

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI

PEDAGOGICKÁ FAKULTA

Katedra biologie



Bakalářská práce

Radka Dočekalová

Žákovské prekoncepce o stavbě a funkci buňky

Olomouc 2021

vedoucí práce: RNDr. Martin Jáč, Ph.D.

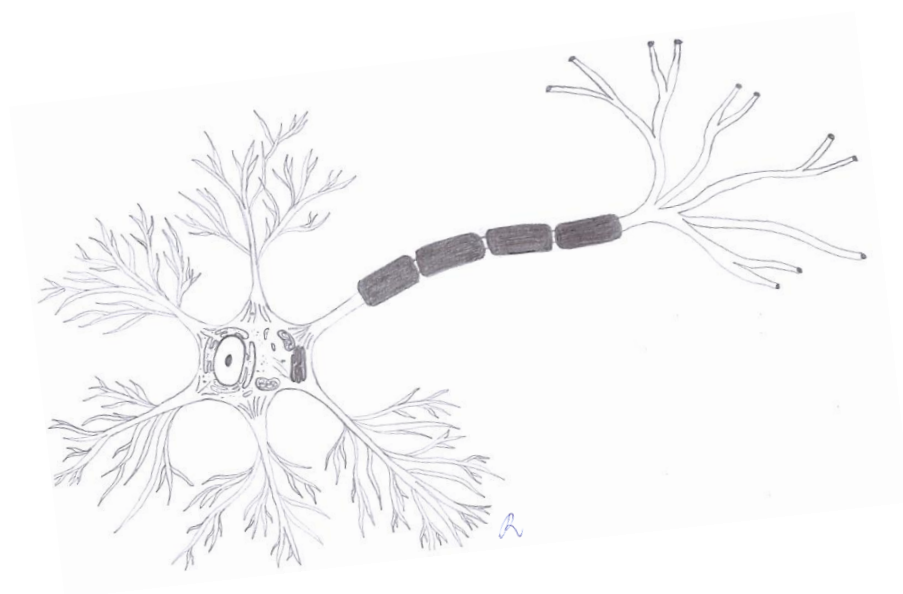
Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracovala samostatně pod vedením RNDr. Martina Jáče, Ph.D., s využitím podkladů (použitá literatura, internetové zdroje, vlastní empirická data) citovaných v práci a uvedených v příloženém seznamu literatury. Bakalářská práce byla vypracována v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o autorském právu, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) v platném znění.

Dále prohlašuji, že tištěná a elektronická verze jsou shodné.

Nemám závažný důvod proti zpřístupnění práce v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) v platném znění.

V Olomouci dne

Radka Dočekalová



Poděkování

Na tomto místě bych velmi ráda poděkovala panu RNDr. Martinu Jáčovi, Ph.D., za odborné vedení kvalifikační práce, hodnotnou profesní inspiraci a za jeho nezměrnou trpělivost, vstřícnost i ochotu, jež mi vždy projevoval. Děkuji také paní RNDr. Vandě Janštové, Ph.D., (PřF UK) za pomoc s ověřením validity výzkumného nástroje. Za laskavé poskytnutí schematických nákresů buněk a konceptových map, použitých v kapitole 3.2, vděčím Lucii H., Markétě P., Davidu H. a Honzíku B., milým žákům základní školy a gymnázia z Hodonína.

ANOTACE

Jméno a příjmení:	Radka Dočekalová
Katedra:	Katedra biologie
Vedoucí práce:	RNDr. Martin Jáč, Ph.D.
Rok obhajoby:	2021

Název práce:	Žákovské prekoncepce o stavbě a funkci buňky
Název v angličtině:	Pupils' preconceptions of the structure and function of the cell
Anotace práce:	<p>Cílem předložené bakalářské práce bylo zpracovat problematiku žákovských prekonceptí a miskonceptí v oblasti buněčné biologie včetně základních teoretických východisek v kontextu teorie konceptuální změny. V teoretické části byla zpracována literární rešerše zaměřená na žákovské prekoncepce a miskoncepce, včetně jejich geneze na základních a středních školách a diagnostických metod sloužících k jejich identifikaci. V praktické části bakalářské práce byla provedena obsahová analýza učebnic přírodopisu pro 6. ročníky základních škol a odpovídající ročníky víceletých gymnázií. V rámci obsahové analýzy bylo identifikováno celkem 11 hlavních konceptů a dílčích podkategorií, které se zaměřovaly na hierarchické uspořádání živých organismů, buňku v historickém kontextu, buněčnou teorii, skupiny organismů dle počtu a složitosti buňky, jež je tvoří, typy a tvary buněk, velikost buněk, stavbu (strukturu) buněk, funkci buněčných organel, dělení buněk (mitózu) a evoluci buňky. Na základě konceptů detekovaných v rámci obsahové analýzy byly sestaveny konceptové testy sloužící k diagnostice žákovských prekonceptí u žáků vybraných ročníků základních škol Olomouckého kraje.</p>
Klíčová slova:	buněčná biologie, prekoncepce, miskoncepce, konceptuální změna, 2. stupeň základní školy, nižší stupeň víceletého gymnázia
Anotace práce v angličtině:	The aim of the present bachelor thesis was to review the problematics of pupils' preconceptions and misconceptions in the field of cell biology,

	<p>including the fundamental theoretical principles in the context of conceptual change theory. The theoretical part was based on the literary research focused on pupil's preconceptions and misconceptions, including the process of their genesis at the primary and secondary school level, and on diagnostic methods used for their identification. In the practical part of the thesis, the content analysis of biology textbooks used in the 6th grade and the corresponding grade of grammar schools was processed. Within the content analysis, eleven main concepts and their subcategories focused on the hierarchical organization of living organisms, the cell in historical context, the cell theory, groups of organisms in which they can be divided based on the number and structural complexity of the cells they are composed of, the types and shapes of cells, cell size, the structure of cells, the function of cell organelles, the cell division (mitosis) and the cell evolution, were identified. Based on the concepts identified during the content analysis, concept tests serving to diagnose pupil's preconceptions in selected grades at lower secondary schools of Olomouc Region were provided.</p>
Klíčová slova v angličtině:	cell biology, preconception, misconception, conceptual change, lower secondary school
Rozsah práce:	100 stran
Jazyk práce:	Čeština

OBSAH

1	ÚVOD	7
2	CÍLE PRÁCE	9
3	TEORETICKÝ PŘEHLED.....	10
3.1	Žákovské prekoncepce a miskoncepce v kontextu teorie konceptuální změny.....	10
3.1.1	Vymezení termínů prekoncepce a miskoncepce.....	10
3.1.2	Základní východiska teorie konceptuální změny	13
3.2	Výzkumné metody zjišťování žákovských prekonceptí	17
3.2.1	Diagnostika žákovských prekonceptí s použitím písemných testů.....	18
3.2.2	Diagnostika žákovských prekonceptí s použitím analýzy žákovské kresby.....	19
3.2.3	Diagnostika žákovských prekonceptí prostřednictvím rozhovoru se žáky	22
3.2.4	Diagnostika žákovských prekonceptí s použitím pojmového mapování.....	23
3.3	Geneze žákovských prekonceptí v oblasti buněčné biologie směrem od základních škol ke středním školám	26
3.3.1	Žákovské prekoncepce o buňce na základní škole	26
3.3.2	Žákovské prekoncepce o buňce na střední škole.....	32
4	METODIKA	37
4.1	Obsahová analýza tematického celku buněčné biologie v učebnicích přírodopisu....	37
4.2	Příprava konceptových testů.....	39
5	VÝSLEDKY	41
5.1	Obsahová analýza učiva buněčné biologie v učebnicích přírodopisu	41
5.2	Konceptové testy pro diagnostiku vybraných konceptů buněčné biologie.....	74
6	DISKUSE.....	84
7	ZÁVĚR	87
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	89
	Seznam zdrojů obrázků	99

1 ÚVOD

Z každoročního *Mezinárodního šetření PISA* vyplývá, že kompetence žáků v oblasti přírodovědné gramotnosti mají dlouhodobě klesající trend. I přes to, že se Česká republika stále řadí mezi země, jež dosahují oproti jiným státům *Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj* (OECD) a *Evropské unie* (EU) nadprůměrných výsledků, od roku 2009 dochází ke kontinuálnímu zhoršování žakovských praktických dovedností. Zatímco v roce 2006, kdy šetření v oblasti přírodovědné gramotnosti proběhlo poprvé, dosáhli čeští žáci v porovnání s jinými zeměmi výsledku 513 bodů, v roce 2018 se dostali na historicky nejmenší hodnotu 497 bodů. V porovnání s Estonskem, které od roku 2006 dosahuje relativně konstantních hodnot, se výsledek českých žáků lišil o celkem 33 bodů (viz *Mezinárodní šetření PISA 2018*, Blažek et al., 2019, s. 33, srov. mezi lety 2006-2018). Navzdory tomu, že je mezi žáky prakticky zaměřená výuka, jež vyžaduje propojování teoretických poznatků s vědeckou realitou, poměrně oblíbená, někteří vyučující na ni stále nekladou důraz (Neckařová, 2018), a to i přes to, že žákům výrazně napomáhá k pochopení rozličných biologických fenoménů (Brinschwitz, 2002; Öztap et al., 2003; Knight a Wood, 2005; Verhoeff et al., 2008). Žakovská porozumění těmto fenoménům se však souběžně ve vztahu k jejich diagnostice čím dál více dostávají do hledáčku zájmu předních tuzemských i světových odborníků.

V zahraničí probíhá výzkum této oblasti přírodovědných věd již bezmála padesát let (Duit a Treagust, 2003; Maskiewicz et al., 2013; Gurel et al., 2015). V posledních letech se souběžně stává hojně skloňovaným tématem i u nás, v České republice, zejména pak ve vazbě na stále populárnější konstruktivistický přístup ve výuce (Nezvalová, 2007) a také při tvorbě kurikulárních dokumentů (Švec, 2008). Navzdory neutuchajícímu globálnímu zájmu nesčetného množství didakticky orientovaných badatelů se však žakovským porozuměním dosud nedostalo jednotného pojmenování a dokonce ani stejnorodého vymezení (Mandíková a Trna, 2011). Ať jsou již tato porozumění či pojetí označena jakkoliv, platí, že si v sobě v průběhu duševní ontogeneze každý jedinec utváří jedinečný soubor niterních představ, poznatků a předběžných interpretací, jež mu umožňují chápat vnější svět a slouží mu za jakési východisko při dalším kognitivním poznávání. Tyto vnitřní atributy, založené na vlastním bádání, mohou, anebo naopak nemusejí odrážet vědeckou realitu, již zde míním *současné vědecké poznání*. S tímto poznáním děti obvykle přicházejí do styku s nástupem povinné školní docházky, kdy jsou (ideálně) jejich dětské představy, o nichž v oblasti školní pedagogiky hovoříme jako o tzv. *žakovských prekonceptích*, *žakovských pojetích*, *mentálním modelu*, či například *subjektivních teoriích* (Mareš a Ouhrabka,

2007; Škoda a Doulík, 2010; Pivarč, 2017), poprvé konfrontovány s věděním odborným, které mohou do určité míry reflektovat. Představy pak dle jejich elementární podstaty vylišujeme jako představy správné, fragmentární (prekoncepce), či představy zcela mylné (miskoncepce, Škoda a Doulík, 2011; Koba a Tweed, 2009). Na tyto představy je ze strany pedagogů nezbytně nutné brát zřetel, neboť žáci nemají být pouhými vehikly slepě přejímajícími informace, ale samotnými aktivními činiteli vyučovacího procesu.

Tato bakalářská práce pojednává o žákovských představách ve vazbě na biologické fenomény v oblasti buněčné biologie, resp. genetiky, na úrovni žáků základních a středních škol. Na poli buněčné biologie byly dosud sledovány žákovské představy o buňce ve vztahu k její stavbě a funkci (Treagust a Haslam, 1986; Storey, 1990; Cisterna et al., 2013; Švandová, 2014), tvarové a velikostní diverzité (Clément, 2007), či o buněčném rozmnožování, růstu, a s nimi spjatým uspořádáním rozličných struktur v rámci rostlinných a živočišných mnohobuněčných soustav (viz například Lewis a Wood-Robinson, 2000; Brinschwitz, 2002; Riemeier, 2005; Duncan a Reiser, 2007; Lukša et al., 2016; Schneeweiss a Gropengiesser, 2019). Další práce se orientovaly na mendelistickou a molekulární genetiku, s nimiž se buněčná biologie interdisciplinárně prolíná. V tomto směru byly mapovány žákovské představy ve vazbě na pochopení základních genetických fenoménů (Banet a Ayuso, 2000; Vlckova et al., 2016; Jáč, 2017b).

Předložená bakalářská práce reflektuje teoretická východiska této problematiky v kontextu základních poznatků teorie konceptuální změny, nabízí vhled do problematiky diagnostiky žákovských prekonceptů a souběžně poskytuje zpracovanou obsahovou analýzu tematického celku buněčné biologie v učebnicích přírodopisu, na jejímž základě byl sestaven diagnostický nástroj, sloužící pro budoucí výzkum žákovských prekonceptů v dané oblasti.



2 CÍLE PRÁCE

Hlavním cílem předložené bakalářské práce je zpracování obsahové analýzy učiva buněčné biologie v rozsahu odpovídajícímu 2. stupni ZŠ a příprava konceptových testů pro identifikaci žákovských prekonceptů v této oblasti biologie. Pro zpracování bakalářské práce byly vymezeny následující dílčí cíle:

- a) zpracovat formou literární rešerše problematiku žákovských prekonceptů a miskonceptů v oblasti buněčné biologie včetně základních teoretických východisek v kontextu teorie konceptuální změny;
- b) vypracovat obsahovou analýzu učiva buněčné biologie v současných učebnicích přírodopisu pro 2. stupeň základních škol a odpovídající ročníky víceletých gymnázií;
- c) na základě poznatků literární rešerše a obsahové analýzy učebnic sestavit vhodný výzkumný nástroj sloužící k identifikaci žákovských prekonceptů.

3 TEORETICKÝ PŘEHLED

3.1 Žákovské prekoncepce a miskoncepce v kontextu teorie konceptuální změny

3.1.1 Vymezení termínů prekoncepce a miskoncepce

Termínem *prekoncepce* (prekoncept, z lat. předpony *pre* = před + podstatného jména *conceptus*¹ = početí, koncept, Oxford Etymology Dictionary, 2020-2021) rozumíme jedinečný vnitřní soubor interpretací a intuitivních představ o světě, jež každého jedince obklopuje (Pivarč, 2017). Tento předběžný soubor můžeme označit za výsledný produkt dosavadního kognitivního poznávání, které u dítěte začíná v momentě, kdy prvotně přichází do střetu se svým okolím (Mandíková a Trna, 2011). Podle Mandíkové a Trny prekoncepce vznikají na základě vlastního poznávání světa i následného „*intuitivního zobecňování svých zkušeností*“ (Mandíková a Trna, 2011, s. 17). Pivarč (2017, s. 48) také zdůrazňuje, že jsou pro daného jedince vždy specifické, neboť se na jejich utváření podílí rozmanité endogenní i exogenní vlivy (Doulík a Škoda, 2003, s. 177; Doulík a Škoda, 2008), které zapříčiňují vznik zcela unikátních kognitivních struktur (tzv. „*cognitive construals*“, Škoda a Doulík, 2008; Coley a Tanner, 2012, s. 210), jež „*se projevují*“ právě „*v prekonceptích*“ (Pivarč 2017, s. 47).

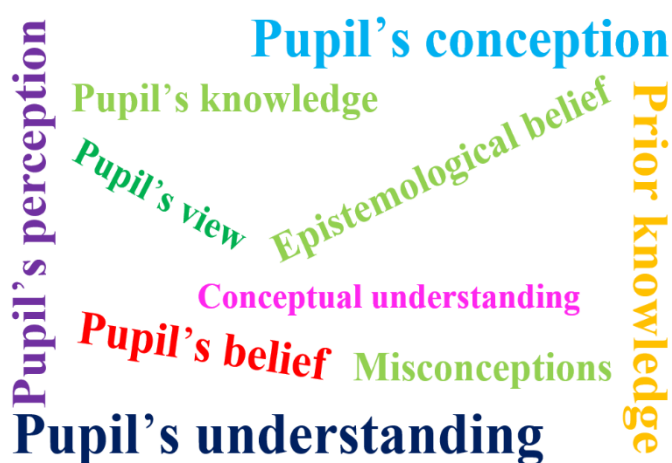
V oblasti pedagogiky hovoříme o tzv. *žákovských (studentských) prekonceptích*, ale také *žákovských představách* či *žákovských pojetích* (Škoda et al., 2011; Pivarč, 2017). Jednomyslné označení tohoto fenoménu, stejně jako jeho přesné vymezení, dosud nebylo v české ani cizojazyčné literatuře ustáleno (např. Posner et al., 1982; Yip, 1998; Škoda et al., 2010; Maskiewicz a Lineback, 2013; Leonard et al., 2014; Pivarč, 2017), jelikož prozatím neexistuje takové, které by bylo univerzálně akceptováno a užíváno odbornou veřejností (Doulík a Škoda, 2008; Škoda et al., 2010; Mandíková a Trna, 2011; Maskiewicz a Lineback, 2013). Mandíková a Trna (2011, s. 9) problém nejednotnosti spatřují v nezaužívanosti pojmu, ve „*sponánní bádání v této problematice bez existence všeobecně uznávané základní teoretické studie*“ a v patrné nesourodosti při hledání vhodných českých ekvivalentů. Mareš a Ouhrabka (1992) v komparaci s tímto tvrdí, že vzájemná rozličnost pojmů napříč studiemi pramení ze snahy autorů o expresi pojmové variability.

¹ Odborná terminologie v českém i anglickém jazyce je v práci prokládána kurzívou. Přímé citace použitých literárních zdrojů jsou navíc ohraničeny pomocí uvozovek.

O shrnutí aktuálně nepoužívanějších terminologických pojmenování žákovských prekonceptů se v rámci české, slovenské i angloamerické didaktické tvorby pokusil například Jakub Pivarč v rozmezí let 2006 až 2015 (Pivarč, 2017). Výsledky jeho šetření, konkrétně 10 nepoužívanějších odborných pojmů v českém a anglickém jazyce, znázorňují v obrázcích č. 1 a 2.



Obr. 1: Nejhojněji užívaná terminologie pro označení fenoménu žákovských prekonceptů v české a slovenské odborné literatuře (upraveno dle Pivarč, 2017, s. 64). *Pozn.: Četnost výskytů příslušných terminů v literatuře je zde vyjádřena prostřednictvím velikosti použitého písma.*



Obr. 2: Nejhojněji užívaná terminologie pro označení fenoménu žákovských prekonceptů v angloamerické odborné literatuře (upraveno dle Pivarč, 2017, s. 60). *Pozn.: Četnost výskytů příslušných terminů v literatuře je zde vyjádřena prostřednictvím velikosti použitého písma.*

Výše vyobrazené pojmy podle Škody et al. (2010) mohou a nemusejí být chápány synonymně, poněvadž se vyznačují jak rysy shodnými, tak i těmi z hlediska významového (Mareš a Ouhrabka, 1992) a „*epistemologického*“ (Pivarč, 2017, s. 59) naprosto neslučitelnými. V případě kontextové synonymie lze taktéž konstatovat, že se označení vlastně různě odchyľují od výchozí definice slova prekoncepce (příp. prekonceptu, Bertrand, 1998). Modell et al. (2005) trefně podotýkají, že uvedený nesoulad, jenž je protkán veskrze širokou škálou textů, činí zmíněnou problematiku značně matoucí nejen pro čtenáře (např. učitele), ale i pro samotné autory didakticky zaměřených studií.

Žákovské prekoncepce zpravidla vymezujeme jako poznávací komplex utvářený žákem ještě před vstupem do primárního vzdělávání (Škoda a Doulík, 2008; Škoda et al., 2010; Pivarč, 2017), jenž mu posléze slouží za orientační východisko při konfliktu s poznáním odborným (vědeckým), tj. školním (Nezvalová, 2006; Škoda et al., 2010). Žákovské představy mohou s tímto věděním fragmentárně (Doulík a Škoda, 2008), či zcela souznít (tzv. „*správná*“, „*souhlasná, pozitivní, vědecká*“ představa, Mandíková a Trna, 2011, s. 17; Škoda a Doulík, 2011), nebo s ním naopak mohou být v hlubokém rozkolu (Doulík a Škoda, 2003). Pakliže prekoncepce shledáváme jako mylné, hovoříme o tzv. *miskonceptích*, nebo např. *mylných prekonceptích* (Nezvalová, 2007; Škoda a Doulík, 2011; Koba a Tweed, 2009). Miskoncepty míníme takové teorie či interpretace, které nejsou z hlediska aktuálního vědeckého poznání přesné (Pivarč, 2017), a jsou tedy „*v rozporu s učivem*“, jež má žák v rámci školního procesu obsáhnout (Mandíková a Trna, 2011, s. 17). Škoda et al. (2010, s. 10) zde příhodně zdůrazňují, že při jakémkoliv hodnocení korektnosti žákovských představ autoritami (tj. rodiče, učitelé, aj.) je nezbytné zohledňovat věk žáků, neboť jakkoliv „*směšné, evidentně nesmyslné*“, nebo „*chybné*“ se tyto prekoncepce mohou jevit, mohou souběžně adekvátně reflektovat jedincovu vývojovou úroveň.

Literatura zmiňuje také pojem *žákovské koncepce* (conceptions, Lewis a Wood-Robinson, 2000; Fisher a Moody, 2002; Duit et al., 2003), příp. synonymní pojem *koncepty* (concepts, Kattmann, 2009, s. 25; Švandová, 2014). Mezi pojmy prekoncepce a koncepce tkví však klíčový rozdíl v kontextu jejich geneze (Mandíková a Trna, 2011) i ve vazbě na žákovo školní a mimoškolní vzdělávání (Mareš a Ouhrabka, 1992), kdy koncepce vymezujeme jakožto znalost učiva na úrovni kurikula (Mandíková a Trna, 2011), tj. „*veškeré zkušenosti, které žáci získávají ve škole*“ (Průcha, Ed., 2009, s. 117) a „*činnosti, které jsou spojeny s jeho osvojováním a hodnocením*“ (Maňák, 2008, s. 14). Koncepce též označujeme souznačným termínem „*žákovo (studentovo) pojetí (chápání) učiva*“ (např. Mareš a Ouhrabka, 1992; Kalhous a Obst, 2002; Nezvalová, 2006), zrcadlícím „*souhrn žákových subjektivních poznatků, představ,*

přesvědčení, emoci a očekávání týkající se školního učiva“ (Mareš a Ouhrabka, 2007, s. 419) a „*vážíci se k určitém fenoménu*“ (Pivarč, 2017, s. 62). Zmíněný komplex si „*vytváří během výuky sám žák*“ (Mandíková a Trna, 2011, s. 17). Ani při charakteristice koncepcí ovšem nesmíme opomíjet absenci všeobecně platné definice, a tudíž i fakt, že někteří didaktici pojem *žákovo pojetí učiva* staví na totožnou úroveň s prekoncepty a *mylné pojetí učiva* s miskoncepcemi, ignorující tak rozdílný vznik (Doulík a Škoda, 2008; Pivarč, 2017).

Konceptuální geneze je úplně determinována genezí žakovských prekonceptů a miskoncepcí. Oba uvedené jevy tvoří pomyslné nosné pilíře koncepcí (Škoda et al., 2010; Mandíková a Trna, 2011), formující prakticky celý proces žakova učení (a tedy i finální poznání) v pozitivním či negativním smyslu dle jejich elementární podstaty a charakteru (Nezvalová, 2006). Tyto fenomény, které spolu s žákem vstupují do vzdělávacího procesu, jsou relativně fixní povahy (Pivarč, 2017), a proto je na ně ze strany učitelů vhodné brát zřetel, snažit se o jejich správnou diagnostiku, analýzu (Mareš a Ouhrabka, 1992; Nezvalová, 2007; Doulík a Škoda, 2008; Janík a Švec, 2008; Škoda a Doulík, 2008; Pivarč, 2017), včasné zachycení a sjednání nápravy za vzájemné spolupráce učitele i žáka (Modell et al., 2005) adekvátními „*výukovými postupy*“ (Nezvalová, 2006, s. 32). V tomto bodě je také nezbytné upozornit na pedagogovu dostatečnou oborovou znalost vyučovaného předmětu, tj. didaktickou znalost obsahu (tzv. „*pedagogical content knowledge*“, Shulman, 1986), jež je „*významnou součástí učitelovy profesní výbavy*“ (Janík, 2009, s. 30), neboť i samotní učitelé se mohou podílet na šíření nežádoucích miskoncepcí (viz např. Yip, 1998; Dikmenli, 2010; Jáč, 2017b).

V této práci budu termín *prekoncepce* užívat ve smyslu neúplných či roztržštěných žakovských představ, a to v témže významu s termíny *žákovo pojetí učiva* a *koncepce*. Termín *miskoncepce* bude užíván ve smyslu obsahově chybných žakovských představ, a to synonymně s termínem *mylné/nesprávné/chybné/ pojetí učiva*. Představy, které z hlediska současného vědeckého poznání považujeme za odpovídající, budou označovány například jako *správné představy*, či *správná pojetí učiva*.

3.1.2 Základní východiska teorie konceptuální změny

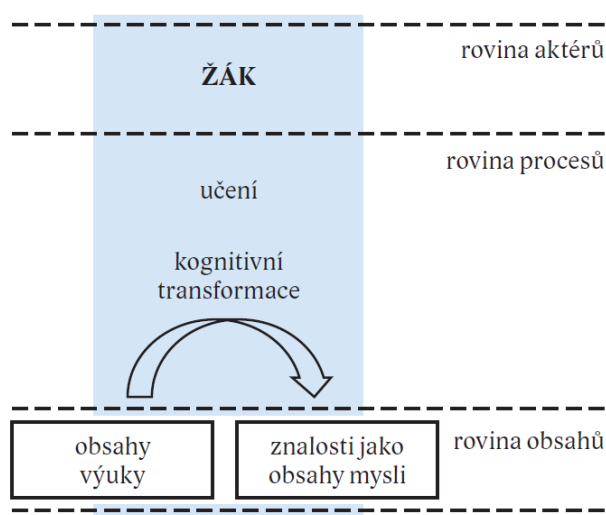
Termín *konceptuální změna* byl poprvé užit ve 20. století dvěma významnými mysliteli – Thomasem Kuhnem a Paulem Feyerabendem – při formulování stejnojmenné teorie (Posner et al., 1982; Pivarč, 2017). Na zmíněné autory posléze navázali jiní, včetně George Posnera a jeho týmu kolegů, jež tuto klasickou teorii rozpracovali na poli přírodovědného vzdělávání v podobě *modelu konceptuální změny*, opíraje se o myšlenky

konstruktivismu a vývojového psychologa Jeana Piageta (Duit a Treagust, 2003; Krüger et al., 2005; Tanner a Allen, 2005). Piaget, průkopník konstruktivismu, spolu s dalšími reprezentanty kognitivně psychologických teorií, kladl důraz na rozvíjení mentálních procesů u žáků, (pre)koncepce, či na asimilaci, akomodaci a transformaci jedincova poznání (Bertrand, 1998; Piaget, 1999; Coley a Tanner, 2012; Maskiewicz et al., 2013). Nezhledňoval nicméně tzv. sociokognitivní konflikt, jenž byl na výsluní zájmu sociokognitivních filozofů, a sice Piagetova ideového oponenta Lva Semjonoviče Vygotského (Bertrand, 1998). Na Jeana Piageta navázal, mimo jiné, Hans Aebli a rozpracoval jeho myšlenky do *konstruktivistické teorie vyučování* (Průcha, Ed., 2009).

