

## OBSAH

### Výzkumné stati

|  |     |
|--|-----|
| Vojtěch Žák, Martin Rusek, Lenka Pavlasová<br>Úvodník k trojici článků věnovaným disertačním pracím v oboru didaktika<br>biologie, fyziky a chemie ..... | 2   |
| Lenka Pavlasová<br>Disertační práce se zaměřením na didaktiku biologie v České republice v le-<br>tech 2004–2013 .....                                   | 4   |
| Martin Rusek<br>Analýza disertačních prací z didaktiky chemie obhájených v České republice<br>v letech 2003–2014 .....                                   | 16  |
| Vojtěch Žák<br>Disertační práce z didaktiky fyziky obhájené v České republice v letech 2004<br>až 2013 – přehled a analýza .....                         | 35  |
| Jiří Cihlář, Petr Eisenmann, Magdalena Krátká<br>Omega Position — a specific phase of perceiving the notion of infinity ....                             | 51  |
| Anna Florianová<br>Rostlinné invaze v povědomí studentů vybraných gymnázií .....   | 74  |
| Lucie Hlaváčová<br>Výuka evoluční biologie na základních a středních školách .....   | 104 |

### Diskusní příspěvek

|  |     |
|--|-----|
| Romana Schubertová, Ľubomír Held<br>Redefinícia mólu – pozadie zmien v SI sústave a ich vplyv na vzdelávanie . | 121 |
|--|-----|

## Úvodník k trojici článků věnovaným disertačním pracím v oboru didaktika biologie, fyziky a chemie

Vojtěch Žák, Martin Rusek, Lenka Pavlasová

Zdá se, že oborové didaktiky v České republice v posledních několika letech výrazně ožívají. Příмым dokladem je kniha skupiny (několika desítek) autorů *Oborové didaktiky: vývoj – stav – perspektivy*. Ta bilancuje zejména vývoj i současnou situaci na tomto poli a zároveň naznačuje, kudy se naše cesty, tedy cesty oborových didaktiků, mohou ubírat.

Každou oblast lidské kultury tvoří lidé a nejinak tomu je i u didaktik přírodovědných oborů. V našem případě jsou těmito tvůrci velmi obecně vyučující daných oborů (fyziky, chemie, biologie a zeměpisu) na všech stupních vzdělávání. Určitý kurz vývoje ale udávají zejména lidé vyučující a bádající na pracovištích připravujících budoucí učitele těchto předmětů, tedy na vysokých školách. Ti se typicky rekrutují z řad absolventů doktorského studia daných oborů.

Doktorské studium hraje významnou roli zejména z toho důvodu, že výrazně přispívá ke kultivaci budoucích badatelů v oboru, a tím i k rozvoji oboru v horizontu desítek let. Proto se náš zájem soustředil na doktorské studium, konkrétně na jeho produkty – disertační práce. V následujících třech statích se autoři pokoušejí dílčím způsobem reflektovat disertační práce v oblasti *didaktiky fyziky*, *didaktiky chemie* a *didaktiky biologie*, které byly obhájeny v České republice v posledních přibližně deseti letech.

Tři analýzy nabídnuté v tomto čísle časopisu *Scientia in educatione* jsou jedním z počátečních kroků širšího záměru, který by měl směřovat k vytvoření jakési databáze, sítě materiálů a odkazů, která by zahrnovala odborné publikace a jejich zdroje, které považujeme za relevantní v našich oborech. Těmito obory míníme *didaktiku fyziky*, *didaktiku chemie*, *didaktiku biologie*, příp. didaktiky dalších přírodovědných oborů.<sup>1</sup>

Autoři předložených analýz postupovali v zásadě podle shodné metodiky; každý ji však uchopil do určité míry rozdílným způsobem. Autoři shodně shrnují počty disertačních prací obhájených v daných letech, pracoviště, na nichž byly práce vytvořeny, genderové zastoupení autorek a autorů, dále využití metody sběru dat a stupeň vzdělávání, na který jsou disertační práce zaměřeny. Předkládané analýzy mají ovšem určitá specifika.

<sup>1</sup>Poslední odstavec berme jako určitý slib; jako se obdobně zavázal jeden z autorů, V. Ž., v časopisu *Pedagogická orientace*, 24(2), s. 240, že bude provedena předkládaná analýza disertačních prací.

V rámci analýzy disertačních prací z *didaktiky fyziky* je pozornost zaměřena na léta 2004 až 2013. Analyzován je mimo jiné jazyk, ve kterém je práce napsána, a pozornost je věnována i fyzikálnímu obsahu a šířeji pojatému zaměření práce z hlediska vzdělávání.

Analýza disertačních prací z *didaktiky chemie* oproti společnému základu hlouběji analyzuje stupeň vzdělání s důrazem na, v České republice široce diferencované, střední školství. Autor textu vychází z předpokladu, že autocitace v disertační práci odpovídají publikačním výstupům doktorandů. Část analýzy je proto věnována počtu a kvalitě publikačních výstupů doktorandů.

Do analýzy disertačních prací z *didaktiky biologie* byly zařazeny i práce zaměřené na didaktiku geologie a ekologie. Důvodem je fakt, že všechny tyto obory spolu tvoří vyučovací předměty pokrývající učivo o živé a neživé přírodě od preprimárního po středoškolské vzdělávání. V období let 2004 až 2013, které bylo záměrně zvoleno stejně jako u didaktiky fyziky, neměla didaktika biologie svůj samostatně akreditovaný doktorský obor a práce byly obhajovány pouze ve studijním oboru pedagogika. Kromě výše uvedených analyzovaných parametrů jsou zmíněny i praktické výstupy prací, které jsou jejich vedlejším produktem.

Provádění reflexí, zejména mají-li shrnout, hodnotit a být přínosem, je jistým způsobem vstupováním na tenký led. Autoři promítli do koncepce svých statí svoje zkušenosti a je přirozené, že jiní autoři by analýzy pojali více či méně rozdílným způsobem. Smyslem naší koordinované práce, tedy spolupráce tří didaktiků příbuzných oborů, je v tento okamžik zejména podpořit diskuzi o disertačních pracích, a to na podkladě reálných dat, nikoli jen pocitů.

## Disertační práce se zaměřením na didaktiku biologie v České republice v letech 2004–2013

*Lenka Pavlasová*

### Abstrakt

Disertační práce je důležitým ukazatelem kvality doktorského studia. V předložené studii byl proveden kvalitativní výzkum 19 disertačních prací z didaktiky biologie obhájených v období let 2004–2013 metodou obsahové analýzy. Byly zkoumány tyto ukazatele: oborové téma, stupeň zkoumané školy, metody sběru dat při výzkumu, počet autocitací a jejich kvalita, případný praktický výstup do praxe a jeho charakter. Autory prací byly z 64 % ženy a z 36 % muži. Oborová témata byla zastoupena nevyváženě, některá byla zcela opomíjena (např. biologie hub). V pracích byly zkoumány všechny stupně školy: preprimární, primární, nižší a vyšší sekundární a vysokoškolský (0–3 a 5–6 podle ISCED97). Hlavní metodou sběru dat byl dotazník, následovaný obsahovou analýzou dokumentů, pozorováním, didaktickým testem a interview. Počet vlastních prací autora citovaných v disertační práci byl značně kolísavý. Práce, které obsahovaly malé množství autocitací, obsahovaly většinou ještě praktický výstup (didaktickou aplikaci) a nebyly výlučně výzkumné.

**Klíčová slova:** disertační práce, didaktika biologie, doktorské studium.

## Doctoral Theses Focused on Didactics of Biology in the Czech Republic between Years 2004–2013

### Abstract

Doctoral theses are an important indicator of the quality of doctoral studies. In this study, qualitative research of 19 dissertations focused on the didactics of biology defended between years 2004–2013 was conducted by the content analysis method. The following indicators were followed: biological topics, educational level under examination, methods of data collection used in research, number of auto-citations and their quality, practical output and its characteristics. There were 64 % female authors of dissertations and 36 % men authors. Biological topics were unequally represented, some of them were completely neglected (e.g., biology of fungi). All educational levels were examined in the analysed dissertations: pre-primary, primary, lower and upper secondary and university levels (0–3, 5–6 according to ISCED97). The most frequently used method of data collection in doctoral students' research was a questionnaire, followed by the content analysis, observations, an achievement test and an interview. The number of auto-citations in dissertations was varied. Dissertations with a small number of auto-citations usually contained some kind of a practical output and thus, they were not entirely only research ones.

**Key words:** doctoral thesis, didactics of biology, doctoral studies.

Vývoj didaktiky biologie v českých zemích je neodmyslitelně spojen i s problematikou výzkumu v této vědní disciplíně a s kvalifikačním růstem odborníků, kteří v této oblasti působí. Klíčovou roli zde hrají v první řadě doktorské studijní programy. Těmto tématům je proto obvykle v konferenčních příspěvcích i přehledových článcích věnováno důležité místo (Dostál, 2010, 2014; Ušáková, 2014; Papáček et al., 2015). Stejnou pozornost věnuje doktorskému studiu i Akreditační komise ČR, která provedla v letech 2010–2013 hodnocení kvality doktorských programů na vysokých školách v ČR (Dvořáková & Smrčka, 2013). Komise se mimo jiné věnovala i disertačním pracím a úrovni publikační činnosti absolventů jako jednomu ukazateli kvality doktorského studia. Konstatovala, že v posledních letech lze vidět zvyšující se nároky na kvalitu prací a publikační činnost doktorandů a školitelů. Největšími potenciálními faktory, které snižují úroveň disertačních prací, je nedostatečné personální zabezpečení vedení těchto prací (interní a externí školitelé, konzultanti), neujasněnost koncepce výzkumu na jednotlivých pracovištích a nepropojení tohoto výzkumu s tématy disertačních prací (Dvořáková & Smrčka, 2013). Tato konstatování jsou obecná a týkají se samozřejmě i prací zaměřených na didaktiku přírodních věd.

Výzkum, popisovaný v této stati, je součástí společného projektu hodnotícího vybrané parametry (ukazatele kvality) v disertačních pracích v oblasti didaktiky biologie, fyziky (Žák, 2015) a chemie (Rusek, 2015).

Výzkum disertačních prací z didaktiky biologie je zaměřen na období uplynulých zhruba deseti let. Uvedený interval spadá do doby, kdy byly disertační práce obhajovány v oboru Pedagogika. Didaktika biologie neměla absolventy ze svého vlastního akreditovaného oboru<sup>1</sup> (srov. s tab. 1). Je proto zajímavé se podívat, která témata byla v pracích zkoumána, jaká v nich byla používána metodologie a kterému stupni vzdělávání byla věnována. Celý výzkum se snaží být příspěvkem k určité reflexi v jednom segmentu úkolů, které jsou náplní oboru didaktika biologie (Pavlasová, 2014), a tou je kvalifikační růst nositelů tohoto oboru. Zaměřuje se na oblast doktorského studia a z něj si vybírá analýzu výstupů doktorského studia, disertačních prací. Problematiku řeší v kontextu didaktiky biologie samotné, ovšem s vědomím, že obdobně zaměřené články na didaktiku fyziky (Žák, 2015) a chemie (Rusek, 2015) pomohou čtenáři učinit si komplexnější závěr.

Jako základní ukazatele kvality prací byly zvoleny použité metody sběru dat a četnost a kvalita autorovy publikační činnosti. Volba těchto kritérií vychází ze stanoviska Akreditační komise ČR, která ve své souhrnné zprávě uvádí, že „posláním doktorského programu je náročná individuální vědecká příprava s důrazem na metodologii vědy a schopnost realizace základního výzkumu“ (Dvořáková & Smrčka, 2013: s. 401). Kromě těchto ukazatelů byly zkoumány i jiné doplňující údaje, které nám umožní lépe porozumět celkovému kontextu vzniku a zaměření prací (oborové téma, stupeň školy, pohlaví autorů, jazyk práce, přítomnost jiných než výzkumných výstupů práce).

Hlavním cílem provedeného výzkumu bylo odpovědět na následující otázky:

- Která oborová témata jsou v disertačních pracích zkoumána?
- Který stupeň vzdělávání je v disertačních pracích zkoumán?
- Které metody sběru dat používají autoři disertačních prací při svém výzkumu?
- Jaká je četnost a kvalita autorovy publikační činnosti (posuzováno počtem vlastních publikací autora uvedených v disertační práci)?
- Jak často a v jaké podobě se v pracích vyskytují „vedlejší produkty“ výzkumu (konkrétní praktické aplikace)?

---

<sup>1</sup>Obor Vzdělávání v biologii je akreditován od r. 2010, ale v době psaní článku neměl ještě žádného absolventa.

Tab. 1: Vysoké školy v ČR s akreditovanými studijními programy s možností zaměření na didaktiku biologie

| Vysoká škola (fakulta)   | Studijní program | Studijní obor              |
|--|------------------|----------------------------|
| Univerzita Karlova v Praze<br>(Pedagogická fakulta)  | Pedagogika       | Pedagogika*                |
| Masarykova univerzita v Brně<br>(Pedagogická fakulta)  | Pedagogika       | Pedagogika                 |
| Univerzita Palackého v Olomouci<br>(Pedagogická fakulta)   | Pedagogika       | Pedagogika                 |
| Univerzita Karlova v Praze<br>(Pedagogická fakulta)<br>Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích<br>(Přírodovědecká a Pedagogická fakulta) | Pedagogika       | Vzdělávání<br>v biologii** |

\*Z rozhodnutí vědecké rady Pedagogické fakulty Univerzity Karlovy v Praze do tohoto oboru již nejsou nově přijímáni studenti se specializací na didaktiku biologie, studium dokončuje několik posledních studentů s tímto zaměřením.

\*\* Akreditován od r. 2010.

## METODOLOGIE

Použitý výzkum je kvalitativní, výzkumnou metodou je obsahová analýza dokumentu (Hendl, 2005). Práce byly zkoumány z hlediska těchto stanovených kritérií: oborové téma, stupeň zkoumané školy, metody sběru dat při výzkumu, počet vlastních publikací autora uvedených v disertační práci a jejich kvalita a případný praktický výstup do praxe a jeho charakter. Pro přehlednost byly výsledky některých těchto parametrů kvantifikovány. Práce byly analyzovány podle jejich dostupnosti buď v listinné nebo elektronické podobě.

Do výzkumu byly zařazeny všechny didakticky orientované práce z vědních oborů tvořících obsah vyučovacích předmětů prvouka a přírodověda na 1. stupni ZŠ, přírodopis na 2. stupni ZŠ a biologie a geologie na SŠ a práce vztahující se ke vzdělávacím oblastem Dítě a jeho tělo a Dítě a svět v preprimárním vzdělávání (RVP PV, 2006; RVP G, 2007; RVP ZV, 2013; Pavlasová, 2014) v časovém intervalu let 2004–2013. Uvedený časový interval byl zvolen zejména z toho důvodu, aby bylo možné v budoucnu komparovat zjištěné údaje s údaji v publikaci Žáka (2015) a Ruska<sup>2</sup> (2015), a tím poskytnout jisté srovnání úrovně disertací v didaktice fyziky, chemie i biologie. Druhým důvodem bylo, že v tomto období neměla didaktika biologie svůj samostatně akreditovaný obor a práce byly obhajovány pouze ve studijním oboru Pedagogika. Proto se jevílo potřebné toto období reflektovat a shrnout, k čemuž by mohla analýza disertací přispět. Třetím důvodem byla možnost porovnání s obecnými závěry ve zprávě Akreditační komise (Dvořáková & Smrčka, 2013), která se věnovala hodnocení doktorského studia v období do r. 2013. Seznam analyzovaných disertačních prací je uveden v příloze.

<sup>2</sup>Rusek (2015) do své analýzy zahrnuje i rok 2014. V tomto roce nebyla obhájena žádná práce z didaktiky biologie, proto naše analýza fakticky končí rokem 2013.

# VÝSLEDKY

## ZÁKLADNÍ ÚDAJE O DISERTAČNÍCH PRACÍCH

V období 2004–2013 bylo v České republice obhájeno celkem 22 prací (viz tab. 2), z nichž bylo analyzováno 19, tedy 86 %. Zbývající tři práce nebyly analyzovány z toho důvodu, že se je nepodařilo dohledat v knihovně<sup>3</sup>, případně nebyly dostupné on-line<sup>4</sup>. Všechny práce byly napsány v českém jazyce.

Tab. 2: Počet prací v jednotlivých letech (celkem 22)

| Rok   | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| počet | 4    | 2    | 1    | 3    | 1    | 4    | 2    | 1    | 2    | 2    |

Z tab. 2 je patrné, že počty disertačních prací obhájených v jednotlivých letech jsou v podstatě stabilní a jedná se pouze o jednotky prací. Počet autorek versus počet autorů je 14 : 8, tj. 64 % žen a 36 % mužů.

## OBOROVÉ TÉMA PRÁCE

Přehled oborových témat, kterými se práce zabývají, ukazuje tab. 3. Oborová témata byla tříděna do hlavních skupin podle tematických okruhů vzdělávacího oboru Přírodopis ve Vzdělávací oblasti Člověk a příroda, uvedených v RVP ZV (2013). Toto zjednodušené třídění bylo zvoleno i pro případy, že se práce netýkaly vzdělávání na 2. stupni základních škol.

Tab. 3: Oborové zaměření analyzovaných disertačních prací (celkem 19)

| Oborové téma               | Počet prací | Poznámka (rok obhájení)                 |
|----------------------------|-------------|---|
| Obecná biologie a genetika | 1           | 2007                                    |
| Biologie hub               | 0           | –                                       |
| Biologie rostlin           | 1           | 2013                                    |
| Biologie živočichů         | 3           | 2004, 2007, 2009                        |
| Biologie člověka           | 1           | 2013                                    |
| Ekologie                   | 5           | 2004, 2009, 2012, 2010 (2×)             |
| Neživá příroda             | 1           | 2007                                    |
| Jiné/více témat současně   | 7           | 2004, 2006, 2008, 2009 (2×), 2011, 2012 |

Z tab. 3 je zřejmé, že větší část prací (12, tj. 63 %) z celkových 19 byla oborově úžeji zaměřena. Nejčastěji řešená témata prací se vztahovala k ekologii, případně environmentalistice, což není příliš překvapivé vzhledem k zájmu, který je ekologii a environmentalistice nejen ve vzdělávání, ale i ve společnosti po r. 1990 věnován. Menší část prací (37 %) zpracovávala téma obecnější, případně více témat současně,

<sup>3</sup>Böhmisch, Robin: Přírodní poměry Hrádečku a jejich využití ve výuce (rok obhájení 2005, Pedagogická fakulta UK v Praze).

<sup>4</sup>Jůvová (roz. Zachová), Alena: Didaktická vybavenost učebnic přírodopisu v kontextu environmentální edukace, (rok obhájení 2004, Pedagogická fakulta Masarykovy univerzity) a Škrabánková (roz. Vančurová), Jana: Obsahová dimenze kurikula vzdělávání učitelů přírodovědných předmětů na 2. stupni ZŠ a SŠ (rok obhájení 2005, Pedagogická fakulta Masarykovy univerzity).

z nichž žádné nebylo dominující, a snažila se na problematiku výuky přírodovědných předmětů dívat komplexněji. V tab. 3 najdeme i roky, kdy byly práce na daná témata obhájeny. Z nich ale nelze vzhledem k malému počtu analyzovaných prací a krátkému, desetiletému, intervalu, ze kterého byly práce zkoumány, vyvodit žádný obecný závěr, který by vypovídal o tendencích v oblíbených tématech. Můžeme ale konstatovat, že zastoupení oborů, jejichž didaktické aspekty jsou v pracích řešeny, je poměrně nevyrovnané.

## STUPEŇ ŠKOLY

Analyzované práce se zabývaly všemi stupni vzdělávání, od předškolního až po vysokoškolské (viz tab. 4). Nejvíce je v disertačních pracích zkoumáno vysokoškolské vzdělávání (bakalářské i magisterské). Dále je poměrně často zkoumáno primární vzdělávání (1. stupeň ZŠ) a vzdělávání sekundární (nižší i vyšší). Relativně nejméně se autoři prací věnují preprimárnímu vzdělávání, což může být způsobeno tím, že preprimární vzdělávání má svá specifika a realizované výzkumy bývají více komplexní a neomezují se na izolovaná témata z didaktik přírodních věd. Žádná ze zkoumaných prací se nezabývá neformálním vzděláváním. Z tab. 4 vyplývá, že žádný stupeň školy není v tématech prací nějak výrazně opomíjen a všechny se zabývají pouze formální vzděláváním.

Tab. 4: Stupeň zkoumané školy v disertačních pracích (celkem 19 prací)

| Stupeň školy (ISCED97)   | Počet prací | Relativní četnost |
|--------------------------|-------------|-------------------|
| Mateřská škola (0)       | 2           | 11 %              |
| 1. stupeň ZŠ (1)         | 4           | 21 %              |
| 1. a 2. stupeň ZŠ (1, 2) | 1           | 5 %               |
| 2. stupeň ZŠ (2)         | 3           | 16 %              |
| 2. stupeň ZŠ a SŠ (2, 3) | 1           | 5 %               |
| SŠ (3)                   | 2           | 11 %              |
| SŠ a VŠ (3, 5, 6)        | 1           | 5 %               |
| VŠ (5, 6)                | 5           | 26 %              |
| jiné                     | 0           | –                 |

## METODY SBĚRU DAT

Návrh výzkumného plánu a volba vhodných metod výzkumu je základní předpoklad pro úspěšný průběh přípravy disertační práce. Zatímco výzkumný plán a údaje o typu výzkumu byly v pracích v některých případech obtížně dohledatelné, metody sběru dat se daly poměrně jasně identifikovat. Při jejich třídění jsme vycházeli z charakteristiky popsané Chráskou (2007) a Hendlem (2005). Zastoupení metod sběru dat v disertačních pracích je uvedeno v tab. 5.

V každé disertační práci byla použita nejméně jedna metoda sběru dat. Nejčastěji používanou metodou je jednoznačně dotazník, který najdeme v 74 % všech prací. Koresponduje to i s častým používáním této metody v bakalářských a diplomových pracích, které vycházejí z autorčiny osobní zkušenosti. Další poměrně oblíbenou metodou je obsahová analýza nejrůznějších dokumentů. Vyskytuje se v 53 % pracích. Pozorování je využíváno především při výzkumech v předškolním a primárním vzdělávání, celkem bylo použito v 37 % pracích. Didaktický test a interview jsou využívány s nejmenší četností. Ve zkoumaných pracích jsme nezaznamenali žádnou jinou použitou metodu.



Tab. 5: Metody sběru dat v disertačních pracích (celkem 19 prací)

| Metoda sběru dat   | Počet prací obsahujících metodu* | Relativní četnost ze všech metod | Relativní četnost ze všech prací |
|--|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Dotazník   | 14                               | 34 %                             | 74 %                             |
| Obsahová analýza dokumentů (např. textů, učebnic, kurikulárních dokumentů, prací žáků) | 10                               | 24 %                             | 53 %                             |
| Pozorování   | 7                                | 18 %                             | 37 %                             |
| Didaktický test  | 5                                | 12 %                             | 26 %                             |
| Interview (včetně skupinové diskuse)   | 5                                | 12 %                             | 26 %                             |
| Jiná   | 0                                | –                                | –                                |
| Žádná  | 0                                | –                                | –                                |

\*V pracích byla používána většinou kombinace různých metod. Pokud byla daná metoda použita v práci ve více variantách (např. více typů dotazníků), byla započítána jen jednou na danou práci.

## POČET VLASTNÍCH PUBLIKACÍ AUTORA A JEJICH KVALITA

Kvalita publikační činnosti je jedna z podstatných podmínek úspěšné obhajoby doktorské disertační práce (Ušáková, 2014). Zároveň je to i ukazatel kvality celého doktorského studia (Dvořáková & Smrčka, 2013). Z tohoto důvodu byl hodnocen i počet autocitací v analyzovaných pracích. Z 19 analyzovaných prací se v 9 případech (tj. 47 %) nevyskytovala v práci ani jedna autocitace (do této skupiny jsme zařadili i práce, kde byla citována pouze autorova diplomová práce). Ve zbylých 10 pracích je počet autocitací velmi kolísavý, což je patrné z tab. 6.

Tab. 6: Počet autocitací v disertačních pracích (10 prací)

| Práce č. | Počet autocitací RIV | Počet autocitací neRIV | Vystoupení na konferenci | Celkem |
|----------|----------------------|------------------------|--------------------------|--------|
| 1        | –                    | 1                      | –                        | 1      |
| 2        | 2                    | 15                     | 4                        | 21     |
| 3        | 1                    | –                      | 1                        | 2      |
| 4        | –                    | 1                      | –                        | 1      |
| 5        | 5                    | 5                      | 8                        | 18     |
| 6        | 2                    | 4                      | 2                        | 8      |
| 7        | –                    | 3                      | –                        | 3      |
| 8        | 1                    | –                      | 15                       | 16     |
| 9        | –                    | 6                      | –                        | 6      |
| 10       | –                    | 3                      | 13                       | 16     |
| Celkem   | 11                   | 38                     | 43                       | 92     |

## PRAKTICKÝ VÝSTUP PRÁCE

V disertačních pracích z didaktiky biologie je častá přítomnost různých výstupů do praxe, ať už se jedná o výukové materiály, vysokoškolská skripta, inovace kurzů,

návrhy koncepcí výuky apod. Autoři se tedy bohužel mnohdy nevěnují pouze výzkumu, který by měl být hlavní náplní doktorského studia, ale v disertacích popisují i možnosti aplikace svých výsledků v praxi, nebo případně do ní zařazují jimi vytvořené opory pro realizaci změn ve výuce založených na provedeném výzkumu. Ze zkoumaných 19 prací jich takovou část obsahovalo 10 (tj. 53 %). Konkrétně se jednalo o návrh námětů na exkurze, tvorbu tematických plánů a školního vzdělávacího programu konkrétní školy na základě provedeného výzkumu, o inovace obsahu vysokoškolského kurzu na základě provedeného výzkumu, různé výukové materiály (včetně vysokoškolských skript, celkem ve 2 pracích), dále o návody na výrobu didaktických pomůcek a návody na využití tématu ve výuce, návrh opatření pro efektivní přípravu studentů v didaktice věcného učení, návrh Rámcového vzdělávacího programu pro obor vzdělávání s maturitní zkouškou Ekologie a životní prostředí, vytvoření konceptu environmentální výchovy na 1. stupni ZŠ a inovace vzdělávacího programu vysoké školy na základě provedeného výzkumu. Přítomnost praktického výstupu v práci jsme zaznamenali pouze u prací obhájených do r. 2009 (tab. 7).

Zajímavý, ale v podstatě logický vztah mezi přítomností praktického výstupu v práci a počtem autocitací nám ukazují tab. 7 a 8. Práce s praktickým výstupem obsahovaly méně citovaných vlastních publikací autora než práce, které byly věnovány výlučně výzkumu. Navíc se ve skupině prací s didaktickou aplikací vyskytuje i více prací, kde není uvedena ani jedna autocitace. V obou skupinách můžeme ale najít dvě práce, které se počtem autocitací vymykají směrem nahoru.

Tab. 7: Počet autocitací v pracích s praktickým výstupem (10 prací)

| Č. práce         | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | celkem |
|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|
| Rok obhájení     | 2004 | 2006 | 2007 | 2007 | 2007 | 2008 | 2009 | 2009 | 2009 | 2009 | –      |
| Počet autocitací | 0    | 0    | 2    | 0    | 0    | 16   | 0    | 1    | 0    | 18   | 37     |

Tab. 8: Počet autocitací v pracích pouze výzkumných (bez praktického výstupu, 9 prací)

| Č. práce         | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | celkem |
|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|
| Rok obhájení     | 2004 | 2004 | 2010 | 2010 | 2011 | 2012 | 2012 | 2013 | 2013 | –      |
| Počet autocitací | 1    | 21   | 6    | 0    | 0    | 8    | 3    | 0    | 16   | 55     |

## DISKUSE

Předmětem uvedeného výzkumu byly vybrané parametry, pomocí nichž jsme chtěli ilustrovat úroveň disertačních prací z didaktiky biologie v posledních zhruba deseti letech. Jsme si vědomi toho, že výběr zkoumaných kritérií byl poměrně úzký, proto by tento výzkum bylo možné určitě rozšířit.

Počet prací obhájených v letech 2004–2013 je v porovnání s jejich počtem v didaktice fyziky (61 prací, Žák, 2015) a didaktice chemie (38 prací, Rusek, 2015) mnohem nižší. Každý rok se jednalo jen o jednotky prací, jejichž počet nebyl vyšší než čtyři. Důvodem je s největší pravděpodobností to, že práce vznikaly v oboru

Pedagogika na rozdíl od prací z didaktiky fyziky a didaktiky chemie, kde byly samostatné studijní obory akreditovány dříve (Čtrnáctová & Klečková, 2010; Nezvalová, 2011; Bílek, 2013). Bude zajímavé zjistit, zda nově akreditovaný obor Vzdělávání v biologii (viz tab. 1) tyto počty v budoucnu zvýší. Na závěry si budeme muset počkat, první absolventy tohoto oboru čekáme v r. 2016.

Počet autorek – žen disertačních prací je vyšší než počet autorů – mužů. Fenomén feminizace školství se tedy mírně projevuje i zde a tento trend potvrzuje i počet studentek a studentů v oboru Vzdělávání v biologii (k 30. 9. 2015 to bylo 15 osob, 9 žen a 6 mužů, tj. 60 % žen a 40 % mužů). Tento údaj zde uvádíme pouze pro ilustraci s vědomím, že počet studentů se nemusí nutně rovnat počtu absolventů. Je zajímavé, že téměř stejný poměr žen a mužů u obhájených prací byl zaznamenán Ruskem (2015) v případě didaktiky chemie. U didaktiky fyziky (Žák, 2015) je naopak poměr autorek i autorů obhájených prací obrácený, muži mírně převažují.

Zjišťování zastoupení oborových témat ukázalo, že některá témata nejsou v pracích zastoupena vůbec (např. biologie hub). Další témata zastoupena sice byla, ale byla zkoumána pouze v jedné práci. Konkrétně se jednalo o obecnou biologii a genetiku, biologii rostlin, biologii člověka a neživou přírodu. Absence zkoumání některých témat ale může být způsobena nízkým počtem obhájených prací vůbec. Domníváme se, že autor si většinou vybírá oborové téma, které předtím vystudoval v magisterském programu, nebo kterému se věnoval v diplomové práci. Nejčastěji zkoumanými oborovými tématy jsou biologie živočichů a ekologie.

Stupně školy zkoumané v disertacích byly zastoupeny poměrně rovnoměrně. Zde se ukazuje, že didaktika biologie má poměrně široký záběr a výrazně neopomíná žádný stupeň školy. Vysokoškolské vzdělávání bylo přesto zkoumáno s nejvyšší četností. Jedním z důvodů může být to, že řešitelé těchto prací většinou vyučují na vysoké škole, a proto mají k účastníkům výzkumu snadnější přístup. Dalším důvodem může být fakt, že jsou motivováni mnohem více zkoumat vysokoškolskou edukační realitu, aby mohli výsledky svých výzkumů zavést do praxe. Svědčí o tom mimo jiné i výstupy některých prací, které nejsou výzkumné, ale ryze aplikační. V oblasti vyššího středního školství je zkoumáno především všeobecné vzdělávání, střední odborné školy jsou předmětem výzkumu jen v jedné disertační práci. Dalším zajímavým faktem je, že se všechny práce věnují pouze formálnímu vzdělávání a neformální vzdělávání není v pracích zastoupeno vůbec. Stejně tak jsme nezaznamenali žádnou práci, která by řešila problémy pomaturitního neterciárního vzdělávání (stupeň 4 podle nomenklatury ISCED97).

Použité metody sběru dat nevybočují svým charakterem od ostatních zkoumaných didaktik přírodovědných předmětů (Rusek, 2015; Žák, 2015). Zcela jasně převažuje dotazník, který byl použit ve třech čtvrtinách prací. Tyto výsledky byly ostatně očekávány, protože dotazník patří tradičně mezi nejpoužívanější metody pedagogického výzkumu (Průcha, 2009: s. 807). Kvalita dotazníku dále zkoumána nebyla, stejně jako složení respondentů – učitelé, žáci, jiní pracovníci ve školství, tvůrci vzdělávacích programů apod. Druhou nejoblíbenější metodou je obsahová analýza, která je obvykle používána k výzkumu učebnic, Rámcových vzdělávacích programů, školních vzdělávacích programů, vzdělávacích programů a kurzů na vysokých školách, žákovských prací (esejí a portfolií). Dále bylo zaznamenáno použití pozorování, didaktického testu a interview. Jiná metoda nebyla v disertačních pracích z didaktiky biologie v uvedeném období použita.

Počet vlastních publikací, které autoři v pracích uváděli, byl značně kolísavý. Téměř v polovině prací nebyla uvedena autocitace ani jedna, což je dosti alarmující. Navíc se nedá ani konstatovat, že v průběhu let se počet publikací u disertacích

z didaktiky biologie zvyšuje a že se v této oblasti situace zlepšuje. Pokud se v některých pracích nachází vyšší počet vlastních publikací, jedná se vždy jen o ojedinělé případy. Omezením těchto závěrů může být fakt, že ne všechny své publikace autor uvedl do své disertace. Vzhledem k tomu, že je to jeden z ukazatelů posuzování činnosti doktoranda v průběhu celého doktorského studia, lze se domnívat, že doktorandi byli sami motivováni uvést maximum publikací souvisejících s tématem disertační práce.

Více jak polovina obhájených prací obsahuje nejrůznější výstupy do praxe, které lze považovat za jakési vedlejší produkty prací. Disertační práce by měla být primárně výzkumná (Dvořáková & Smrčka, 2013). Je otázkou, zda autor při tvorbě tohoto výstupu nevyčerpá příliš mnoho času a na samotný výzkum mu potom čas nezbyvá. Počet vlastních publikací, které autoři v pracích uvádějí, v tomto dává za pravdu. Z provedené analýzy totiž vyplynulo, že počet vlastních publikací autora v pracích, kde lze nalézt nějaký praktický výstup, je celkově nižší než u prací bez tohoto výstupu, tedy čistě výzkumných (byť počet obhájených prací v obou skupinách není přesně identický). Faktem je, že od r. 2009 nebyla nalezena ani jedna práce obsahující podobný vedlejší produkt. Zdá se tedy, že se práce postupně svým zaměřením začínají přiklánět k výzkumu v didaktice biologie a odklánět od aplikačního pojetí, což můžeme vyhodnotit jednoznačně kladně.

Provedený výzkum nepokrývá a ani nemůže pokrývat problematiku kvality disertačních prací v celé její šíři. Nabízí se zde proto několik potenciálních možností, jakým způsobem výzkum rozšířit a kterým oblastem se ještě věnovat. Jako další možnost, kam výzkum dále směřovat, je zkoumání, zda autoři disertací používají kvalitativní, kvantitativní nebo smíšený design výzkumu. Je možné zkoumat i správnost formulace vědeckého problému, cílů, hypotéz, výzkumných otázek. U podobně laděných analýz ovšem můžeme narazit na problém v tom smyslu, že některé z námi zkoumaných prací neměly strukturu obvyklou pro kvalifikační práce a uvedené položky se v nich daly jen těžko vysledovat a vyhodnotit. Navíc se vyskytly i práce, kde byl uváděn kromě výzkumu pedagogického i výzkum z oblasti odborné biologie nebo geologie. V neposlední řadě se jako navazující výzkumné šetření nabízí vyhodnocení adekvátních postupů při zpracování dat, např. využití statistických metod.

## ZÁVĚR

Disertační práce z didaktiky biologie a geologie v letech 2004–2013 vznikaly spíše sporadicky, počet prací obhájených v jednom roce nepřekračoval čtyři. Byly obhájeny ve studijním programu Pedagogika, oboru Pedagogika – celkem na třech vysokých školách – Univerzita Karlova v Praze (Pedagogická fakulta), Masarykova univerzita v Brně (Pedagogická fakulta) a Univerzita Palackého v Olomouci (Pedagogická fakulta). Autory prací byly zhruba ze dvou třetin ženy a z jedné třetiny muži. Všechny práce byly napsány v českém jazyce. Oborová témata prací jsou nerovnoměrně zastoupena, existují tematické okruhy, které nebyly v těchto letech vůbec zkoumány (např. biologie hub). Zato zkoumané stupně škol jsou zastoupeny všechny, od preprimárního po vysokoškolský. Hlavní metodou sběru dat v pracích je dotazník, který se vyskytoval téměř ve třech čtvrtinách prací, následuje obsahová analýza dokumentu, pozorování, didaktický test a interview. Vlastní publikační aktivita autorů, posuzovaná podle počtu autocitací v disertaci, je značně kolísavá. V polovině prací nenajdeme citovanou ani jednu autorovu práci, ve zbylé polovině se počet pohybuje od 1 do 21. Polovina prací obsahuje kromě výzkumné části i část aplikační, tedy nějaký praktický výstup určený pro použití v praxi.

Zjištěná fakta bude určitě zajímavé porovnat jednak v rámci didaktik ostatních (přírodovědných) předmětů, ale i s pracemi, které budou obhajovány v následujících letech. Umožní to posoudit pozici didaktiky biologie z hlediska kvality disertačních prací mezi ostatními didaktikami, ale i posun jednotlivých parametrů v čase u tohoto oboru samotného.

## LITERATURA

- Bílek, M. (2013). Doktorské studium v didaktice chemie po 20 letech opět v Hradci Králové. *Scientia in educatione*, 4(1), 91–94.
- Čtrnáctová, H. & Klečková, M. (2010). Doktorské studium v oblasti didaktiky chemie – vývoj a současnost. *Scientia in educatione*, 1(1), 119–124.
- Dostál, P. (2010). Didaktika biologie – vývoj a současnost. *Scientia in educatione*, 1(1), 125–132.
- Dostál, P. (2014, říjen). *K historii přípravy učitelů přírodopisu a biologie na Pedagogické fakultě Univerzity Karlovy*. Příspěvek prezentovaný na konferenci Trendy v didaktice biologie, Praha.
- Dvořáková, V. & Smrčka, J. (2013). Hodnocení kvality doktorských studijních programů na vysokých školách v ČR. *Pedagogika*, 63(3), 393–403.
- Hendl, J. (2005). *Kvalitativní výzkum: základní metody a aplikace*. Praha: Portál.
- Chráska, M. (2007). *Metody pedagogického výzkumu*. Praha: Grada.
- Nezvalová, D. (2011). Didaktika fyziky v České republice: trendy, výzvy a perspektivy. *Pedagogická orientace*, 21(2), 171–192.
- Papáček, M., Čížková, V., Kubiátko, M., Petr, J. & Závodská, R. (2015). Didaktika biologie: didaktika v rekonstrukci. In I. Stuchlíková & T. Janík (Eds.), *Oborové didaktiky: vývoj – stav – perspektivy* (225–257). Brno: Masarykova univerzita.
- Pavlasová, L. (2014). *Přehled didaktiky biologie*. Dostupné z <http://vzdelavani-dvpp.eu/download/opory/02pavlasova.Kn.bl.TISK.pdf>
- Průcha, J. (ed.). (2009). *Pedagogická encyklopedie*. Praha: Portál.
- Rámcový vzdělávací program pro gymnázia*. (2007). Praha: VÚP. Dostupné z [http://www.vuppraha.cz/wp-content/uploads/2009/12/RVPG-2007-07\\_final.pdf](http://www.vuppraha.cz/wp-content/uploads/2009/12/RVPG-2007-07_final.pdf)
- Rámcový vzdělávací program pro předškolní vzdělávání*. (2006). Praha: VÚP. Dostupné z [http://www.vuppraha.cz/wp-content/uploads/2009/12/RVP\\_PV-2004.pdf](http://www.vuppraha.cz/wp-content/uploads/2009/12/RVP_PV-2004.pdf)
- Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání*. (2013). Praha: VÚP. Dostupné z <http://www.msmt.cz/vzdelavani/zakladni-vzdelavani/upraveny-ramcovy-vzdelavaci-program-pro-zakladni-vzdelavani>
- Rusek, M. (2015). Analýza disertačních prací z didaktiky chemie obhájených v letech 2003–2014. *Scientia in educatione*, 6(2), 16–34.
- Ušáková, K. (2014). Reflexia na stav a perspektivy didaktiky biologie z pohledu situace na PRIFUK v Bratislavě. *Scientia in educatione*, 5(2), 74–89.
- Žák, V. (2015). Disertační práce z didaktiky fyziky obhájené v České republice v letech 2004 až 2013 – přehled a analýza. *Scientia in educatione*, 6(2), 35–50.

# PŘÍLOHA

Seznam analyzovaných disertačních prací

## UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE (PEDAGOGICKÁ FAKULTA)

- Andreska, Jan. *Některé aspekty výuky zoologie obratlovců*. 2004
- Brtnová-Čepičková, Ivana. *Aktivní konstrukce přírodovědného poznání žáků primární školy*. 2004
- Švestková, Renata. *Rozvoj ekologické výchovy v regionu*. 2004
- Adamcová, Ludmila. *Proměny rozvíjení poznání, prvouky, přírodovědy a vlastivědy v čase, ve vzdělávacím programu a v praxi*. 2006
- Kočí, Tomáš. *Učivo, metody, organizační formy a motivace vyučování geologii s důrazem na environment v geologické historii ČR*. 2007
- Pavlasová, Lenka. *Praktické formy výuky v přípravném vzdělávání učitelů přírodopisu a biologie (se zaměřením na mikrobiologii)*. 2007
- Rajová, Štěpánka. *Využití hmyzu k výuce biologie: Střevlíkovití (Coleoptera: Carabidae) Klánovického lesa a posouzení stavu jeho zachovalosti metodou bioindikace*. 2007
- Minář, Petr. *Modernizační přístupy v didaktice přírodovědy, vlastivědy a prvouky při přípravě učitelů primárního stupně základní školy*. 2009
- Dvořáková, Zuzana. *Projektování kurikula a specifikum maturitní zkoušky na středních odborných školách*. 2009
- Jančaříková, Kateřina. *Environmentální výchova na prvním stupni ZŠ*. 2009
- Řezníček, Jan. *Analýza učebního textu „Srovnávací anatomie obratlovců“*. 2009
- Pouchová, Milena. *Školní projekty ve výuce přírodovědných předmětů na 2. stupni základních škol v České republice a Slovenské republice*. 2011
- Šircová, Ivana. *Spontánní aktivity dětí v přírodě a předškolní výchova*. 2012
- Vošahlíková, Tereza. *Klíčové kompetence pro udržitelné jednání v kurikulu preprimárního vzdělávání*. 2012
- Novotný, Petr. *Určovací klíče v procesu poznávání přírodnin*. 2013

## MASARYKOVA UNIVERZITA V BRNĚ (PEDAGOGICKÁ FAKULTA)

- Jedličková, Helena roz. Havránková. *Dynamický model zkušenostního učení ve studijním programu Učitelství pro základní školy. Inovace v přípravě učitelů ke vzdělávání pro udržitelný rozvoj na základní škole*. 2008
- Hromádka, Zdeněk. *Životní prostředí ve vědomostech, postojích a jednání žáků druhého stupně základní školy*. 2010

Schovajsová, Jana. *Současný stav environmentální výchovy na základních školách – vybrané aspekty environmentální gramotnosti dětí mladšího školního věku*. 2010

Hlaváček, Lukáš. *Statická a dynamická vizualizace ve výuce fyziologie*. 2013

Pozn. K těmto pracím bychom mohli ještě přiřadit disertaci autorky Jany Přinosilové Jany s názvem *Badatelsky orientovaná výuka s podporou ICT v environmentální výchově na základní škole*, obhájenou v r. 2013 na katedře informačních a komunikačních technologií Pedagogické fakulty Ostravské univerzity v Ostravě v oboru Informační a komunikační technologie ve vzdělávání. Tato práce spadá obrově do didaktiky informatiky, a proto nebyla do analýzy zařazena.

---

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

## **Analýza disertačních prací z didaktiky chemie obhájených v České republice v letech 2003–2014**

*Martin Rusek*

### **Abstrakt**

Analýza disertačních prací z didaktiky chemie obhájených mezi lety 2003–2014 byla provedena v rámci iniciativy zaměřené na zvyšování úrovně doktorského studia v oborových didaktikách. Jedná se o snahu posílení pozice oborových didaktik přírodovědných předmětů v České republice. Prvním z kroků je analýza disertačních prací z didaktik přírodovědných oborů. Dalším plánovaným krokem je zřízení portálu pro snazší sdílení disertačních prací i jiných textů za účelem lepší návaznosti prací i spolupráce doktorandů. V daném časovém rozmezí bylo u nás obhájeno 39 disertačních prací z didaktiky chemie. Ty byly analyzovány s ohledem na tematické zaměření práce, stupeň škol, využití metody sběru dat a publikační činnost autorů disertačních prací. Počet obhájených disertací postupně vzrůstá. Práce jsou převážně zaměřeny na výuku chemie na gymnáziu, mezi nejčastěji se objevujícími tématy je edukační experiment, v poslední době i informační a komunikační technologie ve výuce. V závěru je text apelem na usnadnění sdílení disertačních prací a další podporu doktorského studia. Spolu se závěry akreditační komise uváděnými v textu může přispět ke zvyšování kvality doktorského studia.

**Klíčová slova:** analýza disertačních prací, didaktika chemie, doktorské studium, oborové didaktiky.

## **The Analysis of Doctoral Theses in Chemistry Education Defended in the Czech Republic between Years 2003–2014**

### **Abstract**

The analysis of dissertations in Chemistry education defended between 2003 and 2014 has been conducted within a larger project focused on dissertations in Science education. The project is an endeavour to support the position of Science education in the Czech Republic. There were 39 dissertations defended in the selected period. These theses have been analysed with respect to their thematic focus, school level, methods of data collection and the authors' publication activity. The number of defended theses increases gradually. The theses are usually focused on grammar school Chemistry education, the most common topics are educational experiments, recently also information and communication technology in education. The paper also appeals for facilitating dissertation sharing and further doctoral studies support. Along with the conclusions of the Accreditation Committee mentioned in the text, the results may contribute to improving the quality of doctoral studies.

**Key words:** doctoral theses analysis, chemistry education, doctoral studies, field didactics.



# 1 ÚVOD

Otázce přírodovědného vzdělávání se v poslední době začíná dostávat více pozornosti, než tomu bylo v minulosti. Děje se tak nejen v České republice, ale i v zahraničí. Značný vliv hrají výsledky mezinárodních šetření<sup>1</sup> PISA, TIMSS a PIRSL (OECD, 2014; Martin, Mullis (eds.), 2013) a výzkumy postojů žáků k přírodovědným předmětům (např. Bílek & Řádková, 2006; Birrell, Edwards et al., 2005; Höffer & Svoboda, 2005; Hassan, 2008; Veselský & Hrubíšková, 2009; Kubiátko, Švandová et al., 2012; Prokop, Leskova et al., 2007). V tomto směru tak na vážnosti získává koncepce STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) popřípadě STEAM (A – Art) propagovaná především v anglicky mluvících zemích, kupř. v Německu jde o MINT (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik).

Patřičný prostor také začínají získávat i oborové didaktiky. Dokladem tohoto vývoje v České republice je monotematické číslo časopisu *Pedagogická orientace* (Stuchlíková & Janík, 2011) i publikace *Oborové didaktiky: vývoj – stav – perspektivy* (Stuchlíková, Janík et al., 2015), ve které našly prostor i didaktiky biologie, fyziky a chemie. Vysokoškolské vzdělávání a výzkum jsou zásadně ovlivněny kvalitou doktorských studijních programů (Dvořáková & Smrčka, 2013), tedy i kvalitou doktorských (disertačních) prací. Kvalitě doktorských studií nebo disertačních prací u nás byla již v minulosti věnována jistá pozornost, a to jak na obecné úrovni (Dvořáková & Smrčka, 2013; Mareš, 2013), tak na úrovni didaktiky chemie (Bílek, 2001, 2003, 2013; Čtrnáctová, 2008, 2013; Čtrnáctová & Klečková, 2011). V posledních letech však chybí systematictější práce zaměřená na analýzu prací z uvedených oborů. Z tohoto důvodu vznikla iniciativa realizovat výzkum zaměřený na reflexi současného stavu oborových didaktik přírodovědných oborů s cílem pozitivně ovlivnit jejich budoucnost. Předkládaná studie je spolu s analýzou disertačních prací z didaktiky fyziky (Žák, 2015) a didaktiky biologie (Pavlasová, 2015) součástí této iniciativy.

## 2 STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

Jak již bylo zmíněno v úvodu, vzdělávání na vysokých školách, jakož i vysokoškolský výzkum, jsou do značné míry ovlivněny doktorskými studijními programy (srov. Čtrnáctová & Bílek, 2015). Jejich kvalita se odráží v odborné práci univerzitních pracovišť, neboť v těchto programech jsou připravováni budoucí akademičtí pracovníci, kteří rovněž zasahují do výuky v bakalářských a magisterských studijních programech. Kvalita doktorského studia tak přeneseně ovlivňuje i kvalitu pregraduální přípravy vysokoškolských studentů (srov. Dvořáková & Smrčka, 2013).

### 2.1 PRACOVISŤE NABÍZEJÍCÍ DOKTORSKÉ STUDIJNÍ OBORY ZAMĚŘENÉ NA DIDAKTIKU CHEMIE

V roce 1994 proběhly poslední obhajoby kandidátských prací (titul CSc.) v oboru Teorie vyučování chemii. V následujících letech nebylo v oblasti didaktiky chemie akreditováno žádné pracoviště, které by v této oblasti poskytovalo doktorský studijní program (titul Ph.D.). Zájemci proto využívali možnosti absolvovat studium pod studijním programem Pedagogika s orientací na didaktiku chemie. Poslední studenti

---

<sup>1</sup>Především šetření PISA – Programme for International Student Assessment a TIMSS – Trends in International Mathematics and Science Study

v tomto programu obhájili své disertační práce na Pedagogické fakultě Univerzity Karlovy v Praze v roce 2013.

Až v roce 2003 byl akreditován studijní program zaměřený na didaktiku chemie. Tento rok lze považovat za milník, jelikož poté následují další studijní programy (viz tabulku 1).

Tab. 1: Přehled pracovišť nabízejících doktorské studijní programy v didaktice chemie (viz Čtrnáctová & Bílek, 2015: s. 198)

| Pracoviště   | Název studia        | Délka studia (v letech) | Rok získání akreditace |
|--|---------------------|-------------------------|------------------------|
| Katedra učitelství a didaktiky chemie Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy v Praze (PřF UK) | Vzdělávání v chemii | 3                       | 2003                   |
| Katedra anorganické chemie Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci (PřF UPOL)     | Didaktika chemie    | 4                       | 2007                   |
| Katedra učitelství a didaktiky chemie Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy v Praze (PřF UK) | Didaktika chemie    | 4                       | 2011                   |
| Katedra chemie Přírodovědecké fakulty Univerzity Hradec Králové (PřF UHK)                        | Didaktika chemie    | 4                       | 2013                   |

## 2.2 POPIS, ZAMĚŘENÍ A CÍLE DOKTORSKÉHO STUDIA

Dvořáková a Smrčka (2013) ve svých závěrech o charakteru a organizaci doktorského programu zdůrazňují náročnou individuální vědeckou přípravu s důrazem na metodologii vědy a zvládnutí základního výzkumu. Z tohoto stanoviska Akreditační komise vycházejí i profily absolventa doktorských studijních programů v *didaktice chemie*. Požadavky na absolventy jsou mezi jednotlivými pracovišti s akreditací pro doktorská studia prakticky totožné: např. *samostatně navrhovat a realizovat výzkum, především v oblasti chemického vzdělávání* („Didaktika chemie (PřF UHK)“, 2015), *schopnost zvládat koncepční a výzkumnou činnost v oblasti didaktiky chemie, samostatně vědecké, pedagogické, řídicí práce v tomto oboru* („Didaktika chemie (UK PřF)“, 2015), *schopnost plánovat samostatnou výzkumnou činnost v oblasti chemického vzdělávání, formulovat vědecké cíle* („Didaktika chemie (PřF UPOL)“, 2015). Dále se objevují další požadavky, kupř. *hledání cest ke zvýšení kvality chemického vzdělávání na všech typech škol, zpracovávat grantové projekty a hledat teoretické a experimentální metody k jejich řešení* nebo *zvládnutí schopnosti aktivně a odborně komunikovat v anglickém, popř. jiném cizím jazyce* („Didaktika chemie (PřF UPOL)“, 2015).

