

## JAK UČIT BIOCHEMII? MEZIPŘEDMĚTOVĚ A S PODPOROU DYNAMICKÉ VIZUALIZACE!

DAVID ŠARBOCH<sup>a</sup>, MILADA TEPLÁ<sup>a</sup> a INA RAJSIGLOVÁ<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Katedra učitelství a didaktiky chemie, Přírodovědecká fakulta UK, Albertov 6, 128 00 Praha 2, <sup>b</sup> Katedra učitelství a didaktiky biologie, Přírodovědecká fakulta UK, Albertov 6, 128 00 Praha 2  
ina.rajsiglova@natur.cuni.cz

Došlo 19.12.22, přijato 15.3.23.

Článek prezentuje význam dynamické vizualizace a interdisciplinarity ve výuce biochemie. Detailněji bylo představeno pět výukových souborů, které byly určeny pro podporu výuky biochemie na středních školách gymnaziálního typu. Efektivita vybraných animací byla ve školní praxi sledována prostřednictvím pedagogického výzkumu, který byl realizován v letech 2019 až 2020. Výsledky výzkumu ukázaly, že používání animací ve výuce biochemicky zaměřených témat má pozitivní vliv na vnitřní motivaci žáků a též signifikantní pozitivní vliv na osvojené znalosti.

Klíčová slova: výuka biochemie, vizualizace, animace, interdisciplinarity

### 1. Specifika oboru biochemie ve školní praxi

Biochemie je důležitou oblastí vědění a oborem se vztahem k procesům probíhajícím např. v lidském těle. Obvykle se na středních školách nevyučuje jako samostatný předmět. Některé biochemické (příp. molekulárně biologické) pojmy a principy jsou zahrnuty v biologii, jiné v chemii, příp. v obou předmětech nezávisle na sobě. Vzhledem k rychlému rozvoji biochemie se znalosti v této oblasti exponenciálně rozrůstají, biochemie tak představuje pro žáky náročnou a abstraktní disciplínu, neboť by měla obsáhnout: a) teoretické i praktické poznatky týkající se buněčné podstaty fyziologických a metabolických procesů fungování např. lidského těla, b) propojit poznatky předávané často separátně v biologii a/nebo v chemii.

Dochází tak k tomu, že i učitelé, kteří neabsolvovali studium biologie nebo chemie, nejsou obeznámeni se současným stavem této disciplíny. Ve většině škol tak učitelé omezují své pojetí výuky na klasické koncepty, jako je Krebsův cyklus, nukleové kyseliny aj. a v laboratoři se drží tradičních demonstrací, jako jsou např. důkazové reakce cukrů pomocí Fehlingova činidla.

Z výše uvedeného se dá odvodit, že výuka biochemie má své specifické rysy, neboť zahrnuje rozsáhlý terminologický základ, jako jsou názvy enzymů a metabolických drah, a zároveň řadu na sebe navazujících procesů vyjádřených chemickými vzorci a reakcemi. Je zřejmé, že toto specifické porozumění obsahu vyžaduje vysokou úroveň abstraktního myšlení. To vše vede didaktiky a vzdělavatele učitelů k hledání takových výukových technik a nástrojů, kterými by se žákům výuka biochemie přiblížila, a zároveň přinesla učitelům takové materiály, které by ve výuce snadno mohli využít.

### 2. Význam vizualizace a interdisciplinarity ve výuce biochemie

V posledních letech je velmi silně diskutovaným tématem motivace žáků<sup>1</sup>. Vyvolání a udržení zájmu o studium je problematické zejména u oborů, které jsou pro žáky velmi abstraktní (např. biochemie či molekulární biologie) a tudíž náročné na pochopení a žákovu představivost<sup>2</sup>. Z toho důvodu by měly být zkoumány nové způsoby výuky těchto oborů (tedy i biochemie), které by jednoznačně učinily abstraktní témata zajímavější a snáze pochopitelná. Z literatury je možné sledovat doporučení různých autorů využívat ve výuce vizualizačních prostředků, které budou složité děje simulovat, či animovat<sup>3,4</sup>. Jedním z vizualizačních prostředků, které se dají za tímto účelem použít, jsou výukové animace, popř. výuková videa<sup>5</sup>.