Konstruktivismus si lze představit jako „široký proud teorií ve vědách o chování a sociálních vědách, zdůrazňující aktivní úlohu subjektu v poznávání světa“ (Průcha et al., 2013, s. 132). Můžeme tedy konstatovat, že se opírá o myšlenku, kdy si žák své poznání utváří, tedy konstruuje, sám dle vlastní zkušenosti a s ohledem na prostředí, které jej formuje (Kalhous a Obst, 2002; Maňák a Švec, 2003; Nezvalová, 2006; Průcha et al., 2013). Stěžejní roli pak sehrává v pedagogickém pojetí (Průcha, Ed., 2009; Pivarč, 2017), neboť velkou měrou podtrhuje „význam a důležitost prekonceptů“ nejen při takto pojaté výuce (Nezvalová, 2007, s. 5), nýbrž v posledních letech také při tvorbě kurikula jak v zahraničí, tak v rámci České republiky (Švec, 2008). Kalhous a Obst (2002, s. 42) jej souběžně reflektují jako protipól transmisivismu, tj. „předávání definitivních vzdělávacích obsahů žákům“, jež je takto staví do role nečinného publika. Zatímco v západních zemích se empirický výzkum prekonceptů ve vazbě na konstruktivismus a konceptuální změnu v netradičním pojetí dostal do popředí zájmu badatelů již v průběhu 70. a 80. let předešlého století (viz Tekkaya, 2002; Duit a Treagust, 2003; Maskiewicz et al., 2013; Gurel et al., 2015), u nás tomu tak bylo teprve v období let devadesátých (Pivarč, 2017).

Konceptuální změnu (příp. koncepční změnu, Mareš a Ouhrabka, 2007) můžeme pojímat jako proces, nebo téže sérii procesů, jejichž prostřednictvím dochází k proměně žakovských pojetí, tj. koncepcí (Posner et al., 1982; Chi et al., 1994b). Akcent je přitom kladen na metakognitivní reflexi (tj. sebereflexi) vlastního učení (Duit a Treagust, 2003; Riemeier, 2005). Hlavním cílem daného modelu je změna (*restruktualizace*, Mandíková a Trna, 2011) žakovských koncepcí, které jsou obsahově nesprávné, na ty, které jsou se současným poznáním příslušného vědního oboru ve shodě (Posner et al., 1982; Duit a Treagust, 2003; Leonard et al., 2014). Úkolem restruktualizace (*restrukturace*; Mareš a Ouhrabka, 1992) je pak představy již konkrétním způsobem „modifikovat, rozšířit, nebo nahradit vědecktějším pohledem“ za využití patřičných

diagnostických metod (Mandíková a Trna, 2011, s. 14; Galvin et al., 2015), blíže popsaných v kapitole 3.2. Žákovské koncepce mohou vyučující ideálně regulovat přímo prostřednictvím své výuky vedené směrem ke konceptuální transformaci. Hovoříme-li o vztahu mezi obsahem výuky a znalostí ve smyslu obsahů mysli žáků, odkazujeme na ni dle Janíka (2018) jako na tzv. *transformaci kognitivní* (viz obr. 3). Transformace mezi obsahem výuky, tj. učivem, které je žákovi předkládáno a na podkladě něhož si koncepty utváří, a vědeckými poznatky, se nazývá *transformace didaktická* (Knecht, 2007).



Obr. 3: Schéma kognitivní transformace (převzato z Janík, 2018, s. 4)

Aby ke konceptuální změně mohlo u žáka dojít, musí být dle Posnera et al. (1982, s. 214, přeloženo autorkou) dodržena čtyři následující pravidla:

- 1) Žák přestane být spokojen se svými dosavadními představami
- 2) Nová koncepce, kterou si má žák osvojit, pro něj musí být jasná a srozumitelná
- 3) Nová koncepce se žákovi musí od prvopočátku jevit věrohodně
- 4) Nová koncepce by v sobě měla skýtat vidinu dalšího produktivního poznávání

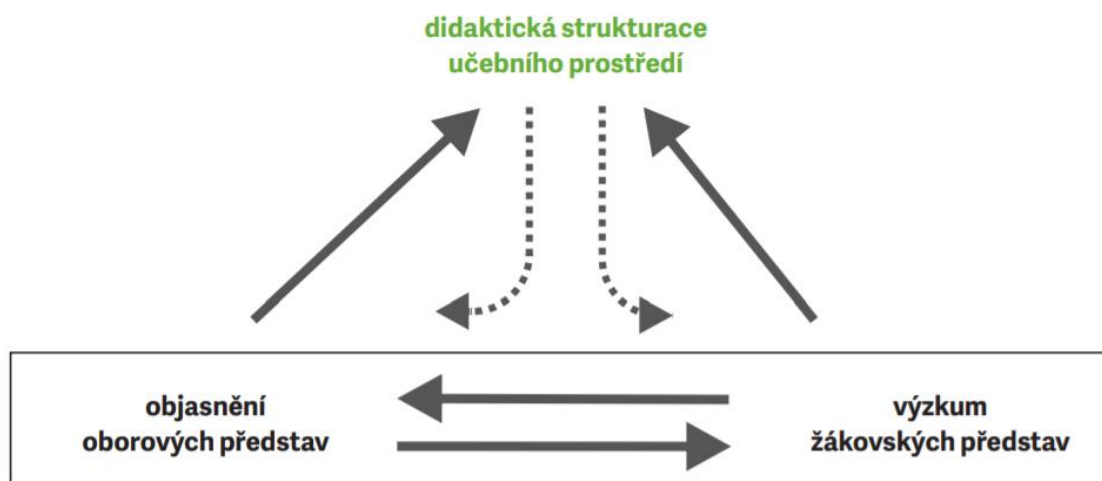
Zatímco Posner v předloženém modelu teorie konceptuální změny dbá na vysvětlení procesu proměny s prostým využitím gnozeologie (Posner et al., 1982), pozornost jiných didaktiků se zaměřuje také na hledisko ontologické (Chi et al., 1994b; Duit et al., 2003; Duncan a Reiser, 2007). Chi et al. (1994b, s. 28-29) se domnívají, že k uplatnění koncepční změny nedochází tehdy, kdy je žákova představa nahrazena jinou, nýbrž tehdy, jakmile dochází k ontologické

změně *kategorie*, do níž daná koncepce spadá. Jako tři hlavní ontologické kategorie uvádí: a) hmotu „*matter (or things)*“; b) procesy „*processes*“ a c) duševní stavy „*mental states*“. Duncan a Reiser (2007, s. 953) ve své studii, zaměřené na jednotlivé ontologické úrovně genetických jevů na molekulární a buněčné úrovni, také dokreslují, že v oblasti genetiky nedochází pouze k ontologickému posunu v kontextu konceptuální změny, avšak navíc také „*k rozvoji kognitivních struktur, které usnadňují orientaci mezi ontologicky odlišnými úrovněmi v oblasti genetiky*“.

Způsobů, kterými lze konceptuální změnu realizovat ve školní výuce, je mnoho. Modifikovat nepřesné či mylné představy s využitím tohoto modelu je však možno jen tehdy, pokud je připraven uvědomit si je a měnit je sám žák (Tanner a Allen, 2005; Mandíková a Trna, 2011). Zpravidla se jedná o velmi dlouhý proces, jemuž předchází vícere neúspěšné snažení a následná konfrontace s realitou, kdy si žák uvědomí, že mu daná představa již neslouží (Posner et al., 1982). Dalším, neméně důležitým aspektem, je také obeznámenost učitelů s uvedenou problematikou, vhodnou a přesnou diagnostikou miskoncepí a s realizací předložené teorie v praxi, leč to zcela jistě nebývá pravidlem (Tambo et al., 2003; Tanner a Allen, 2005; Galvin et al., 2015). Škoda et al. (2010) také upozorňují na to, že pro funkčnost těchto metod je nezbytné aktivní zapojení žáků při výuce, ochota učit se novým věcem, vnitřní motivace žáků (Doulík a Škoda, 2008; Leonard et al., 2014) a ucelené vědomostní základy z předchozích stupňů vzdělávání (Yip, 1998; Tanner a Allen, 2005), což nicméně výrazně snižuje jejich univerzální aplikovatelnost v praxi (Doulík a Škoda, 2008).

3.2 Výzkumné metody zjišťování žákovských prekonceptů

Zjišťování žákovských prekonceptů je klíčovým elementem výuky orientované ke konceptuální změně (Tanner a Allen, 2005; Khourey-Bowers, 2011) a zároveň nezbytnou složkou *didaktické rekonstrukce* (Kattmann et al., 1997; Knecht, 2007; Jelemenská, 2008, Janík, 2009; Kattmann 2009; Škoda et al., 2010; tzv. *MER*², Duit et al., 2012). Precizní detekce a znalost jednotlivých žákovských představ jsou spolu s uměním s nimi dále pracovat pro učitele stěžejní, zato však mnohdy opomíjené prvky pedagogické praxe, jež mu umožňují nejen odhalit míru pochopení různých žákovských pojetí biologických fenoménů napříč kurikulem a odhalit případné alternativní koncepce žáků ve třídě, ale také nahlédnout do odlišného způsobu jejich smýšlení (Doulík a Škoda, 2008; Škoda et al., 2010; Mandíková a Trna, 2011). Úkolem diagnostikování je jak odhalování chybných žákovských představ, tak pátrání po jejich původu, a případné zajištění nápravy (Mandíková a Trna, 2011). Podle Pivarče (2017, s. 96) je při diagnostice nezbytné upírat pozornost na kognitivní složku prekonceptů, tj. např. na provázanost a pochopení pojmového aparátu a vybraných jevů na úrovni poznávací dimenze, ve které jsou koncepce v rámci příslušných stupňů kognitivních modelů „*interiorizovány*“, vzájemně na sebe působí a ovlivňují se, „*čímž utváří unikátní poznatkové schéma*“ každého žáka.



Obr. 4: Schéma Modelu didaktické rekonstrukce (převzato z Jáč et al., 2019, s. 27)

² *MER* = *The Model of Educational Reconstruction* (viz Duit et al., 2012). Soudobý přístup v didaktice biologie je orientován na Kattmannův *model didaktické rekonstrukce* a Shulmanovu *didaktickou znalost obsahu*, které neodmyslitelně souvisejí s výzkumem žákovských prekonceptů a odkazují na něj (Papáček et al., 2015).

K diagnostice žákovských prekonceptí používáme celou řadu výzkumných nástrojů a metod (Švandová, 2014; Gurel et al., 2015). Mezi nejpoužívanější instrumenty řadíme tradiční písemný didaktický (též kognitivní), nebo konceptový test, rozhovor se žáky (interview), konceptovou (konceptuální) neboli pojmovou mapu, dotazník či analýzu žákovské kresby, výrobků, příp. textu (např. Fisher a Moody, 2002; Mareš a Ouhrabka, 2007; Doulík a Škoda, 2008; Kalhous a Obst, 2002; Koba a Tweed, 2009; Khourey-Bowers, 2011; Mandíková a Trna, 2011; Gurel et al., 2015). Mezi další metody patří ku příkladu pozorování žáků ve třídě a následná konceptuální analýza výuky (Jáč, 2017a; Jáč, 2017b), nebo tvorba didaktických kazuistik (viz např. Jáč et al., 2019). Někteří autoři také zmiňují zajímavou alternativu v podobě speciálních textů, vycházejících přímo ze strategie modelu konceptuální změny - tzv. *conceptual change texts*, jež jsou konstruovány takovým stylem, aby prakticky odbourávaly nesprávná pojetí učiva a nabízely žákům nevšední vhled do vědecké problematiky (Tekkaya, 2002; Yenilmez a Tekkaya, 2006). Při výběru vhodného diagnostického nástroje v etapě plánování výzkumu je příhodné zvážit zaměření dané studie, časové hledisko a náročnost v kontextu sběru dat a jejich následné analýzy, možnosti školy, v níž bude šetření realizováno, velikost výzkumného souboru dotazovaných respondentů, či jejich individuální potřeby (Škoda a Doulík, 2008; Gavora, 2010; Hendl, 2012; Chráska, 2016; Mertin a Krejčová, 2016; Pivarč, 2017).

3.2.1 Diagnostika žákovských prekonceptí s použitím písemných testů

Oblíbenou a čteně užívanou diagnostickou metodou žákovských prekonceptí jsou písemné didaktické (kognitivní, Doulík a Škoda, 2003) a méně častěji konceptové (konceptuální, Mandíková a Trna, 2011) testy (Kalhous a Obst, 2002; Doulík a Škoda, 2003; Doulík a Škoda, 2008; Škoda a Doulík, 2008; Škoda a Doulík, 2011; Gurel et al., 2015), spadající mezi metody výzkumu kvantitativního (Chráska, 2016). Didaktický test definujeme jako krátkou prověřovací práci, či jako „*nástroj systematického zjišťování výsledků výuky*“ (Průcha et al., 2013, s. 52), jehož ústředním cílem je stanovit, do jaké míry žáci učivo ovládají (Chráska, 2016). Tímto se mírně liší od konceptových testů, jejichž smyslem je nejen ověření teoretického zvládnutí látky ze strany žáků, ale také stanovení míry jejímu porozumění (Mandíková a Trna, 2011). Škoda a Doulík (2011) věří, že původ hojného využívání didaktických testů při detekci alternativních (mylných) pojetí učiva pramení ze synonymního vnímání (mis)konceptí a (chybných) žákovských vědomostí ze strany učitelů. Největší výhoda diagnostiky žákovských představ písemným testováním tkví bezesporu v rychlosti sběru dat za poměrně krátký časový úsek (Jeřábek a Bílek, 2010). Značnou nevýhodou je absence

možnosti prozkoumat problematiku ukotvení jednotlivých koncepcí v rámci kognitivních struktur žáků (Mandíková a Trna, 2011).

Didaktické testy lze dle Chrásky (2016, s. 179-181) a Průchy et al. (2013, s. 52) rozdělit na: „testy rychlosti“, „testy úrovně“, „testy standardizované“, „testy nestandardizované“, „testy kognitivní a psychomotorické“, „testy výsledků výuky a testy studijních předpokladů“, „testy rozlišující“, „testy ověřující“ a „testy vstupní, průběžné a výstupní“. Fisher a Moody (2002) spolu s Doulíkem a Škodou (2008) či Gurel et al. (2015) ve svých studiích také připojují, že mohou obsahovat buď otázky s otevřenou, tzv. *open-ended tests*, či uzavřenou odpovědí, nebo otázky s nabídkou výběru možných odpovědí, *multiple-choice tests*. Jiným typem jsou testy víceúrovňové, či víceúrovňové, *multiple-tier tests* (často *two-tier tests*), ve kterých respondenti nejenže zodpovídají jednotlivé otázky, ale paralelně také formulují, či kroužkují slovní vyjádření s osvětlením důvodu své volby odpovědi (Duit et al., 2003; Mandíková a Trna, 2011). Zatímco Gurel et al. (2015) vyzdvihují testy s uzavřenou odpovědí, podle Škody a Doulíka (2011) je pro diagnostiku žákovských prekonceptů nejvhodnější vytvářet testy s otevřeným typem odpovědi, poněvadž názorně odrážejí žákovské pojetí daných fenoménů, která by se v nabídce výzkumníkem předložených možností nemusela vůbec promítnout.

Dýchání u rostlin probíhá:

- 1) pouze v buňkách kořenů
- 2) v každé rostlinné buňce
- 3) pouze v buňkách listů

Svou odpověď zdůvodňuji tím, že:

- a) všechny živé buňky potřebují ke svému životu energii
- b) pouze na listech se nacházejí speciální póry (stomata, průduchy), jež umožňují výměnu plynů
- c) pouze na kořenech se nacházejí malé póry sloužící k dýchání
- d) pouze kořeny potřebují energii k absorpci vody
- e)

Obr. 5: Ukázka zadání otázky převzaté z dvouúrovňového testu zaměřeného na diagnostiku žákovských miskonceptů o respiraci a fotosyntéze (upraveno dle Treagust a Haslam, 1986, s. 15, překlad autorka)

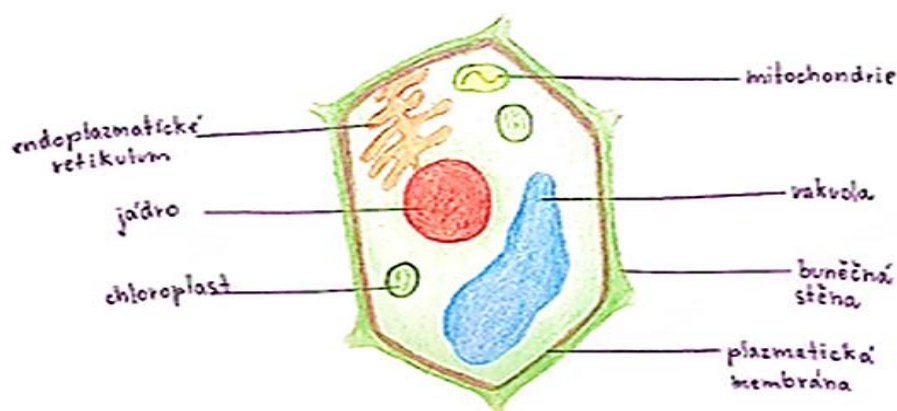
3.2.2 Diagnostika žákovských prekonceptů s použitím analýzy žákovské kresby

Dalším typem diagnostiky žákovských prekonceptů je hodnocení žákovské kresby, užívané především v kvalitativním výzkumu (Kalhous a Obst, 2002; Škoda a Doulík, 2008; Koba a Tweed, 2009; Škoda a Doulík, 2011). Podle Doulíka a Škody (2008) je kresba oblíbená

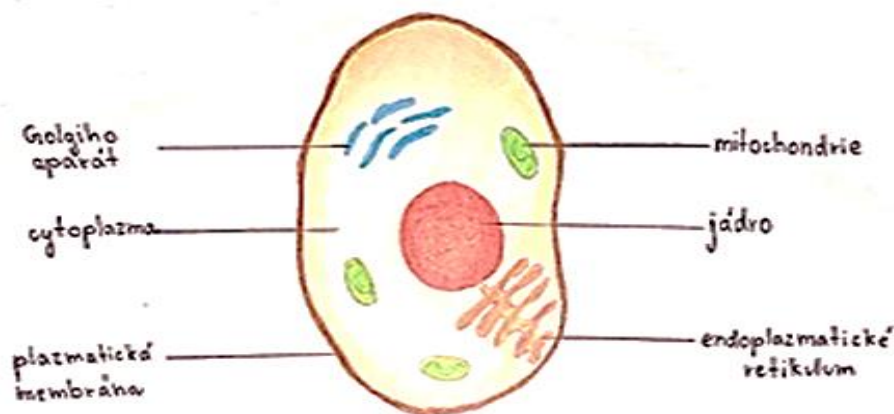
zejména mezi mladšími žáky, neboť lépe souvisí s jejich vnímáním světa, které je dospělým výzkumníkům, učitelům a didaktikům již poněkud vzdálenější. Nezaměnitelnou hodnotu má však také při zkoumání žákovských představ mezi studenty středních a vysokých škol (viz např. Dikmenli, 2010; Newman et al., 2012). Diagnostika prekonceptů kresbou je velmi často doplňována o paralelně probíhající interview mezi učitelem a žákem. Kombinace těchto dvou přístupů usnadní žákovi rozvést jeho myšlenky do větších detailů a graficky si je znázornit. Učiteli pak zase pomáhá ověřit si, zda je žák schopen propojit teorii s praxí (Koba a Tweed, 2009; Škoda et al., 2010). Velkou nevýhodou žákovské kresby, jež zároveň snižuje její využití ve výuce, jsou požadavky kladené na odborné schopnosti učitele ve vztahu k precizní analýze a interpretaci dětské kresby a na odpovídající vědomostní základy jak v oblasti pedagogické psychologie, tak příslušné vědní disciplíny (Kalhous a Obst, 2002; Doulík a Škoda, 2008).



Obr. 6 a 7: Schéma rostlinné a živočišné buňky (nákres: Jan B., žák 6. ročníku ZŠ, zdroj: archiv autorky, použito se svolením autora kresby a jeho rodičů)



Obr. 8: Schéma rostlinné buňky (nákres: Markéta P., žákyně sexty, zdroj: archiv autorky, použito se svolením autorky kresby a jejích rodičů)



Obr. 9: Schéma živočišné buňky (nákres: Markéta P., žákyně sexty, zdroj: archiv autorky, použito se svolením autorky kresby a jejích rodičů)

Na obrázcích³ 6 a 7 můžeme pozorovat, že žák částečně má osvojen základní pojmový aparát, vztahující se učivu o rostlinné a živočišné buňce, stejně jako představy o jejich rozličné stavbě. Na obrázku 6 lze však také dobře vidět, že žák prakticky nerozlišuje mezi buněčnou stěnou a cytoplazmatickou membránou, ačkoliv oba pojmy ve svém schématu rostlinné buňky správně uvádí, a na teoretické úrovni si tudíž jejich nestejnorodost pravděpodobně uvědomuje. Vakuola je v kresbě pojímána jako velikostně dominantní organela, zatímco jádro, které je zároveň výrazně menší než jádro živočišné buňky, oproti jiným organelám rostlinné buňky (mitochondrie, chloroplast) velikostně zaostává. Zajímavým je pak na obrázku 7 znázornění ribozómů, které žák umísťuje pouze volně do cytoplazmy, opomíjeje tak jejich souběžnou přítomnost na drsném endoplazmatickém retikulu, které se v rámci nákresů neobjevuje vůbec. Na schématech chybí také Golgiho aparát. Na obou předložených obrázcích je nápadným i odlišné pojetí tvaru a velikosti obou buněk. Zatímco rostlinná buňka je menší a tvaru typického kruhu (srov. Clément, 2007), živočišná buňka má tvar nepravidelný.

Z obrázků 8 a 9 je také patrné, že žákyně částečně má osvojen základní pojmový aparát, vztahující se k učivu o buňce, stejně jako představy o jejich rozličné stavbě. V obrázku 8, na rozdíl od předchozího žáka, správně rozlišuje mezi buněčnou stěnou a plazmatickou membránou. Obě kresby se dále vyznačují podobnými rysy. Vakuola je v rámci rostlinné buňky znázorněna jako největší organela a jádro rostlinné buňky je také menší než jádro živočišné buňky.

³ Oslovení žáci byli požádáni o zakreslení schémat rostlinné a živočišné buňky včetně popisů buněčných struktur. Kresba probíhala bez dalších zdrojů informací. Autorka byla celému průběhu kresby přítomna z důvodu kontroly, stejně jako tomu bylo při tvorbě konceptových map (podkapitola 3.2.4) dalšími, autorkou vybranými, žáky.

Na obou kresbách nalezneme endoplazmatické retikulum, žádná z nich však neobsahuje ribozómy, jako tomu bylo u obrázku 7. Na schématu 9 je pak navíc znázorněn Golgiho aparát, který u rostlinné buňky zcela chybí. Rostlinná buňka je, stejně jako v nákresech prvního žáka, menší. Obě kresby pak tvarově odpovídají tradičním kresbám v učebnicích (srov. Clément, 2007). Z výše uvedeného vyplývá, že v tomto konkrétním případě není mezi kresbami žáka 6. ročníku a žákyně sexty žádný zásadní konceptuální rozdíl.

3.2.3 Diagnostika žákovských prekonceptů prostřednictvím rozhovoru se žáky

Rozhovor, v užším pojetí *interview*, může být kvantitativní i kvalitativní metodou získávání výzkumných dat, založenou na komunikaci výzkumníka a respondenta (Gavora, 2010), používanou při diagnostickém dotazování (Průcha, Ed., 2009) u (většinou) menšího počtu osob (Pivarč, 2017). Tato explorativní metoda, vycházející z kontaktu mezi dvěma, či více stranami, může být dle své podstaty vylišována jako „*strukturované interview*“, „*nestrukturované interview*“, „*polostrukturované interview*“ či „*skupinové interview*“ (Chráska, 2016, s. 176-177). Literatura zmiňuje také *fenomenografické interview* (Škoda a Doulík, 2008; Škoda et al., 2010), jež poskytuje cenný vhled do niterního světa prožívání žáků, jejich jedinečného vnímání reality a představ o učivu (Mareš in Škoda a Doulík, 2011), a přináší tak nejhlubší sondu do dětského způsobu smýšlení (Škoda a Doulík, 2008). V interview se objevují otázky otevřené, polouzavřené a uzavřené (Gavora, 2010). K diagnostice dětských pojetí je vhodné využívat těch otevřených, neboť badatelé nabízejí široké pole působnosti (Doulík a Škoda, 2008). Interview lze také vhodně kombinovat s jinými výzkumnými metodami, jakými jsou například žákovská kresba, nebo pojmové mapování (Mareš a Ouhřabka, 1992; Koba a Tweed, 2009). Diagnostiku žákovských prekonceptů s využitím interview o obsahu žákovské kresby ilustruje obr. 10.

Učitel: Jaký je vztah mezi genem a chromozomem?

Student: Chromozom je tvořen skupinou genů, které podmiňují všechny vlastnosti živého organismu.

Učitel: Mohl byste mi ve Vašem nákresu ukázat, kterou strukturu považujete za gen?

Student: Ano, zde by byl například gen podmiňující zelenou barvu očí a tady zase gen podmiňující hnědou barvu (ukazuje na správné lokusy homologních chromozomů).

Učitel: Jak spolu tedy podle Vás souvisí gen a alela?

Student: Chromozom obsahuje geny a ty geny mohou mít různé formy, které označujeme jako alely.