Ze souhrnu profilů absolventa doktorského studijního programu (UK, UPOL i UHK) jasně vyplývají požadavky na disertační práce. Základem je *kvalitní, metodologicky správně provedený výzkum*, což je v souladu s výstupem hodnocení doktorských studijních programů (Dvořáková & Smrčka, 2013): „Doktorské studium je

bytostně spjata s rozvojem vědy a bez kvalitního vědeckého výzkumu nelze dosáhnout kvalitních výstupů.“ Z posledních dvou uvedených požadavků na absolventa pak vyplývá potřeba dosažení kvalitních výzkumných výsledků, které pak budou publikovány. Student doktorského studia jako začínající výzkumník pochopitelně publikuje v oblasti svého disertačního výzkumu. Z tohoto důvodu je *publikační činnost doktorandů* dalším kritériem analýzy disertačních prací.

Představu o požadavcích na absolventa doktorského studia dotváří i profily absolventa. Všechna tři pracoviště nabízející doktorský studijní program v didaktice chemie mezi uplatnění absolventů řadí vysokoškolská pracoviště zabývající se přípravou učitelů chemie, výzkumné ústavy zaměřené na problematiku všeobecného a odborného chemického vzdělávání, pracoviště MŠMT zaměřená na všeobecné a odborné chemické (přírodovědné) vzdělávání včetně tvorby kurikula, národní i nadnárodní organizace zaměřené na výzkum v oblasti všeobecného a odborného chemického (přírodovědného) vzdělávání.

Kvalita zpracování disertační práce je přímým indikátorem dosažených kvalit daného absolventa. Z tohoto důvodu jsou požadavky na absolventa zmíněné v této kapitole dále použity jako kritéria při hodnocení disertačních prací.

### 2.3 VÝZKUMY ZAMĚŘENÉ NA ANALÝZU DISERTAČNÍCH PRACÍ

Problematice disertačních prací se v zahraničí zabývali např. Nentwig et al. (1983, cit. podle Čtrnáctová & Bílek, 2015), kteří předkládají kritéria pro klasifikaci disertací podle témat. Novější kritéria pak v téže problematice uvádějí Sumflethová a Niedderer (1992, cit. podle Čtrnáctová & Bílek, 2015). Ucelený přehled podávají Čtrnáctová a Bílek (2015). Východiskem tohoto textu je především analýza disertačních prací provedená Čtrnáctovou (2008) – analýza disertací obhájených v letech 1972–1994. Další práce v této oblasti provedené Čtrnáctovou (2013) a Čtrnáctovou a Klečkovou (2010) byly zaměřeny na doktorská studia v didaktice chemie a řešené disertační práce v letech 2004 resp. 2007–2010. V případě tohoto textu tak jde o aktualizaci a doplnění citovaných textů.

## 3 CÍLE VÝZKUMNÉ STUDIE

Jak již bylo uvedeno v úvodu, tato studie je součástí iniciativy zaměřené na podporu disertačních studií v přírodovědných oborech, a to především skrze zkvalitňování doktorského studia. Cílem této výzkumné studie je analyzovat disertační práce zabývající se didaktikou chemie. Analýza obsahuje nejprve základní charakteristiky, tj. počty obhájených prací na jednotlivých pracovištích a počty autorů a autorek obhájených disertačních prací.

Studie byla vedena výzkumnými otázkami srovnatelnými s již zmiňovanými pracemi Žáka (2015) a Pavlasové (2015):

- Které metody sběru dat byly v pracích použity?
- Na který vzdělávací stupeň se práce zaměřuje?
- Která témata učiva chemie disertace zpracovávají?
- Jaká je vlastní publikační činnost autora/autorky práce?

## 4 METODOLOGIE

K analýze disertačních prací z didaktiky chemie byl použit kvalitativní přístup. Jistou inspiraci přinesly práce analyzující disertace (Čtrnáctová, 2008, 2013; Čtrnáctová & Klečková, 2011; Nentwig et al., 1983, cit. podle Čtrnáctová & Bílek, 2015). Byly sladěny výzkumné otázky výzkumníků účastnících se projektu analýzy disertačních prací tak, aby výsledek práce nepřinášel pouze informace o disertačních pracích z didaktiky chemie, ale aby bylo možno provést i interdisciplinární (přírodovědně orientovanou) analýzu (srov. Žák, 2015; Pavlasová, 2015). Následně byly na základě stanovených kritérií analyzovány jednotlivé disertační práce.

### 4.1 VÝBĚR DISERTAČNÍCH PRACÍ PRO ANALÝZU

S ohledem na srovnatelnost výsledků s analýzou prací z didaktiky biologie (Pavlasová, 2015) a didaktiky fyziky (Žák, 2015) byly do výběru zahrnuty disertace zaměřené na problematiku didaktiky chemie obhájené v České republice od roku 2003 do roku 2014. Nutno poznamenat, že v roce 2003 teprve bylo akreditováno doktorské studium. Počáteční rok rozsahu je zvolen ohledem na rok získání akreditace samostatného oboru.

Jak bylo uvedeno výše, akreditované doktorské studium mají v současnosti tři pracoviště (přírodovědecké fakulty) v České republice. Čtvrtá možnost studijního oboru Didaktika chemie v rámci studijního programu Pedagogika<sup>2</sup> byla pouze do roku 2013. Z důvodu nižšího počtu pracovišť disponujících příslušnou akreditací i relativně krátké době od obhajoby všech absolventů v příslušném studijním programu bylo k analýze možné získat všechny disertační práce obhájené ve zvoleném rozmezí.

### 4.2 ZPŮSOB PROVEDENÍ ANALÝZY

Práce obhájené v doktorských studijních programech do roku 2011 nebyly ještě ukládány online. Jejich součástí je však většinou CD, na kterém jsou nahrány jak elektronická verze práce, tak přílohy. Disertační práce obhájené po roce 2011 jsou dostupné elektronicky v repozitáři Přírodovědecké fakulty UK, popř. ve studijním informačním systému. Výjimku tvoří práce obhájené v posledních dvou letech. Zde se čas umístění do repozitáře, popř. studijního informačního systému, liší. V některých případech proto byli osloveni samotní autoři disertací, kteří ochotně elektronické práce poskytli. K analýze se tak podařilo sehnat všechny disertační práce obhájené ve zvoleném období.

Analýza probíhala ve dvou krocích. V prvním kroku byla analyzována abstrakta a klíčová slova prací, následoval rozbor cílů práce, výsledků a závěru. Ve druhém kroku byla pozornost zaměřena na analýzu empirické části disertace, konkrétně na metody sběru dat, tematické zaměření práce, zaměření na vzdělávací stupeň školy a publikační činnost autorů práce. *Metody sběru dat* byly posuzovány z hlediska typu zvolené metody, příp. počtu zvolených metod sběru dat. Z hlediska *tematického zaměření práce* byly sledovány rozpracované tematické celky. Záměrně nebyly použity klasifikace Nentwiga et al. (1983, cit. podle Čtrnáctová & Bílek, 2015) a Sumflethové a Niedderera (1992, cit. podle Čtrnáctová & Bílek, 2015) a to pro jejich obecnost a odklon od záměru tohoto projektu. Kategorie použité Čtrnáctovou (2008, 2013)

---

<sup>2</sup>Tato možnost existovala do roku 2013 na Pedagogické fakultě Univerzity Karlova v Praze.

byly využity jako inspirace, ovšem s ohledem na komparaci výsledků s pracemi z didaktik dalších přírodovědných předmětů také nebyly využity. Součástí analýzy bylo i zaměření na stupeň školy (od mateřské po střední školu). V neposlední řadě byla sledována *publikační činnost* absolventů doktorských studijních programů, ovšem pouze na základě počtu a druhu autocitací uvedených v disertační práci.

## 5 VÝSLEDKY ANALÝZY

### 5.1 ZÁKLADNÍ ÚDAJE O DISERTAČNÍCH PRACÍCH

V oblasti didaktiky chemie bylo mezi lety 2003 a 2014 obhájeno 39 disertačních prací. Seznam všech prací (jméno autora, název práce a rok obhajoby) je uveden v příloze.

Analýzou bylo zjištěno, že práce obhájené před rokem 2011 neobsahují abstrakty. Ty se objevují až v některých pracích obhájených v roce 2011. Počet klíčových slov se značně liší. Někteří autoři volí klíčová slova, která neodpovídají zaměření práce.

#### 5.1.1 POČTY OBHÁJENÝCH DISERTAČNÍCH PRACÍ

V tabulce 2 jsou uvedeny počty disertačních prací obhájených ve zkoumaných letech. Vzhledem k získání první akreditace v daném oboru v roce 2003, byla první disertační práce v oblasti didaktiky chemie obhájena až v roce 2007.

Tab. 2: Počet disertací obhájených v jednotlivých letech podle studijního informačního systému

| Rok obhajoby | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | Cekem |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| Počet prací  | 2    | 4    | 2    | 2    | 5    | 7    | 9    | 8    | 39    |

Z výsledků vyplývá trend vzrůstajícího počtu obhájených disertačních prací daný pravděpodobně větším zájmem studentů o doktorské studium v didaktice chemie.

Z celkového počtu 39 absolventů doktorského studia bylo 24 žen (62 %) a 15 mužů (38 %). Ženy tedy tvoří většinu absolventů doktorského studia v didaktice chemie (dále viz diskusi níže).

#### 5.1.2 PRACOVNÍŠTĚ NABÍZEJÍCÍ STUDIJNÍ DOKTORSKÝ PROGRAM SE ZAMĚŘENÍM NA DIDAKTIKU CHEMIE

Vzhledem k výše popsanému vývoji doktorského studia v didaktice chemie v ČR je zřejmé, že ve zvoleném období mohly být disertační práce obhajovány pouze na třech pracovištích (graf 1). Na katedře chemie a didaktiky chemie (KCHDCH) Pedagogické fakulty Univerzity Karlovy v Praze již dále nejsou doktorandi do oboru Pedagogika – didaktika chemie přijímáni<sup>3</sup>; ve zvoleném období zde absolvovali tři doktorandi. Jedna práce zaměřená na didaktiku chemie vznikla na katedře pedagogiky Pedagogické fakulty Masarykovy univerzity v Brně (KPED). Na katedře učitelství a didaktiky chemie (KUDCH) Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy v Praze v daném období absolvovalo 33 studentů. Na katedře anorganické chemie

<sup>3</sup>Rozhodnutím vědecké rady Pedagogické fakulty není nadále možné v rámci oboru pedagogika zaměřovat studium na oborové didaktiky.

(KACH) Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci absolvovali dosud dva studenti. První doktorandi na katedře chemie Přírodovědecké fakulty Univerzity Hradec Králové by měli obhajovat v roce 2017. Údaje jsou shrnuty v tabulce 3.

Tab. 3: Počty prací obhájených na jednotlivých pracovištích

| Pracoviště | Počet prací |
|------------|-------------|
| KCHDCH     | 3           |
| KUDCH      | 33          |
| KACH       | 2           |
| KPED       | 1           |

KCHDCH – katedra chemie a didaktiky chemie, Pedagogická fakulta Univerzity Karlovy v Praze, KUDCH – katedra učitelství a didaktiky chemie, Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze, KACH – katedra anorganické chemie, Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého v Olomouci, KPED – katedra pedagogiky, Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita, Brno

### 5.1.3 METODY SBĚRU DAT V DISERTAČNÍCH VÝZKUMECH

Z výzkumného hlediska je vhodná volba metody sběru dat jedním ze základních prvků kvalitní disertační práce. Při analýze využitých metod bylo využito přehledu metod vymezených Chráskou (2007: s. 816), Hendlem (2009: s. 821) a Gavorou (2000: s. 70). Ty byly použity jako sledované kategorie. Rámcový přehled je uveden v tabulce 4.

Tab. 4: Celkové zastoupení využitých metod sběru dat využitých v disertačních výzkumech

| Použité metody směru dat | Počet prací |
|--------------------------|-------------|
| kombinované metody       | 16          |
| dotazník                 | 10          |
| obsahová analýza         | 3           |
| didaktický test          | 3           |
| zbývající metody         | 6           |

Ve většině analyzovaných disertačních prací autoři využívali více metod získávání dat (tab. 5). Více než čtvrtina prací obsahovala jako výhradní metodu sběru dat dotazníkové šetření. Variabilita využitých výzkumných metod je však relativní. I v kombinovaných metodách je totiž významně zastoupen dotazník.

Tab. 5: Rozdělení disertačních prací podle počtu užitých metod sběru dat

| Počet využitých metod | Počet prací | Relativní četnost |
|-----------------------|-------------|-------------------|
| jedna                 | 19          | 49 %              |
| dvě                   | 17          | 43 %              |
| tři                   | 0           | 0 %               |
| čtyři                 | 1           | 3 %               |
| žádná                 | 2           | 5 %               |

Jak vyplývá z tabulky 6, pouze dvě obhájené<sup>4</sup> disertační práce neobsahovaly výzkum. Četnost využití jednotlivých metod v analyzovaných disertačních pracích je uvedena v tabulce 7. Dotazník byl jako výzkumný nástroj využit celkem v 26 diser-

<sup>4</sup>Jedna práce obhájená v roce 2008, jedna v roce 2011.

Tab. 6: Metody sběru dat použité v disertačních pracích

| Metoda sběru dat                    | Počet prací,<br>kde byla metoda<br>použita jako výhradní | Počet prací,<br>kde byla metoda<br>použita spolu<br>s dalšími metodami |
|-------------------------------------|--|--|
| dotazník                            | 10   | 16   |
| obsahová analýza                    | 2  | 7  |
| didaktický test                     | 2  | 4  |
| rozhovor                            | 1  | 5  |
| pedagogický experiment <sup>5</sup> | 2  | 1  |
| expertní posouzení                  |  | 1  |
| pozorování                          |  | 3  |
| analýza videozáznamu                |  | 1  |
| bez metody sběru dat                | 2  |  |

Tab. 7: Metody sběru dat použité v disertačních pracích – absolutní četnosti

| Metoda sběru dat       | Počet           |
|------------------------|-----------------|
| dotazník               | 26 <sup>6</sup> |
| obsahová analýza       | 9               |
| didaktický test        | 7               |
| rozhovor               | 5               |
| pedagogický experiment | 3               |
| expertní posouzení     | 1               |
| pozorování             | 5               |
| analýza videozáznamu   | 1               |
| bez výzkumu            | 2               |

tačních pracích (68 %), z toho v 10 jako jediný výzkumný nástroj. Druhou nejčetnější metodou sběru dat v analyzovaných disertačních pracích je obsahová analýza (24 %) – typicky v analyzovaných pracích analýza učebnic. Ta byla výhradní metodou sběru dat ve dvou pracích, u zbylých sedmi byla využita spolu s dotazníkem nebo didaktickým testem. Třetí nejčetnější metoda – didaktický test – byla použita celkem v sedmi pracích, přímo se na ni zaměřily tři práce. Zbylé metody sběru dat se vyskytovaly vždy pouze v jedné nebo dvou pracích.

#### 5.1.4 ZAMĚŘENÍ NA STUPEŇ ŠKOLY

Výsledky analýzy zaměření na jednotlivé stupně škol jsou uvedeny v tabulce 8.

Tab. 8: Zaměření disertací na stupeň školy

| Stupeň školy | Počet prací |
|--------------|-------------|
| MŠ           | 1           |
| 1. stupeň ZŠ | 1           |
| 2. stupeň ZŠ | 4           |
| Gymnázium    | 16          |
| SOS          | 3           |
| SŠ obecně    | 4           |

<sup>5</sup> Autor si je vědom problematického řazení pedagogického experimentu mezi metody sběru dat. S ohledem na Gavoru (2000: s. 70) je pedagogický experiment sledován jako samostatná metoda sběru dat.

<sup>6</sup> Čísla udávají absolutní počet prací, ve kterých se daná metoda sběru dat vyskytla.

Z tabulky 8 vyplývá, že většina prací se věnuje výuce chemie na gymnáziu. Tyto údaje však nejsou přesné. Zaměření na středoškolskou chemii, deklarované autory čtyř prací, nerespektuje rozmanitost oborů středního odborného vzdělávání a většinou jde o práce zaměřené opět na gymnaziální chemii. Přesnější informace o zaměření jednotlivých disertačních prací na typ školy jsou uvedeny v tabulce 9.

Tab. 9: Rozdělení disertačních prací podle stupně vzdělávání (školy), jejíž problematikou se zabývají

| Stupeň školy | Počet prací zaměřených výhradně na stupeň školy | Počet prací zaměřených na stupeň školy v rámci jiných |
|--------------|---|---|
| MŠ           |   | 1   |
| 1. stupeň ZŠ |   | 1   |
| 2. stupeň ZŠ | 2   | 1   |
| G            | 13  | 3   |
| SOSŠ         | 2   | 1   |
| SŠ obecně    | 3   | 1   |

Kritérium jazyka, ve kterém byly disertační práce psány, nebylo oproti analýze disertací z didaktiky fyziky (Žák, 2015) bráno v potaz, protože až na jednu práci ve slovenštině jsou všechny analyzované práce psány česky.

Ve shodě s analýzou disertací z didaktiky biologie (Pavlasová, 2015) nebyla žádná z analyzovaných prací z didaktiky chemie zaměřena na neformální nebo informální vzdělávání.

#### 5.1.5 TÉMATA DISERTAČNÍCH PRACÍ

Hledisko tématu disertační práce je společně se stupněm školy indikátorem podpory určité části chemického vzdělávání. V této oblasti se nabízí srovnání s Nentwigem et al. (1983), kteří rozdělili výzkumná zaměření dle oblastí oborů. V této analýze jsou oblasti oborů dále konkretizovány. V analyzovaných disertačních pracích se mimo konkrétní témata učiva chemie objevují i témata obecná. Z tohoto hlediska je analýza tématu prací poměrně problematická. Témata<sup>7</sup> jsou na různé úrovni obecnosti, většina prací není zaměřena na konkrétní téma z učiva chemie. Pro doktorandy, ale i učitele, kteří by mohli z výsledků disertací profitovat, mohou být informace uvedené v tabulkách 10 a 11 přínosem.

Tab. 10: Přehled vzdělávacích témat řešených v disertačních pracích z didaktiky chemie

| Téma                         | Počet prací |
|------------------------------|-------------|
| obecná a anorganická chemie  | 5           |
| přírodní látky               | 1           |
| průmyslová výroba            | 1           |
| nebezpečné látky             | 1           |
| sacharidy                    | 1           |
| chemie kolem nás             | 1           |
| environmentální problematika | 1           |
| nanomateriály                | 1           |
| halogeny                     | 1           |
| biochemie                    | 1           |
| chemie síry                  | 1           |
| přechodné prvky              | 1           |

<sup>7</sup>Na tomto místě se nabízí využití kategorií Čtrnáctové (2008). Zde jsou uvedena témata identifikovaná v disertačních pracích obhájených mezi lety 2003 a 2014. Srovnání s tématy prací obhájených v letech 1972–1994 bude provedeno v interpretační části tohoto textu.



Tab. 11: Přehled témat disertačních prací z didaktiky chemie

| Téma                                  | Počet prací |
|---------------------------------------|-------------|
| experiment <sup>8</sup>               | 7           |
| aktivizační metody                    | 4           |
| multimédia a e-learning               | 7           |
| postoje žáků k chemii                 | 1           |
| učební úlohy                          | 1           |
| učebnice                              | 3           |
| indikátory kompetencí ve výuce chemie | 1           |

Z výsledků vyplývá, kterým tématům je věnováno více pozornosti. Většina prací není úzce zaměřena na jedno téma, ale zahrnuje témat více. Mimo tradiční téma edukačního experimentu se nejčastěji disertace věnují problematice multimédií (informačních a komunikačních technologií) a jejich využití ve výuce chemie. Lze předpokládat, že tento trend bude v současné digitální době pokračovat. Poměrně velké oblibě se těší i učebnice chemie a jejich analýza (viz tabulku 7).

### 5.1.6 VLASTNÍ PUBLIKACE DOKTORANDŮ

Jak bylo uvedeno v kapitole 2, kvalita doktorské práce, resp. doktorského studia se odráží i v publikační činnosti doktorandů. Z tohoto důvodu byla pozornost věnována odkazům na vlastní publikace autorů jednotlivých disertačních prací. Autor textu si je vědom možného zkreslení, kdy ne všechny publikační výstupy autoři citovali v disertační práci. Disertační práce je u většiny autorů nejvýznamnějším publikačním výstupem a jakýmsi vyvrcholením jejich dosavadní práce. Na většinu publikací se tak pravděpodobně odkazují i ve své disertační práci. Protože by bylo problematické dohledat všechny publikace autorů disertačních prací, omezíme se pouze na sledování počtu autocitací a typu publikací uvedených v disertačních pracích samotných.

K rozdělení publikací na základě výsledků byla použita klasifikace dle RIV. Vzhledem k výstupům doktorandů byly použity pouze kategorie, do nichž jejich výstupy spadaly. S ohledem na pozdější interpretaci byly použity tyto typy: (1) článek v odborném periodiku s impaktním faktorem ( $J_{imp}$ ), (2) jiný odborný článek v recenzovaném neimpaktovaném periodikum ( $J_{neimp}$ ) nebo původní/přehledový článek v odborném periodiku, zařazeném v aktuálním Seznamu neimpaktovaných recenzovaných periodik ( $J_{rec}$ ), článek ve sborníku (D) a další publikace.

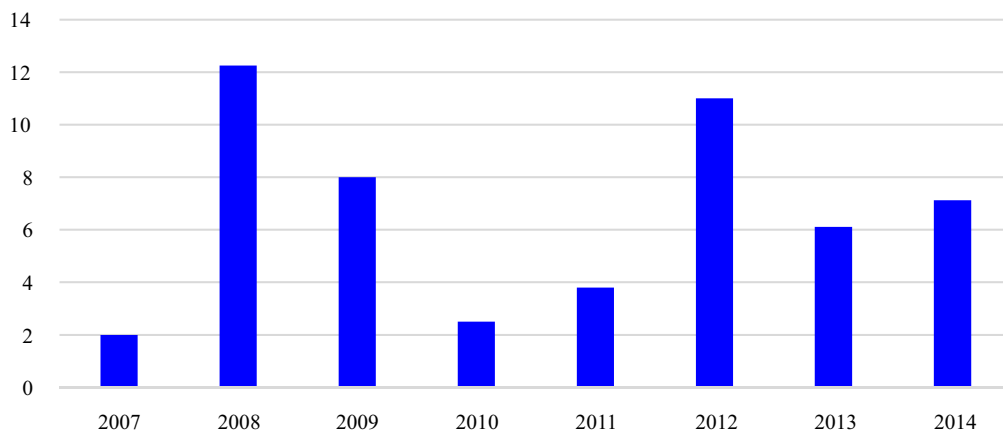
Průměrně autoři disertačních prací uvádějí odkazy na *sedm* vlastních prací. Bližší informace jsou uvedeny v grafu 1. Očekávaný nárůst počtu publikací po vydání hodnocení doktorských studií (Dvořáková & Smrčka, 2013) se tak pravděpodobně do činnosti doktorandů nepromítá.

V grafu 1 jsou přepočítány počty publikací jednotlivých autorů. Je zde patrný rozdíl mezi jednotlivými pracemi. Tři autoři<sup>9</sup> (8 %) neuvádějí žádnou vlastní citaci. Patnáct autorů (37 %) uvádí 1–5 vlastních citací. Mezi 6 a 10 vlastními citacemi uvádí 13 (34 %) autorů. Mezi 11 a 15 publikacemi citují 3 (8 %) autoři. Čtyři autoři (11 %) citují 16–20 vlastních příspěvků. Jeden z doktorandů cituje 21 vlastních příspěvků.

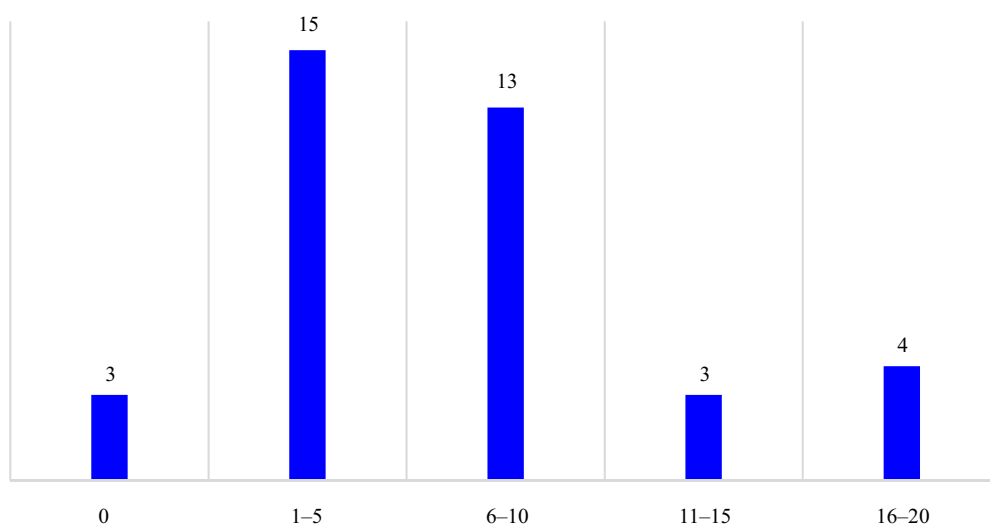
Z kvalitativního hlediska je analýza publikačních výstupů doktorandů uvedena v tabulce 12.

<sup>8</sup>V tomto textu jde o *edukační experiment* viz (Beneš et al., 2015).

<sup>9</sup>Dvě disertační práce obhájené v roce 2011, jedna v roce 2012.



Graf 1: Průměrný počet vlastních publikací autorů citovaných v jejich disertacích v roce obhajoby



Graf 2: Počty publikačních výstupů doktorandů uvedených v jejich disertacích

Tab. 12: Druhy publikačních výstupů doktorandů citovaných v jejich disertačních pracích dle RIV

| Druh výstupu | Počet |
|--------------|-------|
| $J_{imp}$    | 2     |
| $J_{rec}$    | 36    |
| konference   | 160   |
| další        | 84    |

$J_{imp}$  – impaktovaný časopis,  $J_{neimp}/J_{rec}$  recenzovaný neimpaktovaný časopis, konf. – příspěvek v konferenčním sborníku, další – metodické příručky, elektronické články apod.

Je zřejmé, že většina doktorandských publikací je publikována v konferenčních sbornících. Mezi 30 % dalších jsou publikované metodické příručky, skripta nebo příspěvky do periodik nezařazených v RIV. Publikace do periodik v RIV tvořilo 13 % publikačních výstupů v analyzovaných disertacích. Je rovněž přirozené, že během doktorského studia naprostá většina studentů nepublikuje v impaktovaném časopise. V analyzovaných pracích byly zjištěny pouze dva takové případy.

## 6 DISKUSE A ZÁVĚR

Cílem předložené analýzy bylo především upozornit na některé trendy objevující se v disertačních pracích v didaktice chemie, a tím přispět ke zvýšení kvality v budoucnu obhajovaných prací potažmo kvality doktorského studia. To je jedním z předpokladů posílení role didaktiky chemie jako svébytného, respektovaného oboru (Stuchlíková, Janík et al., 2015). Pozici přírodovědných didaktik by dále mohla zlepšit užší spolupráce jednotlivých disciplín, jelikož oborové didaktiky do značné míry staví na svém interdisciplinárním charakteru (Stuchlíková, Janík et al., 2015: s. 9). Tomuto účelu slouží i projekt, v rámci kterého byly analyzovány jednotlivé disertační práce.

Doktorské studium v didaktice chemie v České republice v posledních letech láká více studentů. Lze to usuzovat kupř. dle počtu obhájených doktorských prací obhájených v oboru po roce 2012 (7 a více prací). Nárůst absolventů je pozitivní pro teoretickou možnost rozšíření odborné komunity didaktiků chemie. Narůstající počet disertačních prací obhájených v posledních letech spolu s počtem přijímaných doktorandů svědčí o zájmu studentů o další studium v didaktice chemie. Vzhledem k nedávnému (2013) rozšíření možností doktorského studia i na PřF UHK je možné předpokládat další nárůst uchazečů, v budoucnu i absolventů.

Převážná většina (85 %) absolventů obhájila svou práci na katedře učitelství a didaktiky chemie UK PřF. To je pochopitelné, jelikož se jedná o pracoviště s nejdelší tradicí doktorského studia. Nejde však o přehlcení kapacity pracovníků KUDCH. Počet absolventů je navýšen systémem externích školitelů. Doktorandi jsou tak často absolventy jiných českých i slovenských pracovišť, kde mají své školitele a pracovní zázemí.

Na základě znalosti běžného složení studentů na oborech připravujících učitele chemie, kde převládají ženy, je počet autorek a autorů obhájených disertačních prací poměrně vyrovnaný (62 % tvoří ženy). Lze tedy usuzovat, že studenti-muži pokračují častěji v doktorském studiu než jejich kolegyně.

Obhájené disertační práce po formální stránce získávají v posledních letech jednotnější strukturu. V pracích obhájených před rokem 2011 chybí abstrakt. Autoři v posledních letech již všichni abstrakty i klíčová slova uvádějí, což činí práce využitelnějšími. Někteří autoři však nerozlišují mezi abstraktem a anotací, pod nadpis *abstrakt* uvádějí několik řádků o práci, nezmiňují její cíl, využitou metodu ani rámcové výsledky. Dílčí nedostatky byly zjištěny i ve volbě klíčových slov. Často je objevují „klíčová slova“ o třech a více heslech nebo nevhodná klíčová slova<sup>10</sup>, jejich kvalita (a vztah k tématu práce) je potom diskutabilní.

Analyzované disertace se zabývají širokým spektrem témat. Mimo témata učiva chemie se objevují i práce zaměřené např. na edukační experiment, aktivizační metody nebo na využití informačních a komunikačních technologií. S tímto bodem úzce souvisí i zaměření prací na různý stupeň a typ škol. Autoři v pracích nejčastěji uvádějí zaměření na gymnaziální vzdělávání (57 %) a středoškolské vzdělávání (14 %). Základní vzdělávání se věnovalo 15 % prací. Citovanými autory zjištěný 2,9% podíl disertací zaměřených na mimoškolní (neformální a informální) vzdělávání nebyl v analyzovaných pracích z let 2003–2014 potvrzen.

S přihlédnutím k důsledku kurikulární reformy po roce 2009, tj. rozšíření počtu oborů, na kterých se vyučuje chemie, je však nutné údaje upřesnit. Nedostatečná

---

<sup>10</sup>Často se vyskytujícím případem je zahrnování RVP, ŠVP, klíčových kompetencí apod. do klíčových slov, přestože se jimi práce přímo nezabývá.

orientace autorů v problematice se projevuje v opomíjení středních odborných škol (SOŠ). Přírodovědně (chemicky) zaměřené SOŠ navštěvuje přibližně 10 % středoškoláků (polovina počtu žáků gymnázií) (Vojtěch & Paterová, 2014). Argument, že je pozornost věnována gymnáziu pro větší rozsah učiva chemie, není relevantní. Po očištění dat o nepřesné vyjádření cílové skupiny je gymnaziální chemii věnováno 57 % disertací. Potvrzuje se tak nechvalný trend, že je za středoškolskou chemii považována chemie na gymnáziu. Jak autor uvádí jinde (Rusek, 2013; 2014), problematika je mnohem širší a toto zjednodušení není na místě. Jistým vysvětlením tohoto stavu je pohled na pracoviště, na němž autoři disertací doktorské studium absolvovali – přírodovědecké fakulty se tradičně orientují na přípravu gymnaziálních učitelů chemie.

Analýza teoretických východisek jednotlivých disertací nebyla z důvodu přílišné obsáhlosti uvedena ve výsledcích. Tuto pasáž však lze shrnout konstatováním, že mnohé práce vykazují v širší teoretických východisek nedostatky. Byly zjištěny i případy, kdy autor podobně zaměřené práce necitoval a nijak nerefletoval výsledky jiné disertační práce obhájené v předchozích letech. Podobné nedostatky by mohl odstranit již několik let pořádaný doktorský seminář<sup>11</sup>, na kterém se scházejí jak doktorandi, tak školitelé. Další možnou cestou je větší zpřístupnění disertačních prací, případně i řešených témat např. na zvláštním portálu určeném doktorandům.

S kvalitou teoretických východisek práce souvisí také její výzkumná část. V několika pracích se objevují podobně zaměřené výzkumné cíle, ovšem bez vzájemné návaznosti. Disertační práce, bez ohledu na kvalitu zpracování výzkumu, pak odporují svému smyslu – rekognoskovat výzkumné pole, identifikovat dostatečně neprobádanou oblast a té se věnovat. Například v oblasti analýzy učebnic se v několika disertacích objevují podobné závěry. Kdyby autoři zpracovali teoretická východiska kvalitněji, mohli by ve své práci využít výsledky výzkumu svých předchůdců, navázat na ně a dopracovat hlubší interpretační část.

Z hlediska výzkumné části práce je nutné s ohledem na charakteristiku doktorského studia, požadavků na absolventa i závěrů analýzy akreditační komise konstatovat, že je nepřipustné, aby disertační práce neobsahovala výzkumnou část (srov. AETS In Čtrnáctová & Bílek, 2015: s. 204). To bylo zjištěno u dvou disertačních prací obhájených v roce 2008 a 2011. Mezi obhájenými se vyskytly i práce, kde sice výzkumná pasáž byla zařazena, jednalo se však o pouhou formální, povinnou položku, aniž by samotná výzkumná pasáž měla pro disertační práci klíčový význam.

Dalším kritickým bodem je nekvalitně provedený výzkum. Nejen, že není pro didaktiku chemie přínosný, ale v případě, že jde o použití nestandardizovaného dotazníku, navíc zatěžuje učitele – respondenty – a může je i demotivovat při další spolupráci s výzkumníky. Zkušenosti ze zahraničí posílené povahou v současnosti existujících projektových výzev (především Horizon 2020) jasně deklarují potřebu spolupráce odborné veřejnosti s učiteli i menšími firmami.

Nejčastěji využívaným výzkumným nástrojem je dotazník – toto zjištění je totožné se zjištěním Žáka (2015) a Pavlasové (2015). Dotazník byl využit ve 26 (68 %) analyzovaných pracích. Většina využitých dotazníků je konstruována samotnými autory<sup>12</sup>, charakter dotazníku je většinou deskriptivní. Jeho přínos je tím snížen.

<sup>11</sup>V posledních letech jsou ve spolupráci s didaktiky chemie ze Slovenska pořádány mezinárodní doktorské semináře, na kterých mají doktorandi prostor prezentovat dílčí výsledky svých disertačních prací a dostat tak zpětnou vazbu v průběhu své práce.

<sup>12</sup>Dotazník není často ani pilotovaný. Standardizovaný dotazník byl využit pouze v několika pracích.

Tvorba vlastního výzkumného dotazníku, který by měl sloužit svému účelu, by zabrala značnou část doktorského studia. Je proto žádoucí, aby řešitelé výzkumů přijímali již ověřené výzkumné nástroje a aplikovali je na vlastní problematiku. Tento postup potom nabízí možnost komparace výsledků a reliabilita získaných dat je rovněž vyšší. Je pak možné vyvozovat širší závěry.

Druhou nejpočetnější využitou metodou byla obsahová analýza. Autoři ji využili jako výhradní metodu ve *dvou* pracích (5 %), typicky pak v kombinaci s dotazníkem celkem v *sedmi* pracích, tj. ve 24 % analyzovaných prací. Zvláště z pohledu analýzy učebnic se projevil výše uvedený trend nedostatečné rešerše. Analýzy učebnic na sebe vzájemně nenavazovaly, navíc opominuly poměrně zásadní texty publikované k této problematice.

Z hlediska využitých metod je překvapivé, že autoři výzkumů nevolí více kvalitativní metody. Vyjma zmíněných obsahových analýz textu se v analyzovaných pracích vyskytl třikrát rozhovor, jednou pozorování a jednou videostudie.

Z témat, na něž se práce zaměřují, vyplývá, že disertační práce obhájené mezi roky 2003–2014 v České republice nepokrývají všechny kategorie vymezené Netwingem et al. (1983) nebo Sumfelthovou a Nieddererem (1992). Větší množství prací se zabývá edukačními experimenty (6) nebo využitím multimédií ve výuce chemie (6). Dalším poměrně častým tématem je aktivizace žáků (4) nebo problematika učebnic (3). V této části se nabízí srovnání se zjištěním Čtrnáctové (2008), která se zabývala zaměřením disertací obhájených v oblasti didaktiky chemie mezi lety 1972–1994. Je patrné, že práce jsou zaměřeny různým směrem. Nelze sledovat trendy nebo systematické rozpracování větších tematických celků řešených více doktorandy. Přitom právě tento přístup by mohl být pro didaktiku (chemie) přínosný.

Posledním analyzovaným kritériem byly vlastní publikace autorů citované v jejich pracích. Autor analýzy vychází z předpokladu, že doktorand zabývající se danou problematikou zahrne své dílčí publikační výstupy v dané problematice do své disertační práce. Analýzou bylo zjištěno, že absolventi v průběhu svého studia vyjma disertace publikují průměrně sedm příspěvků. Počty se značně liší, stejně tak i typ publikačního výstupu. Nejčastější jsou publikace ve sbornících z konferencí nebo seminářů. Je pozitivní, že v posledních třech letech roste počet publikací v recenzovaných neimpaktovaných periodících. Doktorandi tedy publikují v kvalitnějších periodících, což také napomáhá rozvoji didaktiky chemie. Naopak autoři<sup>13</sup> tří prací neuvádějí žádnou vlastní publikaci, jeden autor<sup>14</sup> jednu, sedm autorů<sup>15</sup> dvě vlastní publikace. Vzhledem k délce studia vyvstává otázka aktivity těchto doktorandů. Přínos málo nebo téměř nepublikujícího doktoranda pro komunitu didaktiků chemie je diskutabilní. Totéž platí i pro účast na konferencích. V době, kdy existují každoročně pořádané studentské konference, na kterých není studentům účtován konferenční poplatek, může být neúčast doktoranda na žádné konferenci po dobu jeho studia významným indikátorem nezájmu o doktorské studium a řešenou problematiku.

Provedené analýzy disertačních prací nejsou v žádném případě vyčerpávající. Nabízejí však určitý pohled na danou problematiku. Seznam obhájených prací umístěný v příloze nabízí zájemcům přehled a možnost zaměřit se na libovolnou pasáž jejich zájmu relevantní práce. Záměr umístit elektronické verze obhájených disertačních prací na jedno místo na webových stránkách určených podpoře didaktik přírodověd-

<sup>13</sup>Dvě disertační práce obhájené v roce 2011, jedna v roce 2012.

<sup>14</sup>Obhajoba 2007

<sup>15</sup>2009, 2010, 3× 2013, 2× 2014

ných předmětů je pak dalším krokem ke zkvalitnění doktorských studií – obohacení výzkumu v dané oblasti i obohacení praxe.

## PODĚKOVÁNÍ

Příspěvek vznikl v rámci mezinárodního projektu SciVis – Improvement of interactive methods to understand the natural sciences and technological improvement podporovaným KA2, Erasmus+. Příspěvek byl podpořen projektem PRVOUK (*Program rozvoje vědních oblastí na Univerzitě Karlově*).

## LITERATURA

- Beneš, P., Rusek, M. & Kudrna, T. (2015). Tradice a současný stav pomůckového zabezpečení edukačního chemického experimentu v České republice. *Chemické Listy*, 109(2), 159–162.
- Bílek, M. (2001). Komparační analýza vědecko-výzkumné činnosti v didaktice chemie na příkladu tematického zaměření disertačních prací v ČR a Německu. In H. Lukášová & P. Květoň (Ed.), *Nové možnosti vzdělávání a pedagogický výzkum* (52–56). Ostrava: Ostravská univerzita.
- Bílek, M. (2003). *Didaktika chemie: výzkum a vysokoškolská výuka*. Hradec Králové: M&V.
- Bílek, M. & Řádková, O. (2006). Přírodní vědy ve škole – analýza zájmu patnáctiletých žáků ZŠ a gymnázií v České republice. In M. Kocourková (Ed.), *Současné metodologické přístupy a strategie pedagogického výzkumu* (29). Plzeň: ZČU.
- Bílek, M. (2013). Doktorské studium v didaktice chemie po 20 letech opět v Hradci Králové. *Scientia in educatione*, 4(1), 91–94.
- Birrell, B., Edwards, D. et al. (2005). The Myth of Too Many University Students. *People & Place*, 13(1), 63–70.
- Čtrnáctová, H. (2008). Doktorské studium: Vzdělávání v chemii v České republice – vývoj a současnost. In 4. *Mezinárodní seminář doktorského studia: Smerovanie výskumu v dizertačných prácach z didaktiky chémie a biológie*, Bratislava (8–13). Praha: PřF UK.
- Čtrnáctová, H. (2013). Doktorské studium: Vzdělávání v chemii a jeho realizace v České republice. In 8. *Mezinárodní seminář doktorského studia: Aktuálne smerovanie výskumov v dizertačných prácach z didaktiky chémie*, Bratislava (8–13). Praha: PřF UK.
- Čtrnáctová, H. & Bílek, M. (2015). Didaktika chemie. In I. Stuchlíková & T. Janík (Eds.), *Oborové didaktiky: vývoj – stav – perspektivy* (189–224). Brno: Masarykova univerzita.
- Čtrnáctová, H. & Klečková, M. (2011). Doktorské studium v oblasti didaktiky chemie – vývoj a současnost. *Scientia in educatione*, 1(1), 119–124.
- Didaktika chemie (PřF UHK)*. (2015). Dostupné z <https://www.uhk.cz/cs-CZ/PRF/Studium/Doktorska-studia/Didaktika-chemie>
- Didaktika chemie (PřF UPOL)*. (2015). Dostupné z <http://www.prf.upol.cz/skupiny/studentum/doktorske-studium-phd/studijni-obory/didaktika-chemie/>

- Didaktika chemie (UK PŘF)*. (2015). Dostupné z <https://www.natur.cuni.cz/fakulta/studium/agenda-phd/navody-a-informace/programy/didaktika-chemie>
- Dvořáková, V. & Smrčka, J. (2013). Hodnocení doktorských programů – souhrnná zjištění. *Pedagogika*, 63(3), 393–404.
- Gavora, P. (2000). *Úvod do pedagogického výzkumu*. Brno: Paido.
- Hassan, G. (2008). Attitudes Toward Science among Australian Tertiary and Secondary School Students. *Research in Science & Technological Education*, 26(2), 129–147.
- Hendl, J. (2009). Kvalitativní pedagogický výzkum. In J. Průcha (Ed.), *Pedagogická encyklopedie* (819–823). Praha: Portál.
- Höffer, G. & Svoboda, E. (2005). Některé výsledky celostátního výzkumu: Vztah žáků ZŠ a SŠ k výuce obecně a zvláště pak k výuce fyziky. In K. Rauner (Ed.), *Moderní trendy v přípravě učitelů fyziky 2* (52–70). Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni.
- Chráška, M. (2007). *Metody pedagogického výzkumu*. Praha: Grada.
- Kubiátko, M., Švandová, K., Šibor, J. & Škoda, J. (2012). Vnímání chemie žáky druhého stupně základních škol. *Pedagogická orientace*, 22(1), 82–96.
- Mareš, J. (2013). Neviditelná skupina aneb Co s postdoktorandy? *Pedagogická orientace*, 23(1), 5–26.
- Martin, M. O. & Mullis, I. V. S. (Eds.). (2013). TIMSS and PIRLS 2011: Relationships Among Reading, Mathematics, and Science Achievement at the Fourth Grade – Implications for Early Learning. Boston: Boston College and IEA. Dostupné z [http://timssandpirls.bc.edu/timsspirls2011/downloads/TP11\\_Relationship\\_Report.pdf](http://timssandpirls.bc.edu/timsspirls2011/downloads/TP11_Relationship_Report.pdf)
- Nentwig, P., Frey, K., Klopfer, L. & Layton, D. (1983). *Doktorgrade in Naturwissenschaftdidaktik: Voraussetzungen und Forschungsbereiche für Dissertationen*. Kiel: IPN.
- Pavlasová, L. (2015). Disertační práce se zaměřením na didaktiku biologie, geologie a ekologie v České republice v letech 2004–2013. *Scientia in educatione*, 6(2), 4–15.
- OECD (2014). *PISA 2012 Results: What Students Know and Can Do – Student Performance in Mathematics, Reading and Science (Volume I, Revised edition, February 2014)*, PISA, OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264208780-en>
- Prokop, P., Leskova, A. et al. (2007). Slovakian students' knowledge of and attitudes toward biotechnology. *International Journal of Science Education*, 29(7), 895–907.
- Rusek, M. (2013). *Výzkum postojů žáků středních škol k výuce chemie na základní škole*. [Disertační práce]. Univerzita Karlova v Praze, Pedagogická fakulta, Praha.
- Rusek, M. (2014). Efekt zařazení chemie do kurikula středních odborných škol nechemického zaměření. *Scientia in educatione*, 5(2), 13–29.
- Sjøberg, S. (2002). *Science for the Children? Report from the Science and Scientist – project*. Oslo: Dept. of Teacher Education and School Development, University of Oslo.
- Stuchlíková, I. & Janík, T. (2011). Oborové didaktiky: bilance a perspektivy [Monotematické číslo]. *Pedagogická orientace*, 21(2).
- Stuchlíková, I., Janík, T. et al. (2015). *Oborové didaktiky: vývoj – stav – perspektivy*. Brno: Masarykova Univerzita.

Sumfleth, E. & Niedderer, H. (1992). Promotionen und Habilitationen in Chemie- und Physikdidaktik seit 1980 – Eine Umfrage der GDCh im Frühjahr 1991. *Zur Didaktik der Chemie und Physik* (35–38). Alsbach/Bergstrasse: Leuchtturm-Verlag.

Škoda, J. (2005). *Současné trendy v přírodovědném vzdělávání*. Ústí nad Labem: UJEP.

Veselský, M. & Hrubíšková, H. (2009). Zájem žáků o učební předmět chemie. *Pedagogická orientace*, 19(3), 45–64.

Vojtěch, J. & Paterová, P. (2014). *Vývoj vzdělanostní a oborové struktury žáků a studentů ve středním a vyšším odborném vzdělávání v ČR a v krajích ČR a postavení mladých lidí na trhu práce ve srovnání se stavem v Evropské unii*. Praha: Národní ústav odborného vzdělávání. Dostupné z

[http://www.nuv.cz/uploads/Vzdelavani\\_a\\_TP/VYVOJ2013\\_pro\\_www.pdf](http://www.nuv.cz/uploads/Vzdelavani_a_TP/VYVOJ2013_pro_www.pdf)

Žák, V. (2015). Disertační práce z didaktiky fyziky obhájené v České republice v letech 2004 až 2013 – přehled a analýza. *Scientia in educatione*, 6(2), 35–50.

---

MARTIN RUSEK, martin.rusek@pedf.cuni.cz  
Univerzita Karlova v Praze, Pedagogická fakulta  
Katedra chemie a didaktiky chemie  
M. Rettigové 4, 116 39 Praha 1, Česká republika



# PŘÍLOHA SEZNAM AUTORŮ A NÁZVŮ DISERTAČNÍCH PRACÍ OBHÁJENÝCH V LETECH 2003–2014

|                             |  |      |
|-----------------------------|--|------|
| Marvánová Hana              | Nové trendy v učebních úlohách z chemie  | 2007 |
| Plucková Irena              | Efektivita využití videomédií ve výuce chemie na ZŠ  | 2007 |
| Janoušková Svatava          | Model tvorby indikátorového systému pro ověřování občanské kompetence žáků ve výuce chemie v základním vzdělávání  | 2008 |
| Mokrejšová Olga             | Praktická a experimentální výuka v kontextu současného chemického vzdělávání   | 2008 |
| Šulcová Renata              | Aktivizační metody a formy práce v chemickém vzdělávání v kontextu RVP – zaměřeno na přípravu učitelů chemie   | 2008 |
| Roštejnská (Teplá) Milada   | Biochemie ve středoškolském vzdělávání   | 2008 |
| Böhmová Hana                | Vzdělávání učitelů v chemii prostřednictvím jednoduchých experimentů s přírodními látkami: podpora empirických poznávacích postupů a rozvoj souvisejících kompetencí | 2009 |
| Dvořák Michal               | Interaktivní flexibilní program – Chemie síry a jeho vliv na efektivitu osvojování učiva   | 2009 |
| Teplý Pavel                 | Hypermediální výukový program Chemie halogenů a jeho využití ve vzdělávání nadaných žáků v chemii  | 2010 |
| Bartoš Ivan                 | Digitalizovaný experiment – prostředek k osvojení vybraného učiva obecné chemie  | 2010 |
| Čerňanská Božena            | Proměna vzdělávání učitelů chemie v České republice  | 2011 |
| Klečka Milan                | Teorie a praxe tvorby učebnic pro střední školy  | 2011 |
| Koloros Petr                | Školní pokus ve výuce – minulost a současnost  | 2011 |
| Šoučková Danuše             | Analytická chemie na gymnáziu  | 2011 |
| Urbanová Klára              | Tvorba a využití didaktických prezentací ve výuce obecné chemie  | 2011 |
| Adamec Martin               | Inovace obsahu a metod výuky chemie se zaměřením na vizualizaci prostřednictvím informačních a komunikačních technologií   | 2012 |
| Dvořák Martin               | Výuka chemie na středních průmyslových školách stavebních  | 2012 |
| Hasoň Karel                 | Multimédia a e-learning ve výuce chemie  | 2012 |
| Matoušková Šárka            | Vzdělávání v anorganické chemii v kontextu života současného člověka   | 2012 |
| Veřmiřovský Jan             | Efektivita tvorby a využití multimediálních studijních opor ve výuce chemie na SŠ (přechodné prvky)  | 2012 |
| Zákostelná Barbora          | Možnosti využití aktivizací v chemickém vzdělávání   | 2012 |
| Kolková (Rajsiglová) Jiřina | Aktivizační metody a formy ve výuce přírodovědných předmětů  | 2012 |
| Rusek Martin                | Výzkum postojů žáků středních škol k výuce chemie na základní škole  | 2013 |

|                          |  |      |
|--------------------------|--|------|
| Kesnerová Řádková Olga   | Aktivizační metody ve výuce chemie   | 2013 |
| Schmutzerová Linda       | Environmentální aspekty výuky chemie na gymnáziu   | 2013 |
| Štratilová Urválková Eva | Počítačem podporované experimenty ve výuce chemie na střední škole   | 2013 |
| Šíba Michal              | Integrovaná přírodovědná výuka a historie přírodních věd v chemickém vzdělávání  | 2013 |
| Šmídl Milan              | Analýza učebnic a tvorba učebních textů s tematickým celkem sacharidy a jejich metabolismus pro střední školy gymnaziálního typu | 2013 |
| Zdražil Jindřich         | Výukové aplikace modelů složitých biochemických procesů  | 2013 |
| Švandová Veronika        | Využití internetu ve výuce chemie  | 2013 |
| Köhlerová Veronika       | Nové možnosti experimentálního zajištění základů přírodovědného vzdělávání   | 2013 |
| Hájková Zdeňka           | Demonstrace jako názorný prostředek chemického vzdělávání  | 2014 |
| Lechová Petra            | Přírodní látky v projektovém vyučování   | 2014 |
| Opatová Michala          | Chemické experimenty s přírodními látkami se zaměřením na vzdělávání   | 2014 |
| Šedivec Vratislav        | Reálný experiment v přípravě učitelů chemie  | 2014 |
| Štefková Ivona           | Tvorba výukových materiálů k oblasti Chemie kolem nás  | 2014 |
| Kloučková Jitka          | Rozvoj přírodovědných kompetencí žáků pomocí aktivních činností (zaměřeno na exkurze)  | 2014 |
| Sloup Radovan            | Postavení chemického pokusu v době ICT – hliník a jeho sloučeniny  | 2014 |
| Prášilová Jana           | Moderní průmyslové technologie ve výuce chemie na středních školách  | 2014 |

## Disertační práce z didaktiky fyziky obhájené v České republice v letech 2004 až 2013 – přehled a analýza

*Vojtěch Žák*

### Abstrakt

Cílem této studie je analyzovat disertační práce z didaktiky fyziky obhájené v posledních letech v České republice. Strategickým cílem je reflektovat vývoj a stav didaktiky fyziky, a přispět tak k jejímu rozvoji (a také k rozvoji dalších oborových didaktik). K výzkumu byl použit kvalitativní přístup, metodou sběru dat byla analýza jednotlivých disertačních prací. Analyzovány byly práce obhájené v letech 2004 až 2013 na některé z českých vysokých škol. Kromě základního přehledu, jako je zejména počet prací obhájených v jednotlivých letech, se studie soustřeďuje na analýzu metod sběru dat použitých v disertačních výzkumech, stupeň školy (vzdělávání), jehož problematiku práce řeší, fyzikální obsah a zaměření práce z hlediska vzdělávání. Ukazuje se, že počet obhájených prací se v posledních letech obecně zvyšuje. Nejčastěji používanými metodami sběru dat jsou dotazník a didaktický test. Práce se nejvíce zaměřují na střední školy (z nich nejčastěji na gymnázia) a zabývají se různými fyzikálními oblastmi. Jsou často zaměřeny na začlenění určitého fyzikálního nebo interdisciplinárního tématu do kurikula (např. biofyziky), na hodnocení a informační technologie.