Dalším faktorem, který může podpořit výuku biochemie, je mezipředmětové pojetí učiva. V momentě, kdy jsou jednotlivé informace o mnohdy komplexních přírodních dějích podávány souhrnně (např. z chemického, biologického i fyzikálního pohledu), může si žák vytvořit přesnější, jasnější a trvalejší mentální model daného děje<sup>6</sup>.

Z výše uvedeného vyplývá, že jednou z možností, jak zvýšit efektivitu výuky přírodovědných předmětů a zároveň motivovat žáky k jejich studiu, je využívání didaktických mezipředmětových vizualizačních prostředků. Těmito mohou být právě interdisciplinární animace či videa<sup>7</sup>.

### 3. Představení mezipředmětových animací pro výuku biochemie

Z výše uvedených důvodů autoři příspěvku společně se svými studenty již více jak 15 let vytváří mezipředmětově koncipované dynamické vizualizace, které byly/jsou vytvářeny v dřívějších i nejnovějších verzích programu Adobe Animate CC s podporou programovacího jazyka ActionScript či JavaScript. Vytvořené animace (ve formě animací či videí) včetně doprovodných výukových materiálů lze nalézt na webové stránce [www.studiumbiochemie.cz](http://www.studiumbiochemie.cz)<sup>8</sup> v sekcích Biochemie – základní kapitoly a Biochemie – mezioborová témata. Animace (popř. videa) byly vytvořeny s cílem zefektivnit výuku biochemie na středních školách gymnaziálního typu či školách s chemickým zaměřením, popř. na školách vysokých. Všechny animace doprovází psané, popř. mluvené komentáře, které vysvětlují děje, jež jsou právě animované. Taktéž byl ke všem animačním souborům sepsán rozšiřující studijní text, který děje dovysvětluje či rozšiřuje. Témata byla zpracována nejen s důrazem na dynamickou vizualizaci, ale též na mezipředmětové pojetí. Biologická složka se zabývá především anatomií a fyziologií trávicí či dýchací soustavy, popisem a charakteristikami jednotlivých buněčných organel a prostředím, ve kterém se procesy odehrávají. Chemická složka je zaměřena na principy biochemických pochodů, na chemické složení jednotlivých látek a z něho vyplývajících vlastností. Velký důraz je kladen i na lokalizaci biochemických procesů v buňce.

V následujících kapitolách 3.1. až 3.5. je detailněji představeno pět souborů výukových animací včetně interdisciplinárního charakteru zpracovaných biochemických témat. Taktéž je detailněji uvedeno jejich pojetí v českém kurikulu – Rámcových vzdělávacích programech pro základní i gymnaziální vzdělávání (RVP ZV, cit.<sup>9</sup> a RVP G, cit.<sup>10</sup>).

#### 3.1. Trávení a trávicí soustava člověka

Výukový program s názvem Trávení a trávicí soustava člověka se skládá celkem z 26 dílčích na sebe navazujících animací, které popisují osud přijaté potravy (konkrétně hamburgeru) během trávení (obr. 1). Děj první animace se odehrává v ústní dutině, kde dochází ke žvýkání potravy za účasti slin a některých enzymů. Následující animace, které znázorňují osud potravy včetně trávicích procesů, ke kterým dochází v trávicí soustavě člověka. Poslední animace popisuje procesy, které vedou k vyloučení nestrávených složek potravy.