Obr. 10: Ukázka diagnostiky žákovských prekonceptů s využitím kombinace interview a kresby na úrovni střední školy (upraveno dle Banet a Ayuso, 2000, s. 340, překlad autorka)

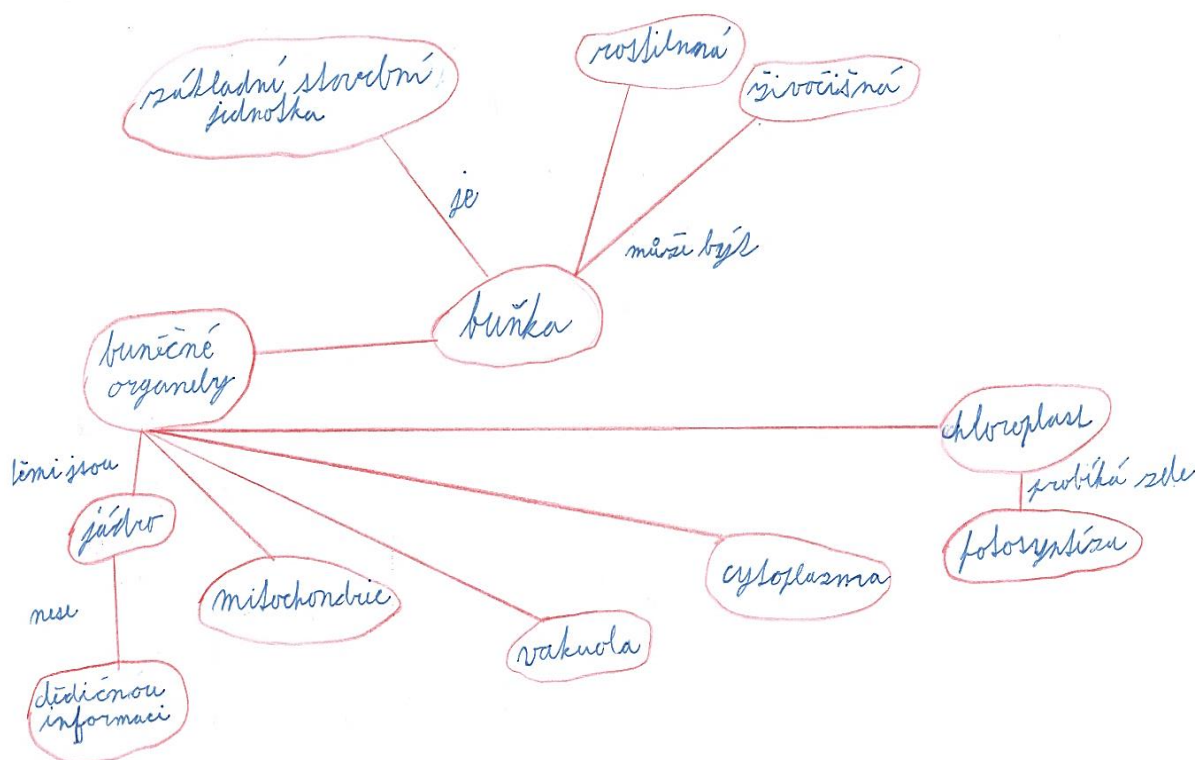
Největší přínos interview pro indikaci žákovských pojetí tkví jednoznačně v možnosti zkoumat veškeré představy jako ucelené struktury. To znamená, že badatel může nahlédnout jak do pomyslného jádra konkrétní dětské představy, tak do všech dílčích činitelů, jež se o jejich genezi zapříčinily (Pivarč, 2017, s. 119-120). Nezměrnou výhodou interview je též možnost přímého kontaktu se žáky či pružná reakce a poskytnutí zpětné vazby na počínání respondentů spolu s okamžitým získáním validních dat. Nevýhodou jsou naopak poměrně vysoké požadavky kladené na výzkumníkovu připravenost, jeho dosavadní zkušenosti a s tím související schopnost navázání kontaktu se žákem, jeho časové možnosti, nebo výběr prostředí, v němž má být rozhovor realizován (Janík, 2009; Gavora, 2010; Chráska, 2016). Důležité je také dbát na etiku vědecké práce, v rámci níž by nikdy nemělo docházet k nežádoucí manipulaci s respondenty ve smyslu jejich ovlivňování či podsouvání správných pojetí fenoménů (zejména pak, jsou-li v souladu s názorem tazatele). Častou chybou je i kontrastní podhodnocování žáka dle vlastní zkušenosti, kterou tazatel s žákem má, či naopak nekritická shovívavost a zlehčování jeho chyb (Janík, 2009; Škoda et al., 2010; Hendl, 2012; Chráska, 2016).

Diagnostiku prekonceptů s využitím „rozhovoru“ si může vyzkoušet i sám žák. Nejedná se o žádný formální druh rozhovoru z výše zmíněných, nýbrž o jednostranný monolog žáka se sebou samým. V rámci tohoto monologu se žák pokouší o vysvětlení příslušné látky sám sobě bez zásahu jiného jedince, který by proces reguloval. Tímto způsobem si jednoduše ověří, zda a případně nakolik, rozumí odborné terminologii a různým biologickým jevům, probíraným ve výuce (Chi et al., 1994a). Jinou možností, uplatnitelnou přímo ve třídě, je vedení debat na vědecká témata. Žáci tak spolu mohou navázat kontakt v menších skupinách, vzájemně si naslouchat a doplňovat se, sdílet spolu své poznatky a postřehy, všimnout si případných odlišností mezi svými názory a pomáhat si s opravou nesprávných pojetí (Škoda et al., 2010; Khourey-Bowers, 2011). Z týmové práce lze těžit při *badatelsky orientovaném vyučování přírodopisu/biologie* (tzv. „*IBSE, Inquiry-Based Science Education*“, Papáček, 2010, s. 5) a laboratorních pracích, které mají stěžejní význam pro lepší a snadnější pochopení či představu dané problematiky od stavby buňky přes její funkci a rozmnožování až po přiblížení si procesů v ní probíhajících (Brinschwitz, 2002; Öztap et al., 2003; Knight a Wood, 2005; Verhoeff et al., 2008).

3.2.4 Diagnostika žákovských prekonceptů s použitím pojmového mapování

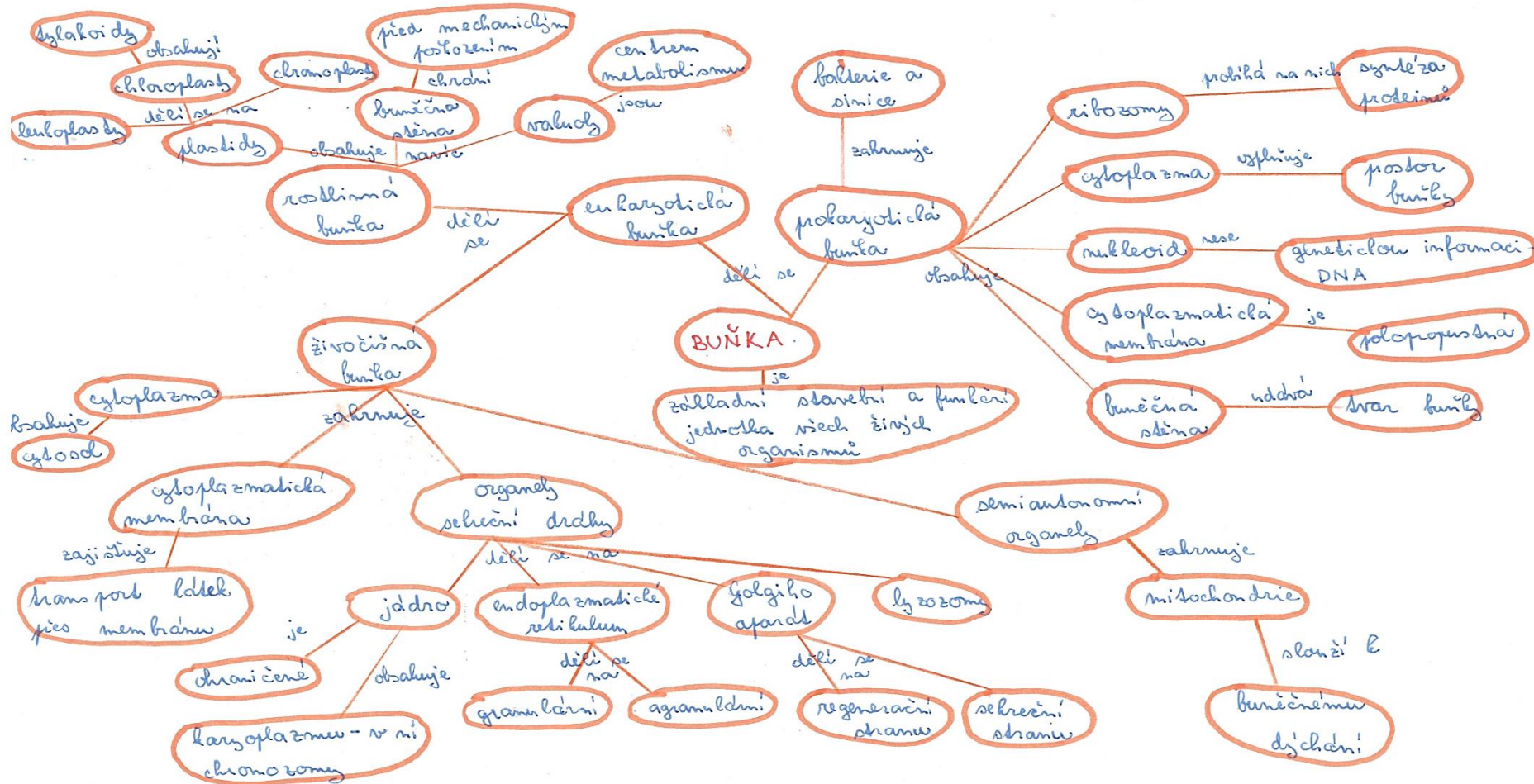
Tvorba pojmových (myšlenkových, kognitivních, konceptových, Kalhous a Obst, 2002; Mintzes a Wandersee, 2005) map je ideálním způsobem zachycení žákovských představ

v jejich celistvosti (Doulik a Škoda, 2008). Zároveň také může sloužit jako nástroj, znázorňující proces proměny představ v průběhu konceptuální změny (Fisher a Moody, 2002). Pojmové mapy mívají podobu grafického znázornění vztahů mezi určitými pojmy (koncepty) a procesy. Ty se vzájemně propojují prostřednictvím čar, u kterých je ideálně vždy uvedeno, proč spojují právě tyto koncepty či jevy, tzn. v jakém postavení vůči sobě jsou (Tekkaya, 2002). Škoda a Doulik (2011) uvádí tři různé způsoby, jakými lze při diagnostikování s použitím pojmového mapování postupovat: a) žák pracuje s předem připraveným schématem vztahů a pojmů, do něž dopisuje chybějící položky; b) vytváří pojmovou mapu pod dohledem starší osoby; nebo c) z předložených konceptových map vybírá takovou, která nejdokonaleji odráží jeho pojetí daného fenoménu. Nejproduktivnější strategií je však ta, při níž je žákovi ponechán prostor, aby si pojmovou mapu vytvořil zcela sám a intuitivně bez jakékoliv pomoci či zásahu výzkumníka (viz obr. 11 a 12⁴), neboť takto sestavená vizualizace bude odrážet jeho znalosti a myšlenkové obrazy nejprecizněji (Mareš a Ouhrabka, 2007).



Obr. 11: Ukázka pojmové mapy vztahující se k učivu buňka (autor pojmové mapy: David H., žák primy, zdroj: archiv autorky, použito se svolením autora pojmové mapy a jeho rodičů)

⁴ Oslovení žáci, stejně jako tomu bylo u předešlých kreseb, zpracovávali pojmové mapy samostatně a pod dozorem bez jakéhokoliv zásahu autorky. Žákům bylo pouze sděleno téma pojmové mapy (buňka) a způsob, jakým mají pojmy propojovat dle toho, jak spolu souvisí (tj. „prostřednictvím čar a při charakteristice vztahů mezi pojmy užívat sloves“). Žákům byla také ukázána vzorová pojmová mapa zaměřená na fotosyntézu.



Obr. 12: Ukázka pojmové mapy vztahující se k učivu buňka (autorka pojmové mapy: Lucie H., žákyně sexty, zdroj: archiv autorky, použito se svolením autorky pojmové mapy a jejích rodičů)

3.3 Geneze žákovských prekonceptů v oblasti buněčné biologie směrem od základních škol ke středním školám

Výzkum žákovských (studentských) prekonceptů v oblasti přírodovědných oborů probíhá napříč různými státy světa již bezmála padesát let (Duit a Treagust, 2003; Maskiewicz et al., 2013; Gurel et al., 2015). Za tuto dobu byla sepsána celá série studií, jež si kladly za cíl diagnostikovat žákovské (studentské) představy na poli biologie, respektive biologie buněčné.

Některé studie se zabývaly stavbou a tvarem buňky (Storey, 1990; Tambo et al., 2003; Clément, 2007; Cisterna et al., 2013) a jiné zase funkcí jejích organel či buněčnými procesy v nich probíhajícími (Treagust a Haslam, 1986; Storey, 1990; Tambo et al., 2003; Yenilmez a Tekkaya, 2006; Švandová, 2014; Galvin et al., 2015). Četné výzkumy se orientovaly na buněčné rozmnožování (mitózu a meiózu), buněčný růst a s tím spjaté nevratné zvětšování objemu a hmotnosti mnohobuněčných organismů nebo také na uspořádání jednotlivých struktur v rámci mnohobuněčného těla (Kindfield, 1991; Lewis a Wood-Robinson, 2000; Brinschwitz, 2002; Brinschwitz et al., 2003; Öztap et al., 2003; Krüger et al., 2005; Riemeier, 2005; Duncan a Reiser, 2007; Verhoeff et al., 2008; Dikmenli, 2010; Newman et al., 2012; Lukša et al., 2016; Schneeweiss a Gropengiesser, 2019). Další práce se zaměřovaly na žákovské porozumění základům mendelistické genetiky, molekulární genetiky a molekulární biologie, tedy oborů, které jsou s buněčnou biologii pevně a neodmyslitelně spjaty a předpokládají její dostatečné osvojení (Kindfield, 1991; Banet a Ayuso, 2000; Lewis a Wood-Robinson, 2000; Lewis et al., 2000; Duncan a Reiser, 2007; Cisterna et al., 2013; Lukša et al., 2016; Vlckova et al., 2016; Jáč, 2017b).

3.3.1 Žákovské prekoncepte o buňce na základní škole

S buněčnou biologii se žáci poprvé setkávají na úrovni prvního stupně základní školy. Důkladněji se s ní však seznamují až na úrovni stupně druhého v šestém ročníku, příp. primě na gymnáziu, v rámci tematického celku „*Obecná biologie a genetika*“ (přírodopis; RVP ZV, 2017, s. 71). Navazují tak na látku letmo probíranou v predešlých ročnících a přibližují si základy buněčné biologie, zahrnující učivo o různých typech buněk dle organismu, který tvoří, o jejich rozličné stavbě a funkci. Podrobněji se také dozvídají o vzniku buňky, její fyziologii a biochemických procesech, odehrávajících se v buněčných organelách, či něco málo o buněčném rozmnožování (Cisterna et al., 2013; biologie; RVP G, 2007; přírodopis; RVP ZV, 2017). Některé učebnice, ve vazbě na standardy základního vzdělávání, žákům přibližují význačné biologické objevy učiněné na poli cytologie, počínaje šestnáctým

stoletím až do století 21., kterými bylo sestavení prvního mikroskopu, Hookovo objevení buňky, odhalení struktury molekuly DNA či třeba sekvenování genomů (viz kapitola 5).

Snaha žáků o pochopení uvedeného tematického celku stimuluje genezi celé řady prekonceptů. Cisterna et al. (2013) v tomto kontextu realizovali zajímavý experiment s devadesáti žáky pátých ročníků a padesáti čtyřmi žáky sedmých ročníků základní školy, jehož ústředním smyslem bylo zjištění žákovských prekonceptů o buňce spolu se základními koncepty genetiky na úrovni kurikula základní školy. Pro realizaci daného výzkumu a následné porovnání žákovských představ mezi ročníky bylo nezbytné znalosti žáků pátých tříd prohloubit, k čemuž si autoři zvolili tvorbu řady výukových aktivit, dotýkajících se klíčových oblastí buněčné biologie a genetiky v programu *Web-based Inquiry Science Environment*, s nímž žáci celkově pracovali po dobu osmi týdnů. Výsledky studie přinesly zjištění, že se oběma ročníkům díky práci s programem *WISE* podařilo maximalizovat své porozumění učivu o buňce, a poskytovat tak výzkumníkům detailnější a ucelenější odpovědi. Celkem 72 % žáků pátých ročníků rozlišovalo v odlišné struktuře buněk a bylo schopno uvést, které orgány nalezneme pouze v rostlinných buňkách. Dále 73 % žáků prokázalo elementární znalost přenosu genetické informace na příkladu rodičovských rostlin a jejich potomků a 70 % žáků sedmých ročníků také dále dokázalo odvodit správné fenotypy pro první a druhou fúziální generaci potomků při křížení dominantně homozygotní rostliny s rostlinou recesivně homozygotní. Konečně, 59 % žáků ve svých odpovědích navíc zohledňovalo principy jednoduchých genových interakcí a jejich vliv na příslušné typy fenotypů. Žákům obou ročníků činilo obzvláště velké potíže pochopit praktickou provázanost mezi pojmy: „*geny, alely, chromozomy a DNA*“ (Cisterna et al., 2013, s. 183), tedy důležitou problematiku, na níž je navazováno v průběhu dalšího vzdělávání na středních školách, zejména gymnaziálního typu, při studiu obecné biologie a genetiky (biologie; blíže viz RVP G, 2007).

K tomutož závěru dospěli také Lewis a Wood-Robinson (2000), Lewis et al. (2000) či autoři středoškolsky (příp. vysokoškolsky) orientovaných studií, blíže popsanych a znázorněných v podkapitole 3.3.2. Lewis a Wood-Robinson (2000) mapovali pojetí základních genetických fenoménů u žáků posledních ročníků osmi základních škol z West Yorkshire s využitím série vypisovacích otevřených i uzavřených otázek a rozhovoru. Výzkumný soubor čítal 482 žáků ve věkovém rozmezí čtrnácti až šestnácti let s různou úrovní v biologii. Aby tohoto bylo dosaženo, požádali autoři studie učitele z každé školy o vybrání právě tří tříd, jejichž žáci budou reprezentovat nadprůměrně dobrý, průměrně dobrý a slabší vzorek. K diagnostice prekonceptů pak autoři zvolili strategii týmové práce, kdy všichni

respondenti pracovali v malých skupinách o 3-4 žácích. Šetření ukázalo, že žáci nerozumějí vazbě mezi geny a genetickou informací, potažmo buněčným, resp. jaderným dělením; neví, zda se geny nacházejí ve všech buňkách, nebo pouze v některých, či to, kde konkrétně jsou uloženy. Pouze 39 % respondentů správně odpovědělo, že se geny nacházejí ve všech buňkách a jen dalších 8 % je bylo schopno umístit na chromozomy. Kromě toho 33 % dotazovaných nerozumělo termínu genetická informace a 60 % se domnívalo, že buňky obsahují pouze tu genetickou informaci, jež potřebují pro výkon příslušné funkce. Pouhých 20 % respondentů výzkumného souboru bylo přesvědčeno o tom, že všechny buňky daného organismu obsahují totožnou genetickou informaci. Žáci takřka nerozlišovali mezi tělními a pohlavními buňkami, mitotickým a meiotickým dělením, a pročež si neuvědomovali, kolik chromozomů v dané buňce bude, a jakým způsobem se bude rozmnožovat. Někteří si uvědomovali, že ku příkladu oplozené vajíčko musí obsahovat diploidní počet chromozomů (42 %), ale nevěděli, jakým mechanismem k nim přijde a v kontrastu s předešlým tvrdili, že samčí a samičí pohlavní buňky musí obsahovat odlišný počet chromozomů (65 %). Jen 12 % pak odvodilo nezbytnost genetické rekombinace při pohlavním rozmnožování. Pouze 43 % žáků však uvedlo, že k němu dochází nejen u živočichů, ale také u rostlin.

K obdobným závěrům dospěli také Lewis et al. (2000), kteří, stejně jako výše zmínění badatelé, analyzovali prekoncepce o základních konceptech genetiky u 482 žáků závěrečných ročníků základních škol. Oba autorské kolektivy ve svých textech poukázaly na velmi častou žákovskou domněnku, jež spočívá v tom, že různé buňky musí obsahovat odlišnou genetickou informaci, neboť vykonávají různé funkce, k nimž je právě tato rozdílná genetická informace předurčuje. V šetření Lewis et al. (2000, s. 129, překlad autorka) měli žáci v tomto smyslu za úkol rozlišit, zda se bude genetická informace lišit u: *dvou totožných somatických buněk (buňky bukální sliznice); dvou různých somatických buněk (buňka bukální sliznice a nervová buňka); somatické buňky a pohlavní buňky (buňka bukální sliznice a spermie); dvou pohlavních buněk (spermie)*. Následně měli na základě konkrétních příkladů rozhodnout, zda se genetická informace obsažená v somatických buňkách (*buňky bukální sliznice*) bude lišit u dvou různých jedinců téhož pohlaví. Celkem 59 % žáků uvádělo, že každá buňka obsahuje genetickou informaci, jež ji předurčuje pro výkon její funkce. Někteří si domnívali, že genetická informace bude pro všechny buňky téhož typu shodná. Pouhých 21 % žáků rozlišovalo mezi genetickou informací obsaženou v somatických buňkách a v buňkách pohlavních. Z 86 % tázaných, jež se domnívali, že genetická informace obsažená v buňkách bukální sliznice u dvou různých jedinců bude odlišná, dokázala toto tvrzení přesně podložit necelá 2 %. Taktéž jako Lewis a Wood-Robinson (2000) tak výzkumníci dospěli k názoru, že dotazování žáci ve svých

reakcích mnohdy pojevují zmatení a nedokáží formulovat relevantní zdůvodnění své odpovědi.

Lukša et al. (2016) svůj výzkum zaměřili na ověření žákovských prekonceptů o životním cyklu buněk, buněčném dělení a molekulárních základech dědičnosti. Výzkumného šetření se účastnilo celkem 1931 chorvatských žáků ze čtyřiceti jedna základních a třiceti šesti středních škol ve věkovém rozmězi 14 až 19 let. K získávání dat byly použity testy/dotazníky s uzavřenou odpovědí, zaměřené na učivo reprodukce. Jejich náročnost tvůrci testů vždy uzpůsobili věku testovaného souboru. Výsledky testování jasně prokázaly, že se žáci posledních ročníků základních škol, tj. zde osmých ročníků (14-15 let), obstojně neorientují ani v jedné z výše zmíněných oblastí a vykazují závažné miskoncepce. Žákům činilo velkou potíž buněčné rozmnožování, v rámci nějž dokonce někteří stavěli mitózu a meiózu na stejnou úroveň, jakožto dva synonymní děje. Na otázku, kolik molekul DNA se nachází ve všech buňkách lidského těla před započítím meiotického dělení ve vaječnicích nebo varlatech, dokázalo odpovědět pouze necelých 5 % žáků. Žádný žák osmého ročníku pak nerozuměl významu meiózy pro mnohobuněčné organismy ani ve své odpovědi nedokázal označit místo v lidském těle, kde toto buněčné dělení probíhá, tj. v ženské a mužské pohlavní žláze, a to i přes to, že správná odpověď byla součástí zadání předchozí otázky. O tom, že je pro žáky buněčné rozmnožování matoucí, svědčí i studie Öztap et al. (2003), která se koncentrovala na výuku tohoto tématu z pohledu třiceti šesti vyučujících přírodopisu. Celkem 41,66 % pedagogů v dotaznících s otevřenou odpovědí upozorňovalo na fakt, že pokud si žák v paměti dostatečně neukotví strukturu různých typů buněk, nebude posléze schopen procesu buněčného dělení porozumět.

Další problematickou oblastí je žákovské pojetí dějů, jež se odehrávají v buněčných strukturách. Na četné miskoncepce ve vztahu k rostlinnému dýchání (respiraci) a fotosyntéze u žáků základních i středních škol poukázali ve svých studiích například Treagust a Haslam (1986), Yenilmez a Tekkaya (2006), Švandová (2014) nebo Galvin et al. (2015). Švandová (2014) v rámci svého výzkumu diagnostikovala miskoncepce o fyziologii rostlin u českých žáků 6. - 9. ročníků základní školy. Miskoncepce byly zjišťovány prostřednictvím dvouúrovňového testu o devatenácti otázkách a dotazníkem čítajícím sedmnáct položek. Výzkumný soubor tvořilo celkem 108 žáků, z toho 55 dívek a 53 chlapců. Soubor byl posléze dělen na dvě skupiny (n=98 a n=10) dle oblíbeného předmětu respondentů, neboť sekundárním cílem studie bylo také stanovení míry chybných pojetí učiva na základě pohlaví žáka, aktuálně studovaného ročníku, oblíbeného předmětu ve škole a dle jeho vztahu k přírodopisu, resp. biologii. Zajímavou skutečností je, že pouze 10 žáků z celkového počtu 108 respondentů uvedlo za svůj oblíbený předmět ten přírodovědný (tj. zde biologie, fyzika, chemie a zeměpis;

nikoliv matematika).

Výsledky výzkumu Švandové (2014) naznačily nízkou znalost a pochopení procesů fotosyntézy a rostlinného dýchání u všech pozorovaných ročníků. Zajímavým zjištěním bylo také to, že se miskoncepce vyskytovaly častěji mezi dívkami a že se nikterak závažněji nelišily u žáků, kteří označili jako svůj oblíbený předmět jeden z výše jmenovaných přírodovědných (n=98) a těmi, jež uváděli humanitní předměty (n=10). Žákovské miskoncepce měly podobný charakter mezi všemi testovanými ročníky (6. - 9.). Nejčastější mylnou koncepcí bylo pojetí fotosyntézy a dýchání u rostlin jakožto dvou takřka stejných procesů, lišících se pouze svým názvem a dobou, v níž probíhají, tj. fotosyntéza pouze ve dne a dýchání pouze v noci. Zatímco v 6. ročníku bylo o této miskoncepti přesvědčeno 41,4 % žáků, v 9. ročníku tomu tak bylo až u 76,9 % žáků. 40 % žáků 7. ročníku a 23,1 % žáků 9. ročníku se pak domnívalo, že rostliny produkují kyslík jak ve dne, tak v noci. Žáci navíc často vůbec nevěděli, kde v rámci rostlinného těla tyto procesy probíhají. Jiný problém představovala výživa rostlin. Dále 75,9 % žáků 6. ročníku a 73,1 % žáků 9. ročníku uvedlo, že primární zdroj živin pro rostlinu představuje voda s rozpuštěnými minerálními látkami, aniž by si uvědomilo, že si živiny rostlina vytváří ve svém těle sama v průběhu fotosyntézy. Výsledky šetření Švandové (2014) byly zcela v souladu s jinými pracemi na toto téma. Příklady vybraných žákovských miskonceptů o fyziologii rostlin převzatých z práce Švandové (2014) a dalších autorů níže citovaných shrnuje tabulka 1.