**Klíčová slova:** disertační práce, analýza disertačních prací, doktorské studium, didaktika fyziky, oborová didaktika, fyzikální vzdělávání.

## Doctoral Theses in Physics Education Defended in the Czech Republic from 2004 to 2013 — Overview and Analysis

### Abstract

The purpose of the study is to analyse doctoral theses (dissertations) in the didactics of physics (physics education) defended in the Czech Republic in recent years. The strategic goal is to reflect the development and the current state of the didactics of physics and thus to contribute to its future development (and to the development of other subject didactics). The qualitative research design was used in this research. The data were collected using an analysis of particular doctoral theses defended at Czech universities between the years 2004 and 2013. Besides the basic overview, such as the number of theses defended in particular years, this study also deals with the analysis of data collection methods used in

dissertation research, the educational level at which the research questions are dealt with, physics content and the theses' focus from the education point of view. The analysis shows that the number of defended theses has been increasing in general in recent years. The most frequently used data collection methods are questionnaires and achievement tests. The theses mainly focus on the upper secondary schools (especially secondary grammar schools) and deal with various physics areas. They are often aimed at the implementation of physics or interdisciplinary topics in school curricula (e.g. biophysics), at evaluation, and at information technology.

**Key words:** doctoral thesis, analysis of doctoral theses, doctoral study, didactics of physics, subject didactics, physics education.

V posledních několika letech můžeme v České republice zaznamenat systematictější zájem o reflexi didaktiky fyziky jako oboru. Dokladem toho jsou např. práce Nezvalové (2011), Dvořáka, Kekule a Žáka (2012, 2015) a Žáka (2014). Česká didaktika fyziky není v tomto úsilí osamocena; také další oborové didaktiky reflektují svůj dosavadní vývoj, pokoušejí se analyzovat současný stav, ve kterém se nacházejí, a hledají cesty svého dalšího rozvoje (Janík & Stuchlíková, 2010; Stuchlíková & Janík, 2011, 2015). *Strategickým cílem* výzkumu, jehož součástí je tato studie, je reflektovat vývoj didaktiky fyziky v České republice a v zahraničí, přispět k pochopení jejího současného stavu a aktivně ovlivnit její budoucí vývoj.

Součástí hlubší analýzy stavu a vývoje oborových didaktik by zřejmě měla být také reflexe doktorského studia těchto oborů, včetně jeho produktů – disertačních prací.<sup>1</sup> Ačkoliv byly v této oblasti v posledních letech realizovány určité kroky (Svoboda, 2005; *Zpráva Akreditační komise...*, 2010; Dvořáková & Smrčka, 2013; Mareš, 2013), systematická reflexe samotných disertačních prací dosud chybí, a to zřejmě nejen v oblasti didaktiky fyziky, ale i v dalších oborech, včetně ostatních oborových didaktik. *Cílem* této studie proto je upozornit na jednotlivé disertační práce obhájené v České republice v posledních přibližně deseti letech, analyzovat je a na základě toho přispět ke zkvalitnění budoucí produkce disertačních prací v didaktice fyziky a zároveň podnítit další diskuzi týkající se doktorského studia.

K řešení tohoto úkolu se podařilo přizvat další autory, a tak paralelně s touto studií vznikly analýzy disertačních prací z didaktiky chemie (Rusek, 2015) a didaktiky biologie (Pavlasová, 2015). Kromě pokusu o určitý transdidaktický přesah (přínejmenším v rámci didaktik přírodovědných oborů) má tato studie také syntetizující ambice v rámci didaktiky fyziky. Pokus o syntézu vyplývá z toho, že disertační práce z didaktiky fyziky je možné v České republice obhajovat před několika komisiemi (spojenými s různými pracovišti) a chybí určitý nadhled nad těmito pracemi a jejich charakteristikami. Přehled domácích pracovišť, která nabízejí doktorské studium didaktiky fyziky, je uveden v tab. 1<sup>2</sup> (*Zpráva Akreditační komise...*, 2010; Nezvalová, 2011: s. 186).

---

<sup>1</sup> Autor se tím snaží navázat na výzvu ve své předchozí práci (Žák, 2014: s. 240).

<sup>2</sup> Kromě uvedených pracovišť jsou disertační práce z didaktiky fyziky vedeny také na Pedagogické fakultě Masarykovy univerzity v Brně (jedná se o obor pedagogika).

Tab. 1: Přehled domácích pracovišť nabízejících doktorské studijní obory didaktiky fyziky

| Vysoká škola, její fakulta   | Studijní program                 | Studijní obor  |
|--|----------------------------------|--|
| Masarykova univerzita v Brně,<br>Přírodovědecká fakulta  | Fyzika                           | Obecné otázky fyziky   |
| Ostravská univerzita v Ostravě,<br>Přírodovědecká fakulta<br>Univerzita Hradec Králové,<br>Pedagogická fakulta | Specializace<br>v pedagogice     | Teorie vzdělávání ve fyzice  |
| Západočeská univerzita v Plzni,<br>Pedagogická fakulta   |                                  |  |
| Univerzita Karlova v Praze,<br>Matematicko-fyzikální fakulta   | Fyzika (4letý)<br>Fyzika (3letý) | Didaktika fyziky<br>a obecné otázky fyziky<br>Obecné otázky fyziky |
| Univerzita Palackého v Olomouci,<br>Přírodovědecká fakulta <sup>3</sup>  | Fyzika                           | Didaktika fyziky   |

Protože analýza je poněkud široký pojem, bylo třeba ji přesněji specifikovat. Na základě diskuzí s dalšími didaktiky fyziky byla analýza disertačních prací vymezena následujícími úvodními a zejména *výzkumnými otázkami* uvedenými níže.<sup>4</sup>

Úvodní otázky mají přispět k určitému základnímu přehledu o pracích (podrobněji v oddílu 2.1):

- Kolik disertačních prací z didaktiky fyziky bylo obhájeno v jednotlivých letech?
- Jaké je zastoupení autorů–mužů a autorek–žen?
- V jakém jazyce jsou práce psány?

Výzkumné otázky se vztahují k hlubší analýze prací a reflektují odborné zájmy komunity didaktiků fyziky.

- Které metody sběru dat byly v pracích použity? (podrobněji v oddílu 2.2)
- Problematiku kterého stupně školy (vzdělávání ve fyzice) práce řeší? (2.3)
- Jaký fyzikální obsah zpracovávají? (2.4)
- Jaké je zaměření prací z hlediska vzdělávání?<sup>5</sup> (2.5)

Analýzu metod sběru dat, které byly použity v příslušných disertačních výzkumech, považujeme za důležitou, protože může podat obraz o metodologické úrovni prací. Rozbor zaměření prací z hlediska stupně vzdělávání potom naznačuje, jaké je propojení disertačních prací se školním vzděláváním. Analýza disertací z hlediska fyzikálního obsahu (alespoň jeho širších oblastí) může poodhalit korespondenci obsahu prací s fyzikou, nejen školskou. Odpověď na poslední výzkumnou otázku umožní alespoň částečně nahlédnout, zda domácí disertační práce řeší obdobnou problematiku jako odborné práce z mezinárodního prostředí.

<sup>3</sup>Pracoviště spolupracuje při výchově doktorandů s Pedagogickou fakultou Masarykovy univerzity v Brně.

<sup>4</sup>Jsme si vědomi, že při analýze byl učiněn pouze úzký výběr zkoumaných aspektů, nicméně zájemcům o provedení dalších analýz mohou pomoci informace uvedené v této studii.

<sup>5</sup>Zaměřením z hlediska vzdělávání se zde míní kategorie překračující fyzikální vzdělávání směrem k širěji pojatému vzdělávání, např. vyučování, informační technologie ve vzdělávání, neformální výuka atd. (podrobněji v části 2.5).

# 1 METODOLOGIE

Z metodologického hlediska byl použit v podstatě kvalitativní přístup<sup>6</sup>. Data byla sbírána na základě analýzy jednotlivých disertačních prací. Té byly podrobeny disertační práce obhájené na některém z českých pracovišť (nemuselo se ovšem jednat o práce napsané v českém jazyce), tematicky spadající do oblasti didaktiky fyziky a s datem obhajoby v letech 2004 až 2013 (včetně obou let).<sup>7</sup>

Prvním krokem byla analýza abstraktů, příp. anotací a klíčových slov (pokud byly tyto části k dispozici), dále se pokračovalo analýzou úvodních a závěrečných částí a poté se pozornost zaměřila na další kapitoly práce. Tento postup umožnil pozornost lépe nasměrovat k řešení stanovených výzkumných otázek, protože se začalo analýzou těch částí prací, které typicky již obsahují nosné informace o práci, jejím pojetí a obsahu.

Protože jsou známa pracoviště realizující doktorské studijní programy (tab. 1), byly práce vyhledávány nejprve prostřednictvím webových stránek knihoven příslušných fakult. V některých případech se podařilo práce vyhledat jen s využitím informací na těchto webových stránkách, a nebylo tudíž třeba s nikým osobně komunikovat. V jiných případech bylo nutné kontaktovat přes webové stránky knihovníka či knihovnici, kteří poskytli informace vedoucí k disertačním pracím. V jednom případě byla nutná osobní návštěva studovny v knihovně, do které byly hledané práce zapůjčeny, protože neexistovaly v elektronické podobě. Jiná knihovna poskytla některé disertační práce na CD. Ani přes toto úsilí se bohužel některé disertační práce nepodařilo sehnat; jejich exempláře nejsou (příp. jejich existence není známa) ani v příslušné fakultní knihovně, ani na příslušné katedře. Ve dvou případech nemají kompletní elektronickou verzi ani autoři prací. Tyto potíže se týkají zejména starších prací.<sup>8</sup> Další komplikace při vyhledávání prací byla dána tím, že v rámci studijního oboru s názvem obecné otázky fyziky (jedná se o pracoviště v Brně a v Praze, tab. 1) některé práce nespádaly z hlediska svého zaměření do didaktiky fyziky, ale spíše do fyziky. Takové práce analyzovány nebyly. Dále bylo zjištěno, že v případě Masarykovy univerzity v Brně některé práce spadají pod Pedagogickou fakultu, nikoli pod Přírodovědeckou fakultu (srov. *Zpráva Akreditační komise...*, 2010 a poznámka 2).

## 2 VÝSLEDKY

### 2.1 ZÁKLADNÍ ÚDAJE O DISERTAČNÍCH PRACÍCH

Podle dostupných údajů bylo v letech 2004 až 2013 (včetně obou let) obhájeno v oblasti didaktiky fyziky v České republice 61 disertačních prací. Z nich se analýze podařilo podrobit 56 prací (přes 90 %). Seznam jejich názvů a autorů je uveden v příloze (tab. 8 až 14).

---

<sup>6</sup>O kvalitativním přístupu zde mluvíme, i když je z následujícího patrné, že výsledky jsou částečně vyjádřeny kvantitativně (počty prací, relativní četnosti). Podstatou tohoto výzkumu ovšem je, že se rozkryly a identifikovaly určité kategorie (jejich výskyt).

<sup>7</sup>Zkoumané období bylo zvoleno tak, aby se jednalo o deset dokončených let. Vzhledem k tomu, že se s přípravami této analýzy začalo v roce 2014, byl zvolen interval 2004 až 2013. Připomeňme, že tradice disertačních prací v oblasti didaktiky fyziky má v České republice (resp. bývalém Československu) mnohem delší trvání. Komise pro obhajoby tehdejších kandidátských disertačních prací z teorie vyučování fyzice byla zřízena už v roce 1966 (Fenclová, 1982: s. 17).

<sup>8</sup>Na uvedené problémy spojené s (ne)dostupností prací reagujeme v závěrečné části studie.

Tab. 2: Počet obhájených disertačních prací v jednotlivých letech

| Rok obhajoby | Počet prací |
|--------------|-------------|
| 2004         | 4           |
| 2005         | 4           |
| 2006         | 3           |
| 2007         | 3           |
| 2008         | 4           |
| 2009         | 11          |
| 2010         | 6           |
| 2011         | 11          |
| 2012         | 6           |
| 2013         | 9           |

V tabulce 2 je uveden počet prací, které byly obhájeny v jednotlivých letech zkoumaného období let 2004 až 2013. Ukazuje se, že počty značně kolísají (pouze tři práce obhájené v roce 2006 a 2007 a jedenáct prací v letech 2009 a 2011). Rozdělíme-li zkoumané období do dvou stejně dlouhých intervalů, zjistíme, že v letech 2004 až 2008 bylo obhájeno 18 prací (tři nebo čtyři práce ročně), zatímco v období 2009 až 2013 to bylo 43 prací (od šesti do jedenácti ročně). Je tedy zřejmé, že publikační výkon je z hlediska kvantity v posledních letech výrazně větší než v letech předcházejících.

Počty autorek a autorů analyzovaných prací jsou poměrně vyrovnané; jedná se o 24 žen a 32 mužů, tj. 43 % a 57 %<sup>9</sup>. Naprostá většina prací je psána v českém jazyce (52 prací, tj. asi 93 %), tři práce jsou psány anglicky (z toho jedna částečně polsky) a jedna slovensky.

## 2.2 METODY SBĚRU DAT

Za důležitou charakteristiku disertačních prací, které by měly být v zásadě výzkumnými pracemi, můžeme považovat informaci, které metody sběru dat byly použity v příslušných disertačních výzkumech. Při analýze disertačních prací z tohoto hlediska jsme vyšli z přehledu a vymezení metod, které uvádí Chráska (2009: s. 815–816), Hendl (2009: s. 821) a Fenclová (1982: s. 110–112).

Z tabulky 3 je zřejmé, že nejčastěji používanými metodami sběru dat jsou dotazník a didaktický test. Výrazně méně je využívána analýza textů, učebnic, kurikulárních dokumentů a prací žáků, ještě méně pozorování a interview. Z předchozí tabulky je zřejmé, že v některých pracích bylo použito více metod sběru dat, protože v 56 disertačních pracích bylo identifikováno celkem 89 metod.

Tab. 3: Metody sběru dat použité v disertačních pracích

| Metoda sběru dat  | Absolutní četnost | Relativní četnost |
|---|-------------------|-------------------|
| dotazník  | 36                | 41 %              |
| didaktický test   | 27                | 30 %              |
| analýza textů, učebnic, kurikulárních dokumentů, prací žáků | 10                | 11 %              |
| pozorování <sup>10</sup>                                    | 8                 | 9 %               |
| interview   | 8                 | 9 %               |
| <i>celkem metod sběru dat ve všech 56 pracích</i>           | 89                | 100 %             |

<sup>9</sup>Od tohoto místa v textu pracujeme již jen s 56 pracemi, které bylo možné analyzovat.

<sup>10</sup>Mezi pozorování byla zařazena také videostudie, i když jsme si vědomi, že se obě metody zcela nekryjí (jedná se o případy dvou disertačních prací).

Tab. 4: Rozdělení disertačních prací podle počtu metod sběru dat

| Počet metod použitých v dané práci | Absolutní četnost | Relativní četnost |
|------------------------------------|-------------------|-------------------|
| jedna                              | 19                | 34 %              |
| dvě                                | 17                | 30 %              |
| tři                                | 8                 | 14 %              |
| čtyři                              | 3                 | 6 %               |
| žádná                              | 9                 | 16 %              |

Z tabulky 4 je patrné, že přibližně v třetině disertačních prací byla použita právě jedna metoda sběru dat, v necelé třetině prací se kombinovaly dvě metody a v jedné pětina prací se objevilo více metod (tři nebo čtyři). Zároveň se ukázalo, že zhruba v šestině prací nebyla použita žádná metoda sběru dat.

## 2.3 STUPEŇ ŠKOLY

Pokud jde o stupeň školy (stupeň vzdělávání), na který je práce zaměřena, ukazuje se (tab. 5), že disertační práce řeší problematiku vzdělávání zejména na středních školách (téměř 49 %, z toho se většina týká gymnázií), dále na základních školách (přibližně 31 %) a méně na vysokých školách (asi 16 %). V případě některých prací se jedná pouze o zacílení do příslušné věkové kategorie žáků nebo studentů, ale jde o vzdělávání v mimoškolním prostředí. Takové práce jsou ovšem v tabulce 5 zařazeny k odpovídajícímu stupni školy. Pokud se zaměřuje disertační práce na více než dva stupně škol, příp. není možné ji z jiného důvodu zařadit do předchozích kategorií, je uvedena mezi „jiné“.

Tab. 5: Rozdělení disertačních prací podle stupně vzdělávání (školy), jehož problematiku řeší

| Stupeň školy        | Absolutní četnost  | Relativní četnost |
|---------------------|--------------------|-------------------|
| ZŠ                  | 17,5 <sup>11</sup> | 31 %              |
| SŠ – celkem         | 27                 | 49 %              |
| <i>obecně</i> SOŠ G | 6,5 4,5 16         | 12 % 8 % 29 %     |
| VŠ                  | 9                  | 16 %              |
| Jiné                | 2,5                | 4 %               |

## 2.4 FYZIKÁLNÍ OBSAH

Určitou informaci o analyzovaných disertačních pracích podává také to, jaký fyzikální obsah dané práce zpracovávají. Toto hledisko je poněkud problematické, protože podstatou mnoha prací není samotný fyzikální obsah, tj. toto hledisko pro

<sup>11</sup>Polovina znamená, že fyzikálnímu vzdělávání na daném stupni školy se práce věnuje částečně a částečně se také věnuje jinému stupni školy. Podrobnější komentář k určování četností v tab. 5 a v dalších: Každá práce má váhu rovnou 1. Pokud se práce zaměřuje na jeden stupeň školy (vzdělávání), je váha 1 přiřazena k danému stupni v tab. 5. Pokud práce řeší problematiku dvou stupňů, je rovnoměrně, tj. vahou 0,5 započítána v tab. 5 ke každému z obou stupňů. Pokud řeší práce problematiku více než dvou stupňů, je zařazena mezi „jiné“. To považujeme za nejjednodušší způsob, jak je možné vyjádřit, kterými stupni školy a do jaké míry se disertační práce zabývájí. Z hlediska celkových výsledků a jejich diskuze mají význam především relativní četnosti. Limitem tohoto postupu je nicméně to, že nezohledňuje fakt, že některé práce, které řeší problematiku dvou stupňů, se jednomu z nich věnují více než druhému.



ně není příliš důležité. Navíc v některých pracích není možné dominantní fyzikální téma jednoznačně identifikovat, protože je v nich zpracováno více témat. Na druhou stranu pro vzdělavatele, kteří hledají inspiraci k výuce jednotlivých fyzikálních témat, a také pro případné zájemce z komunity fyziků mohou být níže uvedené informace přínosem. V tabulce 6 jsou uvedeny rámcové fyzikální obsahy a příslušná četnost prací, které se jimi zabývají. Kategorie „jiné“ zahrnuje práce, ve kterých žádný fyzikální obsah nedominuje.

Tab. 6: Rozdělení disertačních prací podle fyzikálního obsahu, kterému se věnují

| Fyzikální obsah <sup>12</sup> | Absolutní četnost prací |
|-------------------------------|-------------------------|
| mechanika                     | 9                       |
| molekulová fyzika a termika   | 5,5 <sup>13</sup>       |
| elektrina a magnetismus       | 5                       |
| biofyzika                     | 4                       |
| optika                        | 3,5                     |
| astronomie a astrofyzika      | 3                       |
| fyzika mikrosvěta             | 3                       |
| meteorologie                  | 1                       |
| jiné                          | 22                      |

Zjištěné informace o fyzikálním obsahu řešeném v disertačních pracích můžeme porovnat se vzdělávacím obsahem (oblastmi) fyziky na 2. stupni základní školy a na středních školách. Těmito dvěma stupni škol se disertační práce zabývaly nejčastěji (viz tab. 5). I když jsou oblasti školské fyziky v současných kurikulárních dokumentech označovány jinou terminologií, než je uvedeno v Tab. 6 (podrobněji *RVP ZV*, 2013: s. 53–55 a *RVP G*, 2007: s. 27–29), v hrubém přiblížení můžeme říci, že všemi oblastmi fyziky na základní a střední škole se disertační práce z didaktiky fyziky do nějaké míry zabývají.<sup>14</sup> Neméně podstatné ovšem je, že některé disertační práce zpracovávají témata, která překračují běžné vymezení školské fyziky. Jedná se o biofyziku, zpracovanou ve čtyřech pracích, a meteorologii, kterou se zabývá jedna disertační práce.

## 2.5 ZAMĚŘENÍ Z HLEDISKA VZDĚLÁVÁNÍ

V této části textu se pokusíme alespoň dílčím způsobem uvést do vztahu zaměření českých disertačních prací se zaměřením odborných publikací v mezinárodním prostředí. Porovnání provedeme na základě různých zaměření, která převzali a upravili Tsai a Wen (2005) a dále využili Lee et al. (2009), srov. Kekule (2014: s. 45–46). Přestože jsme si vědomi rezerv tohoto srovnání (jedná se o zaměření prací z širší oblasti science education; ne o disertační práce, ale práce ve vybraných časopisech a dále o práce z období, které není totožné se zkoumaným intervalem 2004 až 2013), považujeme za podnětné toto porovnání provést. V tabulce 7 jsou uvedena různá zaměření prací, která byla identifikována v mezinárodním prostředí, a jsou u nich uvedeny počty českých disertačních prací z didaktiky fyziky, které jim odpovídají.

<sup>12</sup>Jednotlivé oblasti fyzikálního obsahu jsou v této tabulce vymezeny tradičně (až na meteorologii a biofyziku); do značné míry kopírují historický vývoj fyziky a rozdělení školské fyziky.

<sup>13</sup>Analogicky jako v poznámce 11.

<sup>14</sup>Zdůrazněme, že výše uvedené porovnání je jen velmi hrubé. Nelze doložit, že by jednotlivé oblasti v *RVP ZV* a v *RVP G* byly disertačními pracemi pokryty rovnoměrně; naopak, některé z nich jsou v nich řešeny jen okrajově. Uvedené hrubé přiblížení tak pouze naznačuje, že disertační práce se žádné hlavní oblasti školské fyziky v zásadě nevyhýbají.

Tab. 7: Rozdělení disertačních prací podle zaměření z hlediska vzdělávání

| Téma z hlediska vzdělávání                        | Absolutní četnost prací | Relativní četnost |
|---|-------------------------|-------------------|
| vzdělávání učitelů                                | 1                       | 2 %               |
| vyučování   | 10,5 <sup>15</sup>      | 19 %              |
| učení – koncepce                                  | 7                       | 13 %              |
| učení – kontext                                   | 4                       | 7 %               |
| cíle, vzdělávací politika, kurikulum a hodnocení  | 16                      | 28 %              |
| kultura, společnost a gender                      | 0                       | 0 %               |
| filozofie, historie, epistemologie a podstata věd | 0                       | 0 %               |
| informační technologie ve vzdělávání              | 16                      | 28 %              |
| neformální výuka                                  | 1,5                     | 3 %               |

Z tabulky 7 je zřejmé, že více než čtvrtina zkoumaných disertačních prací je zaměřena na *cíle, vzdělávací politiku, kurikulum a hodnocení* a stejné je zastoupení prací zaměřených na *informační technologie ve vzdělávání*. První jmenované téma je ovšem vymezeno poměrně široce a bližší pohled na disertační práce ukazuje, že jsou zaměřeny hlavně na začlenění určitého fyzikálního nebo interdisciplinárního tématu do kurikula (např. nanotechnologie, entropie, biofyzika, astronomie, meteorologie, geografie) a na hodnocení (zejména znalostí a dovedností žáků). Téma informačních technologií je syceno zejména konkrétními náměty na jejich využití ve výuce fyziky.

Na druhou stranu jen sporadicky se disertační práce věnovaly *neformální výuce a vzdělávání učitelů*. Mezi zkoumanými pracemi nebyla dokonce nalezena žádná, která by se orientovala na *kulturu, společnost a gender* nebo *filozofii, historii, epistemologii a podstatu věd*.

### 3 ZÁVĚR A DISKUZE

Je zřejmé, že doktorské studium v didaktice fyziky se v posledních letech z hlediska určitých kvantitativních parametrů zdárně vyvíjí. Svědčí o tom například vzrůstající počet disertačních prací obhájených v nedávném období. Zatímco v letech 2004 až 2008 byly obhájeny ročně tři až čtyři práce, v období 2009 až 2013 to bylo od šesti do jedenácti prací ročně. Určité dílčí porovnání je možné provést se starším obdobím, kdy podle Fenclové (1982: s. 17) bylo od roku 1966 do začátku 80. let 20. století v bývalém Československu obhájeno 15 tehdejších kandidátských prací z oboru teorie vyučování fyzice. Také z tohoto důvodu je oprávněné mluvit o kvantitativním nárůstu. Tento fakt můžeme považovat za potenciálně pozitivní z toho důvodu, že se tak může do budoucna zvětšit a zkvalitnit základna odborníků, kteří budou dále didaktiku fyziky a obecněji vzdělávání ve fyzice rozvíjet. Přestože je zřejmé, že zdaleka ne všichni autoři úspěšně obhájených disertačních prací zůstávají v oblasti didakticko-fyzikálního výzkumu, i pro jejich práci, např. jako učitelů na základních a středních školách, mohou být nabyté zkušenosti využitelné. Je ovšem otázkou do diskuze, zda má být profil absolventa doktorského studia didaktiky fyziky takový, aby se dále výzkumně didaktikou fyziky zabýval, např. na vysoké škole, nebo má-li se spíše stát „výzkumem více políbeným“ učitelem fyziky na základní nebo střední škole. První varianta by sice zřejmě vedla k poklesu kvantity (počtu absolventů),

<sup>15</sup>Analogicky jako v poznámce 11.

na druhou stranu by umožnila více koncentrovat síly školitelů a konzultantů těchto studentů a mohla by znamenat kvalitativní posun v oboru.

Autory disertačních prací jsou poměrně vyrovnaně jak muži, tak ženy, i když muži poněkud převažují.<sup>16</sup> Překvapivým zjištěním není, že naprostá většina prací je psána česky, pouze tři práce anglicky (z nich jedna částečně polsky) a jedna práce slovensky. Otázka jazyka práce není úplně okrajová, protože anglicky psané odborné texty mají potenciál proniknout do mezinárodního prostředí. Zejména tehdy, pokud je podstatná část literatury zjištěné při rešerši psána anglicky, nabízí se možnost psát práci v angličtině poměrně přirozeně. V tomto vidíme určitou rezervu a výzvu domácí didaktice fyziky. Na druhou stranu lze pochopitelně vytvořit nosný text v angličtině určený do mezinárodního časopisu i na základě disertační práce napsané česky.

Pokud jde o metody sběru dat použité v disertačních pracích, nejčastěji se vyskytovaly dotazníky a didaktické testy. Je třeba zdůraznit, že použité dotazníky a didaktické testy nebyly často standardizované. Tady je vidět velká rezerva domácích disertačních výzkumů, a sice že nástroje ke sběru dat jsou často vytvářeny ad hoc, bez hlubšího metodologického opodstatnění. Data získaná díky těmto nástrojům jsou pak často nekvalitní. I když nelze obecně považovat určitou metodu sběru dat za lepší než jinou, je vhodné upozornit i na jiné metody, než které v českých disertacích dominovaly – např. pozorování, různé podoby interview, na analýzu nejrůznějších textů, ale také metodu sémantického diferenciálu, analýzu audiovizuálních materiálů apod. Ty byly používány výrazně méně často (některé vůbec ne), přestože i ony mohou významně přispět k získání relevantních dat.

Také v disertačních pracích z didaktiky biologie a chemie se dotazník objevoval jako nejčastější metoda sběru dat (Pavlasová, 2015; Rusek, 2015). Didaktický test byl ale používán v didaktice chemie a biologie méně než v didaktice fyziky. V případě disertačních prací z didaktiky chemie byl odsunut na třetí místo za obsahovou analýzu (podrobněji Rusek, 2015) a disertační práce z didaktiky biologie častěji než didaktický test využívaly nejen obsahovou analýzu dokumentů, ale i pozorování (podrobněji Pavlasová, 2015). Obdobně dominuje dotazník jako metoda sběru dat v českém pedagogickém výzkumu (srov. Průcha, 2009: s. 807).

Na základě analýzy disertačních prací je zřejmé, že v některých z nich byl výzkum proveden ve značně redukované podobě, někdy snad jen z formálních důvodů. S tím souvisí počet metod sběru dat, které byly použity v jednotlivých disertačních pracích. Za potenciálně hodnotné můžeme považovat fakt, pokud je v daném výzkumu použito více metod sběru dat. Tím může dojít k tzv. triangulaci (Švaříček, 2014: s. 202–206), která může vést k dosažení větší důvěryhodnosti výsledků a ke zvýšení kvality výzkumu. Tuto naději dává asi polovina disertačních prací, kde se objevují dvě nebo více metod sběru dat. Přibližně v třetině disertačních prací byla použita jen jedna metoda sběru dat. Tyto práce nemůžeme samozřejmě považovat obecně za méně kvalitní, jen upozorňujeme, že je možné a vhodné metody sběru dat kombinovat. Zarážející je ovšem devět disertačních prací, kde nebyla použita žádná metoda sběru dat, příp. jen ve velmi redukované podobě. Je otázkou, v čem spočívá hodnota těchto prací, když lze pochybovat o jejich výzkumném charakteru.

Ačkoliv je potenciálně přínosné, aby disertační práce poskytovaly inovace fyzikálnímu vzdělávání, domníváme se, že disertační práce by měly mít i v těchto případech

---

<sup>16</sup>Relativně vyrovnaný počet mužů a žen může souviset s tím, že didaktika fyziky je obor, který těsně souvisí jak s fyzikou (tradičně více spojovanou s muži), tak pedagogikou (asociovanou více se ženami).

výzkumný charakter. Koneckonců obhájení disertační práce je nutnou podmínkou k získání akademicko-vědeckého titulu Ph.D. Metodologická neukotvenost mnoha disertačních prací se projevuje také tak, že v nich není formulováno, jak je daný výzkum orientován (kvalitativní, kvantitativní, smíšený přístup), a nebývá ani blíže vyjasněn design výzkumu.

Z hlediska stupně školy řeší disertační práce nejčastěji problematiku fyzikálního vzdělávání na středních školách, dále na základních školách a méně na vysokých školách. Pokud jde o disertační práce, které se zabývají středním stupněm vzdělávání, podstatná část z nich se zabývá speciálně gymnázii, zatímco jen malá část (skoro čtyřikrát méně) řeší problematiku středních odborných škol (SOŠ). Přitom na SOŠ se vzdělává více studentů než na gymnáziích (*Statistická ročenka školství...*, 2015). I když můžeme přijmout fakt, že na mnoha SOŠ je fyzika jen okrajovým předmětem, domníváme se, že disertační práce by měly tuto problematiku řešit více. Určitou komplikací (a zároveň výzvou) zde může být existence desítek různých oborů v rámci SOŠ. V posledních letech se také ukazuje, že některé prvky fyzikálního (a obecněji přírodovědného) vzdělávání pronikají do vzdělávání a výchovy v mateřských školách a na druhou stranu také do vzdělávání dospělých, např. v science centrech nebo v rámci univerzity třetího věku. Je otázkou, zda se také vzdělávání ve fyzice těchto věkových kategorií ukáže časem jako nosné pro disertační práce<sup>17</sup>.

Na základě analýzy disertačních prací z hlediska fyzikálního obsahu je možné říci, že práce velmi zhruba pokrývají všechny hlavní oblasti školské fyziky jak na základních školách, tak na středních školách. Mezi disertačními pracemi se objevily i takové, které překračují rámec školské fyziky vymezený v současných kurikulárních dokumentech (zejména RVP) – práce zaměřené na biofyziku a meteorologii. Tyto práce by tedy mohly být využitelné při integraci fyziky s dalšími přírodovědnými obory ve výuce a obecně při inovaci obsahu školské fyziky.

Pokud porovnáváme zaměření českých disertačních prací se zaměřením odborných publikací v mezinárodním prostředí (podrobnější vymezení v části 2.5), ukazuje se, že zatímco mimo Českou republiku se objevují také publikace zaměřené na kulturu, společnost, gender a na filozofii, historii, epistemologii a podstatu věd (srov. Kekule, 2014: s. 46), žádná česká disertační práce z didaktiky fyziky takto zaměřena nebyla. Obdobně menší zájem byl věnován vzdělávání učitelů a učení – kontextu. Naopak v domácím prostředí byla větší pozornost než v mezinárodním směřována k informačním technologiím ve vzdělávání a ke kurikulu a hodnocení. Zdá se, že se v českém prostředí méně orientujeme na širší souvislosti fyzikálního vzdělávání a více tíhneme k samotné školní výuce fyziky, jejím prostředkům a obsahům.

Cílem této studie není hodnotit jednotlivé disertační práce z hlediska jejich odborné kvality. Jak bylo uvedeno výše, všechny analyzované práce byly obhájeny, a lze tedy předpokládat, že vykazují určitou kvalitu. Na druhou stranu je možné představit některé náměty do diskuze o rozvoji kvality disertačních prací, ke kterým je možné dospět na základě provedené analýzy.

Při analýze prací se ukázalo, že přibližně šestina z nich neobsahuje abstrakt (nebo jemu odpovídající text) a asi v třetině prací nejsou uvedena klíčová slova. Přitom existence těchto částí výrazně usnadňuje získání základních informací o textu a přispívá významně k orientaci v něm. Dalším podnětem do diskuze je postřeh autora této analýzy, že výzkumné části nebyla v některých disertačních pracích věnována dostatečná pozornost. Svědčí o tom neorganické začlenění informací o výzkumu do

---

<sup>17</sup>Obdobně se nabízí zabývat se fyzikálním vzděláváním např. v základních školách speciálních, učilištích atd.

struktury práce, chybějící zdůvodnění použité metodologie, nevyjasnění vztahu zamýšleného výzkumu k již provedeným obdobným výzkumům atd. Připomeňme výše uvedené zjištění, že přibližně v 16 % prací nebyla použita v podstatě žádná metoda sběru dat, což v případě těchto prací znamená, že nemají výzkumný charakter. Takové práce se zřejmě orientují na inovaci či vývoj, ale bez výzkumně zakotvené opory. Ale ani práce, ve kterých byla použita některá metoda sběru dat, nejsou bez problémů. Ve většině z nich chybí základní metodologické informace, zejména o metodologickém přístupu (kvantitativní, kvalitativní, smíšený) a o designu výzkumu. Informace o metodologii se tak často redukuje jen na metodu sběru dat (zde dominuje nestandardizovaný dotazník). Jako problematický moment můžeme vnímat také to, že v disertačních pracích nebývá vyjasněn strategický cíl výzkumu, ke kterému má ambici práce přispět, a někde není explicitně uveden ani cíl disertační práce. S tím souvisí mnohdy nevhodné vymezení (někdy dokonce „nevymezení“) výzkumného problému. Právě v oblasti metodologického uchopení můžeme spatřovat největší rezervy analyzovaných prací. Připomeňme na tomto místě názor Dvořákové a Smrčky (2013: s. 401):

Cílem studia v doktorském programu není získávání vědomostí, které se dají jednoduše využít v praktickém životě, doktorský program nemůže ani nahradit profesní vzdělávání, kterého je třeba k výkonu povolání mimo sféru výzkumu a vysokého školství. Posláním doktorského programu je náročná individuální vědecká příprava s důrazem na metodologii vědy a schopnost realizace základního výzkumu.

Pokud se s tímto názorem ztotožňujeme, je otázkou, do jaké míry se nám jako pracovníkům participujícím v doktorském studiu daří tento cíl podporovat.

Je zřejmé, že provedené analýzy nejsou jediné možné a vyčerpávající. Právě z důvodu, aby byly disertační práce dostupnější i dalším zájemcům, např. studentům doktorského studia, jejich školitelům, dalším výzkumníkům apod., je v příloze níže (tab. 8 až 14) uveden seznam disertačních prací z didaktiky fyziky, které byly v letech 2004 až 2013 v České republice obhájeny. Dalším záměrem je vytvořit webové prostředí, které by prostřednictvím odkazů vedlo k jednotlivým disertačním pracím (jejich plným verzím). Práce by zde mělo být možné vyhledávat zejména podle těch aspektů, které byly zkoumány v rámci této studie. Je snaha, aby také práce obhájené po roce 2013 byly systematicky do tohoto prostředí zařazovány, a aby tedy bylo aktuální. Disertační práce by tak mohly více vystoupit z pomyslné šedé zóny odborné literatury a mohla by se zvětšit pravděpodobnost jejich využití jak v dalším výzkumu, tak v praxi.

V souvislosti se zkoumáním disertačních prací se otevírají další otázky a možné výzkumné výzvy. Např. je otázkou, jaká část absolventů doktorského studia (vymezení užšího pojmu postdoktorand a některé analýzy pro program Pedagogika viz Mareš, 2013) zůstává aktivními členy komunity didaktiků fyziky a jakými publikacemi se profiluje jejich odborná činnost. K první otázce lze odpověď zhruba naznačit: Podle účasti na celostátní konferenci se zahraniční účastí *Moderní trendy v přípravě učitelů fyziky 7* (Kašperské Hory, 27.–29. 4. 2015), které se zúčastnilo osm z jedenácti autorů obhájených prací, lze soudit, že ne zdaleka všichni v oboru didaktiky fyziky zůstávají.

## LITERATURA

- Dvořák, L., Kekule, M. & Žák, V. (2012). Výzkum v oblasti fyzikálního vzdělávání – co, proč a jak. *Československý časopis pro fyziku*, 62(5–6), 325–330.
- Dvořák, L., Kekule, M. & Žák, V. (2015). Didaktika fyziky včera, dnes a zítra. In I. Stuchlíková & T. Janík (Eds.), *Oborové didaktiky: vývoj – stav – perspektivy* (123–157). Brno: Masarykova univerzita.
- Dvořáková, V. & Smrčka, J. (2013). Hodnocení kvality doktorských studijních programů na vysokých školách v ČR. *Pedagogika*, 63(3), 393–403.
- Fenclová, J. (1982). *Úvod do teorie a metodologie didaktiky fyziky*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství.
- Hendl, J. (2009). Kvalitativní pedagogický výzkum. In J. Průcha (Ed.), *Pedagogická encyklopedie* (819–823). Praha: Portál.
- Chráška, M. (2009). Kvantitativní pedagogický výzkum. In J. Průcha (Ed.), *Pedagogická encyklopedie* (813–818). Praha: Portál.
- Janík, T. & Stuchlíková, I. (2010). Oborové didaktiky na vzestupu: přehled aktuálních vývojových tendencí. *Scientia in educatione*, 1(1), 5–32.
- Kekule, M. (2014). Obsahová analýza klíčových témat výzkumu v přírodovědném vzdělávání. *Scientia in educatione*, 5(2), 40–57.
- Lee, M., Wu, Y. & Tsai, C. (2009). Research trends in science education from 2003 to 2007: A content analysis of publications in selected journals. *International Journal of Science Education*, 31(15), 1 999–2 020.
- Mareš, J. (2013). Neviditelná skupina aneb Co s postdoktorandy? *Pedagogická orientace*, 23(1), 5–26.
- Nezvalová, D. (2011). Didaktika fyziky v České republice: trendy, výzvy a perspektivy. *Pedagogická orientace*, 21(2), 171–192.
- Pavlasová, L. (2015). Disertační práce se zaměřením na didaktiku biologie v České republice v letech 2004–2013. *Scientia in educatione*, 6(2), 4–15.
- Průcha, J. (2009). Pedagogický výzkum v ČR. In J. Průcha (Ed.), *Pedagogická encyklopedie* (803–808). Praha: Portál.
- Rusek, M. (2015). Analýza disertačních prací z didaktiky chemie obhájených v letech 2003–2014. *Scientia in educatione*, 6(2), 16–34.
- RVP G. Rámcový vzdělávací program pro gymnázia* (2007). Praha: Výzkumný ústav pedagogický v Praze.
- RVP ZV. Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání (verze platná od 1. 9. 2013)* (2013). Praha: MŠMT.
- Statistická ročenka školství – výkonové ukazatele 2014/15.* (2015). Praha: MŠMT. Dostupné z <http://www.msmt.cz/vzdelavani/skolstvi-v-cr/statistika-skolstvi/statisticka-rocenka-skolstvi-vykonove-ukazatele-2014-15>
- Stuchlíková, I. & Janík, T. (Eds.). (2011). Oborové didaktiky: bilance a perspektivy [Monotematické číslo]. *Pedagogická orientace*, 21(2).
- Stuchlíková, I. & Janík, T. (Eds.). (2015). *Oborové didaktiky: vývoj – stav – perspektivy*. Brno: Masarykova univerzita.

Svoboda, E. (2005). Vědecká základna didaktiky fyziky. In D. Nezvalová (Ed.), *Sborník z konference: Projekty v teorii a praxi vyučování fyzice (20–26)*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.

Švaříček, R. (2014). Triangulace. In R. Švaříček & K. Šedřová (Eds.), *Kvalitativní výzkum v pedagogických vědách (202–206)*. Praha: Portál.

Tsai, C.-C. & Wen, L. M. C. (2005). Research and trends in science education from 1998 to 2002: A content analysis of publications in selected journals. *International Journal of Science Education*, 27, 3–14.

*Zpráva Akreditační komise o hodnocení doktorských studijních programů z oblasti oborových didaktik přírodních věd (2010)*. Dostupné z [http://www.akreditacnikomise.cz/attachments/231\\_hodnoceni\\_dsp\\_didaktiky\\_2010.pdf](http://www.akreditacnikomise.cz/attachments/231_hodnoceni_dsp_didaktiky_2010.pdf)

Žák, V. (2014). Historický vývoj pojetí didaktiky fyziky v České republice. *Pedagogická orientace*, 24(2), 222–243.

---

VOJTĚCH ŽÁK, [Vojtech.Zak@mff.cuni.cz](mailto:Vojtech.Zak@mff.cuni.cz)  
Univerzita Karlova v Praze, Matematicko-fyzikální fakulta  
Katedra didaktiky fyziky  
V Holešovičkách 2, 180 00 Praha 8, Česká republika

## PŘÍLOHA

Seznam názvů disertačních prací z didaktiky fyziky, které byly obhájeny v České republice v letech 2004 až 2013, a jejich autorů (práce jsou řazeny ve stejném pořadí jako fakulty v tab. 1<sup>18</sup>, dále chronologicky podle data obhajoby na dané fakultě a následně abecedně podle příjmení autora)<sup>19</sup>

Tab. 8: Přírodovědecká fakulta Masarykovy univerzity v Brně

| Název práce  | Jméno autora/autorky | Rok obhajoby |
|--|----------------------|--------------|
| <i>Demonstrační experimenty ve fyzice a jejich interpretace</i>          | Bartoš J.            | 2006         |
| <i>Alternativní učebnice pro gymnázia – Mechanika</i>                    | Nečas T.             | 2008         |
| <i>Mimoškolní astronomické vzdělávání v rámci hvězdáren a planetárií</i> | Ledvinka Š.          | 2009         |

Tab. 9: Pedagogická fakulta Masarykovy univerzity v Brně

| Název práce  | Jméno autora/autorky | Rok obhajoby |
|--|----------------------|--------------|
| <i>*Obsahová dimenze kurikula vzdělávání učitelů přírodovědných předmětů na 2. stupni ZŠ a SŠ<sup>20</sup></i> | Škrabánková J.       | 2005         |
| <i>Dovednosti žáků ve výuce fyziky na základní škole</i>   | Medková I.           | 2010         |
| <i>Jednoduchý experiment v přírodovědném vzdělávání<sup>21</sup></i>   | Novák P.             | 2013         |

Tab. 10: Přírodovědecká fakulta Ostravské univerzity v Ostravě

| Název práce  | Jméno autora/autorky | Rok obhajoby |
|--|----------------------|--------------|
| <i>Termodynamika nevratných procesů pro žáky základních škol</i>   | Kubincová L.         | 2009         |
| <i>Počítačem podporovaná výuka fyziky v tématu fázové změny</i>  | Mazurek J.           |              |
| <i>ICT v učivu elektromotorů na střední škole</i>  | Novák I.             |              |
| <i>Elektrická vodivost látek v učivu fyziky na základní škole</i>  | Půlkrábek V.         |              |
| <i>Vytváření klíčových kompetencí v molekulové fyzice a termice, jejich ověření na střední škole</i>     | Smyček P.            |              |
| <i>*Multimediální výukový program pro tematický celek Termika na základních školách</i>                  | Caltík S.            | 2010         |
| <i>ICT a hodnocení žáků jako motivační faktory při přípravě žáků na vyučování</i>                        | Foltýnová J.         |              |
| <i>Distanční studium fyziky na střední škole</i>   | Masná M.             |              |
| <i>Multimediální vzdělávací program Optické jevy v atmosféře</i>   | Peroutová A.         |              |
| <i>Nanotechnology in high school curriculum</i>  | Budzik S.            | 2011         |
| <i>Průřezové téma Environmentální výchova ve fyzice na základní škole</i>                                | Olšovský P.          |              |
| <i>Aplikace biomechaniky do výuky fyziky na ZŠ</i>   | Špetíková P.         |              |
| <i>Konstruktivismus ve výuce mechaniky na gymnáziu</i>   | Veselá V.            |              |
| <i>Tvorba testů z fyziky s vazbou na výstupy Rámcového vzdělávacího programu pro základní vzdělávání</i> | Mazurová V.          | 2012         |
| <i>Pracovní sešit ve výuce fyziky na střední odborné škole</i>   | Kerlínová V.         | 2013         |

<sup>18</sup>Práce obhájené na Pedagogické fakultě Masarykovy univerzity (obor: pedagogika) jsou uvedeny v tab. 9, která následuje za Přírodovědeckou fakultou Masarykovy univerzity.

<sup>19</sup>V následujících tabulkách je použito toto označení: \* Práce nebyla analyzována, protože není dostupná. \*\* Práce byla analyzována, ale není dostupná v elektronické podobě.



Tab. 11: Pedagogická fakulta Univerzity Hradec Králové

| Název práce  | Jméno autora/autorky   | Rok obhajoby |
|--|------------------------|--------------|
| <i>Vědecké poznatky jako obsah úloh pro talentované žáky</i>             | Cvrček M.              | 2007         |
| * <i>Matematika a řešení náročnějších fyzikálních úloh</i>               | Jarešová M.            |              |
| <i>Pojem energie ve fyzikálním vzdělávání</i>                            | Musílek M.             | 2009         |
| <i>Motivace žáků k fyzice na stupni základního vzdělání</i>              | Štefančinová I.        |              |
| <i>Interaktivní učebnice Zrak a zvuk ve výuce na střední škole</i>       | Kordek D.              | 2010         |
| <i>Prefyzika</i>   | Česáková J.            | 2011         |
| <i>Biologie jako zdroj motivace ve výuce fyziky</i>                      | Pekařová J.            |              |
| <i>Geografie a fyzika – motivace a aplikace ve výuce fyziky</i>          | Klapková-Dymešová P.   | 2012         |
| <i>Integrace poznatků v přírodovědném vzdělávání základního školství</i> | Hejsková P.            | 2013         |
| * <i>Modelování ve výuce fyziky</i>                                      | Horálek J.             |              |
| <i>Laboratorní práce na gymnáziu</i>                                     | Řeháková-Kubištová, M. |              |
| * <i>Experimentální podpora výuky astrofyziky</i>                        | Šlégr J.               |              |

Tab. 12: Pedagogická fakulta Západočeské univerzity v Plzni

| Název práce  | Jméno autora/autorky | Rok obhajoby |
|--|----------------------|--------------|
| <i>Simulace galaktické dynamiky a jejich využití ve výuce fyziky</i>   | Schwarzmeier J.      | 2007         |
| <i>Využití distančního vzdělávání při výuce astronomie (Sluneční soustava)</i>   | Nedoma J.            | 2008         |
| <i>Výuka fyziky žáků se speciálními vzdělávacími potřebami na ZŠ</i>   | Bretfeldová H.       | 2011         |
| <i>Vytváření výukových modelů z vybraných oblastí teoretické fyziky a jejich využití ve vyučování fyziky</i>               | Masopust P.          |              |
| <i>Elektrické pole v látkovém prostředí ve středoškolské fyzice a v základním vysokoškolském kurzu</i>                     | Tomáš M.             |              |
| <i>Počítačové modely pro výuku elektroniky</i>   | Kratochvíl P.        | 2012         |
| <i>Fyzika živých systémů: Optika a termodynamika živých systémů</i>  | Duršpek J.           | 2013         |
| <i>Využití interaktivních dotykových tabulí v České republice a ukázkové výukové téma na rozhraní fyziky a informatiky</i> | Kohout V.            |              |
| <i>Didaktické aspekty rozvoje kreativity ve výuce fyziky na základní škole</i>   | Meškan V.            |              |

Tab. 13: Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy v Praze

| Název práce  | Jméno autora/autorky | Rok obhajoby |
|--|----------------------|--------------|
| ** <i>Evaluace výsledků fyzikálního vzdělávání na ZŠ</i>   | Hejnová E.           | 2004         |
| ** <i>Heuristické metody ve výuce fyziky na gymnáziu</i>   | Hronková J.          |              |
| ** <i>Entropie na středoškolské úrovni</i>   | Prokšová J.          |              |
| <i>Výuka astronomie na středních školách</i>   | Pudivít P.           |              |
| <i>Moderní metody výuky – využití výpočetní techniky pro výuku na střední škole</i>  | Kekule J.            | 2005         |
| ** <i>Využití moderních metod a prostředků při praktické výuce fyziky</i>  | Panoš M.             |              |
| <i>Fyzikální experimenty s běžným hardwarem</i>  | Sedláček J.          |              |
| <i>A strategic development model for the educator role of the biomedical physics-engineering academic in faculties of health science in Europe</i> | Caruana C. J.        | 2006         |
| <i>Zjišťování parametrů kvality výuky fyziky</i>   | Žák V.               |              |
| <i>Netradiční metody a formy fyzikálního vzdělávání</i>  | Broklová Z.          | 2008         |
| <i>Tvorba testů pro středoškolskou fyziku a jejich ověřování</i>   | Kekule T.            |              |
| <i>Výuka fyziky podporovaná prostředky elektronického vzdělávání</i>   | Jílek M.             | 2009         |
| <i>Grafy ve výuce fyziky</i>   | Kekule M.            |              |
| <i>Nové přístupy k výuce základů kvantové fyziky</i>   | Králík J.            |              |
| <i>Fyzikální vzdělávání žáků a učitelů v projektu Heuréka</i>  | Dvořáková I.         | 2011         |
| <i>Multimediální podpora fyzikálního vzdělávání</i>  | Koupil J.            |              |

Tab. 14: Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého v Olomouci

| Název práce  | Jméno autora/autorky | Rok obhajoby |
|--|----------------------|--------------|
| <i>Vybrané prekoncepty v oblasti přírodovědného vzdělávání a jejich aplikace v integrovaném pojetí výuky</i> | Kainzová V.          | 2012         |
| <i>Vzdáleně ovládané experimenty ve výuce fyziky</i>   | Látal F.             |              |
| <i>Meteorologie a klima ve výuce fyzice na základní škole</i>  | Milěř T.             |              |

## Omega Position — a specific phase of perceiving the notion of infinity

*Jiří Cihlář, Petr Eisenmann, Magdalena Krátká*

### Abstract

This article describes a specific phase of the ontogenetic development of understanding infinity, called the omega position, the identification of which is one of the results of extensive research focusing on the perception of the infinity notion. Some 1 432 Czech pupils and students between the ages of 8 to 20, participated in the first two sections of this research between the years 2008 and 2011. This article describes in more detail, the final qualitative part of the research that focuses on interviews with university students with the aim of diagnosing this phase in their perception of infinity in various contexts. It also describes some possibilities for the identification of the omega position and its consequences for a successful study of those notions and ideas of mathematics, which are associated with infinity. Further, the article puts the omega position into context with potential or actual infinity, specifies individual developmental phases by means of the notion horizon and explains some possibilities for mutual interference in the above-mentioned developmental phases, employing the following two notions: that of primary and secondary intuition.

