

Univerzita Karlova
Přírodovědecká fakulta

Katedra učitelství a didaktiky chemie

Doktorský studijní program: Didaktika chemie

Studijní obor: Didaktika chemie



**Vliv animací na motivaci a studijní výsledky žáků ve výuce
přírodovědných předmětů**

*Influence of animations on pupils' motivation and academic
achievements in Science education*

Disertační práce

Řešitel: **Mgr. David Šarboch**

Vedoucí práce: **RNDr. Milada Teplá, Ph.D.**

Praha 2022

Čestné prohlášení:

Prohlašuji, že jsem disertační práci vypracoval samostatně pod vedením RNDr. Milady Teplé, Ph.D. Řádně jsem odcitoval a uvedl v seznamu všechny použité prameny, informační zdroje a literaturu.

Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze dne:

Mgr. David Šarboch

Poděkování:

Na tomto místě bych velmi rád upřímně poděkoval své školitelce RNDr. Miladě Teplé, Ph.D. za obětavé vedení mé disertační práce a významnou pomoc, oporu, cenné rady a vstřícný přístup při jejím zpracování.

Abstrakt

Disertační práce se zabývá vlivem interaktivních výukových animací na motivaci a studijní výsledky žáků. V současné době je motivace žáků ve výuce velmi diskutované téma (Ikwuka et al., 2017). Autoři mnoha studií stejně jako tvůrci národních kurikul prohlašují, že je nutné zaměřit se na přechod od tradičních metod výuky (např. frontální výuka) k metodám aktivizujícím žáky. Zároveň v současné době sledujeme nízkou oblibu přírodovědných předmětů mezi žáky základních a středních škol (Szarka et al., 2014). Tudíž je vhodné přicházet s metodami, které jednak vytvoří interaktivní prostředí, ve kterém mohou žáci rozvíjet své znalosti, dovednosti a kompetence, a jednak žáky zaujmout a motivovat k další práci. Proto je hlavním cílem disertační práce zjistit, jak působí animace na motivaci a studijní výsledky žáků středních škol (konkr. v přírodovědných předmětech). Didaktickým prostředkem, který by tyto skutečnosti mohl pomoci naplnit, je výuková animace. Většina autorů, kteří se věnují problematice výukových animací, se shodují na pozitivním přínosu jejich využití v hodinách v mnoha ohledech, nicméně výzkumů, které se zabývaly či zabývají ovlivnění motivace žáků je prozatím nedostatek (Stith, 2004; Barak et al. 2011; Szarka et al., 2016).

Výukové animace používané ve výzkumu, který je součástí této disertační práce, byly vytvořeny či jsou vytvářeny v programu Adobe Flash Professional CS6 či Adobe Animate na Katedře učitelství a didaktiky chemie Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy. Ke zjišťování vlivu animací na žáky jsou používány dva typy výzkumných nástrojů: pretest a posttest (zjišťování znalostní úrovně žáků) a IMI/MSLQ dotazníky (zjišťují úroveň motivace žáků).

Výzkumná část je rozdělena do dvou celků – hlavní výzkum A soustředící se na hlavní cíl disertační práce a dílčí výzkum B ověřující vytvořené animace na téma *Nukleové kyseliny*. Hlavního výzkumu se zúčastnilo cca 150 respondentů z pěti českých středních škol. Po vyhodnocení dat z testů a dotazníků se ukázalo, že použití animací oproti statickým vizualizacím signifikantně zlepšuje dosažené studijní výsledky žáků a zároveň zvyšuje různé složky jejich motivace. Výzkumná část B byla provedena s 9 respondenty v rámci akčního výzkumu. Během něj byly ověřeny animace vytvořené autorem této práce a dle postřehů žáků byly tyto následně upraveny.

Klíčová slova:

Výuková animace, motivace žáků, studijní výsledky žáků, mezipředmětové vztahy, přírodovědné předměty

Abstract

The dissertation deals with the influence of interactive educational animations on the motivation and academic achievements of pupils. Currently, student motivation in teaching is a much discussed topic (Ikwuka et al., 2017). The authors of many studies, as well as the creators of national curricula, declare that it is necessary to focus on the transition from traditional teaching methods (eg. frontal teaching) to methods that activate pupils. At the same time, we are currently observing the low popularity of science subjects among primary and secondary school pupils (Szarka et al., 2014). Therefore, it is advisable to come up with methods that, on the one hand, create an interactive environment in which students can develop their knowledge, skills and competences, and on the other hand, interest and motivate students to further work. Thus, the main goal of the dissertation is to find out how animation affects the motivation and academic results of secondary school students (especially in science subjects). A didactic tool that could help fulfill these facts is educational animation. The majority of authors who deal with the issue of educational animations agree on the positive contribution of their use in classes in many aspects, however, there is currently a lack of research that has dealt with or is dealing with the influence of student motivation (Stith, 2004; Barak et al. 2011; Szarka et al. al., 2016). The teaching animations used in the research, which is part of this dissertation, were created in Adobe Flash Professional CS6 or Adobe Animate at the Department of Teaching and Didactics of Chemistry, Faculty of Science, Charles University. Two types of research tools are used: pretest and posttest (determining the level of knowledge of students) and IMI/MSLQ questionnaires (determining the level of motivation of students).

The research part is divided into two units – main research A focusing on the main goal of the dissertation and sub-research B verifying the created animations on the topic of *Nucleic acids*. More than 150 respondents from five Czech secondary schools took part in the main research. After evaluating the data from the tests and questionnaires, it became clear that the use of animations compared to static visualizations significantly improves the students' academic results and at the same time increases various components of their motivation. Research part B was conducted with 9 respondents as part of an action research. During it, the animations created by the author of this work were verified and subsequently adjusted according to the pupils' observations.

Key words:

Educational animation, pupils| motivation, academic achievements, international relationships, Science education

Seznam použitých zkratk:

CLT	cognitive load theory
GPS	Global Positioning Systém
H_x	hypotéza x
IMI	Intrinsic Motivation Inventory (Inventář vnitřní motivace)
ISCED	International Standard Classification of Education (Mezinárodní standardy klasifikace vzdělávání)
KK	klíčová/é kompetence
KUDCH	Katedra učitelství a didaktiky chemie
MSLQ	Motivated Strategies for Learning Questionnaire (Dotazník motivačních strategií učení)
MŠMT	Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy
NG	nižší gymnázium
NMR	Nuclear Magnetic Resonance (nukleární magnetická rezonance)
NUV	Národní ústav pro vzdělávání
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development (Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj)
PIAAC	Programme for the International Assessment of Adult Competencies (Mezinárodní výzkum dospělých)
PISA	Programme for International Student Assessment (Mezinárodní výzkum žáků)
RVP GV	Rámcový vzdělávací program pro gymnaziální vzdělávání
RVP PV	Rámcový vzdělávací program pro předškolní vzdělávání
RVP SOV	Rámcový vzdělávací program pro střední odborné vzdělávání
RVP SV	Rámcový vzdělávací program pro speciální vzdělávání
RVP ZUV	Rámcový vzdělávací program pro umělecké obory základního uměleckého vzdělávání
RVP ZV	Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání
SMQ II	Science Motivation Questionnaire II (Motivační dotazník v přírodovědných předmětech II)

SŠ	střední škola
ŠVP	školní vzdělávací program
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (Organizace OSN pro vzdělání, vědu a kulturu)
VG	vyšší gymnázium
VŠ	vysoká škola
VUP	výzkumný ústav pedagogický
ZŠ	základní škola

Seznam zkratk použitých ve studijním textu:

A	adenin
AMK	aminokyselina
AMP	adenosinmonofosfát
dAMP	deoxyadenosinmonofosfát
ATP	adenosintrifosfát
C	cytosin
CMP	cytidinmonofosfát
CTP	cytiditrifosfát
DNA	deoxyribonukleová kyselina
ER	endoplasmatické retikulum
sER	hladké (smooth) endoplasmatické retikulum
rER	hrubé (rough) endoplasmatické retikulum
G	guanin
GA	Golgiho aparát
GMP	guanosinmonofosfát
dGMP	deoxyguanosinmonofosfát
GTP	guanosintrifosfát
HIV	human immunodeficiency virus
pH	potential of hydrogen

NAD ⁺	nikotinamidadeninukleotid (oxidovaná forma)
NDP	nukleotiddifosfát
NTP	nukleotidtrifosfát
dNTP	deoxynukleotidtrifosfát
PCR	polymerase chain reaction (polymerázová řetězová reakce)
RNA	ribonukleová kyselina
hnRNA	heteronuclear RNA
mRNA	messenger RNA
rRNA	ribosomální RNA
snRNA	small nuclear RNA
tRNA	transférová RNA
T	thymín
TF	transkripční faktor/y
U	uracil

Obsah

1	Úvod, cíle práce a výzkumné otázky	17
1.1	Úvod	17
1.2	Cíle a výzkumné otázky disertační práce	18
2	Teoretická část práce.....	19
2.1	Vymezení cílové kategorie žáků	19
2.2	Klíčové kompetence	20
2.2.1	Vznik a vývoj klíčových kompetencí.....	21
2.2.2	Klíčové kompetence – význam a dělení.....	22
2.3	Mezipředmětové vztahy	24
2.3.1	Klady a zápory mezipředmětových vztahů	25
2.4	Vizualizace a Animace	26
2.4.1	Vlivy animací na žáky.....	29
2.4.2	Pozitiva a negativa výukových animací	31
2.4.3	Faktory ovlivňující výuku s pomocí animací.....	32
2.4.4	Doporučení pro tvorbu a použití animací.....	34
2.5	Motivace žáků a efektivita vzdělávání	36
2.5.1	Motivace žáků jako jeden z indikátorů kvality výuky	36
2.5.2	Efektivita vzdělávání.....	40
2.5.3	Vymezení pojmů a vztah efektivity a kvality výuky.....	40
2.6	Výzkumná metoda a nástroje na zjištění efektivity použití animací.....	42
2.6.1	Pedagogický experiment	42
2.6.2	Akční výzkum	48
2.7	Statistické metody zpracování dat – zkoumání statistické a věcné významnosti..	51
2.7.1	Reliabilita výzkumných nástrojů.....	51
2.7.2	Popisné charakteristiky statistických souborů.....	51
2.7.3	Testování hypotéz	52
2.7.4	Normalita dat.....	52

2.7.5	Stručný popis parametrických a neparametrických testů – významnost.....	54
2.7.6	Korelační analýza	56
2.7.7	Věcná významnost – jak moc je náš výsledek praktický?	57
3	Praktická část	59
3.1	Proč právě téma <i>Nukleových kyselin</i> ?.....	59
3.2	Rešerše animací s tématem <i>Nukleové kyseliny</i>	60
3.2.1	DNA learning center	61
3.2.2	DNA from the beginning.....	62
3.2.3	Sumanasinc.....	63
3.3	Tvorba animací s tématem <i>Nukleové kyseliny</i>	65
3.4	Popis animací a didaktické poznámky	67
3.5	Studijní text s tématem <i>Nukleové kyseliny</i>	72
4	Výzkumná část A	106
4.1	Výzkumné otázky a výzkumné hypotézy.....	106
4.2	Metodologie výzkumného šetření	107
4.2.1	Použité animace.....	107
4.2.2	Metodika práce s animacemi	109
4.2.3	Výzkumný vzorek	109
4.2.4	Výzkumné nástroje.....	110
4.2.5	Průběh didaktického výzkumu	113
4.3	Pilotní šetření.....	114
4.3.1	Metodologie pilotního šetření	115
4.3.2	Výsledky pilotního šetření	116
4.3.3	Úpravy	119
4.4	Výsledky výzkumného šetření – dotazníkové šetření	119
4.4.1	Čištění dat a rekódování reverzních položek	119
4.4.2	Reliabilita predotazníku i postdotazníků a výpočet nových proměnných.....	119
4.4.3	Normalita dat.....	121
4.4.4	Korelační analýza	122

4.4.5	Rozdíl mezi žáky kontrolní a experimentální skupiny před použitím animací	124
4.4.6	Rozdíl mezi kontrolní a experimentální výukou	126
4.4.7	Vliv pohlaví žáka na začlenění vzdělávacích animací do výuky	128
4.4.8	Vliv dalších faktorů na začlenění vzdělávacích animací do výuky.....	130
4.5	Výsledky výzkumného šetření – znalostní testy	132
4.5.1	Určení reliability didaktických testů	132
4.5.2	Normalita dat.....	132
4.5.3	Rozdíly mezi pretesty a posttesty	133
5	Výzkumná část B	136
5.1	Realizovaný akční výzkum.....	136
5.1.1	Průběh realizovaného akčního výzkumu.....	136
5.1.2	Výsledky a závěry realizovaného akčního výzkumu	137
6	Diskuze	140
6.1	Diskuze k praktické části.....	140
6.2	Diskuze k výzkumné části A	141
6.3	Diskuze k výzkumné části B	144
7	Závěr	146
8	Citovaná literatura.....	149
9	Přílohy práce	163
9.1	Příloha 1 – Predotazník	164
9.2	Příloha 2 – Postdotazník KLA_1, 2.....	165
9.3	Příloha 3 – Postdotazník EXP	167
9.4	Příloha 4 – Znalostní test – Trávicí soustava	169
9.5	Příloha 5 – Znalostní test – Fotosyntéza.....	173
9.6	Příloha 6 – Znalostní test – Metabolismus člověka.....	175
9.7	Příloha 7 – Znalostní test – Membránový transport	179
9.8	Příloha 8 – Dotazník k akčnímu výzkumu	183
9.9	Příloha 9 – syntaxe pro rekódování inverzních promenných v SPSS (dotazníkové šetření)	184

9.10	Příloha 10 – výpočet Cronbachova alfa (dotazníkové šetření).....	185
9.10.1	Predotazník.....	185
9.10.2	Postdotazník KLA_01 a KLA_02 a post dotazník EXP	187
9.11	Příloha 11 – syntaxe pro výpočet sledovaných proměnných v SPSS a deskriptivní statistika těchto proměnných (dotazníkové šetření)	194
9.11.1	Predotazník.....	194
9.11.2	Post dotazník KLA a EXP.....	194
9.12	Příloha 12 – Určení normality (dotazníkové šetření)	195
9.12.1	Predotazník.....	195
9.12.2	Postdotazník KLA_01	195
9.12.3	Postdotazník KLA_02	196
9.12.4	Postdotazník EXP.....	196
9.13	Příloha 13 – histogramy (dotazníkové šetření).....	197
9.13.1	Predotazník (vlevo kontrolní skupina, vpravo experimentální skupina).....	197
9.13.2	Post dotazník (vlevo kontrolní skupina, vpravo experimentální skupina)	198
9.14	Příloha 14 – Kruskal-Wallisův test, faktor škola (dotazníkové šetření).....	199
9.15	Příloha 15 – Histogramy (znalostní testy).....	202

1 Úvod, cíle práce a výzkumné otázky

1.1 Úvod

Motivace žáků je v posledních letech velmi silně diskutované téma (Ikwuka et al., 2017). V současné době mnoho odborníků hlásá nutný přechod od tradiční frontální výuky k formě atraktivnější pro žáky a ve výsledku i pro učitele. Zejména v přírodovědných předmětech je tento přechod velmi žádaný. Obory chemie, fyziky ale i biologie jsou mnohdy velmi abstraktní a náročné na pochopení a žákovu představivost (Szarka & Juhász, 2014). Tento fakt se mimo jiné projevuje spíše negativním vztahem žáků k přírodním vědám. To nadále ústí v nízký zájem středoškolských absolventů o přírodovědně či technicky zaměřené obory (Statista, 2020). Dle mnohých autorů je možné toto vnímání zvrátit používáním vizualizačních prostředků, které budou složité děje simulovat, či alespoň animovat (Bradbury, 2001; Nodzyska, 2012; Billbokatie, 2015). V rámci současných používaných technologií lze vizualizační prostředky rozdělit např. na statické (obrazy, grafy, náčrty, ...) a dynamické (animace, videa). Podle některých autorů jsou právě dynamické vizualizace (konkr. animace) tím správným krokem pro vysvětlování složitých procesů, tím pádem zefektivnění výuky mnohdy náročných přírodovědných témat (Kelly & Jones, 2007; Tarmizi, 2010; Berney et al., 2015; Teplá, 2021). Další faktorem, který může zvrátit současné antipatie vůči přírodovědným oborům, je mezipředmětové pojetí učiva. V momentě, kdy jsou jednotlivé informace o mnohdy komplexních přírodních dějích podávány souhrnně (např. z chemického, biologického i fyzikálního pohledu), může si žák vytvořit přesnější, jasnější a trvalejší mentální model daného děje (Beane, 2006; Arnolds, 2015).

Z výše uvedených vět vyplývá, že jednou z možností, jak zvýšit efektivitu výuky přírodovědných předmětů a zároveň motivovat žáky k jejich studiu, je využívání didaktických, mezipředmětových, vizualizačních prostředků. Těmito mohou být právě interdisciplinární animace.

Tato disertační práce se zabývá tvorbou mezipředmětových interaktivních výukových animací a jejich dopady a vlivy na motivaci a studijní výsledky žáků českých středních škol v předmětech chemie a biologie.

1.2 Cíle a výzkumné otázky disertační práce

Hlavní cíle disertační práce jsou následující:

1. Vytvořit a akčním výzkumem ověřit interaktivní mezipředmětovou výukovou animaci na téma *Nukleové kyseliny* v programu Adobe Animate.
2. Na základě modelu experimentální a kontrolní skupiny provést pedagogický experiment, jehož cílem bude zjistit vliv využití výukové interaktivní mezipředmětové animace na motivaci žáků a jejich studijní výsledky ve srovnání s výukou bez dynamických vizualizačních prostředků.

Vzhledem k výše definovanému druhému cíli disertační práce byly stanoveny dvě výzkumné otázky:

1. Jaký vliv má zařazení vzdělávacích animací na žákovu vnitřní motivaci?
2. Jaký vliv má zařazení vzdělávacích animací na žákovy poznatky, které se týkají probírané látky?

Jednotlivé otázky jsou zevrubněji popsány v kap. 4.1. Výzkumné hypotézy byly ve vztahu k výše uvedeným otázkám následující:

- H_1 : Žáci, kteří při výukovém procesu pracují s animacemi, jsou více motivováni, než žáci učící se pomocí jiných učebních metod;
- H_3 : Žáci, kteří při výukovém procesu pracují s animacemi, dosahují lepších studijních výsledků než žáci, učící se pomocí statických vizualizačních učebních metod.

2 Teoretická část práce

Teoretická část práce je pro větší přehlednost rozčleněna do šesti kapitol.

První kapitola vymezuje cílovou kategorii žáků, na kterou byly realizované výzkumy zaměřeny. Druhá kapitola se zabývá kompetencemi ve vzdělávání, jejich rozdělením a využitím ve výuce. Popisuje vzdělávání založené na rozvoji kompetencí během výuky. Třetí kapitola se věnuje mezipředmětovým vztahům, zejména pak jejich výhodám a nevýhodám v učebním procesu. Čtvrtá pak motivaci a efektivitu vzdělávání, jelikož provedený výzkum je zaměřen na vnitřní motivaci žáků a efektivitu animací, se kterými se ve výuce pracuje. Pátá kapitola má za úkol shrnout základní poznatky o vizualizaci, animacích a závěry z dosavadních výzkumů, které byly na poli animací realizovány. V šesté kapitole jsou obecně popsány výzkumné nástroje, které byly použity v rámci výzkumu v této disertační práci. Jsou zde také představeny základní statistické testy a metody, jež sloužily k vyhodnocení provedené studie.

2.1 Vymezení cílové kategorie žáků

V současné době je školským zákonem stanoveno několik úrovní vzdělávání v ČR:

- a) Mateřská škola;
- b) Základní škola;
- c) Střední škola;
- d) Konzervatoř;
- e) Vyšší odborná škola;
- f) Základní umělecká škola;
- g) Jazyková škola s právem státní jazykové zkoušky.

Dále je v České republice možné studovat na vysokých školách, které ovšem dle školského zákona nespádají pod přímou gesci Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy (MŠMT, msmt.cz, 2019).

Vzdělávací systém lze rozdělit také podle mezinárodní klasifikace ISCED (International Standard Classification of Education). Tato kategorizace vzdělávání byla schválena organizací UNESCO v roce 1976 a její poslední verze pochází z roku 2011. Definuje tyto úrovně vzdělávání:

- a) Preprimární vzdělávání (ISCED 0) – jesle, mateřská škola;
- b) Primární vzdělávání (ISCED 1) – 1. stupeň základní školy (ZŠ);

- c) Nižší sekundární vzdělávání (ISCED 2) – 2. stupeň ZŠ, 1.-4. ročník osmiletých a 1.-2. ročník šestiletých středních škol;
- d) Vyšší sekundární vzdělávání (ISCED 3) – střední škola, konzervatoř;
- e) Postsekundární neterciární vzdělávání (ISCED 4) – pomaturitní studium;
- f) Terciární vzdělávání (ISCED 5) – vyšší odborná škola, bakalářské a magisterské studium;
- g) Doktorské vzdělávání (ISCED 6) – doktorské studium vysoké školy (NUV, 2017).

Z hlediska českého prostředí je tato disertační práce zaměřena na druhý stupeň ZŠ a školy střední (příp. víceletá gymnázia). V rámci mezinárodní klasifikace jsou výzkumy zaměřené na žáky stupně ISCED 2 a ISCED 3.

2.2 Klíčové kompetence

Fakt, že doba a svět kolem nás se velmi rychle vyvíjí a mění, je evidentní. Díky technologiím jako např. internet, GPS, ale i NMR nebo různé počítačové softwary lze dnes velmi snadno a rychle získávat a zpracovávat informace, jejichž vyhledání by v dřívějších dobách bylo mnohem složitější a pomalejší. Tento fakt s sebou přináší ušetřenou energii a čas, které mohou být investovány do jiných aktivit. Nicméně je důležité se naučit reagovat na současné rychlé změny a ohromné množství informací, které se na člověka valí ze všech možných stran (rádio, televize, internet, billboardy, reklamy ve výlohách, reklamní letáky apod.).

Již mnoho let vědci zkoumají míru stresu, která je spojená s moderními technologiemi. Tento „technostres“, který působí nejen na dospělé pracující jedince, ale postihuje také ve velké míře generace adolescentů, je jasným výdobytkem moderní doby. Dle meta-analýzy autorů Sarabadani a kol., kteří vytvořili souhrn výsledků 23 studií, je tento typ stresu způsobený konkrétně velkými nároky na technické dovednosti a znalosti zaměstnanců a dětí školou povinných. Dle autorů je nezbytné učit se správně zacházet s moderními technologiemi a učit se třídit a zpracovávat informace (Sarabadani et al., 2018; Vališová & Kasíková, 2007). Mluvíme-li o „učení se“ způsobům jak zacházet s informacemi, je nasnadě pomyslet na vzdělávací systém.

2.2.1 Vznik a vývoj klíčových kompetencí

Člověk se učí celoživotně. Společnost již dlouhou řadu let směřuje velkou část řízeného, tzv. formalizovaného učení, zejména do dětského až adolescentního období lidského života. Od doby Marie Terezie, kdy je na našem území zavedená povinná školní docházka (r. 1774), se formalizované, státem řízené učení pro všechny odehrává na půdě školních zařízení. Zprvu bylo potřeba naučit chudší vrstvy obyvatel základním úkonům přispívajícím k rozvoji společnosti, tedy psaní, počítání, základnímu hospodaření a elementárním principům náboženství (Vališová & Kasíková, 2007). Tyto základní „kompetence“ měly připravit tehdejší školáky na jejich budoucí život. S postupem staletí se však vzdělanost obyvatelstva zvyšovala a tím se měnily nároky kladené na žáky ve školách. Učivo se stávalo postupně složitějším, specializovanějším, nicméně stále měl tento proces stejný cíl – co nejlépe připravit žáky na životní situace (Chmelík, 2010).

Poslední výraznou reformu školského systému zaznamenala Česká republika v roce 2004, kdy Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy schválilo nové principy pro vzdělávání žáků od 3 do 19 let. Touto změnou se vzdělávání dostalo do dvou vzájemně propojených sfér – státní sféry (Rámcové vzdělávací programy – RVP) a školní sféry (Školní vzdělávací programy – ŠVP). RVP obsahují základní tematické okruhy pro každý povinně vyučovaný předmět v rámci daného typu školy. Rozlišujeme tedy:

1. RVP PV – Rámcový vzdělávací program pro předškolní vzdělávání;
2. RVP ZV – Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání;
3. RVP GV – Rámcový vzdělávací program pro gymnaziální vzdělávání;
4. RVP SOV – Rámcový vzdělávací program pro střední odborné vzdělávání;
5. RVP SV – Rámcový vzdělávací program pro speciální vzdělávání;
6. RVP ZUV – Rámcový vzdělávací program pro umělecké obory základního uměleckého vzdělávání.

RVP je závazný dokument, kterého se každá škola musí držet při tvorbě svých ŠVP. Tento školní program by měl obsahovat konkrétní učivo, které je žákům předáváno nikoli v podobě heslovitých témat (např. *Kvantová čísla, Elektrofilní aromatická substituce*), nicméně ve formě očekávaných výstupů (tedy „*Žák popíše daný elektron v obalu atomu pomocí kvantových čísel, Žák odvodí vliv substituentů na průběh elektrofilní aromatické substituce*“). Této „novince“ v přístupu ke studiu napomáhají i tzv. klíčové kompetence.