Tab. 1: Příklady vybraných žákovských miskoncepcí o rostlinné respiraci a fotosyntéze (upraveno dle Treagust a Haslam, 1986, s. 18-19; Tekkaya, 2002, s. 261-262; Yenilmez a Tekkaya, 2006, s. 85; Švandová, 2014; s. 63-64; Galvin et al., 2015, s. 4, překlad autorka)

Žákovské miskoncepce o respiraci a fotosyntéze
Fotosyntéza a respirace jsou totožné děje (Tekkaya, 2002, s. 261)
Fotosyntéza a respirace jsou totožné děje, jež se liší pouze svým označením a denní dobou, v níž probíhají (Švandová, 2014; s. 63)
Fotosyntéza a respirace probíhají v rozdílných organelách (Švandová, 2014; s. 63)
Respiraci rozumíme výměnu oxidu uhličitého a kyslíku prostřednictvím rostlinných průduchů (Yenilmez a Tekkaya, 2006, s. 85)
Respirace představuje proces výměny plynů, během něhož je přijímán kyslík a uvolňován oxid uhličitý (Tekkaya, 2002, s. 261)
Respirace u rostlin probíhá pouze v buňkách listů (Yenilmez a Tekkaya, 2006, s. 85)
K výměně plynů u rostlin dochází pouze prostřednictvím průduchů na listech (Galvin et al., 2015, s. 4)
Zelené rostliny při respiraci přijímají oxid uhličitý a do ovzduší uvolňují kyslík (Yenilmez a Tekkaya, 2006, s. 85)
Zelené rostliny dýchají pouze v noci při absenci světelného záření (Yenilmez a Tekkaya, 2006, s. 85)
Rostliny dýchají tehdy, nemohou-li získat dostatek energie prostřednictvím fotosyntézy, zvířata dýchají neustále, neboť fotosyntézy nejsou schopna (Yenilmez a Tekkaya, 2006, s. 85)
Rostliny nedýchají, probíhá u nich pouze fotosyntéza (Tekkaya, 2002, s. 261)
Zelené rostliny nedýchají, probíhá u nich pouze fotosyntéza (Yenilmez a Tekkaya, 2006, s. 85)
Rostliny nedýchají, dýchají pouze živočichové (Treagust a Haslam, 1986, s. 19)
Fotosyntéza probíhá přes den, dýchání pouze v noci (Švandová, 2014; s. 63)
Hlavním účelem fotosyntézy je produkce kyslíku (Švandová, 2014; s. 64)
Při fotosyntéze se do ovzduší uvolňuje oxid uhličitý (Treagust a Haslam, 1986, s. 19)
Fotosyntéza rostlinám zajišťuje energii potřebnou pro růst (Yenilmez a Tekkaya, 2006, s. 85)
Fotosyntéza může probíhat pouze u zelených rostlin (Tekkaya, 2002, s. 262)
Nezelené rostliny, jimiž jsou například houby, mohou také fotosyntetizovat (Treagust a Haslam, 1986, s. 19)
Při fotosyntéze dochází k tvorbě anorganických sloučenin z organických (Galvin et al., 2015, s. 4)
Během fotosyntézy dochází k tvorbě škrobu (Treagust a Haslam, 1986, s. 19)
Rostliny produkují kyslík během dne i noci (Švandová, 2014; s. 64)
Rostliny přijímají kyslík za účelem produkce oxidu uhličitého (Švandová, 2014; s. 64)
Nejdůležitější zdroj živin pro rostlinu představuje voda s rozpuštěnými minerálními látkami, které jsou absorbovány prostřednictvím kořenového systému (Švandová, 2014; s. 64)
Rostliny pohlcují všechny barvy světelného spektra kromě zelené; zelené světlo se od rostlin odráží, a tudíž není využíváno při fotosyntéze (Galvin et al., 2015, s. 4)

3.3.2 Žákovské prekoncepce o buňce na střední škole

Správné koncepce, prekoncepce a miskoncepce nabyté v předchozích stádiích učení a poznávání si s sebou žáci a studenti nesou dále do nadcházejících stupňů vzdělávání (Yip, 1998; Tanner a Allen, 2005), kde se mnozí z nich opětovně setkávají se studiem buněčné biologie a posléze genetiky. Na středních školách gymnaziálního typu je buněčná biologie, resp. genetiky, vyučována zejména v rámci těchto tematických celků (tematických okruhů): „*Obecná biologie*“, „*Biologie bakterií*“, „*Biologie protist*“, „*Biologie hub*“, „*Biologie rostlin*“, „*Biologie živočichů*“, „*Biologie člověka*“ a „*Genetika*“ (biologie; RVP G, 2007, s. 31- 34). Svou interdisciplinarností jsou však vetknuty i do dalšího přírodovědného oboru, kterým je chemie, a jí odpovídajícím tematickým celkům a učivu (viz např. „*Biochemie*“, chemie; RVP G, 2007, s. 31) - stejně tak se naopak v obou tematických celcích zrcadí poznatky ostatních přírodovědných oborů. V průběhu středoškolského vzdělávání žáci prohlubují své vědomosti v oblasti vzniku a evoluce buňky, resp. živých soustav (vznik jednobuněčnosti a mnohobuněčnosti); buněčné stavby, funkce a fyziologie; hierarchického uspořádání živých soustav od nejmenších jednotek, molekul, až po rostlinné a živočišné organismy (potažmo populace a společenstva) či v principu buněčného rozmnožování, mitózy a meiózy, a s tím spjatého rozmnožování jedinců; u rozličných typů buněk tvořící těla příslušných druhů organismů (biologie; RVP G, 2007).

Žákovské porozumění těmto fenoménům na úrovni středoškolského kurikula se stalo předmětem neutuchajícího zájmu pestré palety pedagogů a didakticky orientovaných badatelů (viz např. Brinschwitz, 2003; Riemeier, 2005; Duncan a Reiser, 2007; Vlckova et al., 2016; Jáč, 2017b). Buněčnou stavbou a funkcí se ve svých pracích zabývali například Storey (1990), Brinschwitz (2002) či Tambo et al. (2003). Storey (1990) ve své práci upozorňoval na četné miskoncepce, které se vyskytují v učebnicích biologie a které žáci učením se z nich přejímají. Vyzdvihoval například absenci schémat, příp. krátkého textu v učebnicích, jež by společně demonstrovaly odlišnou stavbu prokaryotické a eukaryotické buňky; porozumění této nestejnorodosti podle něj nicméně pomáhá žákům pochopit evoluci organismů. Upozornil také na nevhodné zobecňování rozmanitých funkcí buněčných organel, zjednodušování stavby buněčných membrán a buněčných komponentů či na nedostatečné vymezení velikosti různých druhů buněk. Jako příklad, mimo jiné, uvádí zjednodušenou stavbu buněčné stěny u rostlin. Podle Storeyho je takřka v každé učebnici uvedeno, že buněčnou stěnu tvoří celulóza, z čehož by žák mohl usuzovat, že se jedná pouze o její jedinou stavební složku. Tvoří ji však mnohé další látky, kterými jsou ku příkladu hemicelulóza, pektiny, proteiny,

lignin, suberin, kutin, vosky, chitin, slizy, aj., přičemž zmíněné celulosy obsahuje asi 25-40 % (Storey, 1990; Novák a Skalický, 2017), o čemž se v učebnicích již zpravidla nedočteme.

Brinschwitz (2002) vypracovala rozsáhlou analýzu žákovských miskoncepcí o stavbě a funkci buňky, buněčném rozmnožování, buněčném a organismálním růstu a regeneraci mnohobuněčných organismů u studentů středních i vysokých škol. Vycházela přitom z 11 empirických pramenů, zaměřených na tato témata, čítajících celkem 2055 dotazovaných žáků ze středních škol a 73 studentů učitelství na školách vysokých. Zkoumaní studenti pocházeli z 6 různých zemí, tj. z Austrálie, Chile, Německa, Anglie, Izraele a Mexika. Výsledky rešeršního šetření přinesly obdobná zjištění jako u jiných autorů. Myšlenky studentů se mnohdy neshodovaly s vědeckými koncepty, a to dokonce ani po probrání příslušného učiva ve výuce (srov. Lewis et al., 2000, s. 129 a 132). Studenti chybovali v základních konceptech buněčné biologie a měli tendenci na představy o buňce aplikovat svou předchozí zkušenost. Uvažovali například tak, že pokud při růstu vlastního organismu docházelo k jeho zvětšování a prodlužování, muselo k tomu docházet díky zvětšování a nabývání na objemu u jednotlivých buněk, daný organismus tvořících. Necháпали tedy, že ačkoliv organismus roste a zvětšuje svůj objem, buňky, jež jej tvoří, se v průběhu mitotického dělení souběžně fakticky zmenšují. K pochopení této problematiky je podle Brinschwitz (2002) nezbytné studentům látku demonstrovat prakticky, tak, aby si osvojili vlastní vědeckou zkušenost, z níž budou vycházet napříště, tj. badatelsky orientovaným přístupem.

Benefity *badatelsky orientované výuky biologie* (konkrétně při modelování ve výuce) oceňuje také Verhoeff et al. (2008). Z autory analyzovaných výukových situací u 72 patnáctiletých až šestnáctiletých jedinců bylo zcela patrné, že se díky laboratorní výuce povedlo některé žákovské miskoncepce vyvrátit přímo během vyučování. Žáci očekávali, že tvar a stavba buňky pod mikroskopem bude shodná se schémata v učebnicích. Někteří byli překvapeni značným množstvím různých buněčných struktur, jež v mikroskopu spatřili a s pomocí učitele identifikovali. Mysleli si také, že všechny buňky budou podobného tvaru a velikosti, avšak pohled na mikroskopické preparáty jim tyto chybné představy zcela vyvrátil. O tom, že studenti všech stupňů vzdělávání zapomínají na tvarovou rozmanitost buněk, svědčí i práce Clémenta (2007). Clément si povšiml toho, že žákovská i studentská kresba buňky včetně jejích organel mnohdy zrcadlí archetypální učebnicová schémata (v některých případech preparáty pozorovatelné světelným mikroskopem), která obvykle rostlinnou i živočišnou buňku vyobrazují jako dva univerzální modely, nezohledňující tím jejich typickou tvarovou a strukturní pestrost. Toto tudíž studenty vede k představě, že všechny rostlinné

a všechny živočišné buňky tvořící různé jednobuněčné i mnohobuněčné organismy jsou vlastně totožné. Živočišná buňka navíc v učebnicích nezřídka kdy bývá znázorňována samostatně, zatímco ta rostlinná jakožto součást určitého typu vyššího hierarchického celku, rostlinného pletiva (Clément, 2007).

Na stavbu buňky, její dělení a růst se zaměřovaly také práce Krüger et al. (2005) a Riemeier (2005), jež obě vycházely z Posnerovy teorie konceptuální změny. Studie Riemeier (2005) si kladla za cíl ověřit prekoncepce v kontextu metodické triangulace. Vycházela přitom ze třinácti publikací, jež zkoumaly 2717 žáků a 372 studentů učitelství ze 7 různých zemí. Samotný výzkum probíhal u žáků gymnázií z celkem 14 škol. K vlastní diagnostice prekonceptí autorka využila metody rozhovoru, přičemž během analýzy kladla větší důraz na nonverbální komunikaci oproti té verbální. Některé výsledky, jež tento komplexní průzkum přinesl, byly totožné jako u Brinschwitz (2002). Jednalo se například o to, že studenti mají všeobecně tendenci aplikovat na své porozumění buněčné biologii předešlou individuální zkušenost. Kontrastním však bylo zjištění, že studenti při schematickém znázornění buněčného rozmnožování kreslí dceřiné buňky menší než výchozí buňku mateřskou. Riemeier (2005) také odkazuje na zajímavou studii, podle níž často dochází k synonymnímu označování struktur na povrchu buněk, což lze spatřit i v kresbě žáka na obr. 6 (viz kapitola 3.2.2). Krüger et al. (2005), jež se zaměřili na zkoumání studentských prekonceptí v téže oblasti před a po instruktáži, naopak totožně s Brinschwitz (2002) uvádí, že si studenti buněčné dělení nespojují s paralelním zmenšováním dceřiných buněk a navyšovaním jejich počtu. Dodávají také, že se mnohé z těchto miskonceptí u studentů neodbourají ani po opětovné demonstraci daného učiva (Krüger et al., 2005). K obdobnému závěru v oblasti genetiky dospěli také Banet a Ayuso (2000) či Duncan a Reiser (2007).

Pochopením genetických fenoménů u žáků středních škol se kromě Banet a Ayuso (2000) spolu s Duncan a Reiser (2007) zabývali téže Vlckova et al. (2016) či Jáč (2017b). Vlckova et al. (2016) se zabírali žákovskými pojetí vybraných genetických konceptů na českých gymnáziích. Pilotážního šetření se zúčastnilo na 102 žáků čtvrtých ročníků ve věkovém rozmězí osmnácti až devatenácti let, přičemž ve výzkumném souboru dominovaly dívky (67 %). Testování probíhalo s použitím dvouúrovňového testu rozděleného na dvě dílčí části. Cílem studie bylo získat odpověď na 2 výzkumné otázky: „*Jaké miskoncepce mají středoškolští žáci o základních genetických pojmech (DNA, geny, alely a chromozomy)?; Má pohlaví žáka vliv na miskoncepce utvářené v oblasti genetiky?*“ (Vlckova et al., 2016, s. 740, překlad autorka). Výsledky studie přinesly zjištění, že se žáci nejméně orientují v oblasti konceptů DNA, RNA a geny. Žáci měli problém se stavbou DNA i její vazbou

na jiné koncepty. Někteří se domnívali, že je kyselina deoxyribonukleová tvořena pouze z aminokyselin. Kromě toho se 29 % dotazovaných domnívalo, že jednu chromatidu tvoří pouhý jeden gen a 35 % respondentů pak uvedlo, že je gen tvořen pořadím jednotlivých alel. Žáci dále nerozlišovali mezi somatickými a pohlavními buňkami a mnohdy uváděli, že se pohlavní chromozomy nacházejí pouze v pohlavních buňkách a nikoliv v somatických. Toto zjištění koresponduje s výsledky studií blíže popsanych v předešlé podkapitole. Další problematickou oblastí byla recesivita a dominance alel, ačkoliv o tomto konceptu měli žáci obecně největší povědomí. Výsledky průzkumu také ukázaly, že se v genetice o něco lépe orientovaly dívky. Vlckova et al. (2016) závěrem konstatovali, že gymnazisté obvykle nemají problém s poskytováním odpovědí, jež si žádají přesnou definici, avšak s dostatečným pochopením či propojováním látky a její následnou aplikací do jiných oblastí genetiky.

Banet a Ayuso (2000) se zaměřili na žákovské prekoncepce o umístění genetické informace v buňce před a po probrání daného učiva ve škole. Pokusili se porovnat výsledky těch žáků, kteří se genetiku učili tradičním způsobem a těch, kteří absolvovali výuku vedenou ke konstruktivismu. Cílem studie bylo, kromě diagnostiky prekonceptů, také ověření funkčnosti výukového programu sestaveného autory. Šetření bylo realizováno na vzorku 267 žáků v rozmezí 15-16 let (skupina dosud probírala pouze základy buněčné biologie), 109 žáků v rozmezí 16-17 let (skupina probírala základy buněčné biologie a mendelistické genetiky tradičním způsobem) a 177 žáků v rozmezí 15-16 let (skupina probírala základy buněčné biologie a navíc absolvovala výukový program sestavený autory). Výsledky podle očekávání prokázaly, že se chybná pojetí vyskytovala ve větší míře u mladších žáků. Představy starších žáků naopak nejvíce odrážely vědecká pojetí fenoménů. Žáci, jež se vzdělávali tradičním způsobem, vykazovali závažnější miskoncepce než ti, kteří byli vzděláváni konstruktivistickým přístupem. Někteří respondenti se například domnívali, že geny podmiňující barvu očí nalezneme pouze v buňkách očí a pohlavních buňkách, neboť se jich fenotypový projev daných genů přímo dotýká (Banet a Ayuso, 2000).

Duncan a Reiser (2007) se pokusili zmapovat žákovská pojetí v oblasti molekulární genetiky. Ve své práci upozornili, mimo jiné, na neschopnost žáků propojovat stavbu a funkci jednotlivých hierarchických úrovní od genetické informace až po jednotlivé orgány. Problematiky úrovně organizace v biologii (nejen u organismů) se dotkli také Schneeweis a Gropengiesser (2019). Autoři ve studii upozornili na diskutabilní myšlenku nadřazenosti a podřazenosti jednotlivých struktur. Podle Schneeweise a Gropengiessera je toto vymezení chybné, neboť vyšší celky (například orgán) by bez menších (například buňka) nebyly schopny existence (jsou jim de facto souběžně podřízeny), a tudíž nelze jednoznačně konstatovat,

zda je vyšší celek nadřazen (resp. podřízen) nižšímu či naopak nižší celek vyššímu. Tvrdí také, že je zapotřebí, aby si žák uvědomoval vzájemnou propojenost a sounáležitost všech jednotek v biologii od molekul přes organismy až po společenstva včetně všech vztahů, jež je pojí, od těch ekologických po ty fylogenetické (Schneeweis Gropengiesser 2019).

Tab. 2: Příklady vybraných žákovských miskoncepcí o buňce napříč všemi vzdělávacími stupni (Lewis a Wood-Robinson, 2000, s. 126-129 a 131; Tekkaya, 2002, s. 262; Dikmenli, 2010, s. 240 a 242-244; Coley a Tanner, 2012, s. 211-212, překlad autorka)

Žákovské miskoncepce o buňce a buněčném dělení
Chromozomy a DNA se v jádře vyskytují odděleně (Tekkaya, 2002, s. 262)
Počet chromozomů je vázán na životaschopnost buňky (Lewis a Wood-Robinson, 2000, s. 131)
Vajíčko a spermie obsahují různý počet chromozomů (Lewis a Wood-Robinson, 2000, s. 128)
Spermie obsahuje více/méně chromozomů než vajíčko (Lewis a Wood-Robinson, 2000, s. 129)
Geny a alely jsou totéž (Tekkaya, 2002, s. 262)
Geny obsahují alely/Alely obsahují geny (Tekkaya, 2002, s. 262)
Geny se nacházejí pouze v určitých buňkách, například v těch pohlavních (Lewis a Wood-Robinson, 2000, s. 126)
Změna jediného genu v organismu by vedla ke vzniku nového organismu (Coley a Tanner, 2012, s. 211)
Každá buňka obsahuje odlišnou genetickou informaci (Lewis a Wood-Robinson, 2000, s. 127)
Jelikož se buňky liší svým vzhledem, musí obsahovat odlišnou genetickou informaci (Coley a Tanner, 2012, s. 211)
Buňky obsahují takovou genetickou informaci, již potřebují k výkonu jejich funkce (Lewis a Wood-Robinson, 2000, s. 127)
Genetická informace je předávána do dalších buněk při každém buněčném dělení (Lewis a Wood-Robinson, 2000, s. 127)
Při buněčném dělení jsou chromozomy a (nebo) genetická informace přenášeny do dceřiných buněk, avšak nedochází k jejich replikaci (Lewis a Wood-Robinson, 2000, s. 131)
Chromozom je v průběhu buněčného dělení vždy dvouchromatidový (Dikmenli, 2010, s. 244)
K replikaci DNA dochází v profázi (Tekkaya, 2002, s. 262)
K replikaci DNA dochází mezi profází a metafází v průběhu buněčného dělení (Dikmenli, 2010, s. 240)
Počet chromozomů zůstane na konci meiózy I stejný a na konci meiózy II se zredukuje na polovinu (Dikmenli, 2010, s. 240)
Interfáze je klidovou fází mitózy (Dikmenli, 2010, s. 243)
Centrioly se nacházejí v jádru buňky (Dikmenli, 2010, s. 242)
Buněčná smrt je neobvyklá a patologická (Coley a Tanner, 2012, s. 212)

4 METODIKA

Původním cílem praktické části této bakalářské práce mělo být provedení předvýzkumu vybraných žákovských prekonceptů v oblasti buněčné biologie s využitím konceptových testů a rozhovorů sloužících k jejich identifikaci. Konceptové šetření mělo probíhat u žáků 5., 6. a 7. ročníků vybraných škol Olomouckého kraje v období měsíců května/června 2020 a září/října 2020. Prekoncepty žáků 5. tříd (tj. před absolvováním tematického celku buněčné biologie) a 6. tříd (tj. po absolvování daného tematického celku) měly být diagnostikovány před prázdninami (květen/červen 2020). Poprázdninové šetření (září/říjen 2020) se mělo zaměřit na žáky 7. tříd (stejný výzkumný vzorek jako před prázdninami, tj. žáky bývalých 6. tříd) a ověřit žákovské prekoncepty o buněčné biologii u téže skupiny žáků s odstupem času. Z důvodu vypuknutí pandemie COVID-19 a s ní spojenými mimořádnými opatřeními dopadajícími i na oblast školství však nebylo možno autorkou zamýšlený výzkum provést. Zadání bakalářské práce tak muselo být nutně změněno a původní realizace předvýzkumu z něj byla vypuštěna. V rámci praktické části práce byla alternativně vypracována pouze obsahová analýza učiva buněčné biologie v současných učebnicích přírodopisu pro 2. stupeň ZŠ (a odpovídající ročníky víceletých gymnázií) a na jejím základě sestaveny 4 konceptové testy sloužící k diagnostice žákovských prekonceptů, jež bude možno použít při realizaci výzkumu v práci diplomové.

4.1 Obsahová analýza tematického celku buněčné biologie v učebnicích přírodopisu

Pro realizaci obsahové analýzy bylo vybráno celkem 10 učebnic přírodopisu pro 6. ročníky základních škol a odpovídající ročníky víceletých gymnázií většiny ucelených řad (viz tab. 3), jež jsou ve výuce na školách recentně používány. Analyzované učebnice byly vybírány záměrně tak, aby obsahovaly učivo buněčné biologie napříč různými kapitolami.

Tab. 3: Seznam analyzovaných učebnic přírodopisu pro 6. ročníky ZŠ a odpovídající ročníky víceletých gymnázií

Analyzované učebnice přírodopisu	Autor	Nakladatelství	Ročník
Hravý přírodopis 6: Učebnice pro 6. ročník ZŠ a víceletá gymnázia	Žídková a Knůrová (2017)	Taktik 2017	6.
Přírodopis 6: Učebnice pro základní školy a víceletá gymnázia - nová generace	Pelikánová et al. (2014)	Fraus 2014	6.

Analyzované učebnice přírodopisu	Autor	Nakladatelství	Ročník
Přírodopis 6: Vývoj života na Zemi - Obecná biologie - Biologie hub. Učebnice pro 6. ročník základní školy	Dančák a Sedlářová (2011)	Prodos 2011	6.
Ekologický přírodopis pro 6. ročník základní školy	Kvasničková et al. (2009)	Fortuna 2009	6.
Přírodopis 6 - 1. díl: Obecný úvod do učiva přírodopisu (učebnice)	Kučera et al. (2007)	Nová Škola 2007	6.
Přírodopis 6 pro základní školy - Zoologie a botanika	Černík et al. (2007)	SPN 2007	6.
Přírodopis pro 6. ročník – Botanika 1, Zoologie 1: Učebnice pro základní školy a nižší stupeň víceletých gymnázií	Maleninský et al. (2004)	ČGS 2004	6.
Přírodopis pro 6. ročník základní školy	Kočárek a Kočárek (1998)	JINAN 1998	6.
Přírodopis 6	Jurčák et al. (1997)	Prodos 1997	6.
Přírodopis I pro 6. ročník ZŠ	Dobroruka et al. (1997)	Scientia 1997	6.

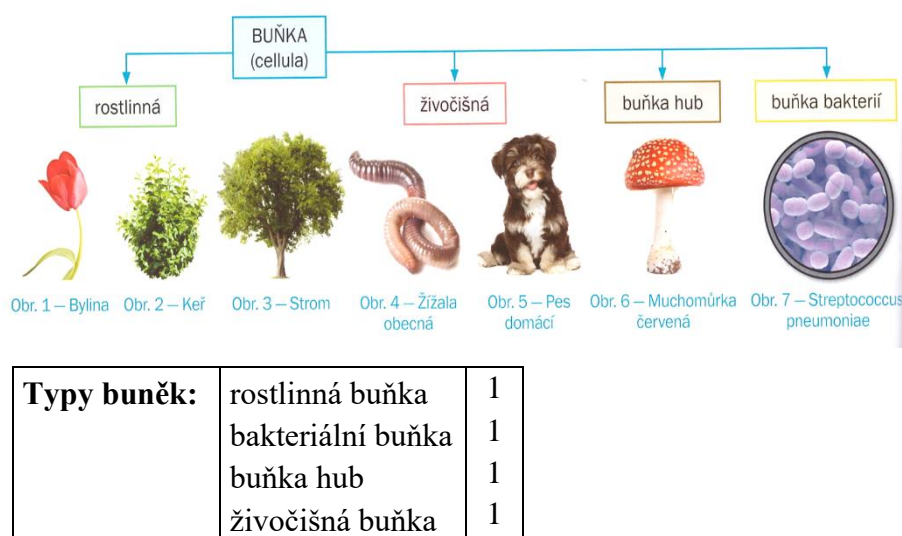
Primárním cílem analýzy bylo srovnání přítomnosti vybraných pojmů a tvrzení v oblasti učiva buněčné biologie v současných učebnicích přírodopisu, stanovení relativních četností pojmů a tvrzení spolu se stanovením hustoty zastoupení v jednotlivých učebnicích a následná komparace zjištěných výsledků.

Na základě pojmů a tvrzení detekovaných v učebních textech byly postupně při analýze stanoveny hlavní kategorie (koncepty) a příslušné dílčí subkategorie, které hlavní koncept dále rozvíjely. Hlavní identifikované koncepty sumarizuje tabulka 4.

Tab. 4: Přehled hlavních konceptů identifikovaných v rámci obsahové analýzy

Hlavní koncepty
Hierarchické uspořádání živých organismů
Buňka v historickém kontextu
Buněčná teorie
Skupiny organismů dle počtu/složitosti vnitřní stavby buněk, jež je tvoří
Typy buněk
Tvar buněk
Velikost buněk
Stavba (struktura) buňky
Funkce buněčných organel
Dělení buněk (mitóza)
Evoluce buňky

Identifikování hlavních konceptů a kódování dat probíhalo metodou zakotvené teorie (viz Hendl, 2005) v programu Microsoft Excel. Do přehledové tabulky byly kódovány jak položky vyskytující se ve výkladovém textu, tak popisky u obrázků - nikoliv však obrázky samotné, neboť jsem předpokládala, že si žáci mají osvojit především učivo (například vybrané orgány živočišné a rostlinné buňky), které je v učebnici předkládáno písemnou formou (tzn. v grafických vizualizacích označeno popiskem). Pokud se daný pojem (tvrzení) v učebním textu vyskytoval, byl v tabulce kódován hodnotou „1“. Pokud se pojem (tvrzení) v učebním textu nevyskytoval, byl kódován hodnotou „0“.



Obr. 13: Ukázka kódování u konceptu „Typy buněk“ na příkladu učebnice Hravý přírodopis 6 (převzato z Žídková a Knůrová, 2017, s. 16).

Pojmy a tvrzení byly v konceptech a dílčích subkategoriích organizovány sestupně dle relativní četnosti jejich zastoupení (0-100 %) v rámci všech 10 analyzovaných učebnic. Hustota zastoupení pojmů (0-100 %) pak byla stanovována i pro jednotlivé koncepty, resp. subkategorie, za každou učebnici zvlášť dle metodiky M. Jenišové (2019, s. 25-26).

