Biologie člověka: Pro gymnázia.* 4., rozš. a upr. vyd. Fortuna.

Ostrom, E. (2005). Understanding the diversity of structured human interactions. In *Understanding institutional diversity* (pp. 3–31). Princeton University Press. https://doi.org/10.2307/j.ctt7s7wm.5

R Core Team. (2021). *R: A language and environment for statistical computing.* R foundation for statistical computing. https://www.R-project.org/

Rámcový vzdělávací program pro gymnázia—RVP G. (2007). MŠMT. https://www.edu.cz/rvp-ramcove-vzdelavaci-programy/ramcove-vzdelavaci-programy-pro-gymnazia-rvp-g/#1-v-sou%C4%8Dasnosti-platn%C3%A1-rvp–

Schramm, T., Jose, A., & Schmiemann, P. (2021). Modeling and measuring tree-reading skills in undergraduate and graduate students. *CBE – Life Sciences Education*, *20*(3), ar32. https://doi.org/10.1187/cbe.20-06-0131

Schwarz, G. (1978). Estimating the dimension of a model. *The Annals of Statistics*, *6*(2), 461–464. https://doi.org/10.1214/aos/1176344136

Tissues, organs, & organ systems (article) | Khan Academy. (b.r.). [cit. 23. února 2022] https://www.khanacademy.org/science/biology/principles-of-physiology/body-structure-and-homeostasis/a/tissues-organs-organ-systems

Tondl, L. (2005). Sémiotické funkce konceptuálního rámce. *Organon F: Medzinárodný časopis pre analytickú filozofiu*, *12*(3), 278–293.

Veselý, A. (2011). Konceptuální rámec pro analýzu vztahu vzdělávací politiky a vzdělávacích výsledků. *Orbis scholae*, *5*(1), 23–52. https://doi.org/10.14712/23363177.2018.73

Žídková, H., & Knůrová, K. (2018). *Hravý přírodopis 8.* 1. vyd. Taktik International.

Monitorovanie kognitívneho vývinu vo vzdelávacom programe ExpEdícia: Môže kognitívny vývin odrážať vplyv vzdelávacieho prostredia?

Monitoring of cognitive development in teaching programme ExpEdition: Can cognitive development reflect the influence of the learning environment?

Dominika Koperová[1,*], Ľubomír Held[1]

[1] Pedagogická fakulta, Trnavská univerzita v Trnave, Priemyselná 4, 918 43 Trnava, Slovensko; domi.koperova@gmail.com

Inovatívny pohľad na vzdelávanie v oblasti prírodných vied predstavuje vzdelávací program *ExpEdícia – skús, skúmaj, spoznaj*. Ponúka možnosť vyučovať prírodovedné predmety cez systematicky aplikované prvky IBSE, priestor na vzdelávanie učiteľov a prípravu vhodných učebných a metodických materiálov. Cieľom príspevku je priniesť pohľad na monitorovanie kognitívneho vývinu žiakov dlhodobo sa učiacich vo vzdelávacom programe a zároveň ich porovnanie so žiakmi učiacimi sa tradičným spôsobom, dominante výkladom. V triedach bol aplikovaný test *Inventory of Piaget's Developmental Tasks* (IPDT), ktorým sa sledovala dosiahnutá kognitívna úroveň žiaka, a bipolárna výroková škála (BSS), ktorou sa sledovala schopnosť uchopiť abstraktný obsah. Výsledky poukazujú na rozdiel medzi žiakmi ZŠ vo veku 14–15 rokov učiacich sa tradične (12 škôl, 14 tried, 287 žiakov) a učiacich sa ExpEdíciou (2 školy, 4 triedy, 83 žiakov) vo všetkých sledovaných parametroch (IPDT o 10 bodov, miskoncepcie o 2). Vzhľadom na to, že výsledky žiakov zapojených v programe sa javia výrazne lepšie než u tradičných žiakov možno predpokladať, že vzdelávacie prostredie, ktoré sa pre žiakov v rámci programu tvorí, má pozitívny vplyv na dosiahnutie ich výsledkov.

Klíčová slova:
prírodovedné vzdelávanie, kognitívny vývin, vzdelávacie prostredie, IPDT.

Zasláno 1/2022
Revidováno 9/2022
Přijato 11/2022

An innovative view of science education is presented by the teaching programme *ExpEdition – try, explore, discover*. It offers the opportunity to teach science through systematically applied IBSE elements, space for teacher training and the preparation of appropriate teaching and methodological materials. The aim is to provide an insight into the monitoring of the cognitive development of long-term learners in the programme and at the same time to compare them with students learning in the traditional way, mostly by interpretation. *The Inventory of Piaget's Developmental Tasks* (IPDT) test, which monitors the cognitive level attained by the pupil, and the Bipolar Statement Scale (BSS), which monitors the ability to grasp abstract content, were administered in the classroom. The results show a difference between lower secondary school pupils aged 14–15 years learning traditionally (12 schools, 14 classes, 287 pupils) and those learning by *ExpEdition* (2 schools, 4 classes, 83 pupils) in all the parameters studied (IPDT by 10 points, misconceptions by 2 points). Given that the results of the pupils involved in the programme appear to be significantly better than those of traditional pupils, it can be assumed that the learning environment created for the pupils in the project has a positive impact on their achievement.

Key words:
science education, cognitive development, learning environment, IPDT.

Received 1/2022
Revised 9/2022
Accepted 11/2022

1 Úvod

Prírodovedné vzdelávanie a prírodovedná gramotnosť sú v spoločnosti stále rezonujúcim obsahom. Odvolávajúc sa na aktuálny stav slovenských žiakov v oblasti prírodovedného vzdelávania, napr. cez dosiahnuté skóre v medzinárodnom meraní PISA, vidíme, že jeho výsledky sú neuspokojivé (OECD, 2019; PISA, 2019), a reagujú na to dlhodobo viacerí autori odborných publikácií a rozličné masmédiá. Neustále sa kladú dva typy otázok – a to, čo robíme nesprávne, keď je trend výsledkov našich žiakov klesajúci, a čo robiť inak, lepšie, aby sa táto tendencia pozmenila. Cieľom prírodovedného vzdelávania by malo byť nielen osvojenie si faktov, zákonov a princípov, ale pochopenie vedy ako procesu získavania poznatkov skúmaním (Rocard et al., 2007). Štátny vzdelávací program a štandardy pre vzdelávanie na Slovensku upriamujú pozornosť smerom k bádateľsky a činnostne orientovanému spôsobu výučby (ŠPÚ, 2014; ŠPÚ, 2015), čiže žiaci majú byť priamo aktérmi vzdelávania a majú byť vtiahnutí do deja, no nie vždy to tak musí byť. Príkladom vzdelávacieho prístupu, ktorý korešponduje s kurikulárnymi dokumentami a nesie v sebe prvky IBSE vzdelávania (z angl. *Inquiry-based Science Education*) je vzdelávací program *ExpEdícia – skús, skúmaj, spoznaj* (Indícia, 2021). Predstavuje vzdelávanie, ktoré v sebe spája poznatky konštruktivizmu, teórií učenia a významne sa zakladá na výskumnej činnosti žiaka, kde žiak rieši komplexné otázky, úlohy a problémy prepojené s bežným životom (Held et al., 2019). Proces vzdelávania

tak prebieha nie tradičným, štandardným, výkladovým spôsobom ako v bežných školách, ale ako cyklus na seba nadväzujúcich vzdelávacích situácií (Duran & Duran, 2004). Žiak si tak osvojuje poznatky nie izolovane, ale v kontexte otázok, ktorých riešenie prináša nové poznatky či upravuje mylné koncepcie, nakoľko prírodovedné vzdelávanie je viac než memorovanie (Abd-El-Khalick et al., 2004).

2 Teoretické východiská

Vzdelávacie zázemie a situácie, ktoré sú pre žiakov v školách pri učení pripravené, možno označiť ako typ vzdelávacieho prostredia (z angl. *learning environment, class environment*). Vhodné vzdelávacie prostredie napomáha vyučovaniu, zlepšuje študijné výsledky a úspechy žiakov a zároveň znižuje stres, obavy, frustráciu či záťaž na študentov (Samaresh, 2017). Samo o sebe nemá jednotnú definíciu (Grecmanová, 2008), nakoľko každý autor vzdelávacie prostredie charakterizuje z iného uhla pohľadu. Niektoré zdroje prezentujú vzdelávacie prostredie z pohľadu osoby učiteľa ako prienik jeho charakteristík, skúseností, no i obsahu, ktorý prezentuje, zdrojov, ktoré využíva, podporu a usmernenia, ktoré učiacim sa ponúka, a typ hodnotenia, ktoré využíva (Dorman et al., 2006; Fraser, 1999; Lizzio et al., 2002; Grecmanová et al., 2020; Magnusson & Palincsar, 1995). Manninen et al. (2007) definujú vzdelávacie prostredie cez päť rozdielnych hľadísk, ktoré ho tvoria, a Radcliffe (2008) uvažuje o vzdelávacom prostredí ako prieniku pedagogiky, priestoru a prostredia (z angl. *pedagogy-space-technology*), pričom zdôrazňuje súvislosti medzi jednotlivými prvkami vzdelávacieho prostredia. Bates (2016) uvádza, že vzdelávacie prostredie je viac než len materiálne, hmotné prvky a zahŕňa aj charakteristiku vyučujúceho, ciele vzdelávania, aktivity podporujúce učenie či kultúru krajiny. Iní autori sa na vzdelávacie prostredia pozerajú z hľadiska hĺbky osvojeného obsahu, vďaka čomu možno rozlíšiť dva prístupy k vzdelávaniu, a to hĺbkový (z angl. *deep learning approach*) a povrchový (z angl. *surface learning approach*) (Fan & Zhang, 2014; Heikkila et al., 2012; Nelson Laird et al., 2014). Brianzoni a Cardellini (2015) na základe výskumných zistení dopĺňajú, že ak má byť vzdelávacie prostredie zmysluplné, majú byť jeho súčasťou diskusie a debaty, a má sa zameriavať na témy, ktoré sú žiakom známe a spájajú sa im s bežným životom, čím sa podporuje ich záujem o predmet a rozvíja sa prírodovedná gramotnosť. Špecifický typ vzdelávacieho prostredia charakterizuje napr. Ultanir (2012), ktorý opisuje konštruktivistické vzdelávacie prostredie s využitím teórií Deweyho, Piageta a Montessori. Iní autori veľmi podobne opisujú výskumne, bádateľsky orientované prostredie na základe prác Piageta, Vygotského a Ausubela, ktoré vzájomnou kombináciou tvoria základ konštruktivistického prostredia (Minner et al., 2010).

2.1 ExpEdícia ako príklad vzdelávacieho prostredia na výučbu prírodovedných predmetov

Altbach (1991, cit. podľa Maňák & Knecht, 2007) uvádza, že reformy či inovácie vzdelávania nie sú úspešné, pokiaľ sa reformné myšlienky neprenesú do vzdelávacích materiálov, učebníc (Koperová et al., 2020), a možno dodať, že kým „reformou“ neprejdú aj samotní učitelia, a teda neskúsia, že sa dá učiť „inak“ než „štandardným“ spôsobom. Príkladom iného než štandardného prístupu k výučbe prírodovedných predmetov, ktorý spĺňa požiadavky kurikulárnych dokumentov, je vyučovanie prírodovedných predmetov prostredníctvom prístupu zostaveného vo vzdelávacom programe *ExpEdícia – skús, skúmaj, spoznaj* (Indícia, 2021; Kotuľáková, 2020). Obsah, ktorý za cieľ vzdelávania kladie kurikulum (ŠPÚ, 2015), je v ExpEdícii naplnený a rozpracovaný pomocou kľúčových téz prírodovedného vzdelávania (z angl. *Big Ideas of Science Education*), ktoré vychádzajú z Harlenovej publikácií (Harlen, 2010; Harlen, 2015), a ktoré by mali byť podľa očakávania autorov súčasťou každého vzdelávacieho systému. V slovenskom znení sú podrobnejšie spracované v Prírodovednom kurikule pre ZŠ 2020 (Held et al., 2019). Vzdelávací program ExpEdícia si kladie za cieľ pomôcť rozvíjať prírodovednú gramotnosť žiakov na 2. stupni ZŠ a ich spôsobilosti vedeckej práce cez aktívnu činnosť. Koncepcia je zastrešená odborníkmi z oblasti vzdelávania budúcich učiteľov a učiteľov z praxe, kladie dôraz najmä na vzdelávanie a vedenie učiteľov, a je pilotovaná v školských triedach spolu s učiteľmi, ktorí sú otvorení učeniu iným spôsobom, než sme štandardne zvyknutí (Indícia, 2021). Vzdelávanie prebieha prostredníctvom aktivít, ktoré kopírujú 5-stupňový cyklus IBSE (Atkin & Karplus, 1962; Bernard et al., 2015; Bybee & Landes, 1990; Bybee et al., 2006; Duran & Duran, 2004). Žiaci vlastnou činnosťou získavajú informácie, ktoré si zapisujú do pracovnej učebnice (Held et al., 2021a, 2021b; Schubertová & Chrenková, 2022; Schubertová et al., 2021; Schubertová et al., 2022a, 2022b; Lapitková et al., 2020; Lapitková et al., 2021; Lapitková et al., 2022a, 2022b, 2022c), ktorej príprava, pilotáž a vydanie sú súčasťou vzdelávacieho programu. Poznatky si žiaci tvoria vedením záznamov o vykonanej činnosti, formulujú závery a zovšeobecnenia, a nie sú vedení k reprodukovaniu odrážok zo (do) zošita. Prístup k výučbe prírodovedných predmetov zostavený vo vzdelávacom programe *ExpEdícia – skús, skúmaj, spoznaj* je založený na myšlienke, že prírodovedné poznatky vychádzajú z det-

ského, často naivného vnímania, nie sú nemenné a časom sa zdokonaľujú. Zároveň nesie v sebe analógiu k projektu FAST (Kollárik, 1997; Lapitková, 1997) či prístup k vzdelávaniu z pohľadu Johna Deweyho (Abd-El-Khalick et al., 2004). Žiaci sú vedení k práci s informáciami, ktoré sú koordinované tak, aby finálne poznanie bolo čo najkomplexnejšie. Medzipredmetové vzťahy sú koordinované cez spôsoby práce vo vedeckých odvetviach. Vďaka tomu žiaci hlbšie pochopia prírodovedné javy a formujú sa aj ich postoje. Snaha (na)učiť sa niečo nové plynie z vnútornej motivácie jednotlivca či skupiny. Hnacím momentom žiackej aktivity je kognitívny konflikt (Škoda & Doulík, 2011), pretože žiak je postavený do situácie, ktorá je preňho nová alebo už známa, no je nútený na ňu nazerať z iného uhla pohľadu než je zvyknutý. Formuluje predpoklady o vysvetleniach predkladaných javov, na ich základe sám navrhuje experiment alebo cielene rieši problém postupmi, pri ktorých získava údaje, ktoré následne analyzuje, interpretuje a tvorí závery či zovšeobecnenia, ktoré sú aplikovateľné aj v novej, neznámej situácii. Pri formulácii záverov a zovšeobecnení do popredia vystupuje vzájomné, rovesnícke učenie a tímová práca na úrovni menšej skupiny či celej triedy. Predpokladá sa, že aj menej zdatný žiak si zmysluplnejšie osvojí základy náročnejších poznatkov, ktoré nie sú odtrhnuté od kontextu, a ten zdatnejší si vie poznatky osvojiť hlbšie, ak má záujem (Indícia, 2021). Do popredia vstupuje moment osvojenia si poznatkov aktívne, nie transmisívne – opisom, formou výkladu a bez dôrazu na praktickú činnosť a vlastné získavanie poznatkov (Koperová et al., 2020). V období informačného smogu je pre žiaka náročné prijímať ďalšie informácie, ku ktorým má prístup, preto je bezprostredná skúsenosť vhodnejšia, dáva zmysel a okrem toho podporuje prirodzenú hravosť detí. Pri „hraní sa“ si žiak neuvedomuje, že sa učí, a to, čo sa naučí v ňom ostáva dlhšie, rovnako ako radosť z (prírodovedných) predmetov, ktoré predtým vnímal ako náročné. Dochádza k decentralizácii nositeľa poznatkov z učiteľa na učiaceho sa (žiaka) ako významnej súčasti procesu učenia. Učiteľ sa stavia skôr do roly sprievodcu pri skúmaní, vzbudzuje žiacku zvedavosť, podnecuje diskusiu a jeho výklad nahrádza vlastné vysvetľovanie žiakov, ich formulácia pojmov a zákonitostí (Constantinou et al., 2018; Held et al., 2011). Nie úplne korektné odpovede a závery učiteľ správnymi otázkami vedie k požadovanému cieľu a poznatkom, ktoré si má žiak odniesť. Tým dochádza k postupnej výmene, modifikácii či zdokonaľovaniu naivnej, nesprávnej koncepcie, čím sleduje progres predstáv žiakov.

Ak sa sústredíme len na chémiu, ako jeden z vyučovacích predmetov, ktorých výučba je zastrešená prostredníctvom ExpEdície, vidíme, že spĺňa kritériá, ktoré na vzdelávanie kladú kurikulárne dokumenty SR (ŠPÚ, 2014; ŠPÚ, 2015). Vyučovanie chémie sa stretáva s úskaliami, pričom nejde len o nedostatok pomôcok, ale o náročnosť a zároveň význam správneho osvojenia poznatku. Jednotlivé vzdelávacie situácie, ktoré sú pre žiakov na hodiny chémie v ExpEdícii pripravené, preto vychádzajú z princípov didaktickej rekonštrukcie (Jelemenská et al., 2003; Knecht, 2007; Škoda & Doulík, 2011). Pripravené vzdelávacie aktivity a situácie sú produktom dôkladnej analýzy žiackeho vnímania v oblasti chémie, najmä miskoncepcií, štúdia historického kontextu daného pojmu či objavu a následnej štrukturácie vzdelávacieho obsahu do nového, zmysluplnejšieho modulu. Zároveň je pri príprave vzdelávacích materiálov zohľadnená aj analýza historických, starších i aktuálnych učebníc, čím je možné sledovať zmeny v poznatkoch, na ktoré sa žiaci sústreďujú (Koperová & Held, 2021a). Často vyžadovaná náročnosť na vybavenie škôl nie je momentom, ktorý učiteľov odrádza, nakoľko pomôcky, ktoré sú na hodinách využívané sú voľne dostupné a finančne nenáročné. Hodina chémie tak nie je viazaná na chemické laboratórium a nepôsobí ako nedosiahnuteľná veda, ale ako každodenná súčasť bežného života.

2.2 Teória vzniku poznatkov: vplyv vzdelávacieho prostredia na poznatky

Výskumne ladená koncepcia či IBSE úzko súvisí s konštruktivizmom, ktorého základy sú formované z prác Piageta a Vygotského (Bernard et al., 2015; Minner et al., 2010). S ich teóriami sa spája aj vznik poznatkov – a to Piagetova asimilačná teória, Vygotského teória vývoja vedeckých pojmov, no nájdeme aj mnohé iné, pričom teórie stoja na prieniku pojmov didaktiky, psychológie či epistemológie (Rybár, 1997; Ultanir, 2012; Vosniadou, 2014). Najčastejšie sa vznik poznatkov interpretuje cez procesy adaptácie a následnej ekvilibrácie podľa Piageta (Čáp & Mareš, 2001). Jeho teória kognitívneho vývinu poukazuje na schémy asimilácie (alebo akomodácie) poznatkov, ktoré sa s vekom prirodzene zdokonaľujú. Opisuje štyri štádiá vývinu myslenia a poukazuje na to, že osvojenie obsahu, ktorý je žiakovi dostupný v bežnom živote, je menej náročné než osvojenie abstraktného obsahu, ktorý vyžaduje posun žiaka v kognitívnej oblasti. O schopnosti pochopiť (utvárať) abstraktné pojmy teória uvažuje u žiaka až vo veku 11–12 rokov, a to vďaka dosiahnutiu štádia formálnych operácií (Rybár, 1997; Škoda & Doulík, 2010), kde sa vnímanie dospelého líši od vnímania detského (Ultanir, 2012). Naproti Piagetovej teórii stojí teória Vygotského, ktorý okrem prirodzeného vývinu dáva do popredia vplyv prostredia, kultúry, historického kontextu či pomoci dospelého – čo v školských podmienkach predstavuje osoba učiteľa (Čáp & Mareš, 2001). Teória pracuje s domnienkou, že učenie má predbiehať vývoj, a dieťa má pod vedením učiteľa (alebo zdatného rovesníka) dosiahnuť komplexnejšie poznatky typické pre svet dospelých. Obe teórie uvažujú o kognitívnom vývine dieťaťa a jeho pripravenosti na pochopenie abstraktných pojmov, no časté nepochopenie

abstraktných, vedeckých pojmov, ktoré prerastajú až do alternatívnych predstáv a miskoncepcií, možno vnímať aj medzi dospelými (Held, 2014; Orolínová & Kotuľáková, 2014). Do popredia vystupuje fakt, že nie je možné od žiaka (či dospelého) očakávať kognitívne výsledky (napríklad dostatočné vedomosti), ak nemá adekvátnu kapacitu pre vedomosti a dostatok (základných) vedeckých poznatkov, predkladané informácie sa vymykajú kontextu jeho každodenného uvažovania alebo si poznatky neosvojil v kontexte, ktorý je preňho zmysluplný. Tým sa abstraktné či vedecké pojmy stávajú pre jednotlivca na nižšej ako operačnej úrovni nie pojmom, ale len mechanicky naučeným elementom (Held & Pupala, 1995). Na to poukazuje a pomerne široký výskyt miskoncepcií, alternatívnych koncepcií a predstáv nielen u detí, ale aj dospelých (Griffiths & Preston, 1992; Kubiatko, 2017; Nakhleh, 1992; Othman et al., 2008; Škoda & Doulík, 2010; Taslidere, 2016).

3 Výskumný problém

Je predpoklad, že v prostredí tvorenom prostredníctvom ExpEdície založenom na konštruktivistických a výskumne ladených prvkoch sa rozvíja kognitívna úroveň žiakov vo väčšej miere než v štandardných školských podmienkach. Cieľom je zdokumentovať kognitívny posun žiakov zapojených do ExpEdície v porovnaní so žiakmi v štandardných školských podmienkach. Konkrétne sa zameriavame na:

- úroveň kognitívneho vývinu žiakov oboch sledovaných skupín,
- počet miskoncepcií žiakov oboch sledovaných skupín,
- potvrdenie očakávaného negatívneho vzťahu medzi dosahovaným kognitívnym vývinom a počtom pretrvávajúcich miskoncepcií u žiakov.

Pokúsime sa odpovedať na nasledujúce výskumné otázky:

- Aký je vzťah medzi dosiahnutou kognitívnou úrovňou a počtom mylných koncepcií, ktorými žiaci disponujú?
- Aké sú rozdiely v kognitívnej oblasti medzi žiakmi učiacimi sa tradičným prístupom a žiakmi učiacimi sa prostredníctvom vzdelávacieho programu ExpEdícia?
- Do akej miery dokážeme vhodne konštruovaným vzdelávacím programom eliminovať vznik miskoncepcií v abstraktných vzdelávacích obsahoch?

4 Metodológia

4.1 Priebeh výskumu

Výskum je zameraný na overenie efektivity a významu tvorby vzdelávacieho prostredia, ktoré sa tvorí na školách vo vzdelávacom programe ExpEdícia – skús, skúmaj, spoznaj. Je riešením parciálneho problému súvisiaceho s overovaním navrhovaných vzdelávacích materiálov (pracovných učebníc) a s nimi súvisiaceho, tvoreného vzdelávacieho prostredia, cez ktoré sme sledovali mieru významu aplikácie konštruktivistického vzdelávania do praxe. Na získanie dát boli použité dva výskumné nástroje – bipolárna výroková škála (*Bipolar Statement Scale*, ďalej ako BSS) a test Piagetových vývinových úloh (*Inventory of Piaget's Developmental Tasks*, ďalej ako IPDT). Výskumné nástroje boli žiakom zadávané v septembri 2020 a septembri 2021, pričom štandardne sa učiace školy (bez experimentálneho zásahu) vrátili testy vyplnené v októbri 2020 a školy zapojené v programe ExpEdícia v októbri 2021. Návratnosť zadávaných testov bola nad 95 %. Testy vypĺňali žiaci 9. ročníka ZŠ s retenciou 2–4 mesiace vzhľadom na „obsah o atóme". Testy boli administrované počas školského vyučovania v papierovej forme. Žiaci vypĺňaním testu strávili 55–75 minút (BSS 10–15 minút, IPDT 45–60 minút).

4.2 Výskumná vzorka

Testové položky boli zadané žiakom v 14 školách na Slovensku, z čoho na 12 školách sa učí chémia štandardne – dominantne transmisívnym spôsobom (výklad učiteľa, pokusy skôr výnimočne) a 2 školy sú zapojené vo vzdelávacom programe *ExpEdícia – skús, skúmaj, spoznaj* (Indícia, 2021). Žiaci škôl, ktoré nie sú súčasťou programu ExpEdícia (ďalej označovaní ako NEEXP), predstavujú dostupný výber a boli vybraní na základe rozhovorov s učiteľmi a mapovania nimi preferovaného, nie výskumne alebo konštruktivisticky ladeného spôsobu výučby. Žiaci učiaci sa chémiu ExpEdíciou, ktorí sú súčasťou experimentálnej skupiny (ďalej označovaní ako EXP), sa učia prírodovedné predmety dominantne (alebo dokonca výlučne) prostredníctvom vzdelávacieho programu ExpEdícia, čím sa odfiltroval krátkodobý pozitívny vplyv „iného" vzdelávania na žiakov. Výskumu sa zúčastnilo 370 žiakov, z toho 42 dievčat a 41 chlapcov v rámci programu ExpEdícia, a 150 dievčat a 137 chlapcov z bežných škôl, všetci vo veku 14–15 rokov.

4.3 Výskumné nástroje

BSS bol navrhnutý a validizovaný na základe konštruktovej validity (Koperová & Held, 2021b). Skladá sa z 25 výrokov. Vzhľadom na zameranie výskumu na kognitívny vývin a jeho vzťah k uchopeniu abstraktného obsahu boli výroky zamerané na obsah o atóme a jeho štruktúre, ktorý predstavuje náročný obsah a je často sprevádzaný miskoncepciami (Härmälä-Braskén et al., 2020). Výroky sú vybrané z rozsiahlej nepublikovanej rešerše príspevkov o miskoncepciách o atóme a mikroskopickej štruktúre látok a z odpovedí žiakov a študentov v nepublikovanom prieskume o miskoncepciách v oblasti atómu. Výroky žiaci označujú odpoveďou „áno“ alebo „nie“ na základe toho, či výrok pokladajú za správny alebo nesprávny. IPDT vytvoril Hans Furth (1970) a pracovali s ním i Patterson a Milakofsky, ktorí potvrdili jeho validitu a reliabilitu vzhľadom na skupinu, ktorá test absolvovala (Patterson & Milakofsky, 1980). V skupine žiakov 9. ročníka dosahuje podľa spomínaných autorov najvyššiu reliabilitu (0,84), preto je vhodným výskumným nástrojom. Na základe jeho použitia vo viacerých výskumoch (napr. Coleman & Gotch, 1998; McCurren & Ganong, 1984; Shibley et al., 2003; Veselský, 2009; Zhang et al., 2011; Zhang et al., 2021) je pokladaný za dostatočne vhodný na monitorovanie kognitívneho vývinu (Kuchta et al., 2007; Shibley et al., 2003). Ako Milakofsky a Patterson (1979) uvádzajú, test je objektívny, štandardizovaný, rýchly, v papierovej forme a vyžaduje minimálnu schopnosť čítať, preto je možné ho použiť už u žiakov vo veku 8 rokov či v minoritných a znevýhodnených skupinách ľudí. Test IPDT do slovenského jazyka preložil K. Kollárik a v slovenčine bol používaný vo viacerých výskumoch v praxi medzi študentami a žiakmi (napr. Benedikovičová, 2013; Kuchta et al., 2007; Mĺkva, 2013; Priškinová, 2021; Veselský, 2009). Test obsahuje 72 úloh rozdelených do problémových oblastí, tie do subtestov, a každý subtest je zostavený z konkrétnych testových položiek, pričom každý subtest by mal zvládnuť žiak v určitom veku (tab. 1). Jednotlivé úlohy majú obrazový charakter s možnosťou výberu jednej správnej odpovede. Súčasťou každého subtestu je aj príklad riešenia so správnou odpoveďou.

Maximálne možné skóre v prípade IPDT testu je možné dosiahnuť vtedy, ak žiak správne odpovie na každú položku. Maximálne možné skóre v prípade BSS testu je možné dosiahnuť, ak žiak dosahuje maximálny počet miskoncepcií. V teste BBS platí, že čím viac bodov z testu žiak má, tým väčším počtom miskoncepcií disponuje.

4.4 Spracovanie dát

Všetky získané žiacke odpovede boli okódované a vyhodnotené prostredníctvom MS Excel za účelom vyhodnotenia pomocou deskriptívnej štatistiky, t-testu (t-hodnôt a p-hodnôt), korelačných koeficientov (Pearsonov korelačný koeficient) a veľkosti účinku (effect-size). Veľkosť účinku vyhodnocujeme ako stredne veľkú podľa najčastejšie uvádzaných hladín pre rozhodnutie hodnotenia koeficientu ES podľa Cohena (1992, cit. podľa Broďáni, 2005). Úspešnosť IPDT testu možno vyhodnotiť aj cez subtesty, kde v každom substeste mohol žiak získať max. 4 body. Za kritérium zvládnutia subtestu je podľa Pattersona a Milakofského (1980) zvládnutie aspoň 3 otázok zo 4, a teda substest je pokladaný za zvládnutý, ak žiak dosiahol aspoň 75% úspešnosť. My sme kritérium 75 % uplatnili na problémové oblasti, nie subtesty (tab. 1), nakoľko sme pracovali s mladšími žiakmi a vyhodnotenie je prispôsobené ich výkonom v teste.

Tab. 1: Členenie IPDT (Patterson & Milakofsky, 1980)

problémové oblasti testu	subtest		vek, v ktorom žiak zvládne subtest
	názov	číslo	
vzťah	postupnosť	3	7–8
	poradie	10	7–8
	usudzovanie	17	11–12
obrazotvornosť	hladiny	2	9–10
	perspektíva	7	9–10
	pohyb	8	8
	tiene	13	9–10
zachovávanie	množstvo	1	7–8
	hmotnosť	4	7–8
	objem	9	11–12
	veľkosť	15	10
triedenie	matrice	5	7
	znaky	6	7–8
	triedy	14	12–13
	inklúzia	16	11–12
zákony	otáčanie	11	8–9
	uhly odrazu	12	12
	pravdepodobnosť	18	10–11

5 Výsledky

Zistenia výskumu poukazujú na výrazný rozdiel medzi skóre v IPDT teste žiakov učiacich sa ExpEdíciou (ďalej ako EXP žiaci) a žiakov učiacich sa tradične (ďalej ako NEEXP žiaci) (tab. 2). EXP žiaci získali v priemere 58,4 bodov (medián predstavuje 60 bodov), a NEEXP žiaci v priemere 50,5 bodov (medián je 53 bodov). Vidíme tak, že rozdiel v skóre žiakov predstavuje približne 7–8 bodov, čo pri maximálnom možnom skóre 72 bodov predstavuje pomerne veľký rozdiel medzi oboma skupinami ($t = 6{,}64^{***}$, $p < 0{,}001$, $\alpha = 0{,}001$, $ES = 0{,}63$). Rovnako je rozdiel, aj keď menej výrazný, zaznamenaný pri miskoncepciách, a teda pri schopnosti uchopiť abstraktný obsah. EXP žiaci disponujú v priemere 8 miskoncepciami (medián je 8) a NEEXP žiaci 9,8 miskoncepciami (medián je 10) ($t = 3{,}77^{***}$, $p < 0{,}001$, $\alpha = 0{,}001$, $ES = 0{,}52$). Získané dáta sú štatisticky významné.