Téma trávení v lidském organismu je ukázkovým příkladem tématu, které propojuje učivo biologie a chemie, uplatňují se zde mezipředmětové vztahy, a zároveň je to téma, se kterým se v určitých obměnách, ať už ve spojitosti s příjmem potravy a jejím mechanickým a chemickým zpracováním, vstřebáváním živin z potravy či vylučováním nestrávených zbytků, všichni dennodenně setkáváme. Průnik odhaluje i RVP G, kdy v rámci chemie má žák charakterizovat základní metabolické procesy a jejich vý-

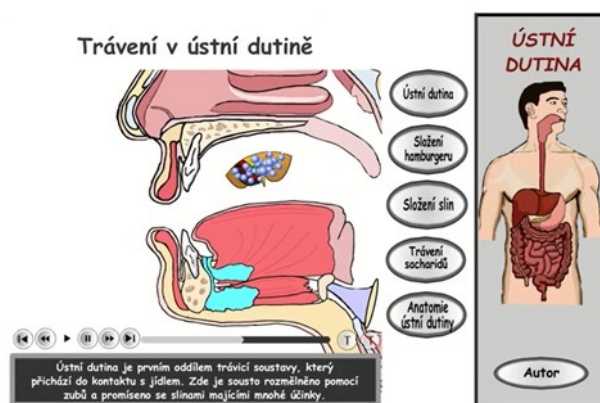
znam či objasnit strukturu a funkci sloučenin nezbytných pro důležité chemické procesy probíhající v organismech<sup>10</sup>. V biologii pak žák využívá znalosti o orgánových soustavách pro pochopení vztahů mezi procesy probíhajícími v lidském těle<sup>10</sup>, což souvisí i s očekávaným výstupem definovaným pro oblast člověk a zdraví, aby žák dodržoval správné stravovací návyky a v rámci svých možností uplatňoval zásady správné výživy a zdravého stravování<sup>9</sup>.

Učivo o trávení a trávicí soustavě prochází zejména biologii po celou školní docházku, neboť téma trávicí soustavy se promítá v biologii živočichů, biologii člověka a také v základech ekologie, kde je požadováno, aby žáci vysvětlili podstatu jednoduchých potravních řetězců v různých ekosystémech a zhodnotili jejich význam.

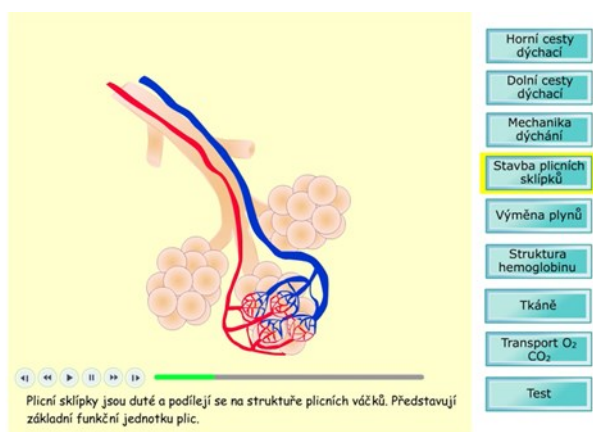
#### 3.2. Dýchání a dýchací řetězec

Výukový program Dýchání a dýchací řetězec je tvořen celkem 23 animacemi (obr. 2). Vzniklé výukové animace propojují učivo celého procesu dýchání. Na základě animací by si měl žák uvědomit, k čemu konkrétně organismus využívá kyslík. Žák by tak měl získat celistvý pohled na proces dýchání a cestu kyslíku včetně zahrnutí dýchacích cest, transportu kyslíku a jeho konečného využití v buňkách. Animace jsou rozděleny do dvou setů. První část se zabývá dýchací soustavou, druhá část je úzce zaměřena na biochemické procesy, které se odehrávají v dýchacím řetězci. Mezi oběma částmi je však plynulý přechod, což vede k tomu, že oba děje (transport kyslíku do buňky a jeho následné využití v buňce) jsou vzájemně propojené a nejsou představeny izolovaně, jak tomu bohužel v učebnicích chemie a biologie je.