**Key words:** infinity, potential infinity, obstacle, horizon, improper number.

## Pozice Omega – specifická fáze vnímání pojmu nekonečno

### Abstrakt

Článek popisuje specifickou fázi ontogenetického vývoje porozumění nekonečnu nazývanou pozice omega, jejíž identifikace je jedním z výsledků rozsáhlého výzkumu zaměřeného na vnímání pojmu nekonečno. Prvních dvou částí výzkumu se v letech 2008 až 2011 postupně zúčastnilo celkem 1 432 českých žáků a studentů ve věku od 8 do 20 let. V článku je podrobně popsána závěrečná kvalitativní část výzkumu zaměřená na interview s vysokoškolskými studenty s cílem diagnostikovat tuto fázi v jejich pojetí nekonečna v různých kontextech. Článek popisuje možnosti identifikace pozice omega a její konsekvence pro úspěšné studium těch pojmů a idejí matematiky, které jsou spjaty s nekonečnem. Dává ji dále do souvislosti s potenciálním a aktuálním nekonečnem, vymezuje jednotlivé vývojové fáze pomocí pojmu horizont a vysvětluje možnosti vzájemného ovlivňování zmíněných vývojových fází s využitím pojmů primární a sekundární intuice.

**Klíčová slova:** nekonečno, potenciální nekonečno, překážka, obzor, nevlastní číslo.

The concept of infinity is fundamental to mathematics and the teaching thereof (Fischbein, 2001; Tall & Tirosh, 2001). During the course of the history of mathematics, the development of aspects of knowledge surrounding infinity has created crucial turning points essential for its further development. Not only for that reason the modelling of the development of understanding infinity by an individual is also an essential issue in the didactics of mathematics. In our research, which has been carried out since 2008 and focuses on the understanding of infinity in students aged between eight years and their university studies in a great number of differing contexts, we are endeavouring to describe this process of overcoming obstacles, specifically the epistemological and didactical ones (Cihlář, Eisenmann & Krátká, 2013).

The previous research activities were focused, to a large extent, on more concrete contexts, such as the structure of number domains (Winter & Voica, 2008; Ely 2010; Bauer, 2011) and on questions concerning the number  $0.\bar{9}$  (Katz & Katz, 2010; Yopp, Burroughs & Lindaman, 2011), as well as functions and limit processes (Juter, 2006; Monaghan 2001; Kidron & Tall, 2015), comparisons of infinite sets (Jahnke, 2001; Tsamir, 2001) and a geometric context (Fischbein, 2001; Jirotková & Littler, 2004). All of them, however, mostly refer to the difficulties students have while passing from ‘the finite’ to ‘the infinite’ and they all agree upon the basic role played by the initial intuitive ideas (Fischbein 2001; Jahnke, 2001; Dubinsky et al., 2005a, 2005b; Kidron, 2011). Jahnke (2001: p. 194) claims that “[students’] initial intuition is not really wrong, but applies only to a limited domain, whereas in other domains, new intuitions must be formed.” A number of authors demonstrate the relationship between the difficulties students are confronted with during the learning process and the ‘breakneck’ historical development within a given area of mathematics (Katz et al., 2000). However, Dubinsky et al. (2005a, 2005b) place emphasis on the existence of a close relationship between the essence of mathematical concepts and their development in the mind of an individual and therefore, if we wish to help students overcome some difficulties in the comprehension of infinity, the first step is to understand the essence of all these mechanisms.

One of the motives of our research was our belief that the present day view of school education reflects insufficiently some specific features of the process of forming proper views of the phenomena associated with infinity. The lack of stimuli confirms, among other things, even an inadequate representation of suitable problems and exercises in textbooks.

In this paper we provide a detailed analysis of one phase of the development of an individual’s conception of infinity – the omega position, by means of which some students intuitively work with sorts of ‘improper’ numbers or points and other infinitely small or infinitely large objects. During the course of our research, we rely on the generally accepted concept of the cognitive structure in (Piaget, 1977). While analysing an individual’s journey, beginning with primary ideas and progressing to ideas close to the ideal mathematical concepts, we construct our considerations based on the theory of obstacles (Brousseau, 1997; Brousseau & Sarrazy, 2002) and that of the cognitive conflict (Cihlář et. al., 2009) on the one hand, and the theory of the position of the horizon (Vopěnka, 2011) on the other.

## 1 THEORETICAL BACKGROUND

### 1.1 THE THEORY OF OBSTACLES AND COGNITIVE CONFLICT

In a wider context, we assume that an individual builds the cognitive structure by means of concept images “that are associated with the concept which includes all

the mental pictures and associated properties and processes” (Tall, 2002: p. 6), including primary and secondary intuition<sup>1</sup> (Fischbein 1987; Singer & Voica, 2008) and tacit models<sup>2</sup> (Fischbein, 2001; Kidron, 2011).

An *obstacle* is comprehended as a set of items surrounding knowledge, firmly anchored in an individual’s knowledge structure, which can be, under certain circumstances, successfully employed. However, this can both fail and produce bad results in a new context (Krátká, 2010). For successful formation of further ideas, it is necessary to overcome this obstacle, i.e. to distinguish which knowledge is transferable into the new context and which is not; and how to alter it so that it can be utilised yet again in a new context (Brousseau, 1997). In our research, we have focused on the obstacles of the didactic origin, in particular those of epistemological origin.

The cognitive conflict is understood as a conscious discrepancy in the individual’s cognitive structure. Since “only when conflicting aspects are evoked simultaneously need there be any actual sense of conflict or confusion” (Tall & Vinner, 1981: p. 152). For us, the cognitive conflict has become a tool for the identification and description of obstacles while forming the individual’s notions about infinity in this research. However, inducing cognitive conflicts is simultaneously crucial for overcoming the obstacles that may occur in the teaching and learning process. Our elaboration on the theory of the cognitive conflict for this purpose is covered in detail in (Cihlár et al., 2009). In connection with the concept of infinity, Tall (1976, 1977) speaks about the cognitive conflict and Swan (1983) mentions the so-called cognitive conflict teaching approach as well in connection with a comparison of infinite sets.

The concept of cognitive conflict is also utilized within the framework of the APOS theory, which is based on Piaget’s thoughts concerning the existence of a close relationship between the quality of the mathematical concept and the development of the individual’s mind (Dubinsky et al., 2005a).

The ideas emerging from the Piaget theory of developmental stages are resumed by the theory of epistemological obstacles. This theory presumes that the construction of knowledge is not determined only by positive stages, as formulated by Piaget and Garcia, but also by means of negative stages, including various rules, convictions and ways of reasoning that create obstacles for those changes leading to further stages (Sierpinska, 1994).

## 1.2 THEORY OF HORIZON

The discovery of how one or another pupil perceives the existence of objects investigated by science, plays a key role in the analysis of the development of an

---

<sup>1</sup>Fischbein distinguished between primary and secondary intuitions. Primary intuition is “developed in individuals independently of any systematic instruction as an effect of their personal experience” (Fischbein, 1987: p. 202). Secondary intuitions are acquired, not through experience, but through some educational interventions, when formal knowledge becomes immediate, obvious, and accompanied by confidence. They are completely in line with the formal theory. Fischbein explained, for instance, that “if for a mathematician the equivalence between an infinite set and a proper subset of it becomes a belief — a self-explanatory conception — then a new, secondary intuition has appeared” (Fischbein, 1987: p. 68).

<sup>2</sup>Fischbein (2001: p. 328) explains the role of tacit models as follows: “Sometimes, mental models are used intentionally, consciously, but sometimes we are not aware of their presence and/or of their impact. . . . The model brings with it also properties which are not relevant for the original. Tacit models, being uncontrolled consciously, may lead to distorted interpretations and conclusions.”

individual's conception of infinity. The difference in modalities of the being of real or ideal objects, must be taken into account during the course of the process of learning.

Another important basis for our analysis of the development of individual's ideas about infinity, is the conception of the horizon and changes of its position (Krátká, 2010). *The horizon* is explained as the line separating the illuminated part of an observed object from the unilluminated. In addition to that, the horizon itself is a subjective concept — it is a boundary of our viewing capabilities, whether as a view in the sensual sense or a 'view extended by knowledge' (Vopěnka, 2011). Mathematics as a science has been working with the ideal only since the antique time, i.e. infinity as clearly characterized and independent of an individual. By contrast, an individual grasps this concept by means of both “natural thinking builds from concept imagery towards formalism” and “formal thinking builds from the concept definition, marginalizing imagery and focusing on logical deduction” (Tall, 2001: p. 235). An individual may view a set or an object as infinite, if it stretches as far as its horizon. In this case, we speak about so-called natural infinity. If we reach beyond a horizon, it means that we will extend the visible part and what previously appeared to have been infinite, is no longer the case.

Ideal infinity is the sharpening of natural infinity, similarly to the thinning and straightening of a drawn straight line. The sharpening of the given large set will also result in the emergence of ideal infinity (Vopěnka, 2011). If we apply Tall's thinking (2001: p. 235) that there are “natural concepts of infinity, developed from experience in the finite world, and formal concepts of infinity, derived from formal definitions and deductions”, then, expressed in a simplified way, the child forms the concept of natural infinity by means of the first way, when the individual's ideas based in their primary intuition. Beside that the concept of ideal infinity is formed in both ways in which primary and secondary intuitions are employed.

On this route, an individual reaches certain (developmental) phases, which are dealt with in the next chapter.

## 2 CONCEPTIONS OF INFINITY

It is common for the didactics of mathematics to work with the notions of *potential infinity* and *actual infinity*, which represent two significant stages in the development of mathematics, as well as two phases in the development of pupils' understanding. As Kidron and Tall (2015: p. 186) write, “since Greek times, the natural conception of infinity is the concept of potential infinity, including the unlimited possibility of counting or the possibility of dividing an interval into successively smaller parts”. Similarly, it seems to Singer and Voica (2008: p. 200) that “potential infinity is functional and natural in children”. A long line of studies deals with circumstances of this development from the potential conception of infinity to the actual conception. These ideas are supported by Tall and Tirosh (2001: p. 131), who mention that “This ‘*never-ending struggle*’ with potential infinity of the process proved to offer a serious cognitive obstacle to students' understanding of the limit concept.” Similarly, Kidron and Tall (2015: p. 192) focused their research on “students' ability to make a transition from the potentially infinite process view to the concept of infinite sum and on towards the formal definition of limit”.

We assume that it is essential to take into consideration even the primary phase of natural infinity and pay attention to the specific phenomenon we started to call

the omega position, in order to achieve a better understanding of the development of students' notions of infinity.

The following model of the developmental structure thus contains four types of conceptions, including formal actual infinity, which corresponds to the understanding of present-day school mathematics. The above-depicted classification, however, cannot be perceived in such a simplified manner that the respondent has one conception of infinity in all contexts.

The simplest and the earliest conception of infinity, which we encounter with our respondents, is *natural infinity*. Natural infinity is a subjective phenomenon — a set or an object may appear naturally infinite to individuals if it reaches as far as their horizon. If we perceive sets as classically actual infinite (in the sense of the classical set theory), the individual's horizon lies within its framework and is immovable. For instance, natural numbers in the individual's perception ended with the largest immovable natural number (for instance a trillion, etc.). The straight line in their minds is identified with its image — i.e. the segment.

*Potential infinity* is a more advanced concept. The respondent is already aware of the possibility that an arbitrary horizon can be surpassed; that his/her horizon is therefore movable, but it still lies within the discussed set, which is understood as a classically actual infinite set by us. Natural numbers in his/her mind set still end with the largest natural number, whereby the actual size of which is unknown to us. The straight line here is understood as a segment that can be limitlessly extended in compliance with the Euclidian conception.

The term *actual infinity* is used to designate the situation in which all horizons have already been broken through and the respondent disposes of notions of contemporary school mathematics in the field of infinity.

However, there exists a group of learners/students that is not inconsiderable, the ideas of which it is impossible to include in either of the above-described phases. For instance, the set of natural numbers is extended by an 'improper' natural number, which is bigger than all other natural numbers. This number (the respondent calls it 'infinity') has some qualities of numbers — for instance, it designates the number of elements of a set, but it also lacks some qualities — for instance the possibility the addition of another number. Similarly, the straight line is extended as far as 'infinity' but it preserves its boundary (improper) point, so it is understood as an 'infinite segment'. Kidron and Tall (2015) in their study concerning visualisation and symbolism in the limit process categorized four types of students' approaches to the concept of the infinity sum of functions. Category I, II, and IV could be successfully compared to the above-mentioned three phases. Category III, within which 28 % of the interviewed university students fell, is characterised by the following statement: "The infinite sum of functions is perceived as a legitimate object but not clearly as the formal limit definition. The student views the infinite polynomial as a legitimate object but does not yet fully grasp . . . a formal definition of the actual infinite sum" (Kidron & Tall, 2015: p. 194). A part of these students "perceives the infinite sum as a generic limit object" (Kidron & Tall, 2015: p. 194), what is a limiting object conceived as having the same properties as the objects in the limiting process (Tall, 1991, 2009).

It is interesting that some learners in that phase of their understanding of infinity intuitively anticipate mathematical ideas that are precisely expressed in the other mathematical disciplines (the theory of ordinal numbers, non-standard analysis (Robinson, 1996), the Conway theory of games and numbers (Conway, 2001), projective geometry, etc.) and intuition, they base their considerations on, is on the

one hand secondary, as it is influenced by the teaching surrounding actual infinity, and on the other hand also primary, as it is possible to arrive at such considerations by means of sharpening potential infinity and the subsequent transition of their horizons. However, these learners usually work only with the idea of ‘one’ infinity, but in two forms — i.e. ‘infinitely large’ and ‘infinitely small’ (Katz & Katz, 2010).

We consider the above-named phase of the individual’s ideas another developmental phase in the understanding of infinity (apart from natural, potential, and actual infinity) and employ the term *omega position* for its designation. The term was chosen as the set of natural numbers and ordinal number omega make an appropriate approximation of students’ idea of improper element.

### 3 RESEARCH GOALS AND HYPOTHESES

Based on the first two parts of research we suppose that a considerable portion of secondary school students and fresh university students find themselves in the phase of potential infinity or they are at the omega position. This understanding of infinity thus can become an obstacle in the course of their learning basic terms associated with the infinity phenomenon (for instance the limit of a sequence and a function, sum of an infinite series). We are convinced that by means of diagnostics of these phases the teacher will be able to solve more effectively the problems of these students, which can be different in both the named phases. The teachers can easily identify some manifestations of students who find themselves in the phase of potential infinity. The omega position, however, is unknown for them. For that reason, we have formulated the main goals of our research as follows:

- To determine proportional representation of students between the ages of 12 and 18, who have already overcome the primary phase of natural infinity and at the same time are not in the phase of actual infinity, depending on the context.
- To create a tool for the identification of the omega position in all contexts and views.

The following hypotheses are associated with the marked goals:

- H1: A significant portion of fresh university students find themselves in the omega position.
- H2: Students get to the omega position when forced by the new context to change their potential approach to infinity, to the actual approach.

### 4 THE EXPERIMENT

The research was carried out in three parts.

#### 4.1 INTERVIEWS WITH PUPILS

In the first place, during the course of 2008 we conducted guided experimental interviews with respondents from six age categories: 8, 10, 12, 14, 16 and 18 years old, selected by our team. These were always been students of ordinary primary and secondary schools. In each age category four students were interviewed. The following were the criteria for the selection of the respondents: the average or above-average school assessment in mathematics and their ability to communicate in mathematics classes; with both cases being evaluated by the teacher.



The interviews were recorded by a video camera. These recordings were, after their transcription into reports, analysed in great detail by the whole research team. We concentrated primarily on the formulation of the obstacles in the understanding of infinity and the process of their overcoming. When constructing approximate scenarios from experimental dialogues, we applied a method resulting from the constructed reactions of the pupils, which means that our team of researchers was attempting to prepare for all possible variants whilst predicting in which ways our dialogue with pupils on the given theme might be developing. While analysing our interviews, we were monitoring the process of inducing the cognitive conflict and attempts to remove it.

This section of the research resulted in the primary formulation of some of the epistemological obstacles the learners meet during the course of their creation of notions associated with infinity. Another goal of this part of our research was to elaborate the questionnaire of the highest possible quality for the subsequent section of this research.

## 4.2 THE QUESTIONNAIRE SURVEY

Secondly, we were trying to find out, by means of a mass questionnaire survey, the initial reactions of pupils solving the tasks that necessitate ideas associated with the infinity concept. The key goal here was to identify the main sources of obstacles in the understanding of the notion of infinity and the epistemological obstacles arising from the process of creating this notion.

During the course of 2009, the questionnaire survey was carried out on a total number of 1388 primary and secondary school students from six age categories (8, 10, 12, 14, 16 and 18 years old) at various types of schools<sup>3</sup>. The individual schools and classes were selected with aim of gaining the most representative sample data. The respondents answered in writing and anonymously. This research used different learners from those used in the first part of the research. A detailed survey of individual groups of respondents and detailed description of the methodology are presented in (Cihlár, Eisenmann & Krátká, 2013).

This part of the research has resulted in the identification of the following two main sources of obstacles in the understanding of infinity: the conception of the existence of objects and positions of the horizon. Further, we have distinguished 15 epistemological obstacles in the process of creating the infinity concept divided into four groups: knowledge about finite sets, replacement of an object by its model, knowledge about finite processes and knowledge about the set of natural numbers (Cihlár, Eisenmann & Krátká, 2013).

---

<sup>3</sup>The Czech Republic school system: Primary education lasts for a period of nine years and is divided into two stages: i.e. a 5-year stage (from the age of 6 until the age of 11) and a 4-year stage (from the age of 11 until the age of 15). Some of the primary schools focus on the teaching of gifted children, i.e. selective language schools, eight-year secondary grammar schools and schools with extended instruction in mathematics. In this article students up to the age of 15 will be designated as primary school students. Secondary education comprises three main types of schools: secondary general schools (grammar schools), secondary technical and business schools and secondary vocational schools. Schools of this type will be called high schools. Grammar schools prepare students for their further studies at institutions of higher education. The above mentioned secondary technical schools and numerous 4-year courses at secondary vocational schools prepare students for a wide range of professions, as well as for further studies at institutions of higher education. The 2-year and 3-year courses at Czech vocational schools prepare students for a great variety of professional activities.

### 4.3 INTERVIEWS WITH UNIVERSITY STUDENTS

When analysing the results of the first two parts of our research, we came across the phenomenon of the omega position, which has already been mentioned above. For that reason, we returned to individual interviews from the first part of the experiment and, in particular, to the questionnaires from the second part. The results have then been processed and evaluated, the omega position signs described in both arithmetical and geometrical contexts, and that is from the point of view of distance as well as depth. We focused hereby on the interview and questionnaire items that indicate that the respondent may be in that phase.

As university teachers, we also asked ourselves whether in that phase of the perception of infinity, there could also be new university students. Based on some relevant items in the questionnaire we therefore compiled a scenario of our interviews and during the course of the years from 2012 to 2013, carried out these interviews with 20 university students from the first year of Jan Evangelista Purkyně University in Ústí nad Labem. Those were students of technical branches of study and those studying natural sciences with the exception of mathematics. When the interview was undertaken the students had been studying the basic course in mathematics for one or two months. The course usually lasts two semesters at the school of economics, as well as those studies of technical and natural scientific orientation. The students were not selected on a compulsory basis; they took part in the interview voluntarily, on the basis of a call for participants. Ten of them were interviewed separately; the remaining ten were asked selected questions in pairs. The interview with students was always conducted by the same person of our research team. The Interviewer always made a report at the end of each interview and this report was subsequently analysed by the entire research team. The whole interview lasted approx. 45 minutes. The interview scenario is described in the introductory part of chapter 5.2.

## 5 RESULTS AND DISCUSSION

### 5.1 THE QUESTIONNAIRE SURVEY

Six items had been selected from all the questionnaire items<sup>4</sup>, those which enabled us to determine reliably by means of selected answers on the one hand about the respondent's not being in the phase of natural infinity (NI) anymore, since its horizon is immovable anymore, and at the same time the respondent being located in the phase of actual infinity (AI), as their horizons have already been broken through. However, based on the primary reaction we were not able to decide on the respondent's being at the phase of potential infinity (PI), or at the phase of the omega position (OP).

With all subsequent items, the phase of actual infinity is signaled by the respondent's negative response of the following type: "Such a number does not exist.", or "Such a point doesn't exist." The phase of potential infinity or the omega position was identified according to the specific answers that followed.

---

<sup>4</sup>The complete questionnaire can be found as additional material on the magazine's web site. The questionnaire had slightly different versions according to the respondents' age.

Task 4 (MAXIMNUMBER): What is the largest number?

Answers:

- “ $\infty$ ”
- “Infinity”

Task 14 (EVENLIMIT): The numbers 2, 4, 6, 8, 10, ... are constantly increasing. Determine the largest number that can be obtained in this manner.

Answers:

- “ $\infty$ ”
- “Infinity.”
- “Infinite multiple of two.”

Task 2 (MINIMPOSITIV): What is the smallest number bigger than zero?

Answers:

- “0.0...01”
- “ $0.\overline{0}1$ ”

Task 13 (RATIOLIMIT): The numbers  $\frac{1}{1}, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \frac{1}{4}, \frac{1}{5}, \dots$  are constantly decreasing. Determine the smallest number that can be obtained in this manner.

Answers:

- “0.0...01”
- “ $0.\overline{0}1$ ”
- “ $\frac{1}{\infty}$ ”

Task 7 (MAXIMDISTANCE): There is a given straight line  $b$  and the point  $A$ , which does not lie on this line. Construct segment  $AB$  with the point  $B$ , which lies on the given straight line  $b$  with the segment  $AB$  as long as possible.

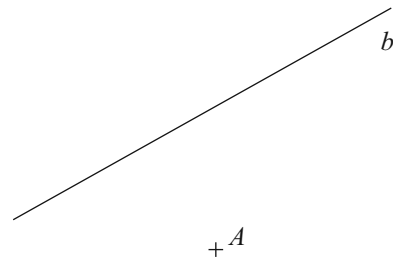


Fig. 1: Assignment of Task 7 MAXIMDISTANCE

Answers:

- “ $B$  is in infinity.”
- “ $B$  is at the end of the line.”
- A parallel line is suggested.

Task 8 (AREASQMIN): Here is the square  $ABCD$ . Find the point  $X$  on its  $BC$  side so that the triangle  $ABX$  will have the smallest possible area.

Answers:

- “It will be close above point  $B$ ” or it is drawn in this sense.
- “As close to point  $B$  as possible.”
- $X$  is drawn a bit above  $B$ .

Tab. 1: Division of items according to the context and the kind of viewpoint

|                        | Arithmetical context       | Geometrical context |
|------------------------|----------------------------|---------------------|
| View into the distance | MAXIMNUMBER<br>EVENLIMIT   | MAXIMDISTANCE       |
| View into the depth    | MINIMPOSITIV<br>RATIOLIMIT | AREASQMIN           |

Tab. 2: Observed frequencies with the following items: Task 4 MAXIMNUMBER and Task 14 EVENLIMIT

| observed frequencies |          | EVENLIMIT  |           |            | Sum |
|----------------------|----------|------------|-----------|------------|-----|
|                      |          | Others     | AI        | PI or OP   |     |
| MAXIMNUMBER          | Others   | <b>191</b> | 13        | 103        | 307 |
|                      | AI       | 78         | <b>29</b> | 65         | 172 |
|                      | PI or OP | 154        | 9         | <b>340</b> | 503 |
| Sum                  |          | 423        | 51        | 508        | 982 |

Tab. 3: Expected frequencies in the following items: Task 4 MAXIMNUMBER and Task 14 EVENLIMIT

| expected frequencies |          | EVENLIMIT        |                 |                  | Sum       |
|----------------------|----------|------------------|-----------------|------------------|-----------|
|                      |          | Others           | AI              | PI or OP         |           |
| MAXIMNUMBER          | Others   | <b>132.241 3</b> | 15.943 99       | 158.814 7        | 307.000 0 |
|                      | AI       | 74.089 6         | <b>8.932 79</b> | 88.977 6         | 172.000 0 |
|                      | PI or OP | 216.669 0        | 26.123 22       | <b>260.207 7</b> | 503.000 0 |
| Sum                  |          | 423.000 0        | 51.000 00       | 508.000 0        | 982.000 0 |

These six items can be classified according to the mathematical context and the kind of viewpoint into four kinds according to Tab. 1.

To be able to assess the reliability of our research, we investigated whether the given variants of answers correlate with one another. In all six items, apart from the above-mentioned variants in answers signalling the PI, OP or AI phases, we were monitoring also the other variants of answers. By means of the chi-square test for contingent tables were tested the hypothesis concerning the independence of the answers on the selected pairs of items. The detailed results are mentioned only for the first pair of Task 4 MAXIMNUMBER and Task 14 EVENLIMIT in Tab. 2 and 3.

The null hypothesis of independence was rejected at the the level of significance being 1 % (chi-square = 151 834,  $df = 4$ ,  $p = 0.000 00$ ). By comparing frequencies on the main diagonal in both the tables, it is evident that the observed frequencies are significantly higher than those expected with the answers that are independent.

Both the items have a statistically significant correlation between the corresponding variants of answers (Spearman.  $R = 0.308 624$ ,  $p = 0.000 000$ ).

The same result was observed in independence tests between the items in the arithmetical context with view to the depth, between the items on the arithmetical and geometrical contexts with both the views, as well as between the items with a view into the distance and into the depth in both the contexts — null hypotheses of independence were, in the majority of cases, rejected at the level of 1 % significance.

Thus, it is possible to certify that the reliability of our research task is sufficient.

Let us focus at first on the learners who have already overcome the phase of natural infinity and are therefore in one of further phases (PI, OP or AI). The relative frequency of the occurrence of corresponding variants of answers to individual questionnaire items in accordance with the learners' age can be found in the following two graphs — Fig. 2 and Fig. 3. Numeric data in the graphs are therefore only lower estimates for the percentage of students who have already overcome the phase of natural infinity.

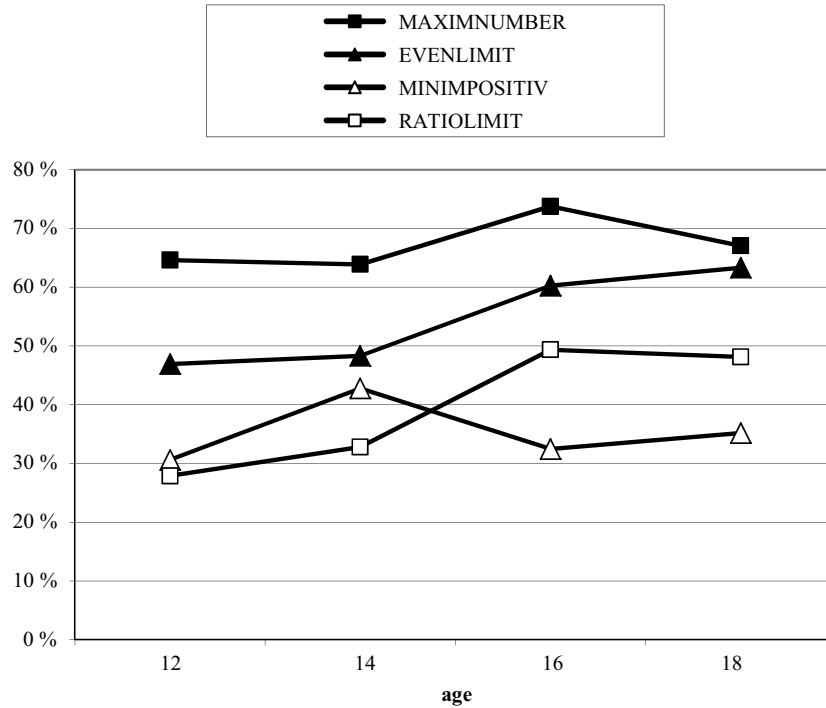


Fig. 2: View into the distance and into the depth in the arithmetical context

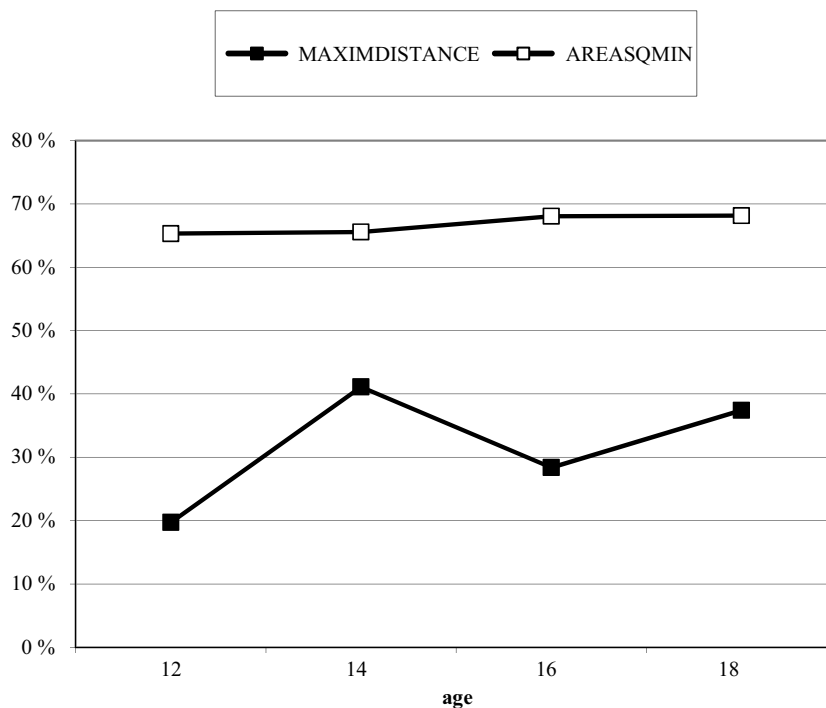


Fig. 3: View into the distance and into the depth in the geometrical context

By means of comparison of the values from graph in Fig. 2, we usually find out that in the arithmetical context the phase of natural infinity, while applying the view into the instance (Task 4 MAXIMNUMBER and Task 14 EVENLIMIT), has already been overcome by more than one half of learners by the age of 12, while by applying view into the depth (Task 2 MINIMPOSITIV and Task 13 RATIOLIMIT) approx. only less than one third of learners of this age have overcome the phase of natural infinity. Analogical conclusions can be drawn even in other age categories; with the difference in our estimates of the percentage of learners being more than 20 %. The ability to move the horizon into the distance starts to appear in learners in the arithmetical context much earlier than the ability to move the horizon into the depth. It is caused by the learners' coming into contact with natural numbers and their properties (in particular their getting larger) much earlier than with decimal or real numbers and their properties (in particular their getting smaller).

The situation in the geometrical context, more precisely in the situation when in the learners' imagination, a point moves to a straight line, is different. By comparing the values from graph in Fig. 3, it is evident that the phase of natural infinity while applying the view into the distance (Task 7 MAXIMDISTANCE) is overcome by fewer students in all age categories than when applying the view into the depth (Task 8 AREASQMIN). This can be caused by the fact that the learners have predominantly the experience with construction geometry, realized on a piece of paper (in the computer), where mutually close points in exercises and students' ideas occur quite frequently, while the necessity to think about very distant points arises only rarely. The view into the depth is not limited by paper, the view into the distance, on the contrary, is significantly limited. In addition to this, with a straight line a considerable number of learners replace an object by its model (Krátká, 2005). With the Task 7 MAXIMDISTANCE, approx. one third of learners draw the searched point, i.e. point *B*. at the end of the straight line. These learners cannot be unanimously identified as those who have already overcome the phase of natural infinity.

The following Tab. 4 shows the percentage of the learners who answer the following items by offering negative answers and these learners therefore are at the phase of actual infinity.

Tab. 4: The percentage of learners who are at the phase of actual infinity depending on their ages

| Item          | Age  |      |      |      |
|---------------|------|------|------|------|
|               | 12   | 14   | 16   | 18   |
| MAXIMNUMBER   | 20 % | 14 % | 20 % | 14 % |
| EVENLIMIT     | 10 % | 7 %  | 4 %  | 3 %  |
| MINIMPOSITIV  | 7 %  | 11 % | 5 %  | 1 %  |
| RATIOLIMIT    | 10 % | 7 %  | 4 %  | 2 %  |
| MAXIMDISTANCE | 10 % | 26 % | 10 % | 6 %  |
| AREASQMIN     | 6 %  | 9 %  | 5 %  | 1 %  |

The values in the table show that the transition into the phase of actual infinity is the easiest in the arithmetical context when students apply the view into the distance. Surprising is the finding that with the exception of the first item all other items show the degressive trend in age categories 14 to 18 years. The apparent paradox that learners abandon their ideas about actual infinity can be explained also by their getting into the omega position. In this highly sensitive period of their age, they speak about infinity at school in different connections and contexts and secondary intuition starts forming in them.

If we reduce the values from Fig. 2 and 3 by the values from Tab. 4, we will get lower estimates for the percentage of the students who are at the phase of potential infinity or in the omega position. Seeing that our mistake in determining the relative frequency is approx. 3 %, it is possible to consider these dependencies on age, in the majority of cases, as nondecreasing (see Fig. 4 and Fig. 5).

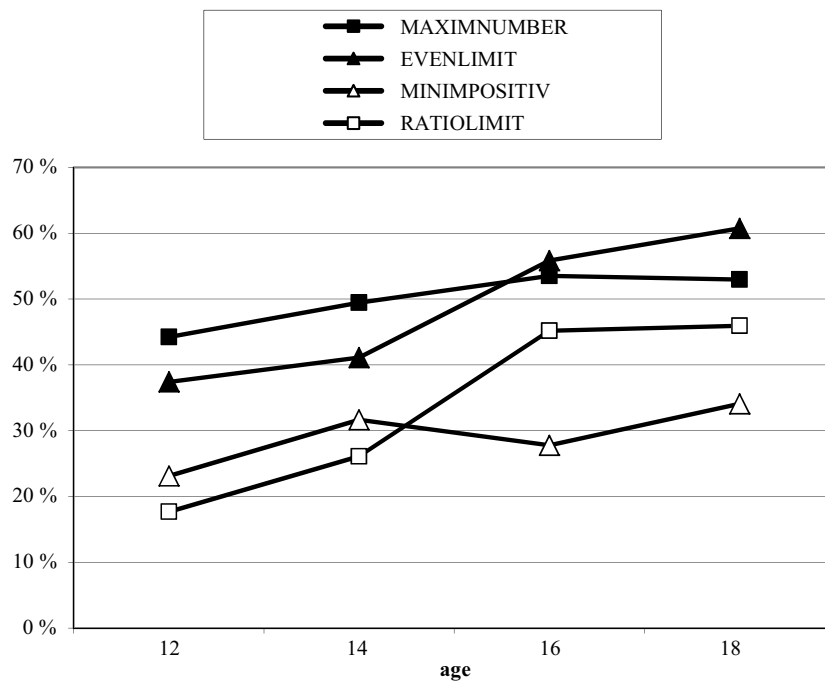


Fig. 4: View into the distance and into the depth in the arithmetical context

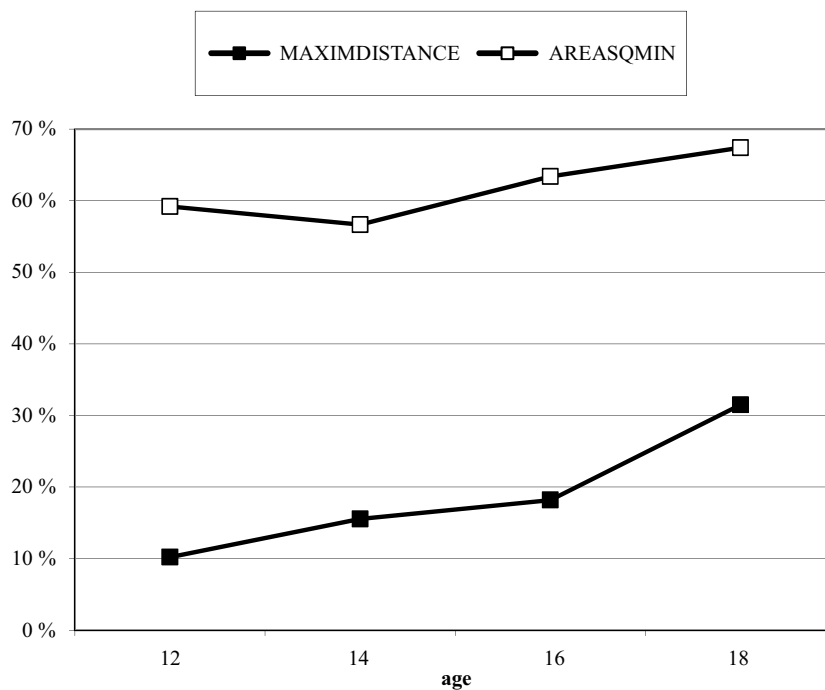


Fig. 5: View into the distance and into the depth in the geometrical context

The variants of answers to the selected items of the questionnaire did not enable us to decide what number of respondents, whose percentages are indicated in Fig. 4 and 5, is in the phase of potential infinity and which is in the omega position. The differentiation between these two phases was the subject of a further qualitative section of our research.

## 5.2 INTERVIEWS WITH UNIVERSITY STUDENTS

The scenario of these interviews set itself the aim of enabling in respondents to decide, in both the contexts and both the views, whether they find themselves in the phase of the omega position or not. The respondent used to be gradually given all six questions (or items of the questionnaire referred to in chapter 5.1). Apart from some exceptions, the primary reaction of the respondents was one of the answers described in the previous chapter. This indicates that respondents find themselves in the phase of potential infinity or whether they are at the omega position. The following lines then describe initiation questions with individual items. Their task was to induce the cognitive conflict. According to the way by means of which the respondent solved this conflict, it was possible to diagnose the omega position or to reject it. Each item or each pair of items is afterwards followed by the respondents' reactions and their interpretations.

Task 4 (MAXIMNUMBER): What number is the largest number?

Answers:

- “ $\infty$ ”
- “Infinity.”

Task 14 (EVENLIMIT): Numbers 2, 4, 6, 8, 10, ... are constantly increasing. Determine the largest number that can be obtained in this manner.

Answers:

- “ $\infty$ ”
- “Infinity.”
- “Infinite multiple of two.”

Initiatory questions to both the items:

- “And what will you get when you multiply the infinity by two?”
- “And what will you get when you add one hundred to the infinity?”

When asked, two thirds of students responded that infinity again is the result. They used the following answers: “This is not changed any more.”, “Infinity is the largest and there is nothing else behind it.”

One third of the students mentioned as their first reaction that the result of the above-mentioned operations is a number larger than infinity, but after a short discussion the respondent was always brought to the cognitive conflict, the result of which was his revision of the original answer in the sense that infinity does not change, that it is the largest number behind which there is nothing else.

In the arithmetical context, while applying the view into the distance, the omega position prevails in respondents. The following two items focus on the view into the depth, still in the arithmetic context.

Task 2 (MINIMPOSITIV): What is the smallest number bigger than zero?

Answers:

- “0.00...1”
- “0. $\overline{01}$ ”



Task 13 (RATIOLIMIT): Numbers  $\frac{1}{1}, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \frac{1}{4}, \frac{1}{5}, \dots$  are constantly decreasing. Determine the smallest number, which can be obtained in this manner.

Answers:

- “0.00dots1”
- “ $0.\overline{01}$ ”
- “ $\frac{1}{\infty}$ ”

Initiatory questions to both the items:

- “And what will you get when you multiply this number by number two?”
- “And what will you get if you multiply this number by ten?”
- “And what will you get when you divide this number by ten?”

At first, let us present the results of the students who answered  $0.00\dots 1$  or  $0.\overline{01}$ . Three quarters of students referred to the result  $0.00\dots 2$  in their answers or they said that the decimal point would be moved only by one position to the right or that one zero would be added there. In the subsequent discussion, only one half of them expressed themselves in the sense that the above-mentioned operations have no influence on the result.

One quarter of the students answered immediately using the following words: “This will not change; there is an infinitely number of these noughts.” Such an answer enables us to diagnose the omega position in these students.

As far as the answer  $\frac{1}{\infty}$  with the RATIOLIMIT item is concerned, all eleven students who answered like that state that this number will not be changed in any way by the proposed operations and that it is the smallest positive number and it is not possible to make it bigger or smaller in any way.

In the arithmetical context, when applying the view into the depth it is possible to diagnose the omega position, roughly speaking, in one half of the respondents.

Let us complete these considerations by an analysis of answers of the selected students to the following item, which on the one side was part of the questionnaires, but its evaluation did not enable us, due to the absence of full answers, to decide which phase of the conceptions concerning infinity the respondents find themselves in. When discussing that issue the respondents were always extremely engaged.

Task 15 (PER09): It holds that  $0.\overline{9} < 1$  or  $0.\overline{9} = 1$ ? Explain why.

Answers:

- “ $0.\overline{9}$  is smaller because it never reaches one although it comes closer to it.”
- “ $0.\overline{9}$  is smaller, because it never equals one even if there were an infinite number of nine digits.”

Initiatory question:

- “You say that  $0.\overline{9}$  is smaller than 1. What is then the difference between 1 and  $0.\overline{9}$ , what does therefore the number  $1 - 0.\overline{9}$  equal?”

The majority of the students answered in the same way: “Zero point, and infinite number of noughts and at the end of that digit one.” In the answer to such a question, it is possible to register the potential presence of the omega position. To distinguish with whom this phase really prevails, we asked the students the initiation question used in the previous items: “And what will you get, when you multiply this number by ten?”

We could observe two kinds of answers.

Some students usually answer in the following way: “Zero point zero, zero and the digit one will be shifted by one position to the left” (they point to the notation

0.0...1 in front of digit 1). The students who answered like this perceive this last decimal digit (here digit 1) as movable; i.e. they perceive the number of zeros between the first and the last digit only as potentially infinite.

In contrast to that, other students answer in this way: "It will be the same, there is an infinite number of zeros, and if I were to take one away, there would still be an infinite number of them." With these students, it is possible to identify the omega position in this situation.

This concept can be understood as a special case of the generic limit, what is a limiting object conceived as having the same properties as the objects in the limiting process (Tall, 1991, 2009). The number  $0.\overline{0}1$  is bigger than 0, just like all members of the sequence 0.1, 0.01, 0.001, ... Contrary to those, the number  $0.\overline{0}1$  will not become bigger when multiplied by ten. It can also be an alternative to the non-standard concept, as described by Katz and Katz (2010), where infinitely small quantities are arrived at by extending decimal expansions. These infinitely small quantities exist besides the classical real numbers in this theory (Ely, 2010).

The following two items of the dialogues focus on the geometrical context and it is gradually realized by the application of both points of view.

Task 7 (MAXIMDISTANCE): There is a given straight line  $b$  and point  $A$ , which does not lie on this line. Construct segment  $AB$  with point  $B$ , which lies on the given straight line  $b$  with the segment  $AB$  as long as possible. (The text is accompanied by Fig. 1.)

The first answers:

- " $B$  is in infinity."
- " $B$  is at the end of the straight line."

Initiation questions:

- "But the straight line does not end anywhere, so why does it lie behind that point  $B$  of yours?"
- "And what will happen when I shift point  $A$  by a small move to the left? Will the segment  $AB$  be longer?"
- "What angle does the segment  $AB$  form with straight line  $b$ ?"
- "Now I will drop a perpendicular line from point  $A$  to the straight line  $b$ . I'll designate its heel as point  $C$  and the centre of the segment  $AC$  as  $S$ . How long will the segment  $SB$  be? Will it be shorter, or as long as the segment  $AB$ ?"

Roughly one-half of all the interviewed students were led by the first above-mentioned question to a contradiction, since they reacted for instance as follows: "Then, there is still another point; then actually, only in it, does the segment end. But, actually, I can continue moving the point further and further." The second half of the students reacted with the answer that can be represented by the following words: "There is nothing there, it is the absolute last point on the straight line and there is nothing else behind it."

As far as the other initiation question is concerned, all students, apart from one, claimed that the new segment  $AB$  would be longer. Only one student reacted with the following words: "The segment is infinitely long, this will not change." The answer in the majority of respondents bears testimony that these students, in spite of their previous reactions, are not in this context at the omega position. From the analysis of answers to previous items at the same time, it emerged that in the arithmetical context a considerable number of these students had been at

the omega position. One of the possible explanations can be the fact that students, in the course of their common lessons of synthetic geometry, do not solve tasks in which it would be necessary to think about the position of the horizon and start moving it further. Neither has teaching analytical geometry, in which a straight line is parameterized by a set of real numbers, had any influence on this phenomenon.

With the third initiation question, students either used to answer saying that “the angle comes closer, in a limit way, to zero” or that “its size is an infinitely small number, the one we were talking about a short while ago.”

Here the geometrical context was projected into an arithmetical context. The first answer indicates a procedural understanding of the problem; the other can refer to the omega position.

In the situation induced in the fourth initiation question, all students answered that segment  $SB$  would be shorter than segment  $AB$ . One student reacted by means of the following words: “We could do such division of the segment into two halves into infinity and then these segments  $SB$  would be nearly of the same lengths.”

Based on the respondents’ answers to the second and the fourth initiation questions, it is possible to hypothesize that with the exception of one student, no one finds himself in the omega position. The students’ reactions correspond with their experience with finite objects, in this context based on primary intuition.

The second answer:

- A parallel line is suggested.

Initiation question:

- “And where will your straight line intersect with the straight line  $b$ ?”

Answer ‘A parallel line is suggested’ was given by three respondents only. All of them reacted by means of the following words: “In infinity. Here also lies that point  $B$ .”

With these three students, it was the case of the omega position. They did not even change their opinions in the subsequent debate. For these students a straight line is actually infinitely long. However, it has a boundary point. Jirotková and Littler (2004) in their research analysis interviews in which students suppose that parallel lines meet at this improper point in infinity. It is a sort of intuitive idea from projective geometry.

Task 8 (**AREASQMIN**): There is the square  $ABCD$ . Find the point  $X$  on its  $BC$  side so that the triangle  $ABX$  will have the smallest possible area.

Answers:

- “It will be close above point  $B$ ” or it is drawn in this sense.
- “Closest to point  $B$ .”
- $X$  is drawn slightly above point  $B$ .

Initiation question:

- “And what about the centre  $S$  of the segment  $BX$ ? Isn’t the area of triangle  $ABS$  even smaller?”

Roughly one third of all the interviewed students answered here that segment has  $BX$  as its centre and that the area of triangle  $ABS$  is even smaller than that of triangle  $ABX$ . After the discussion, they arrived at the conclusion that they will always find another point  $X$ , which lies on the side  $BC$  and that it is consistently

closer to point  $B$ . Conceptions of these students correspond with the phase of potential infinity.

Another third of the students reacted typically with the following words: “No, the segment  $BX$  has no centre, that point  $X$  lies close to point  $B$ , this is in fact the closest point to the point  $B$ .” It resulted from the discussion with the respondents that the reason for this answer is not concealed in the above-mentioned obstacle Replacement of an object with its model, specifically here in the ‘bead-like’ idea of the point. Thus, with these students the omega position can be recognized.

The remaining students reach the following contradiction in the discussion: “Segment  $BX$  is of infinitely small length, the distance between these points nearly equals zero; it cannot be determined, but the point is infinitely small, then actually that centre should still lie there.” The established cognitive conflict, however, endures. It is a case of the so-called vain attempt at removing the cognitive conflict (Cihlář et al., 2009).

In chapter 5.1, it is hypothesized that students between at the ages 12–18, leave the phase of natural infinity in the geometrical context more easily while applying the view into the depth than when applying view into the distance. Students do not need in the tasks they solve, in the majority of cases, the view into the distance. Statements from freshmen at universities confirm this view.

In conclusion, we wish to express our opinion concerning the mutual ratio of respondents who are in the phase of the omega position or in the phase of potential infinity. This ratio can differ according to the context, as well as the type of view. Estimates of relative frequencies can be seen in the following Fig. 6.

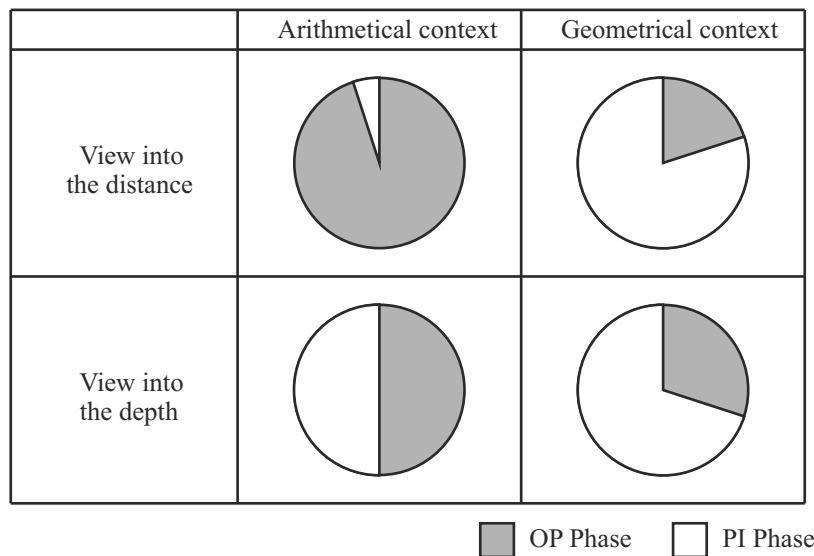


Fig. 6: Comparison of students’ relative frequencies in the OP and PI phases

In the arithmetical context, more students find themselves in the omega position than in the geometric context. When applying the view into distance, more students find themselves in the arithmetical context than in the view into the depth, while in the geometrical context it is vice versa.

In order to have a complete picture, let us state at the end of this chapter that only two students out of the total number of twenty interviewed, have proved in three cases that their perception is, in this particular context, in the phase of actual infinity.

The student Richard, in connection with Task 2 MINIMPOSITIV and Task 13 RATIOMLIMIT, stated that no such number exists: “But still, I will always find a smaller and smaller positive number or a smaller fraction than any number you will give me. The smallest number bigger than zero is nonsense.”

The student Michal is completely clear about the geometrical context while looking into the distance. In connection with the Task 7 MAXIMDISTANCE, he says: “I cannot construct such a segment. By doing it I would change the straight line into a segment.”

## 6 CONCLUSIONS

It has been discovered by virtue of this research, that it is necessary to extend the categorization of students’ conception of infinity. Besides the phases of potential infinity (PI) and actual infinity (AI), it is also suitable to work with the phases of natural infinity (NI) and the omega position (OP).

The phase of natural infinity is, from the temporal point of view, its primary phase, when the learners’ ideas are still at a lower level of abstraction and the phase is still often connected with real objects. Sets of numbers and points prove to be naturally infinite to them provided that they stretch as far as their horizons. The horizon in this case is fixed within the given time. The largest or the smallest positive numbers are those, which can be written down and named by the learners, they imagine a straight line as a very long segment; they can also conceive the idea of two neighbouring points on the line segment (just like two small beads on a string). They consider groupings consisting of numerous real objects, as infinite (little grains in the heap of sand).

Just as the horizons of human cognition used to shift in view into the distance or depth by means of a pair of binoculars or a microscope, the learners’ horizons inch their way analogically during the course of the development of their mathematical ideas. They become gradually acquainted with larger and larger numbers, as well as smaller and smaller positive numbers. Provided that the learners have already accepted these facts, i.e. that to each of the positive numbers there exists another larger (or respectively a smaller) number and that the straight line can be ‘arbitrarily extended’, then they are in the phase of potential infinity. Their horizon is already transferable ‘without any limitation’, but it still lies within the set understood objectively as actually infinite.

Only when students ‘break all horizons’ in their conception, do they get into the phase of actual infinity. In their imagination they can work for example with a set of real numbers or even with a set of all the points of a straight line, which are understood as existing wholes.