2.2.2 Klíčové kompetence – význam a dělení

Klíčové kompetence (KK) jsou charakterizovány dle Pedagogického slovníku následovně: *„Jedná se o soubor požadavků na vzdělávání zahrnující podstatné vědomosti, dovednosti a schopnosti univerzálně použitelné v běžných pracovních a životních situacích“* (Průcha et al., 2003, str. 99-100). KK by neměly být vázány na jednotlivé předměty, nýbrž by měly být rozvíjeny jako součást obecného vzdělávacího základu. Další možnou definicí KK je: *„Souhrn vědomostí, dovedností, schopností, postojů a hodnot důležitých pro osobní rozvoj a uplatnění každého člena společnosti. Jejich výběr a pojetí vychází z hodnot obecně přijímaných ve společnosti a z obecně sdílených představ o tom, které kompetence jedince přispívají k jeho vzdělávání, spokojenému a úspěšnému životu a k posilování funkcí občanské společnosti.“* (Havlíčková & Žárská, 2012, str. 38).

Konečně třetí definice, která je zde uvedena, vychází přímo z RVP: *„Klíčové kompetence představují soubor vědomostí, dovedností, schopností, postojů a hodnot, které jsou důležité pro osobní rozvoj jedince, jeho aktivní zapojení do společnosti a budoucí uplatnění v životě.“* (RVP ZV, 2017, str. 8). Vzhledem k dalším různým charakteristikám terminologického sousloví „klíčové kompetence“ neexistuje jednotný formát, který by byl přijímaný všemi odborníky (Blaško, 2010).

RVP G a RVP ZV definuje následující KK:

1. kompetence k učení;
2. kompetence k řešení problémů;
3. kompetence komunikativní;
4. kompetence sociální a personální;
5. kompetence občanské;
6. kompetence k podnikavosti (resp. kompetence pracovní v RVP ZV) (RVP G, 2007; RVP ZV, 2017).

Jednotlivé charakteristiky výše uvedených kompetencí lze nalézt např. na webových stránkách MŠMT, případně přímo v RVP a nebudou zde tedy více konkretizovány.

Klíčové kompetence nejsou výdobytkem pouze českého prostředí, ale jedná se o celoevropský koncept podporovaný Radou Evropské unie. Ta v roce 2018 vydala s ohledem na Smlouvu o fungování Evropské unie následující stanoviska (Rada Evropské unie, 2018):

1. „Podpora rozvoje kompetencí je jedním z cílů vize evropského prostoru vzdělávání, který by byl schopen maximálně využít potenciál vzdělávání a kultury jakožto prostředků pro vytvoření pracovních příležitostí, posílení sociální spravedlnosti a aktivního občanství a poznání evropské identity v celé její rozmanitosti;
2. Podpora lidí v celé Evropě při získávání dovedností a kompetencí potřebných pro osobní naplnění, zdraví, zaměstnatelnost a sociální začlenění pomáhá posílit odolnost Evropy v době rychlých a hlubokých změn;
3. Mezinárodní průzkumy, např. průzkumy Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj (OECD) pro mezinárodní hodnocení žáků (PISA) nebo programu OECD pro mezinárodní hodnocení kompetencí dospělých (PIAAC), současně ukazují trvale vysoký podíl teenagerů a dospělých osob s nedostatečnými základními dovednostmi. V roce 2015 měl každý pátý žák vážné potíže s osvojením dostatečných dovedností ve čtení, matematice nebo přírodních vědách (OECD, 2015). V některých zemích až jedna třetina dospělých dosahuje, pokud jde o dovednosti ve čtení, psaní a matematice, pouze nejnižší úrovně. 44 % populace Unie má malé nebo nemá žádné (19 %) digitální dovednosti (Evropská komise, 2019);
4. Vysoce kvalitní vzdělávání, včetně mimoškolních aktivit a širokého přístupu k rozvoji kompetencí, zlepšuje úroveň dosahování výsledků v základních dovednostech. Kromě toho je třeba pro společnost, která je stále více mobilní a digitální, prozkoumat nové způsoby učení (Evropská komise, 2017). Digitální technologie mají dopad na vzdělávání, odbornou přípravu a učení tím, že rozvíjejí flexibilnější vzdělávací prostředí přizpůsobené potřebám vysoce mobilní společnosti (Evropská komise, 2012);
5. Měl by se podpořit rozvoj klíčových kompetencí a jejich uznávání a poskytování vzdělávání, odborné přípravy a učení zaměřených na kompetence tím, že budou vytvořeny osvědčené postupy v zájmu lepší podpory pedagogických pracovníků při plnění jejich úkolů a zlepšení jejich vzdělávání,
6. Zvláštní pozornost byla věnována zlepšení základních dovedností, investování do výuky jazyků, zlepšení digitálních a podnikatelských kompetencí, důležitosti společných hodnot pro fungování našich společností a motivaci většího počtu mladých lidí, aby hledali uplatnění v povoláních spojených s přírodními vědami.“

Zároveň Rada Evropské unie stanovila následujících osm klíčových kompetencí, které by se měly ve vzdělávacích systémech (mmj. i celoživotních) rozvíjet. Jsou jimi:

1. Komunikace v mateřském jazyce;
2. Komunikace v cizím jazyce;
3. Matematická kompetence a kompetence ve vědě, technologii a strojírenství;
4. Digitální kompetence;
5. Osobní, sociální a učící se schopnosti učít se;
6. Občanská kompetence;
7. Kompetence v podnikání;
8. Kulturní povědomí a schopnost vyjadřování;

Dle metodik MŠMT není potřeba rozvíjet v každém předmětu všechny klíčové kompetence. Je nasnadě, že např. občanská výchova a dějepis připravuje půdu pro rozvoj klíčových kompetencí občanských, naopak např. chemie dává velký prostor k zdokonalování kompetencí k řešení problémů (to samozřejmě neznamená, že by byli učitelé přírodovědných předmětů ochuzeni o možnost rozvíjet občanské kompetence e vice versa) (VUP, 2011).

Tématem této práce je zjišťování vlivu animací na motivaci a studijní výkony žáků. Sama Rada Evropské unie ve svém prohlášení sděluje, že je potřeba prozkoumat nové způsoby učení, které by pomohly žákům rozvíjet klíčové kompetence (viz např. digitální kompetence) a zároveň i zlepšit dovednosti např. v přírodních vědách (OECD, 2015). Jedním z trendů současného pedagogického vývoje je podpora mezipředmětových vztahů, které by prezentovaly učivo uceleně a komplexně v co nejširších souvislostech více oborů najednou. Proto se následující kapitola tomuto tématu věnuje podrobněji.

2.3 Mezipředmětové vztahy

Interdisciplinarita, mezipředmětové vztahy, integrace, komplexní podání učiva. To všechno jsou termíny, které se velmi často objevují v článcích vycházejících v České republice v 21. století (Škoda & Doulík, 2009; Janík & Stuchlíková, 2010; Hejnová, 2011). Světové trendy v přírodovědném vzdělávání poukazují na užitečnost určité míry integrace některých předmětů, nebo alespoň interdisciplinárního propojení některých témat. To může přispět ke zvýšení atraktivity přírodovědných oborů, což je dle Janíka a Stuchlíkové (2010) zásadní krok vzhledem k utuchajícímu zájmu žáků o přírodovědné předměty. Také lepší porozumění vývojových a vzdělávacích potřeb adolescentů ukazuje, že kurikulum, které je pro ně tvořeno, by mělo vytvářet vzdělávací programy, jež jsou relevantní a smysluplné pro všechny žáky (Beane, 1990; Beane, 1997; Beane, 2006; Arnolds, 2015).

Interdisciplinaritu (či interdisciplinární přístup) lze dle pedagogického slovníku charakterizovat jako „*způsob výuky spojující poznatky a metody několika vědních disciplín*“ (Průcha et al., 2003, str. 90-91). Tento pohled zaujímají také američtí vědci Beane a Vars, kteří tvrdí, že základní smysl integrovaného kurikula je vytvářet široké kontexty mezi jednotlivými disciplínami (Beane, 1997; Vars, 1997; Beane, 2006). V Česku je snaha o implementaci interdisciplinarit patrná již v rámci tzv. průřezových témat RVP. Tyto celky by měly propojovat navzájem příbuzné předměty, shrnovat učivo, které by mělo být předkládáno žákům komplexně a nikoli samostatně v jednotlivých disciplínách.

Dalším aspektem mezipředmětových vztahů je vzdělávání učitelů (či budoucích učitelů) v tomto směru (Beane, 2006).

2.3.1 Klady a zápory mezipředmětových vztahů

Mnoho autorů hodnotí interdisciplinaritu podporovanou ve výuce kladně. Např. Jones ve svém článku (Jones, 2009) shrnuje základní klady a zápory mezipředmětových vztahů (viz Tab. 1). Jeho představa interdisciplinarit v praxi využívá např. tzv. „team teaching“ (týmové vyučování), kdy učitelé více oborů nejen spolupracují na přípravě kurikula, ale zároveň spolu i vyučují dané téma. Týmové vyučování řadí Jones mezi nejlepší metody aplikace mezioborových témat do výuky.

Tab. 1 - Klady a zápory mezioborových vztahů dle Jonese (2009).

KLADY mezioborových vztahů
Podporují porozumění vztahů mezi disciplínami.
Nutí žáky pohlížet na problematiku z jiné perspektivy.
Podněcují v žácích chuť k celoživotnímu vzdělávání a tím podporují jejich osobní růst.
Rozvíjí v žácích schopnost uvažovat v souvislostech a řešit problémy reálného světa.
ZÁPORY mezioborových vztahů
Mezioborové kurikulum je velmi náročné na přípravu.
Díky modernímu charakteru mezioborových vztahů zavádějí mnohé školy interdisciplinaritu, aniž by na to byly připravené. Dochází zde k podpoře kvantity na úkor kvality.

Případové studie kurikulární integrace na druhém stupni amerických základních škol ukázaly, že kurikulum zaměřené na žáka, tzv. „student-centered“ (oproti tomu zaměřenému na učitele, „teacher-centered“) lépe odpovídá vývojovým potřebám adolescentů. Zde diskutované kurikulum zaměřené na žáka představuje systém, v jehož centru stojí žák a výukový systém by mu měl nabídnout co nejkomplexnější porozumění a pochopení daného učiva (tedy v rámci integrace, příp. mezipředmětových vztahů). Naopak systém zaměřený na učitele rozlišuje

jednotlivé předměty dle učitelovy aprobační, a tudíž klade menší důraz na vytváření mezipředmětových vztahů (Brazee & Capelluti, 1995; Pate et al., 1997).

Dále např. americký výzkum vedený Beanem (Beane, 2006) ukázal, že školy, které aplikovaly student-centred přístup, dosáhly následujících výsledků:

- a) Akademické a výchovné výsledky žáků byly signifikantně vyšší a lepší, než na školách, které se tomuto přístupu věnovaly méně nebo vůbec. Tyto poznatky byly zjištěny v předmětech: jazyky, matematika, občanská výchova a přírodní vědy;
- b) Žáci z integrovaných tříd dosahovali lepších výsledků v národních srovnávacích testech, než žáci ze tříd s teacher-centred přístupem;
- c) Žáci z integrovaných tříd vykazovali statisticky signifikantní větší osobní rozvoj v rámci integrovaného vzdělávání, než žáci z kontrolní skupiny (kurikulum zaměřeno na učitele).

Beane definoval „student-centred“ přístup, jako integraci předmětů pro druhé stupně základních škol (Beane 1990). O rok dříve svůj pohled představil Jacobs, který za ideální kurikulární model považoval „subject-centred“, tedy kurikulum vztažené na předmět, mezipředmětové kurikulum. Odtud také pochází model tzv. „Science“, neboli „Přírodních věd“ (Jacobs, 1989).

Mezipředmětové vztahy představují jakousi moderní filozofii výuky v současné době oddělených oborů. Pro jejich využití ve výuce je ale potřeba najít prostředek, kterým se budou mezipředmětové vztahy předávat žákům. Tímto prostředkem by dle mnohých níže uvedených studií mohla být dynamická vizualizace, konkrétně animace.

2.4 Vizualizace a Animace

Proces vizualizace se jeví jako ideální prostředek pro seznámení žáků s abstraktními částmi učiva (Nodzyńska, 2012). Dle výzkumů zabývajících se abstrakcí některých předmětů či témat učiva je zmiňovaná abstrakce příčinou neoblíbenosti některých předmětů, např. chemie či molekulární biologie (Beauchamp & Parkinson, 2008; Veselský a Hrubíšková, 2009; Rusek, 2011), což pravděpodobně ústí v nízký zájem absolventů středních škol o vysokoškolské studium těchto předmětů (Eurostat, 2019). Je tedy potřeba žáky pro studium přírodovědných předmětů dostatečně motivovat, s čímž souvisí i správná metodika výuky a používání motivačních výukových materiálů, které mohou rozvíjet kognitivní procesy žáků a zároveň snižovat abstrakci prezentovaných témat (Nodzyńska, 2012; Bilbokaite, 2015). Ačkoli používaný vizualizační prostředek nemusí přesně odpovídat komplexním konceptům, které reprezentuje, umožňuje uživatelům soustředit se na určité konkrétní problémy

či např. odhadovat vývoj určitých fenoménů. Při využívání vizualizace ve výuce lze použít tři základní vizualizační prostředky (Schönborn & Anderson, 2006):

1. 2D a 3D statické modely;
2. 2D a 3D dynamické modely;
3. 2D a 3D multimediální modely.

2D statické modely představují základní a v současnosti celoplošně využívaný prostředek vizualizace, který je reprezentován např. učebním textem, obrázkem chemické aparatury či grafem vyjadřujícím závislost tlaku na objemu u izotermického děje. Příkladem 3D statického modelu můžou být např. kalotové či tyčinkové modely molekul (Šarboch, 2018). Druhou kategorií dynamických modelů reprezentují jednoduché 2D či 3D animace, které neobsahují žádné interaktivní prvky, např. animace vzniku kovalentní vazby (Šarboch, 2018). Nejkomplexnějším a také nejžádanějším vizualizačním prostředkem jsou multimediální modely. Jsou to modely, které slučují různé audiovizuální prvky do jednoho výstupu, který je následně prezentován (Schönborn & Anderson, 2006). Těmito prvky mohou být např. texty, obrázky, zvuk, videa a animace.

Animace můžeme zařadit mezi dynamické vizualizační prostředky (Ainsworth & van Labeke, 2004). Podle autorů Kainz a kol. (2013) je počítačová animace „*jakýkoli počítačově-založený výpočet určený pro vytvoření vizuálního výsledku, který umožňuje vnímání pohybu*“. Podobné vysvětlení nabízí i Multimediální slovník – aneb manuál milovníka multimédií. Ten vymezuje pojem animace jako „*napodobení (simulaci) plynulého pohybu skládáním jednotlivých nepohyblivých snímků nebo kreslených obrázků*“ (Pospíšil & Michal, 2004). Kombinace těchto definic s tvrzením, že lidský zrak je již odjakživa přitahován pohybem (Hamlin, 2000), vytváří z animací, popř. i videí, ideální učební pomůcku, která pomáhá studentům vytvářet mentální modely složitých struktur (Kelly & Jones, 2007). Velmi často dochází k ztotožňování termínu animace a simulace. Hranice mezi animací a simulací není jasně stanovena. Dle Jancheskiho (2011) se animace a simulace (zejména výukové) odlišují jednak z hlediska využití, jednak z hlediska interaktivity. Animace je hojně využívána např. ve filmovém průmyslu, reklamě či počítačových hrách. Jejím základem jsou animační tlačítka (stop, pause, play, ...), kterými lze celý program ovládat. Naproti tomu simulace jsou využívány zejména na přiblížení a objasnění problémů z reálného života. Základním rozdílem oproti animaci je možnost ovlivňovat průběh simulovaného procesu např. vkládáním vlastních naměřených dat, díky čemuž může student pozorovat různé děje v závislosti na měnících se podmínkách prostředí. Vzhledem k povaze této disertační práce,

jejímž cílem je v praxi ověřit animace vytvořené v programu Adobe Flash Professional CS6, případně Adobe Animate, nebudou oba pojmy (animace a simulace) rozlišovány.

Podle Jancheskiho (2011) mohou být animace členěny dle několika hledisek a to např. podle způsoby tvorby do následujících kategorií:

- a) Rámečkově založené animace – je to nejjednodušší typ animací založený na principu flipbooku, kdy jednotlivé grafické složky obsahují obrázky, jež jsou následně promítány do sekvence. K vytvoření pohybu či změny tvaru se používá tzv. high-frame rate (vysoký počet jednotlivých obrázků promítnutých v sekvenci za jednu vteřinu);
- b) Počítačově vytvářené animace – v tomto typu animátor pracuje v prostředí, ve kterém modifikuje jednak samotné objekty animace, jednak i kamerový pohled;
- c) Vektorově založené animace – tyto animace využívají matematických vzorců pro vytváření objektů, jejich pohybů a změn. Z tohoto důvodu jsou mnohem praktičtější než animace bitmapové, jelikož je lze bez problémů zvětšovat a zmenšovat, aniž by došlo k rozmazání či snížení čitelnosti vytvořených objektů;
- d) 2D animace – mnoho dnes využívaných animačních programů je založeno na 2D animačních technikách. Již není potřeba např. animovat jednotlivé objekty snímek po snímku, jako u rámečkově-založené animace, nicméně pomocí tzv. „klíčových snímků“ (key frames) můžeme vytvořit základní a konečný stav objektu a následně pomocí matematické funkce automaticky vygenerovat např. změnu tvaru či pohyb;
- e) 3D animace – jsou velmi často časově náročnější na tvorbu než animace 2D. Jsou založeny na matematické charakteristice prostoru pomocí 3 os x , y a z . Mnoho 3D animačních programů integruje techniky kreslení, modelování a animování.

Animace ověřované v této disertační práci a vytvořené v programu softwaru Adobe jsou typem 2D animací. V momentě, kdy je daná animace vytvořena za účelem používání ve výuce jakéhokoli typu a úrovně, mluvíme o výukové animaci.

Animace můžeme také rozlišovat na základě funkce, kterou má daný nástroj ve výuce splňovat. Z tohoto hlediska se dají animace rozdělit do následujících kategorií (Berney et al., 2015):

1. Animace přitahující pozornost – má za úkol upozornit žáky na určitou obrazec či změnu v animačním prostředí. Patří sem např. blikající šipky;
2. Animace demonstrující určitý jev – tento typ animací si klade za cíl naučit žáky určitému postupu tak, aby byli schopni jej později předvést. Příkladem takového typu

animace může být např. ukázka vázání tkaniček (Schwan & Riempp, 2004);

3. Animace vysvětlující fungování dynamického systému – animace postupně seznamuje žáky s danou problematikou, vysvětluje jednotlivé kroky a pomáhá utvářet kontext za účelem porozumění určitému fenoménu. Příkladem zde může být animace znázorňující fotosyntetické pochody (Mayer & Chandler, 2001). Do této kategorie také patří animace ověřované v rámci praktické části této disertační práce.

Podpora animací, stejně jako ostatních digitálních výukových materiálů, je v rámci digitálního vzdělávání také jednou ze strategií MŠMT. To již v roce 2014 vytvořilo Strategii digitálního vzdělávání do roku 2020, jejímiž cíli jsou:

1. Otevřít vzdělávání novým metodám a způsobům učení prostřednictvím digitálních technologií;
2. Zlepšit kompetence žáků v oblasti práce s informacemi a digitálními technologiemi;
3. Rozvíjet informatické myšlení žáků (MŠMT, Strategie digitálního vzdělávání do roku 2020, 2014).

Je tedy patrné, že digitální vzdělávání je jednou z priorit současné představy o změnách ve vzdělávacím systému, respektive přístupu ke vzdělávání.

2.4.1 Vlivy animací na žáky

V současné době panuje obecně uznávaný postoj, že animace vedou k zefektivnění výuky (viz níže). Animace v sobě totiž skrývají potenciál osvětlovat koncepty, které jsou jinak velmi abstraktní a obtížné na pochopení (Teplá, 2021). To také potvrzují autoři Barak a Ashkar (2011), kteří tvrdí, že animace jsou aplikovány pro podporu přechodu z abstraktního do konkrétního myšlení. Tím napomáhají rozvinout studentovo komplexní porozumění. Ve vzdělávacím kontextu je animace efektivní zejména v momentě, kdy vizualizuje procesy, které nemohou být pozorovány, nebo jsou těžké na vysvětlení (Ikwuka et al., 2017). Pochopení takovýchto složitých, abstraktních pojmů ústí v jejich lepší zapamatování, animace pak může také zabránit vzniku miskonceptů či případné prekoncepce uvést na pravou míru (Tarmizi, 2010; Teplá 2021).

Většina výzkumů pozitivní dopad animací na žáky skutečně potvrzuje, jak uvádí např. studie autorek Bétrancourt a Tversky (2000). Ty porovnaly celkem 17 studií, které se zabývaly rozdílem mezi učivem předaným pomocí animací a učivem zprostředkovaným běžnějšími výukovými metodami (výklad, práce s textem, ...). Z analyzovaných 17 studií bylo 12 z nich provedeno experimentálně a 5 přímo v terénu, tedy během vyučovacího procesu. Výsledkem

srovnávací analýzy byl fakt, že 10 studií prokázalo spíše pozitivní dopady použití animací na žáka, 7 zaznamenalo spíše negativní vliv.

Meta-analýza autorky Berney a kol., které analyzovaly 140 srovnání (pair-wise comparisons) v 61 studiích (celkem 7036 respondentů) zabývajících se porovnáním vlivů statických (obrazy, texty, ...) a dynamických modelů (animací) ve výuce, poukázala na dlouho trvající rozpor mezi výzkumníky. Autorky využily k tomuto účelu několik databází (PsycInfo, ERIC, Francis, MedLine a Psynindex) a pomocí klíčových slov (animace, multimedia, interaktivní animace, statická grafika, ...) vyhledaly výsledné studie. Ze 140 studií jich 43 (30,7 %) poukázalo na pozitivnější vlivy využívání animací oproti statickým modelům, naproti tomu dle výsledků 14 studií (10 %) jsou statické objekty efektivnější než dynamické. Velké množství výzkumů (celkem 83, tedy 59,3 %) nenašlo žádný signifikantní rozdíl mezi výukou s použitím statických a dynamických modelů. Závěry autorek tedy mluví spíše o pozitivním efektu animací v porovnání se statickými modely. Autorky uvádějí, že animace na rozdíl od statických objektů, poskytují ucelenější pohled na daný problém už jen z toho důvodu, že pro vyjádření např. strukturální změny při denaturaci proteinů, musí být použito několik sólových statických objektů (např. obrazů), zatímco v případě animace je změna jasněji reprezentována jedním dynamickým objektem (Berney et al. 2015). Díky tomu animace zamezují vzniku možných miskoncepcí a snižují kognitivní přetížení žáků. Na druhou stranu je nutné podotknout, že v případě nutnosti srovnávání dvou stavů se více využijí právě modely statické, kde jsou např. počáteční a konečný stav denaturace proteinů dobře patrné, než animace, u kterých je potřeba pomocí animačních tlačítek přecházet mezi jednotlivými stavy (Tversky et al., 2002; Bértancourt & Chassot, 2008).

Další autoři tvrdí, že animace může vést k posílení motivace, zvýšení akademických úspěchů, snížení času nutného na učení, získání žákovy pozornosti, podpoře kognitivních procesů (Stith, 2004; Barak et al., 2011; Kainz et al., 2013; Szarka et al., 2016; Ikwuka et al., 2017; Teplá, 2021). Zároveň explicitně ukazuje vztah mezi objekty a myšlenkami, simuluje důsledky určitého konání a dělá abstraktní obsah srozumitelnějším a to dvěma způsoby. Zaprvé usnadňuje mentální představu konceptu a procesu a za druhé může snižovat kognitivní přetížení vyvolané přílišnou abstrakcí. U druhého bodu by se mohlo zdát, že toto je spíše nevýhoda. Často se hovoří o tom, že je potřeba v žácích podporovat představivost a tvořivost, podněcovat jejich kreativitu. Cílem výukových animací je usnadnit pochopení složitého konceptu a díky tomu zlepšit rozvoj představivosti a kreativity u konceptů a problémů složitějších. Jinými slovy je potřeba usnadnit si určitou část učiva a rozvinout své schopnosti v části podstatně složitější,

než ustrnout v základním stavu a neposouvat se dál (Tversky et al. 2002; Kainz et al., 2013). Podobné vysvětlení nabízí Kuhl a kol. Práce se statickými vizualizačními prostředky je doprovázena zvýšenou mírou aditivních procesů (srovnávání obrázků, přemýšlení o naznačené dynamice, identifikování symbolů apod.), což může být spojeno s nesprávným pochopením daného jevu. Ovšem pokud změny v daném ději prezentujeme dynamicky, co nejpřesněji a věrně, pak může dojít k odlehčení pracovní paměti žáků a ti mohou své kognitivní procesy zaměřit např. na dokonalejší pochopení dané problematiky (Kuhl et al., 2011).