Tab. 2: Štatistické charakteristiky (EXP = žiaci učiaci sa ExpEdíciou, NEEXP = žiaci učiaci sa štandardne)

	IPDT		**BSS**	
	EXP	NEEXP	EXP	NEEXP
priemerné skóre	58,40	50,50	8,20	9,80
medián	60	53	8	10
smerodajná odchýlka	8,49	12,56	3,74	3,10
variačné rozpätie	39	58	16	17
minimum	32	14	0	2
maximum	71	72	16	19
maximálne možné skóre	72	72	25	25
minimálne možné skóre	0	0	0	0
t-test	6,64***		3,77***	
p-hodnota	< 0,001		< 0,001	
effect-size	0,63		0,52	

Celková úspešnosť riešenia IPDT u EXP žiakov dosahuje 81,11 % a u NEEXP žiakov 70,14 %. Úspešnosť nad 75 % dosiahli NEEXP žiaci v 2 z 5 problémových oblastí, pričom EXP žiaci zvládli vyriešiť nad 75 % všetky problémové oblasti. NEEXP žiaci mali najvyššiu úspešnosť v oblasti obrazotvornosti (78,13 %, kde dosiahli EXP žiaci 75,38 %) a najnižšiu v oblasti zákonov (57,17 %, kde dosiahli EXP žiaci 75,76 %). EXP žiaci získali najvyššiu úspešnosť v problémovej oblasti zameranej na vzťahy (87,33 %, kde dosiahli NEEXP žiaci 75,73 %), a najnižšiu v problémovej oblasti zameranej na zákony (75,76 %). EXP žiaci dosahovali lepšie výsledky než NEEXP žiaci vo všetkých subtestoch (tab. 3.), pričom spomedzi

Tab. 3: Vyhodnotenie IPDT testu podľa problémových oblastí na základe získaného skóre a relatívnej úspešnosti (EXP = žiaci učiaci sa ExpEdíciou, NEEXP = žiaci učiaci sa štandardne)

problémová oblasť testu	**subtest**	**EXP**		**NEEXP**	
		získané skóre	úspešnosť v teste	získané skóre	úspešnosť v teste
vzťah		10,48	87,33 %	9,10	75,83 %
	postupnosť	3,77		3,33	
	poradie	3,51		3,12	
	usudzovanie	3,20		2,65	
obrazotvornosť		13,66	85,38 %	12,50	78,13 %
	hladiny	3,89		3,68	
	perspektíva	3,52		3,22	
	pohyb	3,30		2,96	
	tiene	2,95		2,64	
zachovávanie		12,43	77,69 %	10,79	67,44 %
	množstvo	3,48		3,12	
	hmotnosť	3,42		3,32	
	objem	2,30		1,88	
	veľkosť	3,23		2,47	
triedenie		12,81	80,06 %	11,17	69,81 %
	matrice	3,67		3,41	
	znaky	3,65		3,31	
	triedy	2,41		1,84	
	inklúzia	3,08		2,61	
zákony		9,08	75,67 %	6,86	57,17 %
	otáčanie	2,75		2,23	
	uhly odrazu	2,93		2,47	
	pravdepodobnosť	3,40		2,16	

jednotlivých substestov sme najväčší rozdiel zaznamenali v prípade pravdepodobnosti, kde sa skóre líšilo o 1,24 bodu (EXP žiaci získali z oblasti v priemere 3,4 bodu, NEEXP len 2,16). V 5 subtestoch z 18 (konkrétne: otáčanie, triedy, veľkosť, usudzovanie, pravdepodobnosť) získali EXP žiaci o minimálne 0,5 bodu na oblasť viac, než NEEXP žiaci. Naopak najmenší zaznamenaný rozdiel je v subteste zaoberajúcom sa hmotnosťou, kde sa skupiny žiakov líšia len o 0,1 bodu.

Pri skúmaní miskoncepcií prostredníctvom BBS obsahujúcej 25 výrokov, kde bolo 5 výrokov správnych a 20 nesprávnych, sme zaznamenali aj mylné označenie správnych výrokov ako nesprávnych. V 20 prípadoch sme zaznamenali u EXP žiakov menej miskoncepcií než u NEEXP žiakov. Rozdiel v priemernej úspešnosti väčší než 15 % sme zaznamenali v prípade 9 výrokov z 25, pričom v prípade dvoch z deviatich výrokov mali NEEXP žiaci lepšie skóre než EXP žiaci, a rozdiel menší než 5 % sme zaznamenali v 7 prípadoch (*„Atóm je veľmi malý, ale môžeme ho vidieť bežným mikroskopom.“* 16 % žiakov EXP, 46 % žiakov NEEXP; *„Atómy nemôžeme vidieť, môžeme len veriť, že existujú.“* 53 % žiakov EXP, 29 % žiakov NEEXP; „*Kvapaliny majú kvapalné atómy.*“ 16 % žiakov EXP, 40 % žiakov NEEXP; „*Atómy sú farebné.*“ 29 % žiakov EXP, 46 % žiakov NEEXP; „*Všetky atómy majú rovnakú hmotnosť.*“ 18 % žiakov EXP, 37 % žiakov NEEXP; *„Elektróny je možné z atómu odtrhnúť.“* 45 % žiakov EXP, 26 % žiakov NEEXP; *„Atóm je elektroneutrálny.“* 19 % žiakov EXP, 46 % žiakov NEEXP; *„Atómy môžu rásť a deliť sa.“* 43 % žiakov EXP, 63 % žiakov NEEXP; *„Atómy sú zložené z buniek.“* 13 % žiakov EXP, 30 % žiakov NEEXP).

Ak porovnáme extrémne skupiny výrokov, a teda výroky najčastejšie označované ako miskoncepcie a výroky najmenej často označované ako miskoncepcie, nájdeme vo väčšej miere zhodné druhy výrokov. V prípade najčastejších miskoncepcií sledujeme výroky „*Atómové jadro kontroluje aktivity atómu.*“ (61 % žiakov EXP, 67 % žiakov NEEXP), „*Atómy sú guľaté, pevné a tvrdé.*“ (60 % žiakov EXP, 64 % žiakov NEEXP) a „*Atómová hmotnosť je súčet protónového a elektrónového čísla.*“ (65 % žiakov EXP, 55 % žiakov NEEXP), ktoré sa objavujú v oboch skupinách. Pri relatívnych vyjadreniach vidíme, že v skupine EXP žiakov sú miskoncepcie v percentuálnom pomere menej zastúpené. Ak sa pozrieme na najmenej časté miskoncepcie, vidíme, že opätovne sa opakujú tri výroky „*Atóm môžeme vidieť voľným okom.*“ (2 % žiakov EXP, 6 % žiakov NEEXP), „*Atómy sú ploché.*“ (36 % žiakov EXP, 14 % žiakov NEEXP) a „*Atómy sú zložené z buniek.*“ (13 % žiakov EXP, 30 % žiakov NEEXP). V prípade „extrémnych výrokov“ vidíme rozdiely v relatívnom zastúpení výrokov medzi žiakmi, pričom EXP žiaci majú miskoncepcie zastúpené v menšom pomere než NEEXP žiaci.

Pri potvrdzovaní vzťahu medzi dosiahnutým stupňom kognitívneho vývinu a počtom miskoncepcií sa potvrdzuje vzťah s negatívnou závislosťou, a teda čím menším počtom miskoncepcií žiak disponuje, tým vyššie skóre dosahuje v IPDT teste. V prípade počtu miskoncepcií a skóre v teste IPDT existuje užší vzťah u EXP žiakov (−0,491) než u NEEXP žiakov (−0,374), aj napriek tomu, že podľa Cohena oba koeficienty možno interpretovať ako strednú závislosť.

6 Diskusia

Efektivita podnetného či iného než tradičného vzdelávacieho prístupu či prostredia je predmetom viacerých výskumov. Samaresh (2017) uvádza pozitívny vplyv konštruktivistického modelu 7-E, ktorý je analogický 5-E cyklu IBSE vzdelávania (Pedaste et al., 2015), na žiakov v porovnaní so žiakmi učiacimi sa tradičným spôsobom. Minner et al. (2010) v ich práci poukazujú na pozitívny vplyv výskumne laděného prístupu a Nelson Laird et al. (2014) opisujú pozitívny vplyv hĺbkového prístupu k vzdelávaniu (z angl. *deep approach to learning*) na dosiahnutie výsledkov. Výskumy teda poukazujú na rozmanité vzťahy, často medzi výsledkami žiakov a vybraným prvkom, rovnako ako aj nami získané dáta. Porovnanie variačného rozpätia skóre IPDT testu EXP žiakov a NEEXP žiakov poukazuje na posun EXP žiakov v kognitívnej oblasti, rovnako ako aj porovnanie veľkosti variačného rozpätia zastúpených mylných koncepcií medzi EXP a NEEXP žiakmi. Tento posun možno interpretovať ako posun žiakov s lepším výkonom (maximálnym výkonom v IPDT), ktorí majú minimum alebo žiadne mylné koncepcie o atóme, a zároveň posun slabších žiakov je možné sledovať cez posun v IPDT teste, čo podporuje zistenia o vplyve vzdelávacieho prístupu a prostredia na poznatky a vedomosti (Lizzio et al., 2002; Ryplová & Reháková, 2011; Samaresh, 2017). Zároveň to korešponduje s presvedčením, že žiaci by sa nemali len učiť pojmy, ale mali by svoje vedomosti a poznatky budovať (Brianzoni & Cardellini, 2015). Poznatky vo všeobecnosti sú konštruované na základe významu, ktoré človek pripisuje významu prírody a prostredia, a teda tvorí poznanie vo vzťahoch, v sociálnom prostredí (Minner et al., 2010), k čomu sú žiaci vo vzdelávacom programe ExpEdícia vedení. Z toho plynie interpretácia vybraných myšlienok do praxe a potrebná zmena prístupu k vzdelávaniu – posun od vnímania poznatkov ako produktu k poznávaniu ako procesu. V školách pretrváva snaha žiakom ukázať poznatky, ktoré majú svoje korene v tradičnom poznávaní, pomocou najnovších modelov, avšak tie často prekonávajú žiacke možnosti tým, ako sú komplikované a snažia sa obsiahnuť všetky poznatky v čo najviac zjednodušenej miere, no žiak sa nemôže len namemorovať niečo, čo je mu

vzdialené (Held & Pupala, 1995). Poznatky a vedomosti by mal získavať „riadeným prežívaním“ (Ultanir, 2012). Na školské úspechy študenta rovnako vplýva i presvedčenie učiteľa o význame tvorby vhodného vzdelávacieho prostredia (Bandura, 1993), a teda učiteľ, ktorý je otvorený učiť žiakov induktívne, vidí ovocie svojej práce aj vo výsledkoch svojich žiakov. Do popredia tak čiastočne vystupujú momenty Vygotského práce, kedy vhodná pomoc dospelého (vhodné učebné prostredie a vedenie učiteľa) urýchľuje psychický vývin dieťaťa, a teda vo vhodnom vzdelávacom prostredí dieťa dosahuje lepšie výsledky, než by dosiahlo bez pomoci dospelého, resp. v neštruktúrovanom, inertnom prostredí. Podporujú to aj Puntambekar a Hübscher (2005), ktorí hovoria o dosahovaní zóny proximálneho vývinu ako o prostriedku „konceptuálneho“ rastu žiaka. Narli (2011) uvádza, že žiaci v konštruktivistickom prostredí vykazujú lepšie zachovanie poznatkov aj po zadaní retenčného testu v porovnaní so žiakmi v tradičnom prostredí, čo podporuje zachovanie poznatkov počas dlhšieho obdobia. To podporuje aj zistenia nášho výskumu, nakoľko boli testy zadané s retenciou.

Okrem iného možno poukázať na náročnosť vybraných subtestov či myšlienkových operácií, ktoré jednotlivé testové položky vyžadujú. V oboch skupinách žiakov boli problematické zhodné oblasti (tiene, objem, triedy, otáčanie, uhly odrazu), no v prípade NEEXP žiakov pridávajú aj niektoré ďalšie (usudzovanie, pohyb, veľkosť, inklúzia a pravdepodobnosť). Žiakom teda robia ťažkosti zhodné otázky, no vhodným usmernením a vedením výučby (vplyvom prostredia) je možné ťažkosti eliminovať až odstrániť. Subtesty svojím zameraním kopírujú dosahované spôsobilostí vedeckej práce (Orolínová & Kotuľáková, 2014), ktoré sú obsiahnuté vo vzdelávacích materiáloch a pracovných učebniach, a s ktorými prichádzajú žiaci na hodinách do kontaktu. Pri sledovaní dát pre jednotlivé subtesty v IPDT teste je viditeľný rozdiel medzi skupinami EXP a NEEXP žiakov, kedy boli EXP žiaci úspešnejší. Z toho možno predpokladať vyššiu dosiahnutú kognitívnu úroveň u žiakov zapojených v programe ExpEdícia v porovnaní s „tradičnými“ žiakmi. U žiakov zároveň do popredia vystupuje aj vnútorná motivácia, čo možno prezentovať ako vhodné predpoklady k úspešnému štúdiu prírodných vied (Veselský, 2009).

Miskoncepcie žiakov učiacich sa v rámci programu ExpEdícia sú odlišne zastúpené v porovnaní s miskoncepciami NEEXP žiakov aj napriek tomu, že niektoré miskoncepcie EXP žiakov prevažujú nad miskoncepciami štandardne sa učiacich žiakov. Miskoncepcie EXP žiakov vieme zdôvodniť edukačným materiálom, s ktorým pracovali (Held et al., 2021a; Koperová & Held, 2021a). Niektorým pojmom sa totiž žiaci nevenovali dokonale a pri niektorých pojmoch žiaci predpokladali ich existenciu (napr. elektrónové číslo), čo dodatočnou úpravou vzdelávacích materiálov a pokynov pre učiteľa vieme eliminovať. Avšak v rámci učebnice chémie z edície ExpEdícia pre 8. ročník (Held et al., 2021a; Koperová & Held, 2021a) sa stretli s protónovým a neutrónovým číslom, a analogicky formulovali záver, zovšeobecnenie a predpokladali existenciu elektrónového čísla. Je možné, že výskumom hodnotenia učebníc niektorými z dostupných metód (Vojíř & Rusek, 2019) by sa dalo predísť takýmto momentom pri aplikácii alternatívnych učebníc do praxe. No aj napriek tomu do popredia vystupuje žiacke logické a tvorivé myslenie, tvorba vlastných pojmov, podobne ako v projekte FAST (Marušincová, 1997). Možno teda predpokladať aj významný rozvoj tvorivosti prostredníctvom učebných situácií v ExpEdícii. Pozoruhodný je rozdiel v extrémnych skupinách miskoncepcií, ktoré sme sledovali. V prípadne najčastejšie aj najmenej často zastúpených výrokov sledujeme takmer totožné výroky v oboch skupinách, no s rozdielnym percentuálnym zastúpením. Vidíme, že u EXP žiakov sú miskoncepcie zastúpené v menšej miere. Vzhľadom na rovnaké zastúpenie miskoncepcií možno poukázať na náročnosť abstraktného obsahu, rovnako ako na náročnosť vybraných položiek v IPDT, a teda, že všetci žiaci majú ťažkosti s rovnakými konceptami, avšak žiaci učiaci sa induktívne ich zvládajú o niečo lepšie. Tieto „extrémne miskoncepcie“ možno zároveň označiť ako miskoncepcie „vývinové“, nakoľko ich mali obe vzorky spoločné a ani zmenou spôsobu vzdelávania sa ich nepodarilo odstrániť. Možno preto predpokladať, že kým psychika žiaka nedozreje, nie je možné miskoncepcie správne korigovať, čo podporuje Piagetovu teóriu (Čáp & Mareš, 2001; Rybár, 1997; Škoda & Doulík, 2010). Aj napriek tomu, že ExpEdícia predstavuje programovo zásadný vplyv na spôsob vzdelávania, ktorý vychádza z didaktickej rekonštrukcie (Jelemenská et al., 2003), a vzdelávacie situácie sú nastavené tak, aby sa miskoncepcie neobjavili, aj napriek tomu sa objavujú. Niektoré mylné koncepty síce bolo možné eliminovať vplyvom prostredia (Vygotského teória), resp. tradičné prostredie prináša so sebou niektoré mylné koncepty, no je náročné odstrániť ich aj cielene pripravenou vzdelávacou situáciou. Zovšeobecnením ostáva, že niektoré miskoncepcie nie sú úplne odstrániteľné a súvisia s vývinom (Gokdere & Calik, 2010; Othman et al., 2008), preto je náročné zhodnotiť, či je „pravda“ na strane Piageta alebo Vygotského, nakoľko obe teórie možno aplikovať na interpretáciu našich dát (Abraham et al., 1992). Najčastejšou prekážkou k bádateľsky, výskumne orientovanému vzdelávaniu je jeho odlišnosť od (našej) skúsenosti a tradičnej kultúry triedy, a je mimo skúseností učiteľov a žiakov (Donnelly et al., 2014; Heinz et al., 2016). Bez zmeny v kultúrnom zakotvení vzdelávania jednotlivca (žiaka, avšak i učiteľa) je náročné zmeny vo vzdelávaní implementovať. Významný krok k vzdelávaniu žiakov preto tkvie v príprave učiteľov – v tvorbe vzdelávacieho prostredia, ktoré podnecuje vývoj a zároveň doplnenie vedomostí z oblasti teórií učenia a rozvoja študentov (Nelson Laird et al., 2014), o čo sa ExpEdícia usiluje.

7 Obmedzenia

Limitáciou výskumu je veľkosť experimentálnej vzorky žiakov, ktorí sa vzdelávajú prostredníctvom programu ExpEdícia, čo súvisí s počtom zapojených škôl a zároveň boli vybraní žiaci, ktorí sa učia v programe chémiu dlhodobo. Zároveň nepomer veľkostí vzoriek žiakov zapojených do výskumu je ovplyvnený pandémiou COVID-19 a upravených podmienok v školách vzhľadom na online vzdelávanie. Ďalším limitujúcim momentom našich meraní sa môže javiť nemožnosť zmerať posun „najlepších“ žiakov v IPDT teste, nakoľko nevieme porovnať nimi dosiahnuté skóre so skóre v preteste, nakoľko nebol realizovaný pred začatím iného spôsobu výučby a pravdepodobne zadané výskumné nástroje u niektorých dosahujú tzv. stropný efekt. Možno predpokladať, že žiacke postoje k predmetu sú ovplyvnené typom vzdelávacieho prostredia, no ani posun postojov zároveň nie je možné zmerať pri skupine EXP žiakov, nakoľko sa týmto spôsobom učia dlhodobo. Zároveň nemáme zdokumentované skúsenosti v oblasti zručností, ktoré si žiaci v ExpEdícii osvojujú, a rovnako ani postoje, preto nemožno sledovať posun žiaka vo všetkých oblastiach a vyhodnotiť zmeny v prírodovednej gramotnosti ako celku. Limitáciou je aj sledovanie dvoch vybraných ukazovateľov, pomocou ktorých vyhodnocujeme efektivitu vzdelávania prostredníctvom vzdelávacieho programu ExpEdícia. Vhodným doplnením by bolo skúmanie prístupu jednotlivých učiteľov, ktorí učili žiakov kontrolnej skupiny, a na základe tohto šetrenia doplniť interpretáciu získaných údajov.

8 Záver

Prezentovaný výskum prináša pohľad na kognitívnu úroveň žiakov a jej súvis so vzdelávacím prostredím. Zameriava sa na sledovanie vplyvu výskumne ladeného vzdelávacieho prostredia (vy)tvoreného v rámci vzdelávacieho programu *ExpEdícia – skús, skúmaj, spoznaj* na kognitívny vývin žiakov. Vplyv vzdelávacieho prostredia sa sleduje cez dosiahnutú úroveň kognitívneho vývinu (pomocou IPDT testu) a schopnosť uchopiť korektne aj obsah tradične považovaný za abstraktný (pomocou bipolárnej výrokovej škály s mylnými konceptami). Výsledky výskumu poukazujú na skutočnosť, že pri vzdelávaní spĺňajúcom induktívne parametre (kam možno zaradiť program *ExpEdícia – skús, skúmaj, spoznaj*) sa tvorí stimulujúce vzdelávacie prostredie, v ktorom sa (aj slabší) žiaci kognitívne posúvajú dopredu v porovnaní s tradične, štandardne sa učiacimi žiakmi. Skutočnosť potvrdzuje zistenie, že žiaci zapojení v programe ExpEdícia dosahujú v sledovaných oblastiach lepšie výsledky, a na existenciu vzťahov medzi dosiahnutým kognitívnym vývinom a počtom miskoncepcií žiakov, a zároveň v skupine žiakov učiacich sa v rámci ExpEdície je vzťah užší než v prípade žiakov učiacich sa tradičným spôsobom. Rovnako výsledky poukazujú na to, že v induktívne, výskumne ladenom vzdelávacom prostredí (prístup Vygotského) sa posúvajú slabší žiaci, čo vidíme v rozdieloch skóre IPDT testu medzi tradične sa učiacimi žiakmi a žiakmi zapojenými v programe, avšak zároveň sa posúvajú aj lepší žiaci, čo vidíme v rozdieloch v minimálnom počte miskoncepcií, ktorými disponujú. Zistenia poukazujú na skutočnosť, že obsah o atóme je pre žiakov oboch skupín porovnateľne náročný, čo dokazujú extrémne skupiny miskoncepcií. Tie možno označiť ako vývinové, čím sa do popredia dostáva zasa prístup Piageta. Možno teda konštatovať, že typ vzdelávacieho prostredia sa odráža v kognitívnej vyspelosti žiakov a v ich schopnosti uchopiť náročný, abstraktný obsah a rozvíja formálne myslenie žiakov. Nami získané dáta o vplyve vzdelávacieho prostredia na dosahovanie kognitívneho vývinu a poznatkov zároveň otvárajú dvere ďalšiemu smerovaniu výskumu, a to zapojeniu marginalizovaných a sociálne slabších skupín do výskumu.

Poďakovanie

Príspevok vychádza z projektu APVV (APVV-14-0070) a v súčasnosti je podporený projektom VEGA (VEGA-1/0661/21).

Literatúra

Abd-El-Khalick, F., Boujaoude, S., Duschl, R., Lederman, N. G., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., Niaz, M., Treagust, D., & Tuan, H. (2004). Inquiry in science education: International perspectives. *Science Education*, *88*(3), 397–419. https://doi.org/10.1002/sce.10118

Abraham, M. R., Grzybowski, E. B., Renner, J. W., & Marek, E. A. (1992). Understanding and misunderstanding of eighth graders of five chemistry concepts found in textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, *29*(2), 105–120. https://doi.org/10.1002/tea.3660290203

Altbach, P. G. (1991). Introduction. In P. G. Altbach (Eds.), *Textbooks in American Society* (pp. 1–6). State University of New York Press.

Atkin, J. M., & Karplus, R. (1962). Discovery or invention? *The Science Teacher*, *29*(5), 45–51. https://www.jstor.org/stable/24146536

Bandura, A. (1993). Perceived self-efficacy in cognitive development and functioning. *Educational Psychologist*, *28*(2), 117–148. https://doi.org/10.1207/s15326985ep2802_3

Bates, A. W. (2016). What is a learning environment?. In W. A. Bates (Ed.), *Teaching in a digital age*. Pressbooks. https://opentextbc.ca/teachinginadigitalage/chapter/5-2-what-is-a-learning-environment/

Benedikovičová, Z. (2013). *Konštruktivistický prístup k vyučovaniu o chemickej väzbe v podmienkach základného vzdelávania*. [Dizertačná práca, Trnavská univerzita v Trnave].

Bernard, P., Maciejowska, I., Krzeczkowska, M., & Odrowąż, E. (2015). Influence of in-service teacher training on their opinions about IBSE. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, *177*, 88–99. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.02.343

Brianzoni, V., & Cardellini, L. (2015). Science education in Italy: Critical and desirable aspect of learning environments. *Journal of Baltic Science Education*, *14*(5), 1648–3898. https://doi.org/10.33225/jbse/15.14.685

Broďáni, J. (2005). Effect size – veľkosť účinku ako prostriedok posúdenia významnosti rozdielov priemerov skupín. In K. Félix, P. Gles, & J. Kasa, *Adaptácia v tréningovom procese: Elektronický zborník z medzinárodnej vedeckej konferencie*. STU Bratislava.

Bybee, R. W., & Landes, N. M. (1990). Science for life and living: An elementary school science program for Biological Sciences Curriculum Study. *The American Biology Teacher*, *52*(2), 92–98. https://doi.org/10.2307/4449042

Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., van Scooter, P., Powell, J. C., & Landes, N. (2006). *The BSCS 5e instructional model: Origins, effectiveness, and applications*. BSCS. https://media.bscs.org/bscsmw/5es/bscs_5e_executive_summary.pdf

Cohen, J. (1992). Statistical power analysis. *Current Directions in Psychological Science*, *1*(3), 98–101. https://doi.org/10.1111/1467-8721.ep10768783

Coleman, S. L., & Gotch, A. J. (1998). Spatial perception skills of chemistry students. *Journal of Chemical Education*, *75*(2), 206–209. https://doi.org/10.1021/ed075p206

Constantinou, C. P., Tsivitanidou, O. E., & Rybska, E. (2018). What is inquiry-based science teaching and learning? In O. Tsivitanidou, P. Gray, E. Rybska, L. Louca, & C. Constantinou (Eds.), *Professional development for inquiry-based science teaching and learning. Contributions from science education research* (vol. 5, pp. 1–23). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-91406-0_1

Čáp, J., & Mareš, J. (2001). *Psychologie po učitele*. Portál.

Donnelly, D. F., McGarr, O., & O'Reilly, J. (2014). 'Just be quiet and listen to exactly what he's saying': Conceptualising power relations in inquiry-oriented classrooms. *International Journal of Science Education*, *36*(12), 2029–2054. https://doi.org/10.1080/09500693.2014.889867

Dorman, J. P., Aldridge, J. M., & Fraser, B. J. (2006). Using students' assessment of classroom environment to develop a typology of secondary school classrooms. *International Education Journal*, *7*(7), 906–915.

Duran, L. B., & Duran, E. (2004). The 5E Instructional model: A learning cycle approach for inquiry-based science teaching. *The Science Education Review*, *3*(2), 49–58.

Fan, J., & Zhang, L. (2014). The role of learning environments in thinking styles. *Educational Psychology*, *34*(2), 252–268. https://doi.org/10.1080/01443410.2013.817538

Fraser, B. J. (1999). Using learning environment assessment to improve classroom and school climates. In H. J. Freiberg (Ed.), *School climate: Measuring, improving and sustaining healthy learning environments* (pp. 65–83). RoutledgeFalmer.

Furth, H. (1970). *An inventory of Piaget's developmental tasks*. Center for Research in Thinking and Language.

Gokdere, M., & Calik, M. (2010). A cross-age study of Turkish students' mental models: An atom concept. *Didactica Slovenica – Pedagoška obzorja*, *2*, 185–199.

Grecmanová, H. (2008). *Klima školy*. Hanex.

Grecmanová, H., Urbanovská, E., Gonda, D., & Cabanová, V. (2020). Teachers didactic competencies when teaching natural science subject as s learning environment factor. *European Journal of Education Studies*, *6*(12), 190–206. https://doi.org/10.5281/zenodo.3678834

Griffiths, A. K., & Preston, K. R. (1992). Grade-12 students' misconceptions relating to fundamental characteristics of atoms and molecules. *Journal of Research in Science Teaching*, *29*(6), 611–628. https://doi.org/10.1002/tea.3660290609

Harlen, W. (2010). *Principles and big ideas of science education.* Ashford Colour Press Ltd.

Harlen, W. (2015). *Working with big ideas of science education.* Science Education Programme (SEP) of IAP.

Härmälä-Braskén, A., Hemmi, K., & Kurtén, B. (2020). Misconceptions in chemistry among Finnish prospective primary school teachers – a long-term study. *International Journal of Science Education*, *42*(9), 1447–1464. https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1765046

Heikkila, A., Lonka, K., Nieminen, J., & Niemvirta, M. (2012). Relations between teacher students' approaches to learning, cognitive and attributional strategies, well-being, and study success. *Higher Education*, *64*, 455–471. https://doi.org/10.1007/s10734-012-9504-9

Heinz, J., Enghag, M., Stuchlikova, I., Cakmakci, G., Peleg, R., & Baram-Tsabari, A. (2016). Impact of initiatives to implement science inquiry: A comparative study of the Turkish, Israeli, Swedish and Czech science education systems. *Cultural Studies of Science Education*, *12*, 677–708. https://doi.org/10.1007/s11422-015-9704-6

Held, Ľ. (2014). *Induktívno-deduktívna dimenzia prírodovedného vzdelávania.* Typi Universitatis Tyrnaviensis.

Held, Ľ., & Pupala, B. (1995). *Psychogenéza žiakovho poznávania vo vyučovaní.* PedF UK.

Held, Ľ., Bronerská, J., Čipková, E., Demkanin, P., Drozdíková, A., Fančovičová, J., Horváth, P., Hlavatá Hudáčková, N., Kotuľáková, K., Kováčová, L., Lapitková, V., Michalisková, R., Nagyová, S., Orolínová, M., Prokša, M., Ušáková, K., & Velmovská, K. (2019). *Koncepcia prírodovedného kurikula pre základnú školu 2020.* Veda.

Held, Ľ., Bronerská, J., Koperová, D., & Kotuľáková, K. (2021a). *ExpEdícia skús, skúmaj, spoznaj – Chémia pre 8. ročník ZŠ a pre terciu osemročných gymnázií. Pilotná verzia.* Indícia.

Held, Ľ., Bronerská, J., Kotuľáková, K., Kováčová, L., & Orolínová, M. (2021b). *ExpEdícia skús, skúmaj, spoznaj – Chémia pre 7. ročník ZŠ a pre sekundu osemročných gymnázií.* Indícia.

Held, Ľ., Žoldošová, K., Orolínová, M., Juricová, I., & Kotuľáková, K. (2011). *Výskumne ladená koncepcia prírodovedného vzdelávania (IBSE v slovenskom kontexte).* Trnavská univerzita v Trnave.

Indícia. (2021). *Expedícia – skús, skúmaj, spoznaj.* https://www.indicia.sk/aktualne-skolenia/expedicia?start=6

Jelemenská, P., Sander, E., & Kattmann, U. (2003). Model didaktickej rekonštrukcie. Impulz pre výskum v odborových didaktikách. *Pedagogika*, *53*(2), 190–201.

Knecht, P. (2007). Didaktická transformace aneb od „didaktického zjednodušení" k „didaktické rekonstrukci". *Orbis scholae*, *2*(1), 67–81.

Kollárik, K. (1997). Projekt FAST a kognitívny vývin žiakov 8-ročných gymnázií. In V. Lapitková (Ed.), *Zborník z konferencie FAST – DISCO* (s. 95–100). R&D Print.

