

Tvorba interaktivních animací a jejich použití v praxi

David Šarboch – Milada Teplá

Department of Teaching and Didactics of Chemistry, Faculty of Science,
Charles University, Prague, Czech Republic

Creation of interactive animations and their use in practice

Abstract

This contribution presents the creation and verifying of the interdisciplinary interactive educational animations. The animations were created in order to support the teaching at secondary schools and high schools and to connect the knowledge and the skills in chemistry and biology.

The authors of many research studies as well as the creators of the state educational strategies claim that nowadays a transition from a traditional way of teaching to the activating methods is needed (Ainsworth a kol., 2004; Barak, 2011). Furthermore, these methods should emphasize a pupils' positive relation to the interdisciplinary nature of the learning content (Ainsworth a kol., 2004; Barak, 2011; Bétrancourt, 2000). A survey examining the state of learning of the Digestion in human body topic was realized in 2018 in the Czech Republic. The questionnaires were filled in by approximately 150 secondary and high school chemistry and biology teachers across the whole country. On the basis of the results, this topic is perceived as interdisciplinary by the majority of the teachers, however, there is a lack of materials (f. e. animations) promoting its implementation into the both subjects equally. Thus, an educational animation was created in Adobe Flash Professional CS6 programme and afterwards verified using a pilot study. The animation consists of 26 subanimations which concern the chemical and biological nature of the topic of digestion in human body. In total 30 secondary school pupils participated in the pilot study. They were divided into the control group (that was taught in a traditional way) and the experimental group (where the learning process was supported by using the animation).

According to the results of the pilot study, the pupils in the experimental group were more motivated while working with the animations and also achieved better study results than the pupils in the control group.

Keywords: Educational animation; pupils' motivation; interdisciplinary relations

Klíčová slova: Výukové animace; motivace žáků; mezipředmětové vztahy

Subject-Affiliation in New CEEOL: Social Sciences – Education – School Education

DOI: 10.36007/eruedu.2020.1.111-119

1 Úvod

Motivace žáků je v poslední době velmi silně diskutované téma (Ikwuka, 2017). Mnoho odborníků hlásá nutný přechod od tradiční frontální výuky k formě atraktivnější pro žáky a ve výsledku i pro učitele. Zejména v přírodovědných předmětech je tento přechod nutný. Obory chemie, fyziky ale i biologie jsou mnohdy velmi abstraktní a náročné na pochopení a žákovu představivost (Szarka, 2014). Tento fakt se mimo jiné projevuje spíše negativním vztahem žáků k přírodním vědám. Dle mnohých autorů je možné toto vnímání zvrátit používáním vizualizačních prostředků, které budou složité děje simulovat, či alespoň animovat. Jedním z takových prostředků, resp. metod, mohou být výukové animace (Ikwuka, 2017; Kainz & Jakab, 2013).

Cílem autorů bylo ve školní praxi ověřit nově vytvořené výukové animace (Šarboch, 2018), které jsou určeny pro podporu výuky tématu trávení v lidském organismu na středních školách a druhém stupni škol základních.

2 Teoretická východiska

Již od počátku lidstva je možné sledovat potřeby graficky vyjadřovat určité situace či pocity. Od pravěkých jeskynních maleb, přes vývoj výtvarného umění až po moderní grafické programy, které dnes slouží k mnoha rozličným účelům. Fakt, že člověk přijímá většinu informací z okolního světa zejména zrakem, je evidentní. Podle experimentálně získaných dat přijímáme 80 % informací z okolního prostředí právě zrakem (Haupt a kol., 2008). Z prezentace založené na kombinaci mluveného slova a vizuálních pomůcek si posluchač po třech hodinách vybaví 85 % obsahu a po třech dnech téměř 66 % (Bradbury, 2001). Tato skutečnost je také jedním ze základů rozvoje moderního procesu učení, kdy učitel již neslouží jako bezedná studna suše chrlicí informace, nýbrž má za úkol žákům učivo předkládat v co nejvíce rozmanitých formách tak, aby si oni sami našli pro ně nejvíce vyhovující cestu k pochopení učiva. Jednou z výše zmíněných forem je právě animace.