4.2 Příprava konceptových testů

Příprava výzkumného nástroje vycházela z dílčích poznatků literární rešerše i ze zpracované obsahové analýzy tématu *buněčná biologie* v učebnicích přírodopisu a konceptů, resp. subkategorií, v ní obsažených. Při sestavování testů byly reflektovány diagnostické metody pedagogicko-psychologického výzkumu dle Gavory (2010) a Chrásky (2016). Celkem byly sestaveny 4 konceptové testy, které se zaměřovaly na: typy buněk a jejich vnitřní stavbu; hierarchické uspořádání živých organismů; funkci buněčných

organel a na buněčné rozmnožování.

Každý z konceptových testů začíná krátkou tabulkou požadující vyplnění základních demografických údajů o respondentovi/respondence (tj. škola, pohlaví, aktuálně studovaný ročník a věk). Otázky v testech jsou dominantně koncipovány jako otevřené z důvodu možnosti komplexnější diagnostiky žákovských prekonceptů (blíže viz podkapitola 3.2.1). Otázky v konceptovém testu, zaměřeném na hierarchické uspořádání živých soustav, jsou naopak koncipovány jako uzavřené, neboť i tak jasně odrážejí respondentovy představy o nadřazenosti a podřazenosti příslušných struktur tvořících rostlinná a živočišná těla. Veškeré otázky vycházejí z toho, co by měl žák na úrovni 6. ročníku (a výše) po absolvování tematického celku buněčné biologie již znát - kognitivní náročnost úloh je tedy zcela přizpůsobena věku žáků. Při zodpovídání otázek a řešení úloh má respondent/ka také za úkol označit, do jaké míry je si jist/jista správností své odpovědi (tj. určitě ano, spíše ano, spíše ne, určitě ne = jen hádám) dle Hasan et al. (1999, s. 294-297). Tato Likertova škála byla v českém jazyce dříve použita např. v práci Koskové (2018); pro hodnocení žákovských prekonceptů v oblasti mikroskopie ji využívá Jáč (2018). Podrobnější obsahová charakteristika a zdroje pro zpracování konceptových testů jsou uvedeny ve výsledkové části bakalářské práce – viz kapitola 5.2.

Obsahovou a konstruktovou validitu konceptových testů ověřil vedoucí bakalářské práce RNDr. Martin Jáč, Ph.D. spolu s RNDr. Vandou Janšovou, Ph.D. z Katedry učitelství a didaktiky biologie Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy v Praze. Přípomínky obou posuzovatelů byly zapracovány do jejich konečné podoby.

5 VÝSLEDKY

5.1 Obsahová analýza učiva buněčné biologie v učebnicích přírodopisu

Obsahová analýza učiva buněčné biologie se věnovala 11 hlavním konceptům (viz tab. 4, kap. 4.1) a jejich dílčím subkategoriím v učebnicích přírodopisu pro 6. ročník ZŠ a odpovídající ročníky víceletých gymnázií. Výsledky obsahové analýzy za jednotlivé koncepty buněčné biologie shrnují tabulky 5-15.

Tabulka 5 se zaměřuje na učivo o *hierarchickém uspořádání živých organismů*. Vyplývá z ní, že nejhojněji zastoupenými hierarchickými strukturami napříč učebnicemi jsou buněčné orgány, buňka, jednobuněčný organismus a mnohobuněčný organismus/tělo. Ve většině z nich se pak objevují také organické a anorganické látky, sloučeniny; tkáň/pletivo, živočišný orgán/rostlinný orgán a orgánová soustava. Nejméně zastoupenou hierarchickou strukturou je naopak atom, jenž se vyskytuje pouze ve 4 z 10 analyzovaných učebnic, a to v učebnicích od nakladatelství Prodos 1997, Prodos 2011, Fraus 2014 a Taktik 2017.

Tabulka 6 shrnuje výsledky analýzy učiva o *buňce v historickém kontextu*. K nejčastěji uváděným historickým milníkům buněčné biologie v tomto kontextu patří počátky mikroskopie a první pozorování buněk, objevy Antoniho van Leuwenhoeka a sestavení jeho mikroskopu či objev mikroorganismů (bakterií, kvasinek, nálevníků). Pouze 5 učebnic však zmiňuje jméno Roberta Hooke, jakožto prvního pozorovatele buňky. Latinský termín označení pro buňku (*cellula*), jenž zavedl právě Hooke, pak zmiňují 4 z nich. Jméno Zachariase Janssena, jakožto předpokládaného konstruktéra prvního prototypu mikroskopu uvádí jen 2 učebnice. Z analýzy také vyplývá, že většina učebnic vůbec nezmiňuje izolaci DNA, odhalení struktury molekuly DNA, konstrukci prvního elektronového mikroskopu či například čtení genomu. Elektronovou mikroskopii, jež vedla k popisu mnoha buněčných struktur, však souběžně zmiňuje až 5 učebnic přírodopisu. Z analýzy vyplývá, že učivo o buňce je nejkompexněji zmapováno v učebnicích Prodos 2011 a Taktik 2017.

Tabulka 7 se zaměřuje na učivo ve vztahu k *buněčné teorii*. Základní teze („*buňka je základní stavební a funkční jednotkou živých organismů*“) této teorie je obsažena ve všech 10 analyzovaných učebnicích. Polovina z nich souběžně zmiňuje jméno českého badatele Jana Evangelisty Purkyně, jež jako první charakterizoval její východiska. Pouze dvě učebnice, Prodos 2011 a Taktik 2017, pak zmiňují také Matthiase J. Schleidena a Theodora Schwanna, kteří stojí za jejím zformulováním. Stejně jako u předchozí tabulky platí, že učivo ve vazbě na buněčnou teorii je nejvíce zastoupeno v učebnicích Prodos 2011 a Taktik 2017.

Tab. 5: Srovnání přítomnosti vybraných pojmů a tvrzení v rámci učiva o hierarchickém uspořádání živých organismů v současných učebnicích přírodopisu pro 6. ročník ZŠ a odpovídající ročníky víceletých gymnázií

Koncepty	Pojmy a tvrzení	Učebnice										Relativní zastoupení pojmu (%)
		Scientia 1997	Prodos 1997	JINAN 1998	ČGS 2004	SPN 2007	Nová škola 2007	Fortuna 2009	Prodos 2011	Fraus 2014	Taktik 2017	
Hierarchické uspořádání živých organismů												
	buněčné organely	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100,00
	buňka	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100,00
	jednobuněčný organismus	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100,00
	mnohobuněčný organismus/tělo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100,00
	organické a anorganické látky, sloučeniny	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	90,00
	tkáň/pletivo	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	90,00
	živočišný orgán/rostlinný orgán	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	90,00
	orgánová soustava	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	80,00
	chemický prvek	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	60,00
	molekula	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	50,00
	atom	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	40,00
Hustota zastoupení pojmů (%)		72,73	100,00	72,73	90,91	72,73	81,82	63,64	100,00	72,73	90,91	-

Tab. 6: Srovnání přítomnosti vybraných pojmů a tvrzení v rámci učiva o buňce v historickém kontextu v současných učebnicích přírodopisu pro 6. ročník ZŠ a odpovídající ročníky víceletých gymnázií

Koncepty	Pojmy a tvrzení	Učebnice										Relativní zastoupení pojmu (%)
		Scientia 1997	Prodos 1997	JINAN 1998	ČGS 2004	SPN 2007	Nová škola 2007	Fortuna 2009	Prodos 2011	Fraus 2014	Taktik 2017	
Buňka v historickém kontextu	počátky mikroskopie a první pozorování buněk	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	90,00
	Antoni van Leeuwenhoek a jeho mikroskop	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	80,00
	objev mikroorganismů (bakterie, kvasinky, nálevníci)	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	80,00
	sestrojení a zdokonalení mikroskopu	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	70,00
	elektronová mikroskopie (popis stavby organel)	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	50,00
	Robert Hooke, Hookův jednoduchý mikroskop	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	50,00
	objev a pojmenování buňky, vznik nauky o buňce, cellula (od "komůrka")	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	40,00
	objev krevních buněk (červených krvinek)	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	30,00
	Zacharias Janssen a první mikroskop	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	30,00
	objev gamet (spermii)	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	20,00
	první pozorování živočišných tkání	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	20,00

Tab. 6 - pokračování

Koncepty	Pojmy a tvrzení	Učebnice										Relativní zastoupení pojmu (%)
		Scientia 1997	Prodos 1997	JINAN 1998	ČGS 2004	SPN 2007	Nová škola 2007	Fortuna 2009	Prodos 2011	Fraus 2014	Taktik 2017	
	dokončeno čtení lidské dědičné informace	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	10,00
	Ernst Ruska, konstrukce prvního elektronového mikroskopu	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	10,00
	izolace DNA (19. století)	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	10,00
	James Watson, Francis Crick, Maurice Wilkins a Rosalinda Franklinová, odhalení struktury molekuly DNA (20. století)	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	10,00
	vznik histologie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	10,00
	zjištění, že DNA nese genetickou informaci (20. století)	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	10,00
Hustota zastoupení pojmů (%)		17,65	29,41	41,18	23,53	23,53	29,41	0,00	76,47	47,06	76,47	-

Tab. 7: Srovnání přítomnosti vybraných pojmů a tvrzení v rámci učiva o buněčné teorii v současných učebnicích přírodopisu pro 6. ročník ZŠ a odpovídající ročníky víceletých gymnázií

Koncepty	Pojmy a tvrzení	Učebnice										Relativní zastoupení pojmu (%)
		Scientia 1997	Prodos 1997	JINAN 1998	ČGS 2004	SPN 2007	Nová škola 2007	Fortuna 2009	Prodos 2011	Fraus 2014	Taktik 2017	
Buněčná teorie	buňka je základní stavební a funkční jednotkou živých organismů obsahující různé orgány; všechny živé organismy se skládají z jedné nebo více (mnoha) buněk	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100,00
	Jan Evangelista Purkyně	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	50,00
	Matthias Jacob Schleiden	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	20,00
	Theodor Schwann	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	20,00
	objev a popis jádra živočišné buňky (ptačí vejce)	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	20,00
	základy teorie byly položeny již v 19. století	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	20,00
Hustota zastoupení pojmů (%)		16,67	16,67	33,33	16,67	33,33	16,67	16,67	100,00	33,33	100,00	-

Tabulka 8 shrnuje výsledky analýzy učiva o *skupinách organismů dle počtu/složitosti vnitřní stavby buněk, jež je tvoří*. Nejzastoupenějším (100 %) je členění organismů na jednobuněčné a mnohobuněčné. Pouze 4 učebnice (nakladatelství Scientia 1997, ČGS 2004, Prodos 2011 a Taktik 2017) vylišují také prokaryotické a eukaryotické organismy dle strukturní složitosti příslušné/ých buňky/ěk daný organismus tvořící/ích.

Tabulka 9 se zaměřuje na učivo o *typech buněk*. Hlavní koncept *Typy buněk* je zde následně rozveden do 4 subkategorií. Subkategorie pojednávající o typologii buněk dle *složitosti vnitřní stavby* je nejvíce zastoupen v učebnicích od vydavatelství Scientia 1997, Prodos 2011 a Taktik 2017. Takřka všechny učebnice zmiňují také mateřskou a dceřinou buňku ve vazbě na subkategorii „*Buňky v kontextu buněčného dělení*“. Subkategorie „*Rozmanitost živočišných buněk*“ je nejvíce zastoupena v učebnicích od vydavatelství ČGS 2004 a Taktik 2017, přičemž mezi nejhojněji zastoupené typy živočišných buněk patří pohlavní buňky (gamety, spermie), zygota, nervová buňka, pokožková buňka, krevní buňky (krvinky), svalová buňka a žahavá buňka. Mezi nejméně zastoupené typy buněk pak patří například chemorecepční buňka, chromatofor, nefrocyt či Purkyňova buňka a Purkyňovo vlákno. Subkategorie „*Rozmanitost rostlinných buněk*“ je nejvíce zastoupen v učebnicích SPN 2007 (100 %) a Scientia 1997. V rámci něj patří k nejvíce zastoupeným typům spora (výtrus), pokožková buňka či buňky pokožky cibule kuchyňské ve vazbě na zadání laboratorních úloh. Nejméně zastoupeny jsou pak například pohlavní buňky (oosféra a spermatozoid), jež se vyskytují pouze 2 učebnicích, a svěrací buňky průduchů, jež jsou zastoupeny pouze v 1 učebnici (SPN 2007).

Tabulka 10 shrnuje výsledky analýzy v rámci učiva o *tvarech buněk*. Nejuváděnějšími tvary v rámci všech 10 učebnic jsou kulatý, tyčinkovitý (bacil) či variace tyčinkovitého tvaru. 8 učebnic zmiňují také proměnlivý tvar a stálý tvar (5 učebnic) s ohledem na charakter buněčné stěny (resp. cytoplazmatické membrány).

Tabulka 11 srovnává přítomnost učiva o *velikostech buněk*. To je nejvíce zastoupeno v učebnicích Scientia 1997 a Fraus 2014. V tomto ohledu je nejčastěji zmiňována velikost rostlinné a živočišné buňky. Učebnice nakladatelství JINAN 1998, ČGS 2004 a Prodos 2011 naopak velikostní rozdíly buněk nezmiňují vůbec.

Tabulka 12 shrnuje výsledky analýzy učiva o *stavbě (struktuře) buňky*. Tento celek je nejvíce zastoupen v učebnicích SPN 2007 a Taktik 2017. Mezi nejméně uváděné struktury patří například fimbrie, škrobová zrna, chromoplast a leukoplast, lyzozóm či překvapivě jádérko (pouze Taktik 2017).

Tab. 8: Srovnání zastoupení vybraných pojmů a tvrzení v rámci učiva o skupinách organismů dle počtu/složitosti vnitřní stavby buněk, jež je tvoří, v současných učebnicích přírodopisu pro 6. ročník ZŠ a odpovídající ročníky víceletých gymnázií

Koncepty	Pojmy a tvrzení	Učebnice										Relativní zastoupení pojmu (%)
		Scientia 1997	Prodos 1997	JINAN 1998	ČGS 2004	SPN 2007	Nová škola 2007	Fortuna 2009	Prodos 2011	Fraus 2014	Taktik 2017	
Organismus dle počtu buněk, jež jej tvoří	jednobuněčný	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100,00
	mnohobuněčný	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100,00
Hustota zastoupení pojmů (%)		100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	-
Organismus dle složitosti vnitřní stavby buňky, jež jej tvoří	prokaryotický	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	40,00
	eukaryotický	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	40,00
Hustota zastoupení pojmů (%)		100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	100,00	-

Tab. 9: Srovnání zastoupení vybraných pojmů a tvrzení v rámci učiva o rozličných typech buněk v současných učebnicích přírodopisu pro 6. ročník ZŠ a odpovídající ročníky víceletých gymnázií

Koncepty	Pojmy a tvrzení	Učebnice										Relativní zastoupení pojmu (%)
		Scientia 1997	Prodos 1997	JINAN 1998	ČGS 2004	SPN 2007	Nová škola 2007	Fortuna 2009	Prodos 2011	Fraus 2014	Taktik 2017	
Typy buněk:	roslinná buňka	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100,00
	bakteriální buňka	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100,00
	buňka hub	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100,00
	živočišná buňka	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	90,00
Hustota zastoupení pojmů (%)		100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	75,00	100,00	100,00	100,00	-
Typy buněk dle složitosti vnitřní stavby	prokaryotická buňka	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	30,00
	eukaryotická buňka	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	30,00
Hustota zastoupení pojmů (%)		100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	100,00	-
Buňky v kontextu buněčného dělení	mateřská buňka	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100,00
	dceřiná buňka	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	90,00
Hustota zastoupení pojmů (%)		100,00	100,00	100,00	100,00	50,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	-

Tab. 9 - pokračování

Koncepty	Pojmy a tvrzení	Učebnice										Relativní zastoupení pojmu (%)
		Scientia 1997	Prodos 1997	JINAN 1998	ČGS 2004	SPN 2007	Nová škola 2007	Fortuna 2009	Prodos 2011	Fraus 2014	Taktik 2017	
Rozmanitost živočišných buněk	pohlavní buňka (gameta) - samičí (vajíčko); samčí (spermie)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100,00
	nervová buňka	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	90,00
	Oplozené vajíčko (zygota)	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	90,00
	pokožková buňka	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	90,00
	krevní buňky (krvinky)	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	80,00
	svalová buňka	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	80,00
	žahavá buňka	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	80,00
	červená krvinka	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	70,00
	smyslová buňka	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	70,00
	hmatová buňka	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	60,00
	kostní buňka	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	60,00
	vylučovací buňka (plaménková)	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	60,00
	čichová buňka	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	40,00
	ptačí vejce	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	40,00
	žabí vejce	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	40,00

Tab. 9 - pokračování

Koncepty	Pojmy a tvrzení	Učebnice										Relativní zastoupení pojmu (%)
		Scientia 1997	Prodos 1997	JINAN 1998	ČGS 2004	SPN 2007	Nová škola 2007	Fortuna 2009	Prodos 2011	Fraus 2014	Taktik 2017	
	žaludeční buňka (trávicí)	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	40,00
	bílá krvinka	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	30,00
	jaterní buňka	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	30,00
	slepičí vejce	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	30,00
	světločivná buňka	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	30,00
	zraková buňka	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	30,00
	chemorecepční buňka	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	10,00
	buňky umožňující změnu zbarvení chobotnic	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	10,00
	buňka ledvin	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	10,00
	nefrocyt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	10,00
	buňka potních žláz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	10,00
	Purkyňova buňka	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	10,00
	Purkyňovo vlákno (svalová buňka v srdci)	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	10,00
	buňka ústní sliznice	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	10,00
	vajíčko obojživelníků a plazů	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	10,00
	vajíčko ryb	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	10,00

Tab. 9 - pokračování

Koncepty	Pojmy a tvrzení	Učebnice										Relativní zastoupení pojmu (%)
		Scientia 1997	Prodos 1997	JINAN 1998	ČGS 2004	SPN 2007	Nová škola 2007	Fortuna 2009	Prodos 2011	Fraus 2014	Taktik 2017	
	vejce pštrosa	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	10,00
Hustota zastoupení pojmů (%)		46,88	37,50	50,00	53,13	40,63	40,63	28,13	25,00	43,75	56,25	-
Rozmanitost rostlinných buněk	spora (výtrus, nepohlavní rozmnožovací buňka)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100,00
	pokožková buňka	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	90,00
	buňky pokožky cibule kuchyňské	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	80,00
	buňky lístku (mechu měříku, vodního moru, zelence, aj.)	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	60,00
	pohlavní buňka (gameta) - samičí (vajíčko); samčí (pylové zrno, pylové zrnko)	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	30,00
dužiny (rajčete, šípku)	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	20,00	

Tab. 9 - pokračování

Koncepty	Pojmy a tvrzení	Učebnice										Relativní zastoupení pojmu (%)
		Scientia 1997	Prodos 1997	JINAN 1998	ČGS 2004	SPN 2007	Nová škola 2007	Fortuna 2009	Prodos 2011	Fraus 2014	Taktik 2017	
	pohlavní buňka (gameta) - samičí (oosféra, vaječná buňka); samčí (spermatozoid)	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	20,00
	svěrací buňky (průduchů)	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	10,00
Hustota zastoupení pojmů (%)		62,50	37,50	50,00	50,00	100,00	50,00	37,50	37,50	37,50	50,00	-

Tab. 10: Srovnání zastoupení vybraných pojmů a tvrzení v rámci učiva o tvarech buněk v současných učebnicích přírodopisu pro 6. ročník ZŠ a odpovídající ročníky víceletých gymnázií

Koncepty	Pojmy a tvrzení	Učebnice										Relativní zastoupení pojmu (%)
		Scientia 1997	Prodos 1997	JINAN 1998	ČGS 2004	SPN 2007	Nová škola 2007	Fortuna 2009	Prodos 2011	Fraus 2014	Taktik 2017	
Tvar buněk	kulatý/kulovitý (kok)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100,00
	tyčinkovitý (bacil, oválný)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100,00
	variace tyčinkovitého tvaru (vibria, spirochety, aj.)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100,00
	proměnlivý (měňavkovitý)	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	80,00
	stálý (viz buněčná stěna)	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	50,00
Hustota zastoupení pojmů (%)		100,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	100,00	100,00	-

Tab. 11: Srovnání zastoupení vybraných pojmů a tvrzení v rámci učiva o velikostech buněk v současných učebnicích přírodopisu pro 6. ročník ZŠ a odpovídající ročníky víceletých gymnázií

Koncepty	Pojmy a tvrzení	Učebnice										Relativní zastoupení pojmu (%)
		Scientia 1997	Prodos 1997	JINAN 1998	ČGS 2004	SPN 2007	Nová škola 2007	Fortuna 2009	Prodos 2011	Fraus 2014	Taktik 2017	
Velikost buněk	0,01 - 0,1 mm - rostlinná, živočišná; většina buněk; savčí	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	40,00
	0,001 mm - bakteriální	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	30,00
	1 mm - měňavka velká	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	30,00
	5 cm - chlupy (trichomy) bavlníku	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	20,00
	nejvýše 2 mm - prvoci (např. 0,2 mm - trepka velká)	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	20,00
	0,001- 0,01 mm - bakteriální	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	10,00
	5 cm - buňky vláknitých řas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	10,00
	až 10 mm - jednobuněčné řasy	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	10,00
	0,01 mm - kvasinek i jiných hub	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10,00
	0,004 mm - nejmenší živočišná	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	10,00

Tab. 11 - pokračování

Koncepty	Pojmy a tvrzení	Učebnice										Relativní zastoupení pojmu (%)
		Scientia 1997	Prodos 1997	JINAN 1998	ČGS 2004	SPN 2007	Nová škola 2007	Fortuna 2009	Prodos 2011	Fraus 2014	Taktik 2017	
	až 7 cm - největší jednobuněčný organismus (druh řasy)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10,00
	2-20 μm - prvoci	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	10,00
	0,2 mm - vajíčka ženy	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	10,00
Hustota zastoupení pojmů (%)		46,15	7,69	0,00	0,00	7,69	30,77	7,69	0,00	46,15	23,08	-

Tab. 12: Srovnání zastoupení vybraných pojmů a tvrzení v rámci učiva o stavbě (struktře) buňky v současných učebnicích přírodopisu pro 6. ročník ZŠ a odpovídající ročníky víceletých gymnázií

Koncepty	Pojmy a tvrzení	Učebnice										Relativní zastoupení pojmu (%)
		Scientia 1997	Prodos 1997	JINAN 1998	ČGS 2004	SPN 2007	Nová škola 2007	Fortuna 2009	Prodos 2011	Fraus 2014	Taktik 2017	
Stavba (struktura) buňky	bičíky	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100,00
	brvy	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100,00
	buněčná stěna	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100,00
	cytoplazma, (protoplazma)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100,00
	chloroplast	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100,00
	jádro/jádra (malé a velké u prvoků)/molekula DNA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100,00
	vakuola (u prvoků, příp. živočišných buněk)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100,00
	buněčná ústa	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	90,00
	(cyto)plazmatická membrána (buněčná blána)	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	90,00
	panožky	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	90,00
	světločivná (pigmentová) skvrna (stigma, očko, červené tělísko)	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	90,00
	vakuola (u rostlin)	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	90,00
	mitochondrie	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	80,00
	organely bez membrán (obalů, ohraničení)	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	80,00

Tab. 12 - pokračování

Koncepty	Pojmy a tvrzení	Učebnice										Relativní zastoupení pojmu (%)
		Scientia 1997	Prodos 1997	JINAN 1998	ČGS 2004	SPN 2007	Nová škola 2007	Fortuna 2009	Prodos 2011	Fraus 2014	Taktik 2017	
	organely s membránami (obaly, ohraničením)	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	80,00
	slizové pouzdro/obal (kapsula)	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1	60,00
	buněčný hltan	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	50,00
	buněčná řiť	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	40,00
	hladké a drsné endoplazmatické retikulum	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	40,00
	pelikula (ohebné bílkovinné pásy)	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	40,00
	pouze drsné endoplazmatické retikulum	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	40,00
	ribozóm	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	40,00
	Golgiho aparát	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	30,00
	plastidy	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	30,00
	fimbrie (vlákna)	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	20,00
	škrobová zrna	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	20,00
	váčky, trubičky, měchýřky, tukové kapénky	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	20,00
	chromoplast	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	10,00
	jadérko	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	10,00
	leukoplast	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	10,00
	lyzozóm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	10,00
Hustota zastoupení pojmů (%)		64,52	58,06	51,61	61,29	67,74	51,61	32,26	61,29	64,52	87,10	-

Tabulka 13 shrnuje výsledky analýzy učiva o *funkci buněčných organel*. Hlavní koncept „*Funkce buněčných organel*“ je zde členěn do 25 dílčích kategorií typizovaných podle jednotlivých buněčných organel. Kategorie „*Funkce buněčné stěny*“ je nejvíce zastoupen v učebnicích Scientia 1997, JINAN 1998 a ČGS 2004. Nejčastěji uváděnou funkcí napříč všemi učebnicemi je ohraničení buňky a udávání jejího stálého tvaru. Nejméně zastoupenou funkcí je zajištění vzájemného propojení buněk. *Funkce cytoplazmatické membrány*“ je dominantně zastoupena v učebnicích Scientia 1997, ČGS 2004 a Taktik 2017. Nejvíce uváděnou funkcí je ohraničení buňky, nejméně uváděnými pak ty ve vazbě na fagocytózu a osmotické jevy. Učebnice Fortuna 2009 nezmiňuje dokonce žádnou funkci cytoplazmatické membrány. „*Funkce cytoplazmy*“ je nejhustěji zastoupena v učebnicích JINAN 1998 a Prodos 2011. Nejuváděnější funkcí je, že obsahuje organely (příp. jen molekulu DNA), nejméně uváděnou pak, že jí prostupuje síť vláken, tzv. cytoskelet. Fortuna 2009, stejně jako u předešlé subkategorie, nezmiňuje žádnou funkci. „*Funkce jádra*“⁵ je nejhustěji zastoupeno v učebnicích ČGS 2004, SPN 2007 a Nová Škola 2007. Nejhojněji uváděným tvrzením je charakteristika jádra jakožto řídicí a informační organely. Nejméně uváděnou funkcí jádra je ta při replikaci DNA. „*Funkce mitochondrie*“ je nejvíce zastoupena v učebnicích Prodos 1997, ČGS 2004 a Nová Škola 2007. Nejuváděnějším tvrzením je, že zde dochází ke vzniku energie. „*Funkce plastidů*“ je zastoupena pouze v jediné učebnici Taktik 2017. „*Funkce chloroplastu*“ je nejméně zastoupena v učebnici Prodos 2011 (50 %). Celkově se jedná o velmi hustě zastoupený koncept, u nějž se klíčová tvrzení vyskytovala v takřka všech učebnicích. Klasickými funkcemi, jež učebnice zmiňovaly, byly například „*probíhá zde fotosyntéza*“, „*zachycení světelné energie*“, „*umožňuje vytvářet stavební a zásobní látky*“ či „*výroba organických látek z anorganických*“. Platí, že tento koncept byl v učebnicích ve vazbě na učivo o rostlinách nejvíce rozvinut. V rámci kategorie „*Funkce rostlinné vakuoly*“ je nejvíce zmiňována funkce ukládání zásobních a odpadních látek, nejméně pak funkce ukládání vody. Tato kategorie je nejvíce zastoupena v učebnicích Scientia 1997 a Nová Škola 2007. „*Funkce vakuoly u prvoků*“ je v 8 učebnicích zastoupena rovnoměrně. Nevyskytuje se pouze ve Fortuně 2009 Prodosu 2011. „*Funkce ribozómu*“ je zastoupena ve 4 učebnicích – ČGS 2004, Prodos 2011, Fraus 2014 a Taktik 2017. „*Funkce lyzozómu*“ je obsažena pouze v Taktiku 2017. „*Funkce Golgiho aparátu*“ je zastoupena v učebnicích Scientia 1997, Prodos 2011 a Taktik 2017.