Koperová, D., & Held, Ľ. (2021a). Didaktická rekonštrucia témy atóm a jeho štruktúra. In V. Machková (Ed.), *16. Medzinárodní seminář doktorandů didaktiky chemie a příbuzných doktorských programů* (s. 21–27). Univerzita Hradec Králové.

Koperová, D., & Held, Ľ. (2021b). K validizácii výrokovej škály pri skúmaní miskoncepcií v oblasti poznatkov o stavbe atómu. In V. Švandová, J. Literák, & B. Pelánková (Eds.), *Sborník konference didaktiky přírodních věd DidSci + 2021* (s. 49–59). MUNI PRESS. https://doi.org/10.5817/CZ.MUNI.P210-9876-2021-6

Koperová, D., Held, Ľ., & Kotuľáková, K. (2020). Analysis of the atom and its structure in chemistry textbooks. In M. Rusek, M. Tóthová, & K. Vojíř (Eds.), *Project-based education and other activating strategies in science education, XVII.* (pp. 79–87). Charles University, Faculty of Education.

Kotuľáková, K. (2020). Výučba chémie ako ExpEdícia. *Biológia, ekológia, chémia*, *24*(4), 21–21.

Kubiatko, M. (2017). *Miskoncepcie: definície, diagnostika, eliminácia.* Verbum.

Kuchta, D., Held, Ľ., & Veselský, M. (2007). Zisťovanie úrovne formálneho myslenia vybraných študentov vysokých škôl pomocou IPDT testov. In M. Kuhnová, & J. Miklovičová (Eds.), *Inovačné trendy v prírodovednom vzdelávaní* (s. 65–67). Trnavská univerzita.

Lapitková, V. (1997). Projekt FAST na Slovensku. In V. Lapitková (Ed.), *Zborník z konferencie FAST – DISCO* (s. 30–39). R&D Print.

Lapitková, V., Tóthová, R., & Demkanin, P. (2020). *ExpEdícia skús, skúmaj, spoznaj – Fyzika 1 pre 6. ročník ZŠ a primu osemročných gymnázií.* Indícia.

Lapitková, V., Tóthová, R., & Útla, J. (2021). *ExpEdícia skús, skúmaj, spoznaj – Fyzika 1 pre 7. ročník ZŠ a sekundu osemročných gymnázií.* Indícia.

Lapitková, V., Tóthová, R., Demkanin, P., Kolesár, J., & Malkin Ondík, I. (2022a). *ExpEdícia skús, skúmaj, spoznaj – Fyzika 2 pre 6. ročník ZŠ a primu osemročných gymnázií.* Indícia.

Lapitková, V., Tóthová, R., Útla, J., Held, Ľ., & Rošková, E. (2022b). *ExpEdícia skús, skúmaj, spoznaj – Fyzika 2 pre 7. ročník ZŠ a sekundu osemročných gymnázií.* Indícia.

Lapitková, V., Tóthová, R., Útla, J., Horváth, P., Nociarová, M., & Šromeková, K. (2022c). *Fyzika 1 pre 8. ročník ZŠ a pre terciu osemročných gymnázií.* Indícia.

Lizzio, A., Wilson, K., & Simons, R. (2002). University students' perceptions of the learning environment and academic outcomes: Implications for theory and practice. *Studies in Higher Education*, *27*(1), 27–52. https://doi.org/10.1080/03075070120099359

Magnusson, S. J., & Palincsar, A. S. (1995). The learning environment as a site of science education reform. *Theory into practice*, *34*(1), 43–50. https://doi.org/10.1080/00405849509543656

Maňák, J., & Knecht, P. (2007). *Hodnocení učebnic.* PAIDO.

Manninen, J., Burman, A., Koivunen, A., Kuittinen, E., Luukannel, S., Passi, S., & Särkkä, H. (2007). *Environments supporting learning: Introduction to learning-environment-thinking.* Finnish National Board of Education.

Marušincová, E. (1997). Projekt FAST a vývin tvorivých schopností žiakov. In V. Lapitková (Ed.), *Zborník z konferencie FAST – DISCO* (s. 87–94). R&D Print.

McCurren, C. A., & Ganong, L. H. (1984). Assessing cognitive functioning of the elderly with the inventory of Piaget's developmental tasks'. *Journal of Advanced Nursing*, *9*(5), 449–456.

Milakofsky, L., & Patterson, H. O. (1979). Chemical education and Piaget: A new paper-pencil inventory to assess cognitive functionig. *Journal of Chemical Education*, *56*(2), 87–90.

Minner, D. D., Levy, A. J., & Century, J. (2010). Inquiry-based instruction – what is it and does it matter? Results from research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science teaching*, *47*(4), 474–496. https://doi.org/10.1002/tea.20347

Míkva, M. (2013). *Didaktická rekonštrukcia pojmov z organickej chémie.* [Dizertačná práca, Trnavská univerzita v Trnave].

Nakhleh, M. B. (1992). Why some students don't learn chemistry. Chemical misconceptions. *Journal of Chemical Education*, *69*(3), 191–196. https://doi.org/10.1021/ed069p191

Narli, S. (2011). Is constructivist learning environment really effective on learning and long-term knowledge retention in mathematics? *Educational Research and Reviews*, *6*(1), 36–49.

Nelson Laird, T. F., Seifert, T. A., Pacarella, E. T., Mayhew, M. J., & Blaich, Ch. F. (2014). Deeply affecting first-year student's thinking: deep approaches to learning and three dimensions od cognitive development. *The Journal od Higher Education*, *85*(3), 402–432. https://doi.org/10.1080/00221546.2014.11777333

OECD. (2019). *Country note Slovak republic. Programme For International Student Assessment (PISA) Results from PISA 2018.* https://www.oecd.org/pisa/publications/PISA2018_CN_SVK.pdf

Orolínová, M., & Kotuľáková, K. (2014). *Rozvoj spôsobilostí vedeckej práce v podmienkach kontinuálneho vzdelávania učiteľov.* Typi Universitatis Tyrnaviensis.

Othman, J., Treagust, D. F., & Chandrasegaran, A. L. (2008). An investigation into the relationship between students' conceptions of the particulate nature of matter and their understanding of chemical bonding. *International Journal of Science Education*, *30*(11), 1531–1550. https://doi.org/10.1080/09500690701459897

Patterson, H. O., & Milakofsky, L. (1980). A paper-and-pencil inventory for the assessment of Piaget's tasks. *Applied psychological measurement*, *4*(3), 341–353. https://doi.org/10.1177%2F014662168000400306

Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., de Jong, T., van Riesen, S. A. N., Kamp, E. T., Manoli, C. C., Zacharia, Z. C., & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, *14*, 47–61. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003

PISA. (2019). *Národná správa PISA 2018.* https://www2.nucem.sk/dl/4636/Narodna_sprava_PISA_2018.pdf

Priškinová, N. (2021). *Výskumne ladená koncepcia prírodovedného vzdelávania a hodnotenie žiakov.* [Dizertačná práca, Trnavská univerzita v Trnave].

Puntambekar, S., & Hübscher, R. (2005). Tools for scaffolding students in a complex learning environment: What have we gained and what have we missed? *Educational Psychologist*, *40*(1), 1–12. https://doi.org/10.1207/s15326985ep4001_1

Radcliffe, D. (2008). A pedagogy-space-technology (PST) framework for designing and evaluating learning places. In D. Radcliffe, W. Wilson, D. Powell, & B. Tibbetts (Eds.), *Learning spaces in higher education: Positive outcomes by design* (pp. 11–16). The University of Queensland.

Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henrikson, H., & Hemmo, V. (2007). *Science education now: A renewed pedagogy for the future of Europa.* Brussel, European Commisison (22 p.). https://www.eesc.europa.eu/sites/default/files/resources/docs/rapportrocardfinal.pdf

Rybár, J. (1997). *Úvod do epistemológie Jeana Piageta.* Iris.

Ryplová, R., & Reháková, J. (2011). Přínos badatelsky orientovaného vyučování (BOV) pro enviromentální výchovu: Případová studie implementace BOV do výuky na ZŠ. *Envigogika*, *6*(3), 1–10.

Samaresh, A. (2017). Effectiveness of constructivist approach on academic achievement in science at secondary level. *Educational Research and Reviews*, *12*(22), 1074–1079. https://doi.org/10.5897/ERR2017.3298

Shibley, I. A., Milakofsky, L., Bender, D. S., & Patterson, H. O. (2003). College chemistry and Piaget: An analysis of gender difference, cognitive abilities, and achievement measures seventeen years apart. *Journal of Chemical Education*, *80*(5), 569–573.

Schubertová, R., & Chrenková, M. (2022). *ExpEdícia skús, skúmaj, spoznaj – Biológia pre 6. ročník, pracovná učebnica 1.* Indícia.

Schubertová, R., Chrenková, M., & Slivková, E. (2022a). *ExpEdícia skús, skúmaj, spoznaj – Biológia pre 6. ročník, pracovná učebnica 2.* Indícia.

Schubertová, R., Chrenková, M., Škodová, M., Tomčíková, I., & Gregorová, B. (2022b). *ExpEdícia skús, skúmaj, spoznaj – Biológia a geografia 2 pre 5. ročník ZŠ.* Indícia.

Schubertová, R., Škodová, M., Chrenková, M., & Balážovič, Ľ. (2021). *ExpEdícia skús, skúmaj, spoznaj – Biológia a geografia 1 pre 5. ročník ZŠ.* Indícia.

Škoda, J., & Doulík, P. (2010). *Prekoncepce a miskoncepce v oborových didaktikách.* Acta Universitatis Purkynianae.

Škoda, J., & Doulík, P. (2011). *Psychodidaktika. Metody efektivniěko a smysluplnečho učení a vyučování.* Grada.

ŠPÚ. (2014). *Inovovaný štátny vzdelávací program pre predmet chémia.* https://www.statpedu.sk/files/articles/dokumenty/inovovany-statny-vzdelavaci-program/chemia_nsv_2014.pdf

ŠPÚ. (2015). *Inovovaný štátny vzdelávací program. Oblasť Človek a príroda.* http://www.statpedu.sk/sk/svp/inovovany-statny-vzdelavaci-program/inovovany-svp-2.stupen-zs/clovek-priroda/

Taslidere, E. (2016). Development and use of a three-tier diagnostic test do assess high school students' misconceptions about the photoelectric effect. *Research in Science & Technological Education*, *34*(2), 164–186. https://doi.org/10.1080/02635143.2015.1124409

Ultanir, E. (2012). An epistemological glance at the constructivist approach: Constructivist learning in Dewey, Piaget, and Montessori. *International Journal of Instruction*, *5*(2), 195–212. https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED533786.pdf

Veselský, M. (2009). Úroveň myšlení studentů vysokých škol a jeho měření pomocí IPDT. *Pedagogika*, *59*(1), 71–79.

Vojíř, K., & Rusek, M. (2019). Science education textbook research trends: a systematic literature review. *International Journal of Science Education*, *41*(11), 1496–1516. https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1613584

Vosniadou, S. (2014). Examining cognitive development from conceptual change point of view: The Framework theory approach. *European Journal of Developmental Psychology*, *11*(6), 645–661. https://doi.org/10.1080/17405629.2014.921153

Zhang, L. J., Bao, Q., Chen, L., & Liang, Y. (2021). Dynamic adaptation of the inventory of Piaget's developmental tasks (IPDT) and the application for children with low socioeconomic status. *Acta Psychologica Sinica*, *53*(9), 960–975. https://doi.org/10.3724/SP.J.1041.2021.00960

Zhang, L. J., Chen, L., & Fang, F. X. (2011). The adaptation of dynamic test using the inventory of Piaget's developmental task (IPDT): An initial validation and application. *Acta Psychologica Sinica*, *43*(9), 1075–1086.

Experimenty ve výuce fyziky: Kde se čeští učitelé inspirují?

Experiments in physics education: Where do Czech teachers get inspired?

Jana Marounová[1,*], Petr Kácovský[1]

[1] Matematicko-fyzikální fakulta, Univerzita Karlova, V Holešovičkách 2, 180 00 Praha 8; jana.marounova@mff.cuni.cz

Hlavním cílem této studie, která je součástí rozsáhlého výzkumu role experimentu ve výuce fyziky, je zmapovat zdroje inspirace pro experimentální aktivity, které do svých hodin zařazují čeští středoškolští učitelé. K tomuto účelu byl použit online dotazník rozeslaný v listopadu roku 2020 učitelům fyziky na středních školách a v odpovídajících ročnících gymnázií; své odpovědi poskytlo 309 z přibližně dvou tisíc oslovených respondentů. Vyhodnocením vybraných dvou otázek dotazníku bylo zjištěno, že nejvýznamnějším zdrojem inspirace ve většině věkových skupin je internet, výjimku tvoří pouze nejstarší učitelé s více jak třicetiletou praxí, kteří preferují tištěné sbírky a učebnice. Mezi fyzikáři-muži je oproti fyzikářkám-ženám téměř dvojnásobný podíl těch, kteří deklarují, že si některé experimenty do výuky vymýšlejí sami. Velké rozdíly při volbě inspirace k experimentům můžeme vidět v závislosti na typu školy, na které respondenti působí. Gymnaziální učitelé v porovnání s učiteli z odborných středních škol ke své inspiraci výrazně více využívají tištěné zdroje a své kolegy. Mezi konkrétně zmiňovanými internetovými zdroji dominují především videa na YouTube, ale i elektronická sbírka pokusů http://fyzikalnipokusy.cz a stránky výrobce měřicích čidel http://vernier.cz. Často zmiňované jsou akce pro učitele zastřešené projekty Elixír do škol a Heuréka.

Klíčová slova:
fyzikální experiment, zdroj inspirace, střední škola, učitel, výuka fyziky.

Zasláno 3/2022
Revidováno 6/2022
Přijato 8/2022

The main aim of this study, which is part of a large research concerning the role of experiment in physics teaching and learning, is to map the sources of inspiration for experimental activities used by Czech upper secondary school physics teachers in their lessons. To achieve this goal, an online questionnaire has been sent in November 2020 to physics teachers at both general and specialized upper secondary schools. 309 of the nearly two thousand recipients have provided their answers. After evaluating two selected questions from the questionnaire, it was discovered that the most significant source of inspiration for teachers in most age groups is the Internet, with the only exception being the eldest teachers with more than thirty-year work experience who prefer printed collections and textbooks. Among male physics teachers there is almost twice the percentage of those who claim to use some experiments of their own design compared to female physics teachers. Large differences when choosing the source of inspiration can be found based on the type of school at which the teacher works. Teachers from general schools use as inspiration printed sources and their own colleagues significantly more than their counterparts from specialized schools.

Key words:
physics experiment, sources of inspiration, upper secondary school, physics teaching and learning.

Received 3/2022
Revised 6/2022
Accepted 8/2022

1 Úvod

Konstruktivistické pojetí, které dominuje dnešnímu přístupu k výuce, postavilo do centra vzdělávacího procesu žáka a učiteli vymezilo roli průvodce, mediátora žákovských aktivit. Tato změna paradigmatu klade na současné učitele nemalé nároky nejen v oblasti vedení výuky jako takové, ale také při jejím promýšlení a koncipování. Zatímco čistě transmisivní přístup k předávání poznatků učiteli v zásadě umožňoval sledovat, v nejextrémnějším případě, i jediný zdroj informací, například učebnici, potřeba aktivizovat studenty nutně vede k hledání pestřejších a členitějších cest, jak toho dosáhnout.

Učitel proto při přípravě své výuky přirozeně vyhledává, posuzuje a následně kompiluje různé zdroje nápadů a inspirace. Informační věk, ve kterém žijeme, nabízí takových zdrojů nepřeberné množství, přičemž jejich produkce, zdá se, v posledním desetiletí stále akceleruje. Vycházejí nové učebnice a články didaktiků, probíhají workshopy, konference a vzdělávací projekty, v rámci závěrečných prací studentů učitelství či volně na webu a na sociálních sítích se publikují desítky nových námětů, tipů, videí a metodik. Tato inflace inspirace s sebou nese i evidentní negativa – významně kolísá kvalita vznikajících materiálů, skutečně inovativní náměty se obtížně hledají v záplavě dokola „recyklovaných“ aktivit. Ačkoliv paleta námětů se v čase velmi rychle mění, neměli bychom rezignovat na snahu výzkumně zachytit, jaké trendy jsou aktuálně v komunitě učitelů významné.

V této studii se omezíme pouze na středoškolské učitele fyziky a budeme se zabývat otázkou, kterými kanály se k nim nejčastěji dostává inspirace pro experimenty. Termíny „experimenty“ a „experimentální aktivity“ používáme v textu jako záměnné.

2 Teoretický rámec

2.1 Experimentální aktivity ve výuce přírodních věd

„A budeme dneska zase dělat experiment?“ Podobné uvítání od žáků mnozí učitelé ze svých hodin dobře znají, a to prakticky bez ohledu na věk jejich svěřenců. Experimenty jsou ve výuce přírodních věd vnímány žáky poměrně nekriticky jako atraktivní a oblíbená část hodin (např. Cerini et al., 2003; Owen et al., 2008; Sharpe & Abrahams, 2020). Tento široce konsenzuální závěr četných studií nijak nesnižuje ani fakt, že někteří autoři upozorňují, že důvody této obliby stojí často mimo experimentování samotné (Gardner & Gauld, 1990) a spíše souvisejí s volnějším režimem ve třídě, změnou činnosti a možností žáků větší interakce mezi sebou (Bennett, 2003]).

Ačkoliv lze v literatuře nalézt i jemnější dělení (viz např. Etkina et al., 2002), v zásadě lze většinu experimentálních aktivit zařadit do dvou skupin – první skupinou jsou demonstrační experimenty, při kterých je pozornost typicky centrována na učitele, druhou pak praktická a laboratorní práce, kterou provádějí samotní žáci. Ačkoliv společným rysem demonstračních experimentů a praktické práce je využití experimentu coby kritéria pravdy při poznávání přírody a odhalování jejích zákonitostí, z hlediska učitele jde o dvě značně odlišné „disciplíny“.

Příprava demonstračního experimentu kromě technických otázek spojených s jeho samotným provedením sestává obvykle zejména z rozvahy nad tím, jak experiment do výuky zasadit, jakými otázkami jej doprovázet a jakým způsobem do něj žáky zapojit. Výzkumy posledních desetiletí (např. Miller et al., 2013; Milner-Bolotin et al., 2007; Zimrot & Ashkenazi, 2007) ve shodě poukazují na to, že má-li demonstrace měřitelně přispívat k rozvoji konceptuálního porozumění, měli by žáci po představení experimentu dostat čas na samostatné zformulování předpovědi, jaký bude jeho průběh a výsledek, a pak mezi sebou své předpovědi krátce prodiskutovat. Výukový přínos tradičního demonstračního experimentu, při kterém nejsou žáci výše uvedeným způsobem aktivizováni, je, měřeno prostřednictvím konceptuálního porozumění, považován za sporný (Crouch et al., 2004; Miller, 2013).

Praktická práce, kterou zde chápeme jako „jakákoli přírodovědná výuková nebo učební činnost, při které studenti, pracující samostatně nebo v malých skupinkách, pozorují anebo manipulují s předměty nebo materiály, které studují“ (Millar, 2010, s. 109), staví před učitele odlišné výzvy. Oproti demonstracím, které může zkušený učitel podle reakcí publika v reálném čase opakovat, krokovat či upravovat jejich počáteční podmínky, je při zadávání praktické práce zásadní předvídat nezamýšlené situace, do kterých se mohou žáci dostat, a předcházet tak jejich zmatení. Je klíčové, aby žáci od počátku věděli, co je cílem jejich práce, a aby náročnost experimentálního úkolu představovala dostatečnou, ale zvládnutelnou intelektuální výzvu (Bennett, 2003). Dále se ukazuje, že v konceptuální oblasti profitují žáci z praktické práce tehdy, pokud byly základy příslušných konceptů teoreticky vybudovány již před experimentováním samotným. Někteří autoři proto učitele explicitně vyzývají, aby nespoléhali na to, že vysvětlení experimentálních jevů se během praktické práce zázračně „vynoří“ v mysli žáků konzistentně odůvodněné a věcně správné (Abrahams & Millar, 2008; Millar, 2010). Zásadní roli má samozřejmě způsob zadání praktické práce, ať již jde o zvolenou míru otevřenosti bádání (Banchi & Bell, 2008) nebo strukturu materiálů, které žáky experimentální činností provádí. V této souvislosti studie opakovaně prokázaly neefektivitu tzv. „kuchařek“ (*cookbooks*, *recipes*), tedy materiálů, které vedou žáky prostřednictvím detailně popsaných kroků spíše technického charakteru. Millar (2010) explicitně uvádí, že takové materiály vedou k aktivitám, které sice mohu být *hands-on*, ale zřídkakdy jsou také *minds-on*. Žáci pak obvykle umí popsat to, co během praktické práce dělali a viděli, ale nejsou s to vysvětlit, co se naučili (Sharpe & Abrahams, 2020).

V tuzemském kontextu se ne vždy odděluje demonstrační experiment od praktické práce, mnozí autoři jednoduše hovoří o experimentu či experimentování. Jak uvádí Žák (2008), časté experimentování je odborníky dáváno do souvislosti s kvalitní výukou (fyziky), ačkoliv vzhledem k rozmanitosti jeho podob lze stěží jednoduše tvrdit, že přímo vede ke kvalitnější výuce (Žák & Martínková, 2018). Pravdou ale je, že i učitelé z praxe zmiňují „provádění experimentů, jejich rozbor a vysvětlení“ jako významný ukazatel kvality výuky ve fyzice (Žák, 2008) i chemii (Rozkydalová, 2017).

Pokud jde o četnost jednotlivých typů experimentálních aktivit, Marounová a Kácovský (2022) ukázali, že demonstrační experimenty jsou v hodinách fyziky významně častější než praktická práce žáků; vzhledem k nižší časové i materiální náročnosti demonstrací jde o nepřekvapující zjištění. Lze tedy předpokládat, že pokud se v této studii zabýváme zdroji inspirace pro experimentální aktivity, půjde převážně o inspiraci vztahující se k demonstračním pokusům.

2.2 Zdroje informací a inspirace v práci učitele

Historicky nejběžnějším materiálem, se kterým většina učitelů pracuje, je učebnice. S její tradiční, papírovou podobou soupeří v posledních letech elektronické učebnice. Eventualita, že s tištěným textem by mohli

žáci pracovat jiným způsobem než s jeho digitální verzí, se stala východiskem pro velké množství studií srovnávajících efektivitu používání těchto dvou podob učebnic; z často citovaných zmiňme například studii (Rockinson-Szapkiw et al., 2013). Získané výsledky jsou ale rozporuplné, a dokonce ani rozsáhlé a hojně citované metaanalýzy z nedávných let nedocházejí ke shodným závěrům – zatímco Singerová a Alexanderová (2017) konstatují nedostatek důkazů pro to, že by tištěná či digitální verze učebnic efektivněji podporovala čtení s porozuměním, Delgado et al. (2018) reportují výsledky ve prospěch tištěných knih.

Učebnice, ať již v elektronické či papírové podobě, jsou ovšem jen podmnožinou široké palety zdrojů, které lze při plánování výuky používat. Vzhledem ke značné různorodosti těchto zdrojů a jedinečnosti, se kterou s nimi různí učitelé pracují, je obtížné porovnávat jejich přímé dopady na výuku, výzkumníci se proto obvykle (stejně jako dále my) omezují na popisný přístup. Jednu z kvantitativně pojatých studií publikovali v nedávné době Sawyerová et al. (2020), kteří zjišťovali, jaké zdroje používají studenti učitelství při přípravě svých hodin v rámci pedagogické praxe na 1. stupni ZŠ. Autoři konstatují, že nejčastěji vycházeli studenti ze zdrojů, které jim doporučili jejich provázející učitelé, a také z dalších internetových zdrojů, mezi kterými vévodila platforma Pinterest (což není s ohledem na stáří žáků, u kterých praxe probíhala, překvapivé).

Z tuzemských studií zmiňme práci Sikorové et al. (2019), kteří zkoumali, jaké výukové zdroje používají učitelé ve výuce na 2. stupni ZŠ. Jejich kvalitativní studie zahrnovala polostrukturované rozhovory s pěti učiteli, kteří ve shodě označili tištěné učebnice za hlavní zdroj, ze kterého čerpají obsahovou kostru pro svoji výuku; digitální zdroje používali respondenti při snaze učivo lépe vizualizovat či žáky motivovat.

Pokud jde o to, jaké zdroje využívají při přípravě svých hodin učitelé konkrétního předmětu, v českém kontextu se podobnou otázkou v nedávné době zabýval ve své diplomové práci Soucha (2020), a to ve výuce ICT. Dle jeho výsledků se jako první čtyři nejpoužívanější zdroje umístily různé typy webových stránek (včetně portálů http://rvp.cz či http://dumy.cz), teprve za nimi uváděli respondenti tištěné učebnice; výuka ICT tedy pravděpodobně přirozeně tíhne k využívání elektronických zdrojů. Na uvedené výsledky je ale třeba nahlížet kriticky, neboť metodologie průzkumu má zjevné nedostatky; jmenujme například výběr respondentů (mezi které autor zahrnul mj. své spolužáky a dřívější absolventy stejného oboru) či kvantitativní zpracování odpovědí od 38 učitelů, kde postrádáme alespoň zmínku o tom, že při dané velikosti vzorku nelze výsledky zobecňovat (jak se v diskusi zmiňované práce děje).

V případě učitelů fyziky lze odkázat na další diplomovou práci, ve které Kácovský (2012) zjišťoval, odkud učitelé získávají návody k fyzikálním měřením. Nejčastěji zmiňovaným zdrojem byl v tomto průzkumu internet (69 % z celkem 162 respondentů) následovaný učebnicemi (62 %); samotné zadání otázky, tj. „návody k měřením“, je ale významně užší než „inspirace k experimentům“, které se v tomto textu budeme dále věnovat.

Obecně můžeme na základě námi provedené rešerše konstatovat, že v tuzemské i zahraniční literatuře se otázka zdrojů, kterými se učitelé inspirují, vyskytuje poměrně zřídka, a v souvislosti s inspirací pro experimentální aktivity téměř vůbec.

2.3 Výzkumné otázky

Je zřejmě více faktorů, které u konkrétního učitele rozhodnou o tom, kde bude přednostně získávat inspiraci ke svým experimentálním aktivitám. Mezi ty, které se nabízí detailněji zkoumat, patří jistě vzdělání učitele, jeho dosavadní pedagogická zkušenost, ochota inovovat vlastní výuku novými prvky či kontakt učitele s kolegy, ať již v rámci jedné školy či na úrovni širší komunity. Nezanedbatelným faktorem je pak samozřejmě vývoj materiálů samotných – rezervovanost vůči určitému typu materiálu (řekněme, videu na YouTube) může velmi rychle zmizet, pokud se objeví z pohledu učitele užitečný, konkrétní zdroj (v případě YouTube například konkrétní kanál s vhodnými videi).

Zejména v online prostoru a v aktivitách vázaných na časově omezené financování jsou rychlý vznik a rozvoj zdrojů typické stejně jako riziko jejich náhlého vyhasnutí; dřívější výzkumná zjištění týkající se zdrojů inspirace (např. Kácovský, 2012) mohou tedy v tomto kontextu rychle zastarávat. Proto si tato studie klade za cíl získat obrázek o aktuální situaci. Jsme si vědomi toho, že i ta se bude v budoucnu poměrně rychle vyvíjet, ale status quo nám může poskytnout alespoň částečný vhled do způsobu, jak učitelé zacházejí s materiály, které často vznikají primárně pro ně. Klademe si tedy následující výzkumné otázky:

1. Jakou formou se k učitelům nejčastěji dostává inspirace k experimentům do hodin fyziky?
2. Liší se tyto formy v závislosti na vzdělání učitelů, na jejich pedagogické zkušenosti, na typu školy, kde učí? Existují v nich genderové rozdíly?
3. Které konkrétní elektronické či tištěné zdroje využívají učitelé fyziky nejčastěji?

Tyto otázky budeme vztahovat primárně ke středoškolským učitelům, byť je zřejmé, že pro vyučující na víceletých gymnáziích není reálné oddělit středoškolskou a základoškolskou perspektivu. Věříme, že odpovědi na výše uvedené otázky poskytnou tvůrcům vzdělávacích materiálů s tematikou fyzikálních experimentů rámcovou představu, kdo produkty jejich práce v praxi využívá.

3 Metodologie

3.1 Kontext studie

Popisovaná studie je součástí komplexnějšího výzkumu, který se zabývá rolí fyzikálních experimentů ve výuce fyziky na střední škole. První, kvalitativní část výzkumu byla zaměřena na zjištění názorů vybraných středoškolských učitelů fyziky na roli experimentů ve fyzikálním vzdělávání, a to formou polostrukturovaných rozhovorů. Respondenti z řad zkušených učitelů s mnoholetou praxí, kteří zároveň dlouhodobě spolupracují s Katedrou didaktiky fyziky MFF UK a účastní se aktivit, které tato katedra pořádá, mluvili primárně o hlavních aspektech experimentálních aktivit a jejich zkušenostech se zařazováním těchto aktivit do své výuky. Podrobnější závěry z této části výzkumu byly popsány v konferenčním sborníku Moderní trendy v přípravě učitelů fyziky 9 (Machalická, 2022).

3.2 Výzkumný nástroj

Na základě popsané kvalitativní části výzkumu vznikl v roce 2020 online dotazník s názvem *Role experimentů ve výuce fyziky*, a to zvlášť ve verzi pro středoškolské učitele fyziky a zvlášť pro jejich žáky. Určité části dotazníku jsou uzpůsobeny tak, aby se pohled učitelů a žáků dal porovnávat.

Pilotní verze popisovaného nástroje byla v létě 2020 konzultována s několika českými didaktiky fyziky a psychology, výsledná podoba se ale již výrazně neměnila.

Dotazník je strukturován do několika částí. První část je zaměřena na informace o respondentech, součástí jsou i postojové otázky týkající se fyziky jako vědy i fyziky jako školního předmětu. Především v žákovské verzi dotazníku jsou tyto otázky formulovány tak, aby se získaná data dala porovnat s výsledky výzkumu vnitřní motivace žáků (Kácovský & Snětinová, 2021), který proběhl na naší katedře v nedávné době. Druhá část vytvořeného nástroje se snaží zmapovat aktuální stav zařazování experimentálních aktivit do výuky fyziky na středních školách. Důraz je kladen na četnost i podobu těchto aktivit, míru zapojení žáků, používané pomůcky apod. Poslední část dotazníku se zabývá představou respondentů o ideálním stavu zapojení experimentálních aktivit do výuky fyziky, jakousi vizí, jak by mělo experimentování v hodinách fyziky vypadat.

Tato studie je zaměřena na vyhodnocení vybraných dvou otázek z učitelské verze dotazníku, které jsou uvedeny níže (tab. 1). Výčet položek v první otázce O1 se každému respondentovi řadí náhodně, zachována je pouze možnost *Jiné* na posledním místě, kde každý může doplnit text dle svých potřeb. Druhá otázka O2 se respondentům otevřela jen v případě, že u první otázky vybrali alespoň jednu z možností *Na internetu* nebo *V tištěných učebnicích a sbírkách pokusů*. Vzhledem k tomu, že šlo o otevřenou otázku, měli respondenti možnost uvést libovolný počet zdrojů.