Animace můžeme zařadit mezi dynamické vizualizační prostředky (Ainsworth & Van Labeke, 2004). V současné době panuje obecně uznávaný postoj, že animace vedou k zefektivnění výuky. Většina výzkumů tento postoj skutečně potvrzuje, jak uvádí např. studie Bétrancourt & Tversky (2000). Ty porovnály celkem 17 studií, které se zabývaly rozdílem mezi učivem předaným pomocí animací a učivem zprostředkovaným běžnějšími výukovými metodami (výklad, práce s textem, ...). Z analyzovaných 17 studií bylo 12 z nich provedeno experimentálně a 5 přímo v terénu, tedy během vyučovacího procesu. Výsledkem srovnávací analýzy byl fakt, že 10 studií prokázalo spíše pozitivní dopady použití animací na žáka, 7 zaznamenalo spíše negativní vliv. I další autoři hovoří o spíše pozitivních dopadech používání animací na žáky (Ikwuka, 2017; Kainz & Jakab, 2013; Barak & Ashkar, 2011; Stith, 2004; Szarka, 2016).

Z výše uvedeného odstavce vyplývá, že animace skýtají četná pozitiva ale i jistá

negativa. Prvním pozitivem je skutečnost, že žák si díky animacím vytvoří adekvátní mentální reprezentaci procesů a dějů a zároveň zmírní kognitivní procesy, které by musel aplikovat pro správné pochopení učiva bez intervence animace (Bétrancourt a kol., 2000). Práce se statickými vizualizačními prostředky je doprovázena zvýšenou mírou aditivních procesů (srovnávání obrázků, přemýšlení o naznačené dynamice, identifikování symbolů apod.), což může být spojeno s nesprávným pochopením daného jevu. Ovšem pokud změny v daném ději prezentujeme dynamicky, co nejpřesněji a věrně, pak může dojít k odlehčení pracovní paměti žáků a ti mohou své kognitivní procesy zaměřit např. na dokonalejší pochopení dané problematiky (Kuhl a kol., 2011). Dále je pak z podstaty dynamických a multimediálních vizualizačních prostředků patrné, že animace nabízejí větší shodu daného jevu s jeho reprezentací, než je tomu u vizualizací statických (např. 2D obrázků).

Dalším pozitivem animací je možnost některé procesy zrychlit či naopak zpomalit (např. pohyb atomů).

Mezi negativa výukových animací můžeme zařadit např. pomíjivost prezentovaných informací. Animace tedy nenabízí stálou, nýbrž přechodnou informaci. Z tohoto je patrné, že daná informace může v pracovní paměti žáků setrvat jen několik vteřin a následně může být vytěsněna informací další (Bétrancourt a kol., 2000).

Dalším negativním faktorem může být tzv. „split attention effect“, neboli „efekt roztržité pozornosti“, který může být u mnoha animací zapříčiněn jejich přílišnou komplexitou. Některé objekty se v nich mohou pohybovat současně a žáci jsou pak nuceni rozdělit svou pozornost, což může vést k nedokonalému zachycení požadovaných informací (Lowe, 2003).

