

Univerzita Karlova
Pedagogická fakulta

Katedra biologie a environmentálních studií

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Výzkumné trendy ve výuce buněčné biologie

Research Trends in Cell Biology Education

Jan Horníček

Vedoucí práce: PhDr. Karel Vojíš, Ph.D.

Studijní program: Specializace v pedagogice

Studijní obor: Biologie, geologie a environmentalistika se zaměřením na vzdělávání -
dějepis se zaměřením na vzdělávání

Odevzdáním této bakalářské práce na téma “Výzkumné trendy ve výuce buněčné biologie” potvrzuji, že jsem ji vypracoval pod vedením vedoucího práce samostatně za použití v práci uvedených pramenů a literatury. Dále potvrzuji, že tato práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu.

V Praze, 3. července 2023

Tímto děkuji vedoucímu mé bakalářské práce PhDr. Karlu Vojířovi, Ph.D. za to, že mi při psaní práce byl oporou.

ABSTRAKT

Buněčná biologie je vědním oborem, který přináší koncepty, jejichž znalost je základním předpokladem k pochopení zákonitostí života. Zaměřuje na studium buněk jako základních stavebních a funkčních jednotek všech organismů. Z tohoto důvodu se tato bakalářská práce zaměřila na články, které analyzují didaktiku buněčné biologie a byly zveřejněny v databázi Web of Science v letech 2018 až 2022. Celkem bylo získáno 53 článků. 28 z nich však bylo odbornými texty, které se nevztahovaly ke vzdělávání. Celkem bylo do dalšího posuzování zahrnuto 25 článků, které se zabývají didaktikou buněčné biologie.

Hlavními tématy článků byly výukové metody, miskoncepce v buněčné biologii, laboratorní metody a postupy, vizualizace témat z buněčné biologie, alternativní klasifikační systémy, distanční výuka, pojmové mapy, badatelsky zaměřená výuka, hraní rolí a témata z buněčné biologie projektované do praxe. Hlavním závěrem je skutečnost, že se články primárně zaměřují na terciální stupeň vzdělávání. Pouze okrajově se 2 z článků zmiňují o výuce v sekundárním stupni vzdělávání. Miskoncepce nejsou zastoupeny ve velkém počtu a skutečně nové výukové metody zastoupeny nejsou. Bylo by vhodné rozšířit databázi odborných textů z tohoto tématu i na jiné databáze než je Web of Science a porovnat výuku buněčné biologie v sekundárním stupni vzdělávání ve světě s výukou v ČR.

KLÍČOVÁ SLOVA

Buněčná biologie, vzdělávání, výzkumné trendy

ABSTRACT

Cell biology is a scientific field that brings concepts, the knowledge of which is a essential for understanding the laws of life. It focuses on studying the cell as a fundamental building and functioning unit composing all living organisms. For this reason, this bachelor thesis focuses on articles that analyze the didactics of cell biology and were published in the Web of Science database between 2018 and 2022. A total of 53 articles were selected. However, 28 of them were scientifically advanced texts that were not related to education. A total of 25 articles that dealt with the didactics of cell biology were analyzed.

The main topics of those articles that were analyzed were teaching methods, misconceptions in cell biology, laboratory methods and procedures, visualization of cell biology topics, alternative classification systems, distance learning, concept maps, inquiry-based learning, role-playing, and cell biology topics projected into practice. The main conclusion is that the articles primarily focus on the tertiary level of education. Only marginally, 2 of the articles mention teaching at the secondary level of education. Misconceptions in cell biology are not represented in large numbers and truly new teaching methods are not represented. It would be useful to expand the database of scientific texts on this topic to other databases than Web of Science and to compare the teaching of cell biology in secondary education in the world with the teaching in the Czech Republic.

KEYWORDS

Cell Biology, Education, Research trends

Obsah

Úvod	7
1 Vymezení buněčné biologie	9
2 Koncepty buněčné biologie v kurikulu	11
2.1 Očekávané cíle a výstupy RVP ZV	11
2.2 Očekávané cíle a výstupy RVP G	12
2.3 Očekávané cíle a výstupy RVP SOV lycea.....	13
2.4. Očekávané výstupy a cíle RVP SOŠ pro zdravotnické obory.....	14
2.5 Výuka buněčné biologie na vysokých školách.....	14
3 Metodologie systematické rešerše	16
4 Výsledky	19
4.1 Rok vydání	21
4.2 Stupeň vzdělávání	21
4.3 Geografické lokalizace pracoviště autorů	22
4.4 Typ výzkumného přístupu.....	23
4.5 Řešená témata.....	23
4.5.1. Výukové metody	24
4.5.2. Miskoncepce.....	28
4.5.3 Laboratorní metody a postupy.....	30
4.5.4. Vizualizace	32
4.5.5 Alternativní klasifikační systémy	34
4.5.6 Distanční výuka.....	36
4.5.7. Pojmové mapy.....	37
4.5.8 Badatelsky zaměřená výuka	39
4.5.9 Hraní rolí	40
4. 5. 10 Buněčná biologie v praxi.....	41
5. Závěr	43
Seznam použitých informačních zdrojů	48
Seznam příloh	54
Seznam grafů	54
Příloha	54

Úvod

Bakalářská práce s názvem "Výzkumné trendy ve výuce buněčné biologie" se zabývá analýzou výuky této části biologie a to prostřednictvím rešerše odborných článků zaměřených na tuto problematiku a vydaných na Web of Science v letech 2018 až 2022.

Buněčná biologie je obor, který obsahuje základní koncepty objasňující principy života. Zaměřuje na studium buněk jako základních stavebních a funkčních jednotek všech organismů. Je základem pro pochopení života na mikroskopické, nanoskopické i molekulární úrovni. Je to multidisciplinární obor, který spojuje poznatky z genetiky, biochemie, fyziologie a dalších oborů. To vše umožňuje lépe porozumět životu samému. Z těchto důvodů byla výuka učiva z buněčné biologie zahrnuta i do Rámcových vzdělávacích programů základního vzdělávání (MŠMT, 2021), Rámcových vzdělávacích plánů pro gymnázia (MŠMT, 2021) i do středního odborného vzdělávání pro lycea (MŠMT, 2020) a zdravotnické obory (MŠMT, 2018) v ČR.

Cílem bakalářské práce bylo seznámit se s obsahem článků, které se týkaly výuky této vědní disciplíny a byly, v období 2018 až 2022, vydány na Web of Science (WoS).

Navazujícím cílem pak bylo zmapovat obsah učiva z buněčné biologie v sekundárním stupni vzdělávání v ČR. Bakalářská práce se proto zaměřila na kurikula, která určují obsah a výstupy výuky na tomto stupni vzdělávání. Byly zařazeny rámcové vzdělávací plány, které reprezentují typy škol, které jsou v ČR řazeny do sekundárního stupně vzdělávání. Jednalo se o základní školu, střední školu všeobecného vzdělávání (gymnázium, přírodovědné lyceum) a střední školu odborného vzdělávání ve zdravotnických oborech (praktická sestra). Pouze okrajově byla zmíněna i výuka buněčné biologie v terciálním stupni vzdělávání u univerzit zaměřených na přírodovědné obory.

Cílem bylo provést komplexní rozbor vyhledaných textů. Prvním hlediskem bylo stanovení počtu článků zabývajících se výukou buněčné biologie, dalším pak rok jejich vydání. Dále bylo zjišťováno, jakým stupněm vzdělávání se texty zabývají, v jakých zemích světa se nacházejí pracoviště autorů textů a stanovení výzkumných přístupů ke sběru a analýze dat. Zásadním hlediskem pak bylo vyhodnocení řešených témat a výukových metod, které byly v jednotlivých textech obsaženy.

Bakalářská práce přináší pohled na výuku tématu buněčné biologie ve světě, v univerzitním vzdělávání a to v letech 2018 až 2022. Analýza textů naznačuje, jakým směrem by se měla ubírat výuka tohoto tématu v sekundárním stupni vzdělávání v ČR. K podrobnější analýze a ke zpracování konkrétních výstupů je třeba rozšířit portfolio článků na další dostupné databáze textů, které se touto problematikou zabývají.

1 Vymezení buněčné biologie

Buněčná biologie je rozsáhlý, klíčový a neustále se rozvíjející multidisciplinární vědní obor, který se zaměřuje na studium buněk jako základních stavebních a funkčních jednotek všech organismů.

Všechny organismy jsou tvořeny buňkami. *“V hierarchii živých soustav je buňka nejjednodušším souborem hmoty, který může přežít”* (Campbell, Reece, 2006, s. 108).

Buňky byly sice objeveny Robertem Hookem již v roce 1665, ale geografie buňky byla až do poloviny 50. let minulého století neznámá. Většina organel byla objevena až po zavedení elektronové mikroskopie. Jedná se tedy o poměrně mladý multidisciplinární obor, který spojuje poznatky z různých disciplín, jako je genetika, fyziologie, biochemie, mikrobiologie a molekulární biologie (Campbell, Reece, 2006).

Hlavním bodem zájmu tohoto oboru jsou buněčné struktury a jejich funkce. V současné době je ale velmi složité určit přesnou hranici mezi buněčnou biologii a ostatními přidruženými obory (Alberts et al, 2002).

Buněčná biologie zkoumá rozmanitost buněčných typů a jejich specializaci v různých tkáních a orgánech živých organismů. Buněčné struktury jsou organizovány tak, aby plnily specifické úlohy. Například cytoplazmatická membrána, se skládá z fosfolipidové dvojvrstvy, ke které jsou připojeny různé bílkoviny a specifické funkce membrány závisí právě na typu přítomných molekul. Dále tato vrstva odděluje vnitřek buňky od okolního prostředí a umožňuje naprosto zásadní kompartmentaci a udržování rozdílných podmínek a koncentrací látek, které jsou nezbytné pro život. Uvnitř buňky se nachází cytoplazma, která obsahuje různé organely. Například mitochondrie jsou zodpovědné za energetický metabolismus buňky. Přínosem endoplazmatického retikula buňce je kontrolovaná syntéza a transport proteinů, Golgiho aparát je pak zapojen do procesu foldingu proteinů a sekrece dalších látek. Ribozomy jsou pak organely, které realizují syntézu bílkovin (Campbell, Reece, 2006).

Buněčná biologie zkoumá také procesy buněčné signalizace a interakce mezi buňkami. Právě signální cesty umožňují buněčným strukturám komunikovat a koordinovat své funkce. Mezi důležité komunikační mechanismy tak patří například receptorová

signalizace a intracelulární dráhy. Porozumění těmto procesům je klíčové pro pochopení takových jevů, jako je vývoj imunitního systému nebo buněčný růst (Alberts et al, 2002).

Úzkou spojitost lze také najít mezi buněčnou biologii a genetikou. Studium buněčného cyklu a buněčného dělení je klíčové pro porozumění genetickým procesům, jako je dědičnost a mutace. Molekulární biologie se zaměřuje na studium struktury a funkce biomolekul, jako jsou DNA, RNA a proteiny, které jsou klíčové pro přenos a uchování genetické informace a realizaci buněčných funkcí. Genetika se zabývá studiem dědičnosti a genetických mechanismů, které ovlivňují vlastnosti všech živých organismů (Šíma, 2022).

Jak uvádí Campbell a Reece (2006) buněčná biologie hraje i zásadní roli v oblasti medicíny. Porozumění buněčným mechanismům nemocí je klíčové pro vývoj nových léčebných strategií, jako je imunoterapie nebo genové terapie. Buněčná biologie je důležitá i pro rozvoj biotechnologických aplikací. Jedná se o vylepšování metod kultivace buněk, produkce rekombinantních proteinů a vývoj nových biologických léčiv.

Spojitosť se dá také nalézt u buněčné biologie a fyziologie. Fyziologie se převážně zaměřuje na studium funkcí buněk a orgánů v těle. Zkoumá procesy, jako je transport látek přes buněčné membrány, regulace buněčného prostředí a udržování homeostázy v organismu (Campbell, Reece, 2006).

Všechny tyto disciplíny poté společně představují velmi důležité obory pro současný posun medicíny a biotechnologií. Porozumění buněčným procesům je naprosto klíčové pro léčbu jakýchkoliv onemocnění a vývoj nových léčiv. Buněčná biologie také poskytuje základ pro aplikaci genové terapie, tkáňové inženýrství a aplikaci nových biotechnologických procesů (Alberts et al, 2002).

Celkově lze konstatovat, že buněčná biologie je základem pro pochopení života na mikroskopické, nanoskopické i molekulární úrovni. Je to multidisciplinární obor, který spojuje poznatky z genetiky, biochemie, fyziologie a dalších oborů. To vše umožňuje lépe porozumět životu samému.

Z těchto důvodů byla výuka buněčné biologie zahrnuta i do Rámcových vzdělávacích programů základního vzdělávání (MŠMT, 2021) i Rámcových vzdělávacích plánů pro gymnázia (MŠMT, 2021) i středního odborného vzdělávání (MŠMT, 2021) v ČR.

2 Koncepty buněčné biologie v kurikulu

Rámcové vzdělávací programy (RVP) tvoří obecně závazný rámec pro tvorbu školních vzdělávacích programů škol všech oborů vzdělání v předškolním, základním, středním, vyšším odborném a jiném vzdělávání. Do vzdělávání v České republice byly zavedeny zákonem č. 561/2004 Sb., o předškolním, základním, středním, vyšším odborném a jiném vzdělávání (školský zákon).

Rámcové vzdělávací programy (dále RVP) stanovují zejména konkrétní cíle, formy, délku a povinný obsah vzdělávání a to všeobecného a odborného podle zaměření daného oboru vzdělání. Dále stanoví jeho organizační uspořádání, profesní profil, podmínky průběhu a ukončování vzdělávání a zásady pro tvorbu školních vzdělávacích programů (dále ŠVP).

RVP musí odpovídat nejnovějším poznatkům z jednotlivých vědních disciplín, jejichž základy a praktické využití má daný vzdělávací program zprostředkovat. Tvorbu a oponenturu RVP zajišťují příslušná ministerstva prostřednictvím odborníků z vědy a praxe. RVP vydává MŠMT po projednání s příslušnými ministerstvy.

Rámcové vzdělávací programy (RVP) tedy tvoří závaznou kostru pro tvorbu školních vzdělávacích programů jednotlivých škol. Stanoví konkrétní cíle a obsah vzdělání podle zaměření oboru.

Bakalářská práce se zaměřila na RVP pro základní vzdělávání, střední vzdělávání gymnaziálního typu a střední odborné vzdělávání zaměřené na přírodovědné obory a to na tu jeho část, která je zaměřena na učivo a očekávané výstupy spojené s tématem bakalářské práce, tj. buněčnou biologií. Důvodem je skutečnost, že absolventi PedF UK, studijního oboru "Biologie, geologie a environmentalistika se zaměřením na vzdělávání" jsou připravováni pro působení právě na těchto typech škol.

2.1 Očekávané cíle a výstupy RVP ZŠ

V roce 2021 byl vydán upravený RVP pro základní vzdělávání (dále RVP pro ZV). Školy mohou začít vyučovat podle tohoto upraveného ŠVP od 1. září 2021. Nejpozději musí zahájit výuku od 1. 9. 2023 ve všech ročnících 1. stupně a od 1. září 2024 ve všech ročnících 2. stupně (MŠMT, 2021).