The second part of our research, described in chapter 5.1, has brought a piece of knowledge that some students’ ideas about infinity cannot be included into any of the three above-described phases. These ideas are again characterized by the appearance of a fixed horizon, but not within the framework of the set under consideration (as it happened with potential infinity), but outside of this objectively actually understood set — at its ‘end’. A typical representative of these ideas is ‘an infinitely large’ or ‘an infinitely small’ number, or a point at the end of a straight line, etc. The association with ordinal numbers has induced us to giving a name to this new phase — the omega position. As the questionnaire used in the second part of our research did not enable us to distinguish unambiguously the phase of potential infinity from the

omega position in individual students, we prepared interview scenarios, the results of which are described in chapter 5.2. These interviews, the scenarios of which provide us with an operative tool for the identification of the omega position (the second goal of our work), have proved that a significant number of students are in the omega position and these students work in their conceptions with infinity as a ‘limit object’ or with an improper element. Thus, the first research hypothesis H1 has been confirmed.

When comparing the results of chapters 5.1 and 5.2, we can see that an interesting agreement starts to take form. Chapter 5.1 refers to proportional representation of pupils between the ages of 12–18, who have already overcome the primary phase of natural infinity and at the same time they are not yet in the phase of actual infinity (the first part of the work). These students are therefore in the phase of potential infinity or the omega position. In chapter 5.2, the estimates of the proportional representation of both the phases in university students are referred to, i.e. those starting their studies. In both the cases, higher frequencies are revealed in the arithmetical context with the view into the distance, but in the geometrical context, higher frequencies can be found with the view into the depth. We can see the causes for these phenomena (as described above) in the learners’ experience with specific tasks in their mathematical schoolwork. The accord itself is then interpreted as follows: the conception of the movable horizon in given contexts and views (entering the PI phase) is just as difficult as its anchoring in an improper position (accepting the OP phase).

The second research hypothesis H2 supposed that the omega position is a transitional developmental phase between potential and actual infinity and that it is created predominantly by means of primary intuition, now when the individual is forced to change his potential approach to infinity to the actual one by applying a new context. This means that the potential approach can be an obstacle to actual understanding. The third part of this research, focused on interviews with students, however, has brought even another possibility that the omega position comes into existence by means of secondary intuition only after the students get some information about actual infinity. This hypothesis has been confirmed only partially, as one of the possibilities. Individual developmental paths of students’ ideas about infinity thus can be depicted by the scheme in Fig. 7.

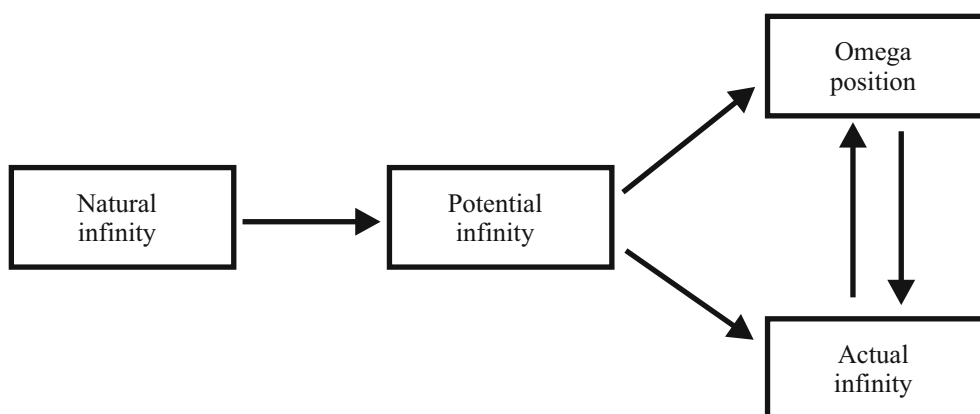


Fig. 7: The scheme of possible transitions between the phases of ideas of infinity

Taking into consideration that the research carried out so far has been, from the temporal point of view, a cross-sectional study, it would also be necessary to carry out a longitudinal study for the purpose of mapping the development of pupils’

ideas. This is one of the possibilities for subsequent research. Another possibility is represented by the omega position research with dependence on age, the context and type of view. For further application of the research results in practice it would be useful to find out in what situations, in teaching university mathematics, the ideas at the level of the omega position are an obstacle and in which, on the contrary, they are effective.

## ACKNOWLEDGEMENT

Preparation of the article has been supported by Grant No. 406/07/1026 of the Czech Republic Grant Agency.

## REFERENCES

- Bauer, L. (2011). Mathematik, Intuition, Formalisierung: eine Untersuchung von Schülerinnen- und Schülervorstellungen zu  $0.\bar{9}$ . *Journal für Mathematik-Didaktik*, 32(1), 79–102.
- Brousseau, G. (1997). *Theory of didactical situations in mathematics: Didactique des mathématiques, 1970–1990*. Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Brousseau, G. & Sarrazy, B. (2002). *Glossaire de quelques concepts de la théorie des situations didactiques en mathématiques*. Bordeaux: DAEST, Université Bordeaux 2.
- Brown, T. & Heywood, D. (2010). Geometry, subjectivity and the seduction of language: the regulation of spatial perception. *Educational Studies in Mathematics*, 77, 351–367.
- Cihlář, J., Eisenmann, P. & Krátká, M. (2013). *Forming the infinity concept through overcoming obstacles*. Ústí nad Labem: UJEP.
- Cihlář, J., Eisenmann, P., Krátká, M. & Vopěnka, P. (2009). Cognitive conflict as a tool of overcoming obstacles in understanding infinity. *Teaching Mathematics and Computer Science*, 7, 279–295.
- Conway, J. H. (2001). *On numbers and games*. London: Academic Press, 1976. Second edition: A. K. Peters, Wellesley/MA.
- Dubinsky, E., Weller, K., McDonald, M. A. & Brown, A. (2005a). Some historical issues and paradoxes regarding the concept of infinity: An APOS-Based Analysis, Part 1. *Educational Studies in Mathematics*, 58, 335–359.
- Dubinsky, E., Weller, K., McDonald, M. A. & Brown, A. (2005b). Some historical issues and paradoxes regarding the concept of infinity: An APOS-Based Analysis, Part 2. *Educational Studies in Mathematics*, 60, 253–266.
- Edwards, B. S., Dubinsky, E. & McDonald, M. A. (2005). Advanced mathematical thinking. *Mathematical Thinking and Learning*, 7, 15–25.
- Ely, R. (2010). Nonstandard student conceptions about infinitesimals. *Journal for Research in Mathematics Education*, 41, 117–146.
- Fischbein, E. (1987). *Intuition in science and mathematics*. Dordrecht: Reidel.
- Fischbein, E. (2001). Tacit models and infinity. *Educational Studies in Mathematics*, 48, 309–329.

- Hannula, M., Pehkonen, E., Maijala, H. & Soro, R. (2006). Students' understanding of infinity. In *Teaching mathematics: retrospective and perspectives. Proceedings of the 7<sup>th</sup> international conference* (79–83). Tartu: Eritrea.
- Jahnke, H. N. (2001). Cantor's cardinal and ordinal infinities: An epistemological and didactic view. *Educational Studies in Mathematics*, 48, 175–197.
- Jirotková, D. & Littler, G. (2004). An insight into pupils' understanding of infinity in a geometrical context. In *Proceedings of the 28<sup>th</sup> Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (97–104), Bergen: Univ. College.
- Juter, K. (2006). Limits of functions as they developed through time and as students learn them today. *Mathematical Thinking and Learning*, 8, 407–431.
- Katz, K. U. & Katz, M. G. (2010). Zooming in on infinitesimal 1–9... in a post-triumvirate era. *Educational Studies in Mathematics*, 74, 259–273.
- Katz, V., Dorier, J. L., Bekken, O. & Sierpiska, A. (2000). The role of historical analysis in predicting and interpreting students' difficulties in mathematics. In J. Fauvel & J. V. Maanen (Eds.), *History in Mathematics Education* (149–161). Dordrecht: Kluwer Academic Publisher.
- Kidron, I. (2011). Tacit models, treasured intuitions and the discrete — continuous interplay. *Educational Studies in Mathematics*, 78, 109–126.
- Kidron, I. & Tall, D. (2015). The roles of visualization and symbolism in the potential and actual infinity of the limit process. *Educational Studies in Mathematics*, 88, 183–199.
- Krátká, M. (2005). A geometrical picture as an obstacle. In *Proceedings of SEMT'05* (179–186). Praha: UK PedF.
- Krátká, M. (2010). Zdroje epistemologických překážek v porozumění nekonečnu. *Scientia in educatione*, 1(1), 187–100.
- Monaghan, J. (2001). Young people's ideas of infinity. *Educational Studies in Mathematics*, 48, 239–257.
- Piaget, J. (1977). *The development of thought: Equilibration of cognitive structures*. New York: The Viking Press.
- Radford, L., Boero, P., & Vasco, C. (2000). Historical formation and student understanding of mathematics: Epistemological assumptions framing interpretations of students understanding of mathematics. In J. Fauvel & J. Van Maanen (Eds.), *History in mathematics education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher.
- Robinson, A. (1996). *Nonstandard analysis*. Princeton University Press.
- Sierpiska, A. (1994). *Understanding in mathematics*. Washington, D.C.: The Falmer Press London.
- Singer, F. M. & Voica, C. (2008). Between perception and intuition: Learning about infinity. *The Journal of Mathematical Behavior*, 27, 188–205.
- Swan, M. (1983). *Teaching decimal place value. A comparative study of conflict and positive only approaches*. Nottingham: University of Nottingham, Shell Centre for Mathematical Education.
- Tall, D. O. (1976). Conflicts and catastrophes in the learning of mathematics, *Mathematical Education for Teaching*, 2(4), 2–18.
- Tall, D. O. (1977). *Cognitive conflicts and the learning of mathematics*. In *Proceedings of PME 1*, Utrecht.



- Tall, D. O. (1991). The psychology of advanced mathematical thinking. In D. Tall (Ed.), *Mathematics Education Library: Vol. 11 Advanced Mathematical Thinking*. (3–21). Dordrecht: Kluwer Academic Publisher.
- Tall, D. (2001). Natural and formal infinities. *Educational Studies in Mathematics*, 48, 199–238.
- Tall, D. O. (2009). Dynamic mathematics and the blending of knowledge structures in the calculus. *ZDM. The International Journal on Mathematics Education*, 41, 481–492.
- Tall, D. & Tirosh, D. (2001). Infinity — the never-ending struggle. *Educational Studies in Mathematics*, 48, 129–136.
- Tall, D. & Vinner, S. (1981). Concept image and concept definition in mathematics with particular reference to limit and continuity. *Educational Studies in Mathematics*, 12, 151–169.
- Tsamir, P. (2001). When “The Same” is not perceived as such: The case of infinity sets. *Educational Studies in Mathematics*, 48, 289–307.
- Vamvakoussi, X. & Vosniadou, S. (2004). Understanding the structure of the set of rational numbers: a conceptual chase approach. *Learning and Instruction*, 14, 453–467.
- Vopěnka, P. (2011). *Velká iluze matematiky XX. století a nové základy*. Plzeň: Vydavatelství Západočeské univerzity v Plzni.
- Yopp, D. A., Burroughs, E. A. & Lindaman, B. J. (2011). Why it is important for in-service elementary mathematics teachers to understand the equality  $.999\dots = 1$ . *Journal of Mathematical Behavior*, 30, 304–318.

---

JIŘÍ CIHLÁŘ, jiri.cihlar@ujep.cz  
PETR EISENMANN, petr.eisenmann@ujep.cz  
MAGDALENA KRÁTKÁ, magdalena.kratka@ujep.cz  
UJEP v Ústí nad Labem, PřF  
Katedra matematiky  
České mládeže 8, Ústí nad Labem, Czech Republic

## Rostlinné invaze v povědomí studentů vybraných gymnázií

*Anna Florianová*

### Abstrakt

Cílem této práce bylo pomocí dotazníkového šetření zjistit, co vědí studenti vybraných gymnázií o invazních rostlinách a jak se k dané problematice staví. Šetření ukázalo, že znalosti studentů jsou v průměru velmi slabé. Téměř pětina studentů podle dotazníku o rostlinných invazích nikdy neslyšela, více než polovina studentů nezodpověděla správně ani polovinu otázek. Největší nedostatky se projevují ve znalostech konkrétních invazních druhů. Nejdůležitějším zdrojem informací je pro studenty podle dotazníku škola, považují proto za vhodné apelovat na učitele, aby se na výuku dané problematiky více zaměřili.

**Klíčová slova:** invazní rostliny, dotazníkové šetření, výuka, gymnázium.

## Plant Invasion in the Minds of Students of Selected Secondary Grammar Schools

### Abstract

The aim of this study was to evaluate the knowledge and perception of invasive plants of secondary grammar school students. The questionnaire survey showed that students' knowledge is generally very weak; nearly one fifth of them never heard about plant invasions, more than half of them answered less than half of the questions. A question on particular invasive species was the most problematic one. School appears to be the most important source of information about invasive plants. It is therefore important to recommend the teachers to focus more on plant invasions.

**Key words:** plant invasions, questionnaire survey, teaching, secondary school.

# 1 ÚVOD

Invazní rostliny v současné době představují jedno z největších ohrožení globální biodiverzity (Millennium Ecosystem Assessment, 2005), způsobují výrazné ekonomické ztráty (Zavaleta, 2000) a představují určitou hrozbu i pro lidskou společnost. Protože invazních rostlin i škod jimi způsobených v posledních desetiletích výrazně přibývá (Hulme et al., 2010), je rostlinným invazím věnováno mezi vědci i politiky stále více pozornosti.

Odstraňování invazních druhů z již invadovaných stanovišť je finančně velmi nákladné a často problematické, někdy dokonce nemožné. Velký důraz by proto měl být kladen na prevenci, zabraňování vzniku nových invazních druhů rostlin a dalšímu šíření již invazních rostlin (Hulme, 2006). Proto je důležité zajistit dostatečnou informovanost veřejnosti. Každý člověk se totiž může stát potenciálním vektorem pro introdukci nového invazního druhu, může svým chováním přispívat k dalšímu šíření invazních rostlin, stejně tak ale může dalšímu šíření invazních rostlin bránit. Všichni lidé by tedy měli mít obecné povědomí o rostlinných invazích, měli by vědět, jaká nebezpečí mohou invazní rostliny představovat jak pro přírodu, tak pro společnost, a měli by znát nejběžnější zástupce invazních rostlin ve svém okolí. Informovanost veřejnosti může výrazně zvýšit úspěšnost managementu invazních rostlin a může fungovat i jako prevence proti zavlékání nových invazních druhů (Colton & Alpert, 1998, Bremner & Park, 2007, García-Llorente et al., 2008, Hulme et al., 2009).

Je proto nutné zvyšovat informovanost veřejnosti, čehož se nejspíše docílí u mladých lidí ve škole. Žádná studie, která by mapovala výuku tématu rostlinné invaze v českých školách, zatím nebyla provedena, takže nelze říct, zda nebo nakolik se školy tomuto tématu věnují. Dle Rámcového vzdělávacího programu pro základní vzdělávání (2013) i pro gymnázia (2007) se mají studenti v rámci environmentální výchovy, přírodopisu (resp. biologie) a zeměpisu (resp. geografie) učit o globálních ekologických problémech, kam biologické invaze dozajista patří, ale nikde v RVP přímo zmíněny nejsou. V učebnicích přírodopisu, biologie či ekologie sice bývá termín invaze zmíněn, ale zpravidla jen velmi obecně (Floriová, 2014), což není z hlediska uplatnitelnosti studentů v managementu invazních rostlin dostatečné. Přímou znalost českých studentů mapovala pouze jedna studie (Bartoš, 2011), které se účastnilo 255 respondentů. Hlavním cílem této studie ale nebylo zmapovat povědomí studentů o dané problematice, ale posoudit přínos modelové hodiny o invazních rostlinách, čemuž byla skladba dotazníku přizpůsobena. Obecný stav informovanosti české mládeže tedy není znám, proto si tato práce klade za cíl zhodnotit informovanost studentů vybraných gymnázií. Pomocí dotazníkového šetření bylo zjišťováno, jak se v problematice invazních rostlin orientují studenti gymnázií, odkud se o rostlinných invazích dozvěděli a jaký mají názor na závažnost daného problému.

## 2 METODIKA

### 2.1 SBĚR DAT

Znalost problematiky invazních rostlin a postoje studentů k dané problematice byly u studentů gymnázií zjišťovány pomocí dotazníkového šetření při vědomí doporučení a limitů dle Gavory (2000), Jandourka (2003) a Chrástky (2007). Použitý dotazník *Invazní rostliny* (Příloha 1) obsahoval kromě základních informací o respondentovi (škola, třída, typ studia, pohlaví a známka z biologie) devět otázek. První otázka byla polouzavřená a zjišťovala, z jakých zdrojů studenti o rostlinných invazích slyšeli.

Druhá až sedmá otázka byly zaměřeny na faktické znalosti problematiky invazních rostlin, jedna z těchto otázek byla otevřená, dvě polouzavřené a čtyři uzavřené. Osmá a devátá otázka zjišťovaly osobní názory studentů na závažnost problematiky invazních rostlin, jedna otázka byla uzavřená a jedna polouzavřená. Dotazník tedy celkem obsahoval pět otázek uzavřených, tři polouzavřené a jednu otevřenou.

Dotazník byl vytvořen s využitím dvou již dříve použitých dotazníků zaměřených na problematiku rostlinných invazí a znalosti studentů, a to dotazníků z prací Bartoše (2011) a Schreck Reise et al. (2013). Otázky č. 1–2 a č. 7–9 byly po drobných úpravách převzaty z dotazníku Bartoše (2011), otázky č. 3–6 byly upraveny podle portugalského dotazníku (Schreck Reis et al., 2013). Úpravy zahrnovaly zejména převedení otázek na problematiku invazních rostlin v prostředí České republiky (ne Portugalska) drobné úpravy ve formulacích jednotlivých možností a překlad do češtiny.

Prvotní verze dotazníku byla nejprve použita při předvýzkumu, kdy dotazník vyplnilo šest gymnaziálních studentů (z gymnázií nezařazených do výzkumu). Jednalo se vždy o jednoho chlapce a jednu dívku z prvního, druhého a třetího ročníku, s různým prospěchem a různou mírou zájmu o biologii, tedy o studenty co nejlépe vystihující charakteristiku respondentů vlastního výzkumu. Se studenty byl dotazník ústně probrán a na základě jejich připomínek bylo upraveno znění některých otázek a odpovědí, aby byly pro studenty lépe pochopitelné. Finální verze dotazníku (Příloha 1) byla použita ve vlastním výzkumu. Dotazníky použité v předvýzkumu nebyly do vlastního výzkumu zařazeny.

V rámci vlastního výzkumu byly dotazníky během května a června 2014 rozdány na čtyřech gymnáziích (Biskupské gymnázium J. N. Neumanna v Českých Budějovicích a gymnázia Botičská, Písnická a Ústavní v Praze). Původním záměrem bylo podrobně analyzovat úroveň znalostí pouze u studentů pražských gymnázií. Protože se ale většina škol odmítla průzkumu zúčastnit, a hrozil tak nedostatek respondentů, bylo do průzkumu zařazeno i jedno jihočeské gymnázium. Dotazník vyplňovali studenti prvních, druhých a třetích ročníků čtyřletého gymnázia a odpovídajících ročníků víceletého gymnázia. V době rozdávání dotazníků byla ve všech třídách už probrána botanika. Ne vždy bylo možné rozdat dotazník ve všech vybraných třídách, počty respondentů v jednotlivých ročnících na jednotlivých školách se tedy někdy výrazně liší (tab. 1). Dotazník celkem vyplnilo 569 studentů z 24 tříd. Počty respondentů v jednotlivých kategoriích (ročník, typ studia, pohlaví, známka z biologie) na jednotlivých školách jsou uvedeny v Příloze 2. V dalším textu jsou zúčastněné školy anonymizovány, odkazuje se na ně jako na školy A–D, pořadí bylo zvoleno náhodně.

Tab. 1: Počty respondentů na jednotlivých školách a v jednotlivých ročnících

| gymnázium | 1. ročník | 2. ročník | 3. ročník | celkem |
|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|
| Biskupské | 0         | 64        | 36        | 100    |
| Botičská  | 77        | 73        | 55        | 205    |
| Písnická  | 41        | 44        | 43        | 128    |
| Ústavní   | 24        | 29        | 83        | 136    |
| celkem    | 142       | 210       | 217       | 569    |

## 2.2 ANALÝZA DAT

V první fázi zpracování dotazníkových dat bylo použito třídění prvního stupně (Chrástka, 2007). Pro všechny otázky byla spočítána procentuální četnost jednotlivých odpovědí celkově a u studentů jednotlivých gymnázií a výsledky byly zobrazeny pomocí sloupcových grafů.

Korelovanost odpovědí na jednotlivé otázky byla hodnocena nepřímou unimodální analýzou DCA (*Detrended Correspondence Analysis*, Lepš & Šmilauer, 2003) provedenou v programu Canoco 5(). Do analýzy byly zařazeny odpovědi na všechny otázky z vlastní části dotazníku (ne údaje o respondentovi ze vstupní části dotazníku). U vědomostních otázek č. 3 a č. 4 byly odpovědi zjednodušeny na správně (1) a nesprávně (0), u otázek č. 2 a č. 5 na správně (1), částečně správně (0,5) a nesprávně (0). U ostatních otázek byly jako samostatné proměnné uvažovány všechny možnosti, pro které bylo vždy určeno, zda je student vybral (1) nebo nevybral (0). Na tomto datasetu bylo pomocí přímých unimodálních analýz CCA (*Canonical Correspondence Analysis*, Lepš & Šmilauer, 2003) zjišťováno, jak jsou odpovědi studentů ovlivněny školou, typem studia, známkou z biologie, ročníkem a pohlavím (jednotlivě). Průkaznost jednotlivých efektů byla testována pomocí permutačních testů s počtem permutací 499. Jako kovariáty byly u vysvětlující proměnné škola použity typ studia a ročník, u typu studia škola a ročník, u ročníku škola a typ studia a u známky z biologie a pohlaví kód každé jednotlivé třídy. U průkazných výsledků bylo grafem zobrazeno 20 odpovědí, které nejvíce přispěly k vysvětlené variabilitě. Všechny analýzy byly provedeny v programu Canoco 5 (ter Braak & Šmilauer, 2012).

Pro vyjádření celkových znalostí rostlinných invazí byly otázky týkající se faktických znalostí problematiky invazních rostlin, tedy otázky č. 2–7, obodovány a byl určen celkový počet bodů respondenta. Při bodování otázek bylo přihlíženo k pravděpodobnosti náhodného výběru správné odpovědi – u otázek s výběrem možností byl počet přidělených bodů nižší než u otázek otevřených. Za otázku č. 2 (definice pojmu invazní druh – otevřená otázka) byly udělovány 0–4 body. Čtyři body respondent dostal v případě, že invazní druh definoval zcela správně, tedy jako nepůvodní druh, který se samovolně šíří krajinou, příp. způsobuje nějaké problémy. Část bodů dostal respondent v případě, kdy vynechal některou podstatnou část definice – buď když invazní rostliny ztotožnil s rostlinami nepůvodními nebo když zaměnil invazní rostliny za rostliny expanzivní, tedy když vynechal nepůvodnost druhu a označil invazní druh pouze jako druh masivně se šířící krajinou, příp. způsobující nějaké problémy. Za otázky č. 3 a č. 4 (uzavřené otázky s jednou správnou odpovědí) mohl respondent získat 0 nebo 1 bod. Za otázku č. 5 (uzavřená otázka se třemi správnými odpověďmi) 0 bodů (označení nesprávné odpovědi), 0,25 bodu (označení jedné správné odpovědi), 0,5 bodu (označení dvou správných odpovědí) nebo 1 bod (označení všech tří správných odpovědí). V otázce č. 6 respondenti vybírali ze seznamu problémů ty problémy, které mohou být způsobeny rostlinnými invazemi. Za každý správně označený problém získali 0,5 bodu, za každý nesprávně označený problém bylo 0,25 bodu strženo (max. 3,5 bodu za otázku). V otázce č. 7 respondenti vybírali ze seznamu rostlin ty rostliny, které jsou v ČR považovány za invazní. Za každý správně označený invazní druh získali 1 bod, za každý nesprávně označený druh ztratili 0,5 bodu (max. 7 bodů za otázku). Za uvedení každé další invazní rostliny byl připočten 1 bod, za uvedení nesprávné rostliny mimo seznam se body neodečítaly. Nejnižší možný počet bodů udělovaný za otázky č. 6 a č. 7 byl nula, a to i v případech, kdy by měl být celkový počet bodů získaný za otázku záporný. Celkem bylo z dotazníku možné získat maximálně 17,5 bodu plus bonusy za další uvedené invazní rostliny.

S využitím takto vypočteného celkového počtu bodů bylo testováno několik hypotéz. Protože lze předpokládat, že studenti získávají nejvíce informací o invazních rostlinách ve škole a že jednotlivé školy vyučují botaniku, resp. problematiku invazních rostlin různě, lze očekávat, že studenti různých škol budou mít různé výsledky z vědomostní části dotazníku. Ze stejného důvodu lze předpokládat, že studenti

s lepší známkou biologie budou mít průměrně lepší znalosti dané problematiky, že studenti vyšších ročníků budou mít lepší znalosti než studenti nižších ročníků a že studenti víceletých gymnázií budou mít lepší znalosti než studenti gymnázií čtyřletých. Závislost celkového počtu bodů získaného z vědomostní části dotazníku na známce z biologie, ročníku (1., 2., 3. ročník), na typu studia (čtyřleté, víceleté), na škole a na pohlaví respondenta byla zjišťována pomocí analýzy variance (ANOVA), rozdíly mezi jednotlivými kategoriemi pomocí Tukeyho testu mnohonásobného porovnávání (principy testů viz Crawley, 2007). Pro odfiltrování vlivu rušivých proměnných byly použity různé kovariáty – pro testování vlivu školy byla jako kovariáta použita ročník a typ studia, pro vliv ročníku škola a typ studia a pro vliv typu studia škola a ročník. Pro testování vlivu známky z biologie a pohlaví byl jako kovariáta použit kód každé jednotlivé třídy.

Dalším testovaným předpokladem bylo, že studenti, kteří o rostlinných invazích čerpali informace ve škole, budou mít přesnější informace než studenti, kteří informace čerpali pouze z jiných zdrojů nebo než studenti, kteří uvedli, že o rostlinných invazích nikdy neslyšeli. Tento předpoklad byl testován pomocí analýzy variance (ANOVA) a Tukeyho testu mnohonásobných porovnávání, kde závislou proměnnou byl počet bodů z vědomostní části dotazníku a vysvětlující proměnnou odpověď na otázku č. 1, kde byly odpovědi studentů převedeny na tři kategorie, a to *ve škole* (možnost *a*), *jinde* (možnosti *b*, *c* nebo *e*, nebyla-li označena možnost *a*) a *nikde* (možnost *d*), jako kovariáta byl použit kód třídy.

Další testovaný předpoklad byl, že odpovědi na otázky č. 8 a č. 9, tedy otázky zjišťující spíše názory studentů na danou problematiku, budou ovlivněny úrovní znalostí dané problematiky. Proto byl testován vztah mezi celkovým počtem bodů z vědomostní části dotazníku a odpovědi na otázky č. 8, resp. č. 9. Pro zjednodušení byla k tomuto účelu použita analýza variance a Tukeyho test, kde závislou proměnnou byl počet bodů a vysvětlující proměnnou odpověď na otázku č. 8, resp. otázku č. 9, kovariátou kód třídy.

Poslední testovaný předpoklad byl, že studenti, kteří považují invazní rostliny v ČR za problém, budou spíše podporovat odstraňování těchto rostlin z nepůvodních stanovišť. Proto byl pomocí kontingenční tabulky a chi kvadrát testu dobré shody (princip metody viz Crawley, 2007) testován vztah mezi odpověďmi na otázky č. 8 a č. 9.

Všechny tyto analýzy byly provedeny ve statistickém programu R 3.1.0 (R Core Team, 2014).

## 3 VÝSLEDKY

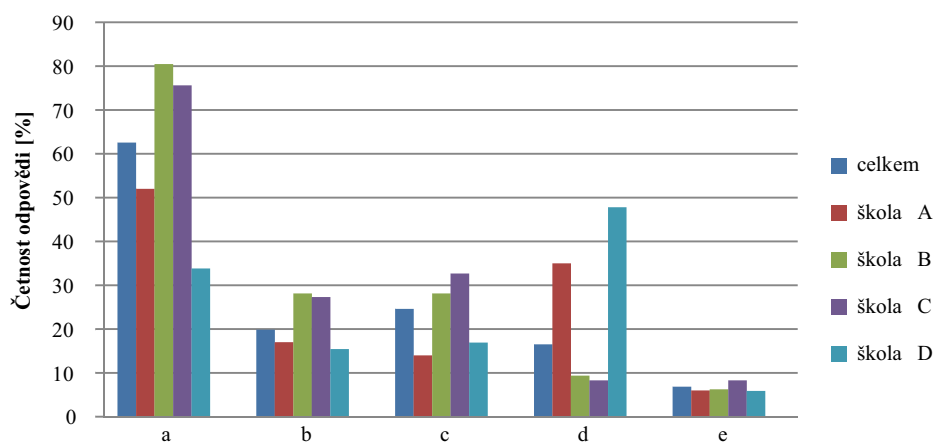
### 3.1 ODPOVĚDI NA JEDNOTLIVÉ OTÁZKY

#### 3.1.1 OTÁZKA Č. 1

*Otázka č. 1: Z jakých zdrojů jsi slyšel(a) o invazních rostlinách? (možno více odpovědí)*

- a) Škola*
- b) Média (noviny, televize)*
- c) Internet*
- d) Nikdy jsem o invazních rostlinách neslyšel(a)*
- e) Jiný .....*

Nejčastěji uváděný zdroj informací o invazních rostlinách byla škola – ve škole slyšelo o rostlinných invazích 63 % studentů. Z médií, resp. z internetu čerpalo informace 20 %, resp. 25 % studentů. 17 % studentů uvedlo, že o rostlinných invazích nikdy neslyšelo. Jiný zdroj informací uvedlo 7 % studentů (obr. 1). Nejčastěji uváděný jiný zdroj byla rodina (13×) a kamarádi (8×). Dále byly jako zdroj informací uváděny knihy, vědecké časopisy, zájmové kroužky a biologická olympiáda.

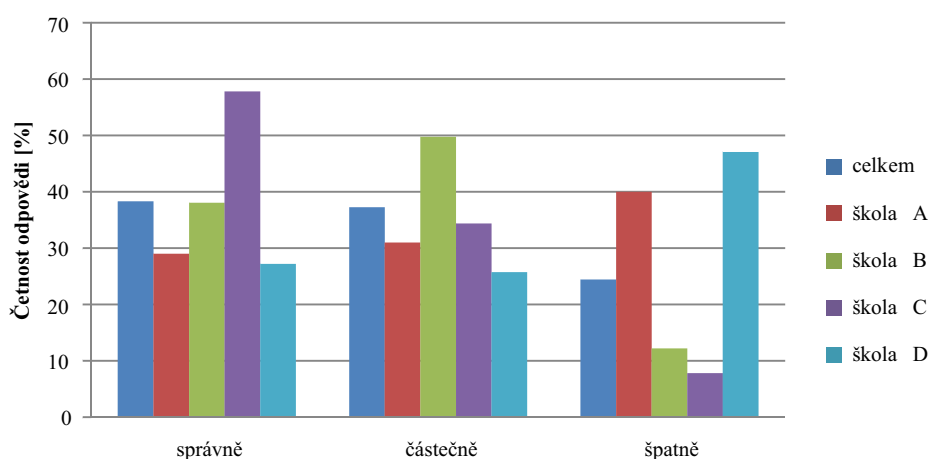


Obr. 1: Zdroj informací o invazních rostlinách (otázka č. 1): a – škola, b – média (noviny, televize), c – internet, d – nikdy jsem o invazních rostlinách neslyšel(a), e – jiný

### 3.1.2 OTÁZKA Č. 2

*Otázka č. 2: Pokus se svými slovy definovat pojem invazní rostlina.*

Správně definovat pojem invazní rostlina dokázalo celkem 38 % studentů, alespoň částečně správně odpovědělo 37 % studentů, žádnou nebo špatnou odpověď uvedlo 24 % studentů (obr. 2). Ze špatných odpovědí se nejčastěji objevovaly odpovědi, že se jedná o parazitické rostliny, které napadají jiné rostliny, nebo že invazní rostlina je plevel.



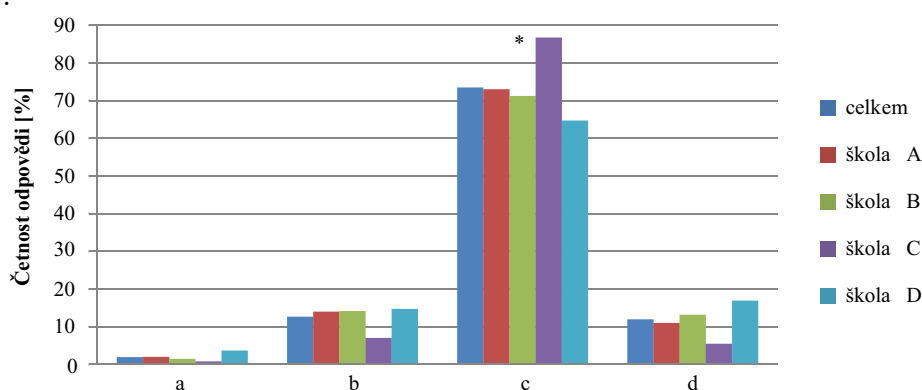
Obr. 2: Definice pojmu invazní rostlina (otázka č. 2)

### 3.1.3 OTÁZKA Č. 3

*Otázka č. 3: Vyber nejsprávnější tvrzení o nepůvodních a invazních rostlinách.*

- a) *Nepůvodní rostliny pocházejí ze severní polokoule, invazní rostliny z polokoule jižní.*
- b) *Nepůvodní rostliny jsou rostliny, které žijí mimo primární areál výskytu už několik set let. Invazní rostliny jsou rostliny, které žijí mimo primární areál výskytu teprve několik desetiletí.*
- c) ***Nepůvodní rostliny jsou rostliny rostoucí mimo primární areál výskytu. Invazní rostliny jsou nepůvodní rostliny, které se samovolně šíří a způsobují řadu problémů.***
- d) *Mezi nepůvodními a invazními rostlinami není žádný rozdíl, oba pojmy znamenají totéž.*

Na otázku č. 3 odpovědělo správně (možnost c) celkem 73 % studentů, ve 12 %, resp. 13 % byly uvedeny odpovědi b, resp. d, jen 2 % studentů zvolilo možnost a (obr. 3).



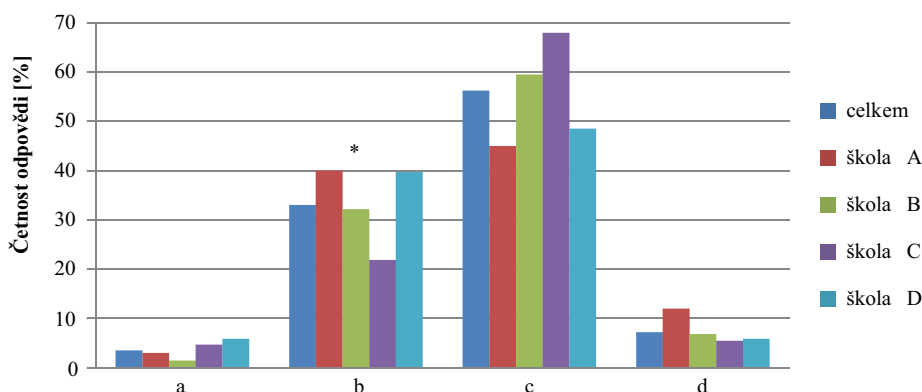
Obr. 3: Rozdíl mezi nepůvodní a invazní rostlinou (otázka č. 3: a – nepůvodní pochází ze severní polokoule, invazní z jižní, b – nepůvodní žijí mimo primární areál po několik set let, invazní desetiletí, c – nepůvodní žijí mimo původní areál, invazní jsou nepůvodní druhy, které se samovolně šíří, d – žádný rozdíl. Správná odpověď (c) označena hvězdičkou

#### 3.1.4 OTÁZKA Č. 4

Otázka č. 4: *Které z uvedených čísel má nejbližší počtu invazních druhů rostlin v ČR?*

- a) 6                      **b) 60**                      c) 600                      d) 6 000

Celkem 56 % studentů se domnívá, že v České republice roste přibližně 600 druhů invazních rostlin, správnou odpověď, tj. 60 druhů invazních rostlin, označilo v dotazníku jen 33 % studentů. Zbývající dvě odpovědi, tedy 6, resp. 6 000 invazních druhů rostlin, označily pouze 4 %, resp. 7 % studentů (obr. 4).



Obr. 4: Počet invazních druhů rostlin v ČR (otázka č. 4): a – 6, b – 60, c – 600, d – 6 000. Správná odpověď (b) označena hvězdičkou

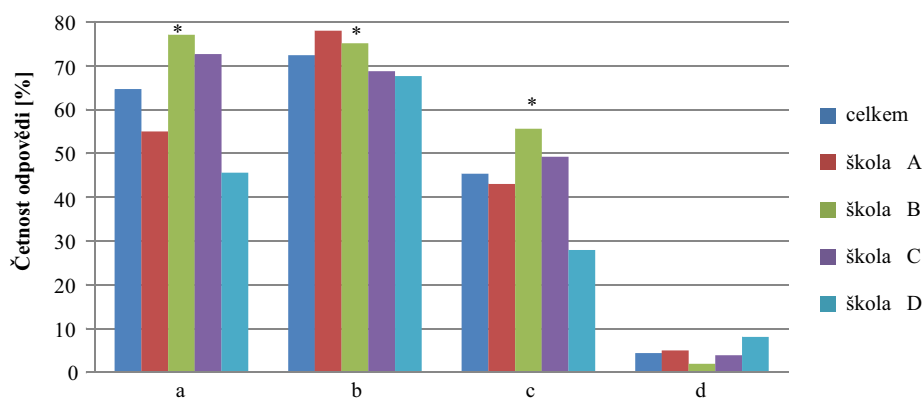


### 3.1.5 OTÁZKA Č. 5

Otázka č. 5: Jak se invazní rostliny dostaly do ČR? (možno více odpovědí)

- Byly přivezeny jako okrasné rostliny.**
- Byly přivezeny omylem, např. přimíchané v dovážených semenech nebo obilí.**
- Byly přivezeny pro lesnické účely.**
- Žádná z výše uvedených možností není správná.

Nejvíce studentů (72 %) se domnívá, že invazní rostliny mohou být přiváženy omylem, o něco méně studentů (65 %) označuje možný zdroj invaze okrasné rostliny, 45 % studentů si myslí, že invazní rostliny mohou být přiváženy i pro lesnické účely. Jen 4 % studentů se domnívá, že žádná z uvedených možností není správná (obr. 5). Všechny tři správné možnosti označilo 42 % studentů, 3 % studentů vybraly dvě správné možnosti, 51 % studentů vybralo jen jednu správnou možnost.



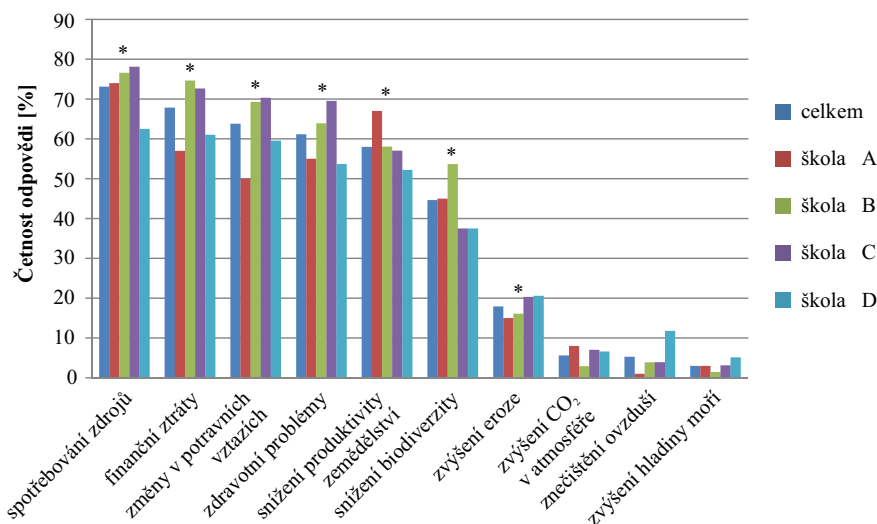
Obr. 5: Způsob introdukce invazních rostlin do ČR (otázka č. 5): a – okrasné rostliny, b – omyl, c – lesnické účely, d – ani jedna z možností. Správné odpovědi označeny hvězdičkou

### 3.1.6 OTÁZKA Č. 6

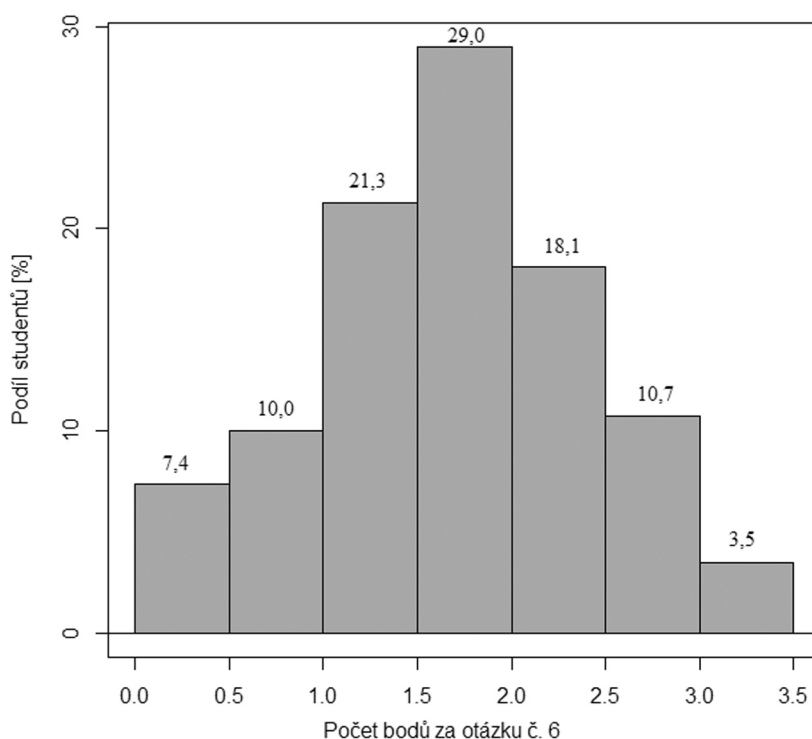
Otázka č. 6: Vyber ze seznamu problémy, které mohou být způsobovány invazními rostlinami.

- Snížení biodiverzity**
- Snížení zemědělské produktivity**
- Zvýšení koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře
- Finanční ztráty související s likvidací invazních druhů**
- Zvýšení hladiny moří a oceánů
- Zvýšená eroze**
- Zdravotní problémy lidí (alergie apod.)**
- Zvýšené znečišťování ovzduší
- Změny v potravních vztazích mezi organismy**
- Nedostatek zdrojů pro původní druhy**

Studenti v průměru poměrně spolehlivě rozpoznali problémy, které mohou být invazemi způsobovány, od těch, které invazní rostliny způsobovat nemohou, všechny nezpůsobované problémy byly vybírány výrazně méně než všechny způsobované problémy. Téměř všechny problémy skutečně způsobované invazními rostlinami byly vybrány více než polovinou studentů, jen problém snižování biodiverzity uvedlo jen 45 % studentů a problém zvýšení eroze jen 18 % studentů (obr. 6).



Obr. 6: Problémy způsobované invazními rostlinami (otázka č. 6). Odpovědi seřazeny sestupně, podle četností, s jakou je studenti celkově označovali. Správné odpovědi označeny hvězdičkou



Obr. 7: Počty bodů získané za otázku č. 6. Čísla nad sloupčky uvádí procentuální podíl studentů, kteří za otázku získali počet bodů daného intervalu

Nejčastěji studenti označovali jako problém způsobený invazními rostlinami nedostatek zdrojů pro původní rostliny (73 %), následovaly finanční ztráty související s likvidací invazních druhů (68 %), změny v potravních vztazích mezi organismy (64 %), zdravotní problémy lidí (61 %), snížení zemědělské produktivity (58 %) a snížení biodiverzity (45 %). Poměrně málo studentů označilo jako možný problém zvýšenou erozi (18 %). Problémy, které ve skutečnosti invazní rostliny nezpůsobují (zvýšení koncentrace CO<sub>2</sub> v atmosféře, znečištění ovzduší a zvýšení hladiny moří a oceánů), vybralo jen velmi málo studentů (po řadě 6 %, 5 % a 3 %) (obr. 6).

Za otázku č. 6 mohli studenti získat maximálně 3,5 bodu. Průměrný získaný počet bodů (průměr ± směrodatná odchylka) byl  $1,9 \pm 0,8$  bodu, dosažené minimum 0 bodů, maximum 3,5 bodu (obr. 7).

### 3.1.7 OTÁZKA Č. 7

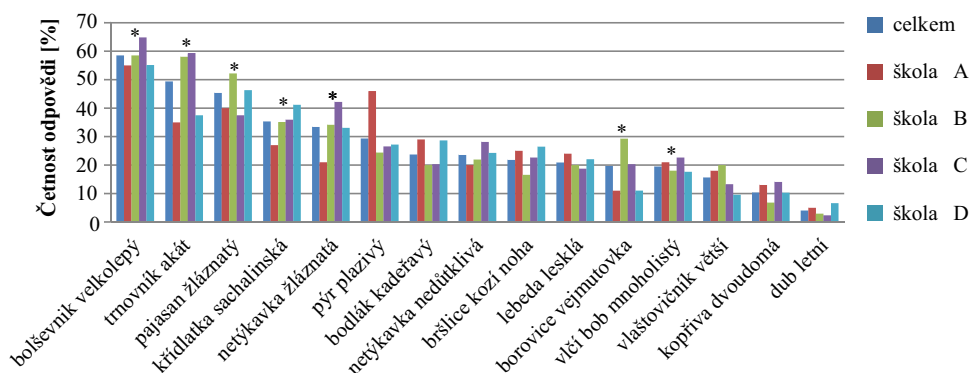
Otázka č. 7: Vyber ze seznamu rostliny, které jsou v České republice považovány za invazní. Znáš ještě nějaké jiné invazní rostliny? Pokud ano, napiš jejich jména.

**borovice vejmutovka**    bodlák kadeřavý    bršlice kozí noha  
**bolševník velkolepý**    dub letní    **netýkavka žláznatá**  
 netýkavka nedůtklivá    kopřiva dvoudomá    **vlčí bob mnoholistý**  
 pýr plazivý    **trnovník akát**    vlaštovičník větší  
**křídlatka sachalinská**    lebeda lesklá    **pajasan žláznatý**

Další invazní rostliny: .....

Studenti v průměru poměrně dobře rozpoznali invazní druhy rostlin od druhů neinvazních, většina invazních druhů byla označena častěji než druhy neinvazní, i když rozdíly v četnostech nebyly příliš velké. Pouze dva invazní druhy rostlin – borovice vejmutovka a vlčí bob mnoholistý – byly studenty označovány jako invazní méně často, než naše původní druhy pýr plazivý, bodlák kadeřavý, bršlice kozí noha a lebeda lesklá (obr. 8).

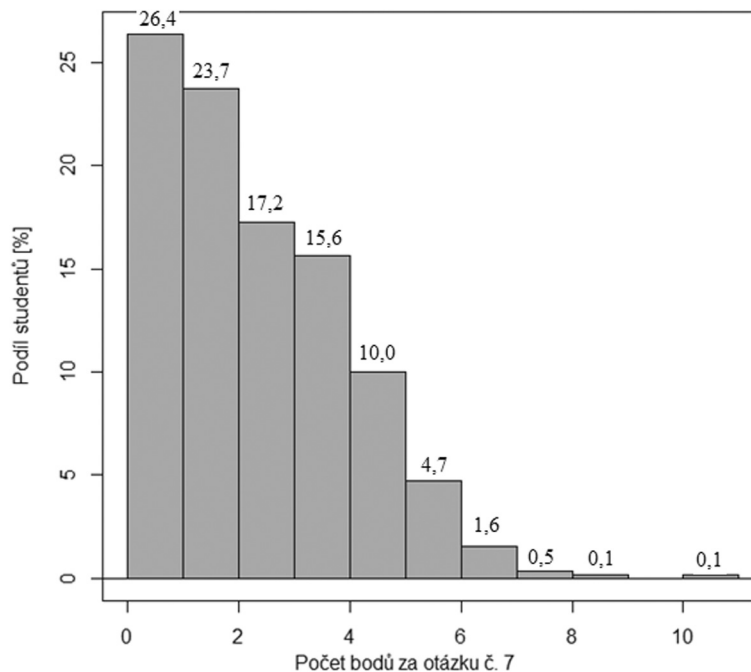
Studenti s největší frekvencí označovali jako invazní druh bolševník velkolepý (59 %), následoval trnovník akát (49 %), pajasan žláznatý (45 %), křídlatka sachalinská (35 %) a netýkavka žláznatá (33 %). Málo uváděné byly invazní druhy borovice vejmutovka (20 %) a vlčí bob mnoholistý (20 %). Z našich původních rostlin označilo nejvíc studentů jako invazní rostlinu pýr plazivý (29 %), dále netýkavku nedůtklivou (24 %), bršlici kozí nohu (24 %) a lebedu lesklou (21 %), o něco méně pak vlaštovičník větší (16 %) a kopřivu dvoudomou (10 %), jen výjimečně označovali dub letní (4 %) (obr. 8).



Obr. 8: Invazní rostliny ČR (otázka č. 7). Druhy seřazeny podle četností, s jakou byly studenty označeny za invazní. Invazní druhy označeny hvězdičkou

Další rostlinu uvedlo 46 studentů (8 %), jen v 19 případech (3 %) se ale skutečně jednalo o invazní rostlinu. Celkem studenti zmínili 10 druhů rostlin, které jsou v ČR skutečně považované za invazní. Nejčastěji uvedený invazní druh byla netýkavka malokvětá (6×), následovaly dub červený, křídlatka japonská a zlatobýl kanadský (vše 3×), dvakrát byly uvedeny vodní mor kanadský, šťovík alpský a javor jasanolistý, jednou slunečnice topinambur, kolotočník ozdobný a vrbovka žláznatá. Nejčastěji uváděné neinvazní rostliny byly nepůvodní borovice černá (6×) a původní pampeliška (5×), objevovaly se i další nepůvodní druhy rostlin (brambory, kukuřice, rajčata) nebo běžné plevele.

Za otázku č. 7 bylo možné získat maximálně 7 bodů + bonusy za uvedení invazních druhů mimo seznam. Průměrný získaný počet bodů (průměr ± směrodatná odchylka) byl  $2 \pm 1,7$  bodu, minimální dosažený počet 0 bodů, maximální dosažený počet bodů 11 (obr. 9).