⁵ Kategorizovány byly i charakteristiky buněčných organel, které souvisí s jejich funkcí (např. cytoskelet v cytoplazmě zajišťuje buněčný transport, vyztužuje buňku apod.).

„*Funkce ER*“ je obsažena v učebnicích Scientia 1997, Prodos 2011 a Fraus 2014. V rámci kategorie „*Funkce brv*“ je nejčastěji zastoupena funkce zajištění pohybu. Nejméně frekventovanou funkcí je orgán hmatu prvoků. V rámci kategorie „*Funkce bičíků*“ je také nejčastěji zmiňovanou funkcí zajištění pohybu. Pouze vždy 1 učebnice uvádí funkci orgánu hmatu a přihánění částecek potravy u trubének. „*Funkce fimbrií*“ je zmíněna pouze v učebnici Taktik 2017. Kategorie „*Funkce panožek*“ je nejhojněji obsažena v učebnicích Scientia 1997 a Nová Škola 2007. Nejzastoupenější funkcí je umožnění amébovitého (měňavkovitého pohybu). Nejméně zastoupenou funkcí je pak fagocytóza. V rámci kategorie „*Funkce pelikuly*“ je nejvíce zastoupenou funkcí ohraničení buňky a udávání jejího tvaru. Nejméně zastoupenou funkcí je ochrana buňky před vnějšími vlivy (Taktik 2017). U kategorie „*Funkce slizového pouzdra (kapsuly)*“ je nejméně zastoupeným tvrzením, že umožňuje organismu lepší přilnavost k povrchu (Taktik 2017). „*Funkce světločivné skvrny*“ není zastoupena pouze ve 2 učebnicích – Prodos 2011 a Fraus 2014. „*Funkce buněčných útů*“ není zastoupena pouze ve 3 učebnicích – Scientia 1997, Fortuna 2009 a Prodos 2011. „*Funkce buněčného hltanu*“ je naopak zastoupena pouze ve 2 učebnicích - ČGS 2004 a Taktik 2017. „*Funkce buněčné řiti*“ je obsažena ve 4 učebnicích – JINAN 1998, SPN 2007, Nová Škola 2007 a Taktik 2017. „*Funkci váčků, trubiček a měchýřků*“ uvádí z celkového počtu učebnic pouze Scientia 1997 a ČGS 2004. „*Funkci škrobových zrn*“ pak zmiňuje pouze Scientia 1997.

Tabulka 14 srovnává přítomnost vybraných tvrzení o *buněčném dělení (mitóze)*. Nejčastěji uváděným tvrzením tohoto celku je, že: „*nově vzniklé buňky mají stejné vlastnosti (dědičnou informaci) jako buňka mateřská*“. Toto tvrzení je zastoupeno v celkem 6 učebnicích z 10. Ve 4 učebnicích nakladatelství Scientia 1997, JINAN 1998, ČGS 2004, Fraus 2014 je uvedena obecná charakteristika buněčného dělení. Všechny 4 učebnice také nabízejí detailnější popis průběhu mitotického dělení. Učebnice od nakladatelství Nová Škola 2007, Fortuna 2009, Prodos 2011 a Taktik 2017 toto učivo naopak neobsahují vůbec.

Tabulka 15 shrnuje výsledky analýzy učiva o *evoluci buňky*. V tomto konceptu patří k nejuváděnějším pilířům vznik a rozvoj jednobuněčnosti, vznik a rozvoj mnohobuněčnosti, vznik organických a anorganických látek (sloučenin) a vznik prokaryot schopných fotosyntézy. Mezi nejméně uváděné pak patří vznik buněčných organel, vznik eukaryotické, rostlinné a živočišné buňky (zastoupeno vždy v rámci 1 učebnice).

Tab. 13: Srovnání zastoupení vybraných pojmů a tvrzení v rámci učiva o funkci buněčných organel v současných učebnicích přírodopisu pro 6. ročník ZŠ a odpovídající ročníky víceletých gymnázií

Koncepty	Pojmy a tvrzení	Učebnice										Relativní zastoupení pojmu (%)
		Scientia 1997	Prodos 1997	JINAN 1998	ČGS 2004	SPN 2007	Nová škola 2007	Fortuna 2009	Prodos 2011	Fraus 2014	Taktik 2017	
Funkce buněčné stěny	ohraničuje buňku a udává buňce její (stálý) tvar	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100,00
	je pevná/zpevňuje buňku	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	80,00
	chrání povrch buňky	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	70,00
	dobře propouští vodu s minerálními látkami	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	20,00
	zajišťuje vzájemné propojení buněk	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	20,00
Hustota zastoupení pojmů (%)		80,00	20,00	80,00	80,00	60,00	60,00	20,00	60,00	60,00	60,00	-
Funkce cytoplazmatické membrány	ohraničuje buňku	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	90,00
	zajišťuje styk (výměnu látek) buňky s okolím	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	80,00
	chrání povrch buňky (pružnost i pevnost)	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	70,00
	je polopropustná (semipermeabilní)	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	60,00
	příjem živin u prvoků	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	20,00
	umožňuje fagocytózu	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10,00
	osmotické jevy	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	10,00

Tab. 13 - pokračování

Koncepty	Pojmy a tvrzení	Učebnice										Relativní zastoupení pojmu (%)
		Scientia 1997	Prodos 1997	JINAN 1998	ČGS 2004	SPN 2007	Nová škola 2007	Fortuna 2009	Prodos 2011	Fraus 2014	Taktik 2017	
Hustota zastoupení pojmů (%)		71,43	28,57	42,86	71,43	42,86	42,86	0,00	57,14	57,14	71,43	-
Funkce cytoplazmy	nachází se v ní organely (příp. jen molekula DNA)	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	90,00
	je zásobárnou všech důležitých látek	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	30,00
	probíhá v ní většina buněčných dějů	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	20,00
	prostupuje jí síť vláken (cytoskelet, vnitřní kostra buňky) poskytující buňce oporu	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	10,00
Hustota zastoupení pojmů (%)		25,00	25,00	75,00	50,00	25,00	25,00	0,00	100,00	25,00	25,00	-
Funkce jádra	řídící a informační organela; řídí životní procesy a rozmnožování (dělení) buňky	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	90,00
	nese dědičnou informaci umožňující přenos dědičných vlastností; řídí rozmnožování (dělení buňky) a životní procesy celé buňky	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	60,00

Tab. 13 - pokračování

Koncepty	Pojmy a tvrzení	Učebnice										Relativní zastoupení pojmu (%)
		Scientia 1997	Prodos 1997	JINAN 1998	ČGS 2004	SPN 2007	Nová škola 2007	Fortuna 2009	Prodos 2011	Fraus 2014	Taktik 2017	
	velké jádro je řídicím centrem důležitých životních dějů, malé se podílí na pohlavním rozmnožování (u prvoků)	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	50,00
	kopírování (replikace) DNA při rozmnožování buňky	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	10,00
Hustota zastoupení pojmů (%)		25,00	50,00	50,00	100,00	75,00	75,00	0,00	50,00	50,00	50,00	-
Funkce mitochondrie	dochází zde ke vzniku energie (využitelné pro růst, rozmnožování)	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	80,00
	rozklad složitých organických látek na jednoduché	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	70,00
	probíhá zde tzv. buněčné dýchání	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	50,00
Hustota zastoupení pojmů (%)		66,67	100,00	0,00	100,00	66,67	100,00	0,00	33,33	100,00	100,00	-
Funkce plastidů	některá barviva se spolupodílejí na zbarvení rostlin (např. listů stromů na podzim)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	10,00

Tab. 13 - pokračování

Koncepty	Pojmy a tvrzení	Učebnice										Relativní zastoupení pojmu (%)
		Scientia 1997	Prodos 1997	JINAN 1998	ČGS 2004	SPN 2007	Nová škola 2007	Fortuna 2009	Prodos 2011	Fraus 2014	Taktik 2017	
	obsahují různá barviva	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	10,00
Hustota zastoupení pojmu (%)		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	-
Funkce chloroplastu	probíhá zde fotosyntéza	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100,00
	zachycení světelné energie chlorofylem /fotosyntetickými barvivy	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100,00
	umožňuje vytvářet stavební a zásobní látky	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	90,00
	výroba organických látek z anorganických	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	90,00
Hustota zastoupení pojmu (%)		100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	50,00	100,00	100,00	-
Funkce rostlinné vakuoly	ukládají se v ní zásobní a odpadní látky	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	60,00
	obsahuje rostlinná barviva dodávající barvu buňce, rostlinným orgánům	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	30,00
	ukládání vody	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	10,00
Hustota zastoupení pojmu (%)		66,67	33,33	0,00	33,33	33,33	66,67	0,00	33,33	33,33	33,33	-

Tab. 13 - pokračování

Koncepty	Pojmy a tvrzení	Učebnice										Relativní zastoupení pojmu (%)
		Scientia 1997	Prodos 1997	JINAN 1998	ČGS 2004	SPN 2007	Nová škola 2007	Fortuna 2009	Prodos 2011	Fraus 2014	Taktik 2017	
Funkce vakuoly u prvoků	trávicí = rozklad potravy na jednoduché látky + tvorba zplodin metabolismu (potravní/trávicí vakuoly)	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	80,00
	vylučování přebytečné vody, nestrávené potravy a škodlivých látek prudkým stahem ven z buňky (stažitelné/pulsující vakuoly)	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	80,00
Hustota zastoupení pojmu (%)		100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00	100,00	100,00	-
Funkce ribozómu	tvorba bílkovin	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	40,00
Hustota zastoupení pojmu (%)		0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00	-
Funkce lyzozómu	obsahuje trávicí enzymy	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	10,00
Hustota zastoupení pojmu (%)		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	-

Tab. 13 - pokračování

Koncepty	Pojmy a tvrzení	Učebnice										Relativní zastoupení pojmu (%)
		Scientia 1997	Prodos 1997	JINAN 1998	ČGS 2004	SPN 2007	Nová škola 2007	Fortuna 2009	Prodos 2011	Fraus 2014	Taktik 2017	
Funkce Golgiho aparátu	tvorba; úprava, zpracování (příp. přemístování) látek z endoplazmatického retikula	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	30,00
Hustota zastoupení pojmů (%)		100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	100,00	-
Funkce ER	pomáhá tvořit látky nezbytné pro výstavbu buňky	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	20,00
	slouží k propojení jádra a plazmatické membrány	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	10,00
Hustota zastoupení pojmů (%)		50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	50,00	50,00	0,00	-
Funkce brv	umožňují pohyb svým kmitáním (vířením vody)	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	90,00
	přihánění potravy	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	40,00
	orgán hmatu prvoků (smyslová organela)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	20,00
Hustota zastoupení pojmů (%)		66,67	66,67	33,33	66,67	33,33	66,67	33,33	33,33	33,33	66,67	-
Funkce bičíků	umožňují pohyb	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100,00
	orgán hmatu prvoků (smyslová organela)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	10,00

Tab. 13 - pokračování

Koncepty	Pojmy a tvrzení	Učebnice										Relativní zastoupení pojmu (%)
		Scientia 1997	Prodos 1997	JINAN 1998	ČGS 2004	SPN 2007	Nová škola 2007	Fortuna 2009	Prodos 2011	Fraus 2014	Taktik 2017	
	přihání částičky potravy (u trubének)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10,00
Hustota zastoupení pojmu (%)		66,67	33,33	33,33	33,33	33,33	33,33	33,33	33,33	33,33	66,67	-
Funkce fimbrií	umožňují pohyb	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	10,00
Hustota zastoupení pojmu (%)		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	-
Funkce panožek	umožňují amébovitý (měňavkovitý) pohyb	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	90,00
	polapení (obklopení) částiček potravy	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	80,00
	fagocytóza	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	20,00
Hustota zastoupení pojmu (%)		100,00	66,67	66,67	66,67	66,67	100,00	33,33	0,00	66,67	66,67	-
Funkce pelikuly	ohraničuje buňku a udává jí její tvar	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	40,00
	díky své pružnosti umožňuje řasám (krásnoočkům) libovolně měnit tvar stélky (jednoduchého těla)	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	10,00
	chrání buňku před vnějšími vlivy	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	10,00
Hustota zastoupení pojmu (%)		0,00	33,33	0,00	66,67	33,33	0,00	0,00	0,00	0,00	66,67	-

Tab. 13 – pokračování

Koncepty	Pojmy a tvrzení	Učebnice										Relativní zastoupení pojmu (%)
		Scientia 1997	Prodos 1997	JINAN 1998	ČGS 2004	SPN 2007	Nová škola 2007	Fortuna 2009	Prodos 2011	Fraus 2014	Taktik 2017	
Funkce slizového pouzdra (kapsuly)	ohraničuje buňku	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	30,00
	poskytuje ochranu před vyschnutím, viry, nebo buňkami imunitního systému organismu, který bakterie napadla	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	30,00
	umožňuje lepší přilnavost k povrchu	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	10,00
Hustota zastoupení pojmů (%)		0,00	0,00	0,00	0,00	33,33	0,00	0,00	33,33	66,67	100,00	-
Funkce světločivné skvrny	detekce světla	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	80,00
Hustota zastoupení pojmů (%)		100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00	100,00	-
Funkce buněčných úst	pohlčení, příjem potravy	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	70,00
Hustota zastoupení pojmů (%)		0,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00	100,00	100,00	-
Funkce buněčného hltanu	pohlčení potravy	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	20,00
Hustota zastoupení pojmů (%)		0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	-

Tab. 13 – pokračování

Koncepty	Pojmy a tvrzení	Učebnice										Relativní zastoupení pojmu (%)
		Scientia 1997	Prodos 1997	JINAN 1998	ČGS 2004	SPN 2007	Nová škola 2007	Fortuna 2009	Prodos 2011	Fraus 2014	Taktik 2017	
Funkce buněčné řiti	vylučování nestrávených zbytků potravy	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	40,00
Hustota zastoupení pojmů (%)		0,00	0,00	100,00	0,00	100,00	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00	-
Funkce váčků, trubiček, měchýřků	pomáhají rozvádět látky uvnitř buňky; uskladnění dalších zásobních (odpadních) látek, nebo barviv	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	20,00
Hustota zastoupení pojmů (%)		100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Funkce škrobových zrn	uložena zásobní látka rostlin - škrob	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10,00
Hustota zastoupení pojmů (%)		100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-

Tab. 14: Srovnání zastoupení vybraných pojmů a tvrzení v rámci učiva o buněčném dělení (mitóze) v současných učebnicích přírodopisu pro 6. ročník ZŠ a odpovídající ročníky víceletých gymnázií

Koncepty	Pojmy a tvrzení	Učebnice										Relativní zastoupení pojmu (%)
		Scientia 1997	Prodos 1997	JINAN 1998	ČGS 2004	SPN 2007	Nová škola 2007	Fortuna 2009	Prodos 2011	Fraus 2014	Taktik 2017	
Dělení buněk (mitóza)	nově vzniklé buňky mají stejné vlastnosti (dědičnou informaci) jako buňka mateřská	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	60,00
	Při buněčném dělení nejprve proběhne dělení buněčného jádra (chromozomů), pak dalších součástí buňky (organely, cytoplazma); a pak mateřské buňky; obě nově vzniklé dceřiné buňky dostanou polovinu materiálu buňky mateřské	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	40,00
	v závěrečné fázi vytvářejí rozdělené chromozomy na opačných stranách buňky nová jádra; kolem nově vzniklých dceřiných buněk se po rozdělení vytvoří nová cytoplazmatická membrána a buněčná stěna (pokud ji buňky mají); buňky se odpoutají a začnou samostatný život; až dorostou do správné velikosti, mohou se zase rozdělit	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	30,00

Tab. 14 – pokračování

Koncepty	Pojmy a tvrzení	Učebnice										Relativní zastoupení pojmu (%)
		Scientia 1997	Prodos 1997	JINAN 1998	ČGS 2004	SPN 2007	Nová škola 2007	Fortuna 2009	Prodos 2011	Fraus 2014	Taktik 2017	
	před dělením je nutné, aby buňka nejdříve okopírovala všechny své recepty, povely a návody zapsané v chromozomech (DNA)/zdvojení chromozomů	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	20,00
	nově vytvořené dceřiné buňky jsou menší než buňka mateřská, a proto musí přijímat mnoho živin a stavebních látek nezbytných k růstu	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	20,00
	před dělením se musí všechny části buňky včetně obsahu jádra- dědičné informace- zdvojnásobit (chromozomy, organely)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10,00
	v počátečních fázích jsou chromozomy zdvojené, takže svým tvarem připomínají písmeno "X"	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	10,00
	v jádrech nově vzniklých buněk se chromozomy opět zdvojují, takže tyto buňky mají možnost se po určité době opět rozdělit	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	10,00

Tab. 14 – pokračování

Koncepty	Pojmy a tvrzení	Učebnice										Relativní zastoupení pojmu (%)
		Scientia 1997	Prodos 1997	JINAN 1998	ČGS 2004	SPN 2007	Nová škola 2007	Fortuna 2009	Prodos 2011	Fraus 2014	Taktik 2017	
	vytváří se dělicí vřeténko, jeho zkracováním jsou chromozomy přitahovány k opačným pólům buňky a každý chromozom se podélně rozdělí	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	10,00
	zbytky dělicího vřeténka zanikají, chromozomy se rozmotávají, dochází k zaškrcení buňky	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	10,00
	zdvojnásobování buněčných složek mateřské buňky musí být před rozdělením přísně řízeno a kontrolováno, za tento proces zodpovídá hmota jádra tvořená zejména chromozomy, které nesou dědičnou informaci určující vlastnosti buněk i organismů	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10,00
Hustota zastoupení pojmů (%)		63,64	9,09	45,45	45,45	9,09	0,00	0,00	0,00	36,36	0,00	-

Tab. 15: Srovnání zastoupení vybraných pojmů a tvrzení v rámci učiva o evoluci buňky v současných učebnicích přírodopisu pro 6. ročník ZŠ a odpovídající ročníky víceletých gymnázií

Koncepty	Pojmy a tvrzení	Učebnice										Relativní zastoupení pojmu (%)
		Scientia 1997	Prodos 1997	JINAN 1998	ČGS 2004	SPN 2007	Nová škola 2007	Fortuna 2009	Prodos 2011	Fraus 2014	Taktik 2017	
Evoluce buňky:	vznik a rozvoj mnohobuněčnosti	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	90,00
	vznik jednobuněčnosti	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	90,00
	vznik organických a anorganických látek, sloučenin	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	90,00
	vznik prokaryotické buňky; buňky podobné bakteriím, bakterie; sinice schopné fotosyntézy	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	90,00
	vznik prvoků, řas (vznik dokonalé buňky s jádrem)	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	70,00
	vznik buněčných kolonií	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	50,00
	vznik aminokyselin	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	30,00
	vznik předchůdců buňky, progenota (měchýřky)	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	30,00
	chemická evoluce	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	20,00
	vznik koacervátů	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	20,00
	vznik zeleného barviva (chlorofylu)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	20,00

Tab. 15 – pokračování

Koncepty	Pojmy a tvrzení	Učebnice										Relativní zastoupení pojmu (%)
		Scientia 1997	Prodos 1997	JINAN 1998	ČGS 2004	SPN 2007	Nová škola 2007	Fortuna 2009	Prodos 2011	Fraus 2014	Taktik 2017	
	vznik buněčných organel a jejich specializace	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	10,00
	vznik eukaryotické buňky	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	10,00
	vznik rostlinné a živočišné buňky	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	10,00
Hustota zastoupení pojmů (%)		50,00	57,14	42,86	50,00	42,86	42,86	0,00	50,00	50,00	64,29	-

5.2 Konceptové testy pro diagnostiku vybraných konceptů buněčné biologie

První konceptový test se orientuje na typy buněk a jejich vnitřní stavbu. Obsahuje celkem 3 otevřené otázky, jež žádají zakreslení rostlinné, živočišné a bakteriální buňky, včetně všech vnitřních struktur, tyto buňky tvořících. Původním záměrem bylo, aby žáci svou kresbu vlastními slovy popsali dle poznatků podkapitoly 3.2.3 (kombinace interview a žákovské kresby). Z důvodu vypknutí pandemie COVID-19 a nemožnosti interview uskutečnit byly však nakonec vytvořeny 2 doplňující otázky, v rámci nichž mají žáci formulovat slovní vyjádření ohledně rozličné stavby rostlinné, živočišné a bakteriální buňky. Za oběma otázkami pak následuje čtyřbodová škála Likertova typu. Otázky byly sestaveny v souladu s obsahovou analýzou, koncepty: „*Typy buněk*“ a „*Stavba (struktura) buňky*“, závěry výzkumných šetření a doporučeními Doulíka a Škody (2008), Dikmenli (2010) a Newmanet et al. (2012), blíže charakterizovanými v podkapitole 3.2.2.

Druhý konceptový test se zaměřuje na hierarchické uspořádání živých organismů. Obsahuje 2 uzavřené úlohy, v rámci nichž mají žáci seřadit příslušné struktury (1-6 a 1-7) na předložených obrázcích dle hierarchie od nejmenší po největší. Žáci pracují se dvěma modely stavby: a) rostlinného organismu, b) živočišného organismu. Obě úlohy jsou doplněny čtyřbodovou škálou Likertova typu. Tvorba úloh byla inspirována učebnicovými schémata organismální hierarchie u mnohobuněčných organismů (viz výše citované učebnice přírodopisu, například Žídková a Knůrová, 2017). Vybrané struktury souběžně vycházejí z konceptu „*Hierarchické uspořádání živých organismů*“ z vypracované obsahové analýzy.

Třetí konceptový test se soustředí na funkci buněčných organel u konkrétního typu buňky. Test pracuje se schématem rostlinné buňky, v němž mají žáci označeny 4 vybrané organely, na jejichž funkci se zaměřují celkem 4 otevřené otázky. Jedná se o podrobnější popis funkce buněčného jádra, chloroplastu, mitochondrie a buněčné stěny. Každá dílčí otázka je následována čtyřbodovou škálou Likertova typu. Výběr otázek byl sestaven na základě zpracované obsahové analýzy, konkrétně konceptu „*Funkce buněčných organel*“ a jeho příslušných subkategorií.

Čtvrtý konceptový test se zaměřuje na buněčné rozmnožování (dělení), mitózu, a obsahuje celkem 3 otevřené úlohy. V první z nich mají žáci za úkol sestavit vlastní schematický náčrt znázorňující průběh a výsledek rozmnožování somatické mateřské buňky, kdy výchozí stav (mateřská buňka před zahájením rozmnožování) je autorkou zakreslen

v rámečku. Úloha je následována dalšími dvěma otevřenými otázkami. V první z nich mají žáci co nejdetailněji popsat způsob rozmnožování buněk na vlastním schématu. V následující otázce pak mají shrnout důvody rozmnožování buněk a význam tohoto procesu pro organismus. Obě otázky byly sestaveny v souladu s konceptem „*Charakteristika mitózy (buněčného dělení)*“ obsahové analýzy a jejich sestavení bylo též inspirováno pracemi Dikmenli (2010), Newman et al. (2012) a dvouúrovňovým testováním (například dle Treagust a Haslam, 1986; Duit et al., 2003; Mandíkové a Trny, 2011). Původním záměrem však bylo obě otázky realizovat formou interview se žáky.

Konceptové testy dosud nebylo u žáků 2. stupně základní školy možné vyzkoušet z důvodu omezení spjatých s pandemií COVID-19, a proto také součástí práce není vzorové žakovské řešení. Kategoriální systém na kódování dat bude v budoucnu sestaven na základě vyplněných konceptových testů od žáků. Kategorie budou postupně vytvářeny a modifikovány na podkladě nasbíraných dat a postupováno bude metodou zakotvené teorie dle Hendla (2005).

KONCEPTOVÝ TEST 1 (typy buněk, vnitřní stavba buňky)

Kód školy: ZŠ01

Ročník:

Pohlaví (*prosím zakroužkuj*): dívka - chlapec

Věk: let

Zakresli rostlinnou a živočišnou buňku včetně všech vnitřních struktur buněk (buněčných organel), které znáš. Jednotlivé struktury rostlinné a živočišné buňky v obrázcích pojmenuj.

1) Rostlinná buňka

2) Živočišná buňka

Odpověz co nejpodrobněji na zadanou úlohu:

Vysvětli, jak se podle Tebe liší stavba rostlinné a živočišné buňky.

.....
.....
.....
.....

Jsi si jist(á) správností své odpovědi? a) určitě ano b) spíše ano c) spíše ne d) určitě ne (= jen hádám)

Zakresli bakteriální buňku včetně všech vnitřních struktur (buněčných organel), které znáš. Jednotlivé struktury bakteriální buňky v obrázku pojmenuj.

1) Bakteriální buňka

Odpověz co nejpodrobněji na zadanou úlohu:

Vysvětli, jak se podle Tebe liší stavba bakteriální buňky oproti stavbě rostlinné a živočišné buňky?

.....
.....
.....
.....

Jsi si jist(á) správností své odpovědi? a) určitě ano b) spíše ano c) spíše ne d) určitě ne (= jen hádám)

KONCEPTOVÝ TEST 2 (hierarchické uspořádání živých organismů)

Kód školy: ZŠ02

Ročník:

Pohlaví (*prosím zakroužkuj*): dívka - chlapec

Věk: let

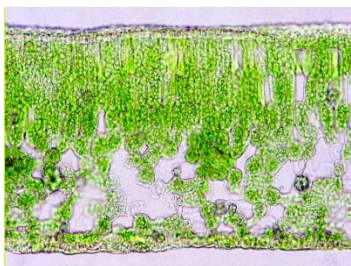
Seřaď níže vyobrazené struktury dle hierarchie od nejmenší (= číslice 1) po největší (= číslice 6). Příslušná čísla vepisuj do políček vedle obrázků.