Pokud není určeno jinak, platí vše, co je v RVP ZV stanoveno pro 2. stupeň základního vzdělávání, tj. pro 6. až 9. ročník, i pro odpovídající ročníky šestiletých a osmiletých gymnázií (MŠMT, 2021).

Obsah RVP ZV je členěn do částí A až D. Pro účely této práce jsem se podrobněji zabýval částí C, která je členěna do 6 částí. Zabýval jsem se body 5.6. Člověk a příroda, body 5.6.3 Přírodopis a dále bodem 6.5. Environmentální výchova, který zahrnuje tzv. průřezová témata (MŠMT, 2021).

Jak již bylo uvedeno v textu této kapitoly, RVP ZV byl revidován a nově zpracován v roce 2021. Došlo zde i k úpravám, které se dotýkají tématu této bakalářské práce. V bodu 5.6.3. Přírodopis RVP ZV, v tématu "Obecná biologie a genetika" byl vypuštěn výstup P-9-1-02 *"popíše základní rozdíly mezi buňkou rostlin, živočicha bakterií a objasní funkci základních organel"* (MŠMT, 2021, s. 76).

Nově je zde uveden bod P-9-1-02 *"vysvětlí podstatu pohlavního a nepohlavního rozmnožování a jeho význam z hlediska dědičnosti"* (MŠMT, 2021, s. 76). Vyškrtnuto je i učivo: *"základní struktura života - buňky, pletiva, tkáně, orgány, orgánové soustavy, organismy jednobuněčné a mnohobuněčné"* (MŠMT, 2021, s. 76). V tématu "Biologie živočichů" je však uvedeno učivo: *"stavba těl, stavba a funkce jednotlivých částí těla - živočišná buňka, tkáně, orgány, orgánové soustavy, organismy jednobuněčné a mnohobuněčné, rozmnožování"* (MŠMT, 2021, s. 78). V tématu "Biologie rostlin" je v očekávaných výstupech obsažen bod P -9-3-01 *"odvodí na základě pozorování uspořádání rostlinného těla od buňky přes pletiva až k jednotlivým orgánům"* (MŠMT, 2021, s. 77).

V učivu téže kapitoly je pak uvedeno: *"fyziologie rostlin - základní principy fotosyntézy, dýchání, růstu, rozmnožování"* (MŠMT, 2021, s. 78).

2.2 Očekávané cíle a výstupy RVP G

Jak uvádí RVP pro gymnaziální vzdělávání (MŠMT, 2021), s účinností od 1. 9. 2022 byla přijata aktualizace pro Rámcový vzdělávací program pro gymnázia (dále RVP G). Tento vzdělávací plán pak bude platný od 1. 9. 2025.

Jak již bylo uvedeno v kapitole 2.1, pokud není určeno jinak, platí vše, co je v RVP ZV stanoveno pro 2. stupeň základního vzdělávání (resp. pro 6. až 9. ročník) i pro odpovídající ročníky šestiletých a osmiletých gymnázií.

V RVP G bylo čerpáno z části 5 *"Vzdělávací oblasti, bodu 5.3. Člověk a příroda, bodu 5.3.3. Biologie"* (MŠMT, 2021, s. 32). V tématu "Obecná biologie" patří mezi očekávané výstupy: *"žák objasní stavbu a funkci strukturních složek a životní projevy prokaryotních a eukaryotních buněk"* (MŠMT, 2021, s. 32). V učivu je pak obsažena *"buňka- stavba a funkce"* (MŠMT, 2021, s. 32).

V tématu "Biologie virů" je uveden výstup: *"žák charakterizuje viry jako nebuněčné soustavy. V učivu je pak obsažena stavba a funkce virů."* (MŠMT, 2021, s. 32).

V tématu "Biologie živočichů" je v očekávaných výstupech: *"žák objasní principy základního způsobu rozmnožování a vývoj živočichů"* (MŠMT, 2021, s. 34).

V tématu "Genetika" je obsaženo učivo: *"molekulární a buněčné základy dědičnosti, dědičnost a proměnlivost, genetika člověka, genetika populací"* (MŠMT, 2021, s. 34).

2.3 Očekávané cíle a výstupy RVP SOV lycea

Jak je uvedeno v Rámcově vzdělávacím plánu pro střední odborné školy (dále RVP SOV) tento plán byl aktualizován od 1. 9. 2020 (MŠMT, 2020).

Bakalářské práce se zaměřila na RVP SOV - Lycea 78-42-M05, tj. na Přírodovědná lycea. Vzhledem k zaměření mé práce, jsem se zabýval Kapitoulou 6 výše uvedeného RVP, která shrnuje kurikulární rámce pro jednotlivé oblasti vzdělávání.

V bodu 1 "Základy biologie" výše uvedeného RVP SOV jsou jako výsledky vzdělávání uvedeny body: *"žák vyjádří vlastními slovy základní vlastnosti živých soustav, dále popíše buňku jako základní stavební a funkční jednotku života, charakterizuje rostlinnou a živočišnou buňku a uvede rozdíly, objasní význam genetiky"* (MŠMT, 2020, s. 36).

V učivu jsou pak obsažena témata jako vlastnosti živých soustav, typy buněk, dědičnost a proměnlivost.

2.4. Očekávané výstupy a cíle RVP SOŠ pro zdravotnické obory

Jak je uvedeno v Rámcově vzdělávacím plánu pro zdravotnické obory - 53-41-M/03 Praktická sestra (dále RVP - praktická sestra) tento plán vstoupil v platnost v roce 2018. (MŠMT, 2018).

V části nazvané "Biologické a ekologické vzdělávání" je uvedeno učivo: 1 Základy biologie. Jako podkapitoly je uvedeno učivo: vlastnosti živých soustav, typy buněk, rozmanitost organismů a jejich charakteristika, dědičnost a proměnlivost.

Jako výsledky vzdělávání jsou zde uvedeny body: *" vyjádří vlastními slovy základní vlastnosti živých soustav, popíše buňku jako základní stavební a funkční jednotku života, vysvětlí rozdíl mezi prokaryotickou a eukaryotickou buňkou, charakterizuje rostlinnou a živočišnou buňku a uvede rozdíly, uvede základní skupiny organismů a porovná je, objasní význam genetiky. MŠMT, 2018, s. 36). "*

2.5 Výuka buněčné biologie na vysokých školách

Profil absolventa pedagogických fakult není primárně zaměřen na výuku na vysokých školách. Avšak absolventi středních škol, kteří se profesně chtějí věnovat oborům, které poznatky z oboru buněčné biologie zahrnují, přichází na vysoké školy právě ze škol středních. Odnášejí si z nich koncepty buněčné biologie, které tvoří základ pro jejich další studium.

Následující stručný přehled uvádí obory vysokoškolského vzdělávání v ČR, kde jsou koncepty z buněčné biologie vytvořené na školách středních nejvíce využívány a tvoří základ pro další rozvoj studujících v oboru.

Jak vyplývá například Studijních plánů 1. LF UK (2022) a PřF UK (2022) výuka a studium buněčné biologie je na přírodovědně zaměřených vysokých školách pevnou součástí výuky. S tímto předmětem se setká prakticky každý student biologie, lékařství, ale i studenti dalších oborů např. biochemici či molekulární biologové.

V rámci oborů jako lékařství, obecná biologie, molekulární biologie se buněčná biologie vyučuje několik semestrů a pokračuje se v rozvoji těchto znalostí i v navazujícím studiu a při výuce dalších multioborových předmětů. Studenti se snaží porozumět buněčné struktuře, funkci jednotlivých organel, metabolismu buněk, dělení buněk, signalizaci a

dalším desítkám témat přímo souvisejících s buněčnou biologii nebo s molekulární biologii a genetikou (Studijní plány 1. LF UK, 2022; Studijní plány PřF UK, 2022).

Cílem těchto předmětů je stavět na výuce buněčné biologie ze středních škol a prohloubit tyto znalosti. Studenti se seznamují s nejnovějšími koncepty a základními úkony v laboratořích. Většina buněčné biologie jsou velmi abstraktní koncepty, které je třeba dopodrobna představit studentům a aplikovat tyto nové znalosti v praxi v rámci mikroskopických cvičení a manipulací s buňkami.

Pro specializaci na buněčnou biologii je potřeba studovat tzv. specializační magisterské obory, které se zaměřují výhradně na toto pole. Buněčná biologie je však příliš rozsáhlý a komplikovaný obor a u každého studenta dochází k další užší specializaci v rámci tohoto oboru (Studijní plány PřF UK, 2022).

Jak uvádí Studijní plány PřF UK (2022) lze konstatovat, že se na českých vysokých školách studuje buněčná biologie jako hlavní obor pouze v magisterském studiu. V rámci bakalářského studia studenti získají všeobecný přehled o tomto vědeckém oboru.

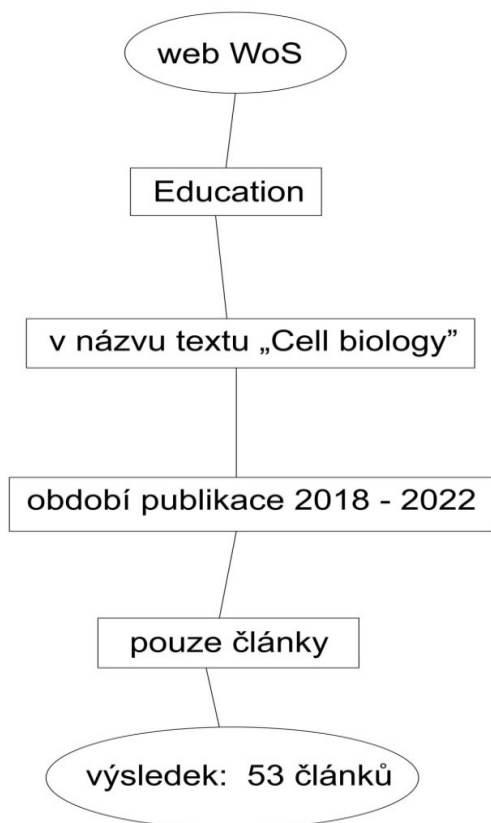
3 Metodologie systematické rešerše

S cílem zmapovat přístupy odborné veřejnosti k problematice výuky buněčné biologie ve světě i u nás, byla vytríděna sestava článků publikovaných na Web of Science (WoS) v období posledních 5 let, tj. v období 2018 až 2022.

Ve vyhledávání v poli All Fields byla zadána fráze Education. Tímto způsobem se měly vytrdit texty, které souvisejí se vzděláváním. Takto získané texty byly dále zúženy pokynem pro vyhledání konkrétního slovního spojení "Cell Biology" v názvu textů. Tento soubor textů byl dále zúžen časovým horizontem jejich vydání a to na období 2018 až 2022, resp. leden 2023. Tento výběr pak byl dále zúžen pouze na články, kterých bylo po výše uvedených diskriminačních krocích, celkem 53.

Postup výběru zdrojových článků uvádí obr. 1.

Postupný výběr zdrojových materiálů



Takto získané texty byly přečteny. Články, které nebyly publikovány v anglickém jazyce byly přeloženy s pomocí programu DeepL (texty v portugalštině a španělštině). Články, které neodpovídaly zadání bakalářské práce, tj. nevěnovaly se problematice výuky buněčné biologie, byly z dalšího podrobnějšího hodnocení vyloučeny. Zbývající texty byly analyzovány.

Hlavním cílem práce byla systematická rešerše analyzovaných textů, které souvisely s výukou buněčné biologie. V rámci této analýzy byly sledovány následující aspekty:

- počet článků zabývajících se výukou buněčné biologie,
- rok vydání článku,
- stupeň vzdělávání, kterému je text určen (primární, sekundární a terciální),
- geografická lokalizace pracoviště autorů článků,
- identifikace řešených témat,
- typ výzkumného přístupu (kvalitativní, kvantitativní, kombinovaný).

Se stanovenými aspekty souvisí i výzkumné otázky, které byly položeny. Otázky zněly:

- Jaký počet článků, v databázi WoS, se v letech 2018 až 2022 zabýval tématem výuky buněčné biologie?
- Lišil se významně počet článků vydaných v jednotlivých sledovaných letech?
- Jakému stupni vzdělávání se článek věnoval?
- V jakých zemích, popř. na jakých kontinentech, se nacházela pracoviště autorů textů?
- Jakým hlavním tématem se články zabývaly?

Pro identifikaci učiva popř. výukových přístupů byla využita metoda otevřeného kódování. Byly hledány průniky jednotlivých řešených témat tak, aby bylo možné články rozřadit do ucelených skupin, tj. články byly kódovány a kódy doplňovány v případě nemožnosti zařadit další text do již zvolených kategorií.

Součástí práce bylo i zmapování koncepcí výuky buněčné biologie v kurikulu základního vzdělávání a všeobecného a odborného středoškolského vzdělávání. V části práce je i vymezen pojem buněčné biologie, jako vědy.

Zvolena byla i 3 klíčová slova a to buněčná biologie, vzdělávání a výzkumné trendy.

4 Výsledky

Celkem bylo, z databáze WoS, posuzováno 53 odborných článků, které byly vybrány podle kritérií výběru (viz. Kap. 3.1). Jednalo se zhruba o 1000 stran textu. Převážná část článků byla vydána v anglickém jazyce, pouze jednotky textů byly ve španělském a portugalském jazyce.

Z dalšího posuzování bylo 28 článků vyřazeno. Nejčastějším důvodem byla skutečnost, že se nezabývaly didaktikou buněčné biologie. Tato skutečnost se týkala téměř 93 % textů z celkového počtu vyřazených článků. U menší části článků, 7 % z celkového počtu vyřazených, nebyl dostupný text v plném znění. Přehled je uveden na obr. 2.