2.4.2 Pozitiva a negativa výukových animací

Z výše uvedených odstavců vyplývá, že animace skýtají četná pozitiva ale i jistá negativa. Prvním pozitivem je skutečnost, že žák si díky animacím vytvoří adekvátní mentální reprezentaci procesů a dějů a zároveň zmírní kognitivní procesy, které by musel aplikovat pro správné pochopení učiva bez intervence animace (Bétrancourt & Tversky, 2000). Dále je pak z podstaty dynamických a multimediálních vizualizačních prostředků patrné, že animace nabízejí větší shodu daného jevu s jeho reprezentací, než je tomu u vizualizací statických (např. 2D obrázků).

Dalším pozitivem animací je možnost některé procesy zrychlit či naopak zpomalit (např. pohyb atomů). Protože se studenti učí různými učitelskými strategiemi (poslechová či vyřčené slovo, vizuální a kinestetická), použití animací a přidružených zvuků může daný koncept prezentovat efektivněji než statické ilustrace či čtený text (Stith, 2004).

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

Dalším negativem může být přílišné zjednodušení daného problému. V momentě, kdy je jedním z cílů animace zjednodušit složité téma a tak ho přiblížit žákům, může dojít k iluzi, že žáci daný problém pochopili správně, nicméně vzhledem ke zjednodušenému podání žáci danému problému řádně nerozumí (Schnotz & Rasch, 2005).

Dalším negativním faktorem může být tzv. „split attention effect“, neboli „efekt roztříštěné pozornosti“, který může být u mnoha animací zapříčiněn jejich přílišnou komplexitou. Některé objekty se v nich mohou pohybovat současně a žáci jsou pak nuceni rozdělit svou pozornost, což může vést k nedokonalému zachycení požadovaných informací (Löwe, 1999).

2.4.3 Faktory ovlivňující výuku s pomocí animací

Výše uvedené kapitoly poukazují na převážně pozitivní efekt použití dynamické vizualizace oproti vizualizaci statické, nicméně autoři některých studií upozorňují na určité rozdíly ve výsledcích mezi jednotlivými šetřeními (např. Castro-Alonso et al., 2019, Kaushal & Panda, 2019). Proto tito výzkumníci doporučují hledat faktory, které zásadním způsobem ovlivňují efektivitu použití dynamické vizualizace ve výuce a tyto faktory dále zkoumat.

Tvorba správného mentálního modelu na základě animací je ve velké míře určena např. žákovými dosavadními znalostmi a vizuálně-prostorovými dovednostmi. Oba faktory ovlivňují to, jakým způsobem žáci těží vizuální informace z displejů či monitorů (Löwe 2003; Hegarty et al. 2010). Tyto faktory jsou velmi těžko měřitelné, studií, které by se touto problematikou zabývaly, je velmi málo, proto není prozatím možné z tohoto hlediska vyvozovat žádné závěry (Höffler, 2010).

Dalším faktorem, který ovlivňuje kvalitu učení s pomocí animace, je stimulace pozornosti díky určité interaktivitě, kterou animační program nabízí. Většinou se jedná o animační tlačítka, která umožňují žákům interagovat s promítaným obsahem. Mnohé výzkumy potvrzují, že efekt užívání těchto nástrojů je pozitivnější, než prezentování statických objektů (Mayer & Chandler, 2001; Boucheix & Bétrancourt, 2007; Boucheix & Schneider, 2009; Höffler & Schwartz, 2011). To ukazují např. závěry disertační práce Schneidera (2007). Výzkumník prezentoval žákům nákres kladkostroje a animaci, ve které si žáci experimentální skupiny mohli sami pohybovat lanem připojeným na kladku. Výuka pomocí této simulace se jevila jako efektivnější než ta s použitím statických modelů. Nicméně na druhou stranu mnohé výzkumy nenašly korelaci mezi používáním animací a lepším porozuměním žáků (Hegarty et al., 2003; Bétrancourt & Realini, 2005; Rebetez & Bétrancourt, 2007). Relevantní důvody ovšem stále nebyly zjištěny.

Velmi důležitým aspektem, podporujícím lepší výsledky výuky s použitím animací, je také doporučení zvýrazňovat důležité části právě probíhající animace. Toto vede k lepšímu zapamatování dané informace a díky tomu umožňuje vytvořit efektivnější mentální model celého problému (Schnotz & Löwe, 2008). Zvýraznění může být vytvořeno několika cestami, např. rozdílným podbarvením, blednutím a ztmavováním či označením šipkou. Takováto grafická úprava zjednodušuje dle některých studií prostorovou orientaci žáka v animačním programu a tím zlepšuje jeho učení (Löwe, 2003; Boucheix & Löwe, 2010). Na druhou stranu např. dle autorů Krize a Hegartyho (2007) se tento efekt neprojevil.

Dalším faktorem, který získal pozornost výzkumníků během posledních 20 let, je smyslové vnímání výuky, kdy podle většiny výzkumů dochází k stálejšímu zapamatování dané informace v momentě, kdy je tato přijata jak vizuální, tak sluchovou cestou. Mnoho studií potvrdilo, že výuka s pomocí animace doprovázená mluveným projevem je efektivnější než použití animace např. s textovým popisem (Ginns, 2005; Mayer, 2005). Tradiční vysvětlení založené na Baddeleyho modelu (Baddeley, 1992) pracovní paměti a teorii kognitivního zatížení (Sweller & Paas, 1998) říká, že rozložení kognitivního zatížení do dvou smyslových kanálů (v tomto případě sluchový a vizuální) zvyšuje kapacitu pracovní paměti oproti pouhému vizuálnímu vnímání (Sweller & Pass, 1998), dále toto potvrzují např. autoři Moreno a Mayer (1999). Na druhou stranu v momentě, kdy byl průběh animace kontrolován uživatelem a zároveň doprovázen mluveným slovem, tento pozitivní vliv vymizel (Moreno & Mayer, 1999).

Výzkumníci Castro-Alonso a kol. (2019) ve své meta-analýze uvádí, že velmi významným faktorem je také pohlaví žáka. Zjistili, že dynamické vizualizace jsou méně efektivní v momentě, kdy je ve zkoumaném vzorku více dívek než chlapců. V případě přítomnosti 59 % dívek a méně, zaznamenaly autoři středně silný pozitivní efekt dynamické vizualizace, a u studií, do kterých bylo zahrnuto 60 % žen a více, nezaznamenaly žádný efekt dynamické vizualizace. Z těchto závěrů autoři vyvozují, že významným faktorem, který vysvětluje různorodost výsledků napříč studiemi, může být právě vliv pohlaví.

Bohužel faktoru pohlaví účastníků není v řadě studií věnována dostatečná pozornost (Schnotz et al., 1999; Wang et al., 2011; Garland & Sanchez 2013). Mnoho empirických studií dokonce neposkytuje genderové poměry pro celý vzorek (Castro-Alonso et al., 2019). Navíc spousta studií se odehrává mezi vysokoškolskými studenty pedagogických a psychologických oborů, kde jsou zejména chlapci nedostatečně zastoupeni (Castro-Alonso et al., 2019).

Dle některých výzkumů se také ukazuje, že pohlaví má nemalý vliv na kognitivní zátěž (Bevilacqua, 2017) a je zapotřebí s tímto pracovat. Výsledky meta-studie autorů Zell, Krizian a Teeter (2015) poukazují na to, že pohlaví má nezanedbatelný vliv na paměť, pozornost a řešení problémů. Vliv pohlaví se také může odrazit ve vnímání prostorové představivosti účastníků (Höffler, 2010; Zell et al., 2015; Ikwuka & Samuel, 2017).

Mezi další faktory, které ovlivňují efektivitu používaných animací, patří např. prostředí, ve kterém žáci s animacemi pracují, dále pak předmět či ročník. Velký význam má také role učitele, který společně s žáky s animacemi pracuje (Teplá, 2021).

2.4.4 Doporučení pro tvorbu a použití animací

Tvorba animací a determinování klíčových elementů, které odlišují dobrou animaci od té špatné, není jednoduchá. Velmi často se uživatelé (v tomto případě zejména učitelé) dívají na vytvořené animace kriticky a označují je za nevhodné a příliš komplikované pro studenty, nicméně učitelé typicky používají animace pro prezentování a vysvětlení daného učiva a již se žáků neptají, zdali jim vytvořený vizualizační prostředek vyhovuje. Studie, které se zabývaly tím, jak souvisí představa žáků daného fenoménu na základě používání animací a zdali animace vedou k lepšímu komplexnímu porozumění učiva, přišly s následujícími výsledky. Podle Kellyho a Jonese (2007) studenti nejvíce inkorporují informace obdržené z animací do svého mentálního modelu daného děje v případě, že zobrazení v animacích 100% neodpovídá jejich dosavadnímu mentálnímu obrazu. Na druhou stranu, když měli studenti určit, které informace byly v rozkolu s jejich původní představou chemického fenoménu, měli obtíže či dokonce nebyli schopni tuto otázku zodpovědět. Autor článku neuvádí důvod tohoto faktu.

I když animace nabízejí efektivní cestu pro reprezentaci dynamických a molekulárních detailů přírodovědných fenoménů, množství informací, které by animace měly prezentovat, zůstává stále nejasné. Např. měly by animace předkládat detailní a precizní reprezentace molekulárních pochodů, nebo by měly zmiňovat jen nejrelevantnější údaje a tím pádem snížit či úplně vynechat množství nepodstatných detailů? Jak uvádí ve své práci Löwe (1999), konstrukce dostatečně kvalitního mentálního modelu z komplexního vizuálního podkladu závisí na žakově kapacitě získat náležité informace z předkládaného vizualizačního prostředku. V ideálním případě by tedy animace měly být navrhovány nejen jako zobrazení určitého obsahu (např. vědeckého), ale také jako materiál, který pomáhá přizpůsobit vnímavostní a intelektuální dovednosti žáků animačnímu prostředí. Teorie nazývaná CLT (Cognitive Load Theory) předpokládá, že pro efektivní výuku pomocí vizualizačního prostředku, by mentální nároky celého procesu (cognitive load) neměly převýšit hranice pracovní paměti. Tudiž by animace měly být navrhovány tak, aby v nich prezentovaný obsah byl spíše redukován než předimenzován (Van Merriënboer & Sweller, 2005).

Následující přehled zahrnuje nejdůležitější aspekty tvorby efektivních animací. Byl sestaven Lukášem Hlaváčkem pro účely jeho disertační práce na základě analýzy a studia příslušné literatury (Hlaváček, 2012). Přehled byl upraven autorem této disertační práce a doplněn o postřehy jiných autorů (McAuley et al., 1989; Kelly et al., 2004; Huitt et al., 2009):

1. Animace mohou být efektivní, pokud jsou segmentovány do více částí;
2. Animace mohou být efektivní, pokud mají žáci kontrolu nad jejich průběhem;
3. Animace mohou být efektivní, pokud jsou v nich signalizovány klíčové informace (zvýrazňování důležitých informací pomocí šipek, barevné značení, zoomování apod.);
4. Animace mohou být efektivní, pokud nejsou přetíženy nadbytečnými informacemi;
5. Animace je vhodné využívat především v případech, kdy součástí učiva jsou komplikované prostorové struktury a dynamické jevy;
6. Animace není vhodné využívat v situacích, kdy jsou žáci schopni si daný jev představit samostatně;
7. Vizuální reprezentaci animací je vhodné spojovat s verbálním vysvětlením.

Některé výše zmíněné body (zejména pak 2. a 3.) jsou nicméně v rozporu s výsledky metastudie autorů Berney a kol. (2015). Autorky v ní vymezují 4 faktory, které souvisejí se vzhledem instruktážního materiálu: stimulační kontrola displeje, signalizační objekty, abstrakce vizuální reprezentace a modalita doprovodného komentáře. Důležitým a zároveň překvapivým zjištěním této metaanalýzy je fakt, že pozitivní účinek animace v porovnání se statickou grafikou lze najít pouze u materiálů, u kterých žáci neovládají tempo dané animace, jak potvrzují také např. autoři Adesope a Nesbit (2012). Opačného názoru jsou autoři studií uvedených výše a dále autoři dalších studií (Mayer & Chandler, 2001; Schwan & Riempp, 2004; Boucheix & Guignard, 2005). Autorky Berney a kol. (2015) si tento rozpor vykládají dalšími faktory, které interagují se zkoumaným problémem, jako je kognitivní styl žáků (Höffler & Schwartz, 2011), jejich předchozí znalosti apod.

Druhým rozporuplným výše uvedeným faktorem, je tzv. „cueing“ neboli přítomnost signalizačních prvků zvýrazňujících podstatné informace. Výsledky metastudie (Höffler & Schwartz, 2011) ukázaly, že průměrná velikost účinku přítomnosti nebo nepřítomnosti signalizačních prvků se významně nelišila, což naznačuje, že tento faktor neovlivňuje celkový efekt animace na žáka. Na první pohled toto není v souladu s rostoucími důkazy o vizuálních prvcích zlepšujících učení (Boucheix & Lowe, 2010; Lin & Atkinson, 2011 atd.). Vysvětlení může poskytnout výzkum učení z animací autorů Ploetzner a Lowe (2012), který poukazuje na fakt, že je-li animace dobře navržena a tudíž „soběstačná“, přiláká pozornost žáků na správné místo ve správný čas. Nicméně vzhledem k nízké míře studií zabývajících se tímto tématem, by zmiňovaná problematika měla být dle autorek dále předmětem výzkumu. Z výše uvedených informací vyplývají i následující doporučení pro použití animací:

1. Používat je, pokud je třeba předat náročné prostorové struktury a dynamické procesy (Bradbury, 2001; McAuley 1989);
2. Doprovázet je ústním komentářem (McAuley, 1989; Huitt et al., 2009);
3. Nepoužívat animace, pokud jsou žáci schopni si daný jev představit sami (Van Merriënboer & Sweller, 2005);
4. Podporovat aktivní učení a spolupráci mezi studenty při využívání animací (Van Merriënboer & Sweller, 2005).

2.5 Motivace žáků a efektivita vzdělávání

Částí hlavního cíle této disertační práce je zjistit vliv výukových animací na motivaci, resp. vnitřní motivaci žáků. Tento faktor úzce souvisí s efektivitou daného vzdělávacího nástroje, kterým je v případě této disertace právě animace. Proto budou motivaci a efektivitě vzdělávání věnovány odstavce v následující kapitole.

2.5.1 Motivace žáků jako jeden z indikátorů kvality výuky

Motivace je dle Průchy a kol. (2003) charakterizována jako soubor faktorů, které:

1. Vzbuzují, aktivují a dodávají energii v lidském počínání a prožívání;
2. Zaměřují toto jednání a prožívání určitým směrem;
3. Řídí jeho průběh, způsob dosahování výsledků.

Z výše uvedeného vyplývá, že motivace je jakýsi motor, který žene živé bytosti k určitému myšlení, cítění a konání. K tomu přispívá i význam tohoto slova, které je odvozeno z latinského *movere*, tedy *hýbati*. V momentě, kdy je předestřena motivace ve výukovém procesu, charakterizuje ji Pedagogický slovník (Průcha et al., 2003) takto: „*Motivace žáků při výuce je výsledek procesu motivování, na němž se podílí jednak žák sám, jednak učitel, rodiče, spolužáci*“. Učitel může ovlivňovat motivaci svých žáků mnoha způsoby (Petty, 1996; Kalhous & Obst, 2002). Patří k nim:

1. Vytváření adekvátního obrazu o žácích;
2. Učitelovo očekávání vůči žákům;
3. Probouzení poznávacích potřeb žáků (problémové úlohy);
4. Probouzení sociálních potřeb žáků (sociální klima ve třídě);
5. Probouzení výkonové motivace (sociální norma, individuální norma);
6. Využití odměn a trestů;
7. Předcházení strachu ze školy, určitého předmětu, ze zkoušení.

Je tedy zřejmé, že motivace je základním faktorem, který ovlivňuje žákovu učení. Motivaci ovlivňuje řada proměnných, jako například vývojové stadium žáka a okolní podmínky při procesu učení. Motivace tedy pramení z biologických (neboli vnitřních) a psychologických (neboli vnějších) zdrojů člověka (Čáp, 1997; Pavelková, 2002).

V podobném duchu se nese také rozdělení motivace vztažené přímo na učební proces. Těmito dvěma kategoriemi jsou motivace zaměřená na zvládnutí úkolů a motivace zaměřená na podání výkonu (Pintrich, 2000; Cotterell, 2007).

2.5.1.1 Vnější motivace

Vnější motivace vychází z okolí žáka. Představuje situaci, kdy se jedinec neučí z vlastního zájmu, ale pod vlivem vnějších činitelů, kterými mohou být známky, názory rodičů, spolužáků i učitelů, přítomnost trestu či odměny (Fontana, 1997). Žáci, kteří jsou hnáni vnější motivací, se soustředí na prezentaci výsledků své práce. Touží si uchovávat co nejlepší sebeobraz v očích pozorovatelů (učitelé, spolužáci, rodiče, ...). Významnou roli sehrává vědomí, že ostatní registrují jejich úspěch. Pro tyto žáky je výsledek mnohdy důležitější než cesta, kterou k němu dospěli. Mají také tendence soutěžit se svými spolužáky (Krejčová, 2009).

Chování motivované vnějšími motivačními činiteli je ve své podstatě instrumentální – je nástrojem pro dosažení nějakých vnějších motivačních činitelů - např. odměny nebo vyhnutí se trestu. Při řízeném (školním) učení se žáci často učí pod vlivem vnější motivace. Žáci s převládající vnější motivací k učení projevují o mnoho vyšší úzkost, horší přizpůsobení školnímu prostředí, menší sebevědomí a nižší schopnost vyrovnat se s neúspěchem ve škole než žáci s převládající vnitřní motivací k učení (Svatoňová, 2016).

2.5.1.2 Vnitřní motivace

Vnitřní motivace vychází „zevnitř člověka“ (Fontana, 1997). O vnitřní motivaci hovoříme tehdy, když člověk vykonává určitou činnost jen kvůli ní samé, aniž by očekával jakýkoliv vnější podnět, ocenění nebo jinou odměnu, vychází tedy ze zájmů žáka a z jeho potřeb získat nové informace. Základní motivací každého jedince jsou jeho fyziologické potřeby, které mohou být prezentovány např. hladem, žízní apod. Postupem času si každý jedinec sestavuje tzv. žebříček hodnot. Zjišťuje, co je pro něho důležité, čím se chce zabývat, a co je pro něho prospěšné. Jedinec pak bývá často ovlivňován rodinou a prostředím, ve kterých vyrůstá. Vnitřní motivace může být tedy vrozená nebo naučená, vtisknutá (Lokša & Lokšová, 1999). Žák s přibývajícím věkem projevuje zájem o věci a děje kolem sebe, má potěšení z dobře vykonané práce, usiluje o pochvalu druhých, nejčastěji rodičů, snaží se být důležitým pro sebe i své okolí, i když cítí tlak okolí, aby nezklamal, aby se prosadil. Chce být něčím prospěšný

a užitečný. „*Vnitřní motivace je považována za optimální stimulaci pro učení. Předpokládá se, že má pozitivní vliv na učení. Srovnáme-li ji s vnější motivací, která má instrumentální povahu, vnitřní motivace vede k intenzivním a trvalým studijním aktivitám a díky nim zkvalitňuje výsledky učení*“ (Čapek, 2010). Správně motivovaný žák se chce učit a ví, že se učí sám pro sebe. Takový žák je ochoten vkládat velké úsilí a hodně času k vyřešení problému. V okamžiku, kdy takový žák pochopí podstatu zadaného úkolu, začne prohlubovat i své dovednosti. Z daného úkolu je zábava, má radost ze svých výsledků, je vnitřně uspokojený z dobře vykonané práce. Ideálně, i v případě neúspěchu, takto motivovaný žák svůj úkol nevzdává, naopak se snaží pokračovat ve svém započatém úsilí dosáhnout správného výsledku (Borphy, 2010).

Obě popsané extrémní pozice motivace ke školní práci se jednak projevují v různé intenzitě a především se mohou navzájem doplňovat a kombinovat (Pintrich, 2000). Nejčastěji se tak děje u žáků, kteří o určitý vyučovací předmět jeví přirozený zájem, sami si vyhledávají nové informace a snaží se je propojit s předchozími znalostmi. Zároveň ale současně stojí o ocenění učitele či vrstevníků, chtějí předvést, co vědí a umí (Krejčová, 2009). Vzhledem ke kombinaci obou typů motivace sledoval Pintrich dlouhodobě čtyři skupiny žáků, které byly definovány z hlediska kombinace různých typů motivace ke studiu. Jako nejefektivnější a ve škole nejúspěšnější se ukázaly dvě ze sledovaných skupin žáků: 1. žáci, u nichž dominovala (vnitřní) motivace ke zvládnutí úkolů jako jediný typ motivace; 2. skupina, u které se kombinovala (vnitřní) motivace ke zvládnutí úkolů a současně k jejich adekvátnímu předvedení (tj. vnější motivace). Školní práce obou skupin se jevila jako velmi podobná, někdy se naopak ukazovala větší účinnost druhé jmenované skupiny, v níž se motivy vzájemně potencovaly. Třetí skupinu představovali žáci, u nichž výrazně převládala vnější motivace nad vnitřní, tedy pro ně bylo důležitější předvést co nejlepší výkon aniž by kladly velké úsilí na samotné zvládnutí úkolu. Postupem času se tyto žáci začali úkolům spíše vyhýbat, což bylo způsobeno orientací na výkon. Poslední, čtvrtou skupinou žáků byli ti, kteří měli oba typy motivace na velmi nízké úrovni (Pintrich, 2000).

Vnitřní motivace není nedělitelný aspekt motivace celkové. V rámci vnitřní motivace můžeme rozlišovat tyto základní škály:

1. *Zájem / potěšení* (interest / enjoyment);
2. *Úsilí / důležitost* (effort / importance);
3. *Uvědomění si svých schopností* (perceived competence);
4. *Tlak / napětí* (pressure / tension);
5. *Možnost volby* (perceived choice);

6. *Hodnota / užitečnost* (value / usefulness);
7. *Věrohodnost* (relatedness).

Tyto škály byly stanoveny Ryanem (1982), který jich také využil v rámci dotazníku IMI (Intrinsic Motivation Inventory), jež zjišťuje žákovy dílčí postoje k vnitřní motivaci. V rámci této disertační práce byly pro zjištění stavu žákovy vnitřní motivace vybrány 4 škály (*zájem / potěšení; úsilí / důležitost; uvědomění si svých schopností; hodnota / užitečnost*).

2.5.1.3 Ovlivnění žákovy motivace

Vlivem různých faktorů na žákovu motivaci se zajímal např. C. Ames (Ames, 1992). Ten z tohoto hlediska definuje tři klíčové proměnné:

1. Úkoly – ty by měly být pestré, proměnlivé a s pro žáky jasným významem (to pomáhá k posílení žákovy motivace daný úkol vyřešit). Dále v této kategorii hrají velkou roli formy práce, organizace práce apod. Motivace žáků stoupá, když je jim látka prezentována v širším kontextu, jsou aktivováni k hledání řešení a vidí souvislosti mezi výukou a svým životem (Cotterell, 2007). Takovéto aktivizační prostředí mohou vytvářet právě výukové animace (Stith, 2004; Schnotz & Lowe, 2008; Barak et al. 2011 apod.).
2. Hodnocení učiteli – tato proměnná přispívá ve velké míře ke vzniku určitého typu motivace u žáků. V momentě, kdy žáci vidí, že daný úkol cílí pouze na soutěživost, předvedení se, či splnění předem zadaných norem (typicky množství chyb v testu odpovídá známce), vítězí u nich vnější motivace zaměřená na výkon. A naopak, pokud učitel hodnotí individuální posun žáka, jeho snahu o plné pochopení a osvojení tématu, vzbuzuje v daném žákovi vnitřní motivaci. Z tohoto principu také vyplývá potřeba formativního hodnocení (vztahuje se k žákovu pokroku v rámci určitého časového úseku), které by mělo převládat nad hodnocením sumativním (např. pomocí známek) (Auger & Boucharlat, 2005).
3. Edukační styl učitelů – pro žáky je důležité, aby učitelé vytvářeli ideálně podporující prostředí, které jim pomůže ve vyhledávání vnitřní motivace. Je potřeba podporovat žáky v jejich aktivitách, na druhou stranu toto nesmí přerůst v pevné držení otěží učitelem během vyučovacího procesu. Třídy, které pracují v atmosféře, kdy žáci mohou vzájemně spolupracovat pod vedením svých učitelů a chyba představuje jednu z forem hledání řešení, je motivace žáků k práci vyšší než ve třídách, kde naopak učitel klade důraz na podávání vysokých výsledků a nejdůležitějším kritériem jeho hodnocení práce žáků je její výsledek.

Další významnou roli v motivaci žáků hrají spolužáci a atmosféra ve třídě. Dle Cotterella (2007) je chování celé třídy ve výuce nejkvalitnějším a nejpresnějším barometrem žákovské motivace. Ve třídě, kde nepanují větší konflikty, žáci si navzájem poskytují prostor pro vyjadřování názorů, dokážou společně či ve skupinách debatovat a spolupracovat, je míra motivace větší než ve třídě s negativním klimatem.