Tab. 1: Otázky z učitelského dotazníku zjišťující zdroje inspirace pro experimenty ve výuce

O1: *Inspiraci pro experimenty zařazené do výuky získávám:*
a. *Na internetu*
b. *V tištěných učebnicích a sbírkách pokusů*
c. *Od kolegů*
d. *Z materiálů od výrobce používaných pomůcek (tištěných či webových)*
e. *Experimenty si vymýšlím sám*
f. *Jiné*
O2: *Budeme rádi, když se s námi podělíte o Váš oblíbený zdroj.*

3.3 Sběr a zpracování dat

Pro sběr dat byl využit software Typeform, ve kterém byl výzkumný nástroj konstruován. Odkaz byl v listopadu 2020 rozeslán na více jak 2000 e-mailových adres učitelů fyziky, které jsme získali z webových stránek středních škol, jejichž přehled lze najít na Atlasu školství (2022). Na některých školách není

předmět fyzika vyučován, z tohoto důvodu jsme mezi oslovené učitele zařadili i ty, kteří učí předmět základy přírodních věd. V případě, že některá škola na svých webových stránkách nezveřejnila jednotlivé kontakty na své zaměstnance, oslovili jsme přímo kancelář dané školy.

Pro zpracování dat byl využit software IBM SPSS Statistics 26. Při hledání odpovědí na první a třetí výzkumnou otázku jsme využívali pouze základní popisné statistiky, typicky (relativní) četnosti. V případě druhé výzkumné otázky často porovnáváme dvě skupiny respondentů (např. ženy vs. muži, gymnázia vs. odborné školy) odpovídající na dichotomické otázky (využívá vs. nevyužívá daný zdroj inspirace). Testujeme nulovou hypotézu, že podíl respondentů vykazujících daný znak je v obou porovnávaných skupinách stejný. Při testování nulové hypotézy sestavujeme kontingenční tabulku typu 2×2 a porovnáváme pozorované četnosti daného znaku s četnostmi, které odpovídají nezávislosti znaku na proměnné, která skupiny respondentů definuje. Výstupem je χ^2 statistika a jí příslušející p-hodnota; pro $p < 0{,}05$ nulovou hypotézu zamítáme. V případě zamítnutí nulové hypotézy jsme navíc pomocí koeficientu korelace φ kvantifikovali velikost účinku (*effect size*), tedy míru vztahu mezi příslušností k dané skupině respondentů a hodnotou měřeného znaku. Jak uvádí Salkind (2010), $\varphi = 0{,}1$ odpovídá malému, $\varphi = 0{,}3$ střednímu a $\varphi = 0{,}5$ velkému účinku.

4 Výsledky

4.1 Základní data o respondentech

Do výzkumu se vyplněním dotazníku zapojilo 309 učitelů, z toho bylo 50 % mužů a 50 % žen. Celková návratnost dotazníku vzhledem k počtu odeslaných e-mailů byla 12 %. Žádný z krajů neměl výrazně nadprůměrnou návratnost, oproti tomu Liberecký kraj měl návratnost v porovnání s ostatními kraji pouze poloviční; nižší návratnost jsme zaznamenali také z kraje Karlovarského a Zlínského. Celkem 60 % respondentů učí alespoň částečně na gymnáziu, 37 % učí na jiném typu středních škol (střední odborné školy, střední průmyslové školy, obchodní akademie aj.), zbylá 3 % respondentů typ školy neuvedla.

Zjišťovali jsme také délku praxe ve výuce fyziky na střední škole. V tab. 2 je zachyceno rozložení četnosti respondentů v závislosti na jejich věku a délce praxe; celkem 46 respondentů alespoň jednu z těchto informací neuvedlo.

Tab. 2: Rozložení respondentů dle věku a délky praxe (absolutní počty respondentů)

věk	délka praxe			
	< 10 let	10–20 let	20–30 let	> 30 let
< 30 let	23	0	0	0
30–40 let	26	18	0	0
40–50 let	15	31	22	0
50–60 let	10	11	33	39
> 60 let	5	2	2	26

Dále jsme se dotazovali na aprobovanost učitelů, resp. na jejich vysokoškolské vzdělání. Ukončené vysokoškolské vzdělání v oboru učitelství fyziky pro SŠ uvedlo 58 % respondentů, 13 % respondentů uvedlo jiné vysokoškolské pedagogické vzdělání či pedagogické vzdělání v rámci kurzu CŽV a 9 % respondentů mělo jiné nepedagogické vysokoškolské vzdělání. Celkem 20 % respondentů své vzdělání neuvedlo.

4.2 Zdroje, ze kterých se učitelé inspirují pro experimentální aktivity

Nyní budeme reportovat výsledky stěžejní pro zodpovězení stanovených výzkumných otázek. Pokud se podíváme na to, které zdroje inspirace uvádějí učitelé v souvislosti s experimentálními náměty nejčastěji, získáme následující pořadí: internet (80 % všech respondentů), tištěné učebnice a sbírky (60 %), kolegové (57 %) a materiály výrobců pomůcek (42 %); dvě pětiny respondentů si experimenty samy vymýšlí.

Pokud se podíváme na genderové rozdíly v chování respondentů (tab. 3), vidíme, že ženy–fyzikářky oproti svým mužským kolegům významně méně často uvádějí, že by samy navrhovaly experimenty do svých hodin; naopak, internetové zdroje používají více než muži, zde ale jde o velmi slabou tendenci.

Typ školy, na které učitel působí, je evidentně více diferencujícím faktorem než pohlaví. Střední až velký efekt pozorujeme u vlivu typu školy na četnost inspirace v tištěných sbírkách, resp. u kolegů – oba tyto zdroje jsou významně více využívány gymnaziálními učiteli v porovnání s jejich kolegy z odborných škol (tab. 4).

Pokud jde o vzdělání učitelů, zestručnili jsme poměrně podrobnou získanou informaci tak, že jsme učitele rozdělili do dvou skupin – na ty, kteří mají ukončené vysokoškolské vzdělání v oboru učitelství

Tab. 3: Genderové rozdíly v uváděných zdrojích inspirace ($N = 308$). Procenta v prvních dvou sloupcích značí, jaká část dané kohorty uvedla, že příslušný zdroj používá

zdroj inspirace	ženy	muži	χ^2	p	φ
materiály výrobců pomůcek	44 %	39 %	0,687	0,407	–
internet	83 %	73 %	4,545	0,033	0,121
tištěné učebnice a sbírky	62 %	56 %	1,044	0,307	–
kolegové	54 %	58 %	0,495	0,482	–
experimenty vymýšlím sám/sama	28 %	50 %	15,538	0,000	0,225

Tab. 4: Uváděné zdroje inspirace podle typu školy, na které učitel působí ($N = 299$). Procenta v prvních dvou sloupcích značí, jaká část dané kohorty uvedla, že příslušný zdroj používá

zdroj inspirace	gymnázia	odborné SŠ	χ^2	p	φ
materiály výrobců pomůcek	47 %	32 %	6,170	0,013	0,144
internet	77 %	79 %	0,112	0,738	–
tištěné učebnice a sbírky	72 %	39 %	32,373	0,000	0,329
kolegové	73 %	32 %	49,365	0,000	0,406
experimenty vymýšlím sám/sama	44 %	32 %	4,147	0,042	0,118

Tab. 5: Uváděné zdroje inspirace podle vzdělání učitelů ($N = 249$). Procenta v prvních dvou sloupcích značí, jaká část dané kohorty uvedla, že příslušný zdroj používá

	skupina 1	skupina 2	χ^2	p	φ
materiály výrobců pomůcek	48 %	26 %	9,649	0,002	0,197
internet	78 %	80 %	0,056	0,812	–
tištěné učebnice a sbírky	69 %	41 %	16,810	0,000	0,260
kolegové	68 %	33 %	24,192	0,000	0,318
experimenty vymýšlím sám/sama	43 %	36 %	0,884	0,347	–

fyziky pro SŠ (v tab. 5 označeni jako *skupina 1*), a na ty, kteří deklarovali jiný druh vzdělání, ať již pedagogického, či nepedagogického charakteru *(skupina 2)*. Ve srovnání obou skupin vidíme podobné znaky jako v případě typu školy – opět se jejich příslušníci liší zejména v tom, nakolik využívají tištěné sbírky/učebnice a zkušenosti kolegů.

To, že výsledky získané při dělení vzorku podle vzdělání učitelů jsou podobné těm, které jsme reportovali při dělení podle typu školy, není náhoda. V našem vzorku má v případě gymnázií ukončené vysokoškolské vzdělání v oboru učitelství fyziky pro SŠ celých 71 % respondentů vyučujících na gymnáziu; v případě vyučujících na odborných školách je to pouze 38 %. Mezi typem školy a typem vzdělání učitelů tedy vidíme jistou vazbu (velikost Spearmannova korelačního koeficientu $|r| = 0{,}23$ je statisticky významně odlišná od nuly).

Pedagogickou zkušenost učitelů jsme se rozhodli vizualizovat podobným způsobem jako v tab. 1. Opět jsme vytvořili matici zohledňující věk i délku pedagogické praxe respondentů a zpracovali do ní dvě informace – barevným podkladem jsme v každé buňce vyznačili, který zdroj je pro respondenty daného věku a praxe první a který druhou nejčastější volbou; procentuální údaj v buňce udává, jaký podíl z dané kohorty jej v dotazníku uvedl (viz obr. 1). Šedě jsou označena pole, do kterých spadá méně než 10 respondentů a uvádění procentuálního podílu přestává být relevantní. S výjimkou služebně nejstarších

Nejčastěji používaný zdroj

věk	délka praxe			
	< 10 let	10-20 let	20-30 let	> 30 let
< 30 let	**83 %**			
30-40 let	**96 %**	**89 %**		
40-50 let	**87 %**	**77 %**	**91 %**	
50-60 let	**80 %**	**82 %**	**85 %**	**74 %**
> 60 let				**73 %**

Druhý nejčastěji používaný zdroj

věk	délka praxe			
	< 10 let	10-20 let	20-30 let	> 30 let
< 30 let	**74 %**			
30-40 let	**42 %**	**67 %**		
40-50 let	**47 %**	**74 %**	**68 %**	
50-60 let	**50 %**	**45 %**	**67 %**	**67 %**
> 60 let				**58 %**

Legenda: internet | tištěné učebnice a sbírky | kolegové | < 10 respondentů

Obr. 1: Schémata zachycují dva nejpoužívanější zdroje v různých skupinách učitelů dle věku a délky praxe. Typ zdroje je udán barevným podkladem buňky, číslo v buňce vyjadřuje podíl učitelů z dané kohorty, která tento zdroj využívá

učitelů dominuje ve všech ostatních skupinách coby primární zdroj inspirace internet uváděný zde více jak čtyřmi z pěti respondentů. Coby druhý nejčastěji uváděný zdroj jsou ve většině skupin uváděny tištěné učebnice/sbírky nebo zkušenosti kolegů.

Respondentů, kteří v první otázce vybrali jako zdroj inspirace tištěné učebnice a sbírky či internet, jsme se dotazovali na jejich oblíbený zdroj. Na tuto otázku odpovědělo celkem 199 učitelů a škála získaných zdrojů je tak velmi pestrá. Většina učitelů uvedla pouze jeden nebo dva zdroje, v necelých dvaceti případech se objevily i zdroje tři. Nejčastěji se jako zdroj inspirace experimentů objevoval YouTube, který uvedlo přes 40 dotazovaných. Více než 20 respondentů zmínilo mezi svými oblíbenými zdroji webové stránky http://vernier.cz a http://fyzikalnipokusy.cz. Další významné zdroje, které se objevily v odpovědích alespoň desetkrát, jsou učebnice fyziky pro SŠ, řada sbírek *Pokusy z fyziky na střední škole*, webové stránky http://realisticky.cz, materiály z konference Veletrh nápadů učitelů fyziky, akce Elixíru do škol či semináře Heuréky. Ostatní odpovědi se opakovaly jen výjimečně.

5 Diskuse

Základním výstupem této studie je odpověď na otázku, které zdroje informací používají učitelé nejčastěji, když hledají ve výuce fyziky inspiraci pro experimentální aktivity do svých hodin. Zdaleka nejčastěji zmiňovaným zdrojem je internet, následují tištěné učebnice a sbírky, inspirace od kolegů a nakonec materiály výrobců pomůcek. Toto pořadí je identické s tím, jaké popisuje Kácovský (2012) ve svém průzkumu zaměřeném na zdroje inspirace k fyzikálním měřením, a také relativní četnost jednotlivých zdrojů je v obou studiích prakticky shodná; jedinou výjimku představuje internet, který byl v deset let starém výzkumu zmiňován 69 % respondentů, v našem šetření jej uvedlo 80 % respondentů. Ačkoliv se náš výzkum věnoval „inspiraci pro experimenty do výuky fyziky“, a Kácovský (2012) se dotazoval na „náměty k fyzikálním měřením“ (tedy primárně na experimenty kvantitativní povahy), respondenti v obou případech vyjádřili stejné preference.

Nabízí se také domněnka, že mnozí respondenti ve své interpretaci slova „experiment“ a „měření“ prakticky ztotožnili. Pokud na tuto domněnku přistoupíme a budeme srovnávat relativní četnosti výskytu jednotlivých zdrojů, zdá se, že role internetu coby zdroje inspirace pro experimentální aktivity v poslední dekádě dále vzrostla. To by jistě nebylo překvapivé s ohledem na to, že podobný trend pozorujeme také v jiných aspektech vzdělávání i našeho každodenního života obecně. Do experimentálních aktivit ve výuce fyziky vstupují stále častěji nové technologie – ať už to jsou notebooky, tablety, digitální čidla, dataloggery, termovizní kamery, výrobky z 3D tiskáren či chytré telefony – a internetové zdroje prakticky obratem nabízejí náměty, jak je využívat, zatímco do tištěných učebnic a sbírek se tyto náměty dostávají s odstupem několika let. Navíc lze předpokládat, že epizody distanční výuky spojené s pandemií nemoci covid-19 dále přispějí k upevnění role internetu coby „místa“, kam si chodí učitelé pro radu a inspiraci. Náš výzkum vliv pandemie plně neodráží, neboť byl realizován v listopadu roku 2020, kdy mělo české školství nejdelší etapu distanční výuky ještě před sebou, a učitelé byli navíc při vyplňování dotazníku vyzýváni, aby se vyjadřovali k „běžným poměrům“, tedy své obvyklé prezenční výuce.

Výsledkem genderového srovnání je především poznatek, že fyzikářky–ženy oproti fyzikářům–mužům významně méně často zařazují do své výuky experimenty, které samy vymýšlejí. Považujeme za pravděpodobné, že tento genderový rozdíl sleduje trend, který je dlouhodobě pozorován mezi žáky. Výzkumy provedené v žákovské populaci poukazují na to, že chlapci vyjadřují větší sebedůvěru a kompetenci při provádění fyzikálních experimentů i ve fyzice jako takové (Hazari et al., 2008), zatímco dívky mají z experimentů častěji respekt či přímo obavu (zejména v oblasti elektřiny a magnetismu, viz Murphy, 1993). Tento genderový rozdíl patrně s opuštěním školním lavic nemizí a přenáší se i do profese učitele, a to včetně profese učitele fyziky; nižší míra vnímané kompetence pak může ženy odrazovat od navrhování vlastních experimentů. V tomto místě však upozorněme, že číselné výsledky studie není na místě přeceňovat – záleží totiž pochopitelně na tom, zda ženy a muži stejně interpretují vyjádření „vymýšlím si své vlastní experimenty“. Výklad tohoto tvrzení je poměrně široký – často zřejmě nepůjde o to, že by učitelé vymysleli zcela nový experiment, se kterým se ještě nikdy nesetkali, ale spíše s pomůckami, které mají k dispozici, upraví nebo vylepší pro potřeby své výuky pokus, který již v nějaké podobě znají (z dob svého studia, od kolegů apod.). Fyzikářky-ženy mohou oproti svým mužským kolegům pouze interpretovat znění otázky přesněji, doslovněji, a tedy úžeji.

Při analýze dat jsme zjistili, že skupina učitelů, kteří nemají ukončené vysokoškolské vzdělání v oboru učitelství fyziky pro SŠ, se významně překrývá se skupinou učitelů, kteří vyučují na středních odborných školách. Pro obě tyto skupiny je typické, že učitelé v nich zastoupení využívají pro svoji inspiraci dominantně internet, všechny ostatní zdroje (tištěné materiály, kolegové, návody výrobců pomůcek atd.) jsou významně méně četné, než odpovídá průměru našeho vzorku. Vzhledem k tomu, že jde o učitele s pedagogickým vzděláním v nefyzikálním oboru, případně učitele zcela bez pedagogického vzdělání, považovali

bychom za vhodné tuto „odkázanost na internet“ zmínit. Jako vhodnou a obecně uznávanou cestu (Rolls & Hargreaves, 2021) vidíme zapojení těchto učitelů do stávajících komunit aktivních fyzikářů (např. Elixír do škol, 2022), kteří mohou poskytnout své zkušenosti, případně osvědčené tipy na vhodné a důvěryhodné internetové zdroje.

Poměrně překvapivý obrázek nám poskytl pohled na preferované zdroje inspirace podle věku a délky praxe učitelů. Očekávali jsme, že četnost využívání digitálních zdrojů v čele s internetem bude s věkem postupně klesat, naopak afinita k tištěným zdrojům stejným směrem poroste. Tato očekávání podporují také studie, které ukazují, že mladší učitelé používají technologie ve výuce obecně častěji, například Li et al. (2019) staví věkovou hranici, pod kterou je používání technologií častější, na 45 let. V naší studii se ale ukázalo, že s výjimkou nejstarších učitelů s praxí nad 30 let dominuje internet coby nejčastěji využívaný zdroj inspirace zcela homogenně, bez věkových trendů. Pokud jde o tištěné učebnice a sbírky, ty jsou nejvíce využívány učiteli s více jak dvacetiletou praxí a poté těmi, kterým ještě nebylo 30 let. V případě této nejmladší kohorty respondentů není používání tištěných zdrojů překvapivé, neboť pro začínající učitele jsou učebnice skutečně zásadním zdrojem při plánování obsahu výuky, a to navzdory tomu, že leckdy pochybují o jejich vhodnosti (Stará, 2019).

6 Limity

Dotazníkové šetření probíhalo během pandemie nemoci covid-19, kdy byla výuka na středních školách ČR vedena distanční formou. Kvůli velkému množství nových povinností s tím spojených nemusela velká část učitelů pro vyplnění dotazníku najít chuť a prostor. Můžeme se tedy domnívat, že se do výzkumu zapojili spíše aktivní učitelé, které fyzikální experimenty nějakým způsobem zajímají a pestrost jimi využívaných a zmíněných zdrojů tak může být vyšší. Zároveň se nám několik desítek e-mailů vrátilo jako nedoručitelných, ačkoliv byly všechny adresy z oficiálních webových stránek škol uvedené jako aktuální. Procento návratnosti mohl snížit i fakt, že jsme oslovovali i učitele základů přírodních věd, které se na některých odborných školách vyučují namísto fyziky. V takovém předmětu pro fyzikální experimenty pravděpodobně není příliš prostoru a motivace učitelů k vyplnění dotazníku tak může být nižší.

Vzhledem k tomu, že byli respondenti s žádostí o účast ve výzkumu osloveni studentkou doktorského studia na katedře didaktiky fyziky MFF UK, není příliš překvapivé, že nejčastěji zmiňované konkrétní zdroje inspirace mají často nějakou vazbu právě na toto pracoviště.

Z některých odpovědí, které odkazují na akce určené pro učitele fyziky, nejsme schopni přesně určit, zda autoři zamýšleli jako zdroj inspirace akci samotnou nebo materiály (ať už tištěné či elektronické), které v souvislosti s těmito akcemi a projekty vznikají. To platí i pro materiály výrobců, které jsou velmi často dodávány v tištěné verzi s pomůckami, ale zároveň jsou snadno dohledatelné v online verzi na webových stránkách výrobce.

Otázka zaměřená na konkrétní zdroj inspirace byla zařazena s cílem získání přehledu využívaných materiálů, z odpovědí tak nejsme schopni určit, jak často a intenzivně respondenti dané zdroje využívají. Zatímco YouTube i jiné internetové zdroje by se daly považovat za nekonečnou studnici nápadů, ke které se máme důvod opakovaně vracet a hledat stále novou inspiraci, tištěné sbírky pokusů se svou inspirací rychle vyčerpají.

Podotkněme také, že zdaleka ne všechny zdroje inspirace jsou učitelem využity cíleně, se „záměrem se inspirovat“ – s mnohými inspirativními materiály se setkáváme víceméně náhodou, mimoděk. Nahodilá inspirace je pravděpodobně významným prvkem například na sociálních sítích, kde se sdružují učitelé sdílející náměty ze své či cizí výuky.

7 Závěry a implikace

V rámci této studie jsme se věnovali otázce, jaké zdroje inspirace využívají čeští středoškolští učitelé fyziky při zařazování experimentálních aktivit do svých hodin. K tomuto účelu byly vyhodnoceny dvě otázky z elektronického dotazníku, který byl v listopadu 2020 rozeslán učitelům fyziky na středních školách a v odpovídajících ročnících víceletých gymnázií. Do výzkumu se zapojilo 309 z více než dvou tisíc oslovených respondentů.

Nejvýraznějším poznatkem je zjištění, že zdaleka nejčastěji zmiňovaným zdrojem inspirace je internet, následují (v tomto pořadí) tištěné učebnice a sbírky, inspirace od kolegů a materiály výrobců pomůcek. Je tedy nasnadě, že materiály, které jsou cíleny jako podpora pro učitele, je vhodné připravovat primárně elektronicky, případně tvorbu tištěných materiálů přizpůsobit tak, aby se daly snadno převést do elektronické, ideálně interaktivnější verze. Dále se ukazuje, že četnost využívání internetu je velmi vysoká bez ohledu na věk a délku praxe respondentů; výjimkou je kohorta nejstarších učitelů s více než 30 lety praxe,

kteří využívají internet méně než tištěné zdroje. Kromě nich jsou tištěné učebnice a sbírky nejčastěji využívány také učiteli mladšími třiceti let. Tento výsledek potvrzuje, že pro začínající učitele jsou učebnice důležitým zdrojem při plánování výuky; je navíc pravděpodobné, že nejmladší učitelé si přinášejí jistou afinitu k učebnicím ze svého vlastního studia. Navzdory tomu, i v této věkové skupině dominuje coby nejčastěji využívaný zdroj internet. Domníváme se proto, že podobnou pozornost, jaká je ve vysokoškolské přípravě učitelů věnována problematice učebnic, by si zasloužily také internetové zdroje. Jejich základní znalost (myšleno relevantních zdrojů v daném oboru) by měla patřit ke vzdělání učitele podobně samozřejmě jako základní přehled o existujících tištěných učebnicích. Navíc, v případě internetových zdrojů by nastupující učitel měl být vybaven schopností kritického posuzování jejich důvěryhodnosti přecházejícího využívání nevhodných či zcela zavádějících materiálů, které se v online prostředí běžně vyskytují. Obezřetnost vůči internetovým zdrojům a nutnost vést k ní budoucí učitele jsou tím naléhavější, že dalece nejčastěji uváděným zdrojem, který učitelé jako inspiraci pro své pokusy zmiňovali, jsou videa z YouTube. Jakkoli jde o zdroj nesmírně bohatý, cenný, atraktivní a jednoznačně soudobý, nedává jakoukoliv garanci správnosti a učitel zůstává odkázán na svoji odbornost a profesionalitu.

Pozoruhodným výsledkem genderového srovnání je fakt, že mezi fyzikáři-muži je oproti fyzikářkám-ženám téměř dvojnásobný podíl těch, kteří deklarují, že si některé experimenty do výuky vymýšlejí sami. Tento genderový rozdíl může být způsobený nižší mírou vnímané kompetence k provádění fyzikálních experimentů, které výzkumy ženám obecně připisují, ale také odlišným výkladem v dotazníku nabízené možnosti „vymýšlím si své vlastní experimenty“.

Dále jsme došli ke zjištění, že učitelé na odborných školách a učitelé bez ukončeného vysokoškolského vzdělání v oboru učitelství fyziky jsou významně více odkázáni na internetové zdroje než jejich kolegové (tj. gymnaziální učitelé a ti s ukončeným fyzikálně-didaktickým vzděláním). Věříme, že pro profesní rozvoj těchto učitelů, a to nejen v oblasti přípravy experimentů, by mohlo být velkým přínosem jejich zapojení do stávajících komunit aktivních fyzikářů.

Poděkování

Tento příspěvek vznikl za podpory projektu GA UK 1190119 *Postoje učitelů a žáků k experimentálním aktivitám* a SVV 260577 *Studentský výzkum v oblasti didaktiky fyziky a matematického a počítačového modelování.*

Literatura

Abrahams, I., & Millar, R. (2008). Does practical work really work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. *International Journal of Science Education*, *30*(14), 1945–1969. https://doi.org/10.1080/09500690701749305

Atlas školství. (2022). *Střední školy v ČR*. https://www.atlasskolstvi.cz/stredni-skoly

Banchi, H., & Bell, R. (2008). The many levels of inquiry. *Science and Children*, *46*(2), 26–29. https://www.michiganseagrant.org/lessons/wp-content/uploads/sites/3/2019/04/The-Many-Levels-of-Inquiry-NSTA-article.pdf

Bennett, J. (2003). *Teaching and learning science*. Continuum.

Cerini, B., Murray, I., & Reiss, M. (2003). *Student review of the science curriculum: Major findings.* https://doi.org/10.13140/RG.2.2.18429.31206

Crouch, C., Fagen, A. P., Callan, J. P., & Mazur, E. (2004). Classroom demonstrations: Learning tools or entertainment? *American Journal of Physics*, *72*(6), 835–838. https://doi.org/10.1119/1.1707018

Delgado, P., Vargas, C., Ackerman, R., & Salmerón, L. (2018). Don't throw away your printed books: A meta-analysis on the effects of reading media on reading comprehension. *Educational Research Review*, *25*, 23–38. http://doi.org/10.1016/j.edurev.2018.09.003

Elixír do škol. (2022). *Proč tu jsme*. https://www.elixirdoskol.cz/proc-tu-jsme/

Etkina, E., Van Heuvelen, A., Brookes, D. T., & Mills, D. (2002). Role of experiments in physics instruction – A process approach. *The Physics Teacher*, *40*(6), 351–355. https://doi.org/10.1119/1.1511592

Gardner, P., & Gauld, C. (1990). Labwork and students' attitudes. In E. Hegarty-Hazel (Ed.), *The student laboratory and the science curriculum* (pp. 132–156). Routledge.

Hazari, Z., Sadler, P. M., & Tai, R. H. (2008). Gender differences in the high school and affective experiences of introductory college physics students. *The Physics Teacher*, *46*(7), 423–427. https://doi.org/10.1119/1.2981292

Kácovský, P. (2012). *Využívání dataloggerů ve výuce fyziky (se zaměřením na systém Vernier)*. [Diplomová práce, Univerzita Karlova]. http://hdl.handle.net/20.500.11956/41575

Kácovský, P., & Snětinová, M. (2021). Physics demonstrations: Who are the students appreciating them?. *International Journal of Science Education*, *43*(4), 529–551. https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1871526

Li, Y., Garza, V., Keicher, A., & Popov, V. (2019). Predicting high school teacher use of technology: Pedagogical beliefs, technological beliefs and attitudes, and teacher training. *Technology, Knowledge and Learning*, *24*(3), 501–518. https://doi.org/10.1007/s10758-018-9355-2

Machalická, J. (2022). Role fyzikálního experimentu ve výuce fyziky. In O. Kéhar (Ed.), *Moderní trendy v přípravě učitelů fyziky: Změny v RVP a jejich dopady do obsahu výuky fyziky* (s. 114–117). Západočeská univerzita v Plzni. https://kof.zcu.cz/ak/trendy/9/sbor/ModerniTrendy9_sbornik.pdf

Marounová, J., & Kácovský, P. (2022). How Czech teachers use physics experiment in their lessons. *AIP Conference Proceedings*, 2458, 030023. https://doi.org/10.1063/5.0079213

Millar, R. (2010). Practical work. In J. Osborne, & J. Dillon (Eds.), *Good practice in science teaching: What research has to say* (pp. 108–134). Open University Press.

Miller, K. (2013). Use demonstrations to teach, not just entertain. *The Physics Teacher*, *51*, 570. https://doi.org/10.1119/1.4830081

Miller, K., Lasry, N., Chu, K., & Mazur, E. (2013). Role of physics lecture demonstrations in conceptual learning. *Physical Review Special Topics – Physics Education Research*, *9*(2). https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.9.020113

Milner-Bolotin, M., Kotlicki, A., & Rieger, G. (2007). Can students learn from lecture demonstrations? *Journal of College Science Teaching*, *36*(4), 45–49. https://www.researchgate.net/publication/238711199_Can_Students_Learn_from_Lecture_Demonstrations

Murphy, P. (1993). Gender differences in pupils' reactions to practical work. In R. Levinson (Ed.), *Teaching Science* (pp. 138–150). Routledge. https://doi.org/10.4324/9780203990377

Owen, S., Dickson, D., Stanisstreet, M., & Boyes, E. (2008). Teaching physics: Students' attitudes towards different learning activities. *Research in Science & Technological Education*, *26*(2), 113–128. https://doi.org/10.1080/02635140802036734

Rockinson-Szapkiw, A. J., Courduff, J., Carter, K., & Bennett, D. (2013). Electronic versus traditional print textbooks: A comparison study on the influence of university students' learning. *Computers & Education*, *63*(1), 259–266. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.11.022

Rolls, L., & Hargreaves, E. (2021). Professional teacher communities as creative, inspiring sites of learning. In E. Hargreaves, & L. Rolls (Eds.), *Reimagining professional development in schools* (pp. 1–8). Routledge. https://doi.org/10.4324/9780429293337-1

Rozkydalová, A. (2017). *Zjišťování parametrů kvality výuky chemie*. [Diplomová práce, Univerzita Karlova]. http://hdl.handle.net/20.500.11956/85115

Salkind, N. J. (2010). *Encyclopedia of research design*. SAGE Publications.

Sawyer, A. G., Dredger, K., Myers, J., Barnes, S., Wilson, R., Sullivan, J., & Sawyer, D. (2020). Developing teachers as critical curators: Investigating elementary preservice teachers' inspirations for lesson planning. *Journal of Teacher Education*, *71*(5), 518–536. https://doi.org/10.1177/0022487119879894

Sharpe, R., & Abrahams, I. (2020). Secondary school students' attitudes to practical work in biology, chemistry and physics in England. *Research in Science & Technological Education*, *38*(1), 84–104. https://doi.org/10.1080/02635143.2019.1597696

Sikorová, Z., Václavík, M., & Červenková, I. (2019). Užívání tištěných a digitálních zdrojů v práci učitelů 2. stupně ZŠ: hybridizace a remixování. *Studia paedagogica*, *24*(3), 111–129. https://doi.org/10.5817/SP2019-3-5

Singer, L. M., & Alexander, P. A. (2017). Reading on paper and digitally: What the past decades of empirical research reveal. *Review of Educational Research*, *87*(6), 1007–1041. https://doi.org/10.3102/0034654317722961

Soucha, F. (2020). *Funkce a využití učebnic pro výuku informaticky zaměřených předmětů vzdělávací oblasti IKT na středních odborných školách v ČR*. [Diplomová práce, Univerzita Karlova]. http://hdl.handle.net/20.500.11956/152837

Stará, J. (2019). *Práce učitelů s učebnicemi*. Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta.