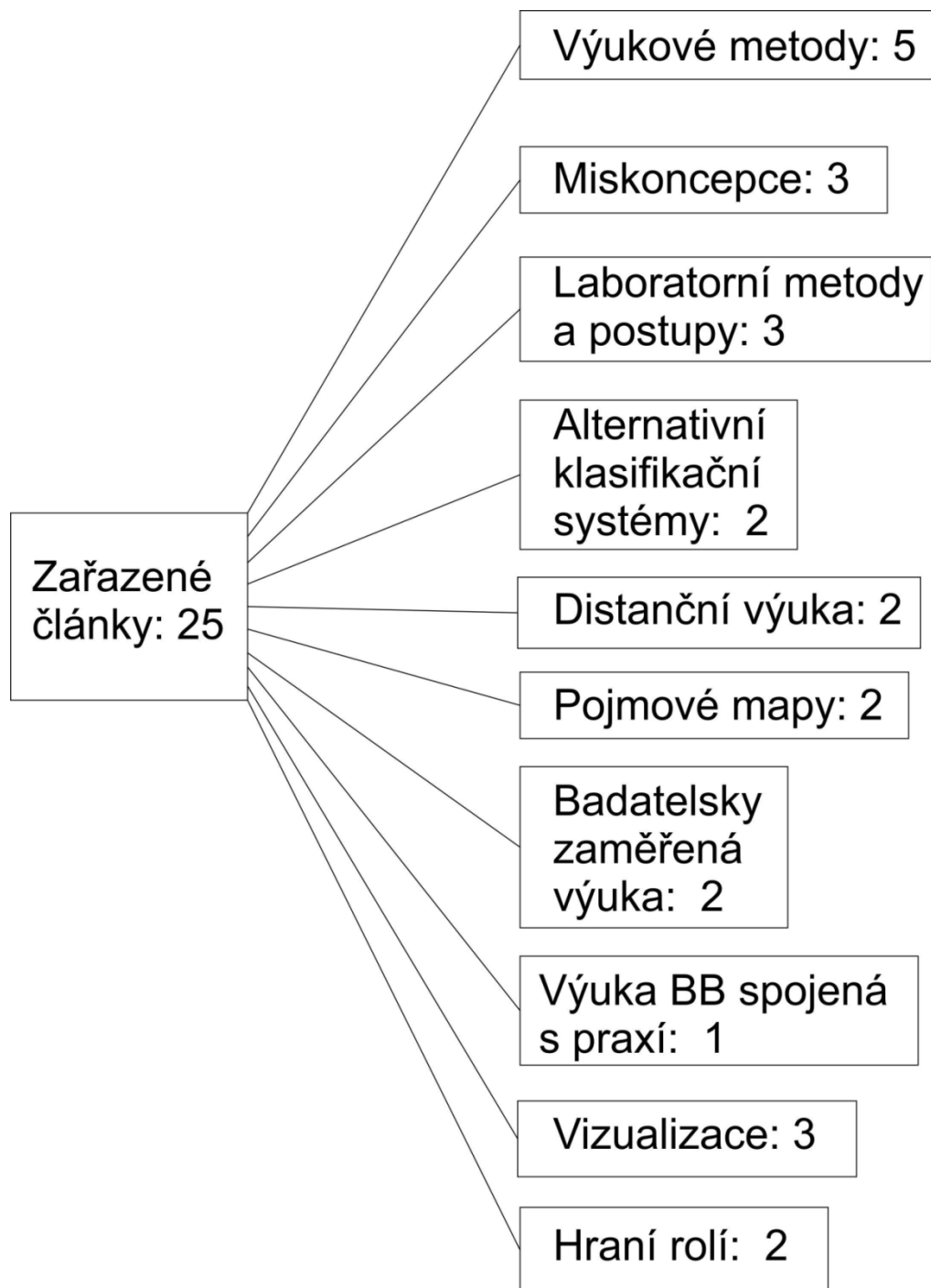
Obr. 2: Přehled zařazených a vyřazených článků



Do dalšího posuzování bylo zařazeno 25 článků. Tyto články se zabývaly tématy spojenými s výukou buněčné biologie. U každého z textů pak byly sledovány jeho jednotlivé charakteristiky (kap. 4.1 až 4.4) a dále byly hledány průniky jednotlivých

řešených témat tak, aby bylo možné články rozřadit do ucelených skupin. Rozřazení článků do jednotlivých skupin a jejich počty přináší obr. 3.

Obr. 3: Řešená témata článků a jejich počet



4.1 Rok vydání

Nejvyšší počet článků, ve sledovaném období 2018 až 2022, byl vydán v roce 2021, celkem 7 textů. Počty článků ve sledovaných letech uvádí graf 1. Z grafu vyplývá, že v letech 2020 až 2022 bylo vydáno 76 % všech článků.

Graf 1: Počet článků vydaných v jednotlivých letech



V roce 2018 bylo vydáno nejméně článků, pouze 2. V roce 2019 to byly 4 články a v letech 2020 až 2022 se jejich počet ustálil na 6, resp. 7 textech.

4.2 Stupeň vzdělávání

Všechny posuzované články věnované didaktice buněčné biologie byly určeny pro terciální stupeň vzdělávání. Pouze u jednoho textu (Schiller et al., 2022) autoři výslovně uváděli zjednodušenou variantu vhodnou i pro studenty sekundárního vzdělávání.

Z výše uvedených údajů vyplývá závěr, že v žádném státě na světě, jehož vědečtí pracovníci zveřejnili na webu WoS své články na téma buněčné biologie v období 2018 až 2022, se nikdo přímo nezabýval výukou této problematiky v primárním ani sekundárním školství.

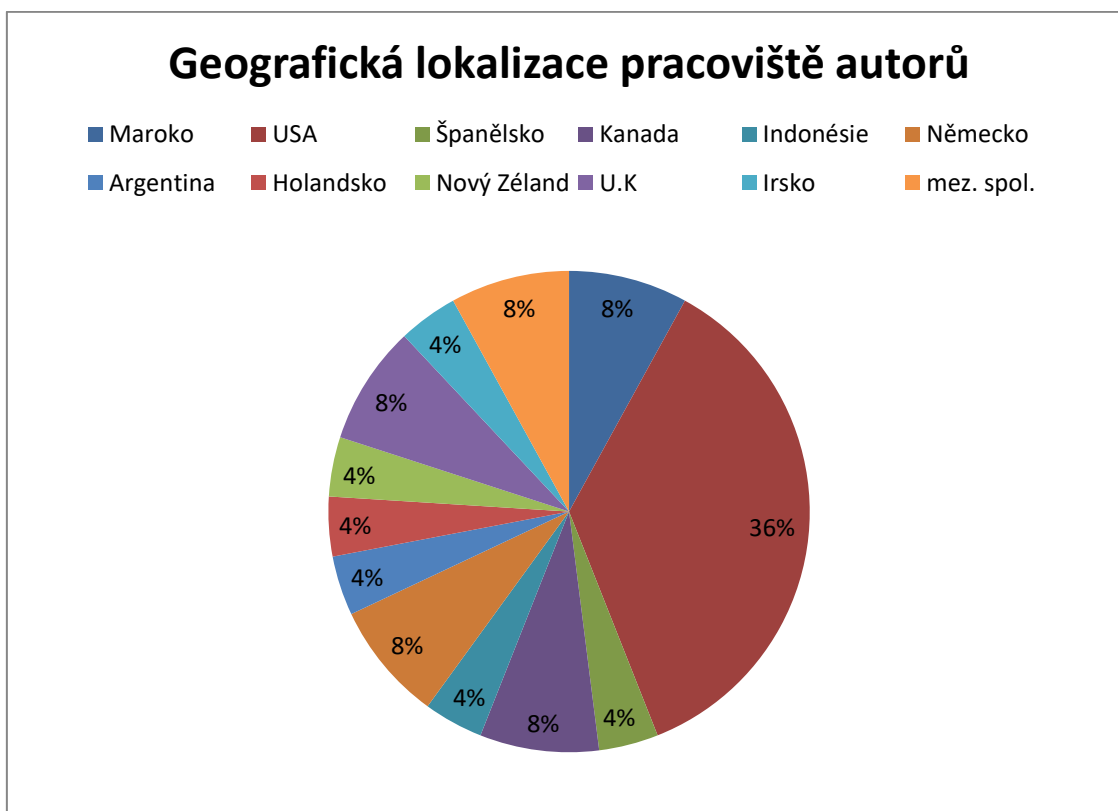
4.3 Geografické lokalizace pracoviště autorů

Graf 2 uvádí v souhrnu země působení autorů dále zařazených článků, které se týkaly výuky buněčné biologie. Geografická lokalizace pracovišť autorů jednotlivých článků jsou uvedena v příloze 1.

Z grafu vyplývá, že nejpočetněji byli zastoupeni autoři z pracovišť na území USA, celkem 9 článků, tj. v 36 % z celkového počtu zařazených článků. Maroko, Německo, Kanada a U. K. pak následují se 2 články, tj. 8 % článků. Dva články pak byly vyhodnoceny jako mezinárodní spolupráce, tj. na jejich vypracování se podíleli autoři z pracovišť v různých zemích světa. Ostatní země, tj. Španělsko, Indonésie, Argentina, Holandsko, Nový Zéland a Irsko jsou zastoupeni každý jedním článkem, tj. 4 %.

Pokud lokalita pracoviště autorů bude přiřazena k jednotlivým světadílům, nejvíce článků zabývajících se buněčnou biologií v letech 2018 až 2022, bylo vydáno v Severní Americe, celkem 42 % textů, následuje Evropa s 35 % článků.

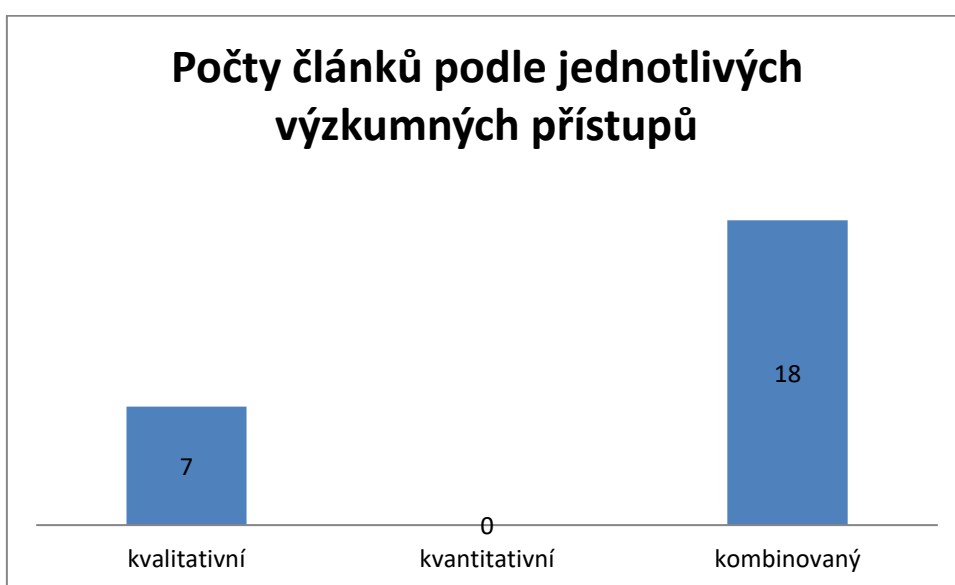
Graf 2: Geografická lokalizace pracoviště autorů:



4.4 Typ výzkumného přístupu

Využití jednotlivých výzkumných přístupů použitých autory v jednotlivých článcích, uvádí v souhrnu graf 3. Přístupy u jednotlivých článků jsou uvedeny také v příloze 1. Z grafu vyplývá, že nejvíce využívaným typem výzkumného přístupu byl výzkum smíšený, resp. kombinovaný. Autoři článků jej volili v 18 článcích, tj. v 72 % článků z jejich celkového počtu. V 7 článcích, tj. ve 28 % případů pak byl zvolen kvalitativní výzkumný přístup. Žádný z hodnocených článků nebyl zpracován s využitím pouze metody kvantitativní.

Graf 3: Počty článků podle jednotlivých výzkumných přístupů



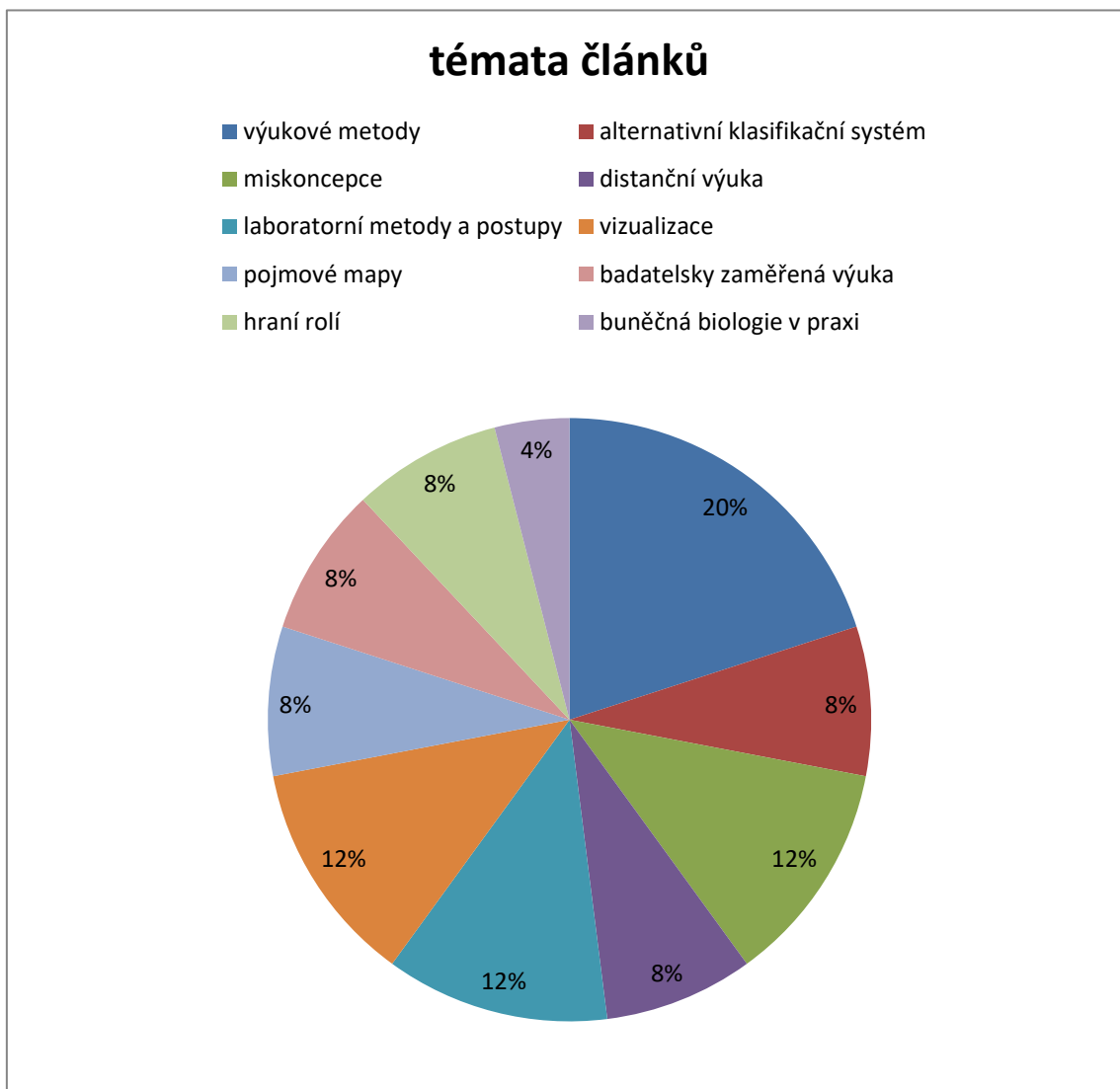
4.5 Řešená témata

Posuzované články byly rozděleny celkem do 10 tematických skupin, podle převažujícího obsahu. Graf 4 uvádí, jaká témata v článcích, které byly věnovány výuce buněčné biologie, autoři volili. Témata jednotlivých článků jsou heslovitě uvedena i v přehledu v příloze 1. Z grafu vyplývá, že nejčastěji se autoři věnovali tématům zařazených do skupiny výukových metod. Toto téma se objevuje v 5 článcích, tj. ve 20 % z jejich celkového počtu.

Miskoncepce, laboratorní metody a postupy a vizualizace jsou tématem 3 odborných článků, tj. ve 12 % případů z jejich celkového počtu. Téma alternativních klasifikačních metod, distanční výuky, pojmových map, badatelsky zaměřené výuky a hraní rolí se

objevují každý ve 2 článcích, tj. 12 % z jejich celkového počtu. Distanční výuka a alternativní klasifikační metody jsou pak shodně zastoupeny ve 2 článcích, tj. ve 4 % z celkového počtu článků. Téma výuky spojené s praxí je pak obsahem jednoho článku.