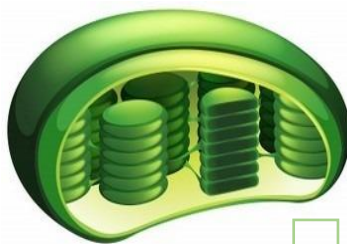
1) Rostlinný mnohobuněčný organismus

A – základní listové pletivo

B – chloroplast

C – rostlinné tělo



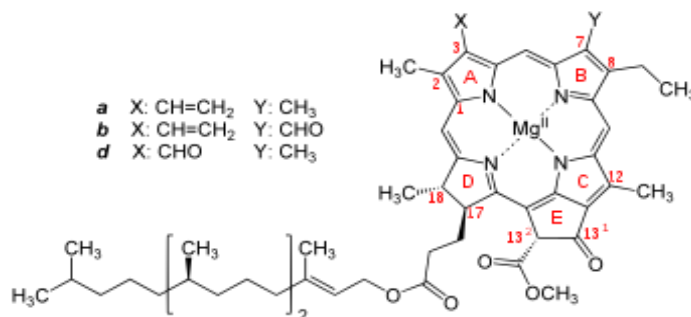




D – list

E – molekula chlorofylu





F – rostlinná buňka

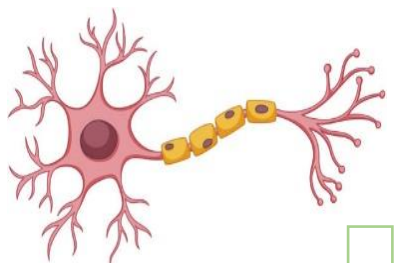


Jsi si jist(á) správností své odpovědi? a) určitě ano b) spíše ano c) spíše ne d) určitě ne (= jen hádám)

Seřad' níže vyobrazené struktury dle hierarchie od nejmenší (= číslice 1) po největší (= číslice 7). Příslušná čísla vepisuj do políček vedle obrázků.

2) Živočišný mnohobuněčný organismus

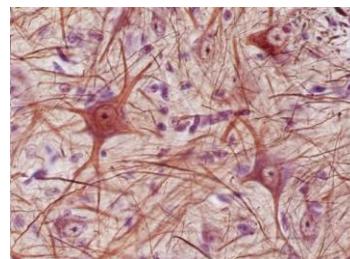
A – nervová buňka



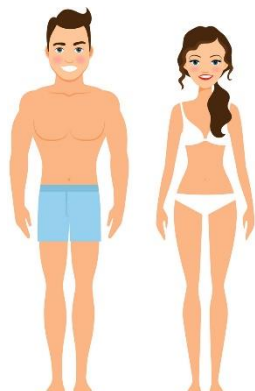
B – mozek



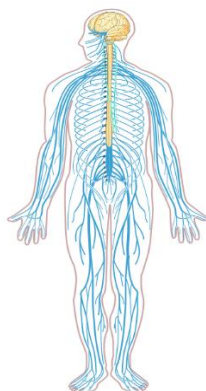
C – nervová tkáň



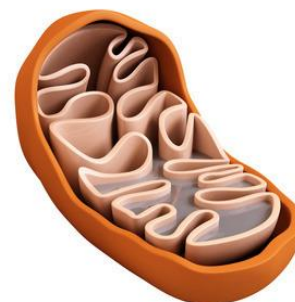
D – lidské tělo



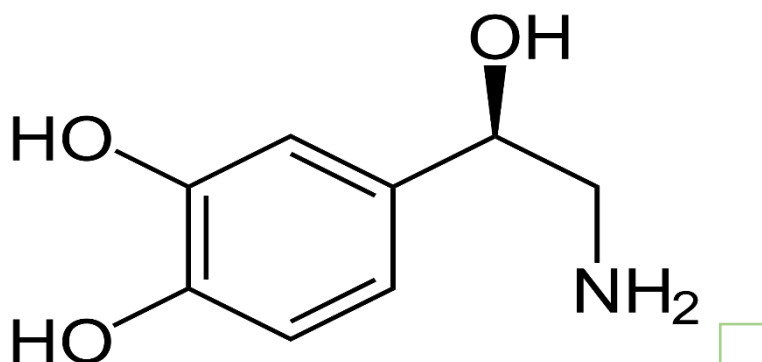
E – nervová soustava



F – mitochondrie



G – molekula noradrenalinu



Jsi si jist(á) správností své odpovědi? a) určitě ano b) spíše ano c) spíše ne d) určitě ne (= jen hádám)

KONCEPTOVÝ TEST 3 (funkce buněčných organel)

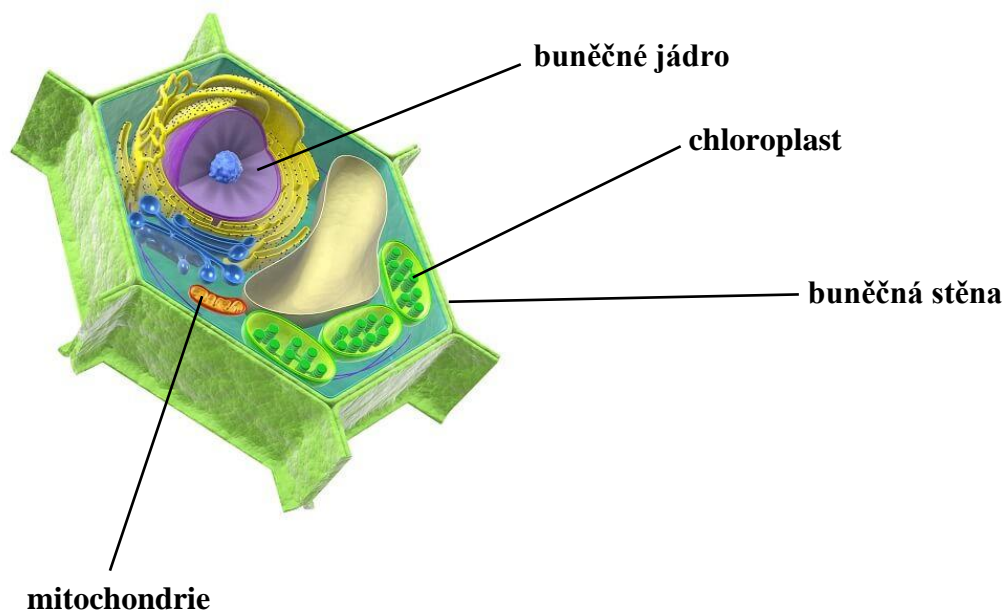
Kód školy: ZŠ03

Ročník:

Pohlaví (*prosím zakroužkuj*): dívka - chlapec

Věk: let

Na obrázku je schéma rostlinné buňky. Prohlédni si jej a odpověz co nejpodrobněji na níže uvedené otázky:



1) Jakou funkci má buněčné jádro? Uveď a charakterizuj všechny funkce jádra, které Tě napadnou.

.....
.....
.....
.....
.....

Jsi si jist(á) správností své odpovědi? a) určitě ano b) spíše ano c) spíše ne d) určitě ne (= jen hádám)

2) Jakou funkci má chloroplast? Uveď a charakterizuj všechny funkce chloroplastu, které Tě napadnou.

.....
.....

.....
.....
.....

Jsi si jist(á) správností své odpovědi? a) určitě ano b) spíše ano c) spíše ne d) určitě ne (= jen hádám)

3) Jakou funkci má buněčná stěna? Uveď a charakterizuj všechny funkce buněčné stěny, které Tě napadnou.

.....
.....
.....
.....
.....

Jsi si jist(á) správností své odpovědi? a) určitě ano b) spíše ano c) spíše ne d) určitě ne (= jen hádám)

4) Jakou funkci má mitochondrie? Uveď a charakterizuj všechny funkce mitochondrie, které Tě napadnou.

.....
.....
.....
.....
.....

Jsi si jist(á) správností své odpovědi? a) určitě ano b) spíše ano c) spíše ne d) určitě ne (= jen hádám)

KONCEPTOVÝ TEST 4 (rozmnožování buněk)

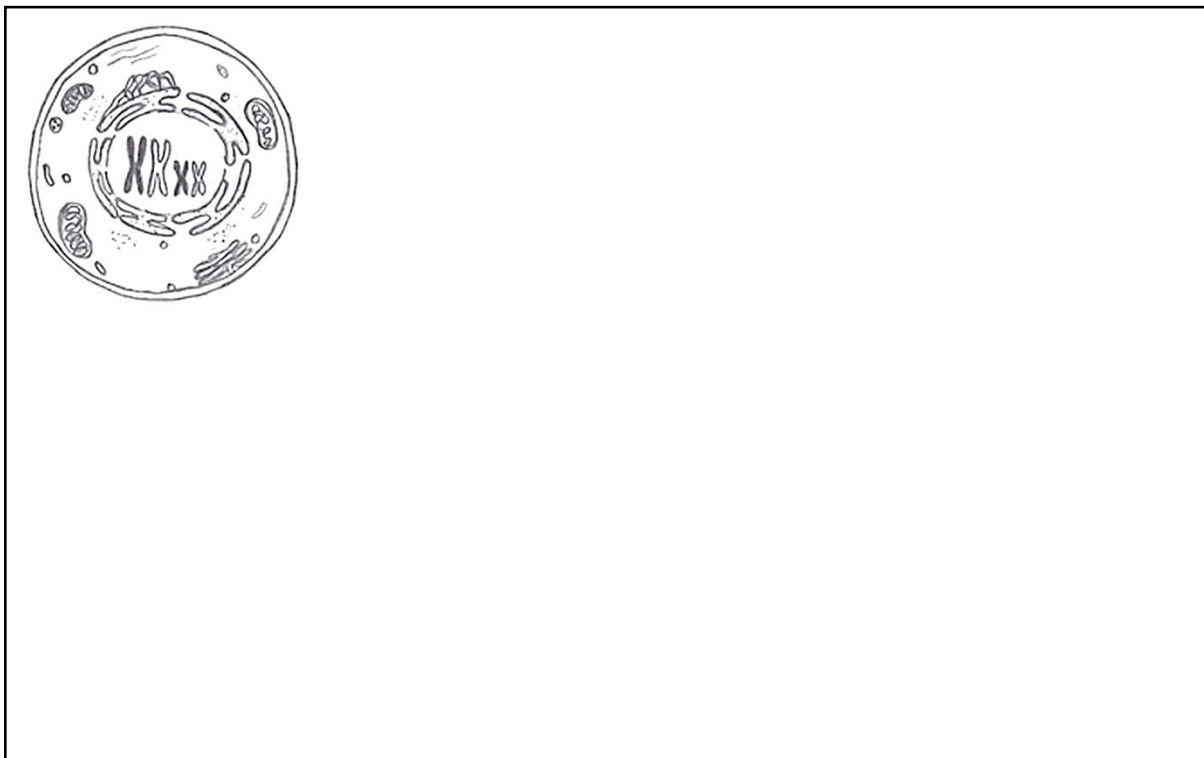
Kód školy: ZŠ04

Ročník:

Pohlaví (*prosím zakroužkuj*): dívka - chlapec

Věk: let

Kresba v rámečku zachycuje mateřskou buňku v lidském těle před zahájením rozmnožování. Zakresli, jakým způsobem rozmnožování této buňky proběhne a jaký bude výsledek tohoto procesu:



Odpověz co nejpodrobněji na zadané otázky:

1) Popiš co nejdetailněji způsob rozmnožování buněk, který jsi zakreslil/a na svém obrázku.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Jsi si jist(á) správností své odpovědi? a) určitě ano b) spíše ano c) spíše ne d) určitě ne (= jen hádám)

2) Proč se buňky rozmnožují? Uveď a podrobněji rozveď všechny důvody, které Tě napadnou.
Nezapomeň také na význam pro organismus.

.....
.....
.....
.....
.....
.....

Jsi si jist(á) správností své odpovědi? a) určitě ano b) spíše ano c) spíše ne d) určitě ne (= jen hádám)

6 DISKUSE

První část práce se věnovala obsahové analýze tematického celku buněčné biologie ve vybraných učebnicích přírodopisu pro 6. ročníky základních škol a odpovídající ročníky víceletých gymnázií. V průběhu obsahové analýzy byly identifikovány klíčové pojmy a tvrzení, jež se vyskytovaly v učebních textech a na jejichž podkladě byly sestaveny hlavní koncepty a příslušné podkategorie. Obdobným způsobem při ní ve své bakalářské práci postupovala také Jenišová (2019), která analyzovala výskyt pojmů v celkem sedmi učebnicích přírodopisu pro 6. a 7. ročníky základních škol ve vazbě na rostlinné orgány. Ta nejdříve postupnou analýzou učebnic detekovala hlavní koncepty, jež stanovovala s ohledem na rozdělení rostlinných orgánů, a posléze je doplňovala o klíčové pojmy. Jenišová analyzovala nejen textovou složku učebnic, jak je tomu v této práci (argumentace viz kapitola 4 - Metodika), ale také tu grafickou. (Ne)přítomnost pojmů pak kódovala hodnotami „0“ a „1“ a zaznamenávala je do přehledových tabulek. Posléze zjišťovala relativní četnost pro každý nalezený pojem příslušného konceptu za všechny analyzované učebnice. Stanovovala také hustotu zastoupení jednotlivých pojmů v dílčích učebnicích, jež byly předmětem její analýzy.

Analýza literárních zdrojů v rámci teoretického přehledu se věnovala problematice žákovských prekonceptů a miskonceptů v oblasti základního a středního vzdělávání na poli buněčné biologie. V tomto oboru (i s ohledem na interdisciplinární vazbu mezi buněčnou biologii, molekulární biologii a genetikou) byly identifikovány četné žákovské miskoncepce napříč různými státy světa, jež jsou shrnuty v přehledové kapitole 3.3 zaměřené na genezi žákovských prekonceptů na základní a střední škole. Z analýzy vyplynulo, že žákovské prekoncepce byly dosud sledovány v oblasti tvarové rozmanitosti buněk, jejich strukturních odlišností (Storey, 1990; Tambo et al., 2003; Clément, 2007; Cisterna et al., 2013), či v oblasti funkce buněčných organel a buněčných procesů probíhajících uvnitř buněk (Storey, 1990; Treagust a Haslam, 1986; Tambo et al., 2003; Yenilmez a Tekkaya, 2006; Švandová, 2014; Galvin et al., 2015). Prekoncepce byly sledovány také u jaderného (resp. buněčného) rozmnožování, či buněčného růstu a s nimi spjatého hierarchického uspořádání živých soustav (Kindfield, 1991; Lewis a Wood-Robinson, 2000; Brinschwitz, 2002; Brinschwitz et al., 2003; Öztap et al., 2003; Krüger et al., 2005; Riemeier, 2005; Duncan a Reiser, 2007; Verhoeff et al., 2008; Dikmenli, 2010; Newman et al., 2012; Lukša et al., 2016; Schneeweiss a Gropengiesser, 2019). Další prekoncepce byly identifikovány v rámci základních konceptů genetiky a molekulární biologie (Kindfield, 1991; Banet a Ayuso, 2000; Lewis a Wood-Robinson, 2000; Lewis et al., 2000; Duncan a Reiser, 2007; Cisterna et al., 2013; Lukša et al., 2016; Vlekova

et al., 2016; Jáč, 2017b)

Druhá část práce zahrnovala tvorbu konceptových testů ve vazbě na kurikulum na úrovni 6. ročníku základní školy (resp. primy osmiletého gymnázia, přírodopis; RVP ZV, 2017). Celkem byly vytvořeny 4 konceptové testy, jež se zabývají hierarchickým uspořádání živých organismů, typy buněk a jejich vnitřní stavbou, funkcí buněčných organel a rozmnožováním buněk. Testy reflektují zjištění zpracované literární rešerše a obsahové analýzy a vycházely z nich při tvorbě zadání testových otázek a úloh. Otázky v testech jsou dominantně s otevřenou odpovědí z důvodu komplexnějšího mapování žákovských prekonceptů. Testy často pracují s žákovskou kresbou, neboť je ideálním nástrojem pro jejich identifikaci (Banet a Ayuso, 2000; Doulík a Škoda, 2008; Koba a Tweed, 2009; Škoda et al., 2010), a žáky tohoto stupně vzdělávání (i dle vlastní zkušenosti – viz ukázka v podkapitole 3.2.2) velmi baví. U konceptových testů byla pouze vyhodnocena obsahová a konstruktová validita, avšak samotné konceptové šetření dosud neproběhlo. Kýžená pilotáž, po níž by byla možná případná úprava zadání otázek a úloh, nemohla být provedena z důvodu vypuknutí pandemie COVID-19 a s ní spjatým uzavřením škol po dobu již takřka jednoho roku.

Ačkoliv se autorka v průběhu občasného rozvolnění snažila oslovovat učitele přírodopisu vybraných základních škol, šetření nebylo možné realizovat jak z organizačních důvodů (rotační výuka žáků ve škole - každý ročník by bylo nutné navštívit dvakrát) a narušení jejich potřebné prezenční výuky, tak z důvodu nesouhlasu rodičů, příp. vyučujících. Z téže příčiny byl také nejprve upraven způsob zadávání konceptových testů za vypuštění zamýšlených rozhovorů, a nakonec bylo, bohužel, od samotného výzkumu, upuštěno úplně. Ačkoliv by bylo možno diagnostiku prekonceptů vyzkoušet s využitím některé on-line platformy, autorka se této možnosti rozhodla nevyužít v kontextu předešlé negativní zkušenosti s nečestným vyplňováním testů pokusným vzorkem žáků, a tedy nutnosti kontroly. Oslovení žáci buňky většinou obkreslovali z internetových zdrojů a potřebné informace k úlohám si dohledávali, přestože byli s ohledem na omezené podmínky této doby žádáni o opak.

Autorka se domnívá, že by jí sestavené konceptové testy přinesly komplexnější zmapování dané problematiky na poli konceptuální diagnostiky, a to jak z důvodu vhodného výběru otázek v rámci testů (Doulík a Škoda, 2008; Koba a Tweed, 2009; Newman et al., 2012; Gurel et al., 2015), tak z důvodu paralelního vedení rozhovoru se žáky, jež výzkumníkovi poskytuje možnost dostat se až k imaginárnímu jádru konkrétní žákovské představy prostřednictvím patřičně zvolených podotázek (viz například Mareš in Škoda a Doulík, 2011; Pivarč, 2017), či díky oslovení velkého množství respondentů (Gavora, 2010; Hendl, 2012;

Chráska, 2016). Některá zjištění výzkumu by byla s největší pravděpodobností obdobná s výsledky jiných autorů (viz např. zjištění Vlckova et al., 2016), které přinesla rozsáhlá analýza literárních pramenů (kapitola 3.3), neboť geneze žákovských prekonceptů probíhá totožným způsobem u všech žáků bez ohledu na jejich národnost a původ (viz např. studie Brinschwitz, 2002, Riemeier, 2005). Na druhou stranu všeobecně platí, že čeští žáci hůře zvládají úlohy, které nevyžadují přesné definice a teoretické zvládnutí učiva, ale jsou zaměřené na praktické porozumnění dané problematiky. *Mezinárodní šetření PISA*⁶ v roce 2018 také opětovně ukázalo, že žákovské kompetence ve vazbě na přírodovědnou gramotnost mají rok od roku klesající trend (viz *Mezinárodní šetření PISA 2018*, Blažek et al., 2019). Neschopnost aplikace teoretických poznatků v praxi dokázala, mimo jiné, i studie Vlckove et al. (2016), v níž čeští žáci měli velký problém propojovat představy o buněčné biologii a genetice od stavby a struktury buňky po základní genetické koncepty, a aplikovat je na zadané úlohy.

To, co prekoncepte však ovlivňuje a předurčuje, je mentální věk žáků, individuální prostředí a zázemí, jež mají od narození k dispozici, a dosavadní úroveň školně i mimoškolně nabytých znalostí, která jejich následné poznávání posouvá určitým směrem dle elementárního charakteru jimi utvářených konceptů (Bertrand, 1998; Nezvalová, 2006; Škoda et al., 2010) či některé negativní příčiny. Žákovská pojetí vědeckých fenoménů mohou být zkreslena vlivem nemalého množství faktorů, mezi něž spadá i nedostatečné osvojení si oborové problematiky ze strany pedagogů (Yip, 1998; Dikmenli, 2010; Jáč, 2017b) spolu s neodpovídající didaktickou znalostí obsahu (Shulman, 1986), jež je jednou z vícečetných podmínek eliminace nežádoucích prekonceptů a miskonceptů (Janík, 2009). Jiným problémem je nezáměr žáka o studovanou problematiku, laxní přístup a absence motivace se biologii detailněji zabývat (Doulík a Škoda, 2008; Leonard et al., 2014). Žákovské prekoncepte jsou tedy v tomto kontextu zcela unikátními strukturami, jež nemohou být u dvou jedinců zcela shodné. Výzkum v oblasti jejich diagnostiky by jistě přispěl hojnými novými poznatky, jež by mohly sloužit českým pedagogům přírodopisu a biologie jako vodítko při výuce tematických celků buněčné biologie a genetice na základních i středních školách a poskytnout jim ucelenou paletu nejrůznějších alternativních pojetí, na která je nezbytné dát během výuky pozor.

⁶ *Mezinárodní šetření PISA (Programme for International Student Assessment)* každoročně poukazuje na fakt, že čeští žáci mají dobře osvojen teoretický základ přírodovědných předmětů, avšak nejsou schopni své teoretické poznatky navzájem propojovat a aplikovat je v praxi (viz Blažek et al., 2019).

7 ZÁVĚR

Předložená bakalářská práce byla zaměřena na žákovské prekoncepce o stavbě a funkci buňky. V teoretické části byla zpracována literární rešerše zabývající se problematikou žákovských prekonceptů a miskonceptů v kontextu teorie konceptuální změny, výzkumnými metodami zjišťování žákovských prekonceptů a genezí žákovských prekonceptů v oblasti buněčné biologie směrem od základních škol ke středním školám. V praktické části byla provedena obsahová analýza tematického celku buněčné biologie v učebnicích přírodopisu pro 6. ročníky základních škol a odpovídající ročníky víceletých gymnázií. Souběžně byly také na základě obsahové analýzy sestaveny 4 konceptové testy pro diagnostiku žákovských prekonceptů v oblasti buněčné biologie.

Hlavní zjištění této práce jsou následující:

- a) Výuka tematického celku buněčné biologie je na základních školách (resp. víceletých gymnáziích) zařazena do 6. ročníku (primy) a posléze je na ni navazováno v dalších ročnících;
- b) Učivo o hierarchickém uspořádání živých organismů je nejvíce zastoupeno v učebnicích od nakladatelství Prodos 1997 a Prodos 2011;
- c) Učivo o buňce v historickém kontextu je nejvíce zastoupeno v učebnicích od nakladatelství Prodos 2011 a Taktik 2017;
- d) Učivo o buněčné teorii je nejvíce zastoupeno v učebnicích od nakladatelství Prodos 2011 a Taktik 2017;
- e) Učivo o dělení organismů do skupin dle počtu buněk, jež je tvoří, a složitosti vnitřní stavby buněk tyto organismy tvořící je nejvíce zastoupeno v učebnicích od nakladatelství Scientia 1997, ČGS 2004, Prodos 2011 a Taktik 2017;
- f) Učivo o základní typologii buněk je zastoupeno ve všech analyzovaných učebnicích (v učebnici od nakladatelství Fortuna 2009 částečně);
- g) Učivo o typologii buněk dle složitosti vnitřní stavby je nejvíce zastoupeno v učebnicích od nakladatelství Scientia 1997, Prodos 2011 a Taktik 2017;
- h) Učivo o typologii buněk v kontextu buněčného dělení je zastoupeno ve všech analyzovaných učebnicích (v učebnici od nakladatelství SPN 2007 částečně);

- i) Učivo o rozmanitosti živočišných buněk je nejvíce zastoupeno v učebnicích od nakladatelství ČGS 2004 a Taktik 2017;
- j) Učivo o rozmanitosti rostlinných buněk je nejvíce zastoupeno v učebnicích od nakladatelství Scientia 1997 a SPN 2007;
- k) Učivo o tvarové rozmanitosti buněk je nejvíce zastoupeno v učebnicích od nakladatelství Scientia 1997, Fraus 2014 a Taktik 2017;
- l) Učivo o velikostní rozmanitosti buněk je nejvíce zastoupeno v učebnicích od nakladatelství Scientia 1997 a Fraus 2014;
- m) Učivo o stavbě (strukturu) buňky je nejvíce zastoupeno v učebnici od nakladatelství Taktik 2017;
- n) Učivo o funkci buněčných organel je nejvíce zastoupeno v učebnicích od nakladatelství ČGS 2004 a Taktik 2017;
- o) Učivo o buněčném dělení (mitóze) je nejvíce zastoupeno v učebnici od nakladatelství Scientia 1997; učebnice od nakladatelství Nová škola 2007, Fortuna 2009, Prodos 2011 a Taktik 2017 jej naopak nezmiňují vůbec;
- p) Učivo o evoluci buňky je nejvíce zastoupeno v učebnici od nakladatelství Taktik 2017.

Z důvodu nemožnosti realizovat konceptové šetření (pandemie COVID-19) slouží tato práce pouze jako podklad pro další výzkum v oblasti diagnostiky žákovských prekonceptí na poli buněčné biologie. Sestavené konceptové testy bude do budoucna možno využít při identifikaci žákovských prekonceptí u žáků 2. stupně základních škol (resp. příslušných ročníků víceletých gymnázií).

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. BANET, Enrique a Enrique AYUSO. Teaching Genetics at Secondary School: A Strategy for Teaching about the Location of Inheritance Information. *Science Education*. 2000, 84(3), 313-351. ISSN 1098-237X.
2. BERTRAND, Yves. *Soudobé teorie vzdělávání*. Praha: Portál, 1998, 247 s. ISBN 80-7178-216-5.
3. BLAŽEK, Radek, Zuzana JANOTOVÁ, Eva POTUŽNÍKOVÁ a Josef BASL. *Mezinárodní šetření PISA 2018: Národní zpráva: přírodovědná gramotnost*. Praha: Česká školní inspekce, 2019. ISBN 978-80-88087-24-3.
4. BRINSCHWITZ, Tanja. Lernervorstellungen von Zellen – Eine Re-Analyse der Befunde empirischer Erhebungen. In: VOGT, H. a C. RETZLAFFÜRST (HRSG.). *Erkenntnisweg Biologiedidaktik. Beitr. der 4. Frühjahrsschule der Sekt. Biologiedidaktik im vdbiol, Rostock-Warnemünde*. Rostock-Warnemünde: Rostock University Printing Office, 2002, s. 27-40. ISBN 3-00-011081-X.
5. BRINSCHWITZ, Tanja, Karola GREGUHN a Dirk KRÜGER. Erfassung von Vorstellungen von der Zelle und der Zellteilung mit dem Own-Word-Mapping Verfahren. *Zeitschrift für Didaktik der Biologie (ZDB)-Biologie Lehren und Lernen*. 2003, 12(S.), 1-18. ISSN 0942-976X.
6. CISTERNA, Dante, M. WILLIAMS a J. MERRITT. Students' Understanding of Cells & Heredity: Patterns of Understanding in the Context of a Curriculum Implementation in Fifth & Seventh Grades. *The American Biology Teacher*. 2013, 75(3), 178-184. ISSN 0002-7685.
7. CLÉMENT, Pierre. Introducing the Cell Concept with Both Animal and Plant Cells: A Historical and Didactic Approach. *Science & Education*. 2007, 16(3-5), 423-440. ISSN 1573-1901.
8. COLEY, John D. a Kimberly D. TANNER. Common Origins of Diverse Misconceptions: Cognitive Principles and the Development of Biology Thinking. *CBE—Life Sciences Education*. 2012, 11(3), 209-215. ISSN 1931-7913.
9. ČERNÍK, Vladimír a kol. *Přírodopis 6 pro základní školy - Zoologie a botanika*. Praha: SPN, 2007, 120 s. ISBN 978-80-7235-374-3.