3 Vytvořené animace na téma Trávení v lidském těle

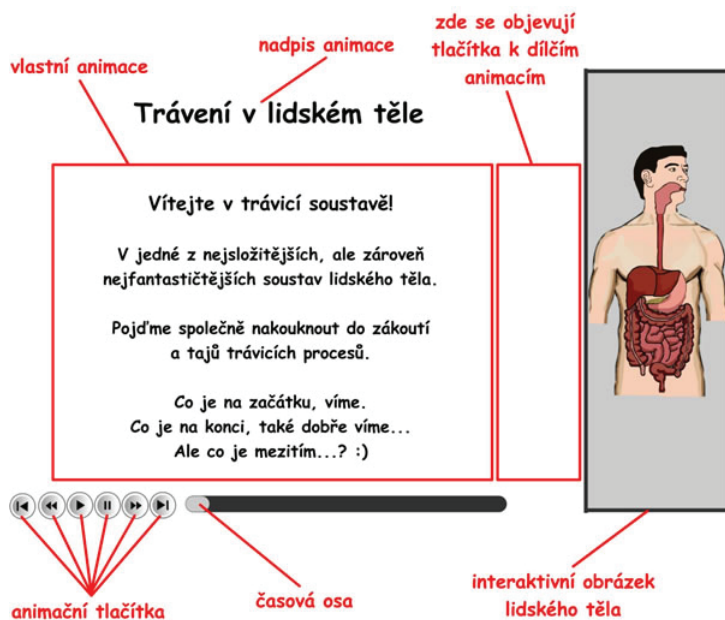
Animace používané v pilotní studii, o níž pojednává tento článek, zpracovávají téma trávení v lidském organismu. Tato část učiva je zanesena do českého středoškolského kurikula ve vzdělávacích oborech biologie a chemie (RVP G, 2008). Již z tohoto faktu lze usuzovat, že jde o téma interdisciplinární, což potvrzuje i dotazníkové šetření mezi českými učiteli provedené v roce 2018 (Šarboch & Teplá 2018). Šetření bylo realizováno v roce 2018 a zúčastnilo se ho zhruba 150 středoškolských či základoškolských učitelů chemie a biologie z celé České republiky. Učitelé vidí téma trávení v lidském organismu jako mezioborové, nicméně v současné době je podle nich vyučováno zejména v biologii. Uvítali by proto výukové materiály, které by jim umožnily toto učivo předávat žákům v obou předmětech a zároveň poznatky z jednotlivých oborů propojovat (Šarboch & Teplá 2019). K tomuto účelu byly autory článku vytvořeny mezipředmětové interaktivní výukové animace v animačním programu Adobe Flash Professional CS6.

Animace se skládá z jedné úvodní a dvaceti pěti dílčích animací, které jsou uspořádány do skupin podle jednotlivých orgánů trávicí soustavy. U každého oddílu (orgánu) je na začátku animace, která shrnuje pochody a děje v daném úseku trávicí soustavy probíhající. Právě tyto úvodní animace mohou být využity při výuce mladších žáků v nižších ročnících. Další animace v daném oddílu postupně

rozšiřují animaci úvodní. Většina animací je koncipována mezioborově, tzn. jsou v nich spojovány principy chemické i biologické. Všechny dílčí animace je možné ovládat pomocí animačních tlačítek „začátek, zpět, přehrávání, pauza, vpřed, konec“. Zároveň je možné u každé animace zapnout či vypnout doprovodný text, který popisuje právě probíhající děj. Tyto skutečnosti vytváří z celkového animačního programu interaktivní vzdělávací materiál (Obr. 1). Mezipředmětové vztahy jsou v animacích podpořeny zpracováním anatomické, ale i fyziologické a biochemické stránky trávicích procesů.

Hlavním smyslem výukové animace je zvýšení efektivity výuky tématu trávení v lidském těle na středních školách. S tím souvisí i možnost využití této animace např. při samostudiu žáků. Program je možné využít jak v klasických vyučovacích hodinách, tak v hodinách seminárních (Šarboch & Teplá, 2018).

Animace i s doprovodným výukovým textem je volně stažitelná na webových stránkách www.studiumbiochemie.cz/traveni2.html. Po zapnutí animace se objeví základní okno, ve kterém je nahoře uveden nadpis, vpravo pak interaktivní obrázek lidského těla. Pod nadpisem se přehrává úvodní animace Po zhlédnutí či přeskočení úvodní animace, je možné kliknout na kterýkoli orgán na interaktivním obrázku lidského těla (kromě jater a slinivky břišní – ty nejsou v animacích zpracovány) a nahrát tak dílčí animace vztahující se k danému orgánu. Jednotlivé dílčí animace je poté možné nahrávat kliknutím na příslušné šedé oválné tlačítko. Každá dílčí animace je doprovázena doplňujícím textem. Posun textu odpovídá logickým změnám situací v samotné animaci (Šarboch, 2018).



Obrázek 1 Rozložení animačního okna

4 Charakteristika výzkumu

Pilotní šetření bylo provedeno na české střední škole v roce 2018 ve 3. ročníku čtyřletého gymnázia v předmětu biologie a zúčastnilo se ho 30 žáků, kteří byli pro účely pilotního šetření rozděleni na kontrolní (14 žáků) a experimentální skupinu (16 žáků). Žáci kontrolní skupiny byli vyučováni tradičním způsobem bez používání animací ve výuce, tedy běžným způsobem, na který byli doposud zvyklí (výklad, kreslení obrázků, práce s 3D modely, ...). Žáci experimentální skupiny byli vyučováni s podporou vzdělávacích animací. V obou třídách vyučoval tentýž učitel.