Zimrot, R., & Ashkenazi, G. (2007). Interactive lecture demonstrations: A tool for exploring and enhancing conceptual change. *Chemistry Education Research and Practice*, *8*(2), 197–211. https://doi.org/10.1039/B6RP90030E

Žák, V. (2008). Zjišťování parametrů kvality výuky fyziky. *Pedagogika*, *58*(1), 61–72. https://pages.pedf.cuni.cz/pedagogika/?p=1168&lang=cs

Žák, V., & Martínková, J. (2018). Kvalita výuky fyziky – případy začínajících učitelů. *Orbis Scholae*, *11*(2), 1–25. https://doi.org/10.14712/23363177.2018.57

How lower-secondary pupils approach and perceive understanding mathematics

Gabriela Novotná[1]

[1] Faculty of Education, Charles University, M. Rettigové 4, 116 39 Praha 1, Czech Republic; gabriela.novotna@pedf.cuni.cz

Mathematics requires deep thinking. It may be educationally beneficial if pupils are aware of their own shortcomings in understanding. We investigated how pupils of lower-secondary schools in Prague perceive their understanding mathematics, with a particular focus on whether they have distinctive attitudes towards the quality of their understanding. In the first, quantitative stage, a diagnostic test of surface knowledge and a questionnaire about mathematical understanding were developed and administrated. Using a factor analysis, t-tests and methods of descriptive statistics, we created indices of understanding and ascertained that the respondents were often mixing various levels of depth of their understanding mathematics. The quality of a pupil's understanding was also influenced by many latent factors, including strategic approach to learning, volition to remember facts, ability to solve tasks independently, perfectionism, and also, to some extent, the parental view of mathematics. In the second stage of the research, some individual semi-structured interviews were conducted to illustrate and validate the results. The findings of the study highlight the need to raise pupils' awareness of the quality of their mathematical understanding, since it may influence their willingness to deepen their knowledge in mathematics and subsequently their school performance.

Key words:
lower-secondary pupils,
mathematics,
perception of one's own understanding,
deep understanding,
surface understanding,
strategic approach.

Received 5/2022
Revised 9/2022
Accepted 10/2022

1 Introduction

Understanding mathematics requires deep thinking and understanding, not only of isolated topics but also connections between them. Understanding mathematics is not something which is either present or absent, but rather we deal with the depth[1] and level of pupils' understanding (on depth see, e.g., Skemp, 1991; Star, 2005; Hiebert & Lefevre, 2009; Hejný, 2012, and Sierpinska, 1994 on 'level'). Practising teachers routinely speak about whether pupils understand or are deficient or lacking in their understanding (Novotná & Janda, 2021). The question arises as to what extent the pupils are aware of what it means to understand mathematics. This question is important as the realisation of the insufficiency of one's understanding is a prerequisite for deepening it successfully. If pupils are not aware of diverse levels of understanding, they might not reach higher levels of reasoning, for example, generalization, and can hardly be expected to make an effort to understand mathematics deeply (Hejný & Kuřina, 2009).

However, there seems to be a shortage of studies on pupils' perception of their understanding mathematics. Drawing on well-known dichotomies in understanding (relational/instrumental, procedural/conceptual), we conceptualised the depth of understanding by distinguishing deep/surface understanding, and added a strategic approach to understanding to interconnect the dichotomous nature of the above mentioned. With the help of a questionnaire and a diagnostic test, we determined groups of lower-secondary pupils tending to deep/surface understanding or strategic approach to understanding. We described them in terms of their approach to and perception of mathematics. In the qualitative, complementary, part of our study, we conducted semi-structured interviews with pupils who showed some surface understanding of their knowledge to illuminate their test and questionnaire results, gain more insight and to assess if they were aware of deficiencies in their knowledge in mathematics and if they would like to deepen it.

2 Theoretical framework and literature review

Our study builds on literature related to the quality of understanding mathematics and the concept of self-efficacy and attitudes.

2.1 Quality of pupils' understanding mathematics

Early mathematics education research introduced dichotomies in understanding. Among the most influential ones are Skemp's *relational* and *instrumental understanding* (Skemp, 1991), and Hiebert and Lefevre's

[1] We use the word "depth" advisedly in the meaning "the quality of showing a clear and deep understanding of serious matters".

procedural and *conceptual knowledge* (Hiebert & Lefevre, 2009) revisited by Star (2005). In the Czech context, Hejný (2012) introduced the Theory of Generic Models which distinguishes between *mechanical* and *non-mechanical knowledge*. What these dichotomies share[2] is that they approach understanding at either a deep or surface level.

Kieran (2013) notes that these dichotomies, often referred to as skills and understanding, are mutually beneficial to each other and are not exclusive, but linked.

> No longer can the two be viewed as separate entities. Nor is it sufficient to argue that conceptual understanding can lead to the meaningful development of procedural knowledge. Rather, the elaboration of procedures has within itself a conceptual component. (ibid., p. 160)

According to Kieran, "procedural skills adapt over time as the conceptual domain to which they are applied is broadened" (ibid., p. 161) and sometimes it is more efficient to solve a problem using an algorithm we know well than to dissipate our energy thinking deeply about the concept.

With respect to Kieran's objections, we will be using Entwistle and Entwistle's framework and speak about *deep* and *surface understanding* (not strictly dichotomous ones) to capture differences in understanding. Entwistle and Entwistle (1992) distinguish breadth and depth of understanding, the latter being more relevant to our study.

> 'Depth' can be taken to describe the extent to which the student is able to provide an explanation which would answer an examination question, or would satisfy an 'expert'. It can be seen to involve both the amount of relevant detail brought together and the strength of the interconnectedness among the component parts. (Entwistle & Entwistle, 1992, p. 16)

In other words, the pupil with deep understanding can see connections in mathematics, knows when and how to use an algorithm and can explain it. The pupil with surface understanding is able to use the algorithm in restricted contexts (an ability we sometimes refer to in this paper as *algorithmic understanding*), may overgeneralize it to inappropriate contexts, and often learns it by heart.

It would be too simplistic to presume that a pupil tends strictly to either deep or surface understanding; he/she might oscillate between them based on the context. For example, if a simple application of an algorithm in similar contexts is sufficient for being successful at school, there is no need for the pupil to make sense of it. This was observed by Entwistle and Entwistle (1992, pp. 17–18): "... the dichotomous distinction between intentions to understand (deep approach), or to reproduce (surface approach), was too limited to cover the range of comments found in our interviews." The authors also mention that more forms of understanding coexist at the same time in the same student. In such a case we refer to a *strategic approach to understanding*[3] (similarly to Mareš's (1976) strategic approach to learning). Since research has shown that the dichotomous view is not always sufficient, in our study, we focus on surface and deep understanding as well as the strategic approach to understanding.

2.2 Attitudes and motivation

The role of motivation in learning is amply documented (e.g., Hejný, 2012; Hannula, 2014; Middleton, 2014; Muis et al., 2015) and pupils' motivation for and attitudes to mathematics[4] is related to their achievement in mathematics (e.g., Hemmings et al., 2011; Ubuz & Aydinyer, 2017) and may affect pupils' willingness to reach deep understanding. For example, Ubuz and Aydinyer (2017) showed a positive significant correlation between striving for understanding and previous achievement in geometry for middle school pupils.

Measuring the cognitive, affective and behavioural components of a pupil's attitude presents a methodological problem. In qualitative research, researchers typically investigate cognitive and affective components by posing open questions to pupils and/or observing their reactions when solving a task (e.g., Vorhölter et al., 2019). In quantitative research, questionnaires are often used, from which individual statements can be interpreted, a semantic differential used, or indices created (Chvál, 2013). An example is Code et al.'s study (2016) of university students' attitudes towards mathematics. Their questionnaire included 31 statements in 7 categories connected to attitudes: *Growth Mindset, Real World, Confidence, Interest, Persistence, Sense Making* and *Answers*. The category of *Sense Making* concerns students' attitudes towards acquiring deep understanding (e.g., *In math, it is important for me to make sense out of formulas and procedures before I use them*) and we included its relevant elements in our questionnaire.

[2] Without any doubt, there are differences in these theories, more thoroughly described in Novotná (2020).

[3] Although Entwistle and Entwistle do not give a name to this approach, they use the word "strategic" as well.

[4] Mathematics is one of the least favourite and most difficult school subjects in pupils' eyes (e.g., Hrabal & Pavelková, 2010; Chvál, 2013).

2.3 Some intervening factors

Factors that influence whether pupils tend towards deep understanding or remain at the surface level include their teacher's personality and teaching style, the demands of the curriculum and the pupils' background and disposition. It would be impossible for a single questionnaire to capture the factors in their entirety, thus, we limited ourselves to self-efficacy and metacognition as the factors connected to and influenced by pupils' views and to the parental influence. These factors influenced the development of our research tools and play an important role in a pupil's approach to learning in mathematics, as described in the following sections.

2.3.1 Self-efficacy

Self-efficacy is defined as "people's beliefs about their capabilities to produce designated levels of performance that exercise influence over events that affect their lives" (Bandura, 1994, p. 2). It influences how we perceive (mathematics), how we think, how we are motivated and how we behave. It differs between areas (e.g., languages vs mathematics, but also areas within mathematics) and changes through time.

A pupil's ability to evaluate his/her performance has attracted much research attention. Pajares and Graham (1999) showed that self-efficacy was a strong predictor of pupils' performance. Yurt (2014) revealed high- and medium-level significant relations between mathematics self-efficacy and mathematics achievement among 7th graders. Schöber et al. (2018) found that mathematics self-efficacy has a positive effects on later mathematics achievement and vice versa. Smetáčková (2018) demonstrated that self-evaluation and self-efficacy are stronger predictors of actual performance than an external evaluation and ascertained a slight tendency of Czech 8th grade pupils to overvalue their own achievement in mathematics.

2.3.2 Metacognition

While cognition is involved in doing (in solving mathematical tasks), metacognition "is involved in choosing and planning what to do and monitoring what is being done" (Garofalo & Lester, 1985, p. 164). Metacognitively aware pupils seem to be more effective learners and pupils' "metacognitive awareness is related to their task motivation and their subsequent use of strategies in preparing for classroom assessment" (Hammann & Stevens, 1998, p. 4).

To study such a hidden feature of pupils' thinking, research on metacognition uses questionnaires, interviews, observations or their combinations (e.g., Zimmerman, 2018). Pupils' predictions of their success in solving mathematics problems are often compared with their actual results.

2.3.3 Parental influence

Positive parental attitudes towards mathematics affect pupils' attitudes and willingness to study it (e.g., Bartley & Ingram, 2018; Eccles & Wigfield, 2002). Bartley and Ingram (2018) found a significant positive correlation between parents' mathematical self-efficacy and their children's (age 12–13) interest in mathematics. Tocci and Engelhard (1991) found parental support to be a significant predictor of 13-year-old pupils' attitudes towards mathematics. Hong et al.'s (2010) study supported these findings but did not confirm causality between parents' attitudes and pupils' achievements.

2.4 Research questions

In our study, we investigate pupils' intentions of learning and processing subject matter. We do not deal thoroughly with their beliefs about their capabilities (self-efficacy) or their capability of planning and monitoring what is being done (metacognition), despite the undeniable influence. Therefore, we examine the depth of their understanding and knowledge as explained above. To the best of our knowledge, no study has focused on pupils' perception of the depth of their knowledge in mathematics.

The research is of a mixed design. In the quantitative part, we ask if it is possible to distinguish types of lower-secondary pupils who tend to deep or surface understanding, and/or if they have a strategic approach to understanding (RQ1). We also explore the characteristics of these types of understanding in terms of the pupils' approach to and perception of mathematics (RQ2).

In the qualitative part, five pupils were selected to participate in interviews to identify if their approach to understanding corresponds to the appropriate type. For these pupils, their diagnostic test results indicated some level of surface knowledge but their questionnaire results showed different levels and combinations of surface and deep knowledge and strategic approach to understanding.

3 Methodology

We use John Creswell's explanatory mixed methods design for a stronger methodological framework (Ivankova et al., 2006). An explanatory sequential mixed methods design was used, which involved collecting quantitative data first and illustrating the quantitative results with the help of in-depth qualitative data. In the first, quantitative phase of the study, questionnaire and diagnostic test data were collected from 318 lower-secondary pupils to test their notion of their own understanding mathematics and to assess whether it relates to other variables. The complementary, qualitative phase was conducted to gain more insight into the quantitative results; namely, to explore the perception of understanding of selected participants based on their results in the quantitative phase.

3.1 Sample and research procedure

Four lower-secondary schools in Prague[5] participated in the study in 2019/2020; one class in each grade 6 to 9 was selected. The percentage of children from abroad in these classes did not exceed the average for the Czech Republic (about 2%). The classes were average in relation to pupils' behaviour, school results and learning disabilities.[6]

In two mathematics lessons, the author assigned a questionnaire on the pupils' perception of understanding mathematics and a diagnostic test[7] on fractions (Tab. 1).[8]

Tab. 1: Respondents for the first questionnaire

	School A	School B	School C	School D	Total
6^{th} grade	20	12	17	19	68
7^{th} grade	19	19	24	14	76
8^{th} grade	16	16	22	31	85
9^{th} grade	19	19	25	26	89
Total	74	66	88	90	318

Based on the questionnaire responses and diagnostic test results (Novotná, 2020), 16 pupils who demonstrated surface understanding were invited to participate in interviews. Five were chosen to illustrate the results in this article (Tab. 10). With three respondents from school A (Adéla, Barbora, Eliška), two interviews took place in person before the schools were closed due to the covid pandemic. The last interview and all three interviews with Ferda and Václav were performed online. Each interview took around 45 minutes.

The questionnaire was assigned just before the pandemic closed schools in Spring 2020. We supposed that online teaching, in which teachers were only virtually present, might influence pupils' attitude towards their understanding and thus prepared a "covid questionnaire" which included most of the items of the original questionnaire. After pilot testing ($N = 20$), it was sent online to the pupils of all the classes except School B, which declined further cooperation. Since the questionnaire was not assigned in person, the number of questionnaires returned was lower (Tab. 2).

Tab. 2: Respondents for the "covid questionnaire"

	School A	**School C**	**School D**	**Total**
6^{th} grade	8	14	8	30
7^{th} grade	14	7	11	32
8^{th} grade	4	13	12	29
9^{th} grade	12	15	15	42
total	38	49	46	133

In this article, we focus on the cognitive and affective aspects of attitudes. The behaviour aspect was targeted in another part of the study focused on tutoring.

[5] Convenient sampling, more thoroughly described in Novotná (2020).
[6] Based on the formal and informal evaluations of the teachers and/or headmasters.
[7] The test was composed of tasks from research on fractions as an area in which pupils often fail (e.g., Kieren, 1976; Behr et al., 1983; Vondrová et al., 2015).
[8] Four pilot studies (see Novotná, 2020) were conducted to prepare the diagnostic tools ($N = 234$).

3.2 The questionnaires

Part of the first questionnaire was inspired by Code et al. (2016), some statements were based on the criteria for mechanical knowledge (Hejný & Kuřina, 2009) and other research from Section 2. Pilot studies led to the specification of statements and addition of new ones. For example, as pupils did not distinguish between understanding mathematics and being able to carry out an algorithm, the appropriate items were added.

The part of the questionnaire which is the basis for this article consists of 24 statements divided into four groups (Appendix A), evaluated on a Likert scale (1 – I absolutely agree, 2 – I rather agree, 3 – I don't know, 4 – I rather disagree, 5 – I absolutely disagree). It contains six statements related to surface understanding (group A[9], e.g., *It is not my aim to understand how a math solving process emerged [e.g., adding fractions with different denominators]*), six statements relating to deep understanding (group D, e.g., *When I'm learning something new in math, it's good to look for connections to something I already know [e.g., fractions and decimals]*), and six statements about the strategic approach to understanding (group S, e.g., *For a test, I only learn individual steps in a sample solution method, if it is enough for passing it*). Six other statements (group O) are paired, asking first about the estimated difficulty in mathematics tests (important for the strategic approach), second, about the parents' views of a pupil's knowledge, and third, about the difference between "I can do" and "I understand" mathematics.

Given the importance of pupils' motivation for and attitudes to mathematics, the questionnaire also included items aimed at revealing pupils' perception of the difficulty, popularity and importance of mathematics, evaluated again on a 5-point Likert scale.

To prevent the influence of the order of items, four versions of the questionnaire were created and distributed evenly among the pupils in each class.[10]

The second, "covid-questionnaire" was based on the first questionnaire and included new items connected to changes caused by remote learning with an original aim to discover if and how pupils' perceptions of their own understanding mathematics were changed by the remote learning. However, it transpired that there were no statistical differences between pupils' results in the first questionnaire and in the covid-questionnaire as for their perception of their understanding mathematics (see Novotná, 2020). Thus, in this article, we use the data from the second questionnaire to enrich the data from the first one.

3.3 Interviews

During the semi-structured interviews with the author, the pupils were asked about their school mathematics lessons (when learning a new topic/practising/revising for a test), their ways of learning mathematics, what they do when they do not understand something in mathematics, what it means for them to understand mathematics, how they check it, etc. Their answers from the questionnaires were verified, too (e.g., a pupil explained why they perceived mathematics as extremely important). The tasks from the diagnostic test were discussed in order to verify whether their solutions were algorithmic (surface). Some tutoring was organised to deepen pupils' understanding (not the focus of this study). During the last session, the pupils were asked to summarize their participation in the study with respect to perceived changes.

3.4 Data analysis

The questionnaire data was transcribed, checked and analysed in MS Excel using methods of descriptive statistics (arithmetic mean, variation, median, frequencies). The Statements were analysed using factor analysis in SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) to confirm the four theorised categories and to provide more insights into the results.[11] Based on the results of the factor analysis, three indices of understanding were created, indicating which type of understanding a pupil is inclined to. Their characteristics and development are described in Section 4.1.

As the answers of 117 respondents of the "covid questionnaire" could be linked to their responses in the first questionnaire, their pre- and "pandemic" results were compared. There were no statistically significant differences in terms of their perception of their understanding mathematics (Novotná, 2020), and thus, in this article, we use the data from the two questionnaires to enlarge the sample ($N = 324+133$).

[9] The category is labelled group A standing for "algorithmic" to avoid disambiguity with the "strategic" statements. Three of each group A and D statements are formulated generally and three are formulated in the context of fractions.

[10] The construction of the versions and permutation of the statements was based on set parameters described in (Novotná, 2020).

[11] Pupils' evaluations of the 5-point Likert scale were coded 1–5 (1 being the strongest agreement). For the factor analysis, the evaluations of three group S statements were rotated to be oriented to the surface pole. Group S statements including the three rotated statements are referred to as group S'.

Due to the bigger sample, this inaccuracy causes less distortion than if only the data from the original questionnaire was analysed by the factor analysis.

The interviews were video recorded and the author took field notes. The recordings were watched repeatedly, and relevant passages transcribed (Cohen et al., 2007). The passages' relevancy was determined by the focus of our study, e.g., any mention of how pupils learn mathematics or consider the understanding they possess were relevant. The pupils mostly commented on the perception of their knowledge during the first and last interviews.

Based on our focus, six categories were developed in a deductive way (Mayring, 2015). The passages identified were investigated further to determine units of analysis, consisting of one or several sentences referring to one particular category. Each unit was included in one or two categories (Tab. 3); thus, the categories are not mutually exclusive. The categorization was made by the author and her supervisor checked its plausibility.

Tab. 3: Coding manual with examples

Category	Example
Surface understanding	Adéla (8th grade): *I have forgotten to use the common denominator here...* (why?) *We have been taught it like this.*
Deep understanding	Eliška (9th grade): *I know where to start and what I am solving. That when I have an equation, I don't only put the numbers in it and that's it.*
Strategic approach to understanding	Ferda (7th grade): *It* (regular standard tests) *forces me to prepare myself for the lesson, [...] I know exactly what to learn.*
Learning preferences	Václav (6th grade): *Because I have to think about it, and then I understand it more properly if I think harder about it at the time when I don't understand it much.*
Self-evaluation of understanding	Adéla (8th grade): *I am really dumb with this.*
Attitudes towards learning mathematics and towards types of tasks	Eliška (9th grade): *I think it would be more interesting, if it was something else than a pizza, something less typical.*

4 Results

The sample consists of 451 respondents, 245 girls and 206 boys (Tab. 4). The proportion between girls and boys was rather balanced in all the classes.

Tab. 4: Number of respondents

	School A	**School B**	**School C**	**School D**	**Total**
6th grade	28	12	31	27	98
7th grade	33	19	31	25	108
8th grade	20	16	35	43	114
9th grade	31	19	40	41	131
Total	112	66	137	136	451

4.1 Pupils tending to deep/surface understanding or to a strategic approach to understanding (RQ1 and RQ2)

The reliability of the statements was measured with Cronbach's alpha[12] (Appendix B, with KMO indices). The Statements were tested by the factor analysis to reveal latent variables and reduce their number. The Statements were tested in groups (A, D, S, O) and together. No minimum number of factors was set for testing the evaluations of group A and D statements. Four identified factors were labelled according to the prevailing character of the statements in them (Tab. 5). The KMO index is 0.709. The factors explain 52.3% of the total variance, which can be considered a standard result (e.g., Chvál, 2013). The factor "Quality of A and D understanding" explained only 20.7% of the total variance. The other three factors impact on the data as latent variables which can also influence pupils' understanding. However, they describe pupils' diverse characteristics, whose analysis is beyond this article.

[12]The lower values below the threshold of 0.7 could be caused by the complex nature of the Statements. But still, the levels of KMO indices are satisfactory, thus, we accompanied the analysis with the analysis of the Group O statements and other items of the questionnaires.

Tab. 5: Measure of representation of group A and D statements in the factors

Statement	Factor 1 "Quality of A and D understanding"	Factor 2 "Volition to remember"	Factor 3 "Capability to try to solve independently"	Factor 4 "Perfectionism"
$a1$	0.593	0.202	0.394	0.397
$a2$	0.252	0.568	−0.402	−0.108
$a3$	0.629	0.169	0.030	0.277
$a4$	0.222	0.562	−0.503	0.059
$a5$	0.594	0.319	0.371	−0.340
$a6$	0.536	0.280	−0.046	0.202
$d7$	−0.410	0.470	0.249	−0.052
$d8$	−0.563	0.278	−0.109	−0.124
$d9$	−0.440	0.362	0.138	−0.135
$d10$	−0.386	0.426	0.162	−0.110
$d11$	−0.395	0.374	0.084	0.060
$d12$	−0.074	0.163	0.516	−0.751
Total variance explained	20.7%	13.9%	9.2%	8.5%

Group S' statements were tested by the factor analysis analogously to the above. Two factors were detected, which explained 52.5% of the total variance (Tab. 6). The KMO index is 0.697.

Tab. 6: Measure of representation of group S' statements in the detected factors

Statement	Factor 1 "Quality of S understanding"	Factor 2
$s13'$	0.664	0.341
$s14$	0.632	−0.212
$s15'$	0.250	0.868
$s16'$	0.599	−0.056
$s17$	0.741	−0.016
$s18$	0.623	−0.423
Total variance explained	33.8%	18.7%

Three indices were constructed based on the values in Tab. 5 and 6 (*index of surface understanding* (i_a), *index of deep understanding* (i_d), and *index of strategic understanding* (i_s), calculated as weighted averages[13] where the evaluation of each statement is represented to the extent to which it participates in the factor "Quality of understanding". For example, $i_a = \frac{a1 \cdot 0.593 + a2 \cdot 0.252 + a3 \cdot 0.629 + a4 \cdot 0.222 + a5 \cdot 0.594 + a6 \cdot 0.536}{6}$. The lower the value of i_a (and i_s), the more the respondent agrees with group A statements (and group S statements), and vice versa. For the absolute value of index $|i_d|$, the same rules apply; the nearer the value to zero, the more the pupil is inclined to the given type of understanding. Descriptive characteristics of the indices are in Appendix C. The correlation between the indices i_a and i_s is of a medium strength ($r = 0.45$), such as between i_d and i_s ($r = 0.47$), and the correlation between i_a and i_d is weaker ($r = 0.28$).

Figure 1 and the table in Appendix C show that i_a and i_s are distributed rather symmetrically. The values of i_d are approaching zero; there is also a smaller variability in data below the first quartile (Q1). In all the indices, the arithmetic mean is similar to the median. The outlier in the boxplot of i_a belongs to three respondents (R83, R255, R1176) who rather disagree or absolutely disagree with group A statements (values in Q4). Respondent R255 absolutely disagrees with all other statements as well (values in Q4). Respondents R83 and R1176 rather agree with group D statements (values near the Q1 boundary) and absolutely disagree with group S statements (values in Q4). The outliers in the boxplot of i_d belong to respondents R259 (nearer to zero) and R1013. R259 absolutely disagrees with group S statements (i_a

[13] Initially, the indices were constructed as arithmetic means, as is typical in other studies (e.g., Hrabal & Pavelková, 2010). Considering the other latent variables and the diverse loadings (some of them quite low) to which the individual statements are shared in the "Quality of understanding" factor, a more precise approach was sought. We generated a value of the factor for each respondent, which meant that those items which do not constitute the factor also influence this value. The values for the pupils participating in the interviews strongly correlated with the values of the indices based on the weighted average and thus, this approach was used for the whole sample.

around median, i_s in Q4). R1013 tends to strongly agree with group A and S statements (values in Q1). The outlier in the R42's boxplot of i_s shows that he absolutely agrees with all the Statements (values in Q1). These pupils absolutely agree or disagree with at least one other group of Statements.

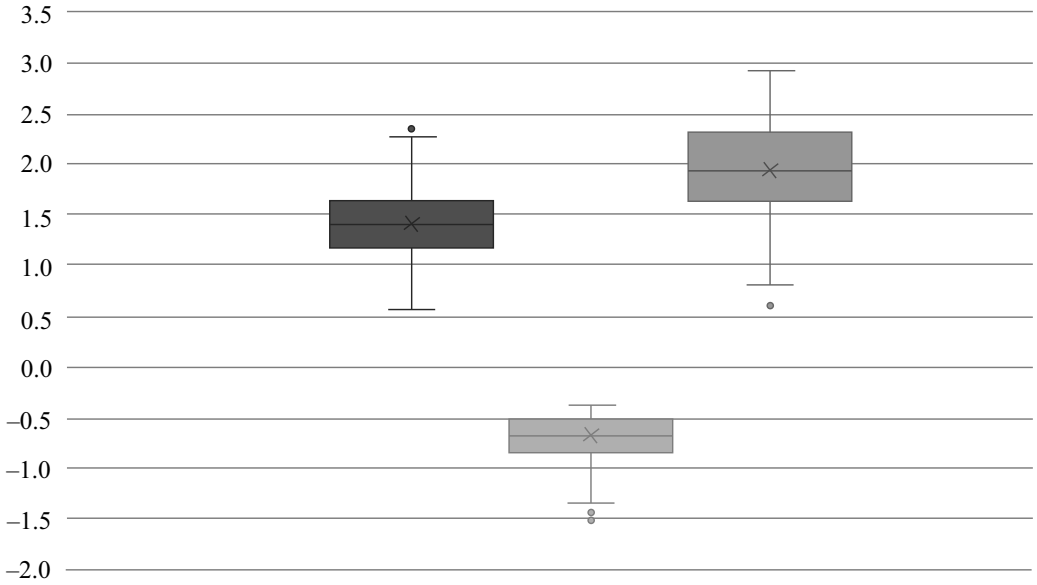


Fig. 1: Boxplots of indices i_a (left), i_d (middle), i_s (right)

The dependency of indices i_a and i_d is in Figure 2; the dashed line, $i_d = 0.21 \cdot i_a - 1.03$, is the trendline. The T value was counted as $T = 0.21 \cdot i_a - i_d - 1.03$ with the standard deviation 0.23. The outliers, farther from the trendline than the distance of one standard deviation (see two lines parallel to the trendline, $N = 144$), were also analysed with respect to other variables. The results of stronger correlations are in Tab. 7.

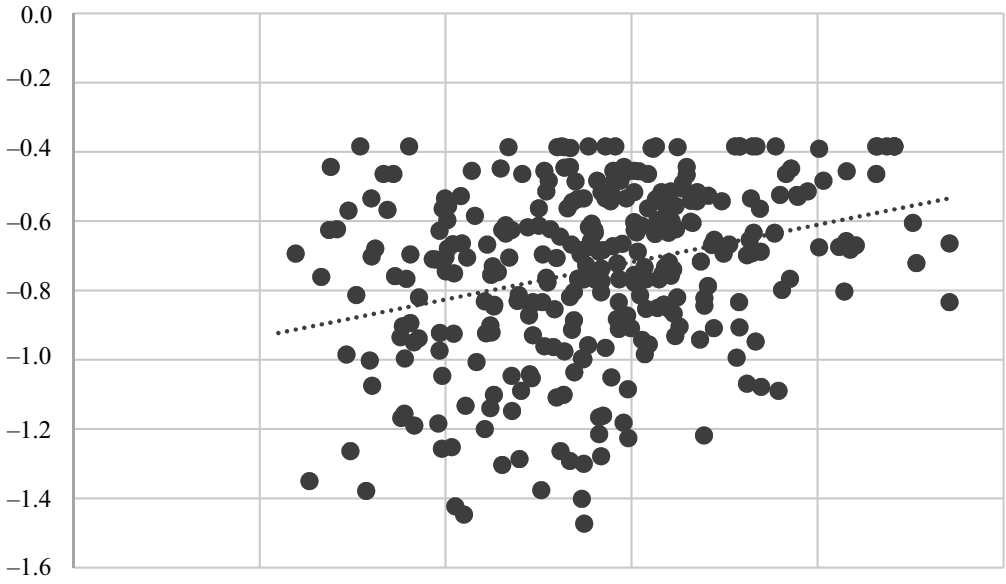


Fig. 2: Dependency of i_a and i_d

Tab. 7: Correlations of T value and other variables

	All T	**Outlaying T**
Variable	r	r
Index i_s	−0.37	−0.37
Statement $o19$	0.22	0.32
Statement $o20$	0.26	0.35
Statement $o22$	0.25	0.43

The pupils' evaluations of group O statements were analysed separately and by the paired t-test for $o19{+}o20$, $o21{+}o22$ and $o23{+}o24$ to see whether each pair was evaluated similarly. The respondents agreed more with every second statement of the pair. While a t-test showed a significant difference between the statements in each pair, an F-test only confirmed it for $o21 + o22$. A small effect size was found for the last two pairs (Tab. 8).

Tab. 8: Results of t-test, F-test and Cohen's d of group O statements

	$o19$	$o20$	$o21$	$o22$	$o23$	$o24$
Arithmetic mean	2.57	2.47	1.88	1.66	2.89	2.43
t-test	$p = 0.009\,6$**		$p < 0.000$***		$p < 0.000$***	
F-test	$p = 0.908$		$p < 0.000$***		$p = 0.720$	
Cohen's d	0.08		0.23		0.40	

** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

We also analysed how pupils perceived mathematics in respect to its difficulty, popularity and importance, and what their mark in mathematics was at the end of the previous academic year. A weaker significant correlation was found between index i_a and other variables; however, a negative correlation was found between index i_d and other variables (Tab. 9).