Poměrně komplexní problematika volá po propojení obsahu učiva z biologie a chemie. Možnost propojení je zakotvena i v základoškolských kurikulárních dokumentech (RVP ZV), kdy je v rámci biologie definován výstup: „Žák využívá znalosti o orgánových soustavách pro po-



Obr. 1. Výukový program Trávení a trávicí soustava. (Barevná verze obrázku je dostupná na webových stránkách časopisu Chemické listy).

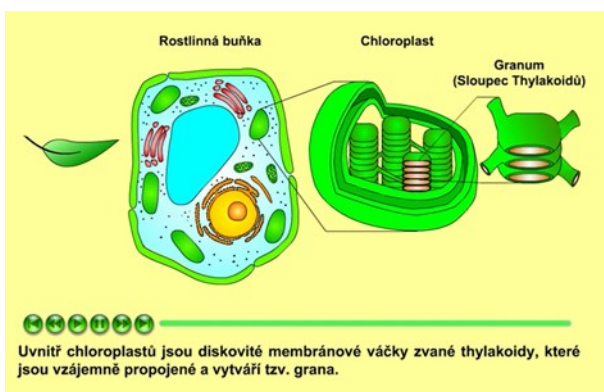


Obr. 2. Výukový program **Dýchání a dýchací řetězec**. (Barevná verze obrázku je dostupná na webových stránkách časopisu Chemická listy).

chopení vztahů mezi procesy probíhajícími v lidském těle“ a v rámci chemie pak zmíněná rozsáhlá část věnovaná chemickým reakcím. Po žácích je požadováno, aby rozlišili výchozí látky a produkty chemických reakcí, provedli jejich klasifikaci, zhodnotili jejich využívání a v neposlední řadě aplikovali poznatky o faktorech ovlivňujících průběh chemických reakcí<sup>9</sup>. V rámci RVP G pak část věnovaná přímo biochemii uvádí, aby žáci objasnili strukturu a funkci sloučenin nezbytných pro důležité chemické procesy probíhající v organismech či charakterizovali základní metabolické procesy a jejich význam<sup>10</sup>. Výše zmíněné zastřešuje požadavek prolínající se oběma předměty, aby žáci využívali odbornou terminologii při popisu látek a vysvětlování chemických dějů<sup>10</sup>.

### 3.3. Fotosyntéza

Výukový program Fotosyntéza se skládá celkem z 13 animací. První animace začíná průřezem listu a následným postupným „zoomováním“, kdy se žák dostá-



Obr. 3. Výukový program **Fotosyntéza**. (Barevná verze obrázku je dostupná na webových stránkách časopisu Chemická listy).

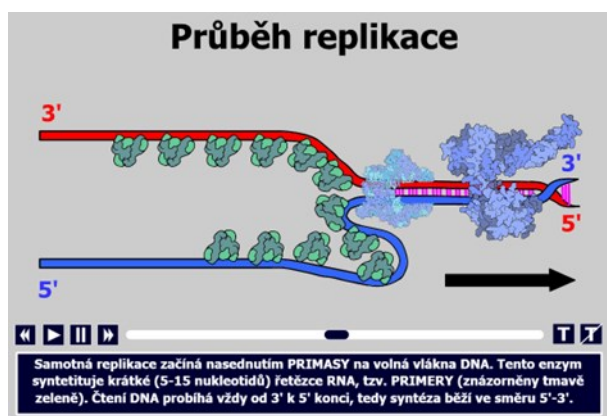
vá až do chloroplastu, resp. k průřezu thylakoidní membránou (obr. 3). Následně jsou detailně animovány biochemické pochody primární i sekundární fáze fotosyntézy, tedy od dopadu fotonu do reakčního centra přes syntézu ATP a NADPH a jejich následné využití při syntéze molekuly glukosy. Během vytváření animací byl kladen důraz na zaznamenání fotosyntetických pochodů včetně propojení na fotofosforylaci (tvorbu ATP) takovým způsobem, aby při prezentaci tématu vznikalo co nejméně miskonceptů. Též je poukazováno na to, že elektrony nemohou „skákat“ z jednoho přenašeče na druhý skrze buněčné struktury, ale že vždy dochází k přenosu elektronu v důsledku kolize mezi těmito dvěma přenašeči<sup>11</sup>.