Cílem pilotního šetření bylo zjistit, jaký vliv má používání zmíněných animací na vnitřní motivaci žáka (konkrétně na zájem žáka o probíranou látku, uvědomění si jeho nabitých schopností ve vztahu k probírané látce, na ochotě vkládat do porozumění úsilí a vnímání významu probírané látky) a též na žákovy poznatky týkající se probírané látky.

Byly stanoveny následující výzkumné otázky:

- Existuje statisticky významný rozdíl mezi tradiční výukou a výukou, během které se používají vzdělávací animace, ve vztahu k vnitřní motivaci žáků?
- Existuje statisticky významný rozdíl mezi tradiční výukou a výukou s podporou animací ve vztahu k dosaženým znalostem ve výuce chemie?

Pro zjištění vlivu vzdělávacích animací na motivační orientaci žáků byly v rámci pilotního šetření použity dva typy standardizovaných dotazníků (vstupní Pre dotazník a výstupní Post dotazník) a znalostní test (vstupní Pre test a výstupní Post test).

Vstupní Pre dotazník vznikl výběrem 16 tvrzení z nástroje MSLQ (Motivated Strategies for Learning Questionnaire) (Pintrich, Smith, et al., 1991) takovým způsobem, že každé tvrzení náleželo k jedné ze čtyř zvolených škál: *vnitřní cílová motivace*, *vnější cílová motivace*, *sebeúčinnost v učení*, *uvědomění vlastní zodpovědnosti při učení se*. Dotazník byl použit v rámci šetření v experimentální i kontrolní třídě na začátku 1. vyučovací hodiny ještě před zařazením animací do výuky v experimentální třídě.

Výstupní post dotazník vznikl výběrem 25 tvrzení z nástroje IMI (Intrinsic Motivation Inventory) (McAuley et al., 1989; Ryan, 1982) takovým způsobem, že každé tvrzení náleželo k jedné ze čtyř zvolených škál: *zájem/potěšení*, *úsilí/důležitost*, *uvědomění si svých schopností*, *hodnota/užitečnost*. Ve všech případech se jednalo o škály vnitřní motivace. Post dotazník byl vytvořen ve dvou variantách dle skupiny, ve které byl použit. Post dotazník (Post dotazník A) zaměřený na použití animací ve výuce byl upraven tak, aby tvrzení jasně směřovala k použití animací ve výuce a Post dotazník (Post dotazník B) zaměřený na běžný styl výuky byl upraven tak, aby tvrzení jasně směřovala k tradičnímu stylu výuky. Výstupní dotazník byl vyplněn na konci druhé vyučovací hodiny, ve které byli žáci experimentální skupiny již vyučováni s podporou vzdělávacích animací.

Oba nástroje byly využity již v četných výzkumech sledování motivační orientace žáků ve vztahu k přírodovědnému vzdělávání (Gibbens, 2019; Vojř a kol., 2018;

Kuncová a kol., 2018; Tóthová, 2018; Míka, 2017; Šmejkal at al., 2016; Skoršepa, 2015; Stratilová Urválková, 2014).

Pro zjištění úrovně dosažených studijních výsledků žáci v rámci pilotního šetření vyplňovali znalostní test, který byl vždy použit dvakrát, a to na začátku (Pre test) a na konci šetření (Post test). Tento test byl zcela identický pro experimentální i kontrolní třídu.

Získaná data byla zpracována statistickým programem IBM SPSS Statistics 25 (IBM Corp., 2017) za použití vybraných statistických metod. Jednalo se o anonymní šetření.

5 Interpretace výsledků

Niže jsou představeny některé výsledky, k nimž se dospělo na základě statistické analýzy dat získaných z výstupních post dotazníků a znalostních testů.