Tab. 9: Correlation coefficients between i_a and i_d and other variables

Correlation		r
i_a	Difficulty	0.181 8
	Popularity	−0.314 0*
	Importance	−0.192 0
	Mark	−0.198 0
i_d	Difficulty	0.126 6
	Popularity	−0.246 0*
	Importance	−0.241 0*
	Mark	−0.219 0*

* weak

The respondents were divided into groups according to their location in one of four quartiles of index i_a, $|i_d|$ and i_s. Almost every combination out of 64 was represented by some respondents (Appendix D). The lower the quartile, the higher agreement with the statements. The least frequent combinations ($N \leq 20$) comprise pupils with a high agreement to group A and D. The most frequent ($N \geq 35$) are combinations with a strong agreement to group A and a strong disagreement with group D, or vice versa. Groups with no stronger preferences towards any of i_a and i_d (between Q2 and Q3 in both) are well-represented (N from 31 to 34); in some of them, i_s is also located in a lower quartile.

No significant differences were found with regard to school grade, gender or type of school in our analysis; therefore, this data is not described in this article.[14]

4.2 Qualitative findings (illustration)

As mentioned above, the interviews were conducted to provide more insight into the quantitative findings. Since the sample is not representative ($N = 5$)[15], we only use the knowledge from the interviews to illustrate the quantitative findings and to show the way of possible future research.

The pupils participating in the interviews were the ones for whom some surface understanding was determined in the diagnostic test. First, the results gained in the interviews were compared with the quantitative results (Tab. 10).

In the interviews, the respondents rarely commented on the depth of their knowledge on their own and if they did, they mostly expressed confusion about why they failed. For example, Barbora who tends towards deep understanding but often resorts to a surface approach said: *I often think I understand it, but then I do not get the correct solution [. . .] I don't know why.* Or Adéla who strongly tended towards surface understanding during the interviews mentioned: *At the beginning, you must only find the formulas in the textbook [. . .] and then memorize it and practise.*

[14] However, the data set for each class is rather small and, thus, it would be quite surprising if any statistical significance was found in this aspect.

[15] Our aim was to interview more pupils, however, it was not possible due to the pandemic situation.

Tab. 10: Characteristics of pupils: grade, indices, quartiles and test result (out of 27 points)

Pseudonym	Grade	i_a	Quartile	i_d	Quartile	i_s	Quartile	Test result
Adéla	8	1.06	Q1	−0.78	Q3	1.75	Q2	21p
Barbora	7	1.39	Q2	−0.72	Q3	1.35	Q1	14p
Eliška	9	1.65	Q4	−0.46	Q1	1.72	Q2	20p
Ferda	7	0.80	Q1	−0.66	Q2	1.45	Q1	22p
Václav	6	1.65	Q4	−0.47	Q1	1.32	Q1	26p

Most pupils did not seem to be aware of the surface knowledge they possessed (e.g., Barbora: *I often think I understand it, but the solution is not correct*). An exception is Václav, highly performance motivated, who mentioned hating the feeling when he did not understand something well (deeply): *I am quite nervous that I don't know how to do it, and then I try to solve it in vain, even though I don't know how. It isn't the best feeling.* His statement is in line with the values of indices (i_d and i_s in Q1, i_a in Q4). Václav is the only respondent who indicated that he wanted to get rid of his surface knowledge, e.g., stating: *I am quite nervous, when I don't know how to do* [solve] *it, and then I try to do it, even though I have no idea what I am doing. This is not the best feeling and I am trying to avoid this.*

While for Adéla[16], Barbora, Eliška and Václav, i_a, i_d and i_s agree with the findings from the qualitative part, for Ferda, some puzzling results were found. Ferda is most likely not aware of his surface knowledge. It was clear during the interviews that he tended towards it (moreover, i_a is the lowest, see Tab. 10) and no effort towards deep knowledge was visible. Among others, Ferda claimed: *I guess there is nothing* (in mathematics) *I completely don't know.* He also stressed that when tested at school, he mostly solved all the tasks correctly (but, in his words, they were given easy and standard tasks to which they had been taught a model solution). However, the value of his i_d is in Q2. The i_s (Q1) could be explained by his external motivation, the i_d (around median) might be influenced by the other latent variables, above all "Volition to remember". Ferda also mentioned noticing a change in his attitude during the remote learning*: I am not so good in learning. [...] I did not understand the subject matter so fast, I wasn't motivated, normally I study for tests, so I wasn't revising...*

5 Discussion

In the study, we highlighted the cognitive and affective components of attitudes and uncovered three indices accounting for pupils' attitudes to their understanding mathematics. We found that in our sample, the groups of pupils with strong tendencies towards surface understanding and away from deep understanding or vice versa were most common but not prevalently so. This is in accordance with Entwistle and Entwistle's (1992) findings that mixed types of understanding often coexist in a student. Additional latent variables were shown to intervene, grouped in the factors "Volition to remember", "Capability to try to solve independently" and "Perfectionism". A strategic approach to understanding also influences the perception. Entwistle and Entwistle (1992, p. 27) even state: "To be really successful, it seemed essential that students were strategic" and they also mention the significant role of context. Therefore, their findings support the view that understanding is a multidimensional concept and has to be linked to many other contextual variables (as shown in the qualitative part of this study). Weaker or medium-strong correlations were found between the indices and evaluations of self-reported popularity and importance of mathematics and a school grade.

Regarding the pupils with outlier indices of surface and deep understanding, a medium-strong correlation was found between these values and the statements related to a pupil's perception of his/her understanding ($o19$, $o20$) and those related to parents ($o22$); therefore, the parents' attitudes could influence the pupils' perception. Similar results have been obtained by others (see Section 2.3.3). Oluwatelure and Oloruntegbe (2008) investigated the effects of parental involvement on students' attitudes in biology and chemistry and hypothesise that "a greater academic progress can be achieved by students" if their parents have a good influence on them (ibid., p. 8).

Between the pairs of group O statements, the only statistical difference was found between $o21$ (*it is important for my parents that I have good school grades in mathematics*) and $o22$ (*it is important for my parents that I understand mathematics well*). Pupils might feel some difference between the grades received and their understanding of mathematics; however, our results also show that they do not feel a significant difference between understanding mathematics ($o20$) and being able to do it well ($o19$). As discussed in Section 2.3.2, when not advisedly led to noticing the difference, many pupils are not able to spot it and, thus, this result is not surprising.

[16] Adéla's test result was not so hight due to her imprecise drawings and numerical errors.

In contrast to our expectation, there were no differences in the evaluations of the Statements between pupils with different attitudes to mathematics who perceived its difficulty and importance differently. The popularity of mathematics weakly correlates with i_a and i_d, whereas the importance and also the school grade only correlate weakly with i_d. Thus, we may assume that pupils tending to deep understanding perceive mathematics as more difficult, but they often have better school marks and like mathematics more than pupils tending to surface understanding. More difficult subjects tend to be liked less by pupils, but Hrabal and Pavelková (2010) found that 40% of Czech lower-secondary pupils who liked mathematics perceived it as easy (or very easy) but 25% of them perceived it as (very) difficult. This discrepancy, noticed by the authors but not explained, may be caused by different approaches of pupils towards understanding mathematics.

The interview data showed that either the three index levels, or the test results alone do not present a sufficient indicator to describe a pupil's understanding in all cases. It is better to accompany them by the interpretation of other statements from the questionnaire and discussing them with a pupil. Interviews, therefore, seem to be an important part of investigating pupils' perception of their understanding. We can very tentatively conclude that the three sources of information together provided us with a fitting image of a pupil's understanding, so follow-up interviews may be a promising line of future research.

The interviews revealed that pupils scarcely showed signs of contemplating the depth of their understanding. Entwistle and Entwistle (1992) even found that for more mature students (final year at a university) it is extremely difficult to provide an appropriate account of their understanding. In spite of our efforts, most pupils did not show any indication of being aware of their surface understanding, and/or being disquieted by the depth of their understanding mathematics. We may only speculate why. The most apparent reason seems to be that they are not used to distinguishing different levels of understanding and approaching mathematics at different levels at school, and it is therefore difficult for them to do so. Similarly, Usiskin (2015) pointed out that pupils were often not aware of the multidimensionality of understanding a concept if they were not led by a teacher. Some pupils may not have well-developed metacognition and/or metalanguage to think about and describe their state. This may be a problem, as some argue that "metacognition seems to be one of the most important predictors of mathematical performance" (Desoete & De Craene, 2019, p. 565). Some pupils may also be satisfied with their level of understanding, or may have abandoned the thought they could ever understand mathematics in a deeper way, and accordingly do not want to make an effort. Pajares and Usher (2008) express the same idea and support it by a case study, showing that a teacher's approach can change such pupils' mathematics self-efficacy and make them rethink their attitudes.

6 Limitations, implications and conclusions

The results of our research must be seen in the light of several limitations. The first is the size of the sample. The original plan, which could not be implemented due to the coronavirus restrictions, would have provided us with a bigger sample and enabled us to generalise. The factor analysis would also have stronger validity.

When considering our results, the question arises of whether approaching pupils' understanding in terms of surface/deep understanding and strategic approach to it is expedient. In concordance with Kieran (2013), it was confirmed that a dichotomous view of surface and deep understanding is not sufficient. Despite conducting and evaluating multiple pilot studies, the factor analysis revealed other latent variables that influence the pupils' perception of the quality of their understanding. These factors should be further investigated, separately from those variables we have included. Moreover, factors such as pupils' social environment were investigated only marginally in our study and thus our findings must be taken cautiously. The values of the indices for individual pupils should be validated by results from interviews and mainly by the interpretation of group O statements and other items from the questionnaire about school mathematics (described in Novotná, 2020).

When analysing the data, a problem with a subjective perspective in evaluating Likert-scales by individual respondents might arise. This distortion could be avoided, e.g., by using the anchoring vignette technique (Voňková & Hullegie, 2011). Unfortunately, the vignettes were not included in the questionnaire due to its length, which could have discouraged young respondents.

The results would be more robust if we could compare the indices obtained with the teaching style of the mathematics teacher and especially with his/her attitudes towards the quality of understanding (theirs and also the pupils'). This topic is available for further research.

We are aware of some limitations of the calculation of indices, namely that the extent to which individual statements influence the value of the factor may differ depending on the sample, rotation in the factor analysis, etc.

We believe that we brought insight into the under-researched area of pupils' perception of the depth of their understanding mathematics and that the strength of our study lies in the development of a mixed research methodology. The indices i_a, i_d and i_s together with the referential standards (Appendix C) enable us to analyse pupils' attitudes towards their understanding. It transpired that the depth of pupils' own understanding is influenced by other latent factors, too.

We showed that it is convenient to supplement the quantitative results by an interview. As inferred from the questionnaires and test results data and illustrated with our qualitative analysis, pupils may often not be aware of the depth of their understanding and they mix surface and deep understanding. This has implications for teachers.

Finally, our study is particular to the Czech context and includes a limited number of participants. It remains to be seen whether the results are valid more broadly.

Acknowledgment

This work was supported by the Grant Agency of Charles University under Grant (GA UK No 424119).

References

Bandura, A. (1994). Self-efficacy. In V. S. Ramachaudran (Ed.), *Encyclopedia of human behavior* (vol. 4, pp. 71–81). Academic Press. (Reprinted in H. Friedman [Ed.], *Encyclopedia of mental health.* Academic Press, 1998.)

Bartley, S. R., & Ingram, N. (2018). Parental modelling of mathematical affect: Self-efficacy and emotional arousal. *Mathematics Education Research Journal*, *30*, 277–297. https://doi.org/10.1007/s13394-017-0233-3

Behr, M., Lesh, R., Post, T., & Silver, E. (1983). Rational number concepts. In R. Lesh, & M. Landau (Eds.), *Acquisition of mathematics concepts and processes* (pp. 91–125). Academic Press.

Chvál, M. (2013). Změna postojů českých žáků k matematice během školní docházky [Change of attitudes of Czech pupils towards mathematics during school attendance]. *Orbis scholae*, *7*(3), 49–71. https://doi.org/10.14712/23363177.2015.13

Code, W., Merchant, S., Maciejewski, W., Thomas, M., & Lo, J. (2016). The mathematics attitudes and perceptions survey: an instrument to assess expert-like views and dispositions among undergraduate mathematics students. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, *47*(6), 917–937. https://doi.org/10.1080/0020739X.2015.1133854

Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2007). *Research methods in education.* Routledge. https://doi.org/10.4324/9780203029053

Desoete, A., & De Craene, B. (2019). Metacognition and mathematics education: An overview. *ZDM Mathematics Education*, *51*, 565–575. https://doi.org/10.1007/s11858-019-01060-w

Eccles, J. S., & Wigfield, A. (2002). Motivational beliefs, values and goals. *Annual Review of Psychology*, *53*, 109–132. https://doi.org/10.1146/annurev.psych.53.100901.135153

Entwistle, N., & Entwistle, A. (1992). *Developing, revising, and examining conceptual understanding: the student experience and its implications.* Centre for Research on Learning and Instruction, University of Edinburgh.

Garofalo, J., & Lester, F. (1985). Metacognition, cognitive monitoring and mathematical performance. *Journal for Research in Mathematics Education*, *16*(3), 163–176.

Hammann, L. A., & Stevens, R. J. (1998). Metacognitive awareness assessment in self regulated learning and performance measures in an introductory educational psychology course. *Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association* (San Diego, CA, April 13–17, 1998).

Hannula, M. S. (2014). Affect in mathematics education. In S. Lerman (Ed.), *Encyclopedia of mathematics education* (pp. 23–27). Springer.

Hejný, M. (2012). Exploring the cognitive dimension of teaching mathematics through scheme-oriented approach to education. *Orbis scholae*, *6*(2), 41–55. https://doi.org/10.14712/23363177.2015.39

Hejný, M., & Kuřina, F. (2009). *Dítě, škola a matematika: konstruktivistické přístupy k vyučování [Child, school and mathematics: Constructivist approaches to teaching].* Portál.

Hemmings, B., Grootenboer, P., & Key, R. (2011). Predicting mathematics achievement: The influence of prior achievement and attitudes. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 9, 691–705. https://doi.org/10.1007/s10763-010-9224-5

Hiebert, J., & Lefevre, P. (2009). Conceptual and procedural knowledge in mathematics: An introductory analysis. In J. Hiebert (Ed.), *Conceptual and procedural knowledge: The case of mathematics* (pp. 1–27). Routledge.

Hong, S., Yoo, S., You, S., & Wu, C. (2010). The reciprocal relationship between parental involvement and mathematics achievement: Autoregressive cross-lagged modeling. *Journal of Experimental Education*, *78*(4), 419–439. https://doi.org/10.1080/00220970903292926

Hrabal, V., & Pavelková, I. (2010). *Jaký jsem učitel [What kind of a teacher I am]*. Portál.

Ivankova, N. V., Creswell, J. S., & Stick, S. L. (2006). Using mixed-methods sequential explanatory design: From theory to practice. *Field Methods*, *18*(1), 3–20. https://doi.org/10.1177/1525822X05282260

Kieran, C. (2013). The false dichotomy in mathematics education between conceptual understanding and procedural skills: An example from algebra. In Leatham, K. R. (Ed.), *Vital directions for mathematics education research* (pp. 153–171). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-6977-3_7

Kieren, T. (1976). On the mathematical, cognitive and instructional foundations of rational numbers. In R. A. Lesh (Ed.), *Number and measurement. Papers from a research workshop* (pp. 101–150). Columbus, Ohio.

Mareš, J. (1998). *Styly učení žáků a studentů [Learning styles of pupils and students]*. Portál.

Mayring, P. (2015). Qualitative content analysis: Theoretical background and procedures. In A. Bikner-Ahsbahs, Ch. Knipping, & N. Presmeg (Eds.), *Approaches to qualitative research in mathematics education. Examples of methodology and methods* (pp. 365–380). Springer.

Middleton, J. A. (2014). Motivation in mathematics learning. In S. Lerman (Ed.), *Encyclopedia of mathematics education*. Springer.

Muis, K. R., Psaradellis, C., Lajoie, S. P., Di Leo, I., & Chevrier, M. (2015). The role of epistemic emotions in mathematics problem solving. *Contemporary Educational Psychology*, *42*, 172–185. https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2015.06.003

Novotná, G. (2020). *Vnímání kvality vlastního poznání v matematice a jeho souvislost s individuálním doučováním [Perception of the quality of one's own knowledge in mathematics and its connection to private supplementary tutoring]* [Ph.D thesis, Charles University]. http://dspace.cuni.cz/handle/20.500.11956/121355

Novotná, G., & Janda, D. (2021). Jak vybírat úlohy do hodiny a jak sestavit vhodnou taxonomii výukových cílů? [How to choose mathematical tasks and how to use appropriate taxonomy of learning objectives]. In N. Vondrová (Ed.), *Dva dny s didaktikou matematiky 2021. Sborník příspěvků* (pp. 127–130). PedF UK.

Oluwatelure, T. A., & Oloruntegbe, K. (2008). Effects of parental involvement on students' attitude and performance in science. *The Social Sciences*, *3*, 573–577.

Pajares, F., & Graham, L. (1999). Self-efficacy, motivation constructs, and mathematics performance of entering middle school students. *Contemporary Educational Psychology*, *24*(2), 124–139.

Pajares, F., & Usher, E. L. (2008). Self-efficacy, motivation and achievement in school from the perspective of reciprocal determinism. In M. L. Maehr, S. A. Karabenick, & T. C. Urdan (Eds.), *Social Psychological Perspectives* (pp. 391–423). Emerald Group Publishing.

Schöber, C., Schütte, K., Köller, O., McElvany, N., & Gebauer, M. M. (2018). Reciprocal effects between self-efficacy and achievement in mathematics and reading. *Learning and Individual Differences*, *63*, 1–11. https://doi.org/10.1016/j.lindif.2018.01.008

Sierpinska, A. (1994). *Understanding in mathematics*. The Falmer press.

Skemp, R. R. (1991). *Mathematics in the primary school*. Billing & Sons Ltd.

Smetáčková, I. (2018). Obliba školní matematiky a její souvislost s externím hodnocením a sebehodnocením [Preference of school mathematics and its link to external evaluation and self-evaluation]. *Scientia in educatione*, *9*(2), 44–56. https://doi.org/10.14712/18047106.1049

Star, J. R. (2005). Reconceptualizing procedural knowledge. *Journal for Research in Mathematics Education*, *36*(5), 404–411. https://doi.org/10.2307/30034943

Tocci, C., & Engelhard, G. (1991). Achievement, parental support and gender differences in attitudes toward mathematics. *The Journal of Educational Research*, *84*(5), 280–286. https://doi.org/10.1080/00220671.1991.10886028

Ubuz, B., & Aydinyer, Y. (2017). Measuring striving for understanding and learning value of geometry: a validity study. *International Journal of Mathematics Education in Science and Technology*, *48*(7), 1072–1086. https://doi.org/10.1080/0020739X.2017.1327087

Usiskin, Z. (2015). What does it mean to understand some mathematics? In J. C. Sung (Ed.), *The proceedings of the 12th International Congress on Mathematical Education* (pp. 821–842). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-12688-3

Vondrová, N., Rendl, M., Havlíčková, R., Hříbková, L., Páchová, A., & Žalská, J. (2015). *Kritická místa matematiky základní školy v řešeních žáků.* [Critical places of lower secondary mathematics in the solutions of pupils]. Nakladatelství Karolinum.

Voňková, H., & Hullegie, P. (2011). Is the anchoring vignette method sensitive to the domain and choice of the vignette? *Journal of the Royal Statistical Society: Series A (Statistics in Society)*, *173*(3), 597–620. https://www.jstor.org/stable/23013513

Vorhölter, K., Krüger, A., & Wendt, L. (2019). Metacognition in mathematical modeling – an Overview. In S. Chamberlin, & B. Sriraman (Eds.), *Affect in mathematical modeling* (pp. 29–51). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-04432-9_3

Yurt, E. (2014). The predictive power of self-efficacy sources for mathematics achievement. *Education and Science*, *39*(176), 159–169. https://doi.org/10.15390/EB.2014.3443

Zimmerman, B. J. (2000). Self-efficacy: An essential motive to learn. *Contemporary Educational Psychology*, *25*(1), 82–91. https://doi.org/10.1006/ceps.1999.1016

7 Appendices

Appendix A: The perception of one's own quality of understanding statements (translated from Czech)

Surface

- *a*1. It is not my aim to understand how a math solving process emerged (e.g., adding fractions with different denominators).
- *a*2. When I am able to repeat everything (e.g., about multiplying fractions) after the teacher, it means I understand it well.
- *a*3. When solving math tasks, it is sufficient for me to remember the steps of the process (e.g., how to proceed when subtracting two fractions). I don't care why it works.
- *a*4. I understand math when I can solve a task using a solving process I know from school.
- *a*5. It is not my aim to understand how math formulas were created.
- *a*6. I must remember math formulas and solving processes. When I don't remember some, I can't do anything to figure it out.

Deep

- *d*7. When I'm learning something new in math, it's good to look for connections to something I already know (e.g., fractions and decimals).
- *d*8. My aim is not only to solve a task, but also to understand why I solved it like that (e.g., why I have to multiply two fractions).
- *d*9. I'd like to know fractions so well that I would be able to explain everything about them to someone else.
- *d*10. When I don't understand a math assignment, I don't give up and try to get it.
- *d*11. I feel free to ask my math teacher about something to understand the subject matter better.
- *d*12. It is normal to make a mistake when solving a math task during a lesson.

Strategic

- *s*13. Even though it would be enough for a test to learn a solving process by heart, I still try to think about it and understand it properly.
- s14. For a test I only learn individual steps in a sample solution method, if it is enough for passing it.
- *s*15. I try to understand a solving process well, so that I could modify it, if needed.

- $s16$. I prepare at home for a math lesson as carefully as the teacher requires.
- $s17$. I learn only those things which are necessary to pass a test.
- $s18$. I keep thinking during a math lesson only if it is needed.

Other

- $o19$. I think I can do math well.
- $o20$. I think I understand math well.
- $o21$. It is important for my parents that I have good school grades in mathematics.
- $o22$. It is important for my parents that I understand mathematics well.
- $o23$. Our teacher doesn't give us non-standard tasks in a test.
- $o24$. In a test we often get tasks where it is not enough to remember a solving process by heart.

Appendix B: Reliability (Cronbach's alpha) and KMO indices of the Statements

	Cronbach's alpha	KMO
Group A statements	0.63	0.68
Group D statements	0.54	0.71
Group S' statements	0.64	0.73

Appendix C: Descriptive characteristics of indices i_a, i_d and i_s

	i_a	$\lvert i_d \rvert$	i_s
Arithmetic mean	1.43	0.72	1.95
Possible minimum	0.47	0.38	0.59
Achieved minimum	0.55	0.38	0.59
Q1 boundary	1.18	0.52	1.63
Median	1.42	0.68	1.94
Q3 boundary	1.64	0.85	2.31
Achieved maximum	2.36	1.50	2.92
Possible maximum	2.36	1.92	2.92

Appendix D: Distribution of the respondents in quartiles for the indices i_a, i_d and i_s

i_a	i_d	i_s		
Q1	Q4	Q1	25	44
		Q2	15	
		Q3	3	
		Q4	1	
	Q3	Q1	13	29
		Q2	9	
		Q3	6	
		Q4	1	
	Q2	Q1	8	28
		Q2	7	
		Q3	9	
		Q4	4	
	Q1	Q1	4	15
		Q2	0	
		Q3	7	
		Q4	4	

i_a	i_d	i_s		
Q2	Q4	Q1	13	34
		Q2	11	
		Q3	7	
		Q4	2	
	Q3	Q1	9	33
		Q2	12	
		Q3	9	
		Q4	3	
	Q2	Q1	1	21
		Q2	10	
		Q3	7	
		Q4	3	
	Q1	Q1	2	20
		Q2	4	
		Q3	6	
		Q4	8	

i_a	i_d	i_s		
Q3	Q4	Q1	8	23
		Q2	8	
		Q3	7	
		Q4	0	
	Q3	Q1	8	31
		Q2	6	
		Q3	12	
		Q4	5	
	Q2	Q1	7	34
		Q2	9	
		Q3	5	
		Q4	13	
	Q1	Q1	3	29
		Q2	3	
		Q3	6	
		Q4	16	

i_a	i_d	i_s		
Q4	Q4	Q1	4	14
		Q2	5	
		Q3	2	
		Q4	3	
	Q3	Q1	3	16
		Q2	4	
		Q3	8	
		Q4	1	
	Q2	Q1	2	46
		Q2	6	
		Q3	18	
		Q4	20	
	Q1	Q1	1	34
		Q2	1	
		Q3	7	
		Q4	25	

Vlastnosti úloh z organické chemie a biochemie vyplývající z položkové analýzy oborového testu z chemie v rámci přijímacího řízení na Přírodovědeckou fakultu Univerzity Karlovy

The qualities of tasks in organic chemistry and diochemistry based on the analysis of entrance procedure at the Faculty of Science, Charles University

Martin Šrámek[1,*], Milada Teplá[2]

[1] Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova, Albertov 6, 128 00 Praha 2; sramekm123@gmail.com
[2] Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova, Hlavova 2030/8, 128 00 Praha 2

Článek představuje výsledky položkové analýzy oborových testů z chemie zadávaných pro účely přijímacího řízení na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy v letech 2016 až 2019 a navazuje na dříve publikované články zaměřené na obecnou a anorganickou chemii. Cílem zkoumání byla identifikace nejvíce obtížných úloh pro uchazeče o studium a rovněž necitlivých úloh, tj. takových, které nedostatečně rozlišovaly úspěšné uchazeče od uchazečů neúspěšných. Obtížné úlohy byly identifikovány na základě vypočtení indexu obtížnosti. Necitlivé úlohy byly stanoveny na základě výpočtu koeficientů ULI(1/2) a RIR.
Výsledky položkové analýzy odhalily, že v rámci organické chemie a biochemie byly pro uchazeče obtížné úlohy ze čtyř okruhů (reakce v organické chemii, konstituce látek a izomerie, klasifikace organických látek, enzymy). Necitlivé úlohy byly detekovány u sedmi témat, která obsahovala alespoň jednu necitlivou položku (např. kyselost a zásaditost organických látek, vzorce v biochemii, biochemické reakce, ...). Necitlivost úlohy často souvisela s vysokým počtem kroků nutných k jejímu úspěšnému vyřešení.

Klíčová slova:
biochemie,
organická chemie,
položková analýza,
obtížnost položky,
citlivost položky.

Zasláno 5/2022
Revidováno 10/2022
Přijato 11/2022

This article introduces results of item analysis of chemistry tests used as a part of the admission procedure at the Faculty of Science, Charles University, between 2016 and 2019. This paper focuses on organic chemistry and biochemistry as it follows already published papers focusing on general and inorganic chemistry. The aim of the research was to determine which tasks were the most troublesome for applicants and those with a low discrimination index. The troublesome tasks were found based on the calculation of difficult indexes whereas the item discrimination index was represented by ULI(1/2) and RIR coefficients.
The results of the item analysis showed that there are four topics containing troublesome tasks in organic chemistry and biochemistry (reactions in organic chemistry, isomery and constitution of compunds, classification in organic chemistry and enzymes). Additionally, the analysis revealed five topics containing items with a low discrimination index (for example: acidity and basicity of organic compounds, formulae in biochemistry, biochemical reactions, ...). Further analysis showed that in many cases, the dicsrimination index of the item decreased with a number of steps necessary for succeeding in the task.

Key words:
biochemistry,
organic chemistry,
item analysis,
item difficulty,
item discrimination.

Received 5/2022
Revised 10/2022
Accepted 11/2022

1 Úvod

Přijímací zkoušky na vysokou školu jsou zlomovým momentem pro studenty, kteří se na školu hlásí. Studenti jsou na jednotlivé vysoké školy přijímáni na základě různých kritérií – např. na základě průměru některých známek ze střední školy, oborového testu, testu obecně studijních předpokladů, popř. na základě jiných podkladů, resp. kombinací výše uvedených možností (Žoudlík, 2009). V případě využití oborových testů v rámci přijímacího řízení lze jejich výsledky využít nejen k výběru vhodných, ale rovněž pro zmapování úrovně osvojených poznatků na střední škole. Vyučující na vysokých školách následně mohou ve své výuce navazovat na předchozí fáze vzdělávání a rovněž se specificky zaměřit na pomoc s překováním překážek, které studenty vysokých škol ve studiu čekají. Jednou z možností je zařazování úloh, s jejichž způsobem zadání se žáci již dříve setkali. Výzkum Adesope et al. (2017) a Yang et al. (2019) prokázal, že v rámci opakování má zařazování takových úloh největší efekt na dosažené dovednosti žáků. Pro obory, ve kterých je vysoký podíl neúspěšných studentů, kteří studium nedokončí, může být obdobný přístup zásadní (Pikálková et al., 2014; Ross, 2016). Cílem tohoto výzkumu je odhalit obtížné partie středoškolské chemie za účelem zmapování úrovně získaných poznatků z předchozích stupňů vzdělání

a rovněž identifikace necitlivých úloh za účelem zvýšení kvality výběru uchazečů o studium na vysoké škole v následujících letech.

Prezentovaný výzkum byl zaměřen na vzdělávací obor Chemie, jehož studium je nabízeno na řadě vysokých škol v podobě odborných studijních programů (např. Biochemie, Chemie životního prostředí ad.) či programů zaměřených na přípravu budoucích učitelů předmětu chemie. Obě zmíněné skupiny studijních programů jsou nabízeny např. na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy (dále jen PřF UK), kde proběhl tento výzkum.

Prezentovaná studie byla zaměřena pouze na položkovou analýzu přijímacího testu jako jednoho možného prediktoru akademické úspěšnosti, a to pouze na položkovou analýzu úloh spadající do oblasti organické chemie a biochemie. Studie úzce navazuje a svým zaměřením doplňuje již hotové analýzy zaměřené na analýzu výsledků přijímacích testů ve vztahu k obecné chemii (Šrámek & Teplá, 2021a), tak ve vztahu k anorganické chemii (Šrámek & Teplá, 2022).

2 Teoretická východiska

2.1 Východiska pro obsah přijímacího řízení na PřF UK

Přijímací řízení by mělo mít co nejvyšší možnou predikční validitu, tj. schopnost predikovat akademický úspěch daného uchazeče, tj. zda student dokončí zdárně první ročník studia, eventuálně dané studium jako celek (Brown, 2003). Přijímací řízení formou pouze jednoho oborového testu (z chemie, biologie či matematiky) je od akademického roku 2017/2018 také využíváno pro výběr vhodných uchazečů o studijní program Chemie na PřF UK. Oborový test si jednotliví uchazeči mohou zvolit v závislosti na profilu studijního oboru, na který se hlásí. Náplň jednotlivých oborových testů je specifikována následovně: *Obsahová náplň odborného testu z Biologie, Chemie, Geografie, Matematiky, Základní orientace v problematice obyvatelstva a ústní zkoušky ze Základní orientace v přírodních vědách vychází z platných učebnic pro gymnázia vydaných v ČR, případně z rámcových vzdělávacích programů pro gymnázia a z platných kurikulárních dokumentů* (PřF UK, 2021). O obdobném přístupu v zahraničí svědčí i další publikace poukazující na nezastupitelnost středoškolských učebnic v přípravě na přijímací řízení na vysokou školu. Zároveň však dodávají, že obsah těchto učebnic by měl odpovídat probíranému učivu ve škole (American Educational Research Association, 2014) i aktuálně platným kurikulárním dokumentům (Driessen et al., 2007). Informace o středoškolském prospěchu uchazeče se v aktuálních podmínkách přijímacího řízení na PřF UK již nevyžaduje, a to navzdory závěrům výzkumu Rubešové (2009), která v závěrech své práce popsala přínos zohlednění dosaženého středoškolského prospěchu v přijímacím řízení. Do roku 2017 byla na PřF UK využívána kombinace testu obecně studijních předpokladů (OSP), avšak s ohledem na předchozí studie je přínos testu OSP diskutabilní (Berger, 2012; Škaloudová, 2003; Šrámek & Teplá, 2020; Štuka, 2012; Žoudlík, 2009). S ohledem na skutečnost, že středoškolský prospěch ani výsledek testu OSP u vedených uchazečů není dostupný, byl tento výzkum zaměřen na zvýšení kvality oborového testu z chemie.