Fotosyntéza představuje kritické místo již ve výuce přírodopisu. Vzhledem k biochemické povaze tohoto děje je fotosyntéza ve výuce na základní škole spíše jen zmiňována, stručně vysvětlena a žáci ji obvykle příliš dobře nerozumí<sup>12</sup>. Pro žáky 6. ročníku je to biochemický proces obtížně představitelný a pochopitelný bez znalostí chemie, která v šesté třídě ve školním kurikulu obvykle není zahrnuta. Vzhledem k chemické povaze tohoto děje a obtížné představitelnosti by pro výuku tématu byl vhodnější pozdější ročník než šestý. Na střední škole se žáci často setkávají s fotosyntézou již v prvním ročníku v předmětu biologie, avšak v chemii se tomuto tématu věnují až ve vyšších ročnících, což velmi komplikuje výuku. Ve výuce lze tedy představené animace využít a podpořit tak interdisciplinární charakter tématu. Dle požadavků RVP se pokrývá očekávaný výstup z biologie, kdy je po žácích požadováno, aby objasnili stavbu a funkci strukturálních složek a životní projevy prokaryotních a eukaryotních buněk<sup>10</sup>, a zároveň z chemie, kdy mají žáci využívat odbornou terminologii při popisu látek a vysvětlování chemických dějů, orientovat se ve výchozích látkách a produktech fotosyntézy a koncových produktech biochemického zpracování, především bílkovinách, tucích, sacharidech či v neposlední řadě určit podmínky postačující pro aktivní fotosyntézu<sup>10</sup>.

### 3.4. Nukleové kyseliny, replikace a proteosyntéza

Výukový program Nukleové kyseliny, replikace a proteosyntéza je tvořen celkem z 18 dílčích animací (obr. 4). První animace jsou zaměřeny na složení eukaryotické buňky, buněčného jádra a jaderné membrány. Další tři animace jsou věnované složení nukleových kyselin. Další animace jsou zaměřené na replikaci, transkripci a translaci (celkem 10 animací). Poslední dvě animace jsou věnované vysvětlení metody PCR (polymerase chain reaction), která se do povědomí širší veřejnosti dostala především díky tzv. PCR testování na přítomnost koronavirusů.

Nukleové kyseliny se ve výuce na základní a střední škole využívají jak v předmětu chemie, tak v předmětu biologie. Naplnění očekávaných výstupů se odráží v požadavku, že žák objasní strukturu a funkci sloučenin nezbytných pro důležité chemické procesy<sup>10</sup>. V hodinách biologie se s termíny běžně pracuje zejména v tematické věnované genetice. Animace využívá znalosti o genetic-

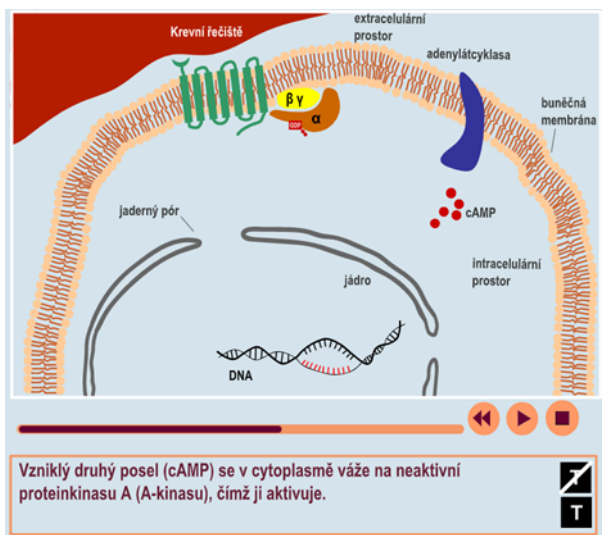


Obr. 4. Výukový program Nukleové kyseliny, replikace a proteosyntéza. (Barevná verze obrázku je dostupná na webových stránkách časopisu Chemické listy).

kých zákonitostech pro pochopení rozmanitosti organismů a žák tak analyzuje možnosti využití znalostí z oblasti genetiky v běžném životě<sup>10</sup>.