10. DANČÁK, Martin a Michaela SEDLÁŘOVÁ. *Přírodopis 6: Vývoj života na Zemi - Obecná biologie - Biologie hub. Učebnice pro 6. ročník základní školy*. Olomouc: Prodos, 2011, 88 s. ISBN 978-80-7230-257-4.
11. DIKMENLI, Musa. Misconceptions of Cell Division Held by Student Teachers in Biology: A Drawing Analysis. *Scientific Research and Essays*. 2010, 5(2), 235-247. ISSN 1992-2248.
12. DOBRORUKA, Luděk J. a kol. *Přírodopis I pro 6. ročník ZŠ*. Praha: Scientia, 1997, 127 s. ISBN 80-7183-092-5.
13. DOULÍK, Pavel a Jiří ŠKODA. Tvorba a ověření nástrojů kvantitativní diagnostiky prekonceptů a možnosti jejího vyhodnocení. *Pedagogika*. 2003, 53(2), 177-189. ISSN 2336-2189.
14. DOULÍK, Pavel a Jiří ŠKODA. *Diagnostika dětských pojetí a její využití v pedagogické praxi*. Ústí nad Labem: Univerzita J.E. Purkyně v Ústí nad Labem, 2008, 177 s. ISBN 978-80-7414-059-4.
15. DUIT, Reinders a David F. TREAGUST. Conceptual Change: A Powerful Framework for Improving Science Teaching and Learning. *International Journal of Science Education*. 2003, 25(6), 671-688. ISSN 1464-5289.
16. DUNCAN, Richard G. a Brian J. REISER. Reasoning Across Ontologically Distinct Levels: Students' Understandings of Molecular genetics. *The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*. 2007, 44(7), 938-959. ISSN 1098-2736.
17. FISHER, Kathleen M. a David E. MOODY. Student Misconceptions in Biology. In: FISHER, Kathleen M., James H. WANDERSEE a David E. MOODY. *Mapping Biology Knowledge*. New York: Kluwer Academic Publishers, 2002, s. 55-75. ISBN 0-306-47225-2.
18. GALVIN, E., G. MOONEY SIMMIE a A. O'GRADY. Identification of Misconceptions in the Teaching of Biology: A Pedagogical Cycle of Recognition, Reduction and Removal. *Higher Education of Social Science*. 2015, 8(2), 1-8. ISSN 1927-0240.
19. GAVORA, Peter. *Úvod do pedagogického výzkumu*. Brno: Paido, 2010, 261 s. ISBN 978-80-7315-185-0.

20. GUREL, D. K., A. ERYILMAZ a L. C. A. MCDERMOTT. A Review and Comparison of Diagnostic Instruments to Identify Students' Misconceptions in Science. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*,. 2015, 11(5), 989-1008. ISSN 1305-8223.
21. HARPER, Douglas. *Online Etymology Dictionary* [online]. © 2001-2021 [cit. 2021-03-07]. Dostupné z: <https://www.etymonline.com/>
22. HASAN, Saleem, Diola BAGAYOKO a Ella L. KELLEY. Misconceptions and The Certainty of Response Index (CRI). *Physics education*. 1999, 34(5), 294-299. ISSN 1361-6552.
23. HENDL, Jan. *Kvalitativní výzkum základní metody a aplikace*. Praha: Portál, 2005, 407 s. ISBN 80-7367-040-2.
24. HENDL, Jan. *Přehled statistických metod*. Praha: Portál, 2012, 736 s. ISBN 978-80-262-0200-4.
25. CHI, Michelene T. H., Nicholas DE LEEUW, Mei-Hung CHIU a Christian LAVANCHER. Eliciting Self-explanations Improves Understanding. *Cognitive Science*. 1994a, 18(3), 439-477. ISSN 03640213.
26. CHI, M. T., J. D. SLOTTA a N. De LEEUW. From things to processes: A Theory of Conceptual Change for Learning Science Concepts. *Learning and Instruction*. 1994b, 4(1), 27-43. ISSN 0959-4752.
27. CHRÁSKA, Miroslav. *Metody pedagogického výzkumu. Základy kvantitativního výzkumu*. Praha: Grada Publishing, 2016, 256 s. ISBN 978-80-247-5326-3.
28. JÁČ, Martin. Pozorování a porovnávání ve výuce přírodopisu. In: SLAVÍK, JAN, KLÁRA ULIČNÁ, JANA STARÁ, PETR NAJVAR a kol. *Didaktické kazuistiky v oborech školního vzdělávání*. Brno: Masarykova Univerzita, 2017a, s. 267-282. ISBN 978-80-210-8768-2.
29. JÁČ, Martin. *Využití mikroskopu v praktické výuce přírodopisu (průvodce studiem)*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2018. ISBN neuvedeno.
30. JÁČ, Martin. Proteosyntéza eukaryot: hledání cesty od znalosti pojmů k hlubšímu porozumění buněčným procesům ve výuce biologie. In: SLAVÍK, JAN, KLÁRA ULIČNÁ, JANA STARÁ, PETR NAJVAR a kol. *Didaktické kazuistiky v oborech školního vzdělávání*. Brno: Masarykova Univerzita, 2017b, s. 283–308. ISBN 978-80-210-8768-2.

31. JÁČ, Martin, Jitka KOPECKÁ, Monika MORRIS a Olga VRÁNOVÁ. *Didaktické kazuistiky výuky přírodopisu a biologie*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2019, 215 s. ISBN 978-80-244-56-95-9.
32. JANÍK, Tomáš. *Didaktické znalosti obsahu a jejich význam pro oborové didaktiky, tvorbu kurikula a učitelské vzdělávání*. 1. Brno: Paido, 2009, 119 s. ISBN 978-80-7315-186-7.
33. JANÍK, Tomáš. Od obsahu vzdělávání k žakově znalosti: kritická místa na cestě do školy a ze školy. *Arnica*. 2018, 8(1), 1–8. ISSN 1804-8366.
34. JANÍK, Tomáš a kol. *Možnosti rozvíjení didaktických znalostí obsahu u budoucích učitelů*. Brno: Paido, 2009, 148 s. ISBN 978-80-7315-176-8.
35. JANÍK, Tomáš a Vlastimil ŠVEC. Žák a kurikulum: Žákovo pojetí učiva. In: MAŇÁK, Josef, Tomáš JANÍK a Vlastimil ŠVEC. *Kurikulum v současné škole*. Brno: Paido, 2008, s. 61-65. ISBN 978-80-7315-175-1.
36. JELEMENSKÁ, Patrícia. Model didaktické rekonstrukce z metodologického pohledu. In: JANÍKOVÁ, Marcela, Kateřina VLČKOVÁ a kol. *Výzkum výuky: tematické oblasti, výzkumné přístupy a metody*. Brno: Paido, 2008, s. 147-170. ISBN 978-80-7315-180-5.
37. JENIŠOVÁ, Markéta. *Analýza tématu Stavba a význam rostlinných orgánů v učebnicích přírodopisu* [online]. Olomouc, 2019 [cit. 2021-04-28]. Dostupné z: <https://theses.cz/id/jzm3nf/>. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Pedagogická fakulta. Vedoucí práce RNDr. Olga Vránová, Ph.D. 106 s.
38. JEŘÁBEK, Ondřej a Martin BÍLEK. *Teorie a praxe tvorby didaktických testů*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2010, 91 s. ISBN 978-80-244-2494-1.
39. JURČÁK, Jaroslav, Jiří FRONĚK a kol. *Přírodopis 6*. Olomouc: Prodos, 1997, 128 s. ISBN 80-85806-47-9.
40. KALHOUS, Zdeněk, Otto OBST a kol. *Školní didaktika*. Praha: Portál, 2002, 447 s. ISBN 80-7178-253-X.
41. KATTMANN, Ulrich. Didaktická rekonstrukce: učitelské vzdělávání a reflexe výuky. In: JANÍK, Tomáš a kol. *Možnosti rozvíjení didaktických znalostí obsahu u budoucích učitelů*. Brno: Paido, 2009, s. 17-33. ISBN 978-80-7315-176-8.

42. KATTMANN, Ulrich, R. DUIT, H. GROPENGIESSER a M. KOMOREK. Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*. 1997, 3(3), 3-18. ISSN 2197-988X.
43. KHOUREY-BOWERS, Claudia. Active Learning Strategies: The Top 10: 10 Strategies to Help Students Overcome their Naive Conceptions of Science. *The Science Teacher*. 2011, 78(4), 38. ISSN 1943-4871.
44. KINDFIELD, Ann C. H. Confusing Chromosome Number and Structure: a Common Student Error. *Journal of Biological Education*. 1991, 25(3), 193-200. ISSN 0021-9266.
45. KNECHT, Pavel. Didaktická transformace aneb od „didaktického zjednodušení k didaktické rekonstrukci“. *Orbis scholae*. 2007, 1(1), 67-81. ISSN 1802-4637.
46. KNIGHT, Jennifer K. a William B. WOOD. Teaching More by Lecturing Less. *Cell Biology Education*. 2005, 4(4), 298–310. ISSN 1536-7509.
47. KOBÁ, Susan a Anne TWEED. *Hard-to-teach Biology Concepts: A Framework to Deepen Student Understanding*. Arlington, VA: NSTA Press, 2009, 260 s. ISBN 978-1-933531-41-0.
48. KOČÁREK, Eduard a Eduard KOČÁREK. *Přírodopis pro 6. ročník základní školy*. Praha: Jinan, 1998, 95 s. ISBN 80-238-2077-X (v knize neuvedeno).
49. KOSKOVÁ, Martina. *Porovnání schopností žáků základních škol a víceletých gymnázií v určování druhů bezobratlých živočichů* [online]. Olomouc, 2018 [cit. 2021-04-28]. Dostupné z: <https://theses.cz/id/66uket/>. Diplomová práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Pedagogická fakulta. Vedoucí práce RNDr. Martin Jáč, Ph.D. 171 s.
50. KRÜGER, Dirk, Jennifer FLEIGE a Tanja RIEMEIER. Students' Conceptions of Growth and Cell Division Before and After Instruction. In: ERGAZAKI, Marida, Jenny LEWIS a Vassiliki ZOGZA. *Trends in Biology Education Research in the new Biology Era, A selection of papers presented at ERIDOB 2004*. Patras: Patras University Press, 2005, s. 73-89. ISBN 960-530-079-6.
51. KUČERA, Pavel, Edmund SEDLÁK, Václav SEDLÁČEK a kol. *Přírodopis 6 - 1. díl: Obecný úvod do učiva přírodopisu (učebnice)*. Brno: Nová Škola, 2007, 72 s. ISBN 80-7289-083-2.

52. KVASNIČKOVÁ, Danuše, Jan JENÍK, Pavel PECINA a kol. *Ekologický přírodopis pro 6. ročník základní školy*. 4. vydání. Praha: Fortuna, 2009, 128 s. ISBN 978-80-7373-056-7.
53. LEONARD, Mary. J., S. T. KALINOWSKI a T. C. ANDREWS. Misconceptions Yesterday, Today, and Tomorrow. *CBE—Life Sciences Education*. 2014, 13(2), 179-186. ISSN 1931-7913.
54. LEWIS, Jenny, J. LEACH a C. WOOD-ROBINSON. What's in a cell? Young people's understanding of the genetic relationship between cells, within an individual. *Journal of Biological Education*. 2000, 34(3), 129-132. ISSN 0021-9266.
55. LEWIS, Jenny a Colin WOOD-ROBINSON. Genes, Chromosomes, Cell Division and Inheritance-Do Students See Any Relationship? In: ANDERSSON, Björn, Ute HARMS, Gustav HELLDÉN a Maj-Lis SJÖBECK (ed.). *Research in Didaktik of Biology: Proceedings of the Second Conference of European Researchers in Didaktik of Biology, November 18-22, 1998*. Göteborg: Institutionen för pedagogik och didaktik: University of Göteborg, 2000, s. 123-133. ISSN 1404-062X.
56. LUKŠA, Ľaklin, Ines INES RADANOVIC, Diana GARAŠIŠ a Mirela SERTIŠ PERIŠ. Misconceptions of Primary and High School Students Related to the Biological Concept of Human Reproduction, Cell Life Cycle and Molecular Basis of Heredity. *Journal of Turkish Science Education*. 2016, 13(3), 143-160. ISSN 1304-6020.
57. MALENINSKÝ, Miroslav, Jaroslav SMRŽ a Bohdan ŠKODA. *Přírodopis pro 6. ročník – Botanika 1, Zoologie 1: Učebnice pro základní školy a nižší stupeň víceletých gymnázií*. Praha: ČGS, 2004, 104 s. ISBN 80-86034-56-9.
58. MAŇÁK, Josef. Pojetí kurikula: Vzdělávání v moderní společnosti. In: MAŇÁK, Josef, Tomáš JANÍK a Vlastimil ŠVEC. *Kurikulum v současné škole*. Brno: Paido, 2008, s. 9-13. ISBN 978-80-7315-175-1.
59. MAŇÁK, Josef, Tomáš JANÍK a Vlastimil ŠVEC. *Kurikulum v současné škole*. Brno: Paido, 2008, 127 s. ISBN 978-80-7315-175-1.
60. MAŇÁK, Josef a Vlastimil ŠVEC. *Výukové metody*. Brno: Paido, 2003, 219 s. ISBN 80-7315-039-5.

61. MANDÍKOVÁ, Dana a Josef TRNA. *Žákovské prekoncepce ve výuce fyziky*. Brno: Paido, 2011, 245 s. ISBN 978-80-7315-226-0.
62. MAREŠ, Jiří a Miroslav OUHRABKA. Žákovo pojetí učiva. *Pedagogika*. 1992, 42(1), 83-94. ISSN 0031-3815.
63. MAREŠ, Jiří a Miroslav OUHRABKA. Dětské interpretace světa a žákovo pojetí učiva. In: ČÁP, Jan a Jiří MAREŠ. *Psychologie pro učitele*. 2. vyd. Praha: Portál, 2007, 411-440. ISBN 978-80-7367-273-7.
64. MASKIEWICZ, April Cordero a Jennifer Evarts LINEBACK. Misconceptions Are “So Yesterday!”. *CBE—Life Sciences Education*. 2013, 12(3), 352–356. ISSN 1931-7913.
65. MERTIN, Václav a Lenka KREJČOVÁ. *Metody a postupy poznávání žáka: pedagogická diagnostika*. 2. vyd. Praha: Wolters Kluwer, 2016, 400 s. ISBN 978-80-7552-014-2.
66. MINTZES, Joel J. a James H. WANDERSEE. Research in Science Teaching and Learning a Human Constructivist View. In: MINTZES, Joel J. (ed.) a Joseph D. NOVAK. *Teaching Science for Understanding: A Human Constructivist View*. London: Elsevier Academic Press, 2005, s. 60-90. ISBN 0-12-498361-8.
67. MODELL, Harold, Joel MICHAEL a Mary Pat WENDEROTH. Helping the Learner to Learn: The Role of Uncovering Misconceptions. *The American Biology Teacher*. 2005, 67(1), 20-26. ISSN 0002-7685.
68. NECKAŘOVÁ, Jana. *Analýza současného stavu výuky laboratorních cvičení z přírodopisu na 2. stupni základních škol a v odpovídajících ročnících víceletých gymnázií v Olomouckém kraji [online]*. Olomouc, 2018 [cit. 2021-04-28]. Dostupné z: <https://theses.cz/id/2huq3k/>. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Pedagogická fakulta. Vedoucí práce RNDr. Martin Jáč, Ph.D. 103 s.
69. NEWMAN, Dina L., Christina M. CATAVERO a L. Kate WRIGHT. Students Fail to Transfer Knowledge of Chromosome Structure to Topics Pertaining to Cell Division. *CBE—Life Sciences Education*. 2012, 11(4), 425–436. ISSN 1931-7913.
70. NEZVALOVÁ, Danuše. *Konstruktivismus v integrovaném pojetí přírodovědného vzdělávání. Výzkum prekonceptů. Závěrečná zpráva o výzkumu vybraných prekonceptů z oblasti přírodovědného vzdělávání*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2007, 91 s. ISBN 978-80-244-1686-1.

71. NEZVALOVÁ, Danuše. *Konstruktivismus a jeho aplikace v integrovaném pojetí přírodovědného vzdělávání. Úvodní studie*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2006, 115 s. ISBN 80-244-1258-6.
72. NOVÁK, Jan a Milan SKALICKÝ. *Botanika*. 4. Praha: Powerprint, 2017, 358 s. ISBN 978-80-7568-036-5.
73. ÖZTAP, Haydar, Esra ÖZAY a Fulya ÖZTAP. Teaching Cell Division to Secondary School Students: an Investigation of Difficulties Experienced by Turkish Teachers. *Journal of Biological Education*. 2003, 38(1), 13-15. ISSN 2157-6009.
74. PAPÁČEK, Miroslav. Limity a šance zavádění badatelsky orientovaného vyučování přírodopisu a biologie v České republice. In: PAPÁČEK, Miroslav (ed.). *Didaktika biologie v České republice 2010 a badatelsky orientované vyučování. DiBi 2010: Sborník příspěvků semináře, 25. a 26. března 2010*. Jihočeská univerzita, České Budějovice, 2010, s. 145-162. ISBN 978-80-7394-210-6.
75. PAPÁČEK, Miroslav, Věra ČÍŽKOVÁ, Milan KUBIATKO, Jan PETR a Radka ZÁVODSKÁ. Didaktika biologie: didaktika v rekonstrukci. In: STUHLÍKOVÁ, Iva, Tomáš JANÍK a kol. *Oborové didaktiky: vývoj – stav – perspektivy*. Brno: Masarykova Univerzita, 2015, s. 225–257. ISBN 978-80-210-7884-0.
76. PELIKÁNOVÁ, Ivana, Věra ČABRADOVÁ, František HASCH a kol. *Přírodopis 6: Učebnice pro základní školy a víceletá gymnázia - nová generace*. Plzeň: Fraus, 2014, 120 s. ISBN 978-80-7489-009-3.
77. PIAGET, Jean. *Psychologie inteligence*. Praha: Portál, 1999, 164 s. ISBN 80-7178-309-9.
78. PIVARČ, Jakub. *Poznatky o žákovských prekonceptcích mentálního postižení v kontextu proměny paradigmatu současného vzdělávání*. Praha: Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta, 2017. ISBN 978-80-7290-952-0.
79. POSNER, G. J., K. A. STRIKE, P. W. HEWSON a W. A. GERTZOG. Accommodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change. *Science Education*. 1982, 66(2), 211-227. ISSN 1098-237X.
80. PRŮCHA, Jan. (Ed.). *Pedagogická encyklopedie*. Praha: Portál, 2009, 935 s. ISBN 978-80-7367-546-2.

81. PRŮCHA, Jan, Eliška WALTEROVÁ a Jiří MAREŠ. *Pedagogický slovník*. 7. Praha: Portál, 2013, 395 s. ISBN 978-80-262-0403-9.
82. *Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání* [online]. Praha: MŠMT, 2017 [cit. 2021-03-24]. Dostupné z: <https://www.msmt.cz/file/43792/>
83. *Rámcový vzdělávací program pro gymnázia* [online]. Praha: MŠMT, 2007 [cit. 2021-03-24]. Dostupné z: <http://www.nuv.cz/file/159>
84. RIEMEIER, TANJA. Schülervorstellungen von Zellen, Teilung und Wachstum. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*. 2005, 11(1), 52-72. ISSN 0949-1147.
85. SHULMAN, Lee S. Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational researcher*. 1986, 15(2), 4-14. ISSN 1935102X.
86. SCHNEEWEISS, Niklas a Harald GROPENGIESSER. Organising Levels of Organisation for Biology Education: A Systematic Review of Literature. *Education Sciences*. 2019, 9(3), 207. ISSN 2227-7102.
87. STOREY, Richard D. Textbook Errors & Misconceptions in Biology: Cell Structure. *The American Biology Teacher*. 1990, 52(4), 213-218. ISSN 0002-7685.
88. ŠKODA, Jiří a Pavel DOULÍK. *Psychodidaktika. Metody efektivního a smysluplného učení a vyučování*. Praha: Grada Publishing, 2011, 208 s. ISBN 978-80-247-3341-8.
89. ŠKODA, Jiří a Pavel DOULÍK. Dětská pojetí: teoretická východiska a metodologické aspekty. In: JANÍKOVÁ, Marcela, Kateřina VLČKOVÁ a kol. *Výzkum výuky: tematické oblasti, výzkumné přístupy a metody*. Brno: Paido, 2008, s. 117-139. ISBN 978-80-7315-180-5.
90. ŠKODA, Jiří, Pavel DOULÍK a kol. *Prekoncepce a miskoncepce v oborových didaktikách*. Ústí nad Labem: Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem, 2010, 274 s. ISBN 978-80-7414-290-1.
91. ŠVANDOVÁ, Kateřina. Secondary School Students' Misconceptions about Photosynthesis and Plant Respiration: Preliminary Results. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*. 2014, 10(1), 59-67. ISSN 1305-8223.

92. TAMBO, E.M.Z, J. P. MUKARO a HJ. MAHASO. Some misconceptions on Cell Structure and Function held by A-level Biology Students: Implications for Curriculum Development. *Zimbabwe Journal of Educational Research*. 2003, 15(2), 122-131. ISSN 1013-3445.
93. TANNER, Kimberly a Deborah ALLEN. Approaches to Biology Teaching and Learning: Understanding the Wrong Answers— Teaching toward Conceptual Change. *Cell Biology Education*. 2005, 4(2), 112–117. ISSN 1536-7509.
94. TEKKAYA, Ceren. Misconceptions as Barrier to Understanding Biology. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*. 2002, 23(23), 259-266. ISSN 2536-4758.
95. VERHOEFF, Roald P., K. Th. BOERSMA a A. J. WAARLO. Systems Modelling and the Development of Coherent Understanding of Cell Biology. *International Journal of Science Education*. 2008, 30(4), 543-568. ISSN 1464-5289.
96. VLCKOVA, Jana, Milan KUBIATKO a Muhammet USAK. Czech High School Students' Misconceptions about Basic Genetic Concepts: Preliminary Results. *Journal of Baltic Science Education*. 2016, 15(6), 738-745. ISSN 1648-3898.
97. YENILMEZ, Ayse a Ceren TEKKAYA. Enhancing Students' Understanding of Photosynthesis and Respiration in Plant Through Conceptual Change Approach. *Journal of Science Education and Technology*. 2006, 15(1), 81-87. ISSN 1573-1839.
98. YIP, Din-Yan. Identification of Misconceptions in Novice Biology Teachers and Remedial Strategies for Improving Biology Learning. *International Journal of Science Education*. 1998, 20(4), 461-477. ISSN 1464-5289.
99. DUIT, Reinders, Harald GROPENGIESSER, Ulrich KATTMANN, Michael KOMOREK a Ilka PARCHMANN. *The Model of Educational Reconstruction – a Framework for Improving Teaching and Learning Science*. JORDE, D. a J. DILLON (EDS). Science Education Research and Practice in Europe. Cultural Perspectives in Science Education. 5. Rotterdam: SensePublishers, 2012, s. 171-188. ISBN 978-94-6091-900-8.
100. ŽÍDKOVÁ, Hana a Kateřina KNŮROVÁ. *Hravý přírodopis 6: Učebnice pro 6. ročník ZŠ a víceletá gymnázia*. Praha: Taktik, 2017, 124 s. ISBN 978-80-7563-069-8.

Seznam zdrojů obrázků

1. Kresba nervové buňky (Poděkování): autorka
2. Kresba DNA (Úvod): autorka
3. Bifaciální list s mezofylem rozlišeným na palisádový a houbový parenchym břečťanu popínavého (*Hedera helix*). In: <http://botany.upol.cz> [online]. [cit. 2021-4-29]. Dostupné z: <http://botany.upol.cz/atlasy/anatomie/anatomieCR28.pdf>
4. Chloroplast. In: <https://o.quizlet.com/> [online]. [cit. 2021-4-29]. Dostupné z: https://o.quizlet.com/WrXaR.gv4FFfStR8ldia3A_b.jpg
5. Lípa srdčitá (malolistá). In: <https://deti.vls.cz/> [online]. [cit. 2021-4-29]. Dostupné z: <https://deti.vls.cz/cz/tipy-do-lesa/zivot-v-lese/stromy/lipa-srdcita-malolista#&gid=1&pid=1>
6. List lípy. In: <http://www.zsamsbranany.cz> [online]. [cit. 2021-4-29]. Dostupné z: <https://indiaeducationdiary.in/wp-content/uploads/2020/11/Plant-Cell-3D.jpg>
7. Chlorofyl a, b, d. In: <https://cs.wikipedia.org/> [online]. [cit. 2021-4-29]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Chlorofyl#/media/Soubor:Chlorophyll_a_b_d.svg
8. Rostlinná buňka. In: <https://to-co-ma-smysl.webnode.cz/> [online]. [cit. 2021-4-29]. Dostupné z: <https://to-co-ma-smysl.webnode.cz/files/200000196-f3033f3035/450/bu%C5%88ka02.png>
9. Nervová kmenová buňka. In: <https://www.istockphoto.com/> [online]. [cit. 2021-4-29]. Dostupné z: <https://www.istockphoto.com/vector/stem-cell-diagram-on-white-background-gm542696458-97192775>
10. Model lidského mozku. In: <https://www.anatomicke-pomucky.cz/> [online]. [cit. 2021-4-29]. Dostupné z: <https://www.anatomicke-pomucky.cz/modely-mozku/187-model-lidskeho-mozku-5-casti-4053083002047.html>
11. Nervová tkáň. In: <http://docplayer.cz/> [online]. [cit. 2021-4-29]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/67256868-Nervova-tkan-histologie-a-embryologie-modul-ib-martin-spacek.html>
12. Žena a muž. In: <https://thumbs.dreamstime.com/> [online]. [cit. 2021-4-29]. Dostupné z: <https://thumbs.dreamstime.com/b/%E5%81%A5%E5%BA%B7-%E4%BA%BA%E5%92%8C%E5%A6%87%E5%A5%B3-78269265.jpg>
13. Nervová soustava člověka. In: <https://www.umimeto.org/> [online]. [cit. 2021-4-29]. Dostupné z: https://www.umimeto.org/asset/system/uf/img/zadani-biologie/soustava_nervova/celkove.png

14. Mitochondrie. In: <https://o.quizlet.com/> [online]. [cit. 2021-4-29].
Dostupné z: https://o.quizlet.com/SNPBQB-BOLr1QZRFv6Eimw_b.jpg
15. Strukturní vzorec noradrenalinu. In: <https://cs.wikipedia.org> [online]. [cit. 2021-4-29].
Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Noradrenalin#/media/Soubor:Noradrenalin_-_Noradrenaline.svg
16. Schéma rostlinné buňky. In: <https://indiaeducationdiary.in/> [online]. [cit. 2021-4-29].
Dostupné z: <https://indiaeducationdiary.in/wp-content/uploads/2020/11/Plant-Cell-3D.jpg>
17. Kresba materské buňky před započítím rozmnožování (Konceptový test 4): autorka