2.2 Analýza oborového testu z chemie se zaměřením na organickou chemii a biochemii – výsledky dosavadních studií

Za účelem zvýšení kvality přijímacího řízení byly provedeny analýzy oborových testů na vysoké školy. V oblasti chemie provedly výzkum např. Jedličková (2007), Martincová (2001) a Štefanová (2007). K dosažení uvedeného cíle využily všechny výše uvedené autorky položkovou analýzu, na jejímž základě interpretovaly zjištěné poznatky. V rámci organické chemie a biochemie byly publikovány následující závěry.

Mezi úlohy **s nízkým indexem obtížnosti** (pro uchazeče obtížné úlohy) patří úlohy zaměřené na: (i) reakce v organické chemii (Martincová, 2001); (ii) biochemické reakce (Martincová, 2001); (iii) početní úlohy v biochemii (Štefanová, 2007), (iv) izomerii (Martincová, 2001) a (v) enzymy (Martincová, 2001). Na druhou stranu mezi úlohy s **vysokým indexem obtížnosti** (pro uchazeče nejméně obtížné úlohy) patří (i) základní pojmy v organické chemii (Martincová, 2001) či (ii) elementární organické reakce (Jedličková, 2007). U některých oblastí chemie uvádí Martincová (2001) značnou variabilitu obtížnosti položky v závislosti na konkrétním úkolu a jeho formulaci. V organické chemii a biochemii zaznamenala tyto trendy ve dvou oblastech: (i) klasifikace organických sloučenin a (ii) klasifikace chemických reakcí. Na souvislost indexu obtížnosti s konkrétním úkolem, jeho formulací a taktéž počtem kroků nutných k vyřešení úlohy poukazuje též Cowan (2001), Miller (1956) či Čipera et al. (1985).

Problematika úloh a obsahu přijímacího testu z chemie byla řešena i v zahraničí – na organickou chemii se zaměřila např. Ealy (2018). Autorka vychází z více než desítky předchozích studií zaměřených na organickou chemii zabývající kapitolami organické chemie, které jsou pro uchazeče na VŠ, popř. pro VŠ studenty obtížné. Krom vytýčení obtížných témat se práce zaměřuje také na skutečnost, zda

obtížnost jednotlivých témat nepramení z nedostatečného pochopení některých konceptů obecné chemie. Ealy (2018) uvádí čtyři témata obtížná pro studenty, jmenovitě: (i) reakční mechanismy v organické chemii, (ii) kyselost a zásaditost organických látek, (iii) struktura chemických látek a (iv) stereochemie. Za potenciální příčiny vysoké obtížnosti jednotlivých témat Ealy (2018) označuje nedostatečné pochopení některých konceptů a z nich plynoucích důsledků – např. (i) rozložení valenčních elektronů; (ii) polarita vazby, (iii) hybridizace, (iv) kyselost a zásaditost látek na základě struktury látky a (v) predikce produktů chemické reakce. Některé z uvedených závěrů byly rovněž zachyceny v českém prostředí – např. Martincová (2001) poukazovala na nedostatečné pochopení pojmu volný elektronový pár či pokles indexu obtížnosti v úlohách, kde je nutné určit produkty chemických reakcí (oproti úlohám, kde jsou produkt reakce zadané).

Na položkovou analýzu úloh z chemie byly zaměřeny tři studie autorů Thorat (2019), Sonone et al. (2019) a Desai a Shah (2019). Všechny uvedené studie obsahovaly pouze statistické údaje jednotlivých testových položek, nikoliv však zadání jednotlivých úloh či téma jednotlivých položek, což znemožňuje srovnání po obsahové stránce.

3 Cíle a výzkumné otázky

S ohledem na skutečnost, že tento článek navazuje na dříve publikované dílčí výsledky z oblasti obecné chemie (Šrámek & Teplá, 2021a) a anorganické chemie (Šrámek & Teplá, 2022), byly pro zachování uniformity publikovaných výsledků zachovány analogické cíle i výzkumné otázky. Hlavním cílem prezentované studie bylo zmapovat neobtížnější úseky z učiva organické chemie a biochemie na úrovni střední školy plynoucí z analýzy oborového testu chemie zadávaného na PřF UK v letech 2016 až 2019 a tím na výsledky dříve realizovaných studií. Druhým neméně důležitým cílem bylo zjistit, které úlohy z oblasti organické chemie a biochemie nejméně přispívaly k výběru úspěšných uchazečů na PřF UK (tedy byly nejméně citlivé). Výsledky analýzy budou reflektovány při tvorbě oborových testů z chemie použitých v rámci přijímacího řízení.

Vzhledem k výše vymezeným cílům studie byly stanoveny následující výzkumné otázky:

1. Které úlohy z organické chemie a biochemie zařazené do oborového testu byly obtížné pro uchazeče o studium na PřF UK?
2. Které úlohy z organické chemie a biochemie zařazené do oborového testu nedostatečně rozlišovaly úspěšné a neúspěšné uchazeče o studium na PřF UK?
3. Které úlohy z organické chemie a biochemie zařazené do oborového testu vykazovaly dostatečnou citlivost a zároveň adekvátní obtížnost?

4 Metodologie

Jelikož tento článek představuje pouze dílčí výsledky výzkumu, shoduje se metodologie s již dříve publikovanými články (Šrámek & Teplá, 2021a; Šrámek & Teplá, 2022). Výzkumný vzorek byl tvořen 1 780 uchazeči o studijní obor Chemie. Výzkumnými nástroji bylo 8 oborových testů z chemie zadaných v řádných termínech přijímacího řízení v letech 2016 až 2019 (viz tab. 1). Každý test obsahoval 30 uzavřených úloh s výběrem jedné správné odpovědi ze čtyř nabízených alternativ. Přibližně 40 % až 47 % z celkového počtu úloh bylo zaměřených na organickou chemie a biochemii (12–14 položek). Aby bylo možné zodpovědět výše stanovené výzkumné otázky, byla u každého testu provedena položková analýza úloh z organické chemie a biochemie. Dále byly určeny následující parametry – úspěšnost, koeficient ULI(1/2), koeficient RIR pro jednotlivé úlohy a reliabilita jednotlivých testů vyjádřena prostřednictvím koeficientu Cronbachova alfa (Chráska, 1999; Chvál et al., 2015; Varma, 2020). Koeficienty citlivosti byly vybrány v souladu s doporučeními Vejražky a Štuky (2021), kteří uvádí, že koeficient ULI(1/2) velmi dobře vypovídá o citlivosti úlohy. Autoři dále uvádí koeficienty RIR a RIT jako vhodné koeficienty pro výpočet citlivosti. Koeficient RIT je definován jako bodově-biseriální koeficient mezi skórem položky a celkového

Tab. 1: Pro jednotlivé varianty testu jsou vedeny počty absolvujících uchazečů, reliabilita testu a počet úloh z organické chemie a biochemie

Verze testu	2016A	2016B	2017A	2017B	2018A	2018B	2019A	2019B	Celkem
Počet uchazečů	219	220	230	221	238	213	223	216	1 780
Reliabilita testu	0,678	0,776	0,741	0,729	0,657	0,698	0,761	0,748	0,678
Počet úloh z organické chemie a biochemie	14	14	14	14	14	14	14	12	110

testu. Koeficient RIR je však vhodnější, jelikož pro výpočet koeficientu RIR dané úlohy není uvažován příspěvek dané úlohy k celkové korelaci, a tudíž je koeficient RIR ve srovnání s RIT přesnější (Vejražka & Štuka, 2021).

Vzhledem ke skutečnosti, že podkladem pro tvorbu oborových testů zadávaných na PřF UK slouží běžně dostupné středoškolské učebnice chemie a též Rámcový vzdělávací program pro gymnázia (PřF UK, 2021), bylo pro stanovení obsahové validity zkoumáno zařazení konkrétních témat organické chemie a biochemie v Rámcovém vzdělávacím programu pro gymnázia (RVP G) (MŠMT, 2007) a též ve středoškolských učebnicích chemie. Z toho důvodu bylo provedeno rovněž srovnání obsahu oborových testů s obsahem středoškolských učebnic chemie, které Huvarová (2010) ve svém výzkumu označila za nejčastěji užívané, dále jen běžné středoškolské učebnice. Konkrétně se jednalo o učebnice autorů: Mareček a Honza (2005a), Mareček a Honza (2005b), Vacík et al. (1999) a Benešová et al. (2002). Obsahová komparace byla provedena též z důvodu, že lze předpokládat, že žáci středních škol právě ze středoškolských učebnic čerpají své poznatky při přípravě na přijímací řízení.

Konstruktová validita úloh je u přijímacího testu na PřF UK stanovována expertním panelem, který se skládá ze tří tvůrců testů, a dále jedním až dvěma kontrolory. Experti mj. posuzují proveditelnost, čtivost, konzistenci stylu, či jasnost vyjadřování (Taherdoost, 2016).

4.1 Metoda stanovení obtížných úloh

Aby bylo možné zodpovědět první výzkumnou otázku, byla pomocí položkové analýzy úloh stanovena jejich obtížnost. Ta byla vyjádřena jako podíl uchazečů, kteří úspěšně vyřešili danou úlohu, a celkového počtu uchazečů (Chvál et al., 2015). Za **obtížnou úlohu** byla následně považována taková položka, v níž byla úspěšnost uchazečů méně než 30 %. Hranice úspěšnosti 30 % byla zvolena s ohledem na skutečnost, že všechny úlohy byly uzavřenými úlohami, kdy uchazeč volil správnou odpověď z právě čtyř alternativ, z čehož plyne, že pouhým hádáním lze dosáhnout statistické úspěšnosti 25 %.

Aby bylo možné určit, které tematické celky (témata) z organické chemie a biochemie byly pro uchazeče nejvíce náročné, byla každá obtížná úloha následně zařazena do příslušných témat z oblasti organické chemie či biochemie. V případě, že úspěšnost úloh spadajících do daného tematického celku nepřesahuje 30 %, je tento celek označen jako **obtížné téma**. V případě, že úspěšnost alespoň jedné úlohy v daném tematickém celku dosahuje nižší hodnoty než 30 % a zároveň daný tematický celek obsahuje úlohy s průměrnou úspěšností převyšující 30 %, je tento okruh úloh označen jako **potenciálně obtížné téma**. Na zbývající témata lze nahlížet jako témata s adekvátní či nižší obtížností (resp. adekvátní či vyšší úspěšností), jelikož úspěšnost ve všech úlohách převyšovala 30 % dle Šrámka a Teplé (2021b). Pro přehled uvádíme seznam témat níže:

i) reakce v organické chemii;
ii) konstituce a izometrie látek;
iii) klasifikace organických látek;
iv) kyselost a zásaditost organických látek;
v) estery glycerolu;
vi) aromatický charakter látek;
vii) názvosloví v organické chemii;
viii) druhy chemické vazby;
ix) praktické využití organických látek
x) interpretace výsledků a složení analýzy látky;
xi) kombinované úlohy;
xii) enzymy;
xiii) vzorce v biochemii;
xiv) biochemické reakce;
xv) hydrolýza;
xvi) výpočty v biochemii;
xvii) peptidová vazba;
xvii) energie v sacharidech;
xix) translace.

4.2 Metoda stanovení úloh nedostatečně rozlišujících úspěšné uchazeče od uchazečů neúspěšných

Aby bylo možné zodpovědět druhou výzkumnou otázku, byla u každé úlohy vypočtena její citlivost, která vyjadřuje míru, kterou úloha rozlišuje úspěšné a neúspěšné uchazeče. K vyjádření této míry byly použity koeficienty ULI(1/2) a RIR. Koeficient ULI(1/2) byl vypočten následovně: Uchazeči řešící danou úlohu byli rozděleni na dvě stejně velké skupiny dle celkového skóre dosaženého v daném testu. Pro každou skupinu byl vypočten index obtížnosti dané úlohy. Rozdíl těchto hodnot je následně roven právě koeficientu ULI(1/2) (Chvál et al., 2015). Koeficient RIR byl u každé úlohy určen tak, že byl vypočítán korelační koeficient mezi bodovým ziskem každého uchazeče v dané položce a jeho celkovým počtem v testu bez započtení bodů za danou položku (Chvál et al., 2015).

Pro účely prezentované studie byla úloha považována za **citlivou**, jestliže v případě výpočtu koeficientu ULI(1/2) došlo k naplnění jedné z následujících podmínek: (i) obtížnost úlohy je mezi 0,2 až 0,3 a zároveň hodnota vypočteného koeficientu ULI(1/2) je vyšší nebo rovna 0,15; (ii) obtížnost úlohy je mezi 0,3 až 0,7 a zároveň hodnota vypočteného koeficientu ULI(1/2) je vyšší nebo rovna 0,25 a (iii) obtížnost úlohy je mezi 0,7 až 0,8 a zároveň hodnota vypočteného koeficientu ULI(1/2) je vyšší nebo rovna 0,15 (Chráska, 1999). Při využití koeficientu RIR je za citlivou úlohu považována taková, jejíž hodnota tohoto koeficientu byla alespoň 0,15 s tím, že citlivé úlohy vykazují koeficient RIR vyšší než 0,25 (Varma, 2020). Citlivost byla ve spojitosti s jejich úspěšností odstupňovaná, neboť u úloh s úspěšností do 30 % bývá v literatuře snížen požadavek na koeficienty citlivosti (ULI(1/2) a RIR) s ohledem na jejich zvýšenou náročnost (Chráska, 1999; Varma, 2020).

Úloha byla považována za **necitlivou**, jestliže hodnota obou koeficientů citlivosti (ULI(1/2) a zároveň RIR) byla nedostatečná dle výše uvedených kritérií. Každá úloha, která byla shledána jako necitlivá, byla následně zařazena do tematického celku z oblasti organické chemie a biochemie, aby mohly být predikovány důvody její necitlivosti. V tomto případě byly rovněž posuzovány všechny položky, které svým zaměřením spadaly do daného tematického celku v případě, že daná úloha nebyla v daném tematickém celku jediná.

4.3 Metoda stanovení s obtížností a citlivostí vhodné pro účely přijímacího řízení

Aby bylo možné zodpovědět třetí výzkumnou otázku, byla opět pomocí položkové analýzy úloh stanovena jejich obtížnost a citlivost. Za dostatečně citlivé úlohy s adekvátní obtížností byly označeny úlohy s úspěšností mezi 30 % a 80 % (tedy úlohy ne příliš obtížné, a ne příliš snadné) a zároveň se jedná o úlohy, které na základě definice uvedené v kapitole 4.2 lze označit jako citlivé.

5 Výsledky a diskuze

Kapitola je rozdělena do tří částí. V první části jsou představeny tematické celky obsahující obtížné úlohy, ve druhé části tematické celky obsahující necitlivé úlohy a ve třetí části tematické celky obsahující úlohy s obtížností a citlivostí vhodné pro účely přijímacího řízení. Výsledky studie bohužel nemohou být porovnány se zahraničními zdroji, jelikož Thorat (2019), Sonone et al. (2019) a Desai a Shah (2019) shodně uvádí pouze statistické údaje jednotlivých testových položek, nikoliv však zadání jednotlivých úloh či téma jednotlivých položek.

5.1 Stanovení obtížných úloh

Položková analýza úloh z organické chemie a biochemie odhalila 5 úloh, jejichž úspěšnost byla nižší než 30 %. Tyto úlohy lze přiřadit k následujícím kapitolám:

i) reakce v organické chemii (2 úlohy);
ii) konstituce látek a izomerie (1 úloha);
iii) klasifikace organických látek (1 úloha);
iv) enzymy (1 úloha).

Jelikož průměrná úspěšnost v jednotlivých tematických celcích převyšuje 30 %, jedná se o potenciálně-problematická témata.

V analyzovaném souboru testových položek bylo celkem 29 úloh zaměřených na **reakce v organické chemii** – dvě z těchto úloh byly obtížné, další dvě úlohy vykazovaly sníženou citlivost. Ve zbývajících 25 úlohách dosahovala úspěšnost i citlivost hodnoty přijatelné pro účely přijímacího řízení. **První obtížná úloha** s úspěšností 22 % se zaměřovala na jodoformovou reakci – výběr dvojice látek, ze kterých vzniká jodoform. Poměrně nízké úspěšnosti 34 % dosahovala i jiná úloha také zaměřená na jodoformovou reakci –

výběr alkoholu, který dává pozitivní jodoformovou reakci. Koeficienty citlivosti ležely na intervalu 0,08 až 0,27, tedy jedna úloha je necitlivá, ve druhém případě je citlivost snížená (omezená). S přihlédnutím k obsahu běžně užívaných učebnic středoškolské chemie doporučujeme úlohy zaměřené na jodoformovou reakci do přijímacích testů nezařazovat. Ve **druhé obtížné úloze** byla úspěšnost 27 % a koeficienty citlivosti 0,20, resp. 0,21 (snížená citlivost). Úloha se zaměřovala na určení produktu slovně zadané reakce halogenderivátu s alkoxidem. Ačkoliv je obdobná reakce uvedena v některých běžných učebnicích středoškolské chemie – např. Vacíkovi et al. (1999), doporučujeme analogické reakce do přijímacího řízení nezařazovat, popř. doplnit slovní zadání vzorci, což by mohlo dle Martincové (2001) vést ke snížení obtížnosti úlohy. Vzhledem k vysokému počtu položek s adekvátní úspěšností i citlivostí (25 z 29), nelze tematický celek reakce v organické chemii označit za obtížný. S ohledem na RVP G lze obdobné úlohy přiřadit ke vzdělávacímu obsahu chemická vazba a vlastnosti látek.

Třetí obtížná úloha v rámci analyzovaných testů spadala do tematického celku **konstituce látek a izomerie**. Úloha se zaměřuje na určení počtu konstitučních izomerů k dané látce. Úspěšnost v úloze činila 29 %, citlivost byla dostatečná (ULI(1/2) = 0,21, RIR = 0,15). Analyzované testy obsahovaly 3 obdobné úlohy, jejichž úspěšnost byla nejvýše 45 %, a tudíž je tento typ úlohy pro uchazeče náročný. Další typy úloh (výběr vzorce jednoznačně určující konstituci látky; výběr dvojic konstitučních izomerů, výběr vlastnosti pouze jednoho z izomerů, nalezení chirálního uhlíku) jsou přiměřeně obtížné (31 %–76 %) a citlivé (0,17–0,47). Nejvyšší úspěšnost byla zaznamenána u úloh s výběrem vzorce jednoznačně určujícího konstituci látky (71 %, resp. 76 %), ve zbývajících úlohách byla úspěšnost nejvýše 47 %. Obecně lze považovat většinu úloh zaměřující se na izomerii jako spíše náročné, avšak citlivé. Výrazně vyšší úspěšnost (avšak stále vysokou citlivost) mají úlohy zaměřené na výběr jednoznačné konstituce látek. Z dříve uskutečněných výzkumů zmiňuje izomerii Martincová (2001), která dané téma obecně označuje jako náročné, což se liší od závěrů výzkumu Tvarohové (2016). Výzkum Tvarohové (2016) uvádí, že nalezení chirálního uhlíku či rozhodnutí o chiralitě látky nečiní žákům obtíže stejně jako konformační izomerie. Přibližně 13 % dotázaných vyučujících uvedlo, že určení *cis/trans* izomerů je pro žáky středních škol náročné. Běžné středoškolské učebnice uvádí dané téma a vzhledem k RVP G lze obdobné úlohy přiřadit k následujícím okruhům učiva: (i) uhlovodíky a jejich klasifikace a (ii) deriváty uhlovodíků a jejich klasifikace. Na základě uvedených informací lze doporučit obdobné úlohy do přijímacího řízení.

Čtvrtá obtížná úloha je zaměřena na **klasifikaci organických látek**. Úloha zaměřena na klasifikaci nitroglycerátu vykazovala úspěšnost těsně pod hranicí 30 %, zato však velmi dobrou citlivost – ULI(1/2) = 0,26; RIR = 0,25. V rámci tematického celku se jednalo o jedinou úlohu, která byla zadána slovně (bez využití vzorců), což mohlo snižovat úspěšnost v této úloze. Úspěšnost v dalších třech obdobných úlohách dosahovala 64 % až 91 %. Na základě obdržených dat lze potvrdit tvrzení Martincové (2001), která uvádí, že úspěšnost úlohy závisí na konkrétním zadání, což odpovídá závěrům naší práce. V obecné rovině lze všechny úlohy z tohoto okruhu považovat za vhodné – úspěšnost v úloze je možné zvýšit uvedením vzorců (namísto názvů) konkrétních látek. Ve vztahu k RVP G lze tyto úlohy zařadit k okruhu deriváty uhlovodíků a jejich klasifikace.

Pátá obtížná úloha se spolu s dalšími 7 položkami zaměřuje na **enzymy**, konkrétně na zařazení dané reakce do příslušné třídy či skupiny enzymů. Úkolem uchazečů v obtížné úloze bylo rozhodnout, který ze čtyř nabízených procesů katalyzují enzymy glykosidasy. Úspěšnost v položce dosahovala 28 %, koeficienty citlivosti rovněž poukazovaly na omezenou citlivost – ULI(1/2) = 0,19, RIR = 0,15. Domníváme se, že nízkou úspěšnost i citlivost položky mohl způsobit nevhodný distraktor – *„syntézu glykosidů“*, který byl zvolen 59 % uchazeči. Je možné se domnívat, že se jedná o chybné použití vylučovací metody, kdy alternativa *„syntézu glykogenu“* je vyloučena, neboť nevzniká sacharid. Zároveň jsou další dvě alternativy vyloučeny (*„hydrolýza sacharidů“* a *„izomerace glykosidů“*), neboť uchazeči chybně předpokládají, že by název enzymu musel obsahovat slovo *„izomeráza“*, resp. *„hydroláza“*, což nabízené odpovědi neobsahovaly, a tudíž chybnou aplikací vylučovací metody došly k odpovědi *„syntézu glykosidů“*, která byla volena častěji horní polovinou uchazečů než dolní (dle jejich celkové úspěšnosti v testu), což poukazuje na nutnost náhrady tohoto distraktoru. Ačkoliv Martincová (2001) uvádí obdobné úlohy jako úlohy s nízkou úspěšností, byla tato vlastnost prokázána pouze u jedné z osmi úloh. Většinu úloh však lze doporučit k dalšímu použití v přijímacím řízení. Ve vztahu k RVP G lze uvedené úlohy přiřadit k okruhu učiva enzymy, vitamíny a hormony.

5.2 Stanovení úloh s nedostatečnou citlivostí

Analýza úloh odhalila celkem 10 necitlivých položek, popř. položek se sníženou citlivostí. Tyto úlohy byly přiřazeny do následujících tematických celků:

i) reakce v organické chemii (1 úloha);
ii) kyselost a zásaditost organických látek (1 úloha);
iii) estery glycerolu (1 úloha)

iv) vzorce v biochemii (1 úloha);
v) biochemické reakce (2 úlohy);
vi) hydrolýza (1 úloha);
vii) výpočty v biochemii (3 úlohy).

Vzhledem ke skutečnosti, že první téma bylo diskutováno v části 5.1, věnujeme se v této kapitole zbývajícím 6 tématům obsahující necitlivé položky. Druhý tematický celek **kyselost a zásaditost organických látek** obsahuje 4 úlohy, z nichž 2 byly necitlivé. Úspěšnost v této úloze činila 33 % a koeficienty citlivosti nabývaly dokonce záporných hodnot. V úloze měli uchazeči vybrat z nabídky 4 látek (zadaných názvem, nikoliv vzorcem) sloučeninu, která je nejsilnější zásadou. Úloha obsahovala jeden nevhodný distraktor – *„diethylamin“*. Domníváme se, že část uchazečů byla zmatena skutečností, že ve správné odpovědi *„triethylamin“* není žádný vodík přímo vázán na dusík, a tudíž část uchazečů neuvažovala bazicitu volného elektronového páru na atomu dusíku. Tuto úlohu by bylo vhodné pro případné další využití upravit. Jednou z možných úprav může být nahrazení názvů sloučenin vzorci, což by mohlo snížit náročnost této úlohy, neboť zkoumaná vlastnost může být odvozena na základě struktury látky. Citlivost i náročnost jednotlivých položek spadajících do tohoto tematického celku může být ovlivněna i skutečností, že při řešení úloh je nutné využít rovněž poznatky z obecné chemie, jak uvádí zahraniční studie, např. Ealy (2018) a Nedungadi et al. (2019). Přitom právě elektronová konfigurace je potenciálně problematickým tématem (Šrámek & Teplá, 2021a), a tudíž např. již určení počtu volných elektronových párů částice může části uchazečů činit problémy. Z tohoto důvodu úlohy navazující na tyto poznatky rovněž vykazují nízkou úspěšnost. Dle závěrů Martincové (2001) lze usuzovat, že úspěšnost v řešení uvedené položky může být snížena jednak vysokým počtem kroků nutných k vyřešené dané úlohy, jednak nepochopením základních pojmů užívaných ve spojitosti s chemickou vazbou – např. volný elektronový pár. Autorka rovněž poukazuje na zvýšení úspěšnosti úloh, pokud jsou v zadání uvedeny vzorce (oproti slovnímu zadání). Na závěry Martinové (2001) navázala Tvarohová (2016), která uvádí kyselost a hydrolýzu organických látek za problematické téma. Na základě dat a závěrů dřívějších studií lze doporučit, aby součástí zadání byly i vzorce látek, což může vést ke zvýšení úspěšnosti v položkách a zvýšení jejich citlivosti. S ohledem k RVP G lze obdobné úlohy přiřadit k okruhu učiva chemická vazba a vlastnosti látek.

Třetí tematický celek **estery glycerolu** obsahoval dvě úlohy se shodným kmenem, avšak různým pořadím nabízených alternativ. Úkolem uchazeče bylo vybrat společnou vlastnost dvou látek zadaných vzorci. V případě zařazení úlohy jako 22. položku (z celkově 30) dosahovaly koeficienty citlivosti nedostatečných hodnot (ULI(1/2) = 0,17; RIR = 0,11), zatímco v případě zařazení úlohy do testu jako úlohu č. 7 byly hodnoty koeficientů citlivosti vyhodnoceny jako velmi vysoké (ULI(1/2) = 0,34; RIR = 0,32). Domníváme se, že pořadí položky v testu spolu s pořadím nabízených alternativ ovlivňovalo vlastnosti úlohy, avšak v rámci analyzovaných testů nebyla závislost úspěšnosti či citlivosti na pořadí položky v testu potvrzena. Tento závěr je v rozporu se výstupy Martincové (2001), která naopak tuto závislost potvrdila. Ve vztahu k RVP G lze tuto úlohu a její variace přiřadit k okruhu učiva chemická vazba a vlastnosti látek a s ohledem na zjištěné parametry úloh lze tyto úlohy doporučit pro přijímací řízení.

Čtvrtý tematický celek **vzorce v biochemii** obsahující necitlivé položky je tvořen 5 úlohami zaměřujících se na pojmenování biomolekuly, z nichž pouze jedna položka byla necitlivá. Úkolem uchazeče bylo pojmenovat vzorec molekuly adenosinmonofosfátu. Ačkoliv byla úspěšnost v úloze 79 %, citlivost položky byla nedostatečná (0,06, resp. 0,08). Úloha obsahovala jeden nevhodný distraktor *„dAMP“*. Příčinou nevhodnosti distraktoru může být skutečnost, že někteří uchazeči se na střední škole se zkratkou dAMP nesetkali a tudíž neví, co znamená ve zkratce písmeno „d“. Dalším možným vysvětlením je, že nevhodný distraktor byl jedinou alternativou uvedenou pouze zkratkou, nikoliv celým názvem, a proto jej uchazeči zvolili. Na základě analyzovaných úloh lze obdobné úlohy doporučit k přijímacímu řízení, avšak s pouze využitím biosloučenin a jejich označením vyskytujících se v běžných středoškolských učebnicích. Ve vztahu k RVP G lze obdobné úlohy přiřadit k okruhu učiva nukleové kyseliny.

Pátý tematický celek **biochemické reakce** obsahující necitlivé položky je tvořen 6 úlohami zaměřujících se na pojmenování reaktantů a produktů biochemické reakce zadané pomocí chemické rovnice. Jako necitlivé byly označeny dvě úlohy s totožným kmenem, ale různým pořadí nabízených alternativ (koeficienty citlivosti se pohybují na intervalu 0,07 až 0,22). Úloha se zaměřuje na redukci pyruvátu za současné oxidace koenzymu $NADH + H^+$. Jeden z nabízených distraktorů (redukce vodíkem za vzniku kyseliny propanové) byl neatraktivní a lze předpokládat, že uchazeči tuto alternativu nevybírali proto, že by následně nemohl být vyrovnán počet atomů kyslíku na obou stranách chemické rovnice. Dále lze uvažovat i další potenciální faktory (např. neznalost vzorce laktátu, neznalost či nezvyk iontového zápisu rovnic), které mohly snížit citlivost úlohy. Martincová (2001) uvádí, že biochemické reakce s redoxními koenzymy $NAD/NADH + H^+$ jsou pro uchazeče všeobecně náročné. Martincová (2001) dále poukazuje na skutečnost, že úlohy zaměřené na iontový zápis chemické reakce vykazují vyšší obtížnost oproti úlohám s chemickými rovnicemi, ve kterých nevystupují ionty. Na základě analýzy uvedených šesti úloh

lze doporučit tento typ úloh do přijímacího řízení za následujících předpokladů: (i) úloha se nezaměřuje na chemickou rovnici, ve které vystupují ionty a zároveň (ii) nelze pouhým „počítáním částic“ vyloučit některou z nabízených alternativ jako tomu bylo v případě zmíněného neatraktivního distraktoru. Ve vztahu k RVP G lze obdobné úlohy řadit do okruhu učiva chemická vazba a vlastnosti látek.

Šestý tematický celek **hydrolýza** zaměřený na hydrolýzu biomolekul (lipidů, proteinů) obsahuje jednu necitlivou úlohu a jednu úlohu se sníženou citlivostí. První úloha se zaměřuje na produkty hydrolýzy *„běžných proteinů“*. Úspěšnost v úloze je 43 %, oba koeficienty citlivosti dosahují záporných hodnot. K záporným hodnotám koeficientů citlivosti může přispívat jednak užití záporu ve kmenu úlohy (vybíráme látku, která nemůže být produktem reakce), jednak nejasný pojem *„běžný protein“*. Druhá úloha se zaměřovala na alkalickou hydrolýzu triacylglycerolů, i v této položce byla citlivost snížená – ULI(1/2) = 0,23; RIR = 0,23. S ohledem na vlastnosti obou položek nelze doporučit obdobné úlohy do přijímacího řízení. Ačkoliv v rámci organické chemie označila Tvarohová (2016) hydrolýzu organických látek za problematické téma, tj. pro žáky za obtížné téma, obdobné tvrzení v rámci biochemie nebylo v našem šetření prokázáno. Ve vztahu k RVP G lze obě úlohy přiřadit k okruhu učiva chemická vazba a vlastnosti látek.