### 3.5. Buněčná signalizace

Výukový program Buněčná signalizace se skládá ze tří animací, které ilustrují tři významné typy (mezi)buněčné komunikace: endokrinní signalizaci prostřednictvím lipofilních hormonů, endokrinní signalizaci prostřednictvím hydrofilních hormonů a signalizaci nervovou (obr. 5). V jednoduchém modelu buňky jsou pak prezentovány jednotlivé signální dráhy, ke kterým dochází (od vstupu hormonu/neurotransmiteru do buňky až po např. expresi genu).



Obr. 5. Výukový program Buněčná signalizace. (Barevná verze obrázku je dostupná na webových stránkách časopisu Chemické listy).

Animace je podpořená studijním textem pro žáky a zároveň je materiál doplněn o didaktické poznámky. Ty jsou uváděny včetně rozšiřujících informací, které si učitel může upravit dle intenzity mezioborového přesahu a podrobností učebního obsahu, které se žáky bude ve třídě fixovat.

Téma buněčná signalizace není v RVP explicitně zmíněno. Nicméně v oboru chemie i v oboru biologie lze najít očekávané výstupy, které jsou s tímto tématem propojeny. V oboru chemie popisuje dokument v části biochemie požadavek, aby žák objasnil strukturu a funkci sloučenin nezbytných pro důležité chemické procesy probíhající v organismech<sup>10</sup>, což se prolíná s výstupem, kterým žák charakterizuje základní metabolické procesy a jejich význam<sup>10</sup>. Pro obor biologie pak v části obecné biologie dokument deklaruje výstup, kdy má žák objasnit stavbu a funkci strukturních složek a životní projevy prokaryotních a eukaryotních buněk<sup>9</sup>, což je v rámci dané problematiky spojeno s molekulární biologii, potažmo s biochemií.

## 4. Navrhované metody výuky s využitím výše uvedených vizualizačních pomůcek

V současné době mnoho odborníků<sup>13,14</sup> hlásá nutný přechod od tradičních metod výuky (např. výklad) k metodám a formám výuky atraktivnějším pro žáky a ve výsledku i pro učitele. Z toho důvodu kapitola představuje návrhy didaktických metod, které mohou výuku s využitím dynamické vizualizace zefektivnit. Autoři příspěvku dále v textu zmiňují konkrétně pět metod s cílem aktivizovat žáky.

Jedním ze způsobů, které lze s podporou výše uvedených animací využít, je *vrstevnické vyučování*, kdy si žáci navzájem mohou, ať už při párově koncipované skupinové výuce, či kooperativně vedené vícečlenné skupinové výuce, navzájem vysvětlovat a upevňovat terminologii. Učitel může např. rozdat lístky s biochemickými termíny a žáci losováním termínu z hromádky konstruují definice dané terminologie za použití animací, čímž si upevňují myšlenkovou základnu k ukotvení probíraného tématu.

Další metodou, kterou lze při výuce biochemických témat uplatnit, je *převrácená výuka (flipped classroom)*. Jedná se o metodu integrovaného učení, při níž dochází k obrácení úloh učitele a žáka. Mění se tak role učitele (ten není hlavním zdrojem informací, ale stává se spíše průvodcem napříč vzdělávacím procesem), neboť žáci se učí doma (s podporou podpůrných výukových materiálů často dostupných online – animace, videa, studijního textu apod.), úkoly pak zpracovávají ve škole<sup>15</sup>. Autoři článku se domnívají, že tento způsob výuky je dobré využívat především u starších žáků (vyšší ročníky střední školy). Benefity pramenící z této metody lze nalézt zejména v tom, že žák přebírá odpovědnost za své učení a jeho efektivitu. Učivo z animací/videí se ve škole dále prohlubuje a fixuje<sup>16</sup>. Předkládané výukové animace (s doprovodnými studijními texty) mohou být optimálním nástro-

jem, jak si žáci mohou učivo osvojit a ve škole pod vedením učitele dále prohlubovat.