Nejprve u všech zadaných dotazníků byla vypočtena reliabilita výsledků pro každou škálu. Reliabilita byla zhodnocena prostřednictvím koeficientu Cronbachova alfa. Vypočtené hodnoty této míry reliability byly na požadované úrovni, neboť hodnota koeficientu překračuje téměř u všech škál všeobecně přijímané minimum 0,7 (Nunnally, 1978; DeVellis, 2012; Kline, 2011), reliabilita zbývajících škál se k této hodnotě blíží. Získaná data jsou tedy vnitřně konzistentní a lze je považovat za spolehlivá. Na základě konfirmační analýzou ověřeného modelu (Skoršepa, Šmejkal, 2015) byly vypočteny 4 nové proměnné jako průměr jednotlivých položek z post dotazníku: *zájem/potěšení, úsilí/důležitost, uvědomění si svých schopností, hodnota/užitečnost*.

Před nalezením odpovědi na první výzkumnou otázku, jsme nejprve v rámci pilotního šetření zjišťovali, zda existuje statisticky významný rozdíl mezi kontrolní a experimentální skupinou ve vztahu k odpovědím na položky z Post dotazníku B, tedy ve vztahu k vnímání pouze tradiční výuky. Jako vhodnou statistickou metodu jsme vzhledem k povaze dat (data vykazovala normální rozdělení) použili dvojvýběrový *t*-test. Výsledky testu odhalily, že průměrné hodnocení jednotlivých sledovaných proměnných bylo u žáků experimentální skupiny a u žáků skupiny kontrolní stejné (*p* hodnota byla u všech testů větší než 0,05). Z výsledků lze vyvodit, že žáci experimentální i kontrolní skupiny při tradičním pojetí výuky pociťují téměř obdobný zájem o probíranou látku, do porozumění probíraného obsahu vkládají srovnatelné úsilí, na stejné úrovni si uvědomují své schopnosti (pocit zvládnutí učiva) a obě skupiny podobně pociťují význam probírané látky.

Pro zjištění rozdílu mezi vnímáním tradičního pojetí výuky a výuky s podporou vzdělávacích animací ve vztahu k vnitřní motivaci žáků byla porovnávána data získaná od experimentální skupiny. Konkrétně byla porovnávána data získaná z odpovědí na položky dotazníku B s daty získanými z dotazníku A, oba dotazníky vyplnili titíž žáci. Vzhledem k nenormálnímu rozdělení některých dat byl použit neparametrický Wilcoxonův test, který se aplikuje na párová data. Test ukázal, že tito žáci (tedy žáci experimentální skupiny) hodnotili 3 ze 4 sledovaných proměnných (škál) signifi-

kantně lépe v hodinách s podporou animací než v tradičních hodinách (p hodnota byla u těchto proměnných menší než 0,05). Věcná významnost byla posuzována prostřednictvím koeficientu r a bylo zjištěno, že používání vzdělávacích animací ve výuce má velký pozitivní efekt na téměř všechny složky vnitřní motivace žáků při výuce přírodovědných předmětů (*zájem/potěšení*, $r = 0,57$; *uvědomění si svých schopností*, $r = 0,46$; *hodnota/užitečnost*, $r = 0,51$) a menší pozitivní efekt na *úsíli/důležitost*, $r = 0,28$.

Druhým cílem našeho pilotního výzkumu bylo zjistit, jaký vliv má zařazení vzdělávacích animací na žákovy poznatky, které se týkají probírané látky. Porovnávaly se rozdíly mezi: (i) výsledky Pre testů mezi experimentální a kontrolní skupinou; (ii) výsledky Pre testů a následných Post testů v rámci stejných skupin (tedy v rámci kontrolní a taktéž v rámci experimentální skupiny) a (iii) výsledky Post testů mezi experimentální a kontrolní skupinou. Vzhledem k povaze získaných dat, které neměly normální rozdělení, byly používány neparametrické testy: pro párová data byl použit Wilcoxonův test, pro dva nezávislé výběry Mannův-Whitneyův test. Oba testy porovnávají hodnoty mediánů (Mdn).

ad i) Porovnáním výsledků znalostního Pre testu mezi žáky kontrolní a experimentální skupiny nebyl na počátku pilotního šetření zjištěn statisticky významný rozdíl ($U = 57\ 000$, $p = 0,16$, $Mdn_{\text{kontrolní}} = 8,54$, $Mdn_{\text{experimentální}} = 10,50$, $r = 0,27$). Z výsledků testu lze usuzovat, že znalosti žáků byly na počátku šetření srovnatelné (p hodnota je výrazně větší než 0,05 a věcná významnost r je poměrně nízká).