V neposlední řadě hraje významnou roli v motivaci žáků i domácí zázemí, očekávání rodinných příslušníků, ale také předchozí znalosti a dovednosti v daném tématu, klimatické podmínky a v neposlední řadě i momentální nálada každého žáka (Ryan, 2001).

2.5.2 Efektivita vzdělávání

Vzhledem k tomu, že každý člověk tráví podstatnou část svého dětského příp. adolescentního života ve škole, je záhodno, aby vzdělávání bylo pokud možno so nejefektivnější (vzdělávání není samozřejmě jen součástí školní docházky, nicméně tato disertační práce se zabývá právě tímto typem). S pojmy efektivita vzdělávání se lze setkat nejčastěji v kurikulárních dokumentech i materiálech nejen vzdělávací politiky. Velmi často se tento pojem vztahuje k vyjádření o úspěšnosti žáků, učitelů či celých škol v různých předmětech, soutěžích, přijímacích zkouškách apod. Všechny závěry s efektivitou vzdělávání spojené by měly být podloženy kvalitními evaluačními metodami či výzkumy (Janíková & Vlčková, 2009). Tato kapitola se bude dále zabývat efektivitou a kvalitou výuky, jako výňatku z celkové šíře vzdělávání.

2.5.3 Vymezení pojmů a vztah efektivity a kvality výuky

Nejprve je potřeba definovat tři základní pojmy: výuka, efektivita a kvalita.

Termín výuka může být chápán v různé šíři, od samotné činnosti učitele, až po jakýkoli edukační proces (Průcha et al., 2003). Pro potřeby této disertační práce postačí jakási „střední“ definice reprezentovaná např. Pedagogickým slovníkem: „*Výuka je chápána jako hlavní forma vzdělávací činnosti, při níž učitel a žáci vstupují do určitých vztahů a jejímž cílem je dosahování stanovených cílů*“ (Průcha et al., 2003).

Kvalitu výuky můžeme chápat jako: „*Žádoucí (optimální) úroveň fungování a/nebo produkce výuky, která může být předepsána určitými požadavky (např. vzdělávacími standardy) a může být tudíž objektivně měřena a hodnocena*“ (Průcha et al., 2003). Obecně je tedy kvalita vyjádřením nějakého stavu.

Pod pojmem efektivita si můžeme představit určitý vztah, který nám dává do souvislosti konečný výsledek (např. počet přijatých na vysokou školu) a procesy, které tomuto stavu

předcházely (učení se na přijímací zkoušky) (Průcha et al., 2003). Dále např. (Kolář, 2012) definuje efektivitu výuky jako: *"Poměr mezi vynaloženými prostředky, časem, úsilím, intenzitou nasazení psychických procesů v učebních činnostech a dosaženými výsledky učebních činností (zvládnuté vědomosti, použitelné pracovní postupy, přijaté postoje)."*

Z hlediska odlišení dvou pojmů, kvalita a efektivita, je nutné podotknout, že kvalita může být pojmem nadřazeným pro efektivitu, ale i obráceně. Např. efektivita může být oblastí či podoblastí kvality. Pak tedy v modelu kvality pedagogické práce je jedním z ukazatelů kvality v oblasti profesionálního rozvoje, že učitel průběžně reflektuje, posuzuje a hodnotí efektivitu svých metod. Naopak by mohla být výzkumně řešena otázka, které ukazatele kvality pedagogické práce mají nejsilnější vliv na dosahování dobrých výsledků žáků (měřených např. externě zadanými testy) (Janíková & Vlčková, 2009). Z výše uvedeného je tedy patrné, že pojmy kvalita a efektivita jsou velmi propojené a je potřeba je vnímat v určitém kontextu.

Mnozí autoři hovoří ve svých studiích o různých faktorech, které kvalitu a efektivitu výuky ovlivňují. Na počátku 90. let byla provedena obsáhlá metaanalýza, která shrnovala dosavadní poznatky v oblasti výzkumu efektivitu výuky s ohledem na vliv vzdělávacích, psychologických a sociálních faktorů na učení (Wang et al., 1993). Nejvíce prací bylo věnováno designu a realizaci výukového kurikula, dále pak charakteristikám žáků a výukovým postupům. Na základě této metaanalýzy byl stanoven seznam faktorů, které ovlivňují efektivitu výuky vztaženou na žáka (1. v seznamu má největší vliv, poslední nejmenší):

1. Studijní předpoklady žáků;
2. Výuková praxe učitele;
3. Vzdělávací kontext domova a obce;
4. Podoba kurikula a výuky;
5. Kultura školy, klima školy, demografické podmínky školy;
6. Státní a územní vláda a organizace.

Mezi přehledy výzkumů efektivitu výuky patří také studie dvojice autorů Seidel a Shavelson, která shrnuje výsledky výzkumu v oblasti efektivitu výuky v letech 1996-2006. Jako základní výzkumnou metodu autoři použili metaanalýzu výzkumných studií, které se zabývaly zjišťováním účinků procesu vyučování na učení žáků. Základním výsledkem metastudie je fakt, že efektivita výuky je komplexní. Největší účinek na kognitivní výstupy žáků má řízení učebních činností související s konkrétním učivem. Na motivačně-afektivní výstupy měly největší účinek činnosti související s vyučovacím předmětem, sociální a osobní zkušenost, čas na učení a řízení a monitorování. Pro učební procesy měly největší účinek opět činnosti související s učební látkou, čas na učení a sociální zkušenost (Seidel & Shavelson, 2007).

Z tohoto a dalších výzkumů je patrné, že správná obměna učebních činností, osobní zkušenost, řízení výuky učitelem i žákem a odborná názornost přispívají k větší efektivitě (potažmo kvalitě) výuky (Wang et al., 1993; Brandsford et al., 2000; Floden, 2001; Seidelová & Shavelson, 2007).

Z výše uvedených výzkumů vyplývá, že efektivita výuky je založena na mnoha faktorech. V této disertační práci je její míra stanovena pomocí vnitřní motivace žáků a jejich studijních výsledků.

2.6 Výzkumná metoda a nástroje na zjištění efektivity použití animací

2.6.1 Pedagogický experiment

V této disertační práci byl základní výzkumnou metodou zvolen pedagogický experiment, který patří mezi kvantitativně orientované výzkumné metody (Gavora, 2000). V pedagogickém výzkumu je to jeden ze základních prostředků ke zjišťování chování subjektů ve vzdělávacím procesu při zavedení nějaké řízené změny (např. v organizaci či obsahu výuky) (Průcha et al., 2003). Podle Chrástky (2016) je kvantitativně orientovaný pedagogický experiment definován „jako záměrná a systematická činnost, při které se empirickými metodami zkoumají (ověřují, verifikují, testují) hypotézy o vztazích mezi pedagogickými jevy“. Cíl tohoto typu výzkumu leží v získávání objektivního důkazu, díky kterému lze ověřit či vyvrátit předem definované hypotézy a díky tomu lze následně formulovat různá zobecnění či zákonitosti.

Štefl (1970) uvádí, že je možné rozdělit průběh pedagogického experimentu do tří fází:

1. Přípravná fáze – zde je nutné vymezit celkovou problematiku, nejčastěji provedením rešerše a seznámením se s již realizovanými výzkumy a experimenty a jejich závěry na námi zkoumaném poli. V rámci přípravné fáze je také vhodné provést předvýzkum neboli pilotní studii, díky níž můžeme prověřit možnosti zamýšleného výzkumu, jeho problematiku, některé nedostatky apod.
2. Shromažďování materiálů – jde o samotné provedení výzkumu, tedy např. zadání a sběr dotazníků, testů (obecně výzkumných nástrojů). V zásadě je potřeba dbát na zajištění co nejvyváženějších podmínek pro všechny zúčastněné subjekty (od ideální teploty v místnosti po dostatek světla, vstřícné zacházení se subjekty apod.). Bohužel, mnohé vedlejší faktory jsou nevyhnutelné (např. momentální duševní rozpoložení subjektů atd.).
3. Zpracování materiálů – neboli zpracování získaných dat a vyhodnocení samotného experimentu. K tomuto většinou dochází za použití předem vybraných statistických

metod. V tomto případě je pak nutné přesně dodržovat navrženou metodologii, aby výsledky z použitých statistických testů byly přesné.

V rámci pedagogického experimentu nejčastěji figurují dvě sledované skupiny: kontrolní a experimentální. Výzkumníci by měli klást důraz na vyrovnanost obou skupin z hlediska např. věku, odborné úrovně dosažených znalostí, pohlaví či vnitřní motivace (Hlad'o, 2011).

Ve výzkumu realizovaném v rámci této práce byly použity dva typy výzkumných nástrojů – didaktický test (v podobě pretestů a posttestů) a standardizované dotazníky.

2.6.1.1 Pretesty a posttesty

Oba typy testů (pretesty i posttesty, neboli také vstupní a výstupní testy) používané ve výzkumu v rámci této disertační práce, patří do kategorie didaktických testů. Toto je široká škála výzkumných nástrojů, které mohou sloužit k různým účelům, nicméně vždy se jedná o nástroj systematického zjišťování výsledků výuky (Průcha et al., 2003).

Pretesty a posttesty jsou široce používanými nástroji v behaviorálních studiích. Primárním cílem těchto nástrojů je porovnání výzkumných skupin mezi sebou a měření změny vyvolané použitím určitého experimentálního nástroje (Dimitrov & Rumrill, 2003). Jinými slovy vstupní testy se používají na začátku výuky a jejich cílem je ověřit vstupní znalosti žáků. Výstupní testy se zadávají na konci určitého období nebo probíraného celku učiva. Úkolem výstupních testů je zjistit do jaké míry byly splněny cíle výuky (Jeřábek & Bílek, 2010). Každý didaktický test by měl být navržen, ověřen, použit a interpretován podle předem vymezených pravidel. Základními vlastnostmi každého didaktického testu jsou validita a reliabilita.

Validitu testu (nebo jakéhokoli jiného výzkumného nástroje) lze demonstrovat následující otázkou: Měří daný nástroj (např. test) skutečně to, co chceme zkoumat? Validita nám tedy popisuje adekvátnost, platnost daného testu. Pro didaktické testy jsou důležité 2 druhy validity:

1. Kriteriační validita – nakolik jsou výsledky testu v souladu s kritériem, které chceme daným testem zjišťovat (kritériem může být např. úspěšnost žáka ve vzdělávacím procesu, tedy jestli daný test skutečně měří žakovu úspěšnost).
2. Obsahová validita – udává, jestli je daný test zkonstruován přesně pro téma, které u kterého chci zjišťovat žakovy výsledky (např. zda testové úlohy skutečně reprezentují učivo, které chci testovat).

Validita testů se dá měřit např. tzv. panelem expertů (expertní panel). Pro didaktické testy jde o skupinu tvořenou např. didaktiky či učiteli z praxe, kteří daný test před jeho použitím posoudí, okomentují, příp. navrhnou jeho úpravy. Autor pak tyto úpravy zanesl do testu samotného (Viktorová & Charvát, 2015).

Druhou významnou vlastností každého didaktického testu je jeho reliabilita, tedy spolehlivost, přesnost. Spolehlivost nám poukazuje na fakt, že pokud bychom tu samou skupinu žáků testovali vícekrát za sebou, výsledky všech opakovaných měření by měly být v zásadě stejné. Přesnost nám dále určuje, do jaké míry je použití daného testu adekvátní z hlediska chybovosti. Na přesnosti testu se projeví např. zadání testu pro základní školy žákům středoškolským, či velmi krátké časové rozmezí pro vyplnění testu. Dále mohou mít na přesnost vliv i příliš jednoduché či příliš složité položky apod. (Gavora, 2000; Jeřábek & Bílek, 2010).

Způsob určení reliability testů je popsán v kapitole 2.7.

2.6.1.2 *Standardizované dotazníky: MSLQ a IMI*

Nástroj MSLQ (Motivated Strategies for Learning Questionnaire) slouží ke zjišťování a hodnocení motivačních orientací žáků a jejich využívání různých strategií pro vlastní učení (Pintrich et al., 1991). Předkládá 81 tvrzení, která jsou rozdělena do celkem sedmi škál. Na základě nástroje MSLQ byl sestaven predotazník vybráním takových tvrzení, které spadaly do 4 škál:

1. *Vnitřní cílová motivace* (intrinsic goal motivation);
2. *Vnější cílová motivace* (extrinsic goal motivation);
3. *Sebeúčinnost v učení* (self-efficacy for learning and performance);
4. *Uvědomění vlastní zodpovědnosti při učení* (control beliefs).

Škálu *vnitřní cílové motivace* lze chápat jako samostatně vytvořené faktory, které v určitých směrech ovlivňují chování žáků nebo je určitým směrem posunují. Tyto faktory zahrnují zodpovědnost, svobodu konat, možnost použít a rozvíjet schopnosti a dovednosti, zajímavou a podnětnou práci. Tento druh motivace se projevuje, když lidé mají pocit, že jejich práce je důležitá, zajímavá a podnětná, a že jim poskytuje přiměřenou míru autonomie (Horváthová a kol. 2013).

Naopak škála *vnější cílové motivace* je charakterizována pomocí faktorů, které jsou pro žáky vytvořeny za účelem motivace. Tento typ motivace je „založen na vnějších motivech, stimulech přicházejících zvenčí.“ Konkrétními příklady mohou být ocenění ve formě zvýšení platu, pochvala nebo povýšení, ale také tresty nebo kritika (Blažek, 2011).

Škála *sebeúčinnosti v učení* nebo také sebedůvěra ve vlastní schopnosti reprezentuje přesvědčení o vlastní způsobilosti plánovat a jednat způsobem nezbytným k dosažení nějakého cíle, zvládnutí nějaké situace či úkolu v nejširším slova smyslu.

Škála *uvědomění si vlastní zodpovědnosti při učení* popisuje míru sebereflexe žáka, do jaké přijímá odpovědnost za proces učení, jak moc vnímá vzdělávání jako svůj vlastní úkol.

Nástroj IMI byl vyvinutý pro hodnocení subjektivní zkušenosti vztažené k vnitřní motivaci žáka a vlastní osobní sebereflexi (Ryan, 1982; McAuley et al., 1989). Předkládá 45 tvrzení, která jsou rozdělena do celkem sedmi škál (viz Tab. 2). Na základě nástroje IMI byly sestaveny postdotazníky vybráním takových tvrzení, která spadala do následujících 4 škál:

1. *zájem / potěšení* (interest / enjoyment);
2. *úsilí / důležitost* (effort / importance);
3. *uvědomění si svých schopností* (perceived competence);
4. *hodnota / užitečnost* (value / usefulness).

Škála *zájem / potěšení* se vztahuje k faktu, zdali práce s daným vizualizačním prostředkem (statickým či animací) vyvolává v žácích zájem o téma, o kterém se učí. Zjišťuje také, zdali žáky práce s uvedeným prostředkem baví, zdali (a do jaké míry) si ji užívají apod.

Škála *úsilí / důležitost* představuje sérii tvrzení, která zjišťují postoj žáků k jejich úsilí vykonat danou aktivitu. Zjišťuje, jak moc obtížné pro žáky bylo pracovat s daným nástrojem, respektive zdali pro ně bylo důležité uspět v dané aktivitě a na základě toho kolik úsilí do jejího splnění investovali.

Škála *uvědomění si svých schopností* shrnuje tvrzení, jež se týkají žákova ohodnocení vlastní práce, resp. její dosažitelnosti. Určuje, do jaké míry je žák spokojen se svým výkonem, zdali ho dle jeho názoru práce v rámci aktivity posunula, jestli mu přinesla nové poznatky a dovednosti.

Škála *hodnota / užitečnost* si klade za cíl zjistit žákovy postoje, které se vztahují k užitečnosti dané aktivity pro žákům rozvoj. Tvrzení této škály jsou zaměřena na fakt, zdali daná aktivita žákovi pomohla rozvíjet jeho dovednosti, jestli by si ji žák ještě někdy v budoucnu zopakoval atd.

Validitu nástroje IMI potvrdili ve svých studiích McAuley a Ryan (Ryan, 1982; McAuley et al., 1989).

Tab. 2 - Dotazník vnitřní motivace IMI – původní kompletní nástroj (McAuley et al., 1989; Ryan, 1982)

Interest/Enjoyment	
I enjoyed doing this activity very much.	
This activity was fun to do.	
I thought this was a boring activity.	(R)
This activity did not hold my attention at all.	(R)
I would describe this activity as very interesting.	
I thought this activity was quite enjoyable.	
While I was doing this activity, I was thinking about how much I enjoyed it.	
Perceived Competence	
I think I am pretty good at this activity.	
I think I did pretty well at this activity, compared to other students.	
After working at this activity for awhile, I felt pretty competent.	
I am satisfied with my performance at this task.	
I was pretty skilled at this activity.	
This was an activity that I couldn't do very well.	(R)
Effort/Importance	
I put a lot of effort into this.	
I didn't try very hard to do well at this activity.	(R)
I tried very hard on this activity	
It was important to me to do well at this task.	
I didn't put much energy into this.	(R)
Pressure/Tension	
I did not feel nervous at all while doing this.	(R)
I felt very tense while doing this activity.	
I was very relaxed in doing these.	(R)
I was anxious while working on this task.	
I felt pressured while doing these.	
Perceived Choice	
I believe I had some choice about doing this activity.	
I felt like it was not my own choice to do this task.	(R)
I didn't really have a choice about doing this task.	(R)
I felt like I had to do this.	(R)
I did this activity because I had no choice.	(R)
I did this activity because I wanted to.	
I did this activity because I had to.	(R)
Value/Usefulness	
I believe this activity could be of some value to me.	
I think that doing this activity is useful for _____.	
I think this is important to do because it can _____.	
I would be willing to do this again because it has some value to me.	
I think doing this activity could help me to _____.	
I believe doing this activity could be beneficial to me.	
I think this is an important activity.	
Relatedness	
I felt really distant to this person.	(R)
I really doubt that this person and I would ever be friends.	(R)
I felt like I could really trust this person.	
I'd like a chance to interact with this person more often.	
I'd really prefer not to interact with this person in the future.	(R)
I don't feel like I could really trust this person.	(R)
It is likely that this person and I could become friends if we interacted a lot.	
I feel close to this person.	

U obou nástrojů byla pro každé tvrzení navržena šesti (pro MSLQ) či sedmi (pro IMI) bodová škála, prostřednictvím které respondent vyjadřuje míru souhlasu s tímto tvrzením (od „naprostého souhlasu“ po „naprostý nesouhlas“) (Likert, 1932; Ryan, 1982; Pintrich et al., 1991).

Oba nástroje byly použity již v mnoha výzkumech týkajících se vnitřní motivace a samoregulace (Plant & Ryan, 1985; Whitehead & Corbin, 1991; Campbell et al., 2001; Huitt et al., 2002; Huitt W., 2003; Niemi & Virtanen, 2003). Nástroje byly dokonce použity ke sledování motivační orientace žáků ve vztahu k přírodovědnému vzdělávání (Stratilová Urválková et al., 2014; Skoršepa & Šmejkal, 2015; Šmejkal & Teplý, 2016; Míka, 2017; Teplá, 2021).

Jednou z výhod uvedených výzkumných nástrojů je skutečnost, že jsou koncipovány jako flexibilní a modulovatelné dle potřeb výzkumu, a proto je není nutné využít v kompletní verzi (Pintrich et al., 1991; Markland & Hardy, 1997; Rotgans & Schmidt, 2010).

2.6.1.3 Alternativy k výzkumným nástrojům

MSLQ a IMI nejsou jedinými dotazníky, které mohou být ve výzkumu podobného zaměření použity. Často používaným dotazníkem je také SMQ II (Science Motivation Questionnaire II), který byl primárně vyvinut pro identifikaci nemotivovaných vysokoškolských studentů a následnou možnou nápravu tohoto problému (Glynn & Koballa, 2006). Nástroj SMQ II čítá vždy 25 položek zaměřených na 5 faktorů žákovy motivace: Vnitřní motivace, vnější motivace (motivace známkou a motivace kariérním uplatněním), sebeurčení a sebeúčinnost. Tento vícesložkový nástroj poskytuje rámec pro hodnocení motivace v přírodních vědách, který kombinuje důležité motivační faktory: vnitřní motivaci v kombinaci s osobním významem, vnější motivaci rozlišenou na motivaci známkou a možným kariérním postupem, dále pak sebeurčení a soběstačnost. Celý model byl založen na sociálně-kognitivní teorii učení (Bandura & Health, 1986)). Položky nástroje SMQ II se vztahují ke čtyřem základním aspektům přírodovědného vzdělávání: zvědavost, zájem, hodnotový postoj a potěšení. Na následujících řádcích jsou stručně shrnuty jednotlivé charakteristiky motivačních faktorů.

Vnitřní motivace je to, co nás žene dělat věci, protože jsou pro nás ze své podstaty zajímavé, případně příjemné. Odměnou za probíhající aktivitu je právě aktivita samotná. Z toho důvodu hraje vnitřní motivace důležitou roli při dosahování akademických úspěchů.

V případě vnější motivace děláme věci z důvodu hmatatelného výsledku (Ryan & Deci, 2000). Ve školním prostředí jsou tím výsledkem známky (tzv. krátkodobý cíl) a profesní uplatnění (dlouhodobý cíl). To mohou také být extrémní případy vnější motivace: buď jsme hnáni krátkodobými cíli, tedy „učíme se pro známky“, nebo jsou naše cíle dlouhodobé a my doufáme v lepší kariérní uplatnění (Ryan & Deci, 2000). Více je téma vnitřní a vnější motivace rozepsáno v kap. 2.5.

Složka sebeurčení poukazuje na samostatnost, kterou cítíme ve vlastním jednání. Teorie sebeurčení také bere v potaz opakované zjištění, že vnější odměny mohou zeslabit vnitřní motivaci (Deci & Ryan, 1999). V kontextu vzdělávání je toto sebeurčení spjato s kontrolou studenta nad jeho učením. Dávka volnosti má kladný dopad na akademické výkony a stává se tím pádem zajímavým faktorem ovlivňujícím obecnou motivaci žáků (Black & Deci, 2000).

Položky SMQ II hodnotící sebeurčení jsou vztaženy zejména na úsilí a odhodlání, které studenti vyvíjí v hodinách přírodních věd („Pilně se učím..., Vyvíjím dostatek úsilí..., Trávím hodně času... apod.“). Sebeúčinnost (sebedůvěra ve vlastní schopnosti) je individuální vnímání kompetence k dosažení daných úkolů a obdržení daných výsledků (Pajares, 1996). Dle sociálně-kognitivní teorie jsme jako lidé více motivováni, pokud věříme, že můžeme skutečně dosáhnout kýžených výsledků (Bandura & Health, 1986). Zatímco v případě nízké sebeúčinnosti se obáváme obtížných úkolů z důvodu negativních očekávání a nedůvěry ve vlastní schopnosti (Glynn et al., 2009). Z těchto důvodů se sebeúčinnost samozřejmě promítá nejen do akademických výkonů žáků a studentů, ale také ovlivňuje jejich kariérní rozhodnutí (Bandura et al., 2001).

Ačkoli byl nástroj SMQ II původně konstruován pro vysokoškolské studenty, výzkumy potvrdily možnosti jeho využití i pro žáky středních škol (Bryan et al., 2011; Zeyer et al., 2013; Schmid & Bogner, 2015).

2.6.2 Akční výzkum

Součástí disertační práce je tvorba mezipředmětových interaktivních výukových animací na téma: *Nukleové kyseliny* (více v kapitole 4). Vzhledem k časovým podmínkám nemohly být tyto animace zařazeny do hlavní výzkumné části, proto bylo provedeno dílčí šetření ve formě akčního výzkumu.

Akční výzkum je dle Pedagogického slovníku charakterizován jako: „*druh pedagogického výzkumu, jehož účelem je přímo ovlivňovat nebo zlepšovat určitou část vzdělávací praxe, řeší aktuální potřeby vzdělávací instituce*“ (Průcha et al., 2003, str. 14). Akční výzkum je chápán jako nástroj, který učitelům pomáhá řešit problémy školní praxe a zároveň uskutečňovat v této praxi inovace. Učitel se zde objevuje v obtížné dvojroli výzkumníka a aktivního účastníka akce zároveň. Tento typ výzkumu se může odlišovat od zkoumání akademiků, ale není méně významný nebo méně relevantní. Jeho výsledky odpovídají okamžitým aktivitám, mají však omezené využití a jsou více subjektivní. Akční výzkum je současně zaměřen na žáka i učitele, má potenciál zkvalitnit učitelovy postupy a metody a zároveň v širším slova smyslu celou školu jako místo pro vzdělávání žáků i pro růst profesionality učitele (Nezvalová, 2003). Z výše uvedených charakteristik vyplývá, že učitelé akční výzkum provádějí, ale děje se tak spíše intuitivně. V sousloví „akční výzkum“ je velmi důležitý přívlastek „akční“, který vystihuje podstatu tohoto typu výzkumu. Odkazuje k akci, kterou můžeme chápat ve dvou významech (Janík, 2003):

1. Akcí je míněna určitá situace (něco je dáno, něco se děje). Tuto akci (situaci) učitel zkoumá, aby jí porozuměl a mohl ji zlepšit v případě, že je s ní nespokojen.
2. Akcí je míněno jednání učitele, které má vést ke zlepšení situace. Pojem akce v těchto souvislostech označujeme činnost učitele, jeho pedagogické jednání.