Další možností je *vytváření schématu*, kdy sami žáci na základě animace mohou buď jednotlivě, či ve skupině vytvořit schémata parafrázující cestu přenosu, např. informace mezi jednotlivými biopolymery. V principu si upevní učivo a vytvoří přepis mezi nukleovými kyselinami a následný překlad z RNA do struktury proteinu/ů. To lze aplikovat již v prvním ročníku čtyřletého studia na SŠ, kdy není nezbytný zevrubný popis nukleových kyselin. Obdobně lze praktikovat i u ostatních témat zmíněných v kap. 3.

Mezi velmi efektivní metody výuky patří i metoda tzv. *němého videa* (resp. *němé animace*). Během této metody, při které je ve videu/animaci vypnutý psaný i mluvený komentář, se žáci sami pokouší k videu/animaci vytvořit doprovodný text. Je vhodné pracovat ve dvojici či v menších skupinách a následně si své doprovodné komentáře sdílet mezi skupinami s cílem vytvořit komentář nejvíce videu/animaci adekvátní.

Další metodou může být metoda *práce s textem ANO/NE/NEVÍM*. Žáci před animací/videem dostanou seznam tvrzení, u kterých mají posoudit, zda je tvrzení pravdivé, nepravdivé, popř. že neví. Po projití animace/videa své stanovisko mohou poupravit či opravit tvrzení nepravdivá.

## 5. Ověření vybraných materiálů ve školní praxi

Animace Fotosyntéza, Dýchací řetězec a Trávení v lidském organismu byly předmětem didaktického výzkumu, jehož cílem bylo zjistit vliv těchto animací na žákovu vnitřní motivaci a na úroveň dosažených znalostí v daném tématu. Výzkumné šetření probíhalo ve školním roce 2018/2019 a 2019/2020 (před uzavřením škol) a celkově se jej zúčastnilo 159 žáků nižšího i vyššího stupně gymnázia.

Z výsledků vyplynulo, že použití animací ve výuce má významný pozitivní vliv na tři sledované složky vnitřní motivace. Konkrétně žáci, kteří se zúčastnili výuky s podporou animací, projeví vyšší zájem o výuku tématu, mnohem více si uvědomovali své schopnosti a významně více si uvědomovali užitečnost probírané látky než žáci, kteří byli vyučováni bez podpory animací. Na druhou stranu nebyl zaznamenán vliv animací na úsilí žáka. Co se týče vlivu animací na dosažené znalosti žáků, bylo prostřednictvím znalostních pretestů a retenčních testů prokázáno, že animace měly středně silně pozitivnější vliv na dosažení lepších výsledků v retenčních testech u žáků experimentální skupiny (výuka s používáním animací) než u žáků skupiny kontrolní (výuka bez používání animací). Výsledky poukazují na důležitost vizualizací (v tomto případě animací) a mezipředmětových prvků při výuce složitých biochemických dějů, jakými jsou právě fotosyntéza či procesy odehrávající se při trávení či metabolismu složek potravy<sup>17</sup>.

## 6. Závěr

V článku bylo detailněji představeno 5 souborů animací, které se zaměřují na výuku biochemických dějů s důrazem na jejich mezipředmětový charakter. Vzhledem k tomu, že realizované výzkumné šetření prokázalo, že animace jsou při výuce biochemických témat podstatnou pomůckou, která usnadňuje žákovu pochopení probírané látky a též mají kladný vliv na vnitřní motivaci žáků, lze animace s mezipředmětovým charakterem doporučit pro využití při výuce biochemie na středních školách. Všechny animace (popř. odkazy na videa a další doprovodné materiály) jsou volně přístupné jak žákům/studentům, tak jejich vyučujícím na webových stránkách [www.studiumbiochemie.cz](http://www.studiumbiochemie.cz) (cit.<sup>8</sup>).