Graf 4: Témata článků



4.5.1. Výukové metody

Text s názvem The Effectiveness of a Learner-Centered Pedagogical Approach with Flipped Pedagogy and Digital Learning Environment in Higher Education Feedback on a Cell Biology Course (Efektivita pedagogického přístupu zaměřeného na reverzibilní

pedagogiku a digitální vzdělávací prostředí ve vysokoškolském vzdělávání - zpětná vazba na kurz buněčné biologie) autora Ouchaouka (2021) se zabývá univerzitním stupněm vzdělávání s využitím kombinovaného přístupu ke sběru dat. Pracoviště autora je lokalizováno do Maroka. Tématem článku je výuka buněčné biologie pomocí metody reverzibilní pedagogiky, didaktických her a metody hybridního dálkového výukového systému (LMS).

Jak uvádí autor článku Ouchaouka (2021), cílem bylo seznámit čtenáře s výsledky šetření mezi 292 studenty prvního ročníku bakalářského studia biologie na Ben M'sikově fakultě přírodních věd na Univerzitě Hassan II v Casablance a to pro modul Buněčné biologie. Tato látka se obecně jeví jako náročná a proto byl hledán postup, jak ji studentům co nejvíce přiblížit a pomoci jim k jejímu zvládnutí. Ve výuce, která trvala 10 týdnů, byly použity nové výukové metody, tzv. Flipped pedagogy (reverzibilní pedagogiky) a didaktické hry integrované do hybridního dálkového výukového systému (LMS), ale i praktická cvičení.

Studenti ale i zúčastnění pedagogové pak byli dotazováni, jak jim zvolený model výuky vyhovuje. Tento článek však uvádí pouze odpovědi studentů. Cílem bylo zjistit, zda takto organizovaná výuka je pro studenty vhodná a jak jim pomáhá ke zvládnutí požadovaného cíle. Výsledky nejsou příliš konkrétní. Naznačují, že je potřeba otázky z dotazníku dále upřesňovat, vnášet do výuky nové technologie a poukazovat na překážky, které studentům brání v hladkém průběhu studia. Takovými překážkami může například být i jazyková bariéra nebo nízká dostupnost výpočetní techniky (Ouchaouka, 2021).

Dalším textem je článek s názvem Storytelling as a Tool to Enhance Conceptual Knowledge in Cell Biology (Vyprávění příběhů jako nástroj k rozšíření pojmových znalostí v buněčné biologii) autorů Kiselyov, Schunn (2022). Tento článek je věnován univerzitnímu stupni vzdělávání, je určen pro jeho vyšší ročníky. Využívá kvalitativní přístup ke sběru dat. Pracoviště autorů je lokalizováno do USA.

Text informuje o systému výuky buněčné biologie v pregraduální výuce. *“Abychom navázali na praxi projektových přístupů k výuce buněčné biologie a zdokonalili ji, transformovali jsme pregraduální výuku buněčné biologie zavedením konceptu dějových linií”* (Kiselyov, Schunn, 2022, s. 1). Tyto linie integrovaly molekulární a organelární

koncepty probírané během semestru do funkcí, stavů nebo nemocí na úrovni buněk nebo tkání. Tyto koncepty pak byly sdíleny studenty prostřednictvím online diskusí nad zhotovenými postery. Autoři článku pak hodnotili objektivní nárůst znalostí studentů před zadáním úkolu a po jeho vypracování. Výsledky ukazují, že tato metoda je slibným nástrojem formativního hodnocení (Kiselyov, Schunn, 2022).

Text s názvem **Educational Gamification in the Cell Biology Laboratory** (Výuková hra v laboratoři buněčné biologie) autorů Navarro - Sempere et al., (2022) se zabývá univerzitním stupněm vzdělávání. Využití je kvalitativní přístup ke sběru dat. Pracoviště autorů je lokalizováno do Španělska.

Článek hodnotí využití hry Kahoot! ve výuce tématu "buňka, buněčná biologie" na Univerzitě v Alicante (Navarro - Sempere et al., 2022). Je zde konstatováno, že využití informačních a komunikačních technologií zvyšuje motivaci studentů, zlepšuje výuku a je jedním z hlavních opatření navrhovaných v rámci rozvoje Evropského prostoru vysokoškolského vzdělávání (EHEA).

Jak uvádí Navarro - Sempere et al., (2022), aplikace Kahoot! byla uvedena na trh v roce 2013 a stala se oblíbenou aplikací, která je zdarma a snadno se používá. Autoři článku se domnívají, že *"ve třídě její použití vytváří pozitivní klima a podporuje účast všech studentů"* (Navarro - Sempere et al., 2022, s. 6).

Studie se zúčastnilo 135 studentů rozdělených do 12 skupin. Ty pak byly rozděleny na skupiny experimentální a kontrolní. Všechny skupiny řešily papírový dotazník o pojmech vysvětlovaných v hodině na konci obou praktických cvičení. Pouze experimentální skupiny odpovídali ještě na přípravný test s použitím aplikace Kahoot!. Po posledním cvičení pak všechny skupiny odpovídaly na otázky, některé v papírové formě, jiné prostřednictvím Kahoot!(Navarro - Sempere et al., 2022).

Výsledky ukázaly, že ti studenti, kteří byli vybráni k testování pomocí aplikace Kahoot! měli vyšší počet správných odpovědí v testu provedeném po praktickém cvičení (post-testu) než ti, kteří neřešili pre-test (přípravný test). Autoři tak dovozují, že implementace her do výuky výrazně zvyšuje motivaci studentů a to pravděpodobně díky fyziologickým změnám, které mozek během hraní hry zažívá. Dále je ve třídě vytvořeno, díky hraní, pozitivní klima, které usnadňuje proces učení (Navarro - Sempere et al., 2022).

Následující text s názvem **Discussion of Annotated Research Articles Results in Increases in Scientific Literacy within a Cell Biology Course** (Diskuse o

komentovaných výzkumných člancích vede ke zvýšení vědecké gramotnosti v rámci kurzu buněčné biologie) autorů Washburn et al., (2023) se zabývá univerzitním stupněm vzdělávání s kombinovaným přístupem ke sběru dat. Pracoviště autorů je lokalizováno do USA.

Ve studii je konstatováno, že množství a složitost vědeckých poznatků neustále roste. *“Ústřední součástí dekodování a interpretace vědeckých informací je schopnost analyzovat vědecké články”* (Washburn et al., 2023, s. 1). Bylo vyvinuto množství různých přístupů k jejich čtení. Navzdory tomu však studenti biologie na amerických univerzitách, ale i studenti dalších tzv. STEM oborů, čelí problémům, které jim brání v plném pochopení textu a tím správné interpretaci dat včetně schopnosti kriticky analyzovat informace. Čtení i psaní vědeckých textů je považováno za hlavní činnost spojenou s vědeckou gramotností (Washburn et al., 2023).

Autoři studie se snažili tento problém u studentů biologie řešit tím, že *“diskusi o vědeckých člancích při výuce doplnili o strukturální podporu pomocí anotovaných článků z iniciativy Science in the Classroom”* (Washburn et al., 2023, s. 2). Díky tomuto přístupu se na konci semestru zvýšily dovednosti studentů v oblasti přírodovědné gramotnosti. Zlepšila se i schopnost studentů interpretovat grafické znázornění výsledků odborných textů. Výsledky byly ověřeny statistickou analýzou pre-testů a post-testů. Autoři studie se domnívají, že tento přístup lze přizpůsobit mnoha oborům a vzdělávacím úrovním (Washburn et al., 2023).

Následující text s názvem **Understanding new molecular and cell biology findings based on progressive scientific practices and interconnected activities in undergraduate students** (Pochopení nových poznatků molekulární a buněčné biologie na základě progresivních vědeckých postupů a propojených aktivit u vysokoškolských studentů) autorů Giojalas et al., (2020) se zabývá univerzitním stupněm vzdělávání. K analýze dat využívá kombinovaný přístup výzkumu. Pracoviště autorů je lokalizováno do Argentiny.

Metodika výuky byla založena na postupech spojených se zpětnou interakcí mezi vědeckými postupy, aktivitami a hodnocením. *“Naším cílem bylo naučit studenty získávat,*

chápat a sdělovat nové vědecké poznatky praxi” (Giojalas et al., 2020, s. 1). Studie byla realizována po dobu 4 let u studentů, kteří navštěvovali kurz buněčné biologie v rámci bakalářského studia biologie. Podstata této metodiky spočívala v tom, že studenti nepřijímali nové poznatky pouze pasivně. Mimo přednášky byly další aktivity realizovány prostřednictvím tzv. kooperativního učení. Tyto aktivity zahrnovaly samostatnou přípravu studenta před přednáškou vyučujícího, poté následoval experiment a dále analýza tzv. primárního dokumentu. K tomu byly využity texty, které se týkaly vědeckých novinek prezentovaných v mezinárodně uznávaném časopisu. Tyto články pak studenti analyzovali a prezentovali. Vše probíhalo v kooperaci s dalšími studenty v menších či větších skupinách (Giojalas et al., 2020). *“Metoda výuky pak byla hodnocena prostřednictvím studijních výsledků studentů a dále vyhodnocením jejich názoru na tuto metodu výuky” (Giojalas et al., 2020, s. 5).* Z výsledků analýzy výzkumníků vyplývá, že znalosti studentů byly na lepší úrovni, než při pouze pasivní formě výuky a studenti byli s novou metodou spokojeni.

4.5.2. Miskoncepce

Článek s názvem **Leveraging Student Misconceptions to Improve Teaching of Biochemistry & Cell Biology** (Využití mylných představ studentů ke zlepšení výuky biochemie a buněčné biologie) autorů Fuchs et al., (2021) se zabývá univerzitním stupněm vzdělávání. K tomu využívá kombinovaný přístup ke sběru dat. Pracoviště autorů je lokalizováno v Kanadě.

Tato studie zkoumá tzv. mylné představy (miskoncepce) o fungování světa a objasňuje jejich využití v další výuce biologie. *“Termín miskoncepce je zde používán jako označení vědecky nepřesného chápání, které si žáci vytvořili o přírodních jevech” (Fuchs et al., 2021, s. 1).* Miskoncepce si přinášejí studenti biologie ze středních škol. Pro jejich identifikaci bylo zkoumáno 23 ročníků testů Národní biologické soutěže Torontské univerzity a v nich analyzováno 1230 otázek. Na tyto otázky odpovídalo zhruba 115 tisíc studentů ve věku 14 - 18 let. Bylo nalezeno 134 položek s mylnými představami. Vzhledem k rozsáhlosti dat bylo dále zkoumání omezeno pouze na okruhy, jako je obecná biochemie nebo struktura a procesy buňky (Fuchs et al., 2021).

Fuchs et al., (2021) dále zmiňují, že učitelé musí být schopni tyto mylné představy odhalit a pracovat s nimi. K tomu byla v rámci studie vytvořena tzv. banka zdrojů, která obsahuje

miskoncepce v oblasti středoškolské biologie. V textu jsou zmíněny i postupy, jak s miskoncepce pracovat ve výuce. Studie by, podle přání autorů, měla přispět k informovanosti učitelů v sekundárním i v navazujícím terciálním školství. Měla by vést i ke zkvalitnění výuky na středních školách (Fuchs et al., 2021).

Článek s názvem **Cell Biology Diagnostic Test (CBD -Test) portrays pre-service teacher misconceptions about biology cell** (Diagnostický test z buněčné biologie (CBD - test) zobrazuje miskoncepce budoucích učitelů témat z buněčné biologie) autorů Suwono et al., (2019) se zabývá univerzitním stupněm vzdělávání. Využit je kombinovaný přístup ke sběru dat. Pracoviště autorů je lokalizováno v Indonésii.

Tato studie se zabývá vývojem diagnostického testu pro zkoumání miskoncepce u budoucích učitelů biologie v rámci jejich vysokoškolského studia. Je konstatováno, že existence miskoncepce se vyskytují v mezinárodním měřítku. Ve většině případů je za jejich vznik u žáků odpovědný učitel. Proto je nezbytné, objevit tyto miskoncepce v době přípravy budoucích učitelů, aby se předešlo dalšímu rozvoji tohoto problému. Cílem studie bylo vyvinout nástroj, který by byl této detekce schopen (Suwono et al., 2019).

Byl vyvinut a ověřen třístupňový test. Ten byl vyvinut z tzv. Cell Biology Diagnostic (CBD) testu. Ten se původně skládal ze dvou úrovní. Výzkumníci ještě přidali úroveň třetí, tzv. index jistoty odpovědí. Byl sestaven tak, aby zkoumal, zda si byl subjekt jistý odpovědí v první a druhé úrovni. Třístupňový test byl upraven tak, aby dokázal odlišit nedostatečné znalosti od jejich nesprávného chápání. Výsledky testů pak byly podrobeny statistické analýze (Suwono et al., 2019).

Jak uvádí Suwono et al., (2019), testu se zúčastnilo 204 studentů bakalářského vzdělávacího programu. Zaměřením studia se jednalo budoucí učitele biologie. Test ukázal, že většina z nich sdílela mylné představy o struktuře a funkci buněk, přenosu látek přes membránu a dělení buněk. Dopracovaný CBD test se ukázal jako platný nástroj pro diagnostiku miskoncepce. Lze ho použít jako pre-test nebo post-test.

Článek s názvem **The use of a three-tier diagnostic test to investigate conceptions related to cell biology concepts among pre-service teachers of life and earth sciences** (Použití třístupňového diagnostického testu ke zkoumání koncepcí souvisejících s pojmy buněčné biologie u učitelů přírodních věd a věd o Zemi) zpracovali autoři Assimi et al.,

(2022), zabývá se univerzitním stupněm vzdělávání. Ke sběru dat je využit kombinovaný přístup k výzkumu. Pracoviště autorů je lokalizováno do Maroka.

Studie pojednává o výzkumu miskoncepí u budoucích středoškolských učitelů v Maroku. Výzkumníci vyvinuli třístupňový test s 20 otázkami, které se týkaly pojmů z buněčné biologie. Test byl založen na středoškolských znalostech (Assimi et al., 2022). *“Použití třístupňového testu nám umožnilo odlišit nesprávné odpovědi způsobené chybnými představami od těch, které souvisejí s nedostatkem znalostí, a správné odpovědi související s pevnými znalostmi, od tzv. “šťastného” odhadu”* (Assimi et al., 2022, s. 1). Vyhodnocení testů bylo provedeno pomocí metod statistické analýzy. V práci je konstatováno: *“že tříúrovňové testy poskytují spolehlivější výsledky o úrovni znalostí budoucích učitelů, než běžné testy”* (Assimi et al., 2022, s. 10).

4.5.3 Laboratorní metody a postupy

Text s názvem **Expansion Microscopy for Cell Biology Analysis in Fungi** (Expanzní mikroskopie pro analýzu buněčné biologie hub) vznikl mezinárodní spoluprací autorů (Götz et al., 2020). Zabývá se univerzitním stupněm vzdělávání. Využívá kvalitativní přístup ke sběru dat. Pracoviště autorů je lokalizováno do Německa a Španělska.