Pro co nejlepší pochopení principů akčního výzkumu je dobré srovnat jej s tradičním akademickým výzkumem. Ten je většinou realizován nezainteresovanými výzkumníky, kteří se snaží dosáhnout objektivitu a zobecnit ji. Sleduje činnost jiných a výzkumníci nejsou osobně angažováni do studované situace. Účastníci formulují výzkumné hypotézy a snaží se je potvrdit výzkumem, který realizují často na různých školách s co největším počtem respondentů. Studují literaturu k danému problému a porovnávají své výsledky se závěry získanými v obdobných výzkumech. Jejich výsledky jsou interpretovány a zobecňovány a jsou z nich formulována doporučení pro školy (Nezvalová, 2003).

Naopak akční výzkum je prováděn učiteli na školách. Učitelé si vybírají problémy, se kterými se setkávají ve své každodenní činnosti při výuce ve třídě. Tyto otázky diskutují uvnitř školy a to s ostatními učiteli, žáky, rodiči či poradci. Sbírají informace, využívají své zkušenosti a navrhuji řešení. Ta následně realizují při vlastní práci a sledují výsledky. Učitelé participací na tomto výzkumu přispívají k rozšíření svých vědomostí a dovedností tedy k osobnímu profesionálnímu růstu, k rozvoji školy jako instituce a ke zkvalitnění jejich výsledků.

Akční výzkum je založen na vzájemné spolupráci, která vede k odstranění tradiční izolace učitele a často přispěje ke změně kultury školy (Nezvalová, 2003).

2.6.2.1 Prvky, cíle a typy akčního výzkumu

V akčním výzkumu jsou základními prvky akce, reflexe a revize. McNiff (1988) do celého procesu zahrnuje plánování, činnost, pozorování, reflexi a následné nové plánování. Podle Whitheada (1993) je akční výzkum praktické členit do pěti kroků:

1. problém, který se objevil v praxi,
2. představa o řešení problému,
3. aktivita k zvolenému řešení,
4. vyhodnocení výsledků aktivit,
5. modifikace problému.

Cíle akčního výzkumu byly již obecně popsány výše, nicméně pro shrnutí lze uvést, že jejich podstatou je zvýšit profesionalitu učitele, rozvíjet jeho pedagogické myšlení a dovednosti a zkvalitnit jeho rozhodovací procesy. Celkově tedy tento druh výzkumu vede ke zkvalitnění učitelovy praxe. Velmi důležitým bodem také je, že akční výzkum podporuje zlepšení výsledků dosahovaných žáky a celkovou úroveň jejich práce ve škole. Také smysl pro osobní odpovědnost za vlastní růst profesionality, úsilí o zdokonalení výuky, vedoucí k lepším vzdělávacím výsledkům žáků, jsou nezanedbatelnými možnými výsledky akčního výzkumu (Nezvalová, 2003).

Z hlediska typů akčního výzkumu rozlišujeme dva základní druhy (Schmuck, 1997):

- a) Proaktivní akční výzkum – kdy samotná akce probíhá ještě před sběrem dat a jejich zpracováním. Učitel nejprve vyvíjí aktivity, jejichž efektivitu posléze studuje. Tento typ výzkumu inspiruje učitele k implementaci nových přístupů, metod či prostředků používaných ve výuce. Tato inspirace může vycházet z předchozí učitelovy zkušenosti, od kolegů či samotných žáků. Proaktivní akční výzkum začíná pokusem o nové přístupy přinášející lepší výsledky, následně učitel shromažďuje reakce studentů na realizované změny, posléze vyhodnocuje získané informace a pokouší se o další nové přístupy (v úvahu přichází i přístupy alternativní);
- b) Reaktivní akční výzkum – zde učitelé sbírají informace předtím, než se pokusí inovovat praxi. Aktivita učitele vychází z předpokladu, že každá pedagogická situace je jedinečná a je potřeba se s ní nejdříve seznámit a pochopit ji, následně na ni reagovat.

Kroky tohoto typu výzkumu jsou následující: sbírat informace o dané situaci, vyhodnotit tyto informace, vymezit změny, které budou následovat, pokusit se o nové přístupy a ty realizovat, poté sledovat reakce a sbírat data, ty následně vyhodnocovat a případně upravovat zvolené postupy a metody.

2.7 Statistické metody zpracování dat – zkoumání statistické a věcné významnosti

Kapitola prezentuje vybrané statistické metody, které byly použity pro vyhodnocování výzkumných nástrojů (didaktických testů a standardizovaných dotazníků).

2.7.1 Reliabilita výzkumných nástrojů

Pro zjištění, zdali jsou dotazníky a testy reliabilní (tedy jestli poskytují spolehlivá a přesná data), byl použit výpočet pro určení Cronbachova alfa. Tento koeficient měří tzv. vnitřní konzistenci dat. Termín vnitřně konzistentní data znamená, že by všechny položky dotazníku či testů, které měří stejné vlastnosti, měly mít dostatečně vysokou kladnou korelaci. Cronbachovo alfa nabývá hodnot od 0 do 1 s odborníky přijímanou významnou hranicí 0,7 (Nunnally, 1978; George & Mallery, 2003). V momentě, kdy je hodnota Cronbachova alfa větší než 0,7, považují se testy i dotazníky za vnitřně konzistentní, tedy spolehlivé a přesné (Bruin, 2006).

2.7.2 Popisné charakteristiky statistických souborů

Výzkumného pracovníka často zajímá cílová populace (tzv. základní soubor, např. žáci gymnázia), pro kterou chce vyslovit konkrétní závěry (např. jakých sledovaná populace dosahuje výsledků po zařazení konkrétní výukové metody). Charakteristické vlastnosti cílové populace popisujeme prostřednictvím popisných statistických charakteristik, tzv. parametrů (středních hodnot – např. aritmetický průměr (μ) a mír variability – např. rozptyl (σ^2) či směrodatná odchylka (σ)). Nicméně bývá velmi finančně, časově i personálně náročné zkoumat celou cílovou populaci. Z toho důvodu výzkumní pracovníci často nepracují s celou populací, ale pouze s jejím výběrem (např. náhodným, který je předpokladem pro volbu parametrických metod). Z těchto výběrů pak jsou schopni aplikací výzkumných nástrojů získat tzv. výběrové charakteristiky, kterými odhadujeme skutečné parametry cílové populace (např. výběrový aritmetický průměr (M) je odhadem pro aritmetický průměr populace (μ); výběrová směrodatná odchylka (s) je odhadem pro směrodatnou odchylku populace (σ)) (Teplá, 2021).

2.7.3 Testování hypotéz

Jelikož výzkumní pracovníci velmi často nepracují s celou populací, ale pouze s výběrem z této populace, je důležité zabývat se otázkou, zdali výsledky nalezené ve výběrovém souboru lze zobecnit na celou populaci (neboli jsou statisticky významné). To zjišťují vhodné testy statistické signifikace (viz kapitola 2.7.6). Obvykle se testuje nulová hypotéza (H_0), kterou můžeme nebo nemůžeme vyvrátit. K této nulové hypotéze formulujeme hypotézu alternativní (H_1), která je negací původní nulové hypotézy. Nulová hypotéza nejčastěji předpokládá stav neexistence rozdílu.

Na základě statistického testu lze dojít ke dvou výsledkům:

- 1) H_0 nezamítáme (nevyvrácená nulová hypotéza však neznamená její automatické přijetí, viz příklad dále);
- 2) H_0 zamítáme (potvrzujeme platnost H_1).

Příklad

Jsou stanoveny dvě hypotézy:

H_0 – Tomáš není zloděj;

H_1 – Tomáš je zloděj.

Nepodaří-li se mi zvoleným testem zamítnout H_0 , nemohu automaticky stanovit její platnost. Je možné, že se najde jiný test (důkaz), který Tomáše usvědčí (tedy zamítne H_0), čímž potvrdí H_1 .

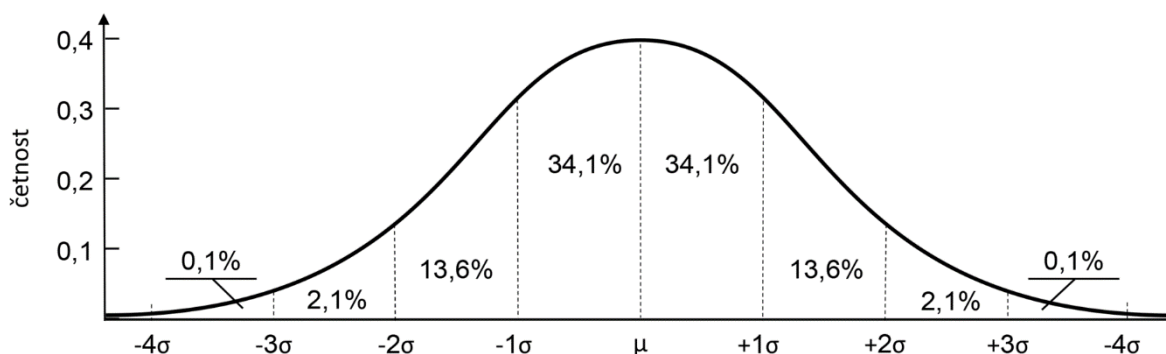
Před samotným testováním je zapotřebí zvolit hladinu významnosti testu α , která představuje pravděpodobnost falešně pozitivního výsledku (tzv. chyba 1. druhu, tedy pravděpodobnost, že zvolený test zamítne nulovou hypotézu, přestože tato hypotéza platí; v našem příkladu pravděpodobnost, se kterou by byl Tomáš neprávem obviněn). Konvencí je z hlediska sociologických a pedagogických výzkumů stanovena hranice hladiny významnosti na $\alpha = 5\%$.

Jestliže výsledná p -hodnota použitého statistického testu je menší než hladina významnosti α (chyba α), zamítáme nulovou hypotézu H_0 . Jestliže je p -hodnota větší než hladina významnosti α (chyba α), nulovou hypotézu H_0 nemůžeme zamítnout a tedy předpokládáme, že platí.

2.7.4 Normalita dat

Před použitím vhodné statistické metody (parametrické či neparametrické) pro testování hypotéz je potřeba určit, zdali získaná data jeví normální nebo nenormální rozdělení. Normální

rozdělení se nejčastěji vyjadřuje tzv. Gaussovou křivkou. Ta nám říká, v jakých oblastech je výsledek náhodného pokusu více pravděpodobný a v jakých méně (viz Obr. 1). Gaussova křivka (čili znázornění hustoty pravděpodobnosti) je funkcí o dvou parametrech: střední hodnoty μ a rozptylu σ^2 . Gaussova křivka je symetrická, střední hodnota μ leží právě pod jejím vrcholem. Tvar křivky s extrémem v místě střední hodnoty vlastně říká to, že při opakování náhodného pokusu řídicího se normálním rozdělením budou nejčastěji vycházet čísla v okolí střední hodnoty. Symetrie křivky pak poukazuje na to, že výsledky vychýlené nad i pod střední hodnotu budou vycházet zhruba stejně často (Matějková, 2016).



Obr. 1 Gaussova křivka.

Existují dva typy zjišťování normality dat: grafické metody a výpočtové metody. Grafické metody jsou často zastoupeny tzv. histogramy. To jsou grafická vyjádření rozdělení pravděpodobností výskytu jednotlivých dat v určitém intervalu. Ideální tvar histogramu je popsán právě Gaussovou křivkou. Na tvaru této funkce se můžou podílet dva faktory:

1. Šikmost – ta je mírou symetrie daného rozdělení a měří zešikmenost, resp. nesymetrii dat. Šikmostí tedy zkoumáme, jestli jsou hodnoty rozloženy okolo průměru symetricky.
2. Špičatost – je zase mírou koncentrace hodnot náhodné veličiny kolem střední hodnoty a měří odchylku špičatosti zkoumaného rozdělení od normálního rozdělení.

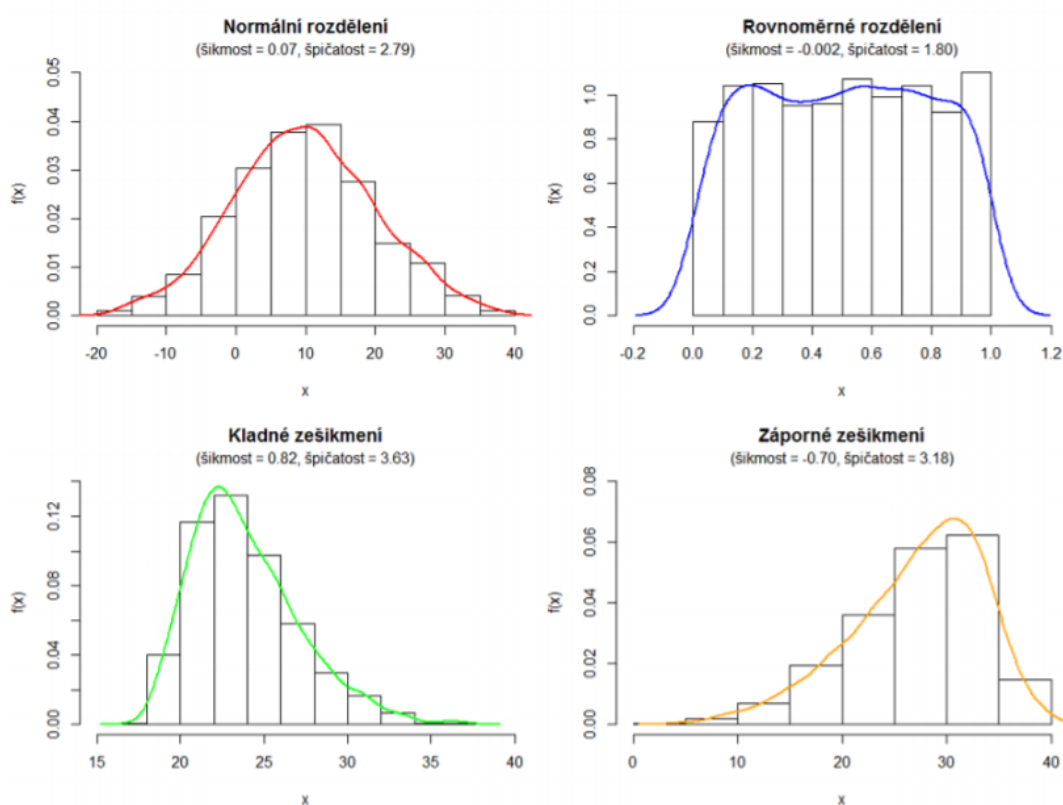
Histogramy, které se tvarem Gaussovy křivky liší od normálního rozdělení (jsou např. málo špičaté, nebo kladně či záporně zešikmené – viz Obr. 2) vypovídají o nenormálním rozdělení dat. Obecně jsou grafické metody méně přesné než metody statistické, většinou u nich zjišťujeme případnou normalitu dat okometricky.

Výpočtové metody mohou být zastoupeny např. v této práci využívaným Kolmogorovov-Smirnovovým testem. Ten je založen na výpočtu ukazujícím, zdali má náhodná veličina předpokládané teoretické rozdělení. V našem případě, zda má náhodná veličina normální rozdělení pravděpodobnosti. Test se pro výběry o rozsahu $n \geq 100$ stal předepisovanou

normou díky dobrým vypovídacím schopnostem (Jaroš & Rosa, 1980). Tento test je založen na opětovném stanovení dvou hypotéz:

1. Nulová hypotéza (H_0) - ta může znít: data odpovídají teoretickému rozložení v populaci (tedy normálnímu rozdělení);
2. Alternativní hypotéza (H_1) - je pak pravým opakem H_0 , tedy: data neodpovídají teoretickému rozložení v populaci (tedy normálnímu rozdělení) (IBA, 2020).

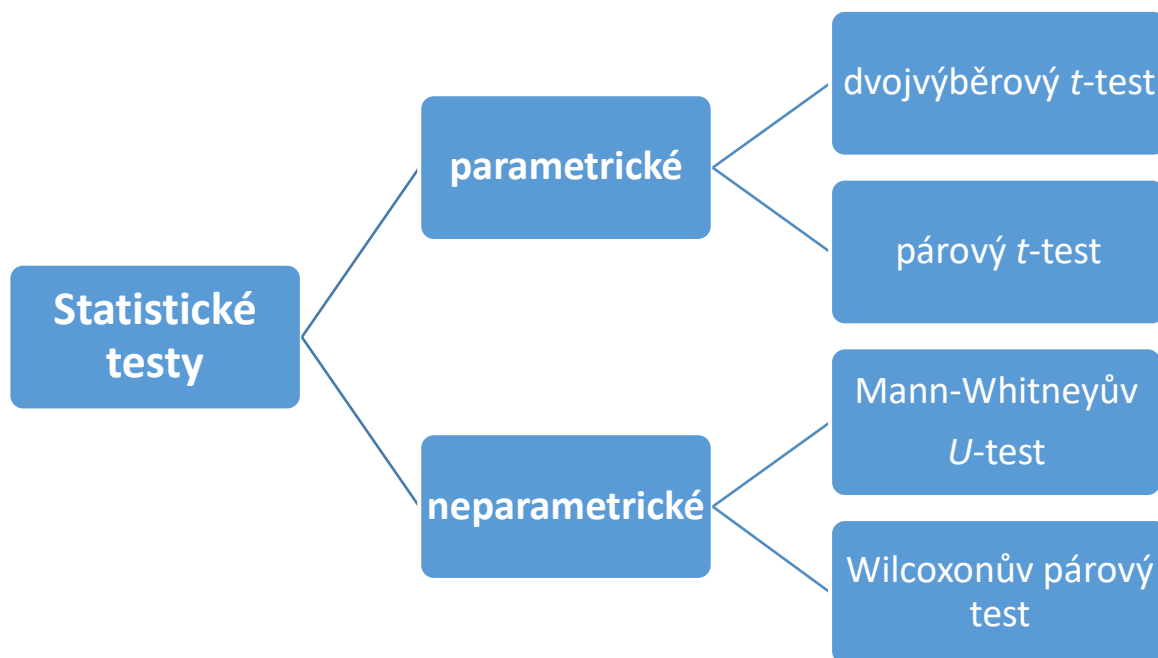
Kolmogorovov-Smirnovův test pak může na zvolené hladině významnosti zamítnout či nezamítnout nulovou hypotézu.



Obr. 2 Příklady histogramů zobrazujících různá rozdělení dat.

2.7.5 Stručný popis parametrických a neparametrických testů – testování významnosti

Testy statistické významnosti pro testování hypotéz lze rozdělit na parametrické a neparametrické. Dále lze testy dělit podle toho, jaké výběry (a kolik) porovnáváme. V našem navrhovaném výzkumu byly použity dvojvýběrové a párové testy (viz Obr. 3).



Obr. 3 Typy statistických testů.

2.7.5.1 Parametrické testy pro střední hodnoty

T-testy zkoumají statistickou významnost rozdílu dvou středních hodnot (aritmetických průměrů). Abychom mohli použít parametrické t -testy, musí být kromě jiných předpokladů (intervalová data, nezávislost měření, ...) splněn předpoklad normality rozdělení (viz kapitola 2. 7. 4.).

Dvojvýběrový t -test

Dvojvýběrový t -test srovnává průměry dvou nezávislých skupin (např. rozdíl naměřených průměrů mezi dívkami a chlapci, či mezi kontrolní a experimentální skupinou). Je-li p -hodnota testu menší, než je zvolená hladina významnosti α , poté můžeme prohlásit, že mezi skupinami existuje statisticky signifikantní rozdíl.

Párový t -test

Párový t -test srovnává průměry dvou závislých skupin (např. uděláme pouze jeden výběr a porovnáváme dosažené průměrné výsledky před zařazením experimentální výuky a následně po jejím zařazení). Párový t -test se tedy často používá na sledování vývoje proměnné v čase. Data musí být párována.

2.7.5.2 Neparametrické testy pro střední hodnoty

Nejsou-li stanoveny podmínky pro použití parametrických testů, nebo máme-li o nich pochybnosti, je vhodné použít neparametrické alternativy k parametrickým testům.

Ty např. zkoumají statistickou významnost rozdílu dvou středních hodnot – mediánů. Nevýhodou těchto testů je, že nejsou tak silné jako parametrické testy (tzn., že častěji nezamítnou nulovou hypotézu, přestože tato hypotéza neplatí, jedná se o chybu 2. druhu).

Mann-Whitney U -test (Wilcoxonův dvojvýběrový test)

Mann-Whitney U -test je neparametrickou alternativou dvojvýběrového t -testu pro dva nezávislé výběry. V tomto nástroji se netestují skutečné naměřené hodnoty. Hodnoty pro každý výběr jsou seřazeny podle velikosti a následně jsou nahrazeny hodnotami jejich pořadí. Nulová hypotéza není zaměřena na střední hodnoty, ale týká se srovnatelnosti dvou distribučních funkcí (H_0 : Rozdělení obou skupin je shodné, H_1 : Rozdělení obou skupin se liší).

Wilcoxonův párový test

Druhým neparametrickým testem je párový Wilcoxonův test. Ten porovnává dvě měření provedená u jednoho výběrového souboru (či u dvou na sobě závislých souborů). Wilcoxonův test na rozdíl od párového t -testu se netýká testu o střední hodnotě, ale týká se testu mediánu (H_0 : Mediány rozdílů jsou nulové, H_1 : Mediány rozdílů jsou různé od nuly). Wilcoxonův test hodnotí, zda je přibližně polovina hodnot menších než předpokládaná hodnota x_0 a přibližně polovina hodnot větších než hodnota x_0 s tím, že předpokládá obdobné kolísání hodnot nalevo i napravo od mediánu (což je předpokladem symetrie) (Bedáňová, 2020; IBA, 2020).

2.7.6 Korelační analýza

Korelační analýza zkoumá vztah mezi dvěma proměnnými, jedná se o míru souvislosti mezi dvěma znaky.

Pearsonův korelační koeficient r

Zkoumá lineární závislost mezi dvěma intervalovými proměnnými s normálním rozdělením. Nabývá hodnot od -1 (nepřímá závislost) do +1 (přímá závislost). Je-li $r = 0$, mezi sledovanými proměnnými není lineární vztah (avšak může existovat nelineární vztah). Velikost Pearsonova korelačního koeficientu r , je zároveň mírou věcné významnosti (viz dále).

Spearmanův koeficient pořadové korelace ρ

Spearmanův koeficient pořadové korelace nám udává míru korelace dvou proměnných (ordinálních či intervalových), jejichž (lineární či nelineární) vztah sledujeme. Lze porovnávat např. míru korelace mezi zájmem o učivo a vykonaným úsilím u žáků pracujících s učebnicí a u žáků provádějících pokus. V momentě, kdy ρ vyjde větší např. u žáků experimentujících,

je možné u nich hovořit o větší korelaci dvou proměnných, tedy že žáci vykazují větší zájem o učivo a větší úsilí, pokud pracují experimentálně. Tento koeficient je výhodný zejména z toho důvodu, že operuje nikoli se samotnými hodnotami, ale s pořadím daných hodnot.

Spearmanův koeficient pořadové korelace nabývá hodnot od -1 do +1. Velikost Spearmanova korelačního koeficientu ρ , je zároveň mírou věcné významnosti (viz dále).

2.7.7 Věcná významnost – jak moc je náš výsledek praktický?

Kromě statistické významnosti (statistical significance), kterou je možné testy vyhodnotit, lze také stanovit tzv. věcnou významnost (substantive significance). Rozdíl mezi těmito dvěma významnostmi popisuje např. (Kirk, 1996) takto: „*Statistická významnost zkoumá, zda je výsledek výzkumu dosažen náhodou nebo proměnlivostí výběrových dat; věcná významnost se zabývá tím, zda je výsledek užitečný v reálném světě.*“ Z této definice je patrné, že věcná významnost demonstruje, do jaké míry je daný rozdíl, i když je zobecnitelný na celkovou populaci (není tedy určený pouhou náhodou), prakticky využitelný např. v rámci vyvozování dalších závěrů. Míru velikosti účinku věcné významnosti (tzv. effect size) lze stanovit několika způsoby.

Cohenovo d

Jedním z nich je měření tzv. Cohenova d . To je založeno na rozdílu průměrů ve dvou skupinách, nicméně tento ukazatel standardizuje, tj. dělí směrodatnou odchylkou průměrů. Cohenovo d může být obecně reálné číslo v intervalu od $-\infty$ do $+\infty$, běžně ale nabývá hodnot v řádu jednotek. Pokud vyjde hodnota kladná, znamená to, že sledovaná veličina má větší hodnotu v první, experimentální skupině (např. výkon žáků na gymnáziích je lepší než na základních školách) a v případě záporné hodnoty Cohenova d je naopak hodnota v první, experimentální skupině, nižší (vychází tedy, že na základních školách je výkon žáků lepší než na gymnáziích). Cohen také definoval určitá rozpětí pro svou míru a přiřadil jim názvy (Cohen, 1988), které vypovídají o velikosti rozdílu mezi skupinami – viz Tab. 3.