*Článek byl sepsán s podporou projektu COOPERATIO v oblasti Subject Specific Education Research uděleného Univerzitou Karlovou.*

## LITERATURA

1. Ikwuka O. I., Samuel N. N. C.: *Journal of Emerging Trends in Educational Research and Policy Studies* 8, 98 (2017).
2. Jenkinson J.: *J. Mol. Biol.* 430(21), 4013 (2018). doi: 10.1016/j.jmb.2018.08.020.
3. Nodzyńska M.: *Chem. Listy* 106, 519 (2012).
4. Barak M., Ashkar T., Yehudit J. Dori: *Comput. Educ.* 56, 839 (2011).
5. Teplá M., Teplý P., Šmejkal P.: *Int. J. STEM Educ.* 9, 65 (2022).
6. Arnold J.: *Middle School Journal* 28(3), 51 (1997).
7. Šarboch D.: *Vliv animací na motivaci a studijní výsledky žáků ve výuce přírodovědných předmětů. Dišertační práce*. Univerzita Karlova, Praha 2022.
8. <http://www.studiumbiochemie.cz>, staženo 9. 12. 2022.
9. <https://www.edu.cz/rvp-ramcove-vzdelavaci-programy/ramcove-vzdelavaci-programy-programy-gymnazia-rvp-g/>, staženo 9. 12. 2022.
10. [https://www.npi.cz/images/RVP\\_ZV\\_2017.pdf](https://www.npi.cz/images/RVP_ZV_2017.pdf), staženo 9. 12. 2022.
11. Teplá M., Klímová H.: *J. Chem. Educ.* 91(1), 149 (2014). doi: 10.1021/ed300213h.
12. Vágnerová P., Benediktová L., Kout J.: *Arnica* 8(1), 56 (2018).
13. Novelli E. L. B., Fernandes A. A. H.: *Biochem. Mol. Biol. Educ.* 35, 263 (2007).
14. Rajsiglová I., Poneszová V.: *Project-based education and other student-activation strategies and issues in science education XIX, 4-5 November 2021, Prague, Czech Republic* (Rusek M., Tóthová M. ed.), str. 105, Praha 2022.
15. Mok H. N.: *Journal of Information Systems Education* 25(1), 7 (2014).

16. Tůma J.: <https://spomocnik.rvp.cz/clanek/19531/jak-na-metodu-prevracene-tridy.html>, staženo 14. 12. 2022.
17. Šarboch D., Teplá M.: *Project-based education and other student-activation strategies and issues in science education XIX, 4-5 November 2021, Prague, Czech Republic* (Rusek M., Tóthová M. ed.), str. 145, Praha 2022.

**D. Šarboch<sup>a</sup>, M. Teplá<sup>a</sup>, and I. Rajsiglová<sup>b</sup>**  
(<sup>a</sup>*Department of Teaching and Didactics of Chemistry, Faculty of Science, Charles University, Prague,*  
<sup>b</sup>*Department of Biology Education, Faculty of Science, Charles University, Prague*): **How to Teach Biochemistry? In an Interdisciplinary Way and with the Support of the Dynamic Visualization!**

The article presents the importance of dynamic visualization and interdisciplinarity in teaching of biochemistry. Five teaching sets, intended to support the teaching of biochemistry at high schools, are presented in more detail. The effectiveness of selected animations was monitored in school practice through a pedagogical research, which was carried out in 2019 and 2020. The results of the research showed that the use of animations in teaching of biochemical topics has a positive effect on the internal motivation of students and also a significant positive effect on the acquired knowledge.

Keywords: biochemistry education, visualization, animation, interdisciplinarity

*Acknowledgements*

*The support of the project COOPERATIO in the field of Subject Specific Education Research awarded by Charles University is gratefully acknowledged.*