Studie se věnuje tzv. expanzní mikroskopii (ExM). Tato metoda, podle zjištění autorů, může nahradit velice drahou a sofistikovanou metodu mikroskopie se superrozlišením. Překážkou zatím byla buněčná stěna hub, která zabraňovala studiu organel uvnitř buněk. Studie se zabývá houbami, které jsou důležitou skupinou z hlediska biotechnologií, ale působí také jako patogeny rostlin, zvířat a lidí. Houby jsou často využívanou skupinou v laboratorních cvičeních pro studenty (Götz et al., 2020).

Byla vyvinuta metoda, která po ošetření enzymy, které rozkládají buněčnou stěnu, umožňuje pozorování struktur v jejich buňkách metodou ExM. To je důležité pro studenty buněčné biologie *“Vzhledem k tomu, že fluorescenční mikroskopie je dobře přístupná ve všech laboratořích, bude mít tento optimalizovaný protokol obecný význam pro oblast výzkumu hub”* (Götz et al., 2020, s. 8).

Článek s názvem **Undergraduate lab series using the K562 human leukemia cell line: Model for cell growth, death, and differentiation in an advanced cell biology course** (Série laboratorních prací pro vysokoškoláky s použitím buněčné linie lidské leukémie

K562: v kurzu buněčné biologie pro pokročilé) zpracovali autoři Phelan, Szabo (2019). Zabývá se univerzitním stupněm vzdělávání. Využívá kombinovaný přístup ke sběru dat. Pracoviště autorů je lokalizováno do USA.

Článek popisuje sekvenci laboratorních cvičení, která byla vytvořena pro vyšší stupeň vysokoškolského studia na univerzitě. *“Cvičení byla založena na použití lidské erytro-leukemické buněčné linie K562, modelového systému, který je výjimečně vhodný pro vysokoškolské studium buněčné biologie”* (Phelan, Szabo, 2019, s. 1).

Cvičení měla vytyčeny 4 cíle a to naučit studenty kultivovat savčí buňky, zajistit kompetence studentů u standardních technik buněčné biologie, demonstrovat roli růstových faktorů na buňky a poskytnout pak tyto buňky studentům k nezávislému výzkumu buněčné diferenciaci (Phelan, Szabo, 2019). Nejedná se tedy o novou výukovou metodu, ale o možnost, kdy studenti pracují se savčími buňkami, což není standardní. *“Kurzy buněčné biologie na bakalářské úrovni mají tendenci upřednostňovat používání jednobuněčných organismů”* (Phelan S. A., Szabo E., 2019, s. 1). To má pak za následek nesrovnalost mezi přednáškami zaměřenými na obratlovce a postupy v laboratoři. *“Námi zvolený model savčích buněk umožňuje nahlédnout do procesů, které by jinak nebylo možné zkoumat na jednobuněčných jedincích”* (Phelan, Szabo, 2019, s. 7).

Text s názvem A Twist to the Kirby-Bauer Disk Diffusion Susceptibility Test: an Accessible Laboratory Experiment Comparing Haloferax volcanii and Escherichia coli Antibiotic Susceptibility to Highlight the Unique Cell Biology of Archaea (Zpestření Kirby-Bauerova diskového difuzního testu citlivosti: přístupný laboratorní experiment srovnávající citlivost Haloferax volcanii a Escherichia coli k antibiotikům, který poukazuje na jedinečnou buněčnou biologii archeí) zpracovali autoři Schiller et al., (2022). Text se zabývá univerzitním stupněm vzdělávání a využívá kvalitativního přístupu ke sběru dat. Pracoviště autorů je lokalizováno do USA.

Článek obsahuje návod, jak provést laboratorní práce s archeí Haloferax volcanii a bakterií Escherichia coli. Cílem je otestovat, jak jsou tyto organismy odolné vůči různým typům antibiotik. Použití těchto dvou organismů je levné, bezpečné, nevyžaduje sterilní prostředí a prokazuje dobré výsledky (Schiller et al., 2022). *“Kirby-Bauerův diskový difuzní test citlivosti se běžně používá v učebnách biologie k ilustraci rozdílů v citlivosti k antibiotikům*

mezi bakteriálními druhy na základě odlišných buněčných struktur a také na vývoj bakterií vůči antibiotikům” (Schiller et al., 2022, s. 2).

Součástí textu je postup, jak se studenty pracovat, co předem připravit. *“Nabízíme také dvě různé verze tohoto experimentu vhodné jak pro vysokoškolské tak i pro středoškolské učební plány” (Schiller et al., 2022, s. 3)*

4.5.4. Vizualizace

Článek s názvem **Lego Serious Play: Building engagement with cell biology** (Seriózní hra se stavebnicí Lego: zapojení do buněčné biologie) zpracoval Garden, (2022) a zabývá se univerzitním stupněm vzdělávání. Při jeho zpracování byla použita metoda kombinovaného výzkumného přístupu. Pracoviště autora je lokalizováno ve Velké Británii.

Tato studie popisuje realizaci *“cvičení založeném na hře Lego Serious Play (LSP), které mělo podpořit zapojení studentů do upevňování učiva a přípravy na souhrnnou zkoušku” (Garden 2022, s. 1).* Hra byla do výuky zapojena poté, co proběhly přednášky. Metoda LSP byla představena před více jak 20 lety. Je postavena na *“časově limitovaném výukovém cyklu tvořivých aktivit, které jsou určeny předem danými pravidly” (Garden 2022, s. 2).*

Cílem tohoto cvičení bylo, na konci kurzu, umožnit opakování látky poutavým způsobem. Studenti měli za úkol ztvárnit požadované výstupy z kurzu jako např. strukturu a funkci prokaryotických a eukaryotických buněk, nastínit klíčové funkce buňky, popsat transport látek v buňce apod. *“Hodnocení se zúčastnilo 21 studentů” (Garden 2022, s. 5).* Jednotliví studenti pracovali 10 min na svých částečných úkolech, následovně je měli spojit s ostatními do systému celé buňky.

“Cílem studie bylo zjistit, zda pro tento kurz modifikovaná metoda LSP podporuje aktivní zapojení studentů” (Garden 2022, s. 6). Studie se nezabývala tím, zda výukový program vedl např. ke zlepšení známek, to bylo mimo její rozsah. *“Každá úloha získala mediánové skóre porozumění 6 nebo 7, což naznačuje, že studenti pochopili zadání úkolů velmi dobře” (Garden 2022, s. 7).* *“Výsledky ukazují, že metoda podporuje kognitivní a afektivní zapojení studentů, kteří uvádějí zlepšení v pochopení látky a radost a zájem, s jakým učivo kuru opakovali” (Garden 2022, s. 1).*

Článek s názvem **Immersive 3D Experience of Osmosis Improves Learning Outcomes of First-Year Cell Biology Students** (Pohlující 3D zážitek z osmózy zlepšuje studijní výsledky studentů prvního ročníku buněčné biologie) vznikl ve spolupráci mezinárodního týmu (Reinke et al., 2021). Zabývá se univerzitním stupněm vzdělávání. Byl zpracován s využitím kombinovaného výzkumného přístupu. Pracoviště autorů textu je lokalizováno do Austrálie a Velké Británie.

Článek se zabývá využitím imerzivní 3D projekce pro znázornění osmózy a difuze v buněčném prostředí. Cílem této studie bylo zjistit: “ *zda učebnicové schéma osmózy ztvárněné v imerzivním 3D prostředí bylo smysluplnou výukovou metodou a shromáždit důkazy o užitečnosti tohoto výukového programu*” (Reinke et al., 2021, s. 1). Pochopení toho, jak se molekuly pohybují přes buněčnou membránu, je klíčovým konceptem v biologii. Znalost difuze a osmózy je nutná k pochopení dalších dějů v živých organismech. Mnoho studií upozornilo na miskoncepce v této oblasti. “*Navzdory mnohaletému výzkumu toho, proč se u žáků vyvinula tato nedorozumění a snaze je vyvrátit, tato nedorozumění přetrvávají*” (Reinke et al., 2021, s. 1).

Studie se zúčastnili studenti prvního ročníku bakalářského studia buněčné biologie v počtu přibližně 1200 účastníků (Reinke et al., 2021). K původní 2 hodinové přednášce a dvouhodinovému cvičení byla přidána imerzivní 3D simulace. Ta byla promítnuta na sestavě 84 monitorů s plochou obrazovkou, které byly uspořádány do kruhu. “*Simulace zahrnovala 3D model živočišné buňky a detailní pohled na buněčnou membránu*” (Reinke et al., 2021, s. 3). Porozumění probíranému tématu studenty bylo hodnoceno pomocí testu Osmosis and Diffusion Conceptual Assessment (ODCA). Téměř všichni studenti označili zkušenost s 3D modelem za pozitivní a zajímavou. Více jak 95% studentů souhlasilo s tím, že takto koncipovaná výuka jim pomohla v porozumění sledovaných procesů (Reinke et al., 2021).

Vizualizace tedy byla vnímána studenty jako pozitivní. Tato studie ukázala, že imerzivní vizualizace vedla k malému zlepšení výkonnosti studentů při závěrečné zkoušce (Reinke et al., 2021). Autoři studie pak doporučují uskutečnit další studie, které by zkoumaly, jak dalece shlédnutí vizualizací pomáhá učení v tomto tématu buněčné biologie (Reinke et al., 2021).

Článek s názvem **Electronic teaching resources for university cell biology supports improved student learning outcomes** (Elektronické výukové zdroje pro univerzitní buněčnou biologii podporují lepší studijní výsledky studentů) zpracoval Gobert (2021). Text se zabývá se univerzitním stupněm vzdělávání. Ke zpracování a sběru dat využívá kombinovaného výzkumný přístup. Pracoviště autora je lokalizováno do Velké Británie.

Článek informuje o výzkumu, který proběhl na vzorku studentů univerzitního studia buněčné biologie. Z celkem 134 studentů si e-učebnici zaplatilo 44 z nich. (Gobert, 2021). V článku se dále uvádí, že míra využívání e-učebnic je zejména dána vyššími náklady, které jejich využití přináší. Jako pozitivní byla studenty hodnocena e-učebnice z hlediska možnosti přístupu ke grafice, videím a otázkám na procvičení. *“Celkově byl zaznamenán nárůst studijních výsledků u studentů, kteří e-učebnici používali, asi o 10%”* (Gobert, 2021, s. 1).

4.5.5 Alternativní klasifikační systémy

Text s názvem **The Effect of Specifications Grading on Students' Learning and Attitudes in an Undergraduate-Level Cell Biology Course** (Vliv specifikační klasifikace na učení a postoje studentů v kurzu buněčné biologie na bakalářské úrovni) vznikl spoluprací autorů (Katzman et al., 2021). Zabývá se univerzitním stupněm vzdělávání. K jeho zpracování byl využit kombinovaný přístup ke sběru a analýze dat. Pracoviště autorů je lokalizováno v USA.

Text se zabývá vlivem klasifikačního systému na motivaci a učení studentů. *“Specifikační klasifikace je alternativní klasifikační systém, v němž je zvládnutí konkrétních vzdělávacích výstupů základem pro výslednou známku, kterou student získá”* (Katzman et al., 2021, s. 1). Podle výsledků této studie, je tento přístup ve srovnání s tradičními, více motivující.

“Bylo vytvořeno 20 individuálních výsledků učení (LO). Výsledná známka v tomto kurzu pak byla součtem počtu LO, které student zvládl. Pokud student nebyl schopen zvládnout jednotlivá LO na první pokus, plnil náhradní cíl, jenž byl spojený s informacemi, které se daného LO týkaly, celkem byly k dispozici 3 pokusy. Závěrečná známka se tedy skládala z hodnocení menších bloků látky a potom z celkové závěrečné zkoušky” (Katzman et al., 2021, s. 1).

V článku je podrobně uvedeno, jak bylo v přednášce na téma buněčná biologie zavedeno třídění podle specifikací; jaké byly rozdíly v celkovém rozložení známek mezi jednotlivými systémy třídění a je zmíněna skutečnost, že byly zaznamenány pozitivnější postoje k sekcím, které využívaly třídění podle specifikací, než tradiční třídění (Katzman et al., 2021).

Z výsledků popisovaných v článku jasně vyplývá, že specifikační klasifikace má pozitivní vliv na dovednosti studentů v oblasti řízení času, poskytuje jim včasnou formativní vazbu a podporuje zvýšení kapacity jejich pracovní paměti, čímž se zvyšuje schopnost uchování látky (Katzman et al., 2021).

Porovnání výsledků zkoušky dvou skupin studentů přináší jasné výsledky. Skupina, kde bylo zavedeno specifické hodnocení při složení zkoušky, častěji dosahovala výsledků A, menší podíl byl známek B, C než tomu bylo u skupiny hodnocené pomocí tradičního známkování. I u skupiny, která neprospěla, hodnocení D, F nebo W, byl větší podíl studentů s hodnocením W, tj. odstoupil, nebo D, než s hodnocením F. Studenti, kteří byli hodnoceni pomocí specifické klasifikace, vyjadřovali v dotazníku i slovně větší spokojenost a zaujetí pro obor (Katzman et al., 2021).

Článek s názvem **Using anticipated learning outcomes for backward design of a molecular cell biology Course-based Undergraduate Research Experience** (Využití očekávaných výsledků učení pro zpětný návrh kurzu molekulární buněčné biologie pro vysokoškolské studenty) zpracovali autoři Hills et al.,(2020) a zabývá se univerzitním stupněm vzdělávání s využitím kombinovaného výzkumného přístupu. Pracoviště autorů je lokalizováno v Kanadě.

V textu článku je představen příklad tzv. zpětného designu pro vývoj CURE, tj. programu zaměřeného na pregraduální výzkumnou praxi. *“Výsledky učení (LO) byly použity k naplánování strategie formativního a sumativního hodnocení na podporu a hodnocení výsledků studentů” (Hills et al., 2020, s. 1).*

Výsledky učení (LO) jsou zde využity jako výchozí bod pro strukturu celého kurzu. Kurz byl určen pro studenty posledního ročníku studia a byl zaměřený na výzkumnou praxi. V textu je v tabulce uveden přehled o souhrnu hodnocení celého kurzu a to jak u hodnocení formativního, tak sumativního. V následující tabulce je pak uveden souhrn výzkumných

modulů.(Hills et al., 2020). *“Při navrhování našeho kurzu jsme se snažili vytvořit zkušenost, která by studenty vtáhla do autentické vědecké praxe a poskytla jim možnost k iteraci”* (Hills et al., 2020, s. 1).

Upřednostňování LO při navrhování kurzu CURE zajišťuje, že se kurz bude zaměřovat na studenty a že v jeho průběhu bude kladen důraz na konkrétní měřitelné cíle výuky” (Hills et al., 2020, s. 8).

4.5.6 Distanční výuka

Článek s názvem **Shaking up biology - our experiences teaching cell biology and biochemistry to a first year undergraduate class through the Canterbury (New Zealand) earthquakes** (Otřesy v biologii - naše zkušenosti s výukou buněčné biologie a biochemie v prvním ročníku bakalářského studia při zemětřesení v Canterbury (Nový Zéland)) vznikl ve spolupráci autorů Collings et al., (2018). Text se zabývá univerzitním stupněm vzdělávání s využitím kombinovaného výzkumného přístupu. Pracoviště autorů je lokalizováno na Novém Zélandu.