Tab. 3 - Intervaly Cohenova d pro různě velké věcné významnosti (Cohen, 1988)

Interval	Slovní označení
(0,2-0,5)	Malý efekt
(0,5-0,8)	Střední efekt
0,8 a vyšší	Velký efekt

Hodnota Cohenova d také může vypovídat o procentu osob z jedné skupiny, které převyšují průměrného člena skupiny druhé – viz Tab. 4.

Tab. 4 – Převedení hodnoty Cohenova d na procentuální zastoupení (Cohen, 1988)

d	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
%	50	54	58	62	66	69	73	76	79
d	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	2,0	-
%	82	84	86	88	90	92	93	98	-

Z hodnot v Tab. 4 vyplývá, že v momentě, kdy je hodnota Cohenova $d = 0$, tak 50 % žáků gymnázií vykazuje lepší výkon než průměrný žák základní školy (budeme-li se dále držet výše uvedeného příkladu). V momentě, kdy bude míra věcné významnosti velká (např. $d = 0,9$), tak 82 % žáků gymnázií vykazuje lepší výsledky než základníškolský žák s průměrným výsledkem.

Hedgesovo g

Další možnou měrou věcné významnosti je Hedgesovo g , které vzniklo mírnou modifikací Cohenova d . Taktéž může nabývat hodnot v intervalu od $-\infty$ do $+\infty$, v praxi lze ovšem operovat s intervaly od 0 do 3 pro kladný efekt, pro $g < 0$ je definován efekt záporný.

3 Praktická část

Praktická část disertační práce je rozdělena na několik samostatných podkapitol. Její součástí je i popis vytvořených animací na téma *Nukleové kyseliny*, z toho důvodu se mnoho oddílů praktické části zabývá právě tímto tématem.

V první podkapitole jsou popsány důvody výběru tématu *Nukleových kyselin* a následuje krátká rešerše již vytvořených materiálů na toto téma. Dále je popsána tvorba výukových animací a jejich popis s didaktickými poznámkami. Celou praktickou část uzavírá podkapitola se studijním textem k vytvořeným animacím.

3.1 Proč právě téma *Nukleových kyselin*?

Animace vytvořené v rámci disertační práce se zabývají tématem *Nukleových kyselin*. Toto téma je ve výuce na středních školách zařazeno do předmětů chemie i biologie (RVPG, 2007). Skutečnost, že je těmto kapitolám věnována nemalá část učebního obsahu, může souviset i s prudkým rozvojem všech aspektů molekulární genetiky, případně molekulární biologie (např. genetické inženýrství, epigenetika aj.) v současné vědecké praxi. Prudký rozmach těchto oborů s sebou ovšem přináší i sít' abstraktních a na pochopení složitých jevů a principů, které vyúsťují v nelibost těchto témat u žáků napříč úrovněmi studia (Garton, 1992; Barnea & Dori, 1996). Také Rotbain et al. (2006) zmiňují, že základním faktorem podporujícím nesrozumitelnost principů molekulární genetiky je u studentů abstrakce těchto fenoménů.

Argumenty pro používání animační počítačové grafiky pro zobrazení jevů na molekulární úrovni (tedy konkr. i molekulární genetiky) shrnuje např. Löwe (2003). Jedním z nich je fakt, že dynamická vizualizace se ve velké míře používá s v současných výzkumných projektech. Nabízí se tedy možnost využít jejího kladného potenciálu i ve výukovém procesu. Schopnost vizualizace dějů, které probíhají mezi interagujícími atomy a molekulami za různých podmínek a pravidel, dává vědcům, ale případně i žákům možnost hlubšího a intuitivnějšího pochopení studovaného problému. Zkušenosti s výukou za pomoci dynamických vizualizačních prostředků pomáhají žákům rozvíjet přesnější vědecké mentální modely atomových a molekulárních struktur. To jim umožňuje efektivněji odvozovat a zdůvodňovat výsledky problémů, kterým žáci během výukového procesu (ale i potenciální vědecké kariéry) čelí (Pallant, 2004).

Fakt, že je téma *Nukleových kyselin* náročné na představivost a pochopení a tedy i na vysvětlení a výuku samotnou, shrnuje studie autorek Teplé a Klímové (2011). Ty se ve svém výzkumu

mmj. zabývaly určením nejsložitějších témat pro výuku (z pohledu učitele) ze středoškolské biochemie. Autorky nashromáždily data od 104 respondentů z náhodně vybraných českých středních škol. Procesy související s metabolismem nukleových kyselin (tedy replikace, transkripce a translace) se objevují zhruba uprostřed celkové škály obtížnosti (9., 12., 13. a 14. místo z 22). Nicméně v momentě, kdy se autorky dotazovaly, pro která témata by učitelé rádi měli k dispozici nové didaktické pomůcky, se právě výše zmíněné děje posunuly k předním příčkám (5., 6., 7. a 10. místo z 22.).

Vzhledem k potřebám učitelů vytvořit nové didaktické pomůcky právě na téma *Nukleových kyselin* a zároveň absenci těchto pomůcek v českém, ale v menší míře i ve světovém prostředí (viz kap. 3.2), byly v rámci této disertační práce vytvořeny interaktivní mezipředmětové animace na výše uvedené téma.

3.2 Rešerše animací s tématem *Nukleové kyseliny*

V dnešní době lze na internetu nalézt mnoho různých animací, které se výše uvedenému tématu více či méně podrobně věnují. Aby bylo možné určit pozitiva a případná negativa již existujících materiálů, byla provedena krátká rešerše, ve které byly analyzovány 3 animace podle kritérií uvedených v publikaci (Bílek, 2007). Každá animace byla hodnocena od 1 (nejlepší známka) do 5 (nejhorší známka) podle toho, jakou měrou dané kritérium animace splňuje. U kritéria „výběr obsahu a jeho redukce“ je daná animace hodnocena podle předpokládané cílové věkové skupiny žáků takto: základní škola (pro základní školy - ZŠ), střední škola (pro střední školy - SŠ) a vysoká škola (pro vysoké školy - VŠ). Z celkem 8 kritérií byla vybrána následující:

1. Didaktický kontext - návaznost na předchozí učivo, vztah struktury a funkce NA, zobrazení atomů a vazeb uvedených sloučenin;
2. Estetická kvalita – grafická a animační složka;
3. Výběr obsahu a jeho redukce – zdali je výběr stěžejních pojmů a procesů adekvátní cílové skupině, resp. pro kterou cílovou skupinu je animace z hlediska odborné náročnosti určena;
4. Vědecké standardy – zda animace neobsahuje chyby ve faktických informacích, zdali přílišné zjednodušení nemůže vést k miskoncepcím;
5. Učební aktivity – jak je v dané animaci zpracována interaktivní složka.

Zároveň byla stanovena dvě kritéria, která by měla ta výše uvedená doplňovat ve vztahu k charakteru disertační práce a výše uvedené publikaci (Šarboch, 2018):

6. Interdisciplinarita - provázání biologické a chemické složky tématu;

7. Doprovodný text – zda daná animace obsahuje doprovodný text.

Nutno také podotknout, že je velmi náročné vytvořit animaci, která by obsahovala všechna výše uvedená kritéria. Cílem rešerše je tedy analyzovat vybrané animace a určit jejich silné a slabší stránky a vyvodit z toho závěry, které budou brány v potaz při vytváření vlastní výukové animace, která je součástí této disertační práce. Vzhledem k tomu, že jedním z cílů práce je vytvořit soubor materiálů na téma *Nukleové kyseliny*, který by celou problematiku popisoval komplexně a mezioborově, byly i do rešerše zahrnuty pouze animace, či animační sety, ve kterých je zpracováno více témat najednou. Zároveň je potřeba zmínit, že existuje celá řada videí, která popisují problematiku nukleových kyselin. Ta ovšem součástí této rešerše nejsou, jelikož se nejedná o animace. Analýza byla provedena autorem této disertační práce.

Některé pasáže této podkapitoly byly převzaty a upraveny dle autorovy diplomové práce (Šarboch, 2018).

3.2.1 DNA learning center

Webová stránka <https://dnalc.cshl.edu/resources/animations/> obsahuje mnoho animací zabývajících se nukleovými kyselinami, genovým inženýrstvím a zejména pak různými biologickými disciplínami, které s molekulární biologii souvisí. Animace jsou zobrazovány v animačním okně, ve kterém lze díky interaktivním tlačítkům přeskakovat z jedné části animace na druhou (tato interaktivita neexistuje u všech uvedených animací). Zároveň každé animační okno obsahuje tlačítka umožňující posunout animaci o jeden krok dopředu či jeden krok dozadu. Tato duplicita ovládání samotné animace se při jejím používání jeví jako zbytečná. Kromě animací obsahuje webová stránka také videa, která ovšem nejsou na první pohled od animací odlišená. Každá animace obsahuje krátký popisný text, některá videa obsahují mluvený komentář. Výrazným pozitivem je různorodost jednotlivých témat, naopak výrazným negativem se zdá být nesourodost uvedených animací. Detailněji je animační soubor popsán v Tab. 5.

Tab. 5 – Ohodnocená kritéria animací z *DNA learning center*

Kritérium	Slovní hodnocení	Známka
Didaktický kontext	Díky různorodosti je možné s celým animačním balíčkem pracovat různými způsoby, lze vybírat potřebné animace.	1
Estetická kvalita	Animace jsou graficky dobře vyvedené, text je dostatečně velký pro pohodlné čtení.	1
Výběr obsahu a jeho redukce	Vzhledem k obsahu učiva jsou animace určeny spíše pro SŠ či VŠ. Ovšem díky možnosti zvolit různé animace lze vybrat víceméně potřebnou úroveň.	SŠ/VŠ
Vědecké standardy	Animace neobsahují žádné významné faktické chyby.	1
Učební aktivity	Interaktivita je podpořena posunováním animace dopředu a dozadu, jiné interaktivní prvky chybí.	3
Interdisciplinarita	Animace se soustředí zejména na biologickou stránku problematiky, chemická je lehce opomíjena.	4
Doprovodný text	Anglický doprovodný text je u některých animací přítomen, nedá se však vypnout.	2

3.2.2 DNA from the beginning

Na stránce <http://www.dnaftb.org/> lze opět najít celou sérii animací, které se zabývají nukleovými kyselinami, případně genetikou. Jsou rozděleny dle tří kapitol: Classical Genetics, Molecules of Genetics a Genetic Organisation and Control. Každá kapitola obsahuje 15 animací. Po výběru a rozkliknutí jedné konkrétní animace se objeví několik záložek např. „Concept“ (slovní popis základního principu a průběhu problematiky znázorněné danou animací), „Animation“ (samotná animace), „Video“ (doplňující informace, rozhovory apod.) či „Problem“ (problémová úloha zkoumající míru nabitých znalostí). Samotné animace jsou poté spíše popisy různých pokusů, díky kterým byly dané koncepty objasněny a vysvětleny. Toto všechno činí z celého souboru velmi povedený a přehledný animační program, se kterým se dobře pracuje. Zásadním nedostatkem je ovšem absence popisu kapitol: replikace, transkripce a translace. Celý animační balíček je také pouze v angličtině. Hodnocení jednotlivých kritérií je uvedeno v Tab. 6.

Tab. 6 – Ohodnocená kritéria animací z *DNA from the beginning*

Kritérium	Slovní hodnocení	Známka
Didaktický kontext	Animace jsou zaměřené na různé kapitoly z genetiky a molekulární biologie. Navíc často popisují pokusy objasňující daný problém, proto jde o didakticky cenné materiály.	1
Estetická kvalita	Animace jsou spíše jednodušší, mnohdy se kloubí složitější zkopírovaný obrázek s animovaným jednoduše nakresleným předmětem.	3
Výběr obsahu a jeho redukce	Animace se zabývají jednoduchými i složitými tématy, mnohdy je náročnost způsobena zdoluhavým popisem experimentu. I když by se některá témata jistě dala využít i u středoškolských hodin, většina témat je zpracována zejména pro vysokoškolské studenty.	VŠ
Vědecké standardy	Animace neobsahují žádné významné faktické chyby.	1
Učební aktivity	Interaktivní prvky jsou zastoupeny pouze možností posunout animaci o krok dopředu či dozadu, případně na začátek či konec. Není zde např. ani časová osa, na které by bylo znázorněno, kde se v animaci nacházíme.	3
Interdisciplinarita	Animace se soustředí zejména na biologickou část genetiky a molekulární biologie, nicméně některé chemické principy jsou také vysvětleny, i když menšinově.	3
Doprovodný text	Anglický doprovodný text je u všech přítomen, nedá se však vypnout.	2

3.2.3 Sumanasinc

I přes to, že tato webová stránka <https://www.sumanasinc.com/webcontent/animation.html> sdružuje animovaná videa, nikoli animace samotné, byla zařazena do této rešerše, jelikož se opět jedná o komplex materiálů s různými tématy nacházejících se na jednom místě. V základní nabídce je možné vybrat z mnoha různých oborů (např. obecná biologie, molekulární biologie, chemie, astronomie). V rámci oboru molekulární biologie lze nalézt několik animovaných videí, která se vztahují k nukleovým kyselinám. Jak již bylo řečeno, jedná se o videa, tedy jediná možná interaktivita je posouvání jezdce po časové ose, případně stop a play tlačítko. Každé video je také doprovázeno hlasovým komentářem, který lze vypnout. Textový popis ovšem chybí. Hodnocení jednotlivých kritérií je uvedeno v Tab. 7.

Tab. 7 – Ohodnocená kritéria animací z Sumanasinc

Kritérium	Slovní hodnocení	Známka
Didaktický kontext	Animační videa popisují procesy a struktury z různých přírodovědných oborů, což může přispívat k lepšímu porozumění konkrétní problematiky.	1
Estetická kvalita	Animační videa jsou jednoduchá ale jasná a názorná.	1
Výběr obsahu a jeho redukce	Různá animační videa mohou být využita na různých stupních vzdělávání, převážně na středních a vysokých školách.	SŠ/VŠ
Vědecké standardy	Animační videa neobsahují žádné významné faktické chyby.	1
Učební aktivity	Interaktivní prvky jsou zastoupeny klasickými video tlačítky – tedy stop a play, posouvání videa či vypnutí a zapnutí hlasového doprovodu.	1
Interdisciplinarita	Animační videa se snaží poskytnout jak biologický, tak chemický pohled na danou problematiku, avšak některá témata by bylo vhodné více propojit.	2
Doprovodný text	Doprovodný text není přítomen.	5

Z krátké rešerše vyplývá, že zastoupení animací na téma *Nukleových kyselin* je min. v českém prostředí nedostatečné. Na analyzovaných webech se také objevují i jiná témata, která nesouvisí přímo s nukleovými kyselinami. To může být pro některé návštěvníky webu matoucí. Z hlediska didaktického kontextu se všechny animační sety jeví jako povedené, nabízející širokou škálu doplňkových témat, která je možno využít při rozšiřování informací o nukleových kyselinách jako takových. Estetická kvalita hodnocených setů je spíše dobrá, stejně jako jejich interdisciplinarita. Co se výběru obsahu týká, materiály jsou spíše na hranici mezi středoškolskými a vysokoškolskými požadavky (srovnáváno s množstvím informací v nejpoužívanějších středoškolských učebnicích biologie a chemie (Huvarová, 2010; Šarboch, 2018). Vědecké standardy, tedy správnost uváděných informací a vysvětlení, se jeví jako velmi vysoké. Z hlediska učebních aktivit, tedy zejména z interaktivní složky, se jejich využití soustřeďuje hlavně na tlačítka „dopředu“ či „dozadu“, lze také vypínat zvukový komentář, případně posouvat jezdce na časové ose. Vypínání a zapínání doprovodného textu nebylo přítomno ani u jednoho z analyzovaných animačních setů. Také není pravidlem, že by animace obsahovaly doprovodný text, či že by byly slovně komentované.

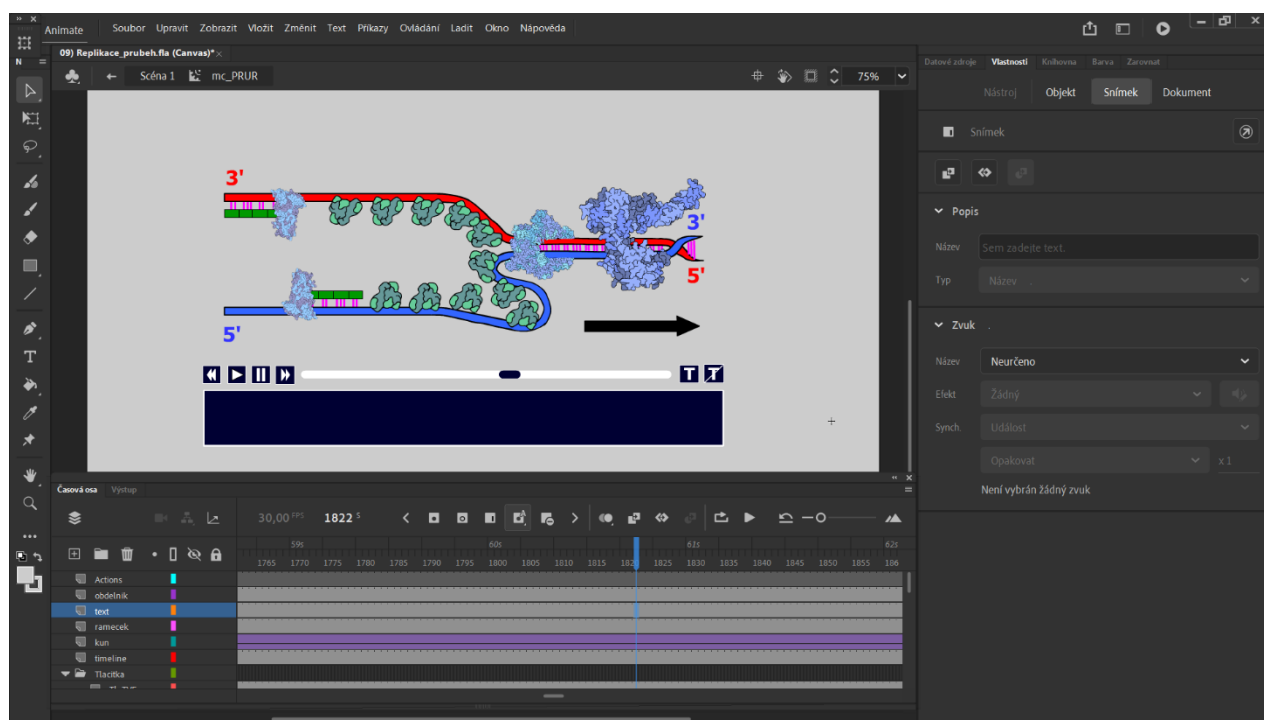
V rámci rešerše také nebyly nalezeny animace vytvořené na dané téma v české prostředí, či alespoň s českým doprovodným textem, či slovním komentářem.

Z výše uvedené analýzy vyplývá, že je potřeba se u nově vytvářených animací soustředit zejména na mezioborovost, kde by chemická stránka problému nebyla v drtivé většině zastíněna tou biologickou, dále pak na vyšší míru interaktivity, tedy aby animace obsahovaly co nejvíce různých interaktivních prvků, nicméně tyto by však neměly být primárním prvkem celé animace. Je velmi obtížné najít tenkou hranici mezi správnou interaktivitou a zbytečnou nepřehledností. Vzhledem k tomu, že ani jeden animační set nebyl vytvořen v českém prostředí, a tedy jeho tvůrci nepracovali s českými studijními materiály (např. učebnicemi s doložkou MŠMT), jsou všechny vytvořené animace svou náročností na rozhraní mezi střední a vysokou školou. Toho je možné se vyvarovat prací s právě zmíněnými českými středoškolskými učebnicemi.

3.3 Tvorba animací s tématem *Nukleové kyseliny*

Animace, které jsou součástí této disertační práce, byly vytvořeny v programu Adobe Animate (dříve Adobe Flash Professional). Jedná se o profesionální animační software, který je využíván pro návrh vektorové grafiky a tvorbu animací pro televizní pořady, webové stránky či aplikace, počítačové hry apod. Program také podporuje zahrnutí video či audio souborů. Základními programovacími jazyky jsou ActionScript 3.0 a JavaScript. Díky tomu lze publikovat výsledné soubory ve formátu .html5, který je (na rozdíl od původního formátu .swf) podporován webovými prohlížeči (Adobe, 2021).

Práce v Adobe Animate je založená na tvorbě různých objektů vkládaných do jednotlivých vrstev a následné práci (např. animaci) s danými objekty nezávisle na ostatních.



Obr. 4 – Screenshot programu Adobe Animate.

Na Obr. 4 je vidět animační program. Základem je animační okno (plátno), ve kterém se kreslí a animují jednotlivé objekty. Pod plátnem se nachází jednotlivé vrstvy dané animace. Sloupec nalevo pak poskytuje širokou paletu různých kreslicích nástrojů, díky kterým je možné objekty vytvářet. Vpravo od kreslicí plochy se nachází nastavení jednotlivých kreslicích nástrojů, případně knihovna již vytvořených objektů a animací.

V momentě potřeby animace nějakého předmětu je potřeba nejprve tento nakreslit a teprve poté v rámci klíčových snímků na časové ose pro daný objekt vložit animační kód, který říká, co konkrétně se má s daným objektem stát. Zároveň program nabízí možnost animačních tlačítek, která po zmáčknutí generují určitou akci vztahující se na celou probíhající animaci. Základní animační kódy jsou dostupné v samotném programu, některé ovšem musely být sestaveny a vyzkoušeny de novo. V Tab. 8 je uveden seznam kódů využívaných pro tvorbu celého animačního setu.

Tab. 8 – Seznam kódů pro tvorbu animačního setu s tématem *Nukleové kyseliny*

Funkce kódu	Znění kódu
Po prvním načtení nové animace tuto animaci zastaví na začátku (na snímku č. 0)	<pre>var _this = this; _this.stop();</pre>
Po kliknutí na tlačítko s tímto kódem zmizí obdélník, který kryje doprovodný text pro animaci. Text se tedy zobrazí.	<pre>var _this = this; _this.Tl_TVT.on('click', function(){ _this.obdelnik.visible = false;});</pre>
Po kliknutí na tlačítko s tímto kódem se objeví obdélník, který kryje doprovodný text pro animaci. Text tedy zmizí.	<pre>_this.Tl_TVf.on('click', function(){ _this.obdelnik.visible = true;});</pre>
Po kliknutí na tlačítko s tímto kódem se animace posune dopředu na snímek č. 119	<pre>var _this = this; _this.Tl_forward.on('click', function(){ _this.gotoAndPlay(119);});</pre>
Po kliknutí na tlačítko s tímto kódem se animace posune zpět na snímek č. 0	<pre>var _this = this; _this.Tl_back_01.on('click', function(){ _this.gotoAndStop(0);});</pre>
Po kliknutí na tlačítko s tímto kódem se animace v daném čase zastaví.	<pre>var _this = this; _this.Tl_stop.on('click', function(){ _this.stop();});</pre>
Po kliknutí na tlačítko s tímto kódem se začne animace opět přehrávat.	<pre>var _this = this; _this.Tl_play.on('click', function(){ _this.play();});</pre>

Pro jednoduchý pohyb objektu z místa A do místa B na animačním plátně se používají již předem naprogramované animace, není třeba tedy do klíčového snímku zadávat animační kód. Totéž platí i pro jednoduchou změnu tvaru objektu.

3.4 Popis animací a didaktické poznámky

Celkem bylo v animační programu vytvořeno 18 dílčích animací. V Tab. 9 je uveden jejich seznam a stručná obsahová charakteristika. Animace byly tvořeny s důrazem na interdisciplinaritu mezi biologií a chemií na základě poznatků ze současných středoškolských učebnic chemie a biologie. Tyto učebnice byly vybrány na základě výzkumu autorky Huvarové, která zjišťovala, které učebnice chemie jsou nejpoužívanější na středních školách (Huvarová, 2010). Dle výsledků jsou nejčastěji využívanými učebnicemi: Přehled středoškolské chemie (Vacík, 1999), Chemie pro čtyřletá gymnázia (Mareček & Honza, 2005) a Odmaturuj z chemie (Benešová et al., 2014). Některé dílčí animace byly doplněny o informace z odbornější literatury (Voet & Voet, 2011; Koolman & Röhm, 2012; Kodíček et al., 2018). Zároveň všechny obsahují interaktivní tlačítka (play, pause, go forward a go back), která umožňují pohodlné sledování samotného animovaného problému.

Také obsahují doprovodný studijní a popisný text, který lze opět pomocí tlačítek vypnout či zapnout.

Tab. 9 – Seznam dílčích animací a jejich stručná charakteristika.