Sedmý tematický celek **výpočty v biochemii** obsahuje celkem 7 úloh vykazujících úspěšnost mezi 33 % a 68 %. Analyzované úlohy tohoto tematického celku lze rozdělit do čtyř dílčích skupin dle dovedností, na které úlohy cílí:

i) výpočet počtu aminokyselin kódovaných z DNA/RNA na základě molární hmotnosti nukleotidu (1 necitlivá úloha);
ii) výpočet počtu nukleotidů kódující daný počet aminokyselin (1 necitlivá úloha);
iii) výpočet počtu nábojů v určitém úseku DNA (1 necitlivá úloha);
iv) výpočet počtu cukerných bází v určitém úseku DNA.

První skupina úloh obsahuje dvě úlohy, ve kterých se úspěšnost značně liší – 33 % a 68 %. Úkolem uchazeče je určit počet aminokyselin kódovaný určitou sekvencí DNA, resp. RNA. V případě sekvence DNA je postup při řešení první úlohy je o jeden krok náročnější – je nutné si uvědomit, že DNA je dvouvláknová (lze předpokládat, že tuto skutečnost uchazeči znají, ale při řešení úlohy si neuvědomí, že je zapotřebí tento fakt zapracovat). Následuje v obou úlohách stejný postup. V první úloze je úspěšnost 33 % a úloha je necitlivá – ULI(1/2) = 0,18; RIR = 0,14, ve druhé úloze je úspěšnost 68 % a koeficienty citlivosti nabývají postačujících hodnot – ULI(1/2) = 0,24; RIR = 0,17, tedy se jedná o úlohu se sníženou citlivostí. Lze předpokládat, že snížení počtu kroků potřebných k úspěšnému vyřešení úlohy vedlo ke zvýšení její úspěšnosti, avšak citlivost položky je stále poměrně nízká.

Druhá skupina úloh zaměřená na výpočet počtu nukleotidů kódující daný počet aminokyselin obsahovala dvě úlohy s rozdílnou úspěšností i citlivostí. Úspěšnost v první úloze byla 55 % a koeficienty citlivosti dosahovaly hodnot 0,24, resp. 0,17, ve druhé úloze byla úspěšnost 74 %, citlivost 0,17, resp. 0,08. Z porovnání dat z těchto dvou úloh lze usuzovat, že část uchazečů si není jistá, zda poměr počtu bází RNA ku počtu kódovaných aminokyselin je roven poměru 3 : 1 či převrácenému poměru 1 : 3. Této domněnce odpovídá i rozložení volby jednotlivých distraktorů v daných položce – poměr 3 : 1 byl zvolen 55 % uchazečů, převrácený poměr ve 25 % případů. Jelikož v druhé uvedené úloze není uvedena odpověď odpovídající převrácenému poměru, je možné snadněji dedukovat správnou odpověď, což vede ke zvýšení úspěšnosti a snížení citlivosti úlohy. Naše domněnka může být podpořena i skutečností, že ve druhé úloze byl jeden distraktor vyhodnocen jako neatraktivní, jelikož poměr počtu bází RNA ku počtu kódovaných aminokyselin by odpovídal 9 : 1, což uchazeči povětšinou vyloučili.

Třetí skupina úloh obsahovala jednu necitlivou úlohu, ve které úspěšnost činila 46 %; ULI(1/2) = 0,19; RIR = 0,14. V analyzovaných testech byla další úloha, která se shodovala ve kmeni, avšak lišila v pořadí distraktorů. Úspěšnost v této úloze byla nepatrně nižší (43 %), avšak citlivost byla dostačující – ULI(1/2) = 0,33; RIR = 0,27. Domníváme se, že pořadí položky v testu spolu s pořadím nabízených alternativ ovlivňovalo vlastnosti úlohy, avšak jak již bylo zmíněno, v rámci analyzovaných testů nebyla závislost úspěšnosti či citlivosti na pořadí položky v testu potvrzena.

Čtvrtá skupina úloh obsahovala jednu úlohu s adekvátní obtížností i citlivostí.

Problematiku výpočtů v biochemii zmiňuje jak Štefanová (2007), která obdobné úlohy vyhodnotila jako obtížné, tak Jedličková (2007), která poukazuje na obdobné úlohy jako na úlohy s nízkou citlivostí. Vzhledem ke skutečnosti, že 3 ze 7 úlohy byly necitlivé a další 2 úlohy vykazovaly sníženou citlivost, je nutné před zařazením těchto úloh zvážit přínos těchto položek k obsahové validitě testu, jelikož většina analyzovaných položek nebyla s ohledem na jejich citlivost vhodná pro účely přijímacího řízení. Vzhledem k RVP G lze obdobné úlohy přiřadit k okruhu učiva veličiny a výpočty v chemii.

5.3 Úlohy s obtížností a citlivostí vhodné pro účely přijímacího řízení

Vzhledem k tomu, že předchozí podkapitoly se zaměřily především na analýzu velmi obtížných či necitlivých úloh, v této podkapitole jsou představeny úlohy, které naopak vykazovaly adekvátní úspěšnost

a zároveň přijatelnou citlivost, tedy položky vhodné pro účely přijímacího řízení. Celkem bylo vytyčeno 17 tematických celků, ke kterým identifikované úlohy náležely. V kapitolách 5.1 a 5.2 již byly představeny: (i) reakce v organické chemii; (ii) konstituce látek a izomerie; (iii) klasifikace organických látek; (iv) enzymy; (v) kyselost a zásaditost organických látek; (vi) estery glycerolu; (vii) vzorce v biochemii a (viii) biochemické reakce. Mezi zatím nezmíněné tematické okruhy obsahující položky s dostatečnou citlivostí a úspěšností patřily: (i) aromatický charakter látek; (ii) názvosloví; (iii) druhy chemické vazby; (iv) praktické využití organických látek; (v) kombinované úlohy; (vi) peptidová vazba; (vii) energie v sacharidech; (viii) translace a (ix) interpretace výsledků analýzy složení látky.

V následujícím textu jsou uvedena zbývající, dosud nepředstavená, témata z organické chemie a biochemie.

První tematický celek **aromatický charakter látek** obsahovala dvě úlohy. Úkolem uchazeče bylo vybrat výčet látek uvedených vzorci obsahující, resp. neobsahující, aromatické látky. Úspěšnost dosahovala 85 %, resp. 90 % a přesto se koeficienty citlivosti pohybovaly v intervalu 0,18 až 0,37, tedy uspokojivých až velmi dobrých hodnot. Navzdory velmi vysoké úspěšnosti (a tím omezené citlivosti) lze tyto úlohy i ve stávající podobě doporučit pro účely přijímacího řízení. Pro optimalizaci vlastností úlohy (zvýšení obtížnosti a citlivosti) by bylo vhodné vynechat z výčtu nabízených látek triviální sloučeniny (např. benzen, naftalen, . . .), o jejichž aromatickém charakteru je potřeba rozhodnout. Ve vztahu k RVP G lze tyto úlohy zařadit k následujícím okruhům učiva: (i) uhlovodíky a jejich klasifikace a (ii) deriváty uhlovodíků a jejich klasifikace.

Druhý tematický celek **názvosloví** obsahoval 3 úlohy. Analyzované testy obsahovaly celkem tři úlohy zaměřené na názvosloví. Úspěšnost jednotlivých položek byla 52 %, resp. 79 %, resp. 83 %, koeficienty citlivosti se pohybovaly na intervalu 0,21 až 0,38, tedy dosahovaly uspokojivých až velmi dobrých hodnot. Položka s nejnižší úspěšností vykazovala i nejmenší citlivost (ULI(1/2) = 0,22; RIR = 0,21). Tato úloha se zaměřovala na pojmenování rozvětveného uhlovodíku, který obsahuje zároveň dvojnou i trojnou vazbu. Lze se pouze domnívat, že část uchazečů (z horní i dolní poloviny uchazečů rozdělených dle celkového skóre v testu) nezná postup pro číslování hlavního řetězce v případě současného výskytu dvojné a trojné vazby mezi uhlíky. Tuto domněnku podporuje i skutečnost, že téměř 70 % uchazečů, kteří nevyřešili danou úlohu, volilo odpověď *„2-methylpent-2-en-4-yn“*. Lze se domnívat, že obdobné úlohy nejsou v rámci středoškolského studia chemie dostatečně vysvětleny, jelikož např. v učebnici od Honzy a Marečka (2005a) je k této problematice uvedeno pouze následující pravidlo: *„Pokud se v molekule uhlovodíku nacházejí vazby dvojné a trojné, snažíme se hlavní řetězec očíslovat tak, aby atomy uhlíku, ze kterých vycházejí vazby dvojné, měly co nejnižší pořadová čísla.“* Na základě tohoto pravidla je však uchazeč naveden na chybnou odpověď. S ohledem na obsah středoškolských učebnic nedoporučujeme zařazovat do přijímacího řízení úlohy zaměřené na pojmenování uhlovodíků, v jejichž molekule se současně vyskytuje dvojná i trojná vazba. Belháčová (2009) uvádí úlohy zaměřené na názvosloví v organické chemii jako příklad úloh s vysokou úspěšností, ačkoliv ve výzkumu Tvarohové (2016) více než čtvrtina pedagogů označila názvosloví jako náročné téma pro žáky střední školy. Názvosloví je věnován prostor v běžných středoškolských učebnicích a ve vztahu k RVP G lze obdobné úlohy zařadit k následujícím okruhům učiva: (i) uhlovodíky a jejich klasifikace a (ii) deriváty uhlovodíků a jejich klasifikace, a proto je vhodné zařazovat obdobné úlohy do přijímacího řízení.

Třetí tematický celek **druhy chemické vazby** obsahoval tři úlohy. Úspěšnost se pohybovala mezi 68 % a 80 %, koeficienty citlivosti dosahovaly hodnot 0,30 až 0,45. Ve dvou úlohách je úkolem uchazeče určit počet chemických vazeb π a σ v molekule, v poslední úloze bylo úkolem uchazeče vybrat, která kombinace chemických vazeb ze 7 uvedených (např. C = O; H – O; C = Br, . . .) se v organických látkách vyskytuje. Zde je však nezbytné upozornit, že kmen úlohy obsahuje redundantní části, jelikož např. „C = Br“ se nevyskytuje v žádné z nabízených odpovědí, a proto by bylo vhodné kmen, resp. nabízené alternativy, upravit. Úlohy zaměřené na chemickou vazbu vykazují dle Martincové (2001) různorodou obtížnost a dle Nedungadi et al. (2019) je schopnost úspěšného řešení obdobných úloh předpokladem pro řešení náročnějších úloh v organické chemii. Ve vztahu k RVP G lze úlohy přiřadit k okruhu učiva chemická vazba a vlastnosti látek.

Čtvrtý tematický celek **praktické využití organických látek** obsahoval pouze jednu úlohu, ve které uchazeč přiřazoval sloučeninám jejich praktické využití: sváření kovů, plasty, léčiva či motorismus. Úspěšnost v úloze činila 82 %, citlivost byla přijatelná – ULI(1/2) = 0,17; RIR = 0,20. Vzhledem ke skutečnosti, že úloha obsahovala 2 neatraktivní (málo volené) distraktory, bylo by vhodné je pro zvýšení citlivosti položky nahradit atraktivnějšími distraktory vedoucí k optimalizaci vlastností úlohy (zvýšení obtížnosti a citlivosti). Ve vztahu k RVP G lze úlohy přiřadit k okruhu učiva chemická vazba a vlastnosti látek.

Pátý tematický celek **kombinované úlohy** obsahoval 7 úloh propojující různé poznatky z organické chemie. Důraz byl kladen např. na izomerii, reaktivitu, oxidační čísla, acidobazický charakter látek a druhy vazeb. Ve všech úlohách bylo úkolem vybrat pravdivá, resp. nepravdivá, tvrzení. Úspěšnost v jednotlivých

úlohách se pohybuje mezi 51 % a 79 %, koeficienty citlivosti se pohybují na intervalu 0,19 až 0,38, ve většině případů dosahují velmi dobrých hodnot. Lze se domnívat, že úspěšnost uchazečů v řešení úlohy nejvíce souvisí s jejím konkrétním zadáním. Bylo prokázáno, že položky s nižší citlivostí obsahovaly nevhodný distraktor, popř. dva distraktory, které volilo pouze velmi malé množství uchazečů (méně než 5 %). V obecné rovině tak lze doporučit zařazování obdobných úloh do přijímacího řízení. Ve vztahu k RVP G lze přiřadit úlohy k některým z následujících okruhů učiva: (i) uhlovodíky a jejich klasifikace; (ii) deriváty uhlovodíků a jejich klasifikace; (iii) chemická vazba a vlastnosti látek a (iv) p-prvky a jejich sloučeniny.

Šestý tematický celek **peptidová vazba** obsahoval pouze 2 úlohy zaměřující se na výběr pravdivého tvrzení o peptidové vazbě. Úspěšnost v těchto úlohách byla 34 %, resp. 42 %, koeficienty úspěšnosti se pohybovaly na intervalu 0,32 až 0,41, což svědčí o vysoké citlivosti. Ve vztahu k RVP G lze přiřadit tyto úlohy k následujícím okruhům učiva: (i) chemická vazba a vlastnosti látek a (ii) proteiny.

Sedmý tematický celek **energie v sacharidech** obsahoval pouze čtyři úlohy. Úkolem uchazeče bylo porovnat množství energie, které je obsaženo v molekulách jednotlivých sacharidů. Úspěšnost v jednotlivých úlohách se pohybovala mezi 44 % a 66 %. Koeficienty citlivosti se s výjimkou jedné úlohy pohybovaly na intervalu 0,24 až 0,45, tedy se jedná o velmi citlivé úlohy. Snížená citlivost ($\mathrm{ULI}(1/2) = 0{,}27$; $\mathrm{RIR} = 0{,}18$) i úspěšnost jedné z položek může být částečně způsobena tím, že se jednalo o předposlední položku testu. Obecně lze na základě dat z analyzovaných položek doporučit tyto úlohy pro účely přijímacího řízení. Ve vztahu k RVP G lze tyto úlohy přiřadit k okruhům učiva: (i) sacharidy a (ii) chemické reakce a vlastnosti látek.

Osmý tematický celek **translace** obsahoval pouze jednu úlohu, ve které uchazeč určoval, mezi kterými molekulami v průběhu translace vzniká vodíková vazba. Úspěšnost v úloze činila 39 %, $\mathrm{ULI}(1/2) = 0{,}16$; $\mathrm{RIR} = 0{,}15$. Jedná se tedy o úlohu s omezenou citlivostí. Úloha rovněž obsahuje nevhodný distraktor (*„DNA a RNA“*), který by bylo vhodné před případným dalším použitím úlohy nahradit. Ve vztahu k RVP G lze tyto úlohy přiřadit k okruhům učiva: (i) nukleové kyseliny a (ii) chemické reakce a vlastnosti látek.

Devátý tematický celek **interpretace výsledků analýzy složení látky** obsahoval pouze jednu úlohu (uchazeč na základě procentuálního výskytu prvků má určit, o jaký druh biomolekuly se jedná). Úspěšnost v této úloze byla 62 % a koeficienty citlivosti (0,41, resp. 0,39) byly velmi vysoké a tedy obdobné úlohy lze doporučit pro účely přijímacího řízení. Ve vztahu k RVP G lze přiřadit tuto úlohu k následujícím okruhům: (i) soustavy látek a jejich složení, (ii) veličiny a výpočty v chemii a (iii) k učivu biochemie uvedenému v RVP G.

6 Limity výzkumu

V článku prezentované závěry nelze zobecnit na širší populaci uchazečů o studium, ať už českých či dokonce zahraničních vysokých škol.

Necitlivost úlohy je vlastnost úlohy (znění zadání, volba distraktorů) jako celku nikoliv vlastnost celého tématu. Nicméně přiřazení necitlivé úlohy do tematického celku a porovnání s ostatními úlohami spadající do tohoto celku umožnilo předpokládat možné důvody, proč byla položka vyhodnocena jako necitlivá.

Podrobnější komparaci zjištěného závěru se závěry studií uvedených v teoretické části uvedených studií nebylo možné provést vzhledem k malému průniku analyzovaných témat z organické chemie a biochemie. V teoretické části uvedené studie se vždy zabývaly pouze dílčí částí námi analyzovaných tematických celků.

7 Závěr

V rámci položkové analýzy oborových testů z chemie použitých v letech 2016 až 2019 v rámci přijímacího řízení na PřF UK byl výzkum rozdělen na tři části – (i) obecná chemie, (ii) anorganická chemie a (iii) organické chemie a biochemie. Tento článek představuje výsledky dílčí studie zaměřené na třetí zmíněnou oblast. V oblasti organické chemie a biochemie byly odhaleny čtyři tematické celky, které obsahovaly úlohy obtížné pro uchazeče o studium chemie na PřF UK – reakce v organické chemii (jodoformová reakce, reakce s alkoxidy), konstituce látek a izomerie (určení počtu konstitučních izomerů k dané látce), klasifikace organických látek (nitroglycerát) a enzymy (glykosidasy). Na obtížnost tématu některých úloh již upozorňovaly dříve realizované studie (Martincová, 2001; Tvarohová, 2016) a s ohledem na přetrvávající vysokou obtížnost v těchto oblastech doporučujeme těmto úsekům věnovat při přípravě budoucích studentů chemicky zaměřených studijních programů zvýšenou pozornost v rámci studia na vysoké škole.

V dalším kroku položkové analýzy byly identifikovány dva tematické celky obsahující necitlivé úlohy (kyselost a zásaditost a hydrolýza). Necitlivost úlohy často souvisela s vysokým počtem kroků nutných k jejímu úspěšnému vyřešení či nejasným zadáním, které vzniklo např. použitím nedefinovaného pojmu *„běžný protein“*. Dále je třeba pečlivě zvažovat zařazování úloh spadajících do témat: (i) názvosloví v organické chemii, (ii) vzorce v biochemii; (iii) biochemické reakce a (iv) výpočty v biochemii, jelikož analýza úloh a učebních textů prokázala krom vysokého počtu kroků nutných k vyřešení úlohy i na nepřesnosti v učebních textech vedoucích uchazeče k chybným odpovědím, což snižuje citlivost položek.

Jelikož necitlivé položky neumožňují odlišit úspěšné uchazeče od uchazečů neúspěšných, je možné nahlížet na v článku zmíněné necitlivé úlohy jako na nevhodné pro přijímací řízení, vyjma úloh s motivační funkcí (tedy necitlivých úloh s vysokou úspěšností). Úlohy se sníženou citlivostí přispívají ke vhodnému výběru uchazečů jen omezenou měrou, a proto je vhodné zvážit jejich zařazení i s ohledem na obsahovou validitu testu.

V neposlední řadě položková analýza odhalila sedmnáct tematických celků z oblasti organické chemie a biochemie, které obsahovaly úlohy s adekvátní náročností a taktéž citlivostí, ačkoliv Martincová (2001) a 13 % pedagogů v průzkumu Tvarohové (2016) považuje jedno z témat **konstituce látek a izomerie** jako příklad náročného tématu.

Výše uvedené závěry mohou být reflektovány nejen v úpravě přijímacího řízení na vysoké školy, ale i v obsahu přípravných kurzů k přijímacím zkouškám, případně i obsahu povinných předmětů na vysoké škole.

Acknowledgment

Tvorba příspěvku byla podpořena grantovým programem Univerzitní výzkumná centra UK č. UNCE/HUM/024 a projektem Progres Q17.

Literatura

Adesope, O. O., Trevisan, A. D., & Sundararajan, N. (2017). Rethinking the use of tests: A meta-analysis of practice testing. *Review of Educational Research*, *87*(3), 659–701. https://doi.org/10.3102/0034654316689306

American Educational Research Association. (2014). *Standards for educational and psychological testing: AERA, APA & NCME.* Washington: American Educational Research Association. IX. 230 p.

Benešová, M., & Satrapová, H. (2002). *Odmaturuj z chemie.* 1. vydání. Didaktis spol. s r. o.

Belháčová, Z. (2009). *Přijímací zkoušky na vysoké školy a nová maturita z chemie.* [Diplomová práce, Univerzita Karlova]. Repozitář Univerzity Karlovy. https://dspace.cuni.cz/handle/20.500.11956/22792

Berger, S. J. (2012). The rise and demise of the SAT: The University of California. *American Educational History*, *39*(1), 165–180.

Brown, H. D. (2003). *Language assessment: principles and classroom practices.* 1st ed. Pearson/Longman.

Cowan, N. (2001). The magical number 4 in short-term memory: A reconsideration of mental storage capacity. *Behavioral and Brain Sciences*, *24*(1), 87-185. https://doi.org/10.1017/S0140525X01003922

Čipera, J., Klímová, H., & Čiperová, M. (1985). Ovlivňování složitosti úloh. *Pedagogika*, (26), 563–574.

Desai, J., & Shah, V. (2019). Item analysis of biochemistry multiple choice questions – A retrospective study and scope in improvement and method of assessment of MBBS students. *International Journal of Clinical Biochemistry and Research*, *6*(3), 330–335. https://doi.org/10.18231/j.ijcbr.2019.072

Driessen, E., Tartwijk, J. V., Van Der Vleuten, C., & Wass, V. (2007). Portfolios in medical education: Why do they meet with mixed success? A systematic review. *Medical Education*, *41*(12), 1224–1233. https://doi.org/10.1111/j.1365-2923.2007.02944.x

Ealy, J. (2018). Analysis of students' missed organic chemistry quiz questions that stress the importance of prior general chemistry knowledge. *Education Sciences*, *8*(2), 42–53. https://doi.org/10.3390/educsci8020042

Huvarová, M. (2010). *Nejpoužívanější středoškolské učebnice chemie na gymnáziích.* [Bakalářská práce, Univerzita Palackého v Olomouci]. Archiv Univerzity Palackého. https://theses.cz/id/bmn3n5/

Chráska, M. (1999). *Didaktické testy.* Paido.

Chvál, M., Procházková, I., & Straková, J. (2015). *Hodnocení výsledků vzdělávání didaktickými testy.* TISKÁRNA BÍLÝ SLON s. r. o.

Jedličková, A. (2007). *Přijímací zkoušky z chemie – analýza a tvorba úloh.* [Diplomová práce, Univerzita Karlova]. Repozitář Univerzity Karlovy. https://dspace.cuni.cz/handle/20.500.11956/93513

Martincová, J. (2001). *Souhrnná analýza úloh přijímacích testů z chemie na Přírodověděckou fakultu UK z let 1995, 1996, 1998 a 2000.* [Disertační práce, Univerzita Karlova]. Přírodovědecká Fakulta UK.

Mareček, A., & Honza, J. (2005a). *Chemie pro čtyřletá gymnázia 2. díl.* (3.vydání) Nakladatelství Olomouc s. r. o.

Mareček, A., & Honza, J. (2005b). *Chemie pro čtyřletá gymnázia 3. díl.* (3. vydání) Nakladatelství Olomouc s. r. o.

Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, *63*(2), 81–97. https://doi.org/10.1037/h0043158

MŠMT ČR. (2007). *Rámcový vzdělávací program pro gymnázia: RVP G.* Výzkumný ústav pedagogický v Praze.

Nedungadi, S., Paek, S. H., & Brown, C. E. (2019). Utilizing Rasch analysis to establish the psychometric properties of a concept inventory on concepts important for developing proficiency in organic reaction mechanisms. *Chemistry Teacher International*, *2*(2), 20190004. https://doi.org/10.1515/cti-2019-0004

Pikálková, S., Vojtěch, J., & Kleňha, D. (2014). *Úspěšnost absolventů středních škol ve vysokoškolském studiu, předčasné odchody ze vzdělávání.* Národní ústav pro vzdělávání.

PřF UK (Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy). (2021). *Fakulta / Uchazeči o studium / Podmínky přijímacího řízení k bakalářskému studiu na Přírodovědecké fakultě pro akademický rok 2021/2022.* https://www.natur.cuni.cz/fakulta/uchazeci/podminky-prijimaciho-rizeni-k-bakalarskemu-studiu-na-prirodovedecke-fakulte-pro-akademicky-rok-2021-2022

Ross, K. (2016). *Factors influencing the academic sucess of first-year of chemistry at an agricultural training institution.* [Diplomová práce, Univerzita Stellenbosch]. Repozitář Univerzity Stellenbosch. http://scholar.sun.ac.za/handle/10019.1/98385

Rubešová, J. (2009). Souvisí úspěšnost studia na vysoké škole se středoškolským prospěchem? *Pedagogická orientace*, *19*(3), 89–103.

Sonone, K., Rai, P. S. K., & Ingale, P. (2019). Item Analysis of MCQS in Biochemistry – to Increase MCQ Validity. *International Journal of Advanced Research*, *7*(9), 456–459. https://doi.org/10.21474/IJAR01/9683

Škaloudová, A. (2003). *Predikce úspěšnosti ve studiu učitelství.* [Disertační práce, Univerzita Karlova]. Pedagogická fakulta UK.

Šrámek, M., & Teplá, M. (2020). Prediktory akademického úspěchu. In A. Vargová, & K. Szarka, *15. Medzinárodná konferencija študentov doktorandského štúdia v oblasti teórie prírodovedného vzdelavania (Zborník príspevkov).* (s. 96–100) 1. vyd. J. Selye University.

Šrámek, M., & Teplá, M. (2021a). Vlastnosti úloh z obecné chemie vyplývající z analýzy přijímacího řízení na Přírodovědeckou fakultu University Karlovy. *Scientia in educatione*, *12*(2), 32–41. https://doi.org/10.14712/18047106.2068

Šrámek, M., & Teplá, M. (2021b). „Problematické“ partie středoškolské chemie vyplývající z analýzy přijímacího řízení na Přírodovědeckou fakultu Univerzity Karlovy. In V. Machková, *16th International seminar for PhD students of chemistry didacticsand related doctoral study programs. PROCEEDINGS* (s. 101–108). 1. vyd. Univerzita Hradec Králové.

Šrámek, M., & Teplá, M. (2022). The qualities of tasks in inorganic chemistry based on the analysis of entrance procedure at the Faculty of Science, Charles University. In M. Rusek, *Project based education and other activating strategies in science education XVIII. Proceedings.* 1. vyd. Univerzita Karlova

Štefanová, L. (2007). *Přijímací zkoušky z chemie – analýza a tvoba úloh.* [Diplomová práce, Univerzita Karlova]. Repozitář Univerzity Karlovy. https://dspace.cuni.cz/handle/20.500.11956/98334

Štuka, Č. (2012). *Úspěšnost studia z pohledu moderních metod analýzy dat.* [Disertační práce, Univerzita Karlova]. Repozitář Univerzity Karlovy. https://dspace.cuni.cz/bitstream/handle/20.500.11956/47286/140020210.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Štuka, Č., & Vejražka, M. (2021). *Testování a hodnocení studentů na VŠ.* Univerzita Karlova. https://doi.org/10.14712/9788024651088

Taherdoost, H. (2016). *Validity and reliability of the research instrument; How to test the validation of a questionnaire/survey in a research* (August 10, 2016). Available at SSRN https://ssrn.com/abstract=3205040 or https://doi.org/10.2139/ssrn.3205040

Thorat, S., Gupta, M., & Wasnik, M. (2019). Item analysis – Utility for increase in MCQ validity in biochemistry for MBBS students. *Journal of Education Technology in Health Sciences*, *6*(3), 2019, 88–89. https://10.18231/j.jeths.2019.021

Tvarohová, E. (2016). *Výuka organické chemie na SŠ – problémové úseky učiva.* [Diplomová práce, Univerzita Karlova]. Repozitář Univerzity Karlovy. http://hdl.handle.net/20.500.11956/82812

Vacík, J., Barthová, J., Pacák, J., Strauch, B., Svobodová, M., & Zemánek, F. (1999). *Přehled středoškolské chemie.* (4. vydání) Státní pedagogické nakladatelství, a. s.

Varma, S. (2020). *Preliminary item statistics using point-biserial correlation and P-Values.* Eddata. https://eddata.com/wp-content/uploads/2015/11/EDS_Point_Biserial.pdf

Yang, B. W., Razo, J., & Persky, A. M. (2019). Using testing as a learning tool. *American Journal of Pharmaceutical Education*, *83*(9), 7324. https://doi.org/10.5688/ajpe7324

Žoudlík, J. (2009). *Přijímací zkoušky jako prediktor akademické úspešnosti.* [Diplomová práce, Masarykova University]. Repozitář Masarykovy Univerzity. https://is.muni.cz/th/cy7d8/

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)
prof. RNDr. Naďa Vondrová, Ph.D.

Redakce (Univerzita Karlova)
doc. RNDr. Svatava Janoušková, Ph.D.
RNDr. Martina Kekule, Ph.D.
prof. RNDr. Jarmila Novotná, CSc.
RNDr. Lenka Pavlasová, Ph.D.
doc. PhDr. Martin Rusek, Ph.D.

Mezinárodní redakční rada
Dr. John Carroll (Nottingham Trent University, Great Britain)
prof. RNDr. Hana Čtrnáctová, CSc. (Univerzita Karlova)
assoc. prof. Robert Harry Evans (University of Copenhagen, Denmark)
RNDr. Eva Hejnová, Ph.D. (Univerzita J. E. Purkyně, Ústí nad Labem)
doc. PhDr. Alena Hošpesová, Ph.D. (Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích)
Dr. Paola Iannone (University of East Anglia, Norwich, Great Britain)
prof. Dr. Rainer Kaenders (Rheinische Friedrich-Wilhelms-Uni. Bonn, Germany)
RNDr. Alena Kopáčková, Ph.D. (Technická univerzita v Liberci)
PhDr. Magdalena Krátká, Ph.D. (Univerzita J. E. Purkyně, Ústí nad Labem)
prof. RNDr. Ladislav Kvasz, DSc. (Univerzita Karlova)
prof. Dr. Martin Lindner (Martin Luther University Halle-Wittenberg, Germany)
dr. hab. Małgorzata Nodzyńska (Uniwersytet Pedagogiczny, Krakow, Poland)
dr. Samet Okumus (Recep Tayyip Erdogan University, Turkey)
prof. Dr. Gorazd Planinšič, Ph.D. (Univerza v Ljubljani, Slovinsko)
doc. RNDr. Jarmila Robová, CSc. (Univerzita Karlova)
prof. Bernard Sarrazy (Université Bordeaux, France)
dr. hab. prof. UR Ewa Swoboda (Uniwersytet Rzeszowski, Poland)
doc. RNDr, Petr Šmejkal, Ph.D. (Univerzita Karlova)
prof. Dr. Andrej Šorgo (University in Maribor, Slovenia)
doc. RNDr. Vasilis Teodoridis, Ph.D. (Univerzita Karlova)

Adresa redakce
Pedagogická fakulta, Univerzita Karlova, Magdalény Rettigové 4, 116 39 Praha 1
e-mail: scied@pedf.cuni.cz

Pokyny pro autory jsou uvedeny na
http://ojs.pedf.cuni.cz/index.php/scied/about/submissions#authorGuidelines.

Sazbu v systému LaTeX zpracoval Ing. Miloš Brejcha, Vydavatelský servis, Plzeň.
Logo navrhl Ivan Špirk.
Redaktorka a jazyková korektorka Mgr. Zdeňka Janušová