Text je věnován situaci na University of Cantenbury v Christchurch na Novém Zélandě po sérii zemětřesení, které proběhly v letech 2010 a 2011. V článku se konstatuje, že university se připravovaly na možné mimořádné situace, ale zatím pouze simulačně. Tato nová situace však byla reálná. Po třech ve vlnách jdoucích silných zemětřeseních, byl chod univerzity částečně zastaven a pak obnoven v provizorních podmínkách. Bylo nutné krátit délky semestrů i modifikovat systém hodnocení, zavést vyučování pomocí online metod.

Studenti si mohli požádat o tzv. aegrotat. Aby mohli být studenti hodnoceni závěrečnou známkou, i když část zkoušky nesložily, *“byla navržena rovnice”* (Collings et al., 2018, s. 6), která brala v úvahu známky získané během kurzu a předpověděla tak známku ze závěrečné zkoušky, kterou studenti z důvodu újmy při zemětřesení nesložili. Autoři studie konstatují, že studenti s aegrotatem byli mírně zvýhodněni před studenty, kteří závěrečnou zkoušku složili (Collings et al., 2018).

Panovaly i obavy z toho, že tento kurz biologie, který byl základem pro další studium. Bylyobavy, že studentům by pak mohly znalosti ve vyšších ročnících chybět. *“Údaje nicméně naznačují, že výuka v kurzu byla dostatečná pro přípravu studentů na druhý*

ročník a rozptylují obavu týkající se politiky v oblasti aegrotatů a jejich velkorysému poskytnutí” (Collings et al., 2018, s. 13).

Text s názvem **Pandemic Teaching: Creating and teaching cell biology labs online during COVID-19** (Pandemická výuka: Tvorba a výuka buněčné biologie v online laboratořích během COVID-19) autorů Delgado et al., (2020) se zabývá univerzitním stupněm vzdělávání. Byl zpracován s využitím kvalitativního přístupu ke sběru a analýze dat. Pracoviště autorů je lokalizováno v USA.

Text článku popisuje výuku studentů, která za normální situace probíhá formou přednášek a laboratorních cvičení, v covidovém roce 2020. *“Vysokoškolské instituce byly nuceny přesunout své kurzy na internet, aby minimalizovaly přenos infekce vyvolané virem COVID 19. Rychle se vytvořil termín “pandemická pedagogika” (Delgado et al., 2020, s. 1).*

Článek popisuje laboratorní cvičení, která byla zaměřena na techniky molekulární a buněčné biologie. Struktura a uspořádání buněk jsou v kurzu zkoumány pomocí světelné, fluorescenční a elektronové mikroskopie. Učitelé se proto snažili vymyslet kreativní výuku, která by seznámila studenty s touto problematikou mimo laboratoř. Byl použit grafický nástroj Canvas, platforma Zoom. Dále byly využity nástroje JoVE a YouTube (Delgado et al., 2020). *“Výukové materiály zahrnovaly virtuální simulace laboratorních činností, videa, reálné datové soubory a další virtuální materiály. Pomocí těchto virtuálních nástrojů učitel vyučoval studenty laboratorní teorii, vědeckou metodologie a analýzu dat, dovednosti kritického myšlení při řešení vědeckých problémů” (Delgado et al., 2020, s. 3).*

I když je jasné, že práci v laboratoři zcela nejde nahradit online, existují možnosti, jak ji studentům přiblížit. *“Klasická laboratorní cvičení kladla důraz na zvládnutí vědecké metodologie a přesné experimentální techniky. Virtuální hodiny kladly důraz na osvojení si dovedností v oblasti analýzy dat a kritického myšlení” (Delgado et al., 2020, s. 5).*

4.5.7. Pojmové mapy

Následující článek s názvem **Effects of Strategy Training and Elaboration vs. Retrieval Settings on Learning of Cell Biology Using Concept Mapping** (Účinnost tréninku strategií a elaborace vs učení se buněčné biologii pomocí konceptuálního mapování) vznikl ve spolupráci autorů Becker et al., (2021b). Text se zabývá univerzitním stupněm

vzdělávání a využívá kombinovaný výzkumný přístup. Pracoviště autorů je lokalizováno do Německa.

“Pojmové mapy (CM) mohou být účinnou metodou, která usnadňuje učení se abstraktním vědeckým pojmům na základě porozumění” (Becker et al., 2021b, s. 1). “Studie si dala za cíl odpovědět na otázku, jak efektivní je CM, pokud studenti nemají při sestavování pojmových map k dispozici textový učební materiál na rozdíl od situace, kdy materiál k dispozici mají” (Becker et al., 2021b, s. 1). Dále byla hledána odpověď na otázku, zda budou s CM lépe pracovat studenti, kterým se dostane rozsáhlého školení v této metodě, nebo nácvik byl pouze velice stručný (Becker et al., 2021b). “CM může také sloužit jako metakognitivní nástroj, protože všímání si vlastního porozumění nebo neporozumění je obzvláště důležité pro rozvoj metakognitivních dovedností, což bylo označeno jako jeden z hlavních argumentů ve prospěch výuky CM” (Becker et al., 2021b, s. 3).

Do studie bylo, jak uvádí Becker et al., (2021b), zapojeno 93 vysokoškolských studentů, kteří byli rozděleni do 4 skupin. Účastníci absolvovali buď podrobné školení o metodě CM, nebo o ní získali pouze stručnou informaci. Dále byli požádáni, aby CM aplikovali při vyhledávání nebo v procesu elaborace, tj. začlenění nových znalostí do struktur předchozích znalostí. Cílem bylo zhodnotit kvalitu zpracovaných pojmových map a určit potenciální skupinové rozdíly. Celkově výsledky studie ukazují významně pozitivní vliv podrobného školení o metodě CM. Dále bylo konstatováno, že úspěšnost učení související s CM je stejná, pokud jsou využity při vyhledávání nebo v procesu elaborace (Becker et al., 2021b).

Následující text s názvem **Comprehension-Oriented Learning of Cell Biology: Do Different Training Conditions Affect Students' Learning Success Differentially?** (Výuka buněčné biologie zaměřená na porozumění: Mají různé podmínky výuky rozdílný vliv na úspěšnost studentů při učení?) byl napsán ve spolupráci autorů Becker et al., (2021a). Zabývá se univerzitním stupněm vzdělávání a byl zpracován s využitím kombinovaného výzkumného přístupu. Pracoviště autorů je lokalizováno v Německu.

Tato studie je personálně i tematicky provázána s předchozím článkem (Becker et al., 2021). Věnuje se opět tvorbě konceptových map (CM). *“Vědci se obecně shodují na tom, že studenti potřebují pro učení úspěšně používat CM, klíčové parametry efektivního učení CM, např. obsah, struktura a doba, zůstávají sporné” (Becker et al., 2021a, s. 1).* A právě

tomuto tématu se věnuje tato studie. V textu “*jsou hodnoceny 3 různé přístupy k nácviku této výukové strategie.*”

1. *CM s podporou a zpětnou vazbou,*
2. *Pouze nácvik CM bez dalších prvků,*
3. *kontrolní trénink bez CM” (Becker et al., 2021a, s. 1).*

Výsledky pak byly podrobeny statistické analýze a naznačují, že k podpoře CM kompetencí i osvojování nových znalostí je nejvhodnější rozsáhlé školení CM s podporou a zpětnou vazbou. CM je tedy efektivní učební strategie k vizualizaci komplexních vztahů tím, že propojí a uspořádají důležité pojmy mezi sebou a pravděpodobně i s těmi z předchozích znalostí (Becker et al., 2021a). “*Pro pedagogy pak představuje CM výukový formát pro shrnutí podstatného obsahu a diagnostický nástroj pro hodnocení znalostí studentů v dané oblasti” (Becker et al., 2021a, s. 22). Pojmové mapy (CM) by však měly být používány pro zhodnocení výkonu studentů pouze tehdy, když studenti prošli před jejich využíváním důkladným tréninkem (Becker et al., 2021a, s. 22).*”

4.5.8 Badatelsky zaměřená výuka

Článek s názvem **Using the scratch assay to study cell migration in an inquiry-based cell biology lab** (Využití scratch testu ke studiu buněčné migrace v laboratoři buněčné biologie založené na výzkumu) vznikl ve spolupráci autorů Asmus et al., (2018). Je zaměřen na univerzitní stupeň vzdělávání a pro jeho zpracování byl využit kombinovaný výzkumný přístup. Pracoviště autorů je lokalizováno v USA.

Studie hodnotí zapojení badatelsky orientovaného učení (IBL) v laboratorních kurzech pro studenty 3. a 4. ročníku molekulární biologie. Autoři studie konstatují, že “*IBL je účinnou výukovou strategií, která podporuje kreativitu studentů a umožňuje jim vytvářet hypotézy, navrhovat experimenty a analyzovat vlastní data.*” (Asmus et al., 2018, s. 1).

Studenti své naměřené výsledky zpracovali v tabulce v programu Excel a ve skupině vypracovali výzkumnou práci. Na závěr vyplnili dotazník, kde hodnotili pomocí tzv. klouzavé škály svojí schopnost pracovat s literaturou, s daty, která naměřili, psát výzkumnou práci a vyhodnotit předem stanovenou hypotézu. Ohlasy studentů byly převážně pozitivní (Asmus et al., 2018).

Následující text s názvem **Comparing programmed cell death in cultured primary and tumor cells in inquiry-based cell biology laboratory exercises** (Srovnání programované buněčné smrti u kultivovaných primárních a nádorových buněk v laboratorních cvičeních z buněčné biologie) zpracovali autoři Asmus et al., (2019). Článek se zabývá univerzitním stupněm vzdělávání. Vypracován byl s užitím kombinovaného výzkumného přístupu. Pracoviště autorů textu je lokalizováno v USA.

Text studie popisuje laboratorní cvičení s přístupem badatelsky orientovaného učení (IBL) a to na příkladu apoptózy (Asmus et al., 2019). Toto laboratorní cvičení bylo vytvořeno pro pokročilé studenty vysokoškolského studia.

Metoda IBL *“je pedagogická metoda, která umožňuje studentům formulovat hypotézy a navrhnout experimenty týkající se nedávno naučené látky. Na rozdíl od výuky nesouvislých postupů v laboratořích typu “kuchařka” podporuje tento přístup kritické myšlení, kreativitu a aktivní zapojení do vědecké metody prostřednictvím experimentálních postupů”* (Asmus et al, 2019, s. 1).

4.5.9 Hraní rolí

Text s názvem **Ready, Cell, Go! Guided Movement Exercises in an Introductory Cell Biology Course** (Připravit, buňka, start! Řízená pohybová cvičení v úvodním kurzu buněčné biologie) vytvořili autoři Harris et al., (2019). Text se zabývá univerzitním stupněm vzdělávání a využít je kvalitativní výzkumný přístup. Pracoviště autorů je lokalizováno do USA.

Jak uvádí v textu autoři Harris et al., (2019), pohybová metoda Ready, Cell, Go! představuje novou aplikaci pohybového cvičení do výuky témat z buněčné biologie. Ta je určena pro studenty úvodního semináře k názornému vysvětlení takových konceptů, jako je odvození základních principů molekulárního tvaru, stability a funkce, simulaci buněčných interakcí a kaskády přenosu signálů. Studie poskytuje pouze obecné závěry, 44 studentů popsalo své dojmy v písemné reflexi (Harris et al., 2019).

Následující článek s názvem **Student-Produced Video of Role-Plays on Topics in Cell Biology and Biochemistry: A Novel Undergraduate Group Work Exercise** (Studentské video s hraním rolí na témata z buněčné biologie a biochemie: Nové skupinové cvičení pro vysokoškoláky) zpracoval Young (2020). Text se zabývá univerzitním stupněm vzdělávání

a byl zpracován s využitím kombinovaného přístupu k výzkumu. Pracoviště autora je lokalizováno do Irska.

Kolaborativní učení je formou aktivního učení. Skupinové hraní rolí není ve výuce buněčné biologie na úrovni bakalářského studia příliš využíváno. Tato studie přináší informace o metodě, kdy jsou studenti obsazeni do rolí klíčových proteinů zapojených do určitých procesů v buňce. Hraní probíhá ve skupině 7 až 8 studentů. Ti dostanou zadání a sami vytvoří a zahrají scénku na dané téma. Tu pak znamenají ve formě videa a promítnou před celým kurzem. Hodnocení výkonu studentů je přenecháno ostatním studentům kurzu a je zahrnuto do celkové známky za kurz. (Young, 2020).

Autor studie konstatuje, že *“hraní rolí může 1) dát studentům pocit “vlastnictví” jejich vzdělávání, 2) dát studentům možnost vyzkoušet si témata fyzickým způsobem, který může být vhodnější pro jejich osobní styl učení a 3) podpořit analogie, které studentům pomáhají konceptualizovat a zvyšují úroveň učení”* (Young, 2020, s. 2).

4. 5. 10 Buněčná biologie v praxi

Článek s názvem Tailored Teaching for Specialized (Para-)medical Students-Experience From Incorporating a Relevant Genetic Disease Throughout a Course of Molecular Cell Biology (Výuka šitá na míru studentům specializované (para)medicíny - zkušenosti se začleněním relevantního genetického onemocnění do kurzu molekulární buněčné biologie) autorů Schoenmacher et al., (2020). Text se zabývá univerzitním stupněm vzdělávání. K jeho zpracování byl využit kvalitativní výzkumný přístup. Pracoviště autorů je lokalizováno do Holandska.

Tato studie se zabývá povinným kurzem molekulární a buněčné biologie pro studenty magisterského studia pro paramediky. Přednáška z této oblasti pro ně často byla, podle jejich názoru, sice zajímavá, ale nevhodná do programu. Jsou školeni zejména v oblasti biofyziky, biomechaniky, v neurovědách a fyzioterapii (Schoenmaker et al., 2020).

Shodou okolností se přednášející tohoto kurzu zapojili do výzkumu onemocnění fybrosyplasia occificans progressiva (FOP) a napadlo je propojit tento kurz buněčné biologie s tímto onemocněním. Tím došlo k propojení aspektu molekulární buněčné biologie s onemocněním, které je relevantní pro tyto studenty. Jedná se o nemoc, která je geneticky podmíněná, velice vzácná a postihuje pohybový aparát. Navíc studenti měli

současně možnost přispět ke špičkovému výzkumu. Podle vyjádření studentů “*nudný předmět se stal mnohem více orientovaný prakticky*” (Schoenmaker et al., 2020, s. 4).

5. Závěr

Buněčná biologie je rozsáhlý, klíčový a neustále se rozvíjející multidisciplinární vědní obor, který se zaměřuje na studium buněk jako základních stavebních a funkčních jednotek všech organismů. Výuka buněčné biologie je proto obsažena v kurikulu sekundárního stupně vzdělávání.

Z RVP pro základní vzdělávání (MŠMT, 2021) vyplývá, že buňce jako takové, buněčné struktury, funkcím jednotlivých organel, metabolismu buněk, dělení buněk a dalším možným tématům přímo souvisejícím s buněčnou biologii a genetikou není, v jeho současném pojetí, věnována velká pozornost. V RVP pro gymnázia (MŠMT, 2021) a v RVP pro SOV-Lyceum (MŠMT, 2020) i v RVP pro SOV - zdravotní obory, je těmto tématům věnován již větší prostor. Stručnost, s jakou jsou rámcové vzdělávací programy koncipovány, dává volnost jednotlivým vyučujícím zohlednit svůj přístup k jednotlivým tématům a přizpůsobit ho potřebám studentů i zaměření dané školy. Této skutečnosti ale může být využito i k výrazné redukci obsahu učiva.