Pořadí	Název animace	Obsah
1)	Živočišná buňka	Animace shrnuje popis a funkce základních organel živočišné buňky.
2)	Buněčné jádro – úvod	Animace popisuje základní struktury jádra živočišné buňky s ohledem na jejich odlišné funkce.
3)	Buněčné jádro – membrána	Animace zobrazuje strukturu jaderné membrány se základními důležitými proteiny, které se podílejí na její funkci.
4)	Nukleové kyseliny – nukleotidy	Animace popisuje strukturu dusíkatých bází, (deoxy)ribosy, fosfátu a nakonec vznik a podobu samotných nukleotidů.
5)	Nukleové kyseliny – DNA	Animace znázorňuje strukturu molekuly DNA a párování nukleotidů komplementárních řetězců.
6)	Nukleové kyseliny – RNA	Animace shrnuje základní poznatky o molekulách tRNA, mRNA a rRNA, dále se zabývá párováním a nestabilitou RNA molekul a jejich rozpadem.
7)	Nukleové kyseliny – centrální „dogma“ molekulární biologie	Animace přehledně zobrazuje schéma centrálního „dogmatu“ molekulární biologie, spolu s různými alternativními přirozenými či laboratorními cestami.
8)	Replikace – co je k tomu potřeba?	Animace představuje základní enzymy a substráty, které jsou potřeba pro proces replikace v živočišné buňce.
9)	Replikace – průběh	Animace popisuje průběh replikace v živočišné buňce.
10)	Replikace – kontrola	Animace zobrazuje detailní průběh replikace, kontrolu a případnou opravu nesprávně zařazeného nukleotidu.
11)	Transkripce – průběh	Animace znázorňuje průběh transkripce.
12)	Transkripce – zrání mRNA	Animace shrnuje různé procesy vedoucí ke vzniku zralé mRNA (připojení poly-A konce, 5'-čepičky a vystřížení intronů).
13)	Translace – genetický kód a aktivace aminokyselin	Animace popisuje principy genetického kódu a syntézu aminoacyl-tRNA (aktivaci aminokyselin).
14)	Translace – co je k tomu potřeba?	Animace zobrazuje jednotlivé substráty, enzymy a další struktury, které jsou potřeba pro průběh translace.
15)	Translace – průběh	Animace ukazuje translační procesy v živočišné buňce.
16)	Translace – modifikace proteinu	Animace shrnuje základní typy úprav proteinu po syntéze pomocí translace (odstřížení některých AMK, vznik disulfidových můstků, přidání iontů kovů, úprava tvaru pomocí chaperoninů).
17)	PCR – co je k tomu potřeba?	Animace představuje základní komponenty potřebné pro průběh metody PCR.
18)	PCR – průběh	Animace popisuje princip a průběh metody PCR (konkr. dvou cyklů).

Hlavním smyslem výše popsaných výukových animací je zvýšení efektivity výuky tématu *Nukleové kyseliny* na středních školách. S tím souvisí i možnost využití této animace např. při samostudiu žáků. Program je možné využít jak v klasických vyučovacích hodinách, tak v hodinách seminárních. Jednou z výhod vytvořených animací je jejich interdisciplinarita – shrnují poznatky z chemie a biologie týkající se daného tématu. Biologická složka je zde zastoupena zejména popisem a charakteristikami jednotlivých buněčných organel či procesů souvisejícími s metabolismem nukleových kyselin. Složka chemická je zpracována zejména v rámci popisu samotné chemické struktury nukleových kyselin a z toho vyplývajících vlastností (stálost, vznik dvoušroubovic, vznik thyminu u DNA apod.). V Tab. 10 jsou shrnuty základní charakteristiky animačního souboru vycházející z RVP G.

Tab. 10 – Charakteristika vytvořených animací na téma *Nukleové kyseliny* dle RVP G.

Stupeň a období vzdělávání	První a druhý stupeň střední školy
Vzdělávací oblast	Člověk a příroda
Vzdělávací obor	Chemie, biologie
Tematický celek	Biologie: Obecná biologie; Genetika Chemie: Obecná chemie; Organická chemie; Biochemie
Učivo	Biologie: - Buňka – stavba a funkce; Molekulární a buněčné základy dědičnosti Chemie: - Chemická vazba a vlastnosti látek; Deriváty uhlovodíků; Nukleové kyseliny; Enzymy
Očekávané výstupy dle RVP G	Biologie: - objasní stavbu a funkci strukturních složek a životní projevy prokaryotních a eukaryotních buněk Chemie: - využívá odbornou terminologii při popisu látek a vysvětlování chemických dějů - aplikuje znalosti o průběhu organických reakcí na konkrétních příkladech - objasní strukturu a funkci sloučenin nezbytných pro důležité chemické procesy probíhající v organismech - charakterizuje základní metabolické procesy a jejich význam
Očekávané výstupy dle charakteru disertační práce	Žák: - popíše typy, výskyt a funkci nukleových kyselin, - porovná stavbu a z ní plynoucí vlastnosti molekul DNA a RNA, - rozpozná a charakterizuje funkční skupiny dusíkatých bází a vysvětlí jejich význam při tvorbě finální struktury nukleových kyselin, - na základě schématu popíše vlastními slovy průběh replikace, transkripce, translace a PCR, - aktivně využívá odborné názvy vztahující se k tématu nukleových kyselin.

V Tab. 11 jsou pak uvedeny didaktické poznámky k použití výukových animací.

Tab. 11 – Didaktické poznámky k animační setu na téma *Nukleové kyseliny*.

Typ školy	Gymnázium (nižší i vyšší stupeň), střední zdravotnická škola	
Věková skupina	Nižší a vyšší stupeň středních škol	
Časový rozsah	Časový rozsah určený pro práci s animacemi může být velmi variabilní. Je možné využít např. jen některé animace, případně některé animace kombinovat se statickými vizualizacemi, texty, 3D modely apod. Záleží také na konkrétním tématu, kterému se mají žáci ve výuce věnovat.	
Fáze vyučovací hodiny	Motivační, expoziční, fixační, hodnocení	
Organizace výuky	Řízení učební činnosti	Frontální, skupinová, individuální výuka, samostudium, hodnocení
	Prostorová organizace	Školní třída, školní aula, školní zahrada (animace jsou dostupné online).
Metody	Frontální	Učitel prezentuje dané téma žákům a zároveň využívá animace promítané na plátno či do tabletů (notebooků) žáků.
	Individuální	Žáci samostatně pracují na zadaném úkolu souvisejícím se vzdělávací animací. Je možné využít práci se studijním textem. Žáci také mohou animace využít k domácí přípravě na hodiny.
	Skupinová	Žáci pracují ve skupinách, např. vyplňují pracovní listy, které připravil učitel na základě výukové animace. Je možné také využít práci se studijním textem.
	Hodnocení	Pro metody hodnocení se nabízí možnost skrýt doprovodný text a nechat žáka, aby vlastními slovy popsal animovaný proces.
Pomůcky	Počítač, projektor, plátno, interaktivní tabule, tablety, ...	

3.5 Studijní text s tématem Nukleové kyseliny

Text sepsaný v této kapitole slouží jako studijní podklad pro bližší seznámení, vysvětlení a pochopení principů a pochodů, které jsou znázorněny ve výukových animacích tematicky zaměřených na nukleové kyseliny. Text může sloužit jak žákům při samostudiu, tak učitelům při přípravách na vyučovací hodiny. Materiál je členěný na 18 podkapitol, které odpovídají 18 dílčím animacím. Obsahuje mmj. schémata, obrázky a vzorce, které doplňují textové informace a poznatky uvedené v animacích. Některé informace uvedené v textu se v různých podkapitolách opakují. Toto je záměrné, jelikož se předpokládá, že práce s textem bude probíhat na základě zhlédnutých animací (tedy po zhlédnutí jedné animace se mohou informace doplnit z příslušné kapitoly studijního textu).

Některé odstavce jsou psány menším písmem, jedná se o doplňky, které mohou sloužit pro zájemce o rozšíření znalostí v dané problematice.

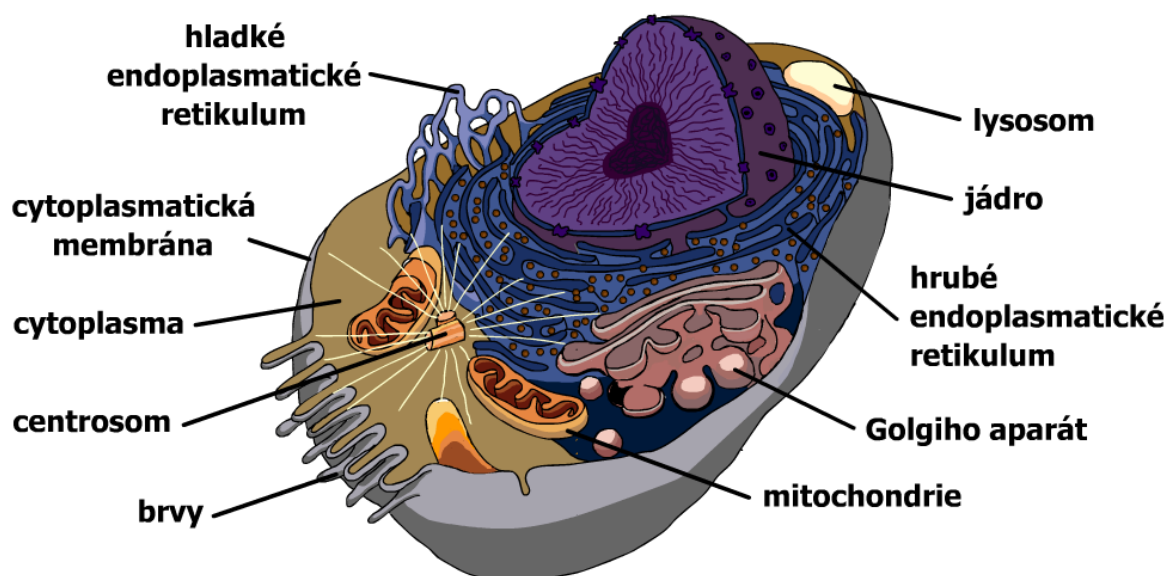
Základní odborná úroveň studijního textu byla odvozena ze tří nejpoužívanějších učebnic chemie a to konkr. (Vacík, 1999; Mareček, 2005; Benešová, 2014) a také ze tří učebnic biologie (Závodská, 2006; Benešová, 2013; Zicháček, 2021). Některé informace byly čerpány z odbornějších zdrojů, konkr. (Voet & Voet, 2011; Koolman & Röhms, 2012; Kodíček et al., 2018).

Vzhledem ke struktuře a účelu tohoto studijního materiálu nejsou do samotného textu vpisovány citace materiálů, ze kterých bylo čerpáno při jeho sepisování.

V textu jsou také použity kuličkové vzorce některých sloučenin. Černě jsou pak znázorněny atomy uhlíku, šedě atomy vodíku, červeně atomy kyslíku, modře atomy dusíku a fialově atomy fosforu.

Živočišná buňka

Buňka je základní stavební a funkční jednotkou každého organismu. Z hlediska struktury můžeme rozdělovat buňky prokaryotické (bakterie) a eukaryotické (*Eukarya* – živočichové, rostliny, houby, prvoci, ...). Tak jako se lidské tělo skládá z orgánů, které jsou tvořeny různými buněčnými (tkáňovými) typy a mají svou specifickou funkci, tak se i každá buňka skládá z různých oddílů (organel), které mají různý tvar a plní různé funkce. Většina buněčných organel obsahuje na svém povrchu fosfolipidovou membránu. Na Obr. 5 je souhrn nejdůležitějších a nejběžnějších organel živočišné buňky.



Obr. 5 – Organely živočišné buňky.

Endoplasmatické retikulum

Jednou z membránových organel buňky je endoplasmatické retikulum (ER). Dělíme jej na **drsňé ER** (rER = rough endoplasmic reticulum), které na svém povrchu nese ribosomy, a **hladké ER** (sER = smooth endoplasmic reticulum) bez ribosomů. Membrána endoplasmatického retikula navazuje na vnější membránu jadernou. Celá organela sestává ze vzájemně propojených plochých dutin, měchýřků a trubic. Na rER probíhá biosyntéza proteinů, které jsou určeny pro membrány, lysosomy, buněčný export apod. (ostatní proteiny vznikají v cytoplasmě na volných ribosomech nevázaných na ER). Takto vytvořené proteiny se zabalené do váčků (vznikajícími odškrcením membrány rER) transportují do Golgiho aparátu.

Oproti tomu hladké endoplasmatické retikulum (sER) žádné ribosomy neobsahuje. V jeho kanálcích probíhá biotransformace xenobiotik (pro tělo cizorodých látek) a některé metabolické dráhy lipidů (syntéza fosfolipidů, částečně i cholesterolu, steroidních hormonů). sER je také úložištěm vápenatých iontů. Ve svalových buňkách se vyskytuje specializovaná forma sER, tzv. sarkoplasmatické retikulum, které je zásobárnou Ca^{2+} pro svalový stah.

Golgiho aparát

Golgiho aparát je další membránovou organelou buňky tvořenou tzv. „cisternami“ vrstvicími se nad sebou do sloupců (bráno ze směru od jádra). Zde dochází ke zrání proteinů

(např. glykosylace, tedy připojování cukerných zbytků), jejich třídění a sbalování. Odtud jsou pak váčky s proteiny posílány do dalších koutů buňky (na lysosomy, cytoplasmatickou membránu apod.).

Mitochondrie

Mitochondrie jsou organely velikosti bakterie (několik mikrometrů). Tento rozměr není náhodný, nejprůjemnější současná teorie vzniku této organely mluví o tzv. **endosymbióze**, tedy o pozření bakteriální buňky (konkr. α -proteobakterie) předkem dnešní eukaryotické buňky (tuto teorii dokládá fakt, že mitochondrie obsahuje zbytky vlastní aktivní DNA a ribosomy). Dávňý eukaryot si tuto bakterii „ochočil“ a v současné době jsou mitochondrie nejen v lidských buňkách centry katabolických a oxidativně fosforylačních reakcí.

Ve prospěch endosymbiotické teorie svědčí i přítomnost dvou membrán, z nichž ta vnitřní je přisuzována původní bakterii (neobsahuje např. žádný cholesterol, což je pro prokaryotické membrány běžné), zatímco ta vnější se svým složením nápadně podobá eukaryotickým membránám.

Mitochondrie se vyskytují ve velkém počtu (až 2000) téměř ve všech eukaryotních buňkách. Uvnitř těchto organel dochází ke vzniku adenosintrifosfátu neboli ATP (díky procesu oxidační fosforylace na komplexu ATP-synthasy), syntéze hemoglobinu, ke Krebsově cyklu a β -oxidaci mastných kyselin. Také část močovinového cyklu je lokalizována uvnitř mitochondrie.

Cytoplasmatická membrána

Buněčná (cytoplasmatická) membrána polopropustně odděluje vnitřek buňky od jejího okolí. Polopropustnost znamená, že některé molekuly (např. malé polární či malé i velké nepolární) dokážou membránou samovolně procházet. Na druhou stranu větší polární molekuly a ionty potřebují pro transport specifické přenašeče či kanály. Tato vlastnost vyplývá ze struktury membrány jako takové. Skládá se z dvojvrstvy **fosfolipidů**, u kterých má každá molekula dvě části: polární a nepolární (říkáme, že daný lipid je amfifilní). Fosfolipidy směřují polárními částmi ven a dovnitř buňky, nepolárními částmi jsou přimknuty k sobě. Toto semknutí je způsobeno ve výsledku docela slabými hydrofobními interakcemi a některými van der Waalsovými silami, proto se mohou proti sobě posunovat. Takto je zajištěna tzv. **fluidita** (tekutost) membrány. Kromě lipidů se v membráně nacházejí i **proteiny** plnící rozličné funkce (transport látek přes membránu, ...). Na vnější straně membrány (ta směřující do extracelulárního prostoru) jsou na proteinech a lipidech mnohdy navázané také krátké oligosacharidové řetězce vytvářející tzv. **glykokalyx**, tedy jakýsi ochranný val proti narušení celistvosti membrány.

Brvy

Brvy, nebo také řasinky, se nacházejí na některých eukaryotických buňkách. Jsou to tenké vláskovité útvary směřující do extracelulárního prostoru. Některé konají pravidelný pohyb (řasinky dýchacího epitelu či ty, které pohybují vajíčkem ve vejcovodech), jiné mají smyslovou funkci (např. vnímání zvuků). Jsou tvořeny tubulinem a dalšími proteiny.

Centrosom

Dělicí tělísko (centrosom) se během většiny fází buněčného cyklu skládá ze dvou válcovitých **centriol** a je organizačním centrem mikrotubul – buněčného lešení, po kterém se např. transportují váčky s obsahem určeným k vypuštění z buňky. V této organelle jsou mikrotubuly ukotveny a větví se do celé buňky. Ve většině buněk se centrosom nachází blízko jádra, u řasinkových buněk se ale přibližuje k brvám a tvoří jejich tělíska, ze kterých brvy vyrůstají (viz Obr. 5).

Cytoplasma

Cytoplasma je tekutinou vyplněný prostor ohraničený buněčnou membránou. Jedná se o ústřední reakční prostor buňky, kde se uskutečňují mnohé metabolické dráhy (translace, glykolýza, biosyntéza mastných kyselin, část močovinového cyklu, ...). Obsahuje také rozpustné molekuly (cukry, proteiny, nukleové kyseliny, metabolity...), ionty a buněčné organely.

Jádro

Každá lidská buňka, kromě erytrocytů, obsahuje jádro. Jedná se o největší buněčnou organelu, jež navíc obsahuje genetickou informaci (jaderný genom; genom je soubor veškeré genetické informace organismu, tedy i mimojaderné) v podobě DNA, která je buď kopírována v rámci replikace nebo přepisována do molekul RNA. Buněčné jádro je vyplněno nukleoplasmou, která obsahuje téměř veškerou DNA buňky. Jaderná DNA vytváří společně s histony (na kterých je vlákno DNA navinuté) a dalšími strukturními proteiny **chromatin**, který během dělení buňky kondenzuje v chromosomy. V mnoha jádrech lze pozorovat oblast zvanou **jadérko**, jehož DNA obsahuje mnoho kopií genů pro více typů molekul rRNA. Jádro je od cytoplasmy odděleno vnitřní a vnější jadernou membránou, která v určitých místech přechází do membrány drsného endoplasmatického retikula. Z toho důvodu jsou i na vnější jaderné membráně přítomny ribosomy.

Lysosomy

Lysosomy jsou organely rozmanitého tvaru obalené jednoduchou membránou. V jednotlivé buňce je přítomno několik set lysosomů. Slouží jako "buněčné žaludky" – váčky, ve kterých dochází k hydrolytickému štěpení všech makromolekul. Toto štěpení je katalyzováno zhruba 40 různými **hydrolasami** (lipasy, sacharasy, nukleasy, proteasy, ...), které mají aktivní optimum v prostředí s pH kolem 5. Díky aktivní práci protonových pump se uvnitř lysosomů hromadí H^+ (vodíkové kationty), tedy se tam neustále za spotřeby ATP udržuje optimální hodnota pH. Při neutrálním pH (jako např. v cytoplasmě) je aktivita lysosomálních enzymů silně snížena, což může působit jako ochranný mechanismus před samonatrávením buňky v případě, že by enzymy pronikly do cytoplasmy.

Buněčné jádro – úvod

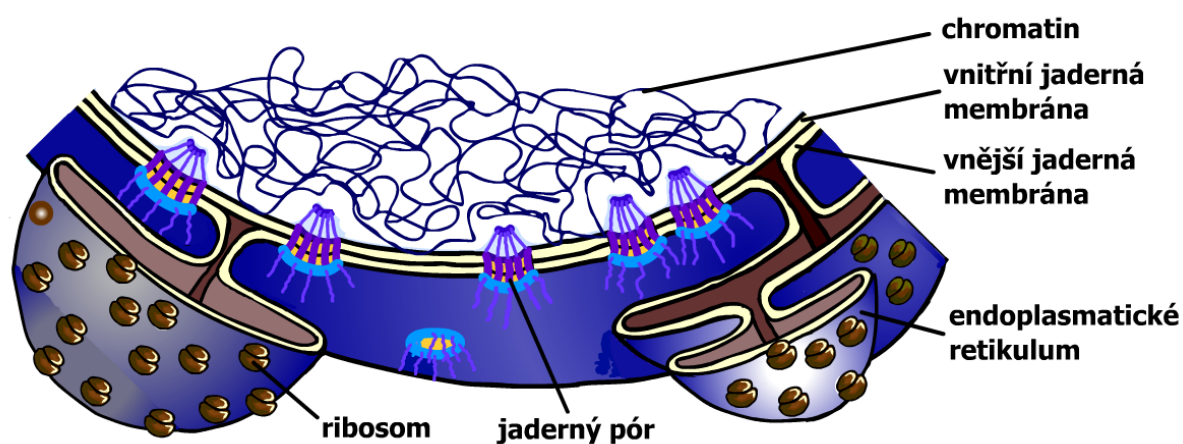
Buněčné jádro je největší organela eukaryotických buněk, ve které je uložena podstatná část buněčné DNA (jen asi 1 % DNA se nachází v mitochondriích). Kromě DNA se v jádře nacházejí různé typy RNA a bílkovin, které mají enzymatickou a strukturní funkci. Jaderná DNA vytváří společně s histony a dalšími strukturními proteiny tzv. **chromatin**. Celá hmota chromatinu je rozkouskována na několik kratších úseků, tzv. **chromosomů**. Ty jsou buď rozvolněné (euchromatin), nebo z kondenzované do typických tvarů písmen "X, Y" (heterochromatin). V průběhu dělení buňky chromatin kondenzuje na chromozomy, přechodně zaniká také jaderná membrána. Během interfáze (období mezi dvěma buněčnými děleními) lze v určité oblasti jádra rozeznat nahuštěný chromatin, kterému se říká **jadérko**. To se vytváří z genů zejména pro rRNA (ribosomální RNA). Na rozdíl od rRNA se např. mRNA a tRNA **transkribují** z rozvolněnější chromatinové oblasti. Po vzniku mRNA se tato musí ještě různými způsoby modifikovat – přidávají se další nukleotidy a vyštěpují se nepotřebné části ribonukleotidového řetězce (více v podkapitole „Zrání mRNA“). V jádře vytvořené molekuly RNA určené pro syntézu bílkovin mohou být transportovány do cytoplasmy až po ukončení těchto procesů.

Kromě syntézy RNA pomocí transkripce je dalším významnou funkcí jádra i **replikace DNA** (zdvojení mateřské DNA), ke které dochází před buněčným dělením.

V jádře také vzniká velmi důležitý **koenzym oxidoreduktas** (tedy enzymů katalyzujících oxidačně-redukční pochody v celé buňce), NAD^+ (nikotinamidadenin dinukleotid).

Buněčné jádro – membrána

Jádro je obaleno dvěma **fosfolipidovými membránami**. Vnitřní je vyztužena proteinovou sítí, tzv. **jadernou laminou**. V té jsou zakotveny různé jaderné struktury, mmj. i chromatin. Vnější jaderná membrána přechází v určitých místech ve váčky endoplasmatického retikula. Tato organela zastává mnoho funkcí, podílí se mmj. na syntéze a úpravě proteinů, které vznikají na ribosomech. K propojení dějů, které se odehrávají v jádře a v cytoplasmě, slouží **jaderné póry** (viz Obr. 6). Těmi mohou procházet molekuly RNA a proteiny (stavební i enzymy) oběma směry. Takto je zajištěna alespoň částečná kontrola transportovaných molekul.



Obr. 6 – Schéma výřezu jaderné membrány.

Vnější membrána přechází v membránu hrubého endoplasmatického retikula. Vzhledem k tomuto vztahu i jaderná membrána nese na svém povrchu ribosomy, které syntetizují do mezimembránového prostoru proteiny.

Perinukleární (mezimembránový) prostor je ohraničen oběma vrstvami jaderné membrány, dále přechází ve vnitřek (lumen) hrubého endoplasmatického retikula. I do perinukleárního prostoru jsou díky ribosomům syntetizovány proteiny.

Přecházení molekul ve směru z jádra do cytoplasmy a naopak umožňují složité komplexy **jaderných pórů**. Tento děj je selektivní a regulovaný, navíc závislý na spotřebě energie (GTP). Jaderné póry jsou tvořeny četnými proteiny (nukleoporiny), vytvářejícími spolu kruhové, na sebe navazující struktury. Nízkomolekulární látky (včetně malých proteinů) procházejí jadernými póry bez obtíží. Větší molekuly (mRNA, proteinové ribosomální podjednotky, ...)

neprojdou, pokud nenesou jadernou lokalizační sekvenci (např. sled specifických aminokyselin, upravené dusíkaté báze apod.).

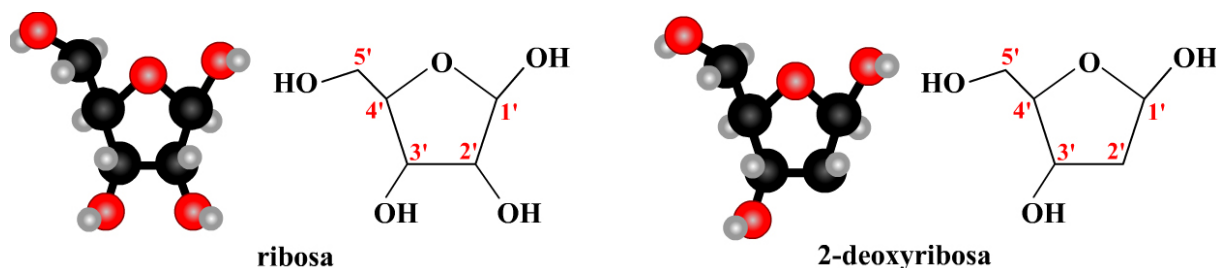
Vnitřní vrstva membrány pomáhá stabilizovat genetickou informaci (chromatin) v jádře tím, že na sebe váže proteiny nazývané **jaderné laminy**. Ty mají dvě funkce, jednak vytváří vnitřní oporu pro celý jaderný obal, jednak na sebe vážou samotný chromatin, v čemž výrazně pomáhá např. protein **emerin**. Jedná se o transmembránový protein, který zprostředkovává spojení mezi fosfolipidovou membránou a proteinovou sítí jaderných lamin (tvořených intermediárními filamenty).