ad ii) Porovnáním výsledků znalostního Pre testu a následného Post testu byl zjištěn posun žáků obou skupin ve vztahu k dosaženým znalostem. Zjistilo se, že pouze žáci experimentální skupiny dosáhli statisticky signifikantně lepších výsledků z Post testu ($Mdn_{\text{post test}} = 14,286$) než z Pre testu ($Mdn_{\text{pre test}} = 10,50$), $Z = -2,49$, $p = 0,01$. Co se týká věcné významnosti lze konstatovat, že tento rozdíl byl veliký ($r = 0,47$).

ad iii) Porovnáním výsledků znalostního Post testu se zjistilo, že žáci experimentální skupiny ($Mdn_{\text{experimentální}} = 14,29$) dosáhli statisticky významně lepších studijních výsledků ze znalostních Post testů oproti žákům skupiny kontrolní ($Mdn_{\text{kontrolní}} = 10,47$), $U = 36\ 000$, $p = 0,002$. Ve vztahu k věcné významnosti lze konstatovat, že tento rozdíl byl veliký ($r = 0,58$).

6 Závěr

V článku byl představen soubor animací na téma Trávení v lidském těle. Soubor byl vytvářen s důrazem na mezipředmětové vztahy.

V rámci pilotního šetření bylo následně zkoumáno, jaký vliv mělo zařazení tohoto souboru do výuky na střední škole. Konkrétně bylo zjišťováno, jaký vliv má použití zkoumaných animací na vnitřní motivační orientaci žáků a na dosažení jejich znalostí. Bylo zjištěno, že používání představeného souboru animací ve výuce má velký pozitivní efekt na 3 ze 4 sledovaných škál vnitřní motivace žáků (*zájem/potěšení*, *uvědomění si svých schopností*, *hodnota/užitečnost*) a menší pozitivní efekt na škálu *úsíli/důležitost*.

Pokud se týká dosažených znalostí, bylo zjištěno, že žáci experimentální skupiny dosáhli signifikantně významně lepších studijních výsledků než žáci skupiny kontrolní.

Poděkování:

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

Použitá literatura

- Ainsworth, S., van Labeke, N. (2004) Multiple Forms of Dynamic Representation. *Learning and Instruction*. vol. 14, no. 3, p. 241-255. ISSN 0959-4752.
- Barak, M. & Ashkar, T. (2011). Learning science via animated movies: Its effect on students' thinking and motivation. *Computers & Education*, 56, 839-846.
- Bétrancourt, M. & Tversky, B. (2000). Effect of Computer Animation on Users' Performance: a Review. *Travail-Humain*, 63(4), 311-329.
- Bradbury, A. (2001), *Jak úspěšně prezentovat a přesvědčit*. Praha: Computer Press. ISBN 80-7226-424-9.
- DeVellis, R. F. (2012). *Scale development: theory and applications* (3rd ed). Thousand Oaks, Calif: SAGE.
- Gibbins, B. (2019). Measuring Student Motivation in an Introductory Biology Class. *The American Biology Teacher*, 81(1), 20-26.
- Haupt, C., Huber, A. (2008) How axons see their way – axonal Guidance in the visual system. *Frontiers in Bioscience* [online]. vol. 1, no. 13, p. 3136-3149. [cit. 2017- 11-25]. PMID: 17981783. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17981783>.
- Ikwuka, O. I. & Samuel, N. N. C. (2017). Effect of computer animation on chemistry academic achievement of secondary school students in Anambra state, Nigeria. *Journal of Emerging Trends in Education Research and Policy Studies (JETERAPS)*, 8(2), 98-102.
- Kainz, O., Jakab, F. & Kadoš S. (2013). The computer animation in education, *11th International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications (ICETA)*. (pp. 201-206). Stará Lesná.
- Kline, R. B. (2011). *Principles and practice of structural equation modeling* (3rd ed). New York: Guilford Press.
- Kuhl, T., Scheiter, K., Gerjets, P., Gemballa, S. (2011) Can Differences in learning strategies explain the benefits of learning from static and dynamic visualizations? *Computers & Education*. vol. 56, p. 176-187. ISSN 0360-1315.
- Kuncová, L., & Rusek, M., (2019). V hlavní roli: kyslík. *Project-based Education and Other Activating Strategies in Science Education XVI*. (pp. 47-55). Prague: Charles University, Faculty of Education.
- Lowe, R. K. (2003) Animation and Learning: Selective Processing of Information in Dynamic Graphics. *Learning and Instruction*. vol. 13, no. 2, p. 157-176. ISSN 0959-4752.