Zkoumány byly články, které se zabývají výukou buněčné biologie v různých zemích světa. Texty z ČR na Web of Science (WoS) v období 2018 až 2022, resp. leden 2023 vydány nebyly. Celkem bylo získáno 53 článků, 28 jich bylo z posuzování vyřazeno. Hlavním důvodem pro jejich vyřazení, celkem 26 případů, byla skutečnost, že se jednalo o odborné texty. 25 článků, tj. 47 % z původně získaných, bylo zařazeno do dalšího posuzování. Nejvíce článků, ze sledovaných let, bylo vydáno v roce 2021 a to 7, tj. 28 % z celkového počtu. Následuje rok 2020 a 2022 shodně se 6 texty. Ukazuje se, že trend ve výzkumu je na tomto poli poměrně konstantní, a ačkoli se jedná o velmi specifické téma, je mu věnována průběžná pozornost. Lze konstatovat, že autoři článků zaměřují svou pozornost na aktivizující a progresivní výukové metody i abstraktní a obtížněji pochopitelné koncepty ve výuce tohoto tématu.

Dalším cílem bylo stanovit, jakému stupni vzdělávání se články, týkající se výuky buněčné biologie, zveřejněné na webu WoS, věnují. Jistým překvapením byla skutečnost, že se 100 % článků věnuje univerzitnímu typu vzdělávání. Pouze okrajově se o středoškolském stupni vzdělávání zmiňuje 1 z textů. Jedná se o článek autorů Schiller et al., (2022). Zde je přímo uvedeno, že zjednodušené postupy jsou aplikovatelné v sekundárním stupni vzdělávání.

Tento stav je třeba považovat za nedostatečný. Je potřeba věnovat pozornost i nižším stupňům vzdělávání, zejména sekundárnímu. V květnu 2023 byla například zveřejněna diplomová práce (Dočekalová, 2023), která se zaměřuje na žákovské porozumění buněčné biologii a prekoncepte žáků 2. stupně základních škol a odpovídajících ročníků víceletých gymnázií. Je proto nutné zaměřit se i na další webové portály a zdroje, kde jsou zveřejňovány odborné texty s touto tematikou.

Z geografické lokalizace pracovišť autorů jednotlivých článků vyplývá, že nejpočetněji byli zastoupeni autoři z pracovišť na území USA, zpracovali celkem 9 článků, tj. v 36 % z celkového počtu zařazených článků. Tato skutečnost je pravděpodobně dána zejména velikostí tohoto státu, ale i vysokou úrovní vědy a výzkumu v USA. Ve výběru článků nebyl žádný text, který by vznikl na odborném pracovišti na území ČR.

Nejčastěji voleným přístupem ke sběru a analýze dat bylo využití kombinovaného výzkumného přístupu. Autoři článků jej volili v 72 % případů. Ve zbývajícím počtu případů pak byl zvolen přístup kvalitativní. Žádný z hodnocených článků tedy nebyl zpracován pouze s využitím kvantitativního výzkumného přístupu. Tato skutečnost je dána zaměřením posuzovaných textů.

Pro identifikaci řešených témat byla využita metoda otevřeného kódování. Byly hledány průniky jednotlivých řešených témat tak, aby bylo možné články rozdělit do ucelených skupin. Celkem jich bylo zvoleno 10.

K tématu "výukové metody" bylo přiřazeno celkem 5 článků, tj. 20 % z jejich celkového počtu. Jedná se o texty, které se zabývají aktivizujícími a progresivními metodami výuky. Ouchaouka, (2021) se věnuje tématům jako je reverzibilní pedagogika, didaktické hry a digitalizace vzdělávání. Kiselyov a Schunn (2022) se věnují tématu integrace konceptů v tzv. dějových liniích. Další z článků zapojuje do výuky buněčné biologie hru Kahoot! a to zejména k opakování probraných témat. Článek autorů Washburn et al., (2023) popisuje nový výukový systém, který zapojuje anotované odborné texty do výuky. Autoři Giojalas et al., (2020) obohacují frontální výuku aktivními formami výuky, jako je kooperativní učení.

Téma miskonceptů bylo identifikováno ve 3 člancích. Článek autorů Fuchs et al., (2021) konstatuje, že mylné koncepte si studenti přinášejí již ze středních škol. Součástí textu je i tzv. banka zdrojů, která přináší identifikované miskoncepte ve středoškolské buněčné

biologii. Suwono et al., (2019) ve svém článku analyzuje miskoncepce v oblasti buněčné biologie u studentů učitelského oboru zaměřeného na výuku biologie. Podobný obsah má i text autorů Assimi et al., (2022).

Další skupinou článků jsou texty, které se zabývají laboratorními metodami a postupy. Tento obsah se objevuje celkem ve třech případech. Studie autorů Götz et al.,(2020) vyvinul postup, jak lze drahou a proto ne vždy přístupnou expanzní mikroskopii nahradit dobře přístupnou mikroskopií fluorescenční. Tento text by bylo možno hodnotit i jako text odborný. Vzhledem ke skutečnosti, že metoda v něm popsána umožní zlepšení výuky i u studentů, byl tento článek do textů věnujících se didaktice zařazen.

Text autorů Phelan, Szabo (2019) se zabývá sérií laboratorních prací pro vysokoškoláky Text autorů Schiller et al., (2022) obsahuje návod, jak provést laboratorní práce s dvěma odlišnými druhy bakterií s cílem otestovat, jak jsou odolné vůči různým typům antibiotik. V textu článku je výslovně uvedena i zjednodušená varianty vhodná pro sekundární stupeň vzdělávání.

V následující skupině článků jsou texty zaměřené na vizualizaci konceptů uplatňovaných v buněčné biologii. Tento obsah byl identifikován u 3 článků. Garden (2022) ve svém textu popisuje využití stavebnice Lego v upevnění probraných témat z buněčné biologie před závěrečnou zkouškou. Další z článků, (Reinke et al., 2021), se věnoval vizualizaci pochodů v buňkách. Pomocí 3D projekce byly ztvárněny koncepty osmózy a difuze. V závěru svého článku autoři doporučují uskutečnit další studie, které by zkoumaly, jak dalece shlédnutí vizualizací pomáhá učení (Reinke et al., 2021). Poslední ze tří článků se zabývá porovnáním efektivity učení při využití tištěných učebnic v porovnání s učebnicemi elektronickými, které obsahují vizualizace (Gobert, 2021).

Další skupinou článků byly ty, které se věnují alternativním klasifikačním systémům. Touto problematikou se zabývaly 2 ze zařazených článků. První z článků se zabývá vlivem klasifikačního systému na motivaci a učení studentů. (*Katzman et al., 2021, s. 1*). Podle výsledků této studie je tento přístup, ve srovnání s tradičními, více motivující. V textu článku (Hills et al., 2020) je sledováno formativní a sumativní hodnocení výsledků studentů.

Následující skupina článků byla věnována tématu distanční výuky a zahrnuje celkem 2 texty. První z textů autorů Collings et al., (2018) popisuje situaci na Novém Zélandu, v

Christchurch, v letech 2010 až 2011, kdy zde proběhla série silných zemětřesení. Článek je zajímavý zejména z toho hlediska, že byl zveřejněn v roce 2018, tj. ještě před pandemií COVID -19. Metody a přístupy v něm uváděné se neliší od výuky, která probíhala od roku 2020.

Text autorů Delgado et al., (2020) popisuje výuku studentů, která za normální situace probíhá formou přednášek a laboratorních cvičení, v covidovém roce 2020. Zmiňuje skutečnost, že se rychle vytvořil termín tzv. pandemická pedagogika. Článek popisuje realizaci virtuálních laboratorních cvičení, kdy byl použit nástroj Canvas, platforma Zoom. Dále byly využity nástroje JoVE a YouTube (Delgado et al., 2020). Vzhledem ke svému zaměření, mohl být tento článek zařazen i do textů týkajících se laboratorních metod a postupů.

Texty s tématem didaktiky buněčné biologie se zaměřily i na tzv. pojmové mapy (CM). Celkem byly identifikovány 2 články. Autoři Becker et al., (2021b) se ve svém zaměřili na zjištění, jak účinná může tato metoda být, pokud se studenti učí abstraktním vědeckým pojmům. Následující text byl opět zpracován ve spolupráci autorů Becker et al., (2021a) a věnuje se opět problematice pojmových map. Výsledky naznačují, že k podpoře CM kompetencí i osvojování nových znalostí je nejvhodnější rozsáhlé školení CM s podporou a zpětnou vazbou. CM je tedy efektivní učební strategie k vizualizaci komplexních vztahů tím, že propojí a uspořádají důležité pojmy mezi sebou a pravděpodobně i s těmi z předchozích znalostí.

Další 2 z článků byly zaměřeny na tzv. badatelsky orientovanou výuku. První z textů vznikl ve spolupráci autorů Asmus et al., (2018) a hodnotí zapojení badatelsky orientovaného učení (IBL) v laboratorních kurzech pro studenty. I tento text by mohl být zařazen i do skupiny textů, které se věnovaly laboratorním metodám a postupům. Druhý z textů je personálně i obsahově propojen s předchozím textem (Asmus et al., 2019). Studie popisuje laboratorní cvičení s přístupem badatelsky orientovaného učení (IBL). Článek tuto metodu vyhodnocuje jako přístup, který podporuje kritické myšlení a kreativitu.

Další 2 články byly zařazené do tématické skupiny "hraní rolí". První z článků zpracovali autoři Harris et al., (2019) a ti v něm představují novou aplikaci pohybového cvičení zařazenou do výuky témat z buněčné biologie jako je odvození základních principů molekulárního tvaru, stability a funkce, simulaci buněčných interakcí a kaskády přenosu

signálů. Studenti vytvářeli společnou pohybovou kreaci na dané téma. Studie však poskytuje pouze obecné závěry. Zúčastnění studenti popsali své dojmy v písemné reflexi (Harris et al., 2019). I další z článků je věnován pohybové aktivitě. Jak uvádí Young (2020) skupinové hraní rolí není ve výuce buněčné biologie na úrovni bakalářského studia příliš využíváno. Tato studie přináší informace o metodě, kdy jsou studenti obsazeni do rolí klíčových proteinů zapojených do určitých procesů v buňce. Hraní probíhají ve skupině 7 až 8 studentů. Ti dostanou zadání a sami vytvoří a zahrají scénku na dané téma. Tu pak znamenají ve formě videa a promítnou před celým kurzem. Hodnocení výkonu studentů je přenecháno ostatním studentům kurzu a je zahrnuto do celkové známky za kurz. (Young, 2020).

Posledním hodnoceným článkem je text s tématem, které bylo identifikováno jako buněčná biologie v praxi. Tento článek se zabývá povinným kurzem molekulární a buněčné biologie pro studenty magisterského studia pro paramediky a její výuka byla pro budoucí záchranáře příliš akademická (Schoenmacher et al., 2020). Autory článku proto napadlo propojit výuku buněčné biologie s konkrétním onemocněním známým jako fybrodysplasia occificans progressiva (FOP). Tím došlo k propojení aspektu molekulární buněčné biologie s onemocněním, které je relevantní pro tyto studenty. Podle vyjádření studentů *“nudný předmět se stal mnohem více orientovaným prakticky”* (Schoenmaker et al., 2020, s. 4).

Výukové metody obsažené v zařazených a následně posuzovaných textech nejsou ve výuce v ČR ničím novým. Výjimkou jsou témata z oblasti laboratorních metod a postupů, která jsou zaměřena, vzhledem ke své náročnosti, spíše na terciální vzdělávání. O výše uvedených metodách a přístupech se zmiňují například publikace autorů jako je Siegllová (2019) nebo Čapek (2015). Analýza textů však naznačuje, jakým směrem by se měla ubírat výuka tohoto tématu v sekundárním stupni vzdělávání v ČR.

K podrobnější analýze a ke zpracování konkrétních výstupů by bylo vhodné tuto práci rozšířit o další portfolio článků, které je možné vyhledat v dalších dostupných databázích textů, které se touto problematikou zabývají. Vyhledané články ze zahraničí, které se věnují problematice buněčné biologie a její výuky ve světě pak porovnat se stavem v ČR.

Seznam použitých informačních zdrojů

Alberts, B., Bray, D., Johnson, A., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K., Walter, P., (2002). *Essential Cell Biology*. Garland Science. Překlad Kotyk, A., Bouzek, B., Hozák, P., (2006). *Základy buněčné biologie. Úvod do molekulární biologie a buňky*. ESPERO.

Assimi, E., Janati Idrissi, R., Zerhane, R., & Boubih, S. (2022). The use of a three-tier diagnostic test to investigate conceptions related to cell biology concepts among pre-service teachers of life and earth sciences. *Journal of Biological Education*, 1–28. <https://doi.org/10.1080/00219266.2022.2134175> k dispozici na: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00219266.2022.2134175?needAccess=true>

Asmus, S. E., Batey, K. G., Gale-Butto, S. N., & Schmitt, B. L. (2018). Using the scratch assay to study cell migration in an inquiry-based cell biology lab. *Journal of Biological Education*, 53(2), 157–164. <https://doi.org/10.1080/00219266.2018.1447004> k dispozici na: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00219266.2018.1447004?journalCode=rjbe>
[20](#)

Asmus, S. E., Szalanczy, A. M., Murray, S. K., Overstreet, S. A., & Vokoun, A. R. (2019). Comparing programmed cell death in cultured primary and tumor cells in inquiry-based cell biology laboratory exercises. *Journal of Biological Education*, 54(4), 346–354. <https://doi.org/10.1080/00219266.2019.1575267> k dispozici na: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00219266.2019.1575267>

Becker, L. B., Welter, V. D. E., Aschermann, E., & Großschedl, J. (2021). Comprehension-Oriented Learning of Cell Biology: Do Different Training Conditions Affect Students' Learning Success Differentially? *Education Sciences*, 11(8), 438. <https://doi.org/10.3390/educsci11080438> k dispozici na: <https://www.mdpi.com/2227-7102/11/8/438>

Becker, L. B., Welter, V. D. E., & Großschedl, J. (2021). Effects of Strategy Training and Elaboration vs. Retrieval Settings on Learning of Cell Biology Using Concept Mapping. *Education Sciences*, 11(9), 530. <https://doi.org/10.3390/educsci11090530> k dispozici na: <https://www.mdpi.com/2227-7102/11/9/530>

Campbell, N. A., Reece, J. B., (2002). *Biology*. Pearson Education, Inc. Překlad Moravcová, H., Košut, P., Ženatová, M., Hofštetrová, K., Slavičková, R., Šubrtová, K., Žaloudíková, B., Žaloudíková, Z., Procházka, P., Matalová, E., Božková, J., Štroufová, Z., Kaláčková, L., (2006). *Biologie*. Vydavatelství a nakladatelství Computer Press, a.s.