Obr. 9: Počty bodů získané za otázku č. 7. Čísla nad sloupečky uvádí procentuální podíl studentů, kteří za otázku získali počet bodů daného intervalu

### 3.1.8 OTÁZKA Č. 8

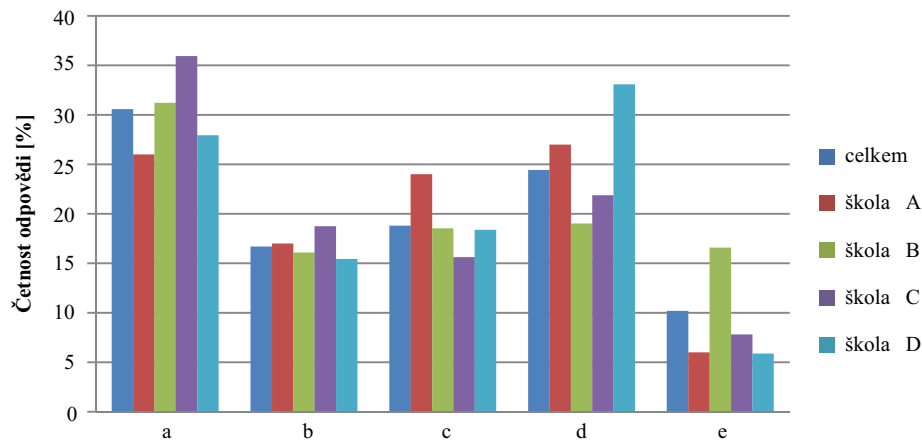
*Otázka č. 8: Měly by se podle tvého mínění invazní druhy rostlin z nepůvodních stanovišť odstraňovat?*

- a) *Ano, a to i za finanční podpory státu.*
- b) *Ano, ale na odstraňování by se měli podílet pouze dobrovolníci.*
- c) *Ne, příroda si sama poradí.*
- d) *Je mi to jedno.*
- e) *Jiná možnost .....*

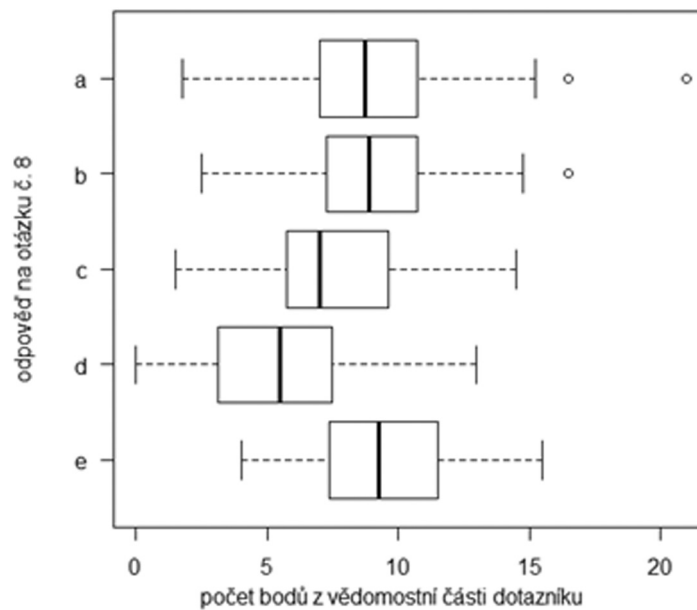
Podle největší části studentů (31 %) by se měly invazní druhy rostlin z nepůvodních stanovišť odstraňovat i za finanční podpory státu, 24 % je to jedno, 19 % studentů si myslí, že si příroda poradí sama, 17 % studentů je pro odstraňování invazních rostlin, ale pouze za účasti dobrovolníků, jinou možnost navrhl 10 % studentů (obr. 10). Nejčastěji uváděnou jinou možností (37×) bylo odstraňovat jen ty druhy, které opravdu na dané lokalitě způsobují vážné problémy. Relativně často (8×) bylo navrhováno invazní druhy neodstraňovat úplně, ale jen omezovat jejich další šíření. Dále bylo uváděno, že student na otázku nemůže odpovědět, protože nemá o invazních rostlinách dostatečné množství informací, objevily se i názory, že odstraňování invazních rostlin nemá význam, protože se na dané území stejně dostanou znovu.

Odpověď na otázku č. 8 prokazatelně závisela na počtu bodů získaných z vědomostní části dotazníku ( $p < 0,001$ ,  $R^2 = 29,9$  %). Prokazatelně se lišil počet bodů mezi studenty, kteří zvolili možnosti a, b, e, a studenty, kteří zvolili možnosti c, d, rozdíl byl i v počtech bodů u studentů, kteří zvolili možnost c, a u studentů, kteří zvolili možnost d (obr. 11). Studenti s vyšším počtem bodů volili častěji možnosti a, b nebo e, tedy že by se invazní rostliny měly odstraňovat i za pomoci státu, jen za pomoci dobrovolníků nebo volili jinou možnost (zpravidla odstraňovat pouze ty druhy a na těch lokalitách, kde opravdu škodí). Studenti s nižším počtem bodů

průkazně častěji volili možnost *c*, tedy že invazní rostliny není potřeba odstraňovat, studenti s nejnižším počtem bodů průkazně častěji označovali možnost *d*, tedy že jim na tom nezáleží. Možnost, že je studentům jedno, zda se invazní druhy budou z nepůvodních stanovišť odstraňovat nebo ne, volili průkazně nejčastěji studenti, kteří dle otázky č. 1 o invazních rostlinách nikdy neslyšeli ( $p < 0,001$ ).



Obr. 10: Odstraňování invazních rostlin z nepůvodních stanovišť (otázka č. 8): a – ano, i za pomoci státu, b – ano, ale jen za účasti dobrovolníků, c – ne, příroda si poradí sama, d – je mi to jedno, e – jiná možnost



Obr. 11: Odstraňování invazních rostlin z nepůvodních stanovišť vs. počet bodů z dotazníku: a – ano, i za pomoci státu, b – ano, ale jen za pomoci dobrovolníků, c – ne, d – je mi jedno, e – jiná možnost. ANOVA, závislá proměnná počet bodů z vědomostní části dotazníku, nezávislá odpověď na otázku č. 8, kovariáta kód třídy,  $p < 0,001$ ,  $R^2 = 29,9\%$ . Prokazatelně se liší možnosti *a*, *b*, *e* od možností *c*, *d* a možnost *c* od možnosti *d*

### 3.1.9 OTÁZKA Č. 9

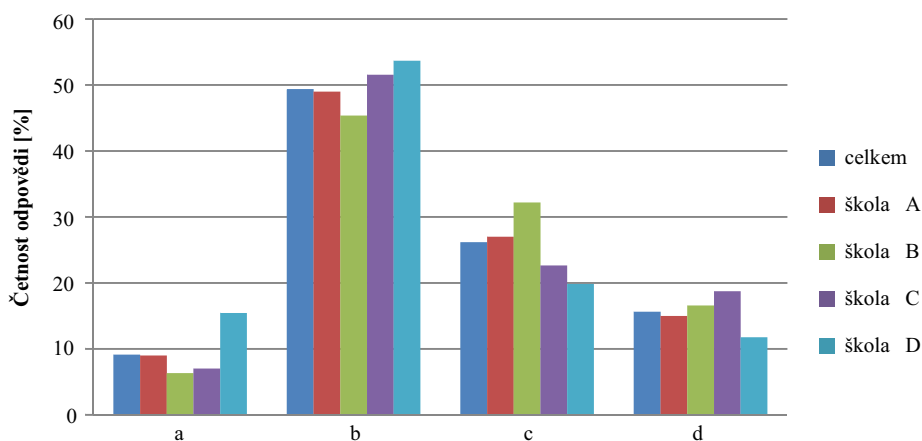
Otázka č. 9: Která možnost nejlépe vystihuje tvůj názor na problematiku invazních rostlin v ČR?

- Invazní rostliny nepředstavují pro ČR žádný problém.
- Invazní rostliny v současnosti nepředstavují pro ČR žádný problém, ale situace se do budoucna může změnit.

c) Invazní rostliny v ČR představují problém pouze ekologický problém.

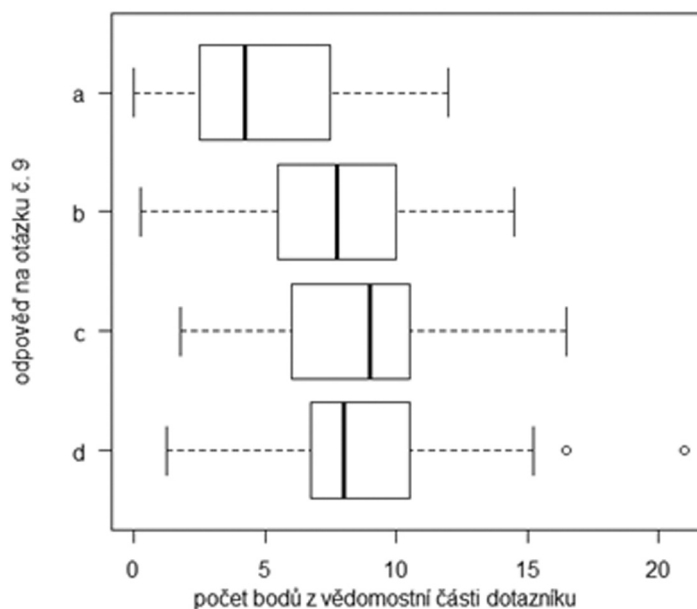
d) Invazní rostliny v ČR představují ekologický i ekonomický problém.

Podle největší části studentů (49 %) v současnosti nepředstavují invazní rostliny pro ČR žádný problém, i když situace se do budoucna může změnit. Méně studentů (26 %) považuje invazní rostliny v ČR za ekologický problém, 16 % studentů za ekologický i ekonomický problém. Žádný problém pro ČR nepředstavují invazní rostliny podle 9 % studentů (obr. 12).



Obr. 12: Jsou invazní rostliny v ČR problém? (otázka č. 9): a – žádný problém, b – v současnosti žádný problém, ale může se to do budoucna změnit, c – pouze ekologický problém, d – ekologický i ekonomický problém

Odpověď na otázku č. 9 prokazatelně závisela na počtu bodů získaných z vědomostní části dotazníku ( $p < 0,001$ ,  $R^2 = 12,7$  %). Studenti, kteří zvolili možnost, že invazní rostliny nepředstavují pro ČR žádný problém, měli průměrně prokazatelně méně bodů než studenti, kteří zvolili jinou možnost. V počtech bodů mezi studenty, kteří zvolili možnosti b, c a d nebyl prokázán rozdíl (obr. 13).



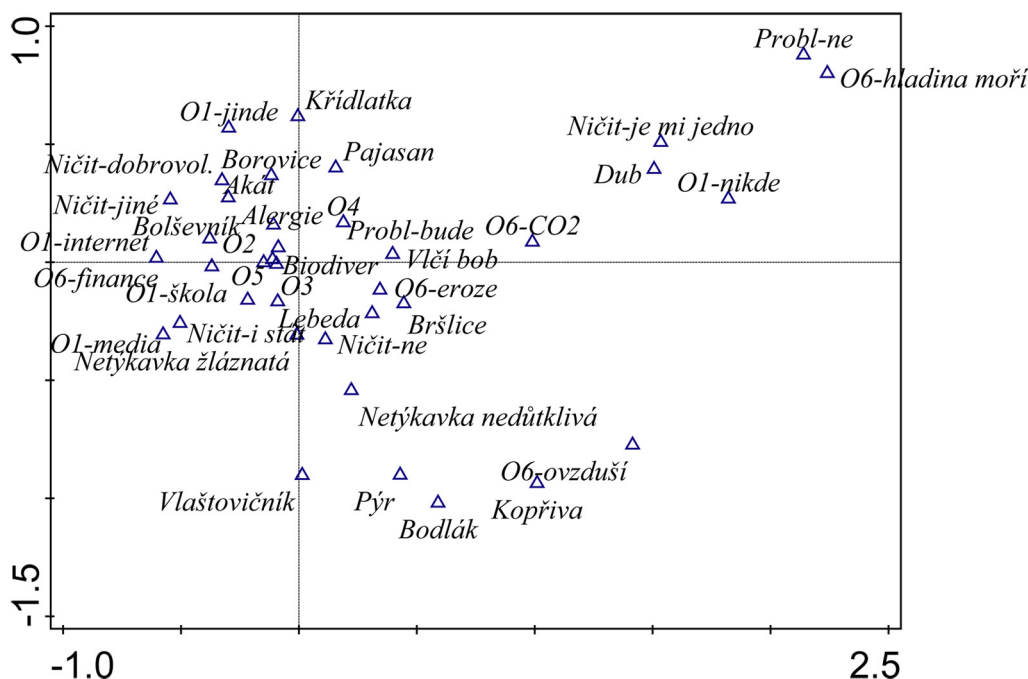
Obr. 13: Invazní rostliny jako problém vs. počet bodů z dotazníku: a – žádný problém, b – v současnosti žádný problém, ale může se to do budoucna změnit, c – pouze ekologický problém, d – ekologický i ekonomický problém. ANOVA, závislá proměnná počet bodů z vědomostní části dotazníku, nezávislá odpověď na otázku č. 9, kovariáta kód třídy,  $p < 0,001$ ,  $R^2 = 12,7$  %, prokazatelně se liší možnost a od ostatních možností

## 3.2 VZTAHY MEZI ODPOVĚĐMI NA JEDNOTLIVÉ OTÁZKY

### 3.2.1 VZTAHY MEZI ODPOVĚĐMI NA JEDNOTLIVÉ OTÁZKY – VÝSLEDEK DCA

Vztahy mezi odpověďmi na jednotlivé otázky jsou zobrazeny na obr. 14.

V grafu (obr. 14) je vidět, že odpovědi tvoří minimálně tři jasně odlišitelné shluky. Shluk bodů v pravé horní části grafu ukazuje, že studenti, kteří o invazích nikdy neslyšeli, častěji označovali možnost, že invazní rostliny nepředstavují pro ČR žádnou hrozbu a že je studentovi jedno, zda se invazní rostliny budou z nepůvodních stanovišť odstraňovat nebo ne. Současně s těmito odpověďmi se také často vyskytovaly odpovědi, že mezi problémy způsobované invazními rostlinami patří zvyšování hladiny moří a oceánů a zvyšování koncentrace oxidu uhličitého a že dub letní patří mezi rostliny v ČR invazní.



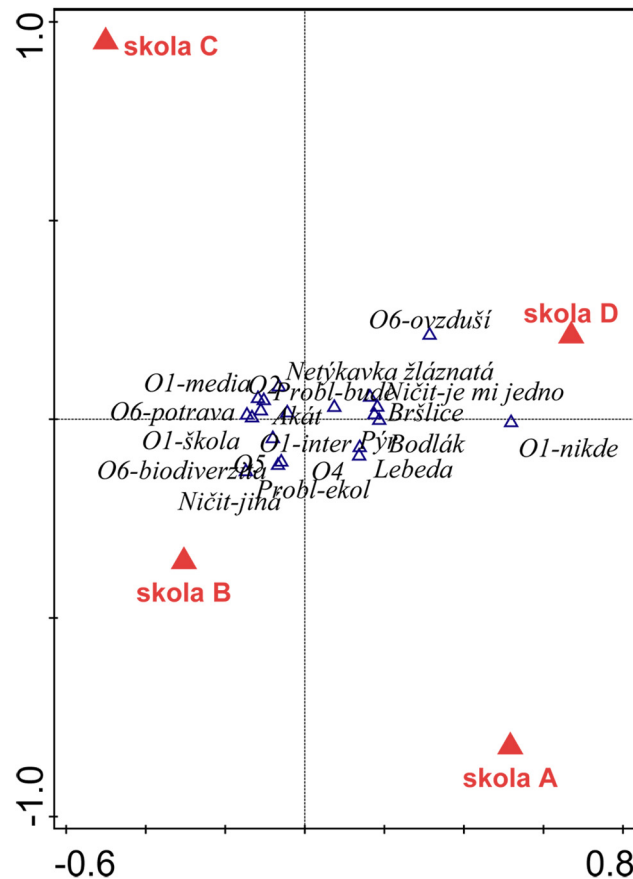
Obr. 14: Korelace mezi odpověďmi na jednotlivé otázky v dotazníku. Ordinační diagram DCA. První dvě osy vysvětlily po řadě 20,0 % a 10,3 % variability. O1 – odpověď na otázku č. 1 (zdroj informací), O2, O3, O4, O5 – správné zodpovězení otázek č. 2, 3, 4 a 5, O6 – odpověď na otázku č. 6 (jaké problémy způsobují invazní rostliny), názvy druhů – odpověď na otázku č. 7 (které druhy jsou v ČR invazní), Probl – odpověď na otázku č. 8, zda invazní rostliny představují pro ČR problém, Ničit – odpověď na otázku č. 9, zda se invazní rostliny mají z nepůvodních stanovišť odstraňovat nebo ne. Přesné vysvětlení zkratk v Příloze 3

Druhý výrazný shluk bodů umístěný v dolní části grafu ukazuje na to, že nesprávně označené invazní druhy rostlin se často vyskytovaly ve stejném dotazníku. Je vidět, že pokud student považoval za invazní druh např. kopřivu dvoudomou, považoval za invazní také častěji bodlák kadeřavý, pýr plazivý, vlaštovičník větší a netýkavku nedůtklivou. S těmito odpověďmi se také současně často objevovala odpověď, že mezi problémy způsobované invazními rostlinami patří znečištění ovzduší. Tyto odpovědi jsou ale na rozdíl od odpovědí předchozího shluku nezávislé na tom, zda student o invazních rostlinách někdy slyšel nebo ne.

Třetí, největší shluk bodů, zahrnuje více méně správné odpovědi. I v tomto shluku je možné vidět určité tendence souvisejících odpovědí, ty už ale nejsou tak výrazné jako oddělení prvních dvou zmíněných shluků a v tomto textu nebudou dále rozebírány.

### 3.2.2 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ ODPOVĚDI NA JEDNOTLIVÉ OTÁZKY

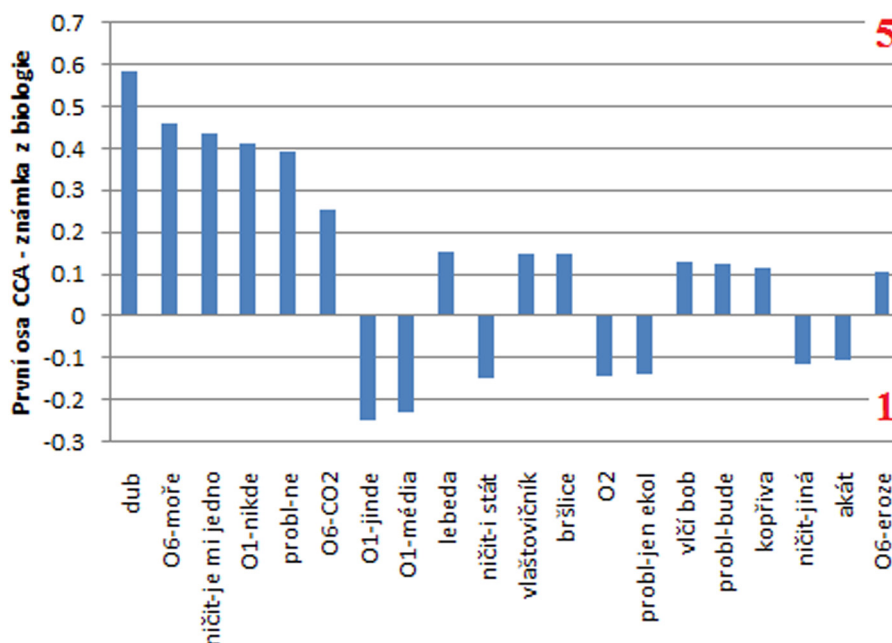
Odpovědi na otázky jsou průkazně ovlivněny školou, kterou student navštěvuje ( $p = 0,002$ , 2 % vysvětlené variability, obr. 15).



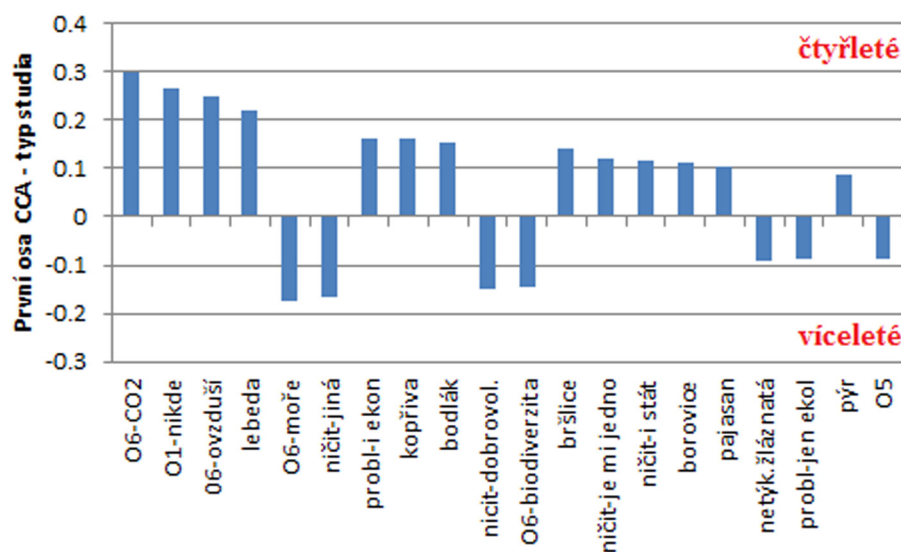
Obr. 15: Závislost odpovědí na navštěvované škole. Ordinační diagram CCA. Model vysvětlil 2 % celkové variability (pomocí tří os bylo možné vysvětlit max. 21 % variability v datech). 499 permutací,  $p = 0,002$ . Zobrazeno jen 20 proměnných, které nejvíce přispěly k vysvětlené variabilitě. O1 – odpověď na otázku č. 1 (zdroj informací), O2, O3, O4, O5 – správné zodpovězení otázek č. 2, 3, 4 a 5, O6 – odpověď na otázku č. 6 (jaké problémy způsobují invazní rostliny), názvy druhů – odpověď na otázku č. 7 (které druhy jsou v ČR invazní), Probl – odpověď na otázku č. 8, zda invazní rostliny představují pro ČR problém, Ničit – odpověď na otázku č. 9, zda se invazní rostliny mají z nepůvodních stanovišť odstraňovat nebo ne. Přesné vysvětlení zkratk v Příloze 3

Odpovědi na otázky v dotazníku prokazatelně závisely na studentově známce z biologie ( $p = 0,002$ , 0,8 % vysvětlené variability, obr. 16). Čím horší známku z biologie student má, tím spíše nikdy neslyšel o invazních rostlinách, nepovažuje invazní rostliny za problém a nezáleží mu na tom, jestli se invazní rostliny budou odstraňovat z nepůvodních stanovišť nebo ne, spíše také označil dub letní za invazní rostlinu a zvyšování hladiny moří a koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře za problémy způsobované invazními rostlinami. Studenti s horší známkou z biologie také častěji označovali lebedu lesklou, bršlici kozí nohu, pýr plazivý, včelí bob mnoholistý a kopřivu dvoudomou jako invazní rostliny. Čím lepší známku z biologie student má, tím spíše označil jako zdroj informací média a jiný zdroj, spíše dokáže definovat invazní rostlinu a spíše podporuje odstraňování invazních rostlin z nepůvodních stanovišť (obr. 16).





Obr. 16: Závislost odpovědí na studentově známce z biologie. Pozice odpovědí na první kanonické ose CCA, vysvětlující proměnná známka z biologie, kovariáta kód třídy, 499 permutací,  $p = 0,002$ , 0,8 % vysvětlené variability (pomocí jedné osy bylo možné vysvětlit max. 10,6 % variability v datech). Zobrazeno 20 proměnných, které nejvíce přispěly k vysvětlené variabilitě. Čím horší známka, tím spíše student volil možnosti uvedené nad osou  $x$ , čím lepší známka, tím spíše se objevovaly možnosti uvedené pod osou  $x$ . Vysvětlení zkratk v Příloze 3



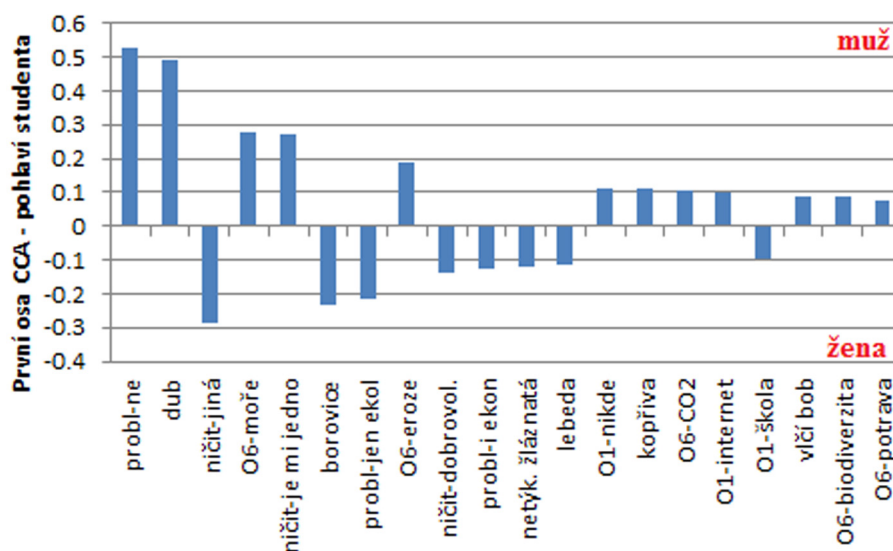
Obr. 17: Závislost odpovědí na typu studia. Pozice odpovědí na první kanonické ose CCA, vysvětlující proměnná typ studia, kovariáta škola a ročník, 499 permutací,  $p = 0,002$ , 0,4 % vysvětlené variability (pomocí jedné osy bylo možné vysvětlit max. 10,6 % variability v datech). Zobrazeno 20 proměnných, které nejvíce přispěly k vysvětlené variabilitě. Možnosti volené spíše studenty čtyřletých gymnázií nad osou  $x$ , víceletých gymnázií pod osou  $x$ . Vysvětlení zkratk v Příloze 3

Typ studia prokazatelně ovlivnil studentovy odpovědi na otázky v dotazníku ( $p = 0,002$ , 0,4 % vysvětlené variability). Z grafu (obr. 17) je patrné např. to, že studenti čtyřletých gymnázií častěji než studenti víceletých gymnázií uváděli zvýšení koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře a znečištění ovzduší jako problémy způsobované invazními rostlinami, častěji také označovali jako invazní rostliny ve sku-

tečnosti původní druhy lebedu lesklou, kopřivu dvoudomou, bodlák kadeřavý a pýr plazivý, ale také opravdu invazní borovici vejmutovku a pajasan žláznatý, a častěji uváděli, že o invazních rostlinách nikdy neslyšeli. Studenti víceletých gymnázií zase častěji uváděli jako problémy způsobované rostlinnými invazemi zvýšení hladiny moří a pokles biodiverzity a jako invazní druh častěji označovali netýkavku žláznatou.

Pohlaví studenta mělo prokazatelný vliv na volbu jeho odpovědí ( $p = 0,002$ , 0,5 % vysvětlené variability). Obr. 18 ukazuje, že studenti mužského pohlaví častěji uváděli, že nepovažují invazní rostliny za problém a že je jim jedno, zda budou invazní druhy z nepůvodních stanovišť odstraňovány nebo ne, častěji také označovali dub letní jako invazní druh a zvyšování hladiny moří a zvýšení eroze jako problém způsobovaný invazními rostlinami. Studentky zase častěji uváděly vlastní odpověď u otázky, zda odstraňovat invazní rostliny z nepůvodních stanovišť nebo ne, častěji uváděly invazní rostliny jako ekologický nebo ekologický i ekonomický problém a častěji označovaly borovici vejmutovku jako invazní druh (obr. 18).

Vliv ročníku na skladbu odpovědí nebyl prokázán ( $p = 0,626$ ).

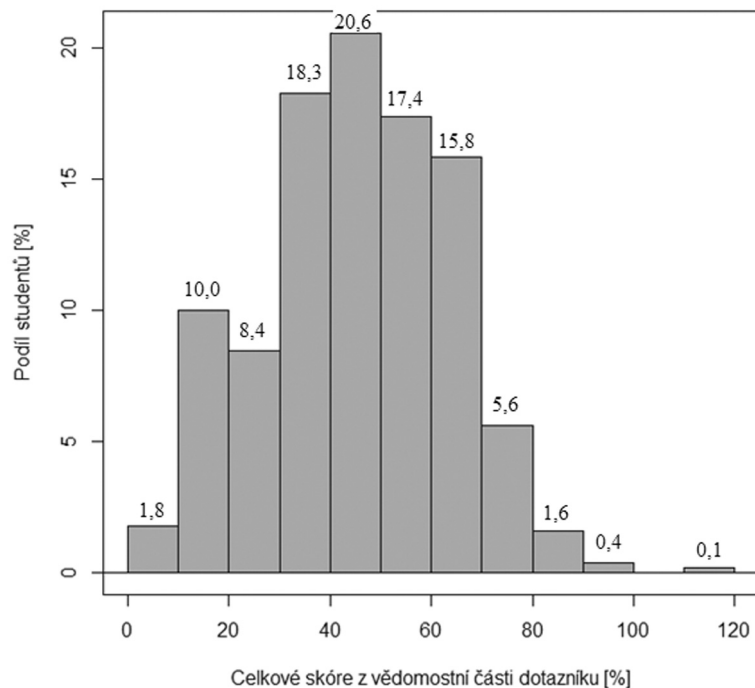


Obr. 18: Závislost odpovědí na pohlaví respondenta. Pozice odpovědí na první kanonické ose CCA, vysvětlující proměnná pohlaví respondenta, kovariáta kód třídy, 499 permutací,  $p = 0,002$ , 0,5 % vysvětlené variability (pomocí jedné osy bylo možné vysvětlit max. 10,6 % variability v datech). Zobrazeno 20 proměnných, které nejvíce přispěly k vysvětlené variabilitě. Možnosti volené spíše studenty mužského pohlaví nad osou  $x$ , ženského pohlaví pod osou  $x$ . Vysvětlení zkratk v Příloze 3

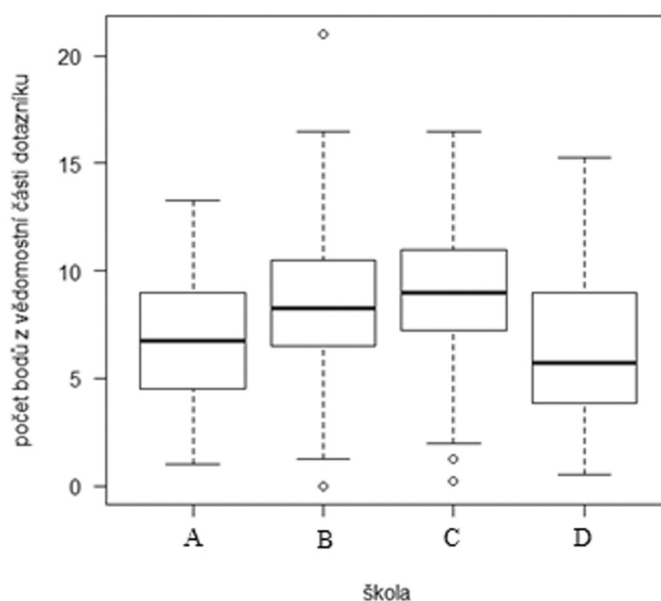
### 3.3 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ CELKOVOU ÚROVEŇ VĚDOMOSTÍ Z OBLASTI ROSTLINNÝCH INVAZÍ

Celkem bylo za vědomostní část dotazníku možné získat maximálně 17,5 bodu + bonusy na další uvedené invazní rostliny. Průměrný získaný počet bodů (průměr  $\pm$  směrodatná odchylka) byl  $7,8 \pm 3,3$  bodu (tedy 44,6 %  $\pm$  18,9 % bodů, za 100 % považováno 17,5 bodu), minimální získaný počet bodů byl 0, maximální 21 bodů (obr. 19).

Celkový počet bodů z vědomostní části dotazníku se prokazatelně lišil mezi studenty jednotlivých škol ( $p < 0,001$ ,  $R^2 = 12,0$  %, obr. 20).

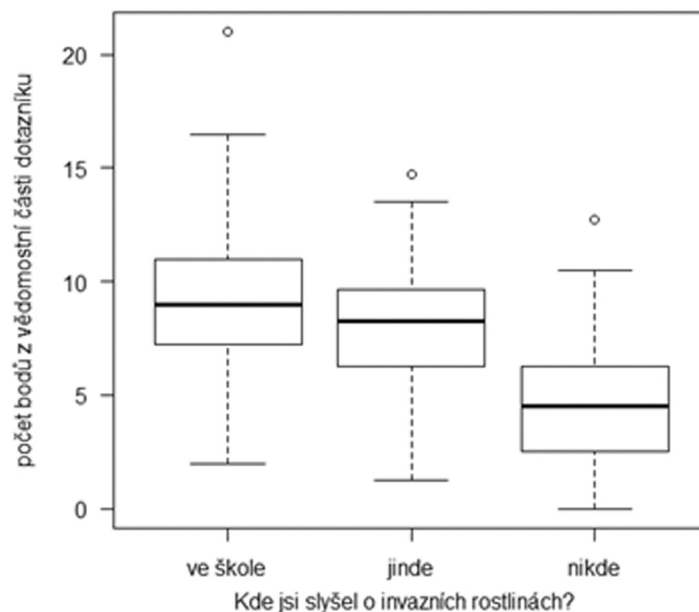


Obr. 19: Celkový počet bodů z vědomostní části dotazníku. Čísla nad sloupečky uvádí procentuální podíl studentů, kteří dosáhli skóre daného intervalu

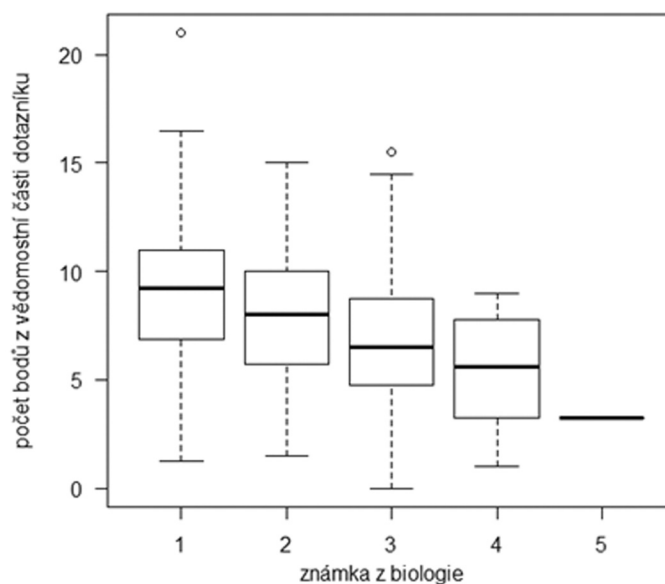


Obr. 20: Závislost počtu bodů z vědomostní části dotazníku na navštěvované škole. ANOVA, závislá proměnná počet bodů z vědomostní části dotazníku, nezávislá proměnná škola, kovariáty ročník a typ studia,  $p < 0,001$ ,  $R^2 = 12,0 \%$ , prokazatelně se liší školy B a C od škol A a D, ostatní rozdíly nejsou průkazné

Prokázán byl i vztah mezi celkovým počtem bodů a zdrojem informací o invazních rostlinách ( $p < 0,001$ ,  $R^2 = 56,9 \%$ ), prokazatelně se od sebe lišily všechny tři úrovně (zdroj informací: škola, jiný, žádný). Studenti, kteří o invazích slyšeli ve škole, měli z dotazníku více bodů než studenti, kteří o invazích slyšeli jinde nebo o nich nikdy neslyšeli. Studenti, kteří o invazích slyšeli alespoň jinde než ve škole, měli více bodů než studenti, kteří o invazích neslyšeli nikdy (obr. 21).



Obr. 21: Závislost mezi počtem bodů z vědomostní části dotazníku a zdrojem informací o rostlinných invazích (otázka č. 1). ANOVA, závislá proměnná počet bodů z vědomostní části dotazníku, nezávislá proměnná upravené odpovědi na otázku č. 1, kovariáta kód třídy,  $p < 0,001$ ,  $R^2 = 56,9 \%$ , prokazatelně se od sebe liší všechny možnosti

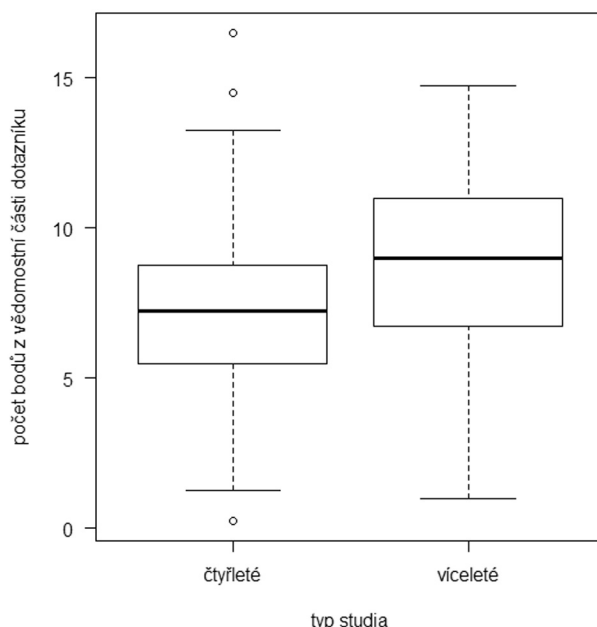


Obr. 22: Závislost počtu bodů z vědomostní části dotazníku na známce z biologie. ANOVA, závislá proměnná počet bodů z vědomostní části dotazníku, nezávislá proměnná známka z biologie, kovariáta kód třídy,  $p < 0,001$ ,  $R^2 = 13,0 \%$ , rozdíly prokazatelné mezi všemi známkami s výjimkou známek 3 a 4

Celkový počet bodů také prokazatelně závisel na známce z biologie ( $p < 0,001$ ,  $R^2 = 13,0 \%$ ) – čím lepší známku z biologie student měl, tím více bodů v průměru získal (obr. 22). Rozdíly byly prokazatelné mezi všemi známkami kromě známek 3 a 4.

Celkový počet bodů závisel i na typu studia ( $p = 0,027$ ,  $R^2 = 0,9 \%$ ) – studenti víceletých gymnázií získali z dotazníku průměrně víc bodů než studenti čtyřletých gymnázií (obr. 23).

Vliv ročníku ( $p = 0,058$ ) ani pohlaví respondenta ( $p = 0,703$ ) na celkový počet bodů získaných za vědomostní část dotazníku nebyl prokázán.



Obr. 23: Závislost počtu bodů z vědomostní části dotazníku na typu studia. ANOVA, závislá proměnná počet bodů z vědomostní části dotazníku, nezávislá typ studia, kovariáta škola a ročník,  $p = 0,027$ ,  $R^2 = 0,9 \%$

## 4 DISKUSE

Výsledky dotazníkového šetření ukázaly, že studenti mají o rostlinných invazích velmi malé povědomí. O rostlinných invazích dle dotazníku vůbec nikdy neslyšela téměř pětina studentů. Studenti, kteří uvedli, že o rostlinných invazích nikdy neslyšeli, skutečně dosahovali celkově nejhoršího výsledku z vědomostní části dotazníku a nejčastěji volili i „absurdní“ možnosti u některých otázek, takže není důvod předpokládat, že by si vymýšleli a ve skutečnosti o invazích slyšeli. Přestože je problematika invazních rostlin poměrně závažná a v posledních letech velmi diskutovaná, je podíl studentů, kteří o ní nikdy neslyšeli, vysoký. Přihlédneme-li navíc k faktu, že šetření probíhalo jen na výběrových gymnáziích, lze předpokládat, že u studentů středních škol celkově bude toto číslo ještě výrazně vyšší. To, že v tomto výzkumu byl vybrán vzorek nadprůměrně informovaných studentů (resp. nadprůměrných gymnázií), podporuje i srovnání s výzkumem Bartoše (2011), podle kterého o rostlinných invazích nikdy neslyšelo celých 38 % studentů.

Dotazníkové šetření ukázalo, že znalosti zkoumaného vzorku studentů v oblasti rostlinných invazí jsou velmi slabé. Více než polovina studentů získala z vědomostní části dotazníku méně než 50 % bodů, více než 70 % bodů získalo pouhých 8 % studentů. Takovýto výsledek osobně považuji za velmi špatný, obzvlášť vzhledem k velkému počtu uzavřených otázek, a tedy poměrně velké pravděpodobnosti uhodnutí správné možnosti bez jakékoli znalosti. Pokud by byl průměrný výsledek studentů, kteří dle dotazníku o rostlinných invazích nikdy neslyšeli, považován za průměrný výsledek všech studentů, kteří o problematice vůbec nic neví a odpovědi jen natipovali, mohlo by se tvrdit, že vůbec nic o problematice neví téměř polovina respondentů. Tento odhad je samozřejmě jen velmi orientační, protože vzorek studentů, kteří o problematice nikdy neslyšeli, nebyl pro takovéto zobecňování dostatečně velký (127 respondentů) ani reprezentativní, studenti si navíc mohli něco o invazních rostlinách vybavit během vyplňování dotazníku a jen se nevrátili k první otázce. Přesnější by bylo spočítat rozložení pravděpodobností, že student zcela ná-

hodně získá dané počty bodů, a vycházet z těchto údajů, kvůli složitému bodovacímu systému by ale bylo tento výpočet náročně provést.

Celkově nejmenší problémy měli studenti se zodpovězením otázek týkajících se základních definic invazních rostlin, tedy otázek č. 2. a č. 3. U otázky č. 3, kde měli studenti vybrat z nabídky správnou odpověď týkající se rozdílu mezi nepůvodní a invazní rostlinou, zvolily správnou odpověď téměř tři čtvrtiny studentů. Vzhledem k tomu, že řada studentů, která zvolila správnou možnost u otázky č. 3, ale definovala u otázky č. 2 (otevřená otázka – definice invazní rostliny) invazní rostlinu jako rostlinu nepůvodní, je třeba se k výsledku stavět kriticky a připustit možnost, že část studentů se prostě jen „trefila“ do správné možnosti nebo že nesprávné možnosti byly příliš absurdní. Na nízkou obtížnost této otázky ukazuje i výzkum (Schreck Reis et al., 2013), kde na podobnou otázku odpovědělo správně 61 % studentů, a to i přesto, že celková úroveň znalostí o invazních rostlinách byla u studentů jinak velmi nízká. Ani výsledek otázky č. 2 ale nebyl špatný. Téměř 40 % studentů odpovědělo na otázku zcela správně a stejné množství alespoň částečně správně, jen necelá čtvrtina respondentů uvedla zcela špatnou odpověď. Špatnou odpověď navíc téměř vždy uvedli studenti, kteří dle dotazníku o invazních rostlinách nikdy neslyšeli. Jen 5 % studentů o invazích údajně slyšelo a přitom uvedlo nesprávnou definici. Pak se nejčastěji jednalo o záměnu invazní rostliny s plevelem, což je mezi laiky poměrně častý jev (Colton & Alpert, 1998). Na otázku, kde student musí sám formulovat odpověď, se jedná o výsledek poměrně dobrý, a to i v porovnání s podobnými výzkumy. Podobně koncipovanou otázku ve výzkumu Bartoše (2011) zodpovědělo zcela správně jen 14 % a částečně správně 46 % gymnaziálních studentů, v dotazníkovém šetření kalifornské studie (Colton & Alpert, 1998) rozuměla pojmu rostlinná invaze jen třetina respondentů (zde se ale nejednalo o studenty). Poměrně snadná byla pro studenty i otázka, jak byly invazní rostliny do České republiky přivezeny (otázka č. 5). Všechny správné odpovědi označilo 42 % studentů (zatímco na podobnou otázku ve výzkumu (Schreck Reis et al., 2013) odpovědělo zcela správně jen 6 % respondentů), špatnou odpověď zvolily jen 4 % studentů.

Největší problémy měli studenti s výběrem invazních druhů ze seznamu rostlin (otázka č. 7). Za otázku, kde studenti mohli získat celkem sedm bodů (plus případné bonusy za uvedení invazní rostliny mimo seznam), získala více než polovinu bodů pouhá čtvrtina studentů. Celá polovina studentů navíc získala méně než 1,5 bodu, což je výsledek špatný i na pouhé tipování. Navíc lze předpokládat, že i část studentů, kteří znají jména invazních rostlin, tyto rostliny ve skutečnosti nepoznají (Bebbington, 2005; Schussler & Olzak, 2008; Schreck Reis et al., 2013) a nemůže tedy nijak pomoci v jejich monitoringu nebo managementu.

Nejznámější jsou mezi studenty invazní rostliny trnovník akát a bolševník velkolepý – obě rostliny označila přibližně polovina studentů. Stejného výsledku dosáhl ve svém šetření i Bartoš (2011). Tyto rostliny jsou jako invazní nejčastěji uváděny i v českých učebnicích biologie (Florianová, 2014). Nejméně často byly z uvedených invazních rostlin jako invazní označovány borovice vejmutovka a vlčí bob mnoholistý (oboje uvedla přibližně pětina studentů). Tyto rostliny zároveň patří mezi rostliny, které naše učebnice biologie v souvislosti s invazemi téměř neuvádí (Florianová, 2014). Borovice vejmutovka je přitom v současnosti považovaná za velmi problematický druh působící řadu problémů zejména v NP České Švýcarsko (Hadincová et al., 2008). Řada studentů uvedla jako invazní i druhy, které ve skutečnosti invazní nejsou. Některé druhy (např. pýr plazivý nebo bodlák kadeřavý) mohly být vybrány jako plevele (souvisí s nesprávnou definicí invazních rostlin), u netýkavky nedůtklivé lze předpokládat záměnu s invazní netýkavkou malokvětou, vždy se samozřejmě může

jednat i o náhodné vybrání rostliny. V porovnání s podobnou otázkou ve studii Bartoše (2011) studenti v tomto výzkumu označovali neinvazní druhy (kromě netýkavky nedůtklivé) jako invazní méně často, nejnapadnější byl rozdíl ve frekvenci výběru kopřivy dvoudomé (38 % vs. 10 %) a pýru plazivého (52 % vs. 29 %).

Poměrně problematická byla i otázka, kde studenti měli z nabídky vybírat problémy způsobované invazními rostlinami (otázka č. 6). Zde studenti neztráceli moc často body za to, že by vybrali nesprávnou odpověď (nesprávné odpovědi vybralo jen přibližně 10 % studentů), ale spíš za to, že z nabídky nevybrali všechny správné odpovědi – více než polovina studentů např. neví o problému snižování biodiverzity, více než 80 % studentů nevedlo jako problém způsobovaný invazními rostlinami zvyšování eroze. Podle studie (Colton & Alpert, 1998) lidé obvykle uvádí jako problémy způsobované invazními rostlinami ty problémy, které se jich osobně dotýkají. Nejčastěji bývají uváděné zdravotní obtíže, dále pak finanční ztráty a snižování zemědělské produktivity. Snižování biodiverzity, spotřebovávání dostupných zdrojů nebo změny v potravních řetězcích bývají alespoň u otevřených otázek uváděny jen zřídka (Colton & Alpert, 1998). V této práci ale spotřebovávání zdrojů a změny v potravních řetězcích patřily mezi nejčastěji uváděné problémy. Proto lze předpokládat, že studenti nečerpají vědomosti až tak moc z osobních zkušeností, ale spíš z hodin biologie. Na rozdíl od respondentů ve studii (Schreck Reis et al., 2013) studenti v tomto výzkumu jen velmi zřídka vybírali nesprávné odpovědi. Zvyšování koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře vybralo jako problém způsobovaný rostlinnými invazemi jen 6 % studentů (vs. 35 % studentů ve studii Schreck Reis et al., 2013) a znečišťování ovzduší jen 5 % studentů (vs. 16 % studentů ve studii Schreck Reis et al., 2013). Tyto odpovědi navíc téměř vždy označili jen ti studenti, kteří o rostlinných invazích nikdy neslyšeli.

Studenti nesprávně odpovídali i na otázku, kolik invazních druhů rostlin roste v České republice (otázka č. 4). Nejčastěji studenti volili nesprávnou možnost 600 druhů, správná možnost 60 druhů byla druhá nejčastější. Extrémní hodnoty 6 a 6 000 druhů volilo jen málo studentů, což ukazuje, že přibližný odhad studenti mají. U této otázky jako u jediné dosáhli studenti tohoto výzkumu horšího výsledku než respondenti ve studii (Schreck Reis et al., 2013), je ale třeba uvést, že ve studii (Schreck Reis et al., 2013) byly k otázce na výběr jen tři možnosti, takže šance na náhodně správnou odpověď byla výrazně větší. Nesprávné zodpovězení této otázky ale nepředstavuje závažný problém, jednalo se o otázku poměrně těžkou a z hlediska hodnocení znalostí ne příliš významnou.

Stejně jako ve studii Bartoše (2011) se většina studentů tohoto výzkumu domnívá, že invazní rostliny představují nebo alespoň v budoucnu mohou představovat pro Českou republiku problém. Přibližně polovina studentů si myslí, že by se invazní rostliny měly alespoň za určitých podmínek z nepůvodních stanovišť odstraňovat, necelá čtvrtina by invazní rostliny neodstraňovala, čtvrtině studentům je to jedno. Odpověď, že je to studentovi jedno, se objevovala u všech studentů, kteří o problematice nikdy neslyšeli, a ukazuje tak na upřímnost při vyplňování dotazníku. Stejně jako u předchozích výzkumů (Colton & Alpert, 1998, Bremner & Park, 2007) se i v této práci potvrdilo, že odstraňování invazních druhů podporují spíš lidé s větším povědomím o dané problematice. Chceme-li tedy získat ze strany veřejnosti podporu managementu invazních rostlin, musíme se v první řadě zajímat o zvýšení celkové informovanosti veřejnosti.

Nejdůležitějším zdrojem informací o rostlinných invazích je pro studenty škola, zde čerpá informace až 63 % studentů (ve studii Bartoše (2011) to bylo 45 %). Na důležitost školy poukazuje i fakt, že studenti, kteří čerpali informace ve škole,

měli celkově lepší znalosti dané problematiky než studenti, kteří informace čerpali jinde, i to, že studenti s lepší známkou z biologie měli průměrně lepší znalosti.

Protože jsou znalosti studentů celkově velmi slabé, je potřeba apelovat na školy a učitele, aby se na výuku dané problematiky více zaměřili. Problematika rostlinných, popř. biologických invazí by měla být obecně probírána v kontextu globálních ekologických problémů, a to jak v hodinách biologie nebo ekologie, tak v hodinách geografie. Dále je žádoucí, aby byla problematika invazních rostlin připomínána průběžně při probírání jednotlivých čeledí a jejich významných zástupců. Protože učebnice jako jeden z hlavních zdrojů informací nejen pro studenty, ale i pro samotné učitele (Průcha, 1998, Jelínková, 2013) většinou pokrývají téma rostlinných invazí jen okrajově (Floriová, 2014), je potřeba, aby učitelé získávali informace i z jiných zdrojů. Jako kvalitní česky psané zdroje lze uvést např. sérii článků *Zelení cizinci a nové krajiny* v populárně naučném časopise *Vesmír* (Pyšek & Sádlo, 2004a-d) nebo článek (Chytrý & Pyšek, 2008). Informace o jednotlivých druzích invazních rostlin je možné čerpat z prací (Mlíkovský & Stýblo, 2006; Pyšek et al. 2012) nebo z databáze DAISIE (2009). Konkrétní postupy pro výuku invazních rostlin ve škole navrhuje Bartoš (2011). Pro zpestření výuky lze také využít služeb ekologických středisek, která často nabízí i výukové programy zaměřené na biologické invaze (např. program *Vetřelci mezi námi – invazní druhy naší přírody*, nabízený střediskem Lipka v Brně, program *Zelená invaze* nabízený ekocentrem Paleta v Pardubickém kraji, program *Invaze útočí* nabízený Centrem rozvoje Česká Skalice a další). Ve výukových programech těchto středisek se studenti s problematikou invazních rostlin seznamují nenásilnou formou, s využitím her a prvků zážitkové pedagogiky, a je zde tedy poměrně velká šance, že poskytované informace opravdu pochopí (Schreck Reis et al., 2013) nebo že v nich aktivity dokonce probudí opravdový zájem o danou problematiku (Strgar, 2007).

## 5 ZÁVĚR

Cílem předkládané studie bylo pomocí dotazníkového šetření zjistit, jak se studenti vybraných gymnázií orientují v problematice invazních rostlin. Dotazníkové šetření ukázalo, že studenti mají o rostlinných invazích nedostatečné povědomí. Poměrně často sice znají pojem invaze a dokáží ho více či méně správně vysvětlit, mají ale velké nedostatky ve znalostech konkrétních invazních druhů ČR i ve znalostech problémů, které mohou invazní rostliny způsobovat. Dotazníkové šetření bylo provedeno jen na omezeném vzorku škol, není tedy možné na jeho základě dělat všeobecně platné závěry. Bylo by proto vhodné na tento výzkum navázat podrobnějším výzkumem, ideálně doplněným i výzkumem úrovně výuky této problematiky na daných školách a vztahem učitelů k ní. Na základě takového výzkumu by pak bylo možné navrhnout vhodné učební pomůcky, programy nebo příručky pro výuku dané problematiky.