- McAuley, E., Duncan, T. & Tammen, V. V. (1989). Psychometric properties of the Intrinsic Motivation Inventory in a competitive sport setting: a confirmatory factor analysis. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 60(1), 48–58.
- Míka, L. (2017). *Moderní pomůcky ve výuce chemie*. (Disertační práce), Charles University, Faculty of Science, Prague.
- Nunnally, J. C. (1978). *Psychometric Theory* (2nd ed.). New York: McGraw-Hill.
- Rámcový vzdělávací program pro gymnázia [online]. Praha: MŠMT, 2008 [cit. 2019-10-05]. Dostupné z: <http://www.nuv.cz/t/rvp-pro-gymnazia>.
- Skoršepa, M. (2015). *Počítačom podporované experimenty v prírodovednom vzdelávaní*. Banská Bystrica: Belianum.
- Skoršepa, M. & Šmejkal, P. (2015). Psychometrické vlastnosti nástrojov na zisťovanie motivačnej orientácie žiakov v digitálnom prírodovednom laboratóriu. In *Didaktika chemie a její kontexty* (180 – 186). Brno: Masarykova univerzita.
- IBM Corp. (2017). *IBM SPSS Statistics for Windows* (Verze 25) [Windows]. Armonk, NY: IBM Corp.
- Stith, B. J. (2004). Use of animation in teaching cell biology. *Cell Biology Education*, 3(3), 181-188.
- Stratilová Urválková, E., Šmejkal, P., Skoršepa, M., Teplý, P. & Tortosa, M. (2014). MBL Activities Using IBSE: Learning Biology in Context. In *Teaching and Learning Science at all Levels of Education*. Pedagogical University of Kraków, p. 131-134. Poland.
- Szarka, K. & Juhász, G. (2014). Model učenia interaktívnym molekulovým modelovaním na ZŠ. In: *Výzkum, teorie a praxe v didaktice chemie / přírodovědné a technologické vzdělávání pro XXI. století: Sborník příspěvků XXIII. Mezinárodní konference o výuce chemie a IX. Regionálního IOSTE symposia pro Střední a Východní Evropu*. Hradec Králové: Gaudeamus při Univerzitě Hradec Králové, p. 362 – 373.
- Szarka, K., Brestenská, B. a Puskás, A. (2016). Didactical Aspects of Virtual Wall in Education. *Education & Science Without Borders*. 7(14), 75-79.
- Šarboch, D. (2018). *Trávení jako mezioborové téma ve výuce přírodovědných předmětů*. (Diplomová práce), Charles University, Faculty of Science, Prague.
- Šarboch, D. a Teplá, M. (2018). Digestion in human body in Science education – results of a questionnaire. In *Project-based Education and Other Activating Strategies in Science Education XVII*. (pp. 121-130). Prague: Charles University, Faculty of Education.
- Šmejkal, P., Skoršepa, M., Stratilova Urvalkova, E. & Teplý, P. (2016). Chemické úlohy se školními měřicími systémy: motivační orientace žáků v badatelsky orientovaných úlohách. *Scientia in educatione*, 7(1), 29 – 48.
- Tóthová, M., Matoušová, P., Šubová, Š. & Rusek, M., (2019). Proč zjišťovat, kde je obsažena sůl? *Project-based Education and Other Activating Strategies in Science Education XVI*. (pp. 65-70). Prague: Charles University, Faculty of Education.
- Vojtř, K., Honskusová, L., Rusek, M., & Kolář, K. (2019). Nitracie aromatických sloučenin v badatelsky orientovaném vyučování. *Project-based Education and Other Activating Strategies in Science Education XVI*. (pp. 130-140). Prague: Charles University, Faculty of Education.