Collings, D. A., Gerrard, J. A., & Garrill, A. (2018). Shaking up biology – our experiences teaching cell biology and biochemistry to a first year undergraduate class through the Canterbury (New Zealand) earthquakes. *Journal of Biological Education*, 53(3), 236–249. <https://doi.org/10.1080/00219266.2018.1472134> k dispozici na: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00219266.2018.1472134?journalCode=rjbe>
[20](#)

Čapek, R. (2015). *Moderní didaktika. Lexikon výukových a hodnotících metod*. Praha: Grada Publishing.

Delgado, T., Bhark, S., & Donahue, J. (2020). Pandemic Teaching : Creating and teaching cell biology labs online during COVID -19. *Biochemistry and Molecular Biology Education*. <https://doi.org/10.1002/bmb.21482> k dispozici na: <https://iubmb.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/bmb.21482>

Dočekalová, R. (2023). Žákovské porozumění buněčné biologii - Prekoncepce žáků 2. stupně základních škol a odpovídajících ročníků víceletých gymnázií o stavbě a funkci buňky. Diplomová práce. Univerzita Palackého Olomouc. dostupné na: Dočekalová, Radka. (2023). Žákovské porozumění buněčné biologii (Pupils' Understanding of Cell Biology) - Prekoncepce žáků 2. stupně základních škol a odpovídajících ročníků víceletých gymnázií o stavbě a funkci buňky (prepr.).

Fuchs, T. T., Bonney, K. M., & Arsenault, M. (2021). Leveraging Student Misconceptions to Improve Teaching of Biochemistry & Cell Biology. *The American Biology Teacher*, 83(1), 5–11. <https://doi.org/10.1525/abt.2021.83.1.5> k dispozici na: <https://online.ucpress.edu/abt/article-abstract/83/1/5/115821/Leveraging-Student-Misconceptions-to-Improve?redirectedFrom=fulltext>

Garden, C. L. P. (2022). Lego Serious Play: Building engagement with cell biology. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 50(2), 216–

228. <https://doi.org/10.1002/bmb.21608> k dispozici na:

<https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000748678000001>

Giojalas, L. C., Guidobaldi, H. A., Cragolini, A. B., Franchi, A. N., Garcia Romano, L., Bermudez, G. M. A., Danelon, V., Moreno Irusta, A., Domínguez, E. M., & Figueras López, M. J. (2020). Understanding new molecular and cell biology findings based on progressive scientific practices and interconnected activities in undergraduate students. *Biochemistry and Molecular Biology Education*. <https://doi.org/10.1002/bmb.21423>

k dispozici na: <https://iubmb.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/bmb.21423>

Gobert, G. N. (2021). Electronic teaching resources for university cell biology supports improved student learning outcomes. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 50(1), 91–98. <https://doi.org/10.1002/bmb.21595> k dispozici na:

<https://iubmb.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/bmb.21595>

Götz, R., Panzer, S., Trinks, N., Eilts, J., Wagener, J., Turrà, D., Di Pietro, A., Sauer, M., & Terpitz, U. (2020). Expansion Microscopy for Cell Biology Analysis in Fungi. *Frontiers in Microbiology*, 11. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.00574>

k dispozici na: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2020.00574/full>

Hills, M., Harcombe, K., & Bernstein, N. (2020). Using anticipated learning outcomes for backward design of a molecular cell biology Course-based Undergraduate Research Experience. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 48(4), 311–319. <https://doi.org/10.1002/bmb.21350>

k dispozici na: <https://iubmb.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/bmb.21350>

Harris, M., Fricke, W., Vossler, M., & Chatterjea, D. (2019). Ready, Cell, Go! Guided Movement Exercises in an Introductory Cell Biology Course †. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 20(3). <https://doi.org/10.1128/jmbe.v20i3.1783>

k dispozici na: <https://journals.asm.org/doi/10.1128/jmbe.v20i3.1783>

Katzman, S. D., Hurst-Kennedy, J., Barrera, A., Talley, J., Javazon, E., Diaz, M., & Anzovino, M. E. (2021). The Effect of Specifications Grading on Students' Learning and Attitudes in an Undergraduate-Level Cell Biology Course. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 22(3). <https://doi.org/10.1128/jmbe.00200-21>

k dispozici na: <https://journals.asm.org/doi/10.1128/jmbe.00200-21>

Kiselyov, K., & Schunn, C. D. (2022). Storytelling as a Tool to Enhance Conceptual Knowledge in Cell Biology. *Journal of Microbiology & Biology Education*. <https://doi.org/10.1128/jmbe.00308-21>

k dispozici na: <https://journals.asm.org/doi/10.1128/jmbe.00308-21>

Navarro - Sempere, A., García, M., García, E., Jiménez, D., Pinilla, V., López-Jaén, A. B., Martínez-Peinado, P., Pascual-García, S., Sempere, J. M., & Segovia, Y. (2022). Gamificación Educativa en el Laboratorio de Biología Celular. *International Journal of Morphology*, 40(6), 1426–1433. <https://doi.org/10.4067/s0717-95022022000601426>

k dispozici na: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-95022022000601426&lng=en&nrm=iso&tlng=en

Ouchaouka, L., Laouina, Z., Moussetad, M., Talbi, M., El Amrani, N., & ElKouali, M. (2021). The Effectiveness of a Learner-Centered Pedagogical Approach with Flipped Pedagogy and Digital Learning Environment in Higher Education Feedback on a Cell Biology Course. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 16(12), 4. <https://doi.org/10.3991/ijet.v16i12.19125>

k dispozici na: <https://online-journals.org/index.php/i-jet/article/view/19125>

Phelan, S. A., & Szabo, E. (2019). Undergraduate lab series using the K562 human leukemia cell line: Model for cell growth, death, and differentiation in an advanced cell biology course. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 47(3), 263–271. <https://doi.org/10.1002/bmb.21222>

k dispozici na: <https://iubmb.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/bmb.21222>

Rámcový vzdělávací program pro gymnázia (2021). MŠMT.

k dispozici na: <https://www.edu.cz/rvp-ramcove-vzdelavaci-programy/ramcove-vzdelavaci-programy-pro-gymnazia-rvp-g/>

Rámcový vzdělávací program středního odborného vzdělávání pro obor vzdělání

78-42-M05 Přírodovědné lyceum (2020). MŠMT.

k dispozici na: <https://www.edu.cz/rvp-ramcove-vzdelavaci-programy/ramcove-vzdelavaci-programy-stredniho-odborneho-vzdelavani-rvp-sov/obory-l-a-m/78-lycea/>

Rámcový vzdělávací program středního odborného vzdělávání pro zdravotnické obory - 53-41-M/03 Praktická sestra (MŠMT, 2018).

k dispozici na: https://archiv-nuv.npi.cz/RVP_7_vlna/RVP_5341M03_Prakticka_sestra.pdf

Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání (2021). MŠMT.

k dispozici na: <https://www.edu.cz/rvp-ramcove-vzdelavaci-programy/ramcovy-vzdelavacici-program-pro-zakladni-vzdelavani-rvp-zv/>

Reinke, N. B., Kynn, M., & Parkinson, A. L. (2021). Immersive 3D Experience of Osmosis Improves Learning Outcomes of First-Year Cell Biology Students. *CBE—Life Sciences Education*, 20(1), ar1. <https://doi.org/10.1187/cbe.19-11-0254>

k dispozici na: <https://www.lifescied.org/doi/10.1187/cbe.19-11-0254>

Schiller, H., Young, C., Schulze, S., Tripepi, M., & Pohlschroder, M. (2022). A twist to the kirby-bauer disk diffusion susceptibility test: An accessible laboratory experiment comparing haloferax volcanii and escherichia coli antibiotic susceptibility to highlight the unique cell biology of archaea. *Journal of Microbiology & Biology Education*.

<https://doi.org/10.1128/jmbe.00234-21> k dispozici na:

<https://jdc.jefferson.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1012&context=jclsfp>

Sieglová, D. (2019). Konec školní nudy. Didaktické metody pro 21. století. Praha: Grada Publishin.

Schoenmaker, T., Deng, D., & de Vries, T. J. (2020). Tailored Teaching for Specialized (Para-)medical Students - Experience From Incorporating a Relevant Genetic Disease Throughout a Course of Molecular Cell Biology. *Frontiers in Public Health*, 8. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2020.00224>

k dispozici na: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpubh.2020.00224/full>

Studijní plány - akademický rok 2022/23 1. LF UK

k dispozici na: <https://www.lfl.cuni.cz/file/97841/vseob-lek-2022-23-2.pdf> (7. 5. 2023)

Studijní plány PřF UK 2022/23.

k dispozici na: <https://www.natur.cuni.cz/fakulta/studium/studijni-plany/2022/studijni-plany-vsech-studijnich-programu> (7. 5. 2023)

Suwono, H., Prasetyo, T. I., Lestari, U., Lukiati, B., Fachrunnisa, R., Kusairi, S., Saefi, M., Fauzi, A., & Atho'illah, M. F. (2019). Cell Biology Diagnostic Test (CBD-Test) portrays

pre-service teacher misconceptions about biology cell. *Journal of Biological Education*, 1–24. <https://doi.org/10.1080/00219266.2019.1643765>

k dispozici na: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00219266.2019.1643765>

Šíma P., (2022). *Biologie pro 1. ročník gymnázií*. Eduko nakladatelství, s.r.o.

Voet, D., Voetová, J. G., (1990). *Biochemistry*. Johnson Wiley and Sons, Inc. Přeložil Kotyk, A., Bouzek, B., Burkhard, M., Dvořáková, M., Hamr, A., Hodný, Z., Novák, M., Sychrová, H., Šetlík, I., (1995). *Biochemie*. Victoria Publishing, a.s., I. vydání.

Washburn, M. E., Shanks, R. A., McCartney, M., Robertson, C. L., & Segura-Totten, M. (2023). Discussion of Annotated Research Articles Results in Increases in Scientific Literacy within a Cell Biology Course. *Journal of Microbiology & Biology Education*. <https://doi.org/10.1128/jmbe.00154-22>

k dispozici na: <https://journals.asm.org/doi/10.1128/jmbe.00154-22>

Young, P. W. (2020). Student-Produced Video of Role-Plays on Topics in Cell Biology and Biochemistry: A Novel Undergraduate Group Work Exercise. *Frontiers in Education*, 5. <https://doi.org/10.3389/educ.2020.00115>

k dispozici na: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/educ.2020.00115/full>

Zákon č. 561/2020 Sb., o předškolním, základním, středním, vyšším odborném a jiném vzdělávání (školský zákon), ve znění účinném od 1. 2. 2022. *Zákony pro lidi*.

k dispozici na: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2020-561> (3. 6. 2023)

Seznam příloh

Seznam grafů

Graf 1: Počet článků vydaných v jednotlivých letech	str. 20
Graf 2: Geografická lokalizace pracoviště autorů	str. 21
Graf 3: Počty článků podle jednotlivých výzkumných přístupů	str. 22
Graf 4: Kategorizace témat	str. 23

Seznam obrázků

Obr. 1: Postup výběru zdrojových článků	str. 16
Obr. 2: Přehled zařazených a vyřazených článků	str. 18
Obr. 3: Řešená témata článků a jejich počet	str. 19

Příloha

Přehled článků zařazených do dalšího posuzování

čl. číslo	autor	Typ vzdělávání	země	přístup	pozn.
1	Ouchaouka, 2021	univerzitní	Maroko	kombinovaný	didaktika BB - reverzibilní ped., didaktické hry, distanční výuka
2	Katzman et al., 2021	univerzitní	USA	kombinovaný	didaktika BB - alternativní klasifikační systém
3	Kiselyov, Schunn, 2022	univerzitní	USA	kvalitativní	didaktika BB - koncept dějových linií, postery
4	Navarro-Sempere et al., 2022	univerzitní	Španělsko	kvalitativní	didaktika BB - využití aplikace Kahoot!

čl. číslo	autor	Typ vzdělávání	země	přístup	pozn.
5	Harris et al., 2019	univerzitní	USA	kvalitativní	didaktika BB - pohybová aktivita
6	Fuchs et al., 2021	univerzitní	Kanada	kombinovaný	didaktika BB - využití miskoncepcí, tzv. banka zdrojů (miskoncepce ve SŠ biologii)
7	Suwono et al., 2019	univerzitní	Indonésie	kombinovaný	didaktika BB - analýza miskoncepcí v BB u budoucích učitelů
8	Washburn et al., 2023	univerzitní	USA	kombinovaný	didaktika BB - výukový systém pomocí anotovaných vědeckých článků
9	Becker et al., 2021b	univerzitní	Německo	kombinovaný	didaktika BB - využití metody tzv. myšlenkových map při výuce (navazuje na článek 12)
10	Giojalas et al., 2020	univerzitní	Argentina	kombinovaný	didaktika BB - kooperativní učení
11	Schoenmaker et al., 2020	univerzitní	Holandsko	kvalitativní	didaktika BB - orientace na praxi, výuka na konkrétním onemocnění
12	Becker et al., 2021a	univerzitní	Německo	kombinovaný	didaktika BB - využití metody tzv. myšlenkových map (navazuje na článek 9)

čl. číslo	autor	Typ vzdělávání	země	přístup	pozn.
13	Collings et al., 2018	univerzitní	Nový Zéland	kombinovaný	didaktika BB - formy a metody výuky po přírodní po přírodní katastrofě (zemětřesení 2010/2011)
14	Götz et al., 2020	univerzitní	Německo, Španělsko	kvalitativní	didaktika BB - expanzní mikroskopie (náhrada sofistikované a drahé metody mikroskopování za dostupnou)
15	Garden, 2022	univerzitní	U. K.	kombinovaný	didaktika BB - využití stavebnice Lego ve výuce
16	Reinke et al., 2021	univerzitní	Austrálie, U. K.	kombinovaný	didaktika BB - využití 3D animace pro znázornění osmózy a difuze v buňce (vizualizace)
17	Asmus et al., 2018	univerzitní	USA	kombinovaný	didaktika BB - badatelsky orientovaná laboratorní cvičení
18	Delgado T. et al., 2020	univerzitní	USA	kvalitativní	didaktika BB - návody pro distanční výuku v době pandemie COVID - 19 (nástroj Canvas, platforma Zoom)
19	Gobert, 2022	univerzitní	U. K.	kombinovaný	didaktika BB - porovnání výsledků učení se z e-učebnic a klasických učebnic

čl. číslo	autor	Typ vzdělávání	země	přístup	pozn.
20	Young, 2020	univerzitní	Irsko	kombinovaný	didaktika BB - kolaborativní učení (skupinové hraní scének, rolí)
21	Asmus et al., 2020	univerzitní	USA	kombinovaný	didaktika BB - badatelsky orientované učení (navazuje na článek 24)
22	Hills et al, 2020	univerzitní	Kanada	kombinovaný	didaktika BB - formativní a sumativní hodnocení výsledků studentů
23	Assimi et al., 2022	univerzitní	Maroko	kombinovaný	didaktika BB - zjišťování miskoncepí u budoucích učitelů biologie (3 úrovně testy)
24	Phelan, Szabo, 2019	univerzitní	USA	kombinovaný	didaktika BB - sekvence laboratorních cvičení na savčích buňkách
25	Schiller et al., 2022	střední, univerzitní	USA	kvalitativní	didaktika BB - určení vhodných organismů k výukovému experimentu na citlivost vůči antibiotikům