## LITERATURA

Bartoš, J. (2011). *Možnosti osvětové činnosti v problematice biologických invazí u studentů SŠ* [Diplomová práce]. Dostupné z

<https://is.cuni.cz/webapps/zzp/detail/68091/17086734/>

Bebbington, A. (2005). The ability of A-level students to name plants. *Journal of Biological Education*, 39(2), 62–67.



- Bremner, A. & Park, K. (2007). Public attitudes to the management of invasive non-native species in Scotland. *Biological Conservation*, 139(3–4), 306–314.
- Colton, T. F. & Alpert, P. (1998). Lack of public awareness of biological invasions by plants. *Natural Areas Journal*, 18(3), 262–266.
- Crawley, M. J. (2007). *The R Book*. Chichester: Wiley.
- DAISIE (2009). *Handbook of alien species in Europe*. Berlin: Springer.
- Florianová, A. (2014). *Rostlinné invaze v učebnicích biologie a v povědomí studentů vybraných gymnázií* [Závěrečná práce]. Dostupné z [https://is.cuni.cz/webapps/zzp/search/?tab\\_searchas=basic&lang=cs](https://is.cuni.cz/webapps/zzp/search/?tab_searchas=basic&lang=cs).
- García-Llorente, M., Martín-López, B., González, J. A., Alcorlo, P. & Montes, C. (2008). Social perceptions of the impacts and benefits of invasive alien species: Implications for management. *Biological Conservation*, 141(12), 2969–2983.
- Gavora, P. (2000). *Úvod do pedagogického výzkumu*. Brno: Paido.
- Hadincová, V., Köhnleinová, I., Marešová, J. & Šajtar, L. (2008). Šíření borovice vejmutovky v lesích České republiky. *Živa*, 3, 108–110.
- Hulme, P. E. (2006). Beyond control: wider implications for the management of biological invasions. *Journal of Applied Ecology*, 43(5), 835–847.
- Hulme, P. E., Nentwig, W., Pyšek, P. & Vilà, M. (2009). Common market, shared problems: Time for a coordinated response to biological invasions in Europe? In P. Pyšek & J. Pergl (Eds.), *Biological Invasions: Towards a synthesis*. Neobiota, 8, 3–19.
- Hulme, P. E., Vilà, M., Nentwig, W. & Pyšek, P. (2010). Are the aliens taking over? Invasive species and their increasing impact on biodiversity. In Settele et al. (Eds.), *Atlas of Biodiversity in Europe* (132–133). Sofia: Pensoft Publishers.
- Chrástka, M. (2007). *Metody pedagogického výzkumu: základy kvantitativního výzkumu*. Praha: Grada.
- Chytrý, M. & Pyšek, P. (2008): Invaze nepůvodních druhů v rostlinných společenstvech. *Zprávy České botanické společnosti*, 43(23), 17–40.
- Jandourek, J. (2003). *Úvod do sociologie*. Praha: Portál.
- Jelínková, L. (2013). *Monitoring stavu výuky ekologie na základních školách ČR* [Bakalářská práce]. Dostupné z <http://theses.cz/id/23cefn/BP6.pdf>
- Lepš, J. & Šmilauer, P. (2003). *Multivariate Analysis of Ecological Data Using CANOCO*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Millennium Ecosystem Assessment (2005). *Millennium Ecosystem Assessment Synthesis Report*. Washington, DC.
- Mlíkovský, J. & Stýblo, P. (2006). *Nepůvodní druhy fauny a flóry České republiky*. Praha: ČSOP.
- Průcha, J. (1998). *Učebnice: Teorie a analýzy edukačního média: příručka pro studenty, učitele, autory a výzkumné pracovníky*. Brno: Paido.
- Pyšek, P. & Sádlo, J. (2004a). Zavlečené rostliny: Sklízíme, co jsme zaselí? *Vesmír*, 83(1), 35–40.
- Pyšek, P. & Sádlo, J. (2004b). Zavlečené rostliny – jak je to u nás doma? Zelení cizinci a nové krajiny. *Vesmír*, 83(2), 80–85.

- Pyšek, P. & Sádlo, J. (2004c). S vlky výt: alternativy boje proti zavlečeným druhům rostlin. Zelení cizinci a nové krajiny 3. *Vesmír*, 83(3), 140–145.
- Pyšek, P. & Sádlo, J. (2004d). Zelení cizinci přicházejí: Hříčky, hry a dramata. *Vesmír*, 83(4), 200–206.
- Pyšek, P., Danihelka, J., Sádlo, J., Chrtek, J., Chytrý, M., Jarošík, V., Kaplan, Z., Krahulec, F., Moravcová, L., Pergl, J., Štajerová, K. & Tichý, L. (2012). Catalogue of alien plants of the Czech Republic (2nd edition): checklist update, taxonomic diversity and invasion patterns. *Preslia*, 84(2), 155–255.
- R Core Team (2014). *R: A language and environment for statistical computing*. Vienna: R Foundation for Statistical Computing.
- RVP G (2007). *Rámcový vzdělávací program pro gymnázia*. Výzkumný ústav pedagogický, Praha.
- RVP ZV (2013). *Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání*. MŠMT, Praha.
- Schreck Reis, C., Marchante, H., Freitas, H. & Marchante, E. (2013). Public perception of invasive plant species: Assessing the impact of workshop activities to promote young students' awareness. *International Journal of Science Education*, 35(4), 690–712.
- Schussler, E. E. & Olzak, L. A. (2008). It's not easy being green: Student recall of plant and animal images. *Journal of Biological Education*, 42(3), 112–118.
- Somaweera, R., Somaweera, N. & Shine, R. (2010). Frogs under friendly fire: How accurately can the general public recognize invasive species? *Biological Conservation*, 143(6), 1477–1484.
- Strgar, J. (2007). Increasing the interest of students in plants. *Journal of Biological Education*, 42(1), 1–5.
- Ter Braak, C. J. & Šmilauer, P. (2012). *Canoco 5: Software for Multivariate Data Exploration, Testing, and Summarization*.
- Zavaleta, E. (2000). The economic value of controlling an invasive shrub. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 29(8), 462–467.

---

ANNA FLORIANOVÁ, ancaflorianova@centrum.cz  
Universita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta  
Katedra botaniky  
Benátská 2, 128 01 Praha 2, Česká republika

# PŘÍLOHA 1: DOTAZNÍK – INVAZNÍ ROSTLINY

Škola: ..... Třída: .....  
Studium: čtyřleté víceleté  
Pohlaví: muž žena  
Známka z biologie na posledním vysvědčení: .....

---

Dotazník je anonymní. Data budou použita výhradně pro vypracování závěrečné práce na Přírodovědecké fakultě UK. Zodpověz prosím následující otázky samostatně a pravdivě.

1. **Z jakých zdrojů jsi slyšel(a) o invazních rostlinách?**(možno více odpovědí)
  - a) Škola
  - b) Média (noviny, televize)
  - c) Internet
  - d) Nikdy jsem o invazních rostlinách neslyšel(a)
  - e) Jiný .....
2. **Pokus se svými slovy definovat pojem invazní rostlina.**
  
3. **Vyber nejsprávnější tvrzení o nepůvodních a invazních rostlinách.**
  - a) Nepůvodní rostliny pocházejí ze severní polokoule, invazní rostliny z polokoule jižní.
  - b) Nepůvodní rostliny jsou rostliny, které žijí mimo primární areál výskytu už několik set let. Invazní rostliny jsou rostliny, které žijí mimo primární areál výskytu teprve několik desetiletí.
  - c) Nepůvodní rostliny jsou rostliny rostoucí mimo primární areál výskytu. Invazní rostliny jsou nepůvodní rostliny, které se samovolně šíří a způsobují řadu problémů.
  - d) Mezi nepůvodními a invazními rostlinami není žádný rozdíl, oba pojmy znamenají totéž.
4. **Které z uvedených čísel má nejbližše počtu invazních druhů rostlin v ČR?**
  - a) 6
  - b) 60
  - c) 600
  - d) 6 000
5. **Jak se invazní rostliny dostaly do ČR?** (možno více odpovědí)
  - a) Byly přivezeny jako okrasné rostliny.
  - b) Byly přivezeny omylem, např. přimíchané v dovážených semenech nebo obilí.
  - c) Byly přivezeny pro lesnické účely.
  - d) Žádná z výše uvedených možností není správná.

6. **Vyber ze seznamu problémy, které mohou být způsobovány invazními rostlinami.**

- a) Snížení biodiverzity
- b) Snížení zemědělské produktivity
- c) Zvýšení koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře
- d) Finanční ztráty související s likvidací invazních druhů
- e) Zvýšení hladiny moří a oceánů
- f) Zvýšená eroze
- g) Zdravotní problémy lidí (alergie apod.)
- h) Zvýšené znečišťování ovzduší
- i) Změny v potravních vztazích mezi organismy
- j) Nedostatek zdrojů pro původní druhy

7. **Vyber ze seznamu rostliny, které jsou v České republice považovány za invazní. Znáš ještě nějaké jiné invazní rostliny? Pokud ano, napiš jejich jména.**

|                       |                  |                     |
|-----------------------|------------------|---------------------|
| borovice vejmutovka   | bodlák kadeřavý  | bršlice kozí noha   |
| bolševník velkolepý   | dub letní        | netýkavka žláznatá  |
| netýkavka nedůtklivá  | kopřiva dvoudomá | vlčí bob mnoholistý |
| pýr plazivý           | trnovník akát    | vlaštovičník větší  |
| křídlatka sachalinská | lebeda lesklá    | pajasan žláznatý    |

**Další invazní rostliny:**

.....  
.....

8. **Měly by se podle tvého mínění invazní druhy rostlin z nepůvodních stanovišť odstraňovat?**

- a) Ano, a to i za finanční podpory státu.
- b) Ano, ale na odstraňování by se měli podílet pouze dobrovolníci.
- c) Ne, příroda si sama poradí.
- d) Je mi to jedno.
- e) Jiná možnost .....

9. **Která možnost nejlépe vystihuje tvůj názor na problematiku invazních rostlin v ČR?**

- a) Invazní rostliny nepředstavují pro ČR žádný problém.
- b) Invazní rostliny v současnosti nepředstavují pro ČR žádný problém, ale situace se do budoucna může změnit.
- c) Invazní rostliny v ČR představují problém pouze ekologický problém.
- d) Invazní rostliny v ČR představují ekologický i ekonomický problém.

*Děkuji za vyplnění dotazníku  
Bc. Anna Florianová*

## PŘÍLOHA 2: POČTY RESPONDENTŮ V JEDNOTLIVÝCH KATEGORIÍCH

| gymnázium | ročník |     |     | typ studia |          | pohlaví |      | známka z biologie |     |     |       |     | celkem |
|-----------|--------|-----|-----|------------|----------|---------|------|-------------------|-----|-----|-------|-----|--------|
|           | 1.     | 2.  | 3.  | čtyřleté   | víceleté | muž     | žena | jedna             | dva | tři | čtyři | pět |        |
| Biskupské | 0      | 64  | 36  | 38         | 62       | 29      | 71   | 47                | 36  | 11  | 5     | 1   | 100    |
| Botičská  | 77     | 73  | 55  | 205        | 0        | 87      | 118  | 46                | 82  | 66  | 11    | 0   | 205    |
| Písnická  | 41     | 44  | 43  | 63         | 65       | 62      | 66   | 41                | 42  | 37  | 8     | 0   | 128    |
| Ústavní   | 24     | 29  | 83  | 0          | 136      | 58      | 78   | 41                | 63  | 32  | 0     | 0   | 136    |
| celkem    | 142    | 210 | 217 | 306        | 263      | 236     | 333  | 175               | 223 | 146 | 24    | 1   | 569    |

## PŘÍLOHA 3: SEZNAM ZKRATEK POUŽITÝCH V GRAFECH

**Zkratka**                      **Celé znění odpovědi**

### 1) Z jakých zdrojů jsi slyšel(a) o invazních rostlinách?

- |               |  |
|---------------|--|
| O1 – škola    | a) Škola   |
| O1 – média    | b) Média (noviny, televize)                      |
| O1 – internet | c) Internet                                      |
| O1 – nikde    | d) Nikdy jsem o invazních rostlinách neslyšel(a) |
| O1 – jinde    | e) Jiný  |

### 6) Vyber ze seznamu problémy, které mohou být způsobovány invazními rostlinami.

- |                      |  |
|----------------------|--|
| O6 – biodiverzita    | a) Snížení biodiverzity                                    |
| O6 – zemědělství     | b) Snížení zemědělské produktivity                         |
| O6 – CO <sub>2</sub> | c) Zvýšení koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře        |
| O6 – finance         | d) Finanční ztráty související s likvidací invazních druhů |
| O6 – moře            | e) Zvýšení hladiny moří a oceánů                           |
| O6 – eroze           | f) Zvýšená eroze   |
| O6 – alergie         | g) Zdravotní problémy lidí (alergie apod.)                 |
| O6 – ovzduší         | h) Zvýšené znečišťování ovzduší                            |
| O6 – potrava         | i) Změny v potravních vztazích mezi organismy              |
| O6 – zdroje          | j) Nedostatek zdrojů pro původní druhy                     |

### 7) Vyber ze seznamu rostliny, které jsou v České republice považovány za invazní.

- |                   |                       |
|-------------------|-----------------------|
| borovice          | borovice vejmutovka   |
| bodlák            | bodlák kadeřavý       |
| bršlice           | bršlice kozí noha     |
| bolševník         | bolševník velkolepý   |
| dub               | dub letní             |
| netýk. žláznatá   | netýkavka žláznatá    |
| netýk. nedůtklivá | netýkavka nedůtklivá  |
| kopřiva           | kopřiva dvoudomá      |
| vlčí bob          | vlčí bob mnoholistý   |
| pýr               | pýr plazivý           |
| akát              | trnovník akát         |
| vlaštovičník      | vlaštovičník větší    |
| křídlatka         | křídlatka sachalinská |
| lebeda            | lebeda lesklá         |
| pajasán           | pasajan žláznatý      |

### 8) Měly by se podle tvého mínění invazní druhy rostlin z nepůvodních stanovišť odstraňovat?

- |                       |  |
|-----------------------|--|
| ničit – i stát        | a) Ano, a to i za finanční podpory státu.                          |
| ničit – jen dobrovol. | b) Ano, ale na odstraňování by se měli podílet pouze dobrovolníci. |
| ničit – ne            | c) Ne, příroda si sama poradí.                                     |
| ničit – je mi jedno   | d) Je mi to jedno.   |
| ničit – jiná          | e) Jiná možnost  |

**9) Která možnost nejlépe vystihuje tvůj názor na problematiku invazních rostlin v ČR?**

- |                   |   |
|-------------------|---|
| probl – ne        | a) Invazní rostliny nepředstavují pro ČR žádný problém.   |
| probl – bude      | b) Invazní rostliny v současnosti nepředstavují pro ČR žádný problém, ale situace se do budoucna může změnit. |
| probl – jen ekol. | c) Invazní rostliny v ČR představují problém pouze ekologický problém.  |
| probl – i ekon.   | d) Invazní rostliny v ČR představují ekologický i ekonomický problém.   |

## Výuka evoluční biologie na základních a středních školách

*Lucie Hlaváčová*

### Abstrakt

Hlavním cílem výzkumu bylo ověřit biologická témata, jež se na základních a středních školách pojí s výukou evoluční teorie a přírodního výběru, dále způsoby výuky, které jsou při interpretaci evolučních témat aplikovány. Na výzkumu se podíleli učitelé ze všech krajů České republiky, celkem participovalo 213 učitelů základních škol a nižších ročníků gymnázií a 137 učitelů středních škol a vyšších ročníků gymnázií. Data byla získávána pomocí online dotazníku. V rámci statistického zpracování byly samostatně vyhodnoceny odpovědi učitelů nižšího a vyššího sekundárního stupně vzdělávání. Z výsledku výzkumu vyplývá, že nejčastěji se na školách v rámci evoluce vyučuje téma Evoluce člověka a Vznik života. Obecně jsou mnohá evoluční témata na středních školách a vyšších ročnících gymnázií rozebírána výrazně podrobněji. Nejčastěji aplikovaný způsob výuky v rámci evolučních témat je výklad, diskuze s žáky a sledování filmu. Některé sledované způsoby výuky se uplatňují častěji na základních školách a nižších ročnících gymnázií.

**Klíčová slova:** evoluce, přírodní výběr, neodarwinismus, genetika, výuka, učitelé.

## Teaching Evolutionary Biology at Lower and Upper Secondary Schools

### Abstract

The research aims to verify main biological topics associated with teaching of theory of evolution and natural selection and the most frequently applied teaching methods for the interpretation of these evolutionary topics. The total of 213 teachers from lower secondary schools and 137 teachers from upper secondary schools - from all regions of the Czech Republic – took part in the research. The data were gathered via an online questionnaire. The data from lower secondary teachers and upper secondary teachers were elaborated separately. The results show that Human Evolution and the Origin of life are the most common topics taught at lower and upper secondary schools in the context of evolutionary biology. Some evolutionary topics are dealt with more deeply at upper secondary schools. The most frequently applied teaching methods for evolutionary topics are exposition, discussion and watching movies (documentaries). Some of the identified teaching methods are more frequently applied at lower secondary schools than upper secondary schools.

**Key words:** evolution, natural selection, neo-Darwinism, genetics, teaching, teachers.



# 1 ÚVOD

Výzkumy a studie zabývající se výukou evoluční teorie v posledních letech ve světě výrazně vzrostly. A. Giordan (2010) kompilací některých takových studií a vzdělávacích programů vytvořených v letech 1994–2008 charakterizuje stav znalostí široké veřejnosti a jejich možný dopad na vzdělávání v oblasti evoluce. L. S. Nadelson (2009) zkoumal obsah výuky evoluční tematiky u budoucích učitelů biologie. Mnohé výzkumy popisují i konkrétní pedagogické faktory, například osobní přesvědčení nebo nedostatek znalostí přírodního výběru, které výuku evoluce ovlivňují (Aguillard, 1999; Prinou, Halkia & Skordoulis, 2005; Smith, 2010a). Ačkoli je proces evoluce záležitostí přírodních věd, její existence, respektive interpretace, má zčásti jistý dopad na filozofii a určité konsekvence také v teologii (Birx, 2010). M. U. Smith (2010b) se zaměřuje na filozofické/epistemologické problémy, kterých se výuka a učení o evoluční teorii dotýkají.

Evoluční biologie integruje několik biologických disciplín komplexním a interaktivním způsobem, kde hluboké pochopení předmětu vyžaduje znalosti z různých přírodovědných oblastí. Mnohé poznatky jsou však často nedostupné pro většinu specializovaných odborníků, včetně učitelů. R. Tidon a R. C. Lewontin (2004) prezentují některé úvahy s cílem podpořit diskuze zaměřené na zlepšení podmínek pro vzdělávání dané tematiky. Ve světě vznikají různé pracovní skupiny, např. *National Evolutionary Synthesis Center*, které se zaměřují na realizaci aplikace evolučních výzkumů z oblasti biologie do středoškolského i vysokoškolského vzdělávání (Jungck, 2010).

V současné době se také v České republice objevují výzkumy zabývající se výukou evoluce na školách (Müllerová, 2012; Dvořáková, 2013). Chybí však studie, které by jednoznačně hodnotily současný stav výuky konkrétních evolučních témat na základních a středních školách a mapovaly, zda se liší nejenom rozsah, ale i způsob, jakým jsou evoluční témata předkládána. Z hlediska pochopení předávaných poznatků ohledně evoluce je také vhodné ověřit, odkud učitelé získávají informace pro výuku evoluční problematiky.

## 2 CÍL VÝZKUMU

Konečné pochopení a vnímání evolučních zákonitostí může být silně ovlivněno evolučními tématy, jenž jsou na školách interpretována. Proto je třeba věnovat této oblasti pozornost. Cílem výzkumu je ověřit, jaká biologická témata jsou na základních a středních školách pojísposjena výukou evoluční teorie a přírodního výběru a jaký způsob výuky je za daných okolností aplikován.

Výzkumné otázky:

1. Jaká biologická témata se pojí s výukou evoluční teorie a přírodního výběru?
2. Jakým postupem učitelé zařazují evoluční témata do výuky biologie/přírodopisu?
3. Jaký způsob výuky je uplatňován při interpretaci evolučních témat?
4. Odkud učitelé získávají informace pro výuku evolučních témat?

### 3 METODIKA

Byl uskutečněn kvantitativní výzkum metodou dotazníkového šetření (Chráska, 2007). Data byla sbírána pomocí online dotazníku vytvořeného v aplikaci Google Docs. Dotazník byl distribuován pedagogům, respektive školám ze všech krajů České republiky. Výběr škol byl uskutečněn z internetové databáze Atlas školství<sup>1</sup>, konkrétně ze sekcí „základní školy“ a „střední školy“. V sekci „základní školy“ byly z každého kraje náhodně vybrány kontaktní e-mailové adresy jednotlivých škol typu základní škola a gymnázium, respektive nižší gymnázium. Výběr byl korigován pouze tím, aby byly kontaktovány školy ze všech krajů České republiky a různých okresních měst. Celkem bylo z kategorie základní školy osloveno 750 škol. Ze sekce „střední školy“ byl podobným způsobem získáván kontakt na různé typy středních škol, zahrnující gymnázia, respektive vyšší gymnázia, střední zdravotnické školy (SZŠ), lycea a střední odborné školy (SOŠ), jenž vyučují alespoň v jednom ročníku biologií. Vzhledem k tomu, že většina středních škol uvádí na webových stránkách přímé kontakty na pedagogy konkrétních předmětů, byly stránky škol prohledávány a bylo-li to možné, byl dotazník zaslán přímo učiteli biologie (odkaz na webové stránky školy byl součástí zmíněné databáze). Celkem bylo rozesláno 450 kontaktů, zahrnujících buď kontaktní e-mail školy nebo většinou přímý e-mail na učitele biologie.

Vytvořeny byly dvě analogické verze dotazníku, tzn. pro učitele základních škol a nižších ročníků gymnázií (dále souhrnně označováno zkratkou ZŠ), kde odpovědělo 213 respondentů, a zároveň pro učitele středních škol a vyšších ročníků gymnázií (dále souhrnně označováno zkratkou SŠ), kde odpovědělo 137 respondentů. Celkem se zúčastnilo 350 pedagogů. Zastoupení respondentů dle krajů shrnuje tabulka 1.

Tab. 1: Zastoupení participujících pedagogů dle krajů

| Kraj školy           | ZŠ         | SŠ         | Součet     |
|----------------------|------------|------------|------------|
|                      | počet      | počet      |            |
| Hlavní město Praha   | 31         | 25         | 56         |
| Středočeský kraj     | 24         | 17         | 41         |
| Jihočeský kraj       | 9          | 14         | 23         |
| Plzeňský kraj        | 8          | 3          | 11         |
| Karlovarský kraj     | 7          | 1          | 8          |
| Ústecký kraj         | 27         | 14         | 41         |
| Liberecký kraj       | 12         | 11         | 23         |
| Královéhradecký kraj | 6          | 5          | 11         |
| Pardubický kraj      | 20         | 2          | 22         |
| Vysočina             | 18         | 6          | 24         |
| Jihomoravský kraj    | 13         | 9          | 22         |
| Olomoucký kraj       | 8          | 9          | 17         |
| Zlínský kraj         | 18         | 10         | 28         |
| Moravskoslezský kraj | 12         | 11         | 23         |
| <b>Celkem</b>        | <b>213</b> | <b>137</b> | <b>350</b> |

Dotazník (příloha I) byl rozdělen do tří částí: 1) Vstupní údaje (příloha I, otázka A, B) obsahující identifikační otázky vztahující se k typu dané školy, na které pedagog vyučuje a regionu ČR, ve kterém se škola nachází; 2) Evoluční témata (příloha I, otázka 1–8), mapující obsah výuky evolučních témat; 3) Způsob výuky a získávání informací (příloha I, otázka 9–12). Dotazník zahrnoval polouzavřené

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

otázky – výběrové s možností volné odpovědi (obr. 6, 7, 9), uzavřené otázky – výběrové (obr. 5) a škálové otázky. Na základě škálovacích otázek byl hodnocen rozsah výuky konkrétních témat (obr. 1–4). Respondenti vybírali ze čtyřstupňové škály (0–3) dle následujícího konceptu: 0 – tématu se nevěnuji, 1 – téma stručně zmíním, 2 – téma uvádím podrobně na konkrétních příkladech či zástupcích, 3 – tématu se věnuji velmi podrobně na konkrétních příkladech či zástupcích a dalších úlohách rozvíjejících dané téma. Dále byla použita škálovací otázka pro zjištění způsobu aplikované výuky (obr. 8). Respondenti vybírali ze třístupňové škály (0–2) dle následujícího konceptu: 0 – pro evoluční témata tento způsob výuky neuplatňuji, 1 – pro výuku evolučních témat kombinuji tento způsob výuky s dalšími metodami, 2 – pro výuku evolučních témat upřednostňuji primárně tento způsob výuky.

Dotazník byl pilotně testován pěti náhodně vybranými pedagogy základních a středních škol a následně modifikován do finální podoby.

V rámci statistického zpracování byly samostatně vyhodnoceny odpovědi učitelů ZŠ a SŠ. Ke zpracování dat byl použit Excel 2010, v němž byly vytvořeny grafy (obr. 1–9). Statistická významnost rozdílů odpovědí byla vypočítána pomocí  $\chi^2$ -testu.

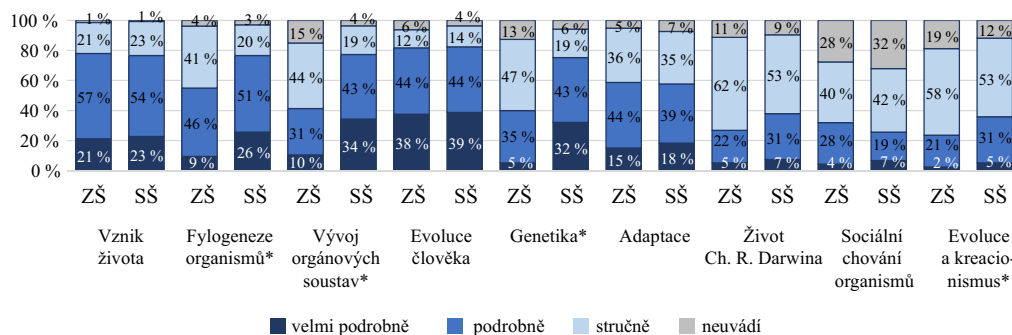
## 4 VÝSLEDKY

Uvedené grafy shrnují výsledky výzkumu, tzn. kterým tématům a pojmům se učitelé ZŠ a SŠ věnují v kontextu výuky evoluce (obr. 1–6), jakým postupem je evoluční problematika žákům podávána (obr. 7–8) a odkud učitelé čerpají pro danou výuku poznatky a informace (obr. 9).

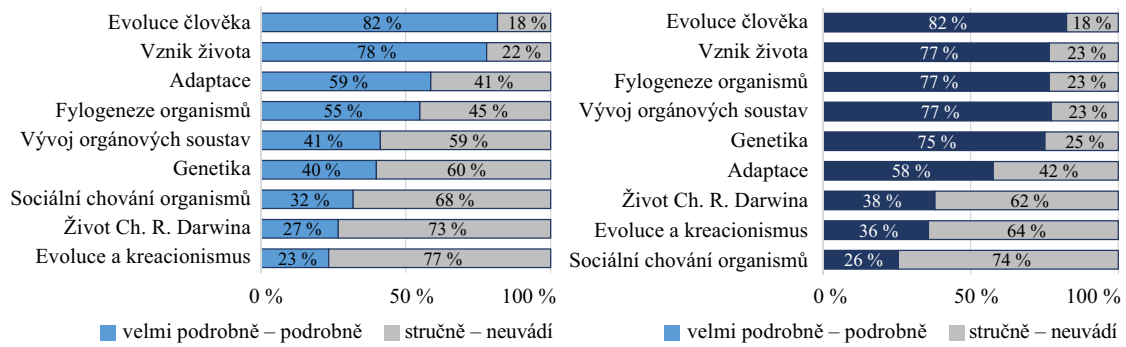
### 4.1 OBSAH VÝUKY EVOLUČNÍCH TÉMAT

V následující části jsou představeny témata, pojmy, evoluční směry a teorie, které jsou v rámci výuky evoluce interpretovány.

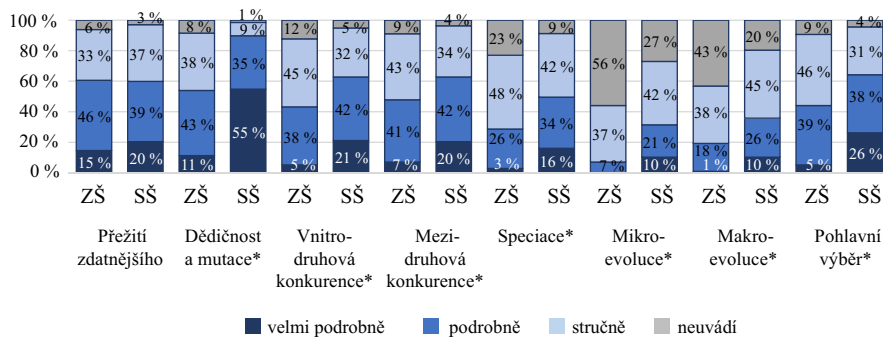
Z výsledků vyplývá (obr. 1, 2), že jak na ZŠ tak SŠ je nejrozšířenějším evolučním tématem Evoluce člověka (82 %) a Vznik života (ZŠ 78 %, SŠ 78 %). Na SŠ (77 %) je stejně podrobně věnován prostor i tématům Fylogeneze organismů a Vývoj orgánových soustav. Mezi nejméně zastoupená témata na ZŠ i SŠ patří Evoluce a kreacionismus (ZŠ 23 %, SŠ 36%), Život Ch. R. Darwina (ZŠ 27 %, SŠ 38 %) a Sociální chování organismů (ZŠ 32 %, SŠ 26 %).



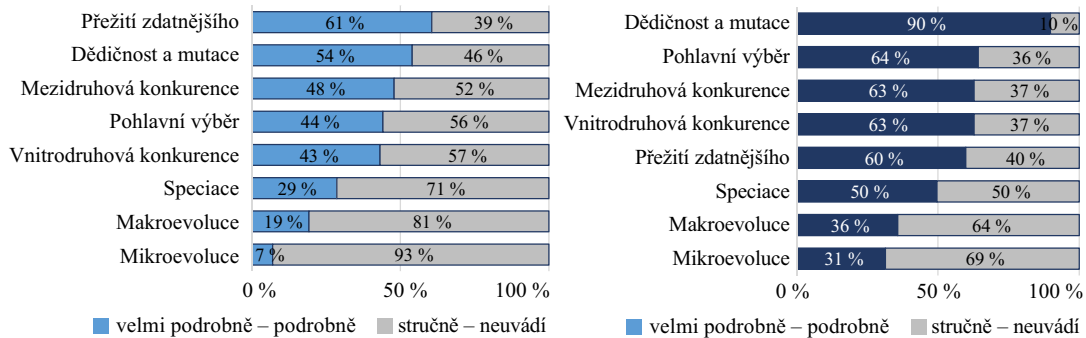
Obr. 1: Témata v rámci výuky evoluce. Graf porovnává, kolik procent učitelů ZŠ a SŠ zahrnuje do výuky evoluce uvedená témata a v jakém rozsahu se dané problematice věnují. Témata označena hvězdičkou znázorňují odlišné rozdělení četností mezi ZŠ a SŠ na hranici významnosti 5 %



Obr. 2: Témata v rámci výuky evoluce seřazena dle míry rozsahu. Grafy znázorňují, kolik procent učitelů ZŠ a SŠ zahrnuje do výuky evoluce uvedená témata. V grafech jsou sloučeny kategorie, kdy je dané téma učiteli uváděno velmi podrobně a podrobně, dále kategorie, kdy je téma uváděno stručně nebo vůbec



Obr. 3: Pojmy v rámci výuky přírodního výběru. Graf porovnává, kolik procent učitelů ZŠ a SŠ zahrnuje do výuky přírodního výběru uvedené pojmy a v jakém rozsahu se daným pojmem věnují. Pojmy označené hvězdičkou znázorňují odlišné rozdělení četností mezi ZŠ a SŠ na hranici významnosti 5 %



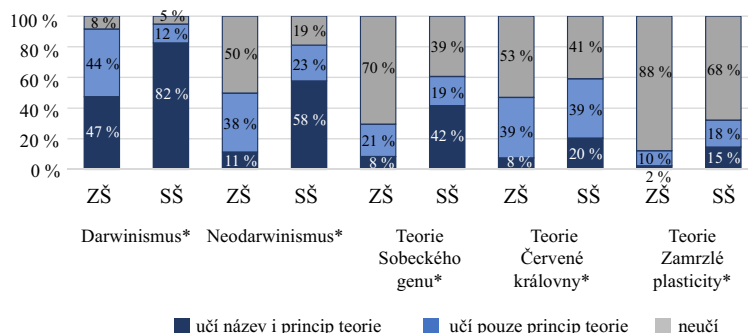
Obr. 4: Pojmy v rámci výuky přírodního výběru seřazena dle míry rozsahu. Grafy znázorňují, kolik procent učitelů ZŠ a SŠ zahrnuje do výuky přírodního výběru uvedené pojmy. V grafech jsou sloučeny kategorie, kdy je daný pojem učiteli uváděn velmi podrobně a podrobně, dále kategorie kdy je pojem uváděn stručně nebo vůbec

Mezi témata, která jsou se statistickou významností na SŠ rozebírána podrobněji než na ZŠ, patří Fylogeneze organismů ( $p$ -hodnota = 0,000), Vývoj orgánových soustav ( $p$ -hodnota = 0,000), Genetika ( $p$ -hodnota = 0,000), Evoluce a kreacionismus ( $p$ -hodnota = 0,047).

Z grafů je patrné (obr. 3, 4), že na SŠ více jak polovina učitelů uvádí pojmy Dědičnost a mutace (90 %), Pohlavní výběr (64 %) Mezidruhová a Vnitrodruhová konkurence (63 %), Přežití zdatnějšího (60 %). Na ZŠ uvádí více jak polovina učitelů pouze pojmy Přežití zdatnějšího (61 %) a Dědičnost a mutace (54 %). Nejméně je

jak na ZŠ tak SŠ zmiňován pojem Mikroevoluce (ZŠ 19 %, SŠ 36 %) a Makroevoluce (ZŠ 7 %, SŠ 31 %).

Z výsledků vyplývá, že při výuce přírodního výběru je pojem Přežití zdatnějšího vykládán na ZŠ a SŠ ve stejném zastoupení (ZŠ 61 %, SŠ 60 %). Všechny ostatní sledované pojmy jsou se statistickou významností interpretovány na SŠ výrazně podrobněji než na ZŠ, tzn. Dědičnost a mutace ( $p$ -hodnota = 0,000), Vnitrodruhová konkurence ( $p$ -hodnota = 0,000), Mezdruhová konkurence ( $p$ -hodnota = 0,001), Speciace ( $p$ -hodnota = 0,000), Mikroevoluce ( $p$ -hodnota = 0,000), Makroevoluce ( $p$ -hodnota = 0,000) a Pohlavní výběr ( $p$ -hodnota = 0,000).



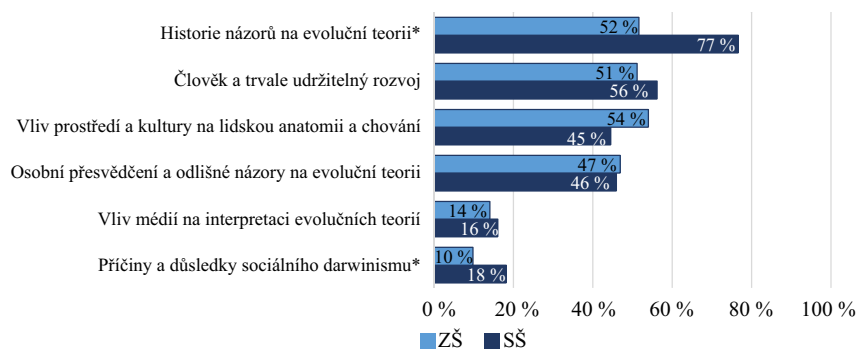
Obr. 5: Výuka evolučních směrů a teorií. Graf porovnává, kolik procent učitelů ZŠ a SŠ vyučuje v rámci problematiky evoluce konkrétní evoluční směry či teorie. Témata označena hvězdičkou znázorňují odlišné rozdělení četností mezi ZŠ a SŠ na hranici významnosti 5 %

Graf znázorňuje (obr. 5), že téměř všichni učitelé SŠ (94 %<sup>2</sup>) a ZŠ (91 %<sup>2</sup>) uvádí darwinistické pojetí evoluce. Konkrétní pojem Darwinismus je však na ZŠ zmiňován zhruba polovinou dotazovaných učitelů (47 %). Neodarwinistické pojetí evoluce je na SŠ také interpretováno převážnou částí učitelů (81 %<sup>2</sup>) a více jak polovina uvádí konkrétně pojem Neodarwinismus (58 %). Na ZŠ vyučuje danou koncepci evoluce zhruba polovina učitelů (49 %<sup>2</sup>), ale jen 11 % s pojmem Neodarwinismus pracuje. Více jak polovina učitelů SŠ seznamují žáky se zákonitostmi teorie Sobeckého genu (61 %<sup>2</sup>) a Červené královny (59 %<sup>2</sup>).

Dle výsledků  $\chi^2$ -testu vychází, že všechny sledované evoluční směry a teorie jsou se statistickou významností na SŠ vykládány podrobněji než na ZŠ, tzn. Darwinismus ( $p$ -hodnota = 0,000); Neodarwinismus ( $p$ -hodnota = 0,000), Teorie Sobeckého genu ( $p$ -hodnota = 0,000), Teorie Červené královny ( $p$ -hodnota = 0,001), Teorie Zamrzlé plasticity ( $p$ -hodnota = 0,000).

Určitá evoluční problematika svým obsahem přesahuje k průřezovým tématům RVP (RVP ZV, 2013; RVP G, 2007). Z grafu vyplývá (obr. 6), že některá taková témata jsou učiteli ZŠ i SŠ vyučována. Nejvíce učitelů SŠ (77 %) uvádí v rámci biologie téma Historie názorů na evoluční teorii. Na ZŠ zmiňuje dané téma asi polovina učitelů (52 %), což je výrazně méně často než na SŠ ( $p$ -hodnota = 0,000). Dále zhruba polovina učitelů ZŠ i SŠ popisují v kontextu s evolucí témata Člověk a trvale udržitelný rozvoj (ZŠ 51 %, SŠ 56 %), dále Vliv prostředí a kultury na lidskou anatomii a chování (ZŠ 54 %, SŠ 45 %). Mezi nejméně zmiňovaná témata patří Vliv médií na interpretaci evolučních témat (ZŠ 14 %, SŠ 46 %) a Příčiny a důsledky sociálního darwinismu (ZŠ 10 %, SŠ 18 %). V daném tématu byl však zjištěn signifikantní rozdíl mezi odpověďmi učitelů ZŠ a SŠ ( $p$ -hodnota = 0,031).

<sup>2</sup>V textu jsou uvedeny součty hodnot zahrnující obě roviny interpretace (tzn. „učím název i princip dané teorie“ a „učím pouze princip dané teorie, bez uvedení názvu“).



Obr. 6: Výuka evolučních témat v rámci biologie. Graf porovnává, kolik procent učitelů ZŠ a SŠ vyučuje v rámci problematiky evoluce konkrétní evoluční témata, jenž svým obsahem přesahují do oblasti „průřezových témat RVP“. Témata označena hvězdičkou znázorňují odlišné rozdělení četností mezi ZŠ a SŠ na hranici významnosti 5 %

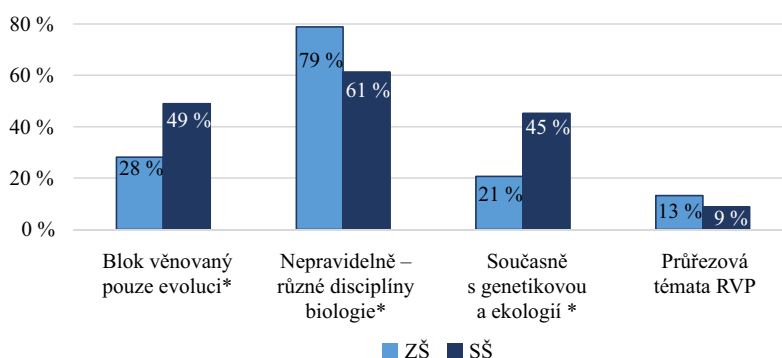
## 4.2 ZPŮSOB A POJETÍ EVOLUČNÍCH TÉMAT

V následující části je popsáno, jakým způsobem učitelé řadí evoluční témata v rámci biologie, jaký způsob výuky aplikují a odkud čerpají informace pro výuku evolučních témat.

Z grafu vyplývá (obr. 7), že většina učitelů ZŠ (79 %) i SŠ (61 %) zmiňuje evoluční témata v různých biologických disciplínách ( $p$ -hodnota = 0,000). Zhruba polovina učitelů SŠ (49 %) oproti učitelům ZŠ (28 %) při výuce biologie zahrnuje Blok věnovaný pouze evoluci ( $p$ -hodnota = 0,000) nebo propojují výuku evoluce Současně s genetikou a ekologií ( $p$ -hodnota = 0,000).

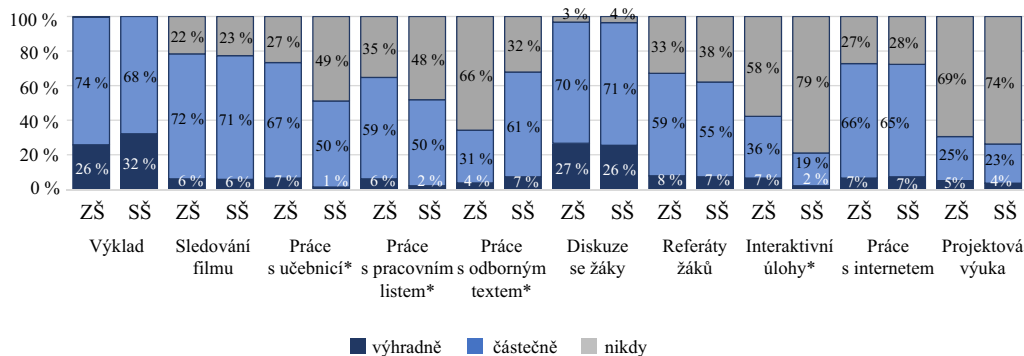
Z výsledků plyne (obr. 5)<sup>3</sup>, že se téměř vždy při interpretaci evolučních témat uplatňuje Výklad (ZŠ 100 %, SŠ 100 %) a Diskuze se žáky (ZŠ 97 %, SŠ 96 %). Rozšířeným způsobem je také Sledování filmu (ZŠ 78 %, SŠ 77 %) a Práce s internetem (ZŠ 73 %, SŠ 72 %). Nejméně je na ZŠ i SŠ aplikována Projektová výuka (ZŠ 30 %, SŠ 27 %).

Se signifikantním rozdílem se častěji na ZŠ uplatňuje Práce s učebnicí ( $p$ -hodnota = 0,000), Práce s pracovním listem ( $p$ -hodnota = 0,023) a Interaktivní úlohy ( $p$ -hodnota = 0,000). Naopak na SŠ je významně více aplikována Práce s odborným textem ( $p$ -hodnota = 0,000).

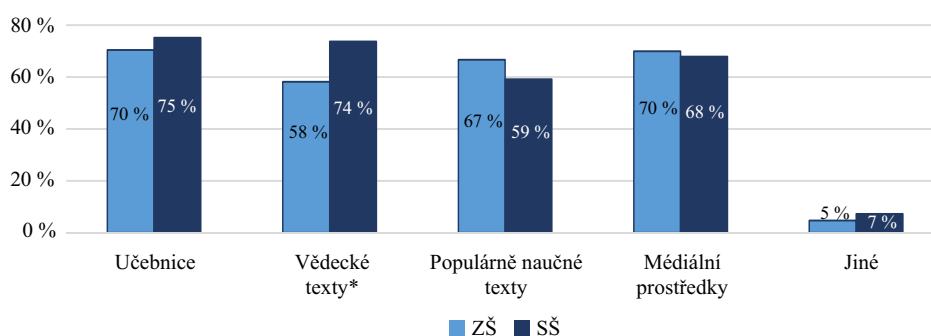


Obr. 7: Řazení evolučních témat. Graf porovnává, jak učitelé ZŠ a SŠ řadí a zmiňují evoluční témata v rámci výuky biologie/přírodopisu. Způsoby řazení témat označené hvězdičkou znázorňují odlišné rozdělení četností mezi ZŠ a SŠ na hranici významnosti 5 %

<sup>3</sup>V celém odstavci jsou uvedené součty hodnot zahrnující obě roviny způsobu výuky (tzn. výhradně i částečně).



Obr. 8: Způsob výuky evolučních témat. Graf porovnává, kolik procent učitelů ZŠ a SŠ uplatňuje daný způsob výuky v rámci interpretace evoluční problematiky. Dané způsoby označené hvězdičkou znázorňují odlišné rozdělení četností mezi ZŠ a SŠ na hranici významnosti 5 %



Obr. 9: Zdroj informací pro výuku evolučních témat. Graf znázorňuje jaké procento učitelů ZŠ a SŠ používá dané informační zdroje pro výuku evolučních témat. Zdroje označené hvězdičkou znázorňují odlišné rozdělení četností mezi ZŠ a SŠ na hranici významnosti 5 %

Z grafu je patrné (obr. 9), že pro učitele ZŠ a SŠ jsou hojně používaným zdrojem informací k výuce evolučních témat Učebnice (ZŠ 70 %, SŠ 75 %), Mediální prostředky (ZŠ 70 %, SŠ 68 %) a Populárně naučné texty (ZŠ 67 %, SŠ 59 %). Výrazná většina učitelů SŠ (74 %), na rozdíl od učitelů ZŠ (58 %), používá také Vědecké texty ( $p$ -hodnota = 0,003).

## 5 DISKUZE

Z celkových výsledků aktuálního výzkumu je možno konstatovat, že výuka evoluce na ZŠ i SŠ zahrnuje částečně rozmanitý obsah základních témat evoluční biologie (obr. 1, 3, 5, 6). Z hlediska rozsahu je však většina sledovaných témat na ZŠ podrobně rozebírána zhruba polovinou nebo méně jak polovinou dotazovaných učitelů (obr. 2, 4). U učitelů SŠ se s podrobným výkladem sledovaných témat setkáváme výrazně častěji (obr. 2, 4). Obecně se dá však očekávat, že s většinou jakýchkoli témat se žáci ZŠ setkávají stručněji a až na středních školách se daným tématům věnují podrobně.

Téma Evoluce člověka je na ZŠ i SŠ obdobně nejvíce interpretováno (82 %). Je poměrně zajímavé, že například v Brazílii byla z hlediska obtížnosti výuky Evoluce člověka zařazena učiteli mezi třetí nejtěžší oblast evoluční biologie (Tidon & Lewontin, 2004).

Mezi další nejrozsáhlejší téma interpretované na ZŠ i SŠ v totožném zastoupení je Vznik života (cca. 78 %). Oproti tomu Genetice věnují učitelé ZŠ (40 %) podstatně menší prostor než učitelé SŠ (75 %). Ačkoli je jasné, že na SŠ je Genetika rozebírána mnohem více než na ZŠ, není již zcela pochopitelné, proč učitelé ZŠ (obr. 2) dávají při interpretaci evoluce přednost podrobnému výkladu o Vzniku života (78 %) než třeba právě Genetice (40 %). I ty nejzákladnější principy dědičnosti jsou pro pochopení evolučních mechanismů mnohem zásadnější a zahrnují mnohem komplexnější vnímání evolučních zákonitostí, než problematika vztahující se ke Vzniku života. Nehledě na to, že vznik a původ života zahrnuje mnoho nevyjasněných otázek, které mohou z hlediska pochopení *biologické evoluci* vyvolat spíše pochybnosti. Rozhodně není vhodné toto téma úplně ignorovat, nehledě na to, že i RVP zahrnuje učivo „*názory na vznik života*“ (RVP ZV, 2013: s. 61). Spíše je otázkou, zda je dané téma opravdu podstatné natolik, aby mu byl v přírodopise podrobně věnován takový prostor. Například výzkum (Hrabí, 2007) ukázal, že žáci 6. tříd považují téma „*Země a život*“ za nejméně zajímavé a také je pro ně složité k pochopení.

Vzhledem k tomu, že RVP ZV obsahuje i učivo „*dědičnost a proměnlivost organismů – podstata dědičnosti a přenos dědičných informací, gen, křížení*“ (RVP ZV, 2013: s. 61) a jako výstup „*žák uvede příklady dědičnosti v praktickém životě a příklady vlivu prostředí na utváření organismů*“ (RVP ZV, 2013: s. 61), dalo by se očekávat, že výuka genetiky bude v rámci evoluce zastoupena na ZŠ výrazně podrobněji. Tato situace však může vyplývat právě ze struktury učebnic, jelikož značná část učitelů ZŠ (70 %) uplatňuje jako zdroj informací učebnice (obr. 9), a právě v těch se tematika vzniku života objevuje poměrně podrobně (např. Černík, 2002; Švecová & Matějka, 2007). Naopak genetické aspekty nebývají v rámci biologické evoluce a přírodního výběru v českých učebnicích ZŠ příliš rozšířené, což potvrzuje i výzkum Müllerové (2015b), zabývající se definicemi evolučních pojmů v českých a britských učebnicích.

Na SŠ (obr. 2) je Genetice v rámci výuky evoluce věnován značný prostor (75 %), v souvislosti s výukou přírodního výběru se Dědičnosti a mutacím podrobně věnuje dokonce 90 % učitelů (obr. 4). Rámcově vzdělávací program pro gymnázia zahrnuje mimo jiné i učivo „*genetika populací*“ (RVP G, 2007, s. 34), čemuž odpovídá i výrazně častější interpretace neodarwinistického pojetí evoluce (obr. 5) na SŠ (81 %) než ZŠ (49 %). Neodarwinistické vnímání evolučních témat na SŠ potvrzuje i výzkum Dvořákové (2013).

Z výsledků však také vyplývá, že pouze 26 % učitelů SŠ vykládá v kontextu s evolucí téma Sociální chování organismů (obr. 2). Je to velmi nízké procento, přestože se jedná o téma poměrně atraktivní. Také z pohledu evolučních změn i evoluční stáze je oblast chování organismů poměrně zásadní (Duckworth, 2009). Pozorovatelné a poměrně rychle se měnící vzorce chování živočichů by mohly přispět k pochopení evolučních mechanismů minimálně stejně tak dobře jako měnící se struktury těl či orgánových soustav. Každopádně tematika zabývající se chováním živočichů v kontextu evoluce není specifikována ani v RVP G. V oblasti Biologie živočichů je sice obsažen očekávaný výstup „*žák charakterizuje základní typy chování živočichů*“ (RVP G, 2007: s. 33), ale tato skutečnost může být splněna i bez zahrnutí a pochopení jakýchkoli evolučních adaptací. Na druhou stranu při výuce orgánových soustav je aspekt evoluce v RVP G zahrnut, jelikož mezi očekávanými výstupy je uvedeno „*žák popíše evoluci a adaptaci jednotlivých orgánových soustav*“ (RVP G, 2007: s. 33). Tomu odpovídají i zjištěné výsledky, z kterých je patrné, že podrobně se Vývoji orgánových soustav věnuje značná část (77 %) učitelů SŠ (obr. 2).



Za zmínku také stojí, že ačkoli podstatná část učitelů uvedla (obr. 9), že pro výuku evolučních témat získávají informace z populárně naučných textů (cca. 67 %) a mediálních prostředků (cca 70 %), novější a populární evoluční teorie, jako je např. teorie Sobeckého genu a Červené královny, do výuky již tak často nezahrnují (obr. 5). Na SŠ jsou zákonitosti zmíněných teorií vykládány výrazně větší skupinou učitelů, avšak oficiální terminologii daných teorií uplatňuje jen necelá polovina (obr. 5).

Témata související s evoluční biologii jsou natolik různorodá a zahrnují širokou škálu pojetí, že poskytují jedinečnou možnost propojení biologie s průřezovými tématy RVP, a to i s takovými, které jsou většinou pojeny jen s humanitními předměty, např. Osobnostní a sociální výchova. Z výsledků vyplývá (obr. 6), že zhruba 50 % učitelů ZŠ i SŠ se v rámci biologické evoluce věnuje takovým tématům, která svým obsahem mohou spadat právě do oblasti průřezových témat (např. Osobní přesvědčení a odlišné názory na evoluční teorii, Člověk a trvale udržitelný rozvoj atd.). Na druhou stranu si ale učitelé přesahu daných oblastí pravděpodobně neuvědomují, jelikož přibližně jen 10 % učitelů uvedlo, že evoluční problematiku zařazují v rámci Průřezových témat RVP (obr. 7).

Je také poměrně zajímavé, že problematiku Vliv médií na interpretaci evolučních teorií zmiňuje zhruba jen 15 % učitelů (obr. 6), ačkoli více jak 70 % učitelů ZŠ i SŠ aplikuje v rámci výuky evoluce Sledování filmů a Práci s internetem (obr. 8). Kromě toho jsou Mediální prostředky přibližně u 70 % učitelů ZŠ a SŠ zdrojem informací k výuce evolučních témat (obr. 9). Pilotní výzkum (Pastorová & Slavík, 2009) ukázal, že Mediální výchova je dle učitelů třetí nejdůležitější a zároveň třetí nejčastěji plánovitě řazeným tématem ve výuce. Vzhledem k tomu, že dané téma zahrnuje okruh kritické čtení a vnímání mediálních sdělení (Pastorová & Slavík, 2009), dalo by se očekávat, že téma zabývající se Vlivem médií na interpretaci evolučních teorií by mohlo být uplatňováno více.

Aplikované způsoby výuky při interpretaci evolučních témat (obr. 8) jsou poměrně rozmanité – všichni učitelé ZŠ i SŠ (100 %) uplatňují Výklad a Diskuzi se žáky (cca 97 %). Doplnující výsledky (Müllerová, 2015c) také potvrzují zájem žáků diskutovat o evoluční problematice. Poměrně rozšířeným způsobem výuky (obr. 8) je i Práce s učebnicí (ZŠ 74 %, SŠ 51 %), což odpovídá závěrům Knechta, Janíka et al. (2008), že učebnice jsou a budou při řízení vzdělávacího procesu nepostradatelné a je zejména nutné naučit žáky s danými studijními texty pracovat (Knecht, Janík et al., 2008). Učitelé ZŠ aplikují Práci s učebnicí výrazně častěji než učitelé SŠ, což vyplývá pravděpodobně z toho, že pro ZŠ je výběr učebnic značně větší a jednotlivé edice zpracovávají kompletní obsah jednotlivých biologických disciplín. Na SŠ je naopak výrazně častěji uplatňována Práce s odborným textem (68 %).

Rozšířené jsou v rámci výuky evoluce na ZŠ i SŠ také multimediální pomůcky (obr. 8), např. Sledování filmu (cca. 78 %), Práce s internetem (cca 73 %) a Interaktivní úlohy, které jsou na ZŠ (44 %) používány výrazně častěji oproti SŠ (21 %). Aplikace multimédií v přírodovědných předmětech je obecně aktuálním trendem (Odcházelová, 2014). Častější používání Interaktivních úloh na ZŠ je možné zdůvodnit všeobecně rozšířenější nabídkou daných úloh. V současné době vznikl například projekt *Heureka! aneb podpora badatelských aktivit žáků ZŠ v přírodovědných předmětech*<sup>4</sup>, který nabízí širokou škálu interaktivních úloh v různých přírodovědných disciplínách, včetně evoluční biologie.

<sup>4</sup>Heureka! aneb podpora badatelských aktivit žáků ZŠ v přírodovědných předmětech. Dostupné na <http://objevuj.eu/>, 28-08-2015.

Získaná data výzkumu byla zároveň samostatně statisticky vyhodnocena pro srovnání rozdílnosti mezi výukou evoluce na vyšších gymnáziích a odborně zaměřenými středními školami (Müllerová, v tisku). Výsledky ukazují, že různá evoluční témata jsou na gymnáziích obecně interpretována podrobněji než na středních odborných školách. V několika případech je rozdílnost statisticky významná. Na druhou stranu v žádném aplikovaném způsobu výuky není v daném případě prokázána signifikantní odlišnost (Müllerová, v tisku).

## 6 ZÁVĚR

S výukou evoluce (obr. 2) jsou jak na ZŠ tak SŠ obdobně nejvíce spojena témata Evoluce člověka a Vznik života, na SŠ se dále podrobně rozebírá Fylogeneze organismů, Vývoj orgánových soustav a Genetika. V rámci přírodního výběru (obr. 4) se většina učitelů ZŠ podrobně věnuje jen pojmu Přežití zdatnějšího, zhruba polovina pak pojům Dědičnost a mutace. Učitelé SŠ se výuce přírodního výběru věnují podstatně větší měrou, tzn. více jak polovina z nich podrobně vykládá pojmy Dědičnost a mutace, Pohlavní výběr, Mezidruhová konkurence a Přežití zdatnějšího. Na většině SŠ se také zmiňuje téma Historie názorů na evoluční teorii, na ZŠ vykládá dané téma přibližně polovina učitelů (obr. 6). Obecně se však na ZŠ i SŠ v rámci výuky evoluce velmi málo poukazuje na prvky sociálního chování organismů (obr. 2).

Jak na ZŠ tak SŠ jsou evoluční témata v rámci biologie vykládána nejčastěji nepravidelně v různých biologických disciplínách, kromě toho zhruba polovina učitelů SŠ věnuje výuce evoluce i samostatný blok (obr. 7). Při interpretaci evolučních témat je aplikován rozličný způsob výuky (obr. 8), zahrnující například výklad, diskusi se žáky i používání různých mediálních prostředků či textu, přičemž na ZŠ se s některými způsoby setkáváme výrazně častěji, zejména v používání učebnic nebo interaktivních úloh.

Pro výuku evolučních témat čerpají učitelé ZŠ i SŠ informace převážně v učebnicích a mediálních prostředcích a v populárně naučné literatuře. Výrazně větší část učitelů SŠ používá k získání poznatků i vědecké texty (obr. 9). Ačkoli je však zdroj informací ze stran učitelů poměrně rozmanitý, nejsou novější evoluční trendy, jako je např. Teorie sobeckého genu a Červené královny, na školách tak často interpretovány.

Obecně se dá shrnout, že při výuce evoluce jsou ve větším rozsahu vyučována témata vztahující se spíše k *popisným procesům* evolučních dějů, například Evoluce člověka, Fylogeneze organismů, Vývoj orgánových soustav. V rámci doporučení určitých změn pro výuku evoluční biologie by však bylo dobré pokusit se zaměřit spíše na témata související s *mechanismem evolučních procesů*, jako je například Genetika a Adaptace. Výsledky totožného výzkumu uskutečněného ve Velké Británii ukazují, že tamější učitelé mají trend právě taková témata preferovat (Hlaváčová in prep.). Z pohledu všeobecného vzdělávání není ani tak třeba doplňovat RVP o nová témata, jelikož genetika i adaptace jsou součástí jejich obsahu, ale spíše strukturovat jejich provázanost s evolučními zákonitostmi. Podobně i tematika o chování organismů může v souvislosti s evolučními principy přispět ke komplexnějšímu vnímání adaptace, která ne vždy nutně souvisí jen se strukturou těl a orgánů, ale právě i s určitým vzorcem chování.

## PODĚKOVÁNÍ

Výzkum byl podpořen Grantovou agenturou Univerzity Karlovy (projekt č. 1006213).

## LITERATURA

- Aguillard, D. (1999). Evolution Education in Louisiana Public Schools: A Decade Following Edwards v Aguillard. *The American Biology Teacher*, 61(3), 182–188.
- Biex, H. J. (2010). Evolution: As I See It. *Anthropologia integra*, 1 (2), 8–10.
- Černík, V., Bičík, V. & Martinec, Z. (2002). *Přírodopis 6*. Praha: SPN.
- Duckworth, A. R. (2009). The role of behavior in evolution: a search for mechanism. *Evolutionary Ecology*, 23, 513–531.
- Dvořáková, R. (2013). Evoluční terminologie v gymnaziální výuce biologie. Sborník konference, *Efektivita vzdělávání v proměnách společnosti. Příspěvek prezentovaný na XXI. konferenci České asociace pedagogického výzkumu*. Ústí nad Labem: ČAPV.
- Giordan, A. (2010). Teaching and communicating Evolution: Proposals for innovative approaches and didactic researches. *Biology International*, 47, 40–47.
- Hlaváčová, L. (in prep.). Výuka evolučních témat na českých a britských školách. *Manuscript in preparation*.
- Hrabí, L. (2007). Názory žáků a učitelů na učebnice přírodopisu. *Pedagogická orientace*, 4, 28–34.
- Chráška, M. (2007). *Metody pedagogického výzkumu: Základy kvantitativního výzkumu*. Praha: Grada.
- Jungck, R. J. (2010). Evolution in Action: Quantitative Evolutionary Biology Education. *Biology International*, 47, 121–139.
- Knecht, P., Janík, T. et al. (2008). *Učebnice z pohledu pedagogického výzkumu*. Brno: Paido.
- Müllerová, L. (V tisku). Výuka evolučních témat na středních školách a vyšších ročnících gymnáziích. In *9. didaktická konference s mezinárodní účastí*. Brno: Pedagogická fakulta, Masarykova univerzita.
- Müllerová, L. (2012). Pojem evoluce a jeho vnímání žáky základních a středních škol. *Scientia in educatione*, 2012, 3(2), 33–64.
- Müllerová, L. (2015b). Evoluce organismů jako téma rozvíjející diskuzi žáků základních a středních škol. In *Studentská vědecká konference 2015: Věda má budoucnost*. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, Přírodovědecká fakulta. Dostupné z <http://konference.osu.cz/svk/sbornik2015/pdf/budoucnost/didaktika/Mullerova.pdf>,
- Müllerová, L. (2015c). Termín „evoluce“ a jeho vymezení a použití v českých a britských učebnicích přírodopisu a biologie. *Scientia in educatione*, 6(1), 40–79.
- Nadelson, S. L. (2009). Preservice Teacher Understanding and Vision of how to Teach Biological Evolution. *Evo Edu Outreach*, 2, 490–504.
- Odcházelová, T. (2014). Role multimédií ve výuce přírodních věd. *Scientia in educatione*, 5(2), 2–12.
- Pastorová, M. & Slavík, J. (2009). *Příprava metodické podpory k výuce průřezových témat v základních školách a gymnáziích – průběžná zpráva*. Výzkumný ústav pedagogický. Dostupné z [http://www.vuppraha.cz/wp-content/uploads/2010/03/MOV\\_Prurezovatemata\\_metodicka-podpora.pdf](http://www.vuppraha.cz/wp-content/uploads/2010/03/MOV_Prurezovatemata_metodicka-podpora.pdf).

Prinou, L., Halkia, L. & Skordoulis, C. (2005). *Teaching the Theory of Evolution: Teacher's Attitudes, Views and Difficulties*. Paper presented at the Proceedings of International History, Philosophy and Science Teaching Conference. Leeds, UK.

Smith, U. M. (2010a). Current status of research in teaching and learning evolution: I. Philosophical and epistemological issues. *Science & Education*, 19, 523–538.

Smith, U. M. (2010b). Current status of research in teaching and learning evolution: II. Pedagogical Issues. *Science & Education*, 19, 539–571.

Švecová, M. & Matějka, D. (2007). *Přírodopis 9*. Plzeň: Fraus.

Tidon, R. & Lewontin, C. R. (2004). Teaching evolutionary biology. *Genetics and Molecular Biology*, 27(1), 124–131.

---

LUCIE HLAVÁČOVÁ, lucie.hlavacova@pedf.cuni.cz  
Univerzita Karlova v Praze, Pedagogická fakulta  
Katedra biologie a environmentálních studií  
Magdalény Rettigové 4, 116 39 Praha 1, Česká republika

# PŘÍLOHA

*Vážení učitelé,  
některé pojmy a evoluční směry jsou ve společnosti vnímány různými způsoby. Aby  
nedošlo ke zkreslení výsledků, jsou tyto termíny v dotazníku upřesněny. Odpovídejte,  
prosím, na otázky dle Vašeho nejlepšího uvážení. Dotazníky budou vyhodnoceny ano-  
nymně.*

\* Povinné

## VSTUPNÍ ÚDAJE

A) VE KTERÉM KRAJI LEŽÍ ŠKOLA, KDE VYUČUJETE?\*

- Hlavní město Praha
- Středočeský kraj
- Jihočeský kraj
- Plzeňský kraj
- Karlovarský kraj
- Ústecký kraj
- Liberecký kraj
- Královéhradecký kraj
- Pardubický kraj
- Vysočina
- Jihomoravský kraj
- Olomoucký kraj
- Zlínský kraj
- Moravskoslezský kraj

B) NA JAKÉM TYPU ŠKOLY VYUČUJETE PŘEDMĚT BIOLOGIE?\*

- Gymnázium
- Střední odborná škola
- Střední zdravotnická škola
- Lyceum
- Jiné:

## EVOLUČNÍ TÉMATA

1) JAKÝM EVOLUČNÍM TÉMATŮM A V JAKÉM ROZSAHU SE VĚNUJETE V HODINÁCH BIOLOGIE?\*

(0 – tématu se nevěnuji, 1 – téma stručně zmíním, 2 – téma uvádím podrobně na konkrétních příkladech či zástupcích, 3 – tématu se věnuji velmi podrobně na konkrétních příkladech či zástupcích a dalších úlohách rozvíjejících dané téma)

|   | 0                     | 1                     | 2                     | 3                     |
|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Vznik života  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Fylogeneze organismů                                      | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Vývoj orgánů či orgánových soustav                        | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Evoluce člověka a jeho předků                             | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Genetika a evoluce (př. šlechtění, rezistence)            | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Adaptace a evoluce (křídla, zobák, torpédovitý tvar těla) | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Osobnost a život Ch. R. Darwina                           | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Sociální chování v evoluci organismů                      | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Evoluce a kreacionismus (stvoření)                        | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

2) JAKÉ POJMY UVÁDÍTE PŘI VÝUCE PŘÍRODNÍHO VÝBĚRU A V JAKÉM ROZSAHU?\*

(0 – pojmu se nevěnuji, 1 – pojem stručně zmíním, 2 – pojem uvádím podrobně na konkrétních příkladech či zástupcích, 3 – pojmu se věnuji velmi podrobně na konkrétních příkladech či zástupcích a dalších úlohách rozvíjejících dané souvislosti)

|  | 0                     | 1                     | 2                     | 3                     |
|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Přežití zdatnějšího                                      | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Dědičnost a mutace                                       | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Vnitrodruhová konkurence                                 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Mezidruhová konkurence                                   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Speciace (vznik a vývoj nových druhů)                    | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Mikroevoluce (krátkodobé změny v populacích téhož druhu) | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Makroevoluce (vznik a vývoj vyšších taxonů, než druh)    | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Pohlavní výběr   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

3) VYUČUJETE TEORII DARWINISMU?\*

*Mechanismus evoluce je vysvětlen pomocí přírodního výběru, kterému podléhají především jedinci a jejich potomstvo.*

- Ne.
- Ano.
- Neuvádím název teorie, ale její principy ano.

#### 4) VYUČUJETE TEORII NEODARWINISMU?\*

*Mechanismus evoluce je vysvětlen pomocí náhodných událostí, které v podobě mutací nastávají uvnitř genů. Přírodnímu výběru tak podléhají spíše geny v populaci určitého druhu.*

- Ne.
- Ano.
- Neuvádím název teorie, ale její principy ano.

#### 5) VYUČUJETE TEORII SOBECKÉHO GENU?\*

*Každý živý organismus je nástrojem k přežití genů, v němž každý gen „usiluje“ o to, být předán do další generace; naše chování a jednání je ve své podstatě motivováno nevědomou snahou zajistit zachování našich genů.*

- Ne.
- Ano.
- Neuvádím název teorie, ale její principy ano.

#### 6) VYUČUJETE TEORII ČERVENÉ KRÁLOVNY?\*

*Slova Červené královny: „Utíkej, jak nejrychleji umíš, abys zůstala na místě“ vystihují vztah organismu a daného prostředí. Mění-li se vnější podmínky, je třeba, aby se jim organismus přizpůsoboval, chce-li zůstat naživu. Tento princip vysvětluje i vztah mezi predátorem a kořistí, tzn. jakýkoliv evoluční pokrok kořisti (př. maskování) je provázen i evolučním pokrokem predátora (př. lepší vidění).*

- Ne.
- Ano.
- Neuvádím název teorie, ale její principy ano.

#### 7) VYUČUJETE TEORII ZAMRZLÉ PLASTICITY?\*

*Organismy na změny ve svém prostředí odpovídají jako guma – zpočátku se tlaku prostředí (přírodnímu výběru) podvolí a částečně se pozmění, ale po určité době na tlak prostředí přestávají reagovat, evolučně zamrznou.*

- Ne.
- Ano.
- Neuvádím název teorie, ale její principy ano.

#### 8) VYUČUJETE, NĚKTERÁ Z NÁSLEDUJÍCÍCH TÉMAT?\*

*Vyberte evoluční témata, kterým se jakýmkoliv způsobem věnujete v rámci biologie.*

- Historie názorů na evoluční teorii.
- Příčiny a důsledky sociálního darwinismu.
- Vliv médií na interpretace evolučních teorií.
- Osobní přesvědčení a odlišné názory na evoluční teorii.
- Vliv prostředí a kultury na lidskou anatomii a chování.
- Člověk a trvale udržitelný rozvoj.
- Žádnému z uvedených témat se nevěnuji.
- Jiné:

## ZPŮSOB VÝUKY A ZÍSKÁVÁNÍ INFORMACÍ

### 9) UVEĎTE, JAKÝM ZPŮSOBEM UČÍTE EVOLUČNÍ TÉMATA.\*

*(0 – pro evoluční témata tento způsob výuky neuplatňuji, 1 – pro výuku evolučních témat kombinuji tento způsob výuky s dalšími metodami, 2 – pro výuku evolučních témat upřednostňuji primárně tento způsob výuky)*

|   | 0                     | 1                     | 2                     |
|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Výklad  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Šledování filmu (dokumentu)                         | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Práce s učebnicí                                    | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Práce s pracovním listem                            | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Práce s odborným textem                             | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Diskuze se žáky                                     | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Referáty žáků                                       | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Interaktivní úlohy (tabule, e-learningové programy) | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Práce s internetem                                  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Projektová výuka                                    | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

### 10) PROJEVUJÍ ŽÁCI PŘI HODINÁCH BIOLOGIE ZÁJEM DISKUTOVAT O EVOLUČNÍCH TÉMATECH?\*

- Ano.
- Spíše ano.
- Spíše ne.
- Ne.

### 11) ODKUD ČERPÁTE INFORMACE PRO VÝUKU EVOLUČNÍCH TÉMAT?\*

- Učebnice.
- Vědecké články a odborné knihy (v tištěné i internetové podobě).
- Média (televize, rádio, přírodovědné dokumenty, internet obecně).
- Populárně naučné knihy (v tištěné i internetové podobě).
- Jiné:

### 12) JAK ŘADÍTE EVOLUČNÍ TÉMATA PŘI HODINÁCH BIOLOGIE?\*

- V rámci bloku věnovaného pouze evoluci.
- V rámci bloku věnovaného současně genetice a ekologii.
- Nepravidelně v různých disciplínách biologie.
- V rámci průřezových témat RVP.
- Jiné:



## Redefinícia mólu – pozadie zmien v SI sústave a ich vplyv na vzdelávanie

*Romana Schubertová, Ľubomír Held*

### Abstrakt

Predkladaný príspevok prepája aktuálnu diskusiu o redefinícii základných jednotiek SI sústavy s vyučovaním chémie. Plánovaná definícia mólu má byť založená na presnom stanovení Avogadrovej konštanty. Problémy, ktoré sú spojené s takýmto definovaním mólu, vychádzajú však aj zo samotnej histórie veličiny látkové množstvo. Jedným zo základných problémov tohto charakteru je, že látkové množstvo je spomedzi základných veličín jedinou diskontinuálnou veličinou, ktorej jednotka mól nebola zavedená na základe vlastností prírody, ale na základe ľudskej dohody. Je teda otázne či je mól zaradený medzi základné jednotky SI sústavy logicky správne. Aj z tohto dôvodu je veličina látkové množstvo zaujímavá taktiež z didaktického hľadiska, ktoré je v príspevku diskutované.

**Kľúčová slova:** mól, látkové množstvo, redefinícia jednotiek, Avogadrova konštanta, didaktika chémie.

## The Redefinition of the Mole — the Background of Changes in the International System of Units and Their Impact on Education

### Abstract

This article connects an ongoing discussion about the redefinition of basic units in the International System of Units with the teaching of chemistry. The “new” definition of mole is to be based on the precise determining of Avogadro constant. However, problems related to this new definition have roots in the history of the quantity amount of substance itself. One of the main problems is the fact that the amount of substance is the only discontinuous quantity (from among basic quantities) whose unit ‘mole’ was not introduced in the International System of Units on the basis of properties of the nature, but only by human agreement. Thus, the question is whether the mole is correctly placed among basic units of the International System of Units. This is one of the reason why this quantity is also interesting from the didactic point of view. It is discussed in this article.

**Key words:** mole, amount of substance, redefinition of units, Avogadro constant, chemistry education.

Organizácia *Bureau International des Poids et Mesures* (BIPM – Medzinárodný úrad pre miery a váhy), ktorej úlohou je zabezpečiť celosvetovú jednotnosť meraní a ich prepojenie na medzinárodnú sústavu jednotiek, sa chystá na pomerne rozsiahlu revíziu definície niektorých základných jednotiek SI sústavy. Podnetom pre zmeny je najmä existencia etalónu v prípade kilogramu (pretože jeho hmotnosť sa s časom mení). Zmeny sa tak dotknú aj jednotiek, ktoré sú od definície kilogramu závislé. Jednou z nich je mól, základná jednotka veličiny látkové množstvo. Nová definícia mólu má byť pomerne jednoduchá: „Mól (značka mol) je jednotkou látkového množstva špecifikovanej základnej častice, ktorou môže byť atóm, molekula, ión, elektrón alebo iná častica, či skupina častíc; jeho rozmer je stanovený fixáciou numerickej hodnoty Avogadrovej konštanty, ktorá je presne  $6,022\,141\,29 \cdot 10^{23}$ , keď je vyjadrená v SI jednotke  $\text{mol}^{-1}$ .“ (BIPM, 2013)<sup>1</sup>. Na rozdiel od predchádzajúcej definície, ktorá sa odvolávala na počet atómov uhlíka <sup>12</sup>C v jeho 12 gramoch, bude mól vyjadrený presným počtom častíc. Ten má zodpovedať hodnote Avogadrovej konštanty – teda jej najpresnejšiemu odhadu, ktorý bude stanovený v čase zavedenia zmien definície jednotiek. Táto definícia je v súhre s celou novou koncepciou SI sústavy – definovať všetky základné jednotky pomocou nasledovných, tzv. základných konštánt:

1. Frekvencia žiarenia atómu cézia 133 v pokoji pri teplote absolútnej nuly pri prechode medzi dvoma hladinami veľmi jemnej štruktúry základného stavu (Hz) – pre definíciu sekundy.
2. Rýchlosť svetla vo vákuu ( $\text{m s}^{-1}$ ) – pre definíciu metra.
3. Planckova konštantá (Js) – pre definíciu kilogramu.
4. Elementárny náboj (C) – pre definíciu ampéra.
5. Boltzmanova konštantá ( $\text{J K}^{-1}$ ) – pre definíciu kelvina.
6. Avogadrova konštantá ( $\text{mol}^{-1}$ ) – pre definíciu mólu.
7. Svetelná účinnosť monochromatického žiarenia s frekvenciou  $540 \cdot 10^{12}$  hertz ( $\text{lm W}^{-1}$ ) – pre definíciu kandely.

Kým v súčasnosti je kilogram definovaný pomocou spomínaného etalónu, jeho navrhovaná definícia znie nasledovne: „Kilogram, kg, je jednotkou hmotnosti; jeho veľkosť je určená fixáciou číselnej hodnoty Planckovej konštanty, ktorá je presne  $6,626\,068 \cdot 10^{-34}$ , keď je vyjadrená v jednotke  $\text{s}^{-1} \text{m}^2 \text{kg}$ , čo je ekvivalent jednotky Js.“ (Price, 2011)<sup>2</sup>. Nová definícia kilogramu je teda okrem hodnoty Planckovej konštanty závislá aj od definícií metra a sekundy. Samotná navrhovaná koncepcia však už po svojom predstavení v roku 2007 (na konferencii o mierach a váhach – CGPM, z franc. *Conférence Générale des Poids et Mesures*, boli stanovené podmienky, ktoré musia byť splnené pred prijatím nových definícií) vyvolala v odborných kruhoch rozsiahle diskusie, ktoré sú teoretického aj praktického charakteru. Hovorí sa v nich nielen o problémoch spojených s fixáciou základných fyzikálnych konštánt, ktorá je len ťažko reverzibilná (Price, 2011), ale aj o strate súdržnosti sústavy SI (spomínaná definícia kilogramu pomocou metra a sekundy), náročnej realizácii jednotky kilogram či predpokladaných problémoch s ich sprístupňovaním študentom (Hill, 2011). Didaktické hľadisko je zdôrazňované takmer v každom príspevku, ktorý sa týka kritiky navrhovaných zmien.

<sup>1</sup>V citovanej definícii sa jedná o hodnotu Avogadrovej konštanty, ktorá je uvedená v návrhu 9-tej brožúry SI sústavy a slúži tak na ilustráciu novej definície. Definitívna hodnota Avogadrovej konštanty má byť fixovaná pomocou jej najpresnejšie nameranej hodnoty práve pred redefiníciou.

<sup>2</sup>Symbol „X“ v numerickej hodnote Planckovej konštanty bude v novej definícii nahradený číslicami podľa najpresnejšej determinácie jej hodnoty.

Štúdium problematiky v našom prípade podnietili zmeny, ktorými prechádza obsah základného chemického vzdelávania na Slovensku. Kým doposiaľ sa v ňom pojmy látkové množstvo, mól a molárna hmotnosť nachádzali, od pripravenej revízie do základného (povinného) obsahu nepatria. V snahe zaujať stanovisko k zmenám vo vzdelávacom obsahu sme sa v prípade látkového množstva zamerali aj na štúdium definícií pojmov a ich vývoja. Prebiehajúce zmeny v definícii základných jednotiek tak poskytujú, vďaka búrlivej diskusii v metrologických periodikách (a z nich najmä *Accreditation and Quality Assurance*), pohľad aj na samotnú existenciu veličiny látkové množstvo a historické pozadie jej vzniku. Odporcov voči novej definícii je totiž asi tak veľa, ako tých, ktorí nesúhlasia ani so súčasným zaradením mólu medzi základné jednotky SI sústavy, pričom sú často tou istou osobou (napr. Price, 2010, 2011).

Ustanovenie medzinárodného systému základných veličín a ich jednotiek v sedemdesiatych rokoch prinieslo do vzdelávacích systémov množstvo didaktických problémov. Československé školstvo sa s nimi vyrovnávalo aj vďaka paralelne realizovanej obsahovej prestavbe všetkých stupňov vzdelávacieho systému, ktorá začala v roku 1976 (Held, 2011). Snaha po exaktnosti, ktorá prináša so sebou niekedy mechanické prekopírovanie odborných definícií do vzdelávacích obsahov, však paradoxne nemusí viesť k zlepšeniu vzdelávacích výsledkov. Naopak odкрýva celý rad didaktických problémov, ktoré napokon súvisia aj s nedoriešenou odbornou problematikou.

Sme presvedčení, že takýto scenár postihol aj jediné „chemickú“ veličinu v sústave základných veličín, ktorou je látkové množstvo spolu so svojou jednotkou mól.

Predkladaný príspevok má dva základné ciele. Na jednej strane súhrnne informovať širšiu odbornú verejnosť o zmenách, ktoré sa chystajú v definícii jednotky mól. Na druhej strane poukázať na paralely, ktoré existujú medzi problémami vo vyučovaní mnohých pojmov a ich vývojom a problémami „odborného“ hľadiska, ktoré boli zviditeľnené pomocou didaktickej rekonštrukcie ako výskumného prístupu, dominujúceho dnes v didaktikách prírodných vied.

## 1 ZARADENIE JEDNOTKY MÓL DO SI SÚSTAVY AKO ZAČIATOK PROBLÉMOV

Zavedenie mólu ako základnej jednotky SI sústavy (rok 1971) vychádzalo z využívania pojmu gramatóm a grammolekula v stochiometrii (Furió, 2000). Milton (2011) považuje za dôležitú udalosť v histórii mólu publikáciu Perrina, ktorá prezentuje jeho pohľad na grammolekulu: „Stalo sa bežným nazývať grammolekulou látky také množstvo látky, ktorá v plynnom stave zaberá rovnaký objem ako 2 gramy vodíka, pri rovnakom tlaku a teplote. Avogadrova hypotéza je potom rovná nasledovnému výroku: Akékoľvek dve grammolekuly obsahujú rovnaký počet molekúl.“ (Milton, 2011, cit. podľa Perrin, 1909). Pojem mól sa v zmysle gramatómu a grammolekuly používal aj pred jeho oficiálnym zaradením do SI sústavy, zodpovedal počtu „predmetov“, rovnajúcemu sa Avogadrovemu číslu. Hodnotu Avogadroveho čísla však nebolo potrebné poznať a mól ako pomenovanie určitého počtu predmetov slúžil najmä na komunikáciu výsledkov meraní (Price, 2010). V prípade praxe je totiž pre chemika dôležité vedieť, že 2,06 g vodíka sa zlučuje s 15,999 g kyslíka, pričom nezáleží na voľbe jednotky, ale na pomere hmotností (Meinrath, 2011). Z podobného uhlu pohľadu, avšak so zdôraznením didaktického hľadiska, sa na pro-

blematiku pozerá Tifi (2012). Podľa neho je pre žiakov prirodzený koncept „relatívny počet častíc“, ktorý by mal predchádzať sprístupneniu pojmu mól, pričom žiaci pomocou neho môžu bez využívania pojmu mól riešiť úlohy stechiometrického charakteru. Ak totiž relatívna atómová hmotnosť udáva, koľkokrát je jeden atóm ťažší od druhého, vypovedá zároveň aj o pomere počtu týchto atómov v takej istej hmotnosti vzorky. Napríklad ak má atóm prvku „A“ dvakrát takú veľkú hmotnosť ako atóm prvku „B“, v 100 gramoch vzorky atómov prvku „B“ bude dvojnásobný počet atómov, ako v 100 gramoch vzorky atómov prvku „A“. Rozšírením tejto úvahy sa dostávame k podobnému záveru, ktorý vyslovil Perrin: „V hmotnostiach látok, ktoré sú rovné relatívnym hmotnostiam ich častíc vyjadrených v gramoch (teda kedysi gramatóm alebo grammolekula), sa nachádza vždy rovnaký počet týchto častíc.“

Situácia sa podľa Pricea (2011) predstavením mólu ako základnej jednotky (podľa spomínaného autora dokonca termodynamického charakteru) zmenila. Mól už nezodpovedal veličine, vyjadrujúcej počet častíc, ale novovytvorenej veličine látkové množstvo. Price upozorňuje na to, že v súčasnej definícii látkové množstvo nevyjadruje počet častíc (ako sa všeobecne poníma), a to najmä z toho dôvodu, že jeho hodnoty sú kontinuálneho charakteru (nezáporné reálne čísla), pričom počet častíc je diskontinuálny a má konečnú hodnotu, vyjadrenú celým nezáporným číslom. K tejto problematike sa vyjadruje viaceru autorov. Niektorí považujú látkové množstvo (ktoré by malo reprezentovať počet častíc) za jedinú diskontinuálnu veličinu spomedzi základných veličín (Johansson, 2011; Price & De Bievre, 2009), iní hovoria o logických nedostatkoch súčasne prezentovanej Avogadrovej konštanty (Pavese, 2011; Baraňsky, 2012). Tá je totiž vyjadrovaná aj so štandardnou neistotou, teda intervalom okolo odhadu meranej veličiny, v ktorom sa s určitou pravdepodobnosťou nachádza konvenčne pravá hodnota meranej veličiny. Situácia je spôsobená určením numerickej hodnoty Avogadrovej konštanty, ktorá nevznikla počítaním, ale nepriamou experimentálnou (empirickou) determináciou inej kontinuálnej veličiny – o vývoji metód odhadovania Avogadrovej konštanty a jej meraných hodnôt prehľadne informovali napr. *Chemické listy* (Slavíček, 2012). Numerickej výsledok tejto determinácie je vyjadrený ako nezáporné reálne číslo, z logického hľadiska by však mal byť číslom prirodzeným (Pavese, 2011). Problém diskontinuity veličiny teda vo veľkej miere súvisí aj s okruhom výhrad voči Avogadrovej konštante. Dostáva sa na povrch aj vo vyučovaní pojmov, kde je Avogadrova konštantá v učebniciach rôzne vyčíslovaná. Napríklad v učebnici pre 8. ročník ZŠ z roku 1991 (Šramko et al., 1991) je uvedené, že jeden mól: „... obsahuje približne  $6,023 \cdot 10^{23}$  častíc, čo je 602 300 000 000 000 000 000 častíc.“ V novších učebniciach (Vicenová & Ganajová, 2012) je už slovo „približne“ vynechané, ale Avogadrova konštantá je vždy na ilustráciu vyčíslená s nulami. K tomuto problému Pavese (2011) dodáva, že vyjadrenie, že jeden mól obsahuje  $6,022\,141\,29 \cdot 10^{23}$  častíc (ktoré sa nachádza v novo navrhovanej definícii mólu) nie je správne, nakoľko značí, že ostatné desatinné miesta vo vyjadrení sú rovné nule. To, že zvyšné číslice nepoznáme, však neznamená, že sú rovné nule.

Z historického hľadiska bol mól zavedený ako vyvrcholenie sporu medzi atomistami a ekvivalentistami (Furio, 2000). Kým ekvivalentisti uvažovali o zlučovaní a chemických reakciách v rovine makroskopickej, prostredníctvom ekvivalentových váh (historický pojem), atomisti na základe Daltonovho postulátu tvrdili, že v chemickej reakcii spolu reagujú zlúčeniny molekula k molekule. Podľa Meinrahta (2011) sa však atomistický pohľad stal faktickou realitou a nie je teda dôvod zavádzať, prípadne využívať konštrukciu veličiny, ktorá dnes nemá reálne opodstatnenie.

## 2 PRIRODZENÁ ZÁKLADNÁ VELIČINA – POČET ČASTÍC

Práve na základe diskontinuity veličiny, ktorá počíta častice, by mal byť logickou základnou jednotkou samotný kus (v angličtine využívaný pojem „unity“). Mól je v tomto prípade len matematickým násobiacim faktorom – faktorom mierky (Johansson, 2011). V prípade kontinuálnych veličín je otázkou konvencie, aká jednotka bude zvolená za základnú – je teda záležitosťou dohody, či označíme 1 kilogram za základnú jednotku a 1 gram za jeho alikvotnú časť, alebo opačne. Avšak záležitosťou dohody nie je, či považujeme 1 molekulu  $\text{H}_2\text{O}$  za jednotku a tucet takýchto molekúl za jej násobok, alebo uvažujeme opačne. Kým 1 kilogram môžeme považovať za základnú jednotku alebo jej násobok, jeden tucet bude vždy len násobiacim faktorom určenej základnej jednotky. Mól by mal byť považovaný za takýto násobiaci faktor, keďže nie je viazaný na žiadny druh častíc a môže byť aplikovaný vždy, keď sa jedná o diskontinuálne entity. Nespojité entity sú tak vlastnými jednotkami počítania. Potrebujú na svoje spočítanie len prirodzené čísla. Počítanie totiž vyžaduje, aby mal termín „nasledujúci v poradí“ zmysel. V prípade kontinuálnych veličín nie je možné tento termín používať, keďže medzi dvomi bodmi, akokoľvek sú si blízko, sa vždy nachádza aj tretí bod. Z tohto dôvodu musia mať kontinuálne veličiny jednotku miery stanovenú dohodou.

Zaujímavé je na tomto mieste spomenúť, že podobný pohľad na túto záležitosť, ktorý je v poslednej dobe prezentovaný v zahraničí, sa vyskytol už pomerne dávno v osemdesiatych a deväťdesiatych rokoch v Československu, keď neúnavný Petera (1988) navrhoval za základnú jednotku látkového množstva (v Peterových návrhoch „mnohosti látky“) jednotku „indiv“. Bez „cimrmanovského“ sarkazmu možno konštatovať, že jeho tvrdenia sú konzistentné so súčasnými renomovanými autormi: „... ve své skutečné podstate totiž mol není ničím iným, než velmi velikým násobkem indivu, je tedy velkou měrnou jednotkou mnohosti.“ Citované vyjadrenie naráža na ďalší problém, s ktorým sa dnes opäť stretávame. Mnohí autori vnímajú názov veličiny látkové množstvo ako mätúci. Je považovaný za rozvláchny, príliš všeobecný a nejednoznačný (Padilla & Furio, 2000) či podľa Peteru nevýstižný, svojou dvojslovnosťou neoperatívny (Petera, 1988; Furio, 2000). Od začiatku existencie veličiny sa tak objavilo množstvo návrhov na vhodnejší názov – chemiancia, chemické množstvo, enplethia a iné. Z vyjadrení Miliona je však zreteľné, že zmeny, ktoré majú byť podľa BIPM v SI sústave vykonané, majú v čo najmenšom rozsahu ovplyvniť praktických užívateľov (Milton, 2011).

Na tomto mieste chceme opäť upozorniť na didaktické problémy, ktoré boli známe vzápätí po ustanovení novej veličiny a jej jednotky. Prehľad o riešeníach problematiky vyučovania daných pojmov sme poskytli pred tridsiatimi rokmi (Held, 1985). Náš návrh výkladu vychádzal z „kvantifikovaného opisu“ chemickej rovnice vyjadrujúcej syntézu vody: *Pre praktickú činnosť v chemickom laboratóriu bude užitočné, aby sme si určili nejakú základnú jednotku, ktorou budeme vyjadrovať množstvo reagujúcich látok. Povedzme 1 miliarda častíc (molekúl). (Po prečítaní rovnice v miliardách reagujúcich molekúl sa prechádza na všeobecné bezmenné jednotky.) Rovnica potom vyjadruje: 2 jednotky množstva vodíka (predtým 2 miliardy alebo  $2 \cdot 10^9$ ) + 1 jednotka množstva kyslíka (predtým 1 miliarda alebo  $1 \cdot 10^9$ ) reaguje za vzniku 2 jednotiek množstva vody (predtým 2 miliardy alebo  $2 \cdot 10^9$ ). V praxi sa však zaužívala iná jednotka látkového množstva, ktorá obsahuje približne  $6,022 \cdot 10^{23}$  častíc, namiesto nami uvažovaných  $10^9$  častíc.*

V uvedenom príklade je taktiež vyjadrená myšlienka, že je záležitosťou dohody, aký veľký počet častíc bude jednotka (následne predstavená ako mól) obsahovať.

K tejto problematike podobne ako aj iní autori (napr. Price & De Bievre, 2009) podotýkame, že hodnota Avogadrovej konštanty by bola odlišná, pokiaľ by sa v čase zavádzania jednotky mól využívali na meranie hmotnosti iné jednotky ako gram (napr. libra – namiesto pojmov gramatóm a grammolekula by tak boli vytvorené pojmy libraatóm či libramolekula (približne  $2,734 \cdot 10^{26}$ ) (Held, 1985). Aj náš súčasný návrh sprístupnenia pojmov látkové množstvo a mól vychádza z predpokladu, že mól je násobkom jedného kusu (častice). Súčasne v ňom okrem nedoriešených odborných metrologických problémov reflektujeme aj aktuálne zavádzanie nových pojmov v prírodovednom vzdelávaní pomocou induktívnej metodológie (Schubertová, 2014).

### 3 NAVRHOVANÁ DEFINÍCIA A SÚČASNÁ DISKUSIA OKOLO NEJ

V súvislosti s plánovanou zmenou definície mólu sa objavujú názory, že nová definícia nevyrieši logické problémy veličiny a jej jednotky, ktoré sú s nimi spojené. V diskusiách bolo navrhované zavedenie viacerých veličín, jednotiek či novotvarov, ako napríklad „numerozita“ (z angl. numerosity, ako akási „početnosť“) (De Bievre, 2007; Rocha-Filho, 2011), ktorá sa nápadne podobá Peterovmu návrhu „mnohosť“ (Petera, 1988), „avo“ a „ent“ (Leonard, 2011a, 2011b, 2011c) alebo „uno“ (Mills, 1995). Tie však podľa Milтона (2011) nemajú potenciál zasiahnuť do plánovaných zmien v SI sústave. Navrhovatelia týchto zmien, ako oponenti súčasnej aj plánovanej definície, však často poskytujú zmysluplné argumenty, stojace za ich námietkami. Niektoré z nich vymenujeme:

- Nová SI sústava chce vychádzať z definovania jednotiek prostredníctvom základných fyzikálnych konštánt. Avogadrova konštanta však nie je základnou fyzikálnou konštantou v pravom zmysle slova (ako napríklad rýchlosť svetla vo vákuu). Je len špecifickým príkladom spomedzi mnohých, prirodzene sa vyskytujúcich stabilných javov (Price, 2011).
- Problémom definovania kilogramu je, že sa hodnota Planckovej konštanty v čase a priestore mení a zmeny hodnoty konštanty tohto charakteru tak môžu spôsobovať problémy v základnej metrológii (Hill & Khruschov, 2013).
- Jedným z primárnych cieľov SI sústavy bolo určenie základných, od seba navzájom nezávislých jednotiek. Vzájomná nezávislosť jednotiek garantovala konzistenciu sústavy. Prvýkrát narušilo túto konzistenciu samotné predstavenie mólu, pretože jeho definícia zahŕňala kilogram, nasledovalo definovanie metra pomocou rýchlosti svetla atď. Použitie fundamentálnych konštánt na definovanie jednotiek tak dovŕši elimináciu principiálnych rozdielov medzi základnými a odvodenými jednotkami (Pavese, 2011).
- Definičný problém sa týka aj daltonu (iný názov – atómová hmotnostná jednotka, značka Da alebo u), ktorý je v súčasnosti stanovený ako jedna dvanástina hmotnosti atómu uhlíka  $^{12}\text{C}$ . Pri nezávislej fixácii Planckovej konštanty (pomocou ktorej bude definovaný kilogram) a Avogadrovej konštanty (pomocou ktorej bude definovaný mól) bude pre dalton platiť nasledovná definícia:  $\text{Da} = 1/(1\,000 N_A)$  kg presne (Leonard, 2011). Táto hodnota však nebude zodpovedať jednej dvanástine hmotnosti atómu uhlíka  $^{12}\text{C}$ . Na vyriešenie tejto situácie boli navrhnuté rôzne explicitné aj implicitné korekčné faktory.

Citovaní autori zároveň vyzývajú tvorcov „novej SI sústavy“ na širšiu diskusiu s odborníkmi, ktorá zatiaľ, aj napriek príslubom, neprebehla (Hill & Khruschov,

2013). Od návrhov novej sústavy (v roku 2007) pritom prebehlo už niekoľko rokov a plány na jej prijatie spadajú do roku 2018 (Richard & Ullrich, 2014).

## 4 NA ZÁVER

Prebiehajúca diskusia z pohľadu didaktikov poukazuje najmä na zložitosť situácie. Evidentný rozdiel medzi látkovým množstvom a ostatnými základnými veličinami totiž netkvie primárne v tom, že mól je jedinou základnou jednotkou, o ktorej zariadenie do SI sústavy sa zaslúžili chemici. Rozdiel tkvie v samotnej podstate merania. Kým v ostatných prípadoch (dĺžka, hmotnosť, čas) je podstatné, že meranie je porovnávaním pozorovaných a zaznamenaných hodnôt so stanovenou jednotkou, v prípade látkového množstva sa ukazuje, že jeho základnou jednotkou je samotný kus, reprezentovaný jednou diskontinuálnou entitou. Na ustanovenie hodnoty základnej jednotky látkového množstva teda podľa nášho názoru nie je potrebná dohoda odbornej verejnosti, potrebná je v prípade ustanovenia hodnoty jej násobku – mólu. Otázne je, aký bude mať plánovaná redefinícia jednotiek vplyv na vzdelávanie. Pokiaľ mól bude definovaný pomerne jednoducho a otázky budú visieť najmä nad podstatou merania a teda aj hodnoty Avogadrovej konštanty, v prípade redefinície kilogramu bude situácia zložitejšia. Jeho definícia pomocou Planckovej konštanty je z didaktického hľadiska veľmi ťažko uchopiteľná a hrozí, že jej budú rozumieť len teoretickí fyzici (Price, 2011).

I keď nepredpokladáme, že didaktické hľadiská by mohli zohrať významnú úlohu v diskusii k pripravovanej redefinícii základných jednotiek SI sústavy, sme presvedčení, že problémy vyučovania pomáhajú pripomenúť etapy vývinu a lepšie pochopiť pozadie pripravovaných zmien. V konečnom dôsledku je to dôvod na zamyslenie a možno jeden z posledných momentov na diskusiu pred dôležitým okamihom, ktorý ovplyvní vzdelávanie na dlhú dobu dopredu.

## PODĚKOVÁNÍ

Príspevok vznikol s podporou projektu APVV č. 2014-0070.

## LITERATURA

Baraňski, A. (2012). The Atomic Mass Unit, the Avogadro Constant, and the Mole: a Way to Understanding. *Journal of Chemical Education*, 89(1), 97–102.

BIPM. (2013). *Draft 9th Brochure*. Dostupné z [http://www.bipm.org/utis/common/pdf/si\\_brochure\\_draft\\_ch123](http://www.bipm.org/utis/common/pdf/si_brochure_draft_ch123)

De Bièvre, P. (2007). Numerosity Versus Mass. *Accreditation and Quality Assurance*, 12(5), 221–222.

De Bièvre, P. (2011). Integer numbers and their ratios are key concepts in describing the interactions of atoms and molecules. *Accreditation and Quality Assurance*, 16(3), 117–120.

Furio, C. (2000). Difficulties in Teaching the Concepts “Amount of Substance” and “Mole”. *International Journal of Science Education*, 22(12), 1 285–1 303.

Held, Ľ. (1985). *Osvojovanie pojmu „látkové množstvo“: metodický list*. Bratislava: Ústredný ústav pre vzdelávanie učiteľov.

- Held, L. (2011). Konfrontácia koncepcií prírodovedného vzdelávania v Európe. *Scientia in educatione*, 2(1), 69–79.
- Hill, T. P. (2011). Criticisms of the proposed “new SI”. *Accreditation and Quality Assurance*, 16(8), 471–472.
- Hill, T. P. & Khrushchov, V. V. (2013). Is there an objective need for an urgent redefinition of the kilogram and mole? *Measurement Techniques*, 56, 747–752.
- Johansson, I. (2011). The Mole is Not an Ordinary Measurement Unit. *Accreditation and Quality Assurance*, 16(8–9), 467–470.
- Leonard, B. P. (2011a). The avo (Av), gali (G), entity (ent) and exact dalton. *Accreditation and Quality Assurance*, 16(3), 173–174.
- Leonard, B. P. (2011b). Alternative interpretations of the mole and the ideal gas equation. *Accreditation and Quality Assurance*, 16, 577–581.
- Leonard, B. P. (2011c). Why the invariant atomic-scale unit, entity, is essential for understanding stoichiometry without ‘Avogadro anxiety’. *Accreditation and Quality Assurance*, 16(3), 133–141.
- Meinrath, G. (2011). The mole: definition versus practical use. *Accreditation and Quality Assurance*, 16(3), 167–170.
- Mills, I. M. (1995). Unity as a unit. *Metrologia*, 31, 537.
- Milton, M. J. T. (2011). Reasonable scope for change. *Accreditation and Quality Assurance*, 16(11), 575–576.
- Padilla, K. & Furio Mas, C. (2008). The Importance of History and Philosophy of Science in Correcting Distorted Views of “Amount of Substance” and “Mole” Concepts in Chemistry Teaching. *Science and Education*, 17(4), 403–424.
- Pavese, F. (2011). Some Reflection on the Proposed Redefinition of the Unit for the Amount of Substance and of Other SI Units. *Accreditation and Quality Assurance*, 16(8–9), 161–165.
- Petera, M. (1988). Mnohost a její měrné jednotky. *Poznatky teoretické metrologie (teorie měření) využitelné k logickému a srozumitelnému výkladu kvantifikačních pojmů a výpočtů v chemii*. Praha.
- Price, G. & De Bièvre, P. (2009). Simple Principles for Metrology in Chemistry: Identifying and Counting. *Accreditation and Quality Assurance*, 14(6), 295–305.
- Price, G. (2010). Failures of Global Measurement System. Part 1: the Case of Chemistry. *Accreditation and Quality Assurance*, 15(7), 421–427.
- Price, G. (2011). A skeptic’s review of the New SI. *Accreditation and Quality Assurance*, 16(3), 121–132.
- Richard, P. & Ullrich, J. (2014). *Joint CCM and CCU roadmap towards the redefinition of the SI in 2018*. Dostupné z <http://www.bipm.org/en/measurement-units/new-si/>
- Rocha-Filho, R. C. (2011). Reposition of numerosity as the SI base quantity whose unit is the mole. *Accreditation and Quality Assurance*, 16(3), 155–159.
- Schubertová, R. (2014). *Induktívne osvojovanie pojmu látkové množstvo* [Dizertačná práca]. Trnava: Trnavská Univerzita.
- Slaviček, P. (2012). Avogadrova konstanta: 201 let počítání molekul. *Chemické listy*, 106, 1 023–1 028.



Šramko, T. et al. (1991). *Chémia 8: pre 8. ročník základnej školy*. Bratislava: Slovenské Pedagogické Nakladateľstvo.

Tifi, A. (2012). Dismissing the Mole Concept. *La Chimica nella Scuola*, 34(3), 368–371.

Vicenová, H. & Ganajová, M. (2012). *Chémia pre 9. ročník základnej školy a 4. ročník gymnázia s osemročným štúdiom*. Bratislava: EXPOL PEDAGOGIKA.

---

ROMANA SCHUBERTOVÁ, romana.schubertova@umb.sk

Univerzita Mateja Bela, Fakulta prírodných vied

Katedra biológie a ekológie

Tajovského 40, Banská Bystrica, Slovenská republika

ĽUBOMÍR HELD, lheld@truni.sk

Trnavská Univerzita, Pedagogická fakulta

Katedra chémie

Priemyselná 4, Trnava, Slovenská republika

# Scientia in educatione

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

Vydává Univerzita Karlova v Praze – Pedagogická fakulta  
<http://www.scied.cz>

## **Vedoucí redaktorka (Univerzita Karlova v Praze)**

doc. RNDr. Naďa Vondrová, Ph.D.

## **Redakce (Univerzita Karlova v Praze)**

prof. RNDr. Hana Čtrnáctová, CSc.

doc. RNDr. Leoš Dvořák, CSc.

prof. RNDr. Jarmila Novotná, CSc.

PhDr. Martin Rusek, Ph.D.

doc. RNDr. Vasilis Teodoridis, Ph.D.

## **Členové redakční rady**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

RNDr. Vladimír Přívratský, CSc. (Univerzita Karlova v Praze)

RNDr. Jarmila Robová, CSc. (Univerzita Karlova v Praze)

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

## **Zahraniční členové redakční rady**

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

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

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

## **Adresa redakce**

Univerzita Karlova v Praze, Pedagogická fakulta (Naďa Vondrová)

Magdalény Rettigové 4, 116 39 Praha 1

e-mail: [scied@pedf.cuni.cz](mailto:scied@pedf.cuni.cz)

Pokyny pro autory jsou uvedeny na <http://www.scied.cz>.

Sazbu v systému L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X zpracoval Miloš Břejcha, Vydavatelský servis, Plzeň.

Logo navrhl Ivan Špírk.

Redaktorka a jazyková korektorka Zdeňka Janušová