Nukleové kyseliny – nukleotidy

Každá buňka se skládá z několika základních biomolekul. Mezi ty hlavní patří: sacharidy, lipidy, proteiny a nukleové kyseliny. V současné době rozeznáváme dva hlavní typy nukleových kyselin (RNA a DNA).

Nukleové kyseliny (RNA i DNA) jsou lineární polymery tvořené daným pořadím (primární strukturou) stavebních jednotek. Těmito jednotkami jsou **nukleotidy** (nucleus = jádro) skládající se vždy ze tří složek.

Základ každého nukleotidu tvoří pětiuhlíkatý monosacharid **β -D-ribose** v případě ribonukleové kyseliny (**ribonucleic acid**, RNA) a nebo její derivát **β -D-2-deoxy-ribose** v případě deoxyribonukleové kyseliny (**deoxyribonucleic acid**, DNA) – viz Obr. 6. Monosacharid ribosa patří mezi pentosy a v nukleotidech se vyskytuje pouze v cyklické formě (β -D-ribofuranosa). Na druhém uhlíku nese hydroxylovou skupinu (viz Obr. 7). To přispívá k menší stabilitě molekul RNA (viz dále).



Obr. 7 – Kuličkové modely a strukturní vzorce ribosy a 2-deoxyribosy.

Oproti tomu deoxyribose má C2 volný, resp. obsazený dvěma atomy vodíku, což zodpovídá za vyšší stabilitu vláken DNA (oproti vláknům RNA). Oba monosacharidy nesou na C1 navázanou dusíkatou bázi.

Druhou složkou obou typů nukleových kyselin jsou **zbytky kyseliny fosforečné** (resp. kyseliny trihydrogenfosforečné), fosfátové skupiny, které propojují pentosy dvou nukleotidů (přes uhlíky 3' a 5' monosacharidu). Střídající se fosfátové skupiny a monosacharidové jednotky tvoří **pentosa-fosfátovou páteř**. Pentosa-fosfátová páteř je negativně nabitá, jelikož při pH, které se za fyziologických podmínek vyskytuje v buňce (průměrné pH cytoplasmy buněk je 7,0-7,3), jsou fosfátové skupiny plně disociované (H^+ ionty z jejich hydroxyskupin jsou odštěpené a navázané na molekuly vody za vzniku H_3O^+ iontů).

Záporný náboj fosfátů neslouží jen k tomu, aby vytvořil negativně nabitý povrch pentosa-fosfátové dráhy (čehož se pak využívá při nekovalentní vazbě DNA na histony). V molekulách NDP a NTP (nukleosiddifosfátů a nukleosidtrifosfátů, viz dále) jsou záporně nabitě fosfáty bezprostředně navázané vedle sebe díky odpudivým silám zdrojem potřebné energie pro průběh mnoha chemických reakcí v organismech.

Třetí složkou nukleotidu je **nukleová dusíkatá báze** (viz Obr. 8). Ta má z hlediska informačního rozhodující funkci, jelikož zprostředkovává kontakt např. s protilehlým vláknem v molekule DNA (viz dále komplementarita). Dusíkaté báze jsou z chemického hlediska deriváty dvou heterocyklických sloučenin (obsahujících v cyklu jiný atom než C), které mají slabě zásaditý charakter. Tou první je molekula **purinu** tvořená dvěma kondenzovanými aromatickými kruhy. Druhou dusíkatou bází vyskytující se v nukleotidech je molekula **pyrimidinu**. Jedná se o monoheterocyklickou sloučeninu. Obě dvě molekuly jsou planární (rovinné), díky systému konjugovaných dvojných vazeb. Tento fakt přispívá k finální struktuře dvouvláknových DNA a RNA – dusíkaté báze se mohou bez obtíží „schodovitě“ rovnat nad sebe a vytvořit finální strukturu. Od těchto dvou heterocyklických sloučenin jsou dále odvozené jejich deriváty vyskytující se v samotných molekulách nukleových kyselin.

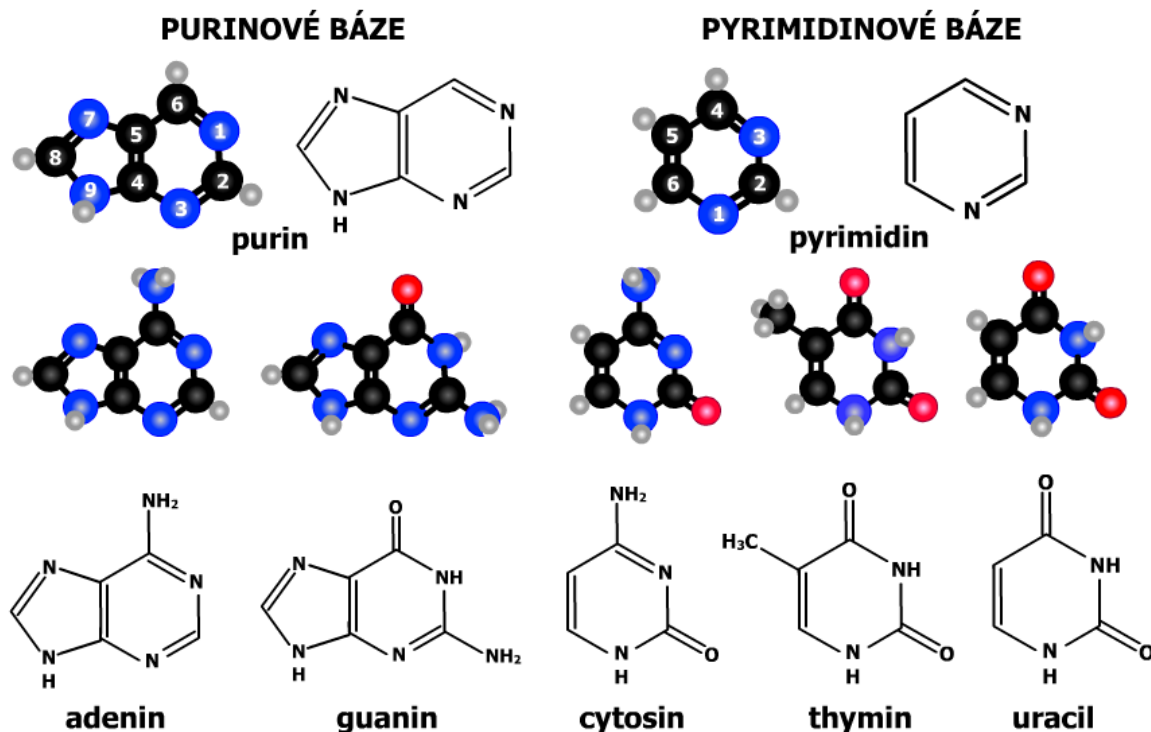
Adenin (A), derivát purinu, nese na svém C6 aminoskupinu. Kromě toho, že se vyskytuje v nukleových kyselinách, je také součástí molekul ATP (adenosintrifosfát), jež poskytují energeticky náročným reakcím dostatek energie pro jejich uskutečnění.

Guanin (G) je druhou purinovou bází. Kromě aminoskupiny na C2 nese také oxoskupinu na C6. Je alternativou ATP v některých biochemických reakcích. Zároveň jako GMP (guanosinmonofosfát) se účastní buněčných signálních kaskád.

Od pyrimidinu jsou odvozeny celkem 3 dusíkaté báze. Tou první je **cytosin (C)**. Nese aminoskupinu na C4 a oxoskupinu na C2. Kromě jeho role v nukleových kyselinách je CTP důležitým aktérem při fosforylaci např. fosfolipidů.

Thymin (T) je dusíkatou bází vyskytující se pouze v molekulách DNA. Jeho součástí jsou dvě oxoskupiny na C2 a C6. Na rozdíl od všech ostatních nukleotidů obsahuje navázanou methylovou skupinu na C5. Tvoří náhradu za uracil vyskytující se v RNA.

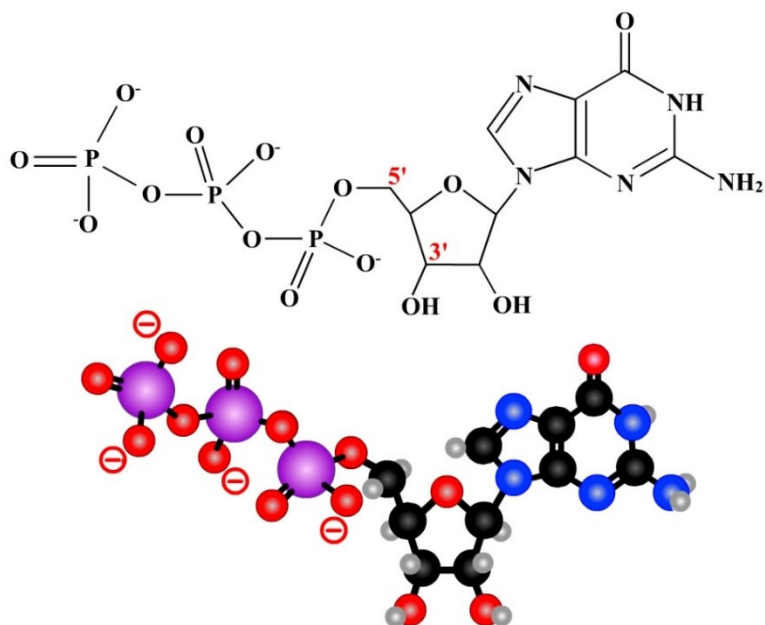
Uracil (U) je třetí heterocyklickou pyrimidinovou bází. Obsahuje dvě oxoskupiny na C2 a C6. Až na methylovou skupinu se jedná o stejnou molekulu jako thymin. Uracil se vyskytuje pouze v RNA, v DNA je nahrazen právě thyminem.



Obr. 8 – Kuličkové modely a strukturní vzorce purinu a pyrimidinu a z nich odvozených dusíkatých bází.

V případě vzniku N-glykosidové vazby mezi C1 (deoxy)ribosou a bází (dusík N9 purinu či dusík N1 pyrimidinu) vznikne **nukleosid** (adenosin, guanosin, cytidin, uridin, thymidin). V momentě, kdy se na některou z volných hydroxylových skupin (deoxy)ribosy naváže fosfát (jeden až tři zbytky kys. fosforečné), vzniká **nukleotid** (Obr. 9).

Názvy takto vzniklých nukleotidů jsou odvozeny od názvů příslušných nukleosidů, tedy např. cytidin-5'-monofosfát (CMP), adenosin-5'-difosfát (ADP) či deoxyguanosin-5'-trifosfát (dGTP).



Obr. 9 – Kuličkový model a strukturní vzorec molekuly ATP.

Přes hydroxyskupinu navázanou na C3 monosacharidu se může navázat další nukleotid. Mluvíme o tzv. **3'-konci** nukleotidu, resp. polynukleotidového vlákna. Toto označení bude velmi důležité např. při replikaci či transkripci. Na C5 monosacharidu je naopak navěšen přes fosfoesterovou vazbu trifosfát – viz Obr. 8. Tento konec nukleotidu, resp. polynukleotidového řetězce, se značí jako **5'-konec**, což bude opět důležité při metabolismu nukleových kyselin (viz Obr. 10).

Nukleové kyseliny – DNA

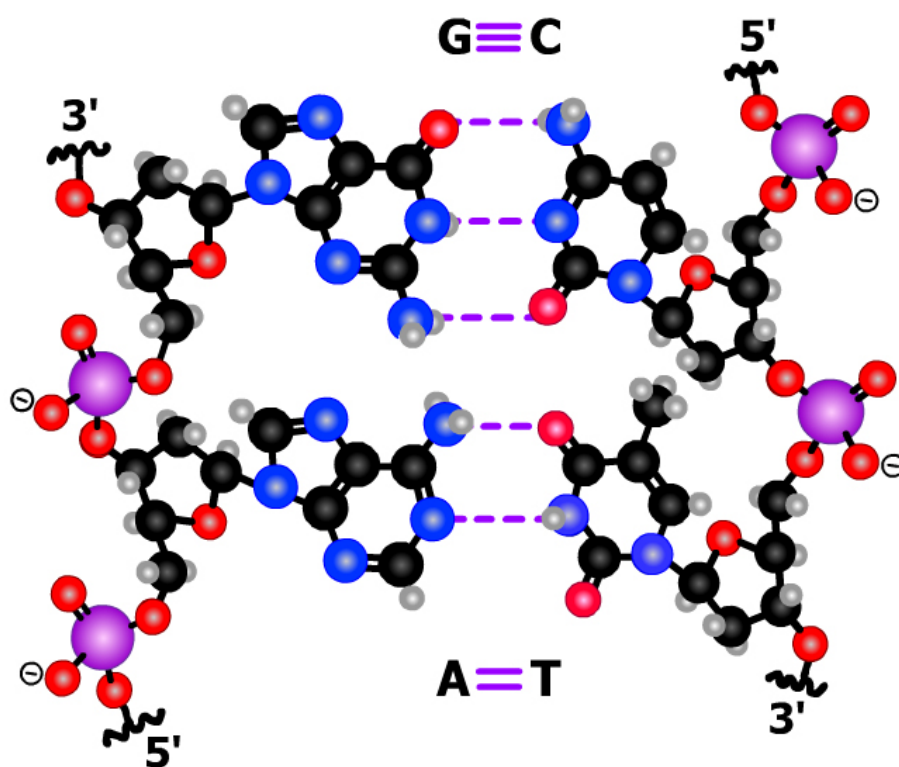
DNA je polymerní molekula sestavená z nukleotidů. Místo ribosy jsou zde obsaženy molekuly deoxyribosy (absence -OH skupiny na 2 C). Zároveň uracil je zde nahrazen thyminem. DNA také sestává ze dvou polydeoxyribonukleotidových řetězců.

Povrch celé molekuly je polární z důvodu přítomnosti cukerných a fosfátových zbytků její páteře. Fosfátové skupiny jsou při fyziologickém pH jádra dokonce ionizovány, tudíž je povrch celé dvoušroubovice záporně nabitý. To má i své strukturální opodstatnění – díky zápornému povrchu se může DNA dobře nekovalentně vázat na jaderné histony, bílkoviny, jejichž povrch je převážně kladně nabitý.

Jednotlivá vlákna DNA jsou spojena H-můstky mezi bázemi. Báze jsou navzájem **komplementární** (doplňkové), tedy např. adenin se páruje vždy pouze s thyminem (v RNA tedy s uracilem) přes 2 H-můstky, guanin s cytosinem se párují vždy pomocí 3 H-můstků.

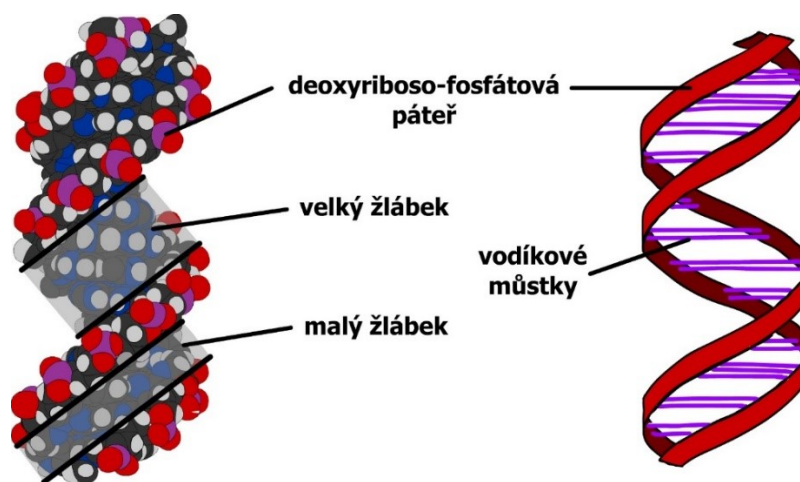
Donory H-můstků mohou být -NH_2 skupiny či -NH- skupiny aromatických kruhů (viz Obr. 10). Akceptory jsou pak karbonylové kyslíkové atomy a dusíkové atomy heterocyklických kruhů. Polydeoxynukleotidové řetězce jsou v dvoušroubovici navzájem uspořádány **antiparalelně** (tzn. hlava k patě - jeden řetězec je ve směru $5' \rightarrow 3'$, druhý pak $3' \rightarrow 5'$); na jednom konci dvoušroubovice je 5'-konec jednoho vlákna a 3'-konec vlákna druhého (určeno dle čísel atomů C v deoxyribose).

Ve výsledku můžeme shrnout, že za fyziologického stavu tvoří polovinu všech bází purin (A, G), druhou polovinu pak pyrimidin (T, C). Obsah A je roven obsahu T a totéž platí pro G a C. Tento fakt nazýváme po jeho objeviteli **Chargaffovo pravidlo**.



Obr. 10 – Znázornění párování bází v kuličkovém modelu DNA.

Aromatické báze jsou srovnány uvnitř dvoušroubovice přibližně v pravých úhlech k její ose. Centrální část dvoušroubovice je tedy nepolární. Sekundární struktura (helix) je udržována π -interakcemi, mezi jednotlivými patry bází, a H-můstky (viz dále). Za pozornost stojí i existence "žlábků", kdy zejména do velkého žlábků zasahují báze těmi heteroatomy či skupinami, které netvoří H-můstky mezi nimi (Obr. 11). Tyto struktury umožňují interakce s bílkovinami, jejichž úkolem je regulovat funkce DNA.



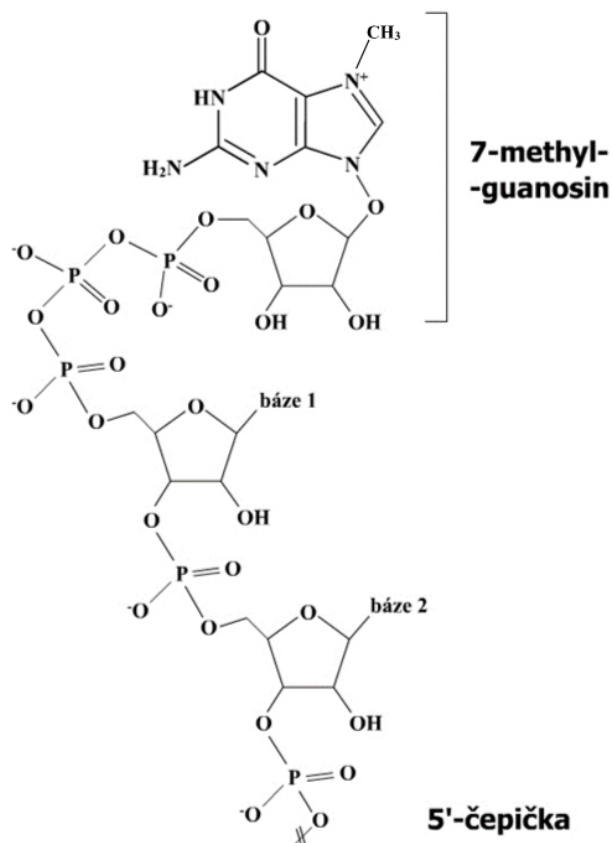
Obr. 11 - Kalotový model molekuly DNA s vyznačenými žlábkami a pentlicový model se znázorněnými vodíkovými můstky (fialově).

Nukleové kyseliny – RNA

RNA je polymerní molekula sestavená z ribonukleotidů (jako sacharid je zde obsažena **ribosa**). Další odlišností od DNA je přítomnost **uracilu** (U; volný 5C) místo thyminu (T; na 5C je navázaná methylová skupina $-\text{CH}_3$). Tedy komplementární bázi k adeninu (A) je v RNA právě uracil. Tyto dvě báze se ale stejně jako v DNA ($\text{A}=\text{T}$) vážou přes 2 H-můstky.

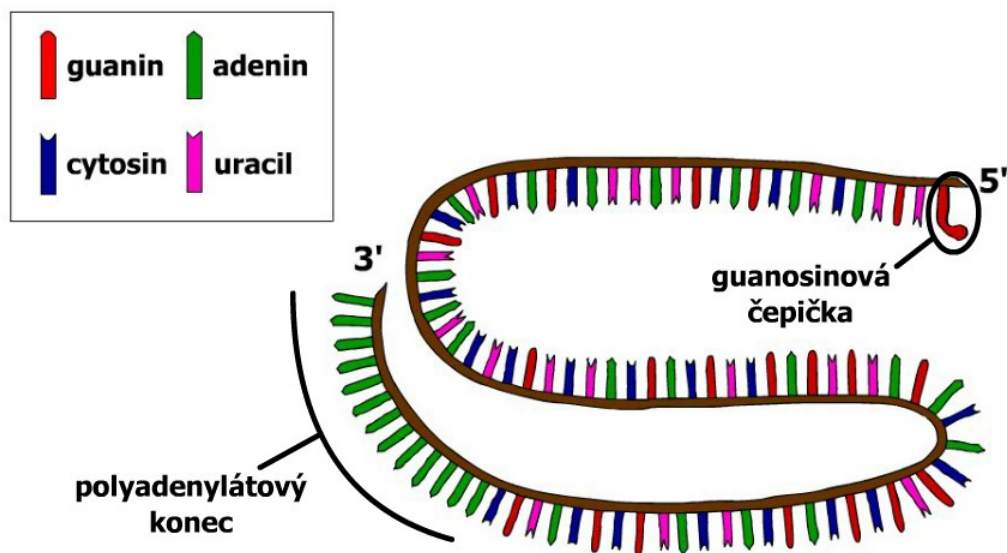
Na rozdíl od DNA zaujímá RNA primárně jednovláknovou strukturu, nicméně i na ní může docházet ke komplementárnímu párování bází a tedy vzniku krátkých šroubovicových struktur (helixů).

Prvním významným typem RNA je **mRNA** (messenger, mediátorová, Obr. 13). Tato molekula vzniká transkripcí (přepisem) DNA v jádře a tedy slouží jako **templát** (předloha) pro syntézu proteinů na ribosomech. Její velikost je díky tomu velmi heterogenní a také doba života je velmi krátká – od desítek sekund u prokaryot po pár hodin, max. dní, u eukaryot. Díky omezené délce života je možné skrz mRNA regulovat syntézu proteinů. U eukaryot podléhají molekuly mRNA syntetizované



Obr. 12 – Struktura 7-methyl-guanosinové čepičky na 5'-konci mRNA.

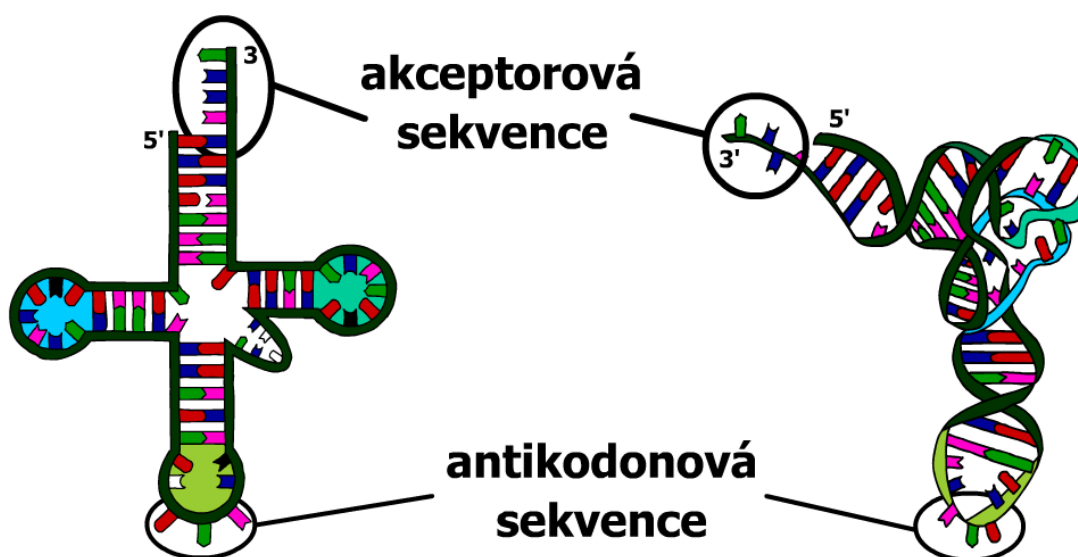
transkripcí tzv. **posttranskripčním modifikacím**. Zaprvé je na 3'-konec vlákna připojen polyadenylátový ocas, sestávající z několika desítek adenylátových zbytků (nukleotidů dAMP). K 5'-konci je pak připojena tzv. 5'-čepička (methylovaný dGMP, viz Obr. 12). Obě tyto modifikace napomáhají transportu mRNA z jádra do cytosolu a chrání konce řetězců před hydrolytickým působením exonukleas (viz dále).



Obr. 13 – Zobrazení molekuly mRNA s provedenými posttranskripčními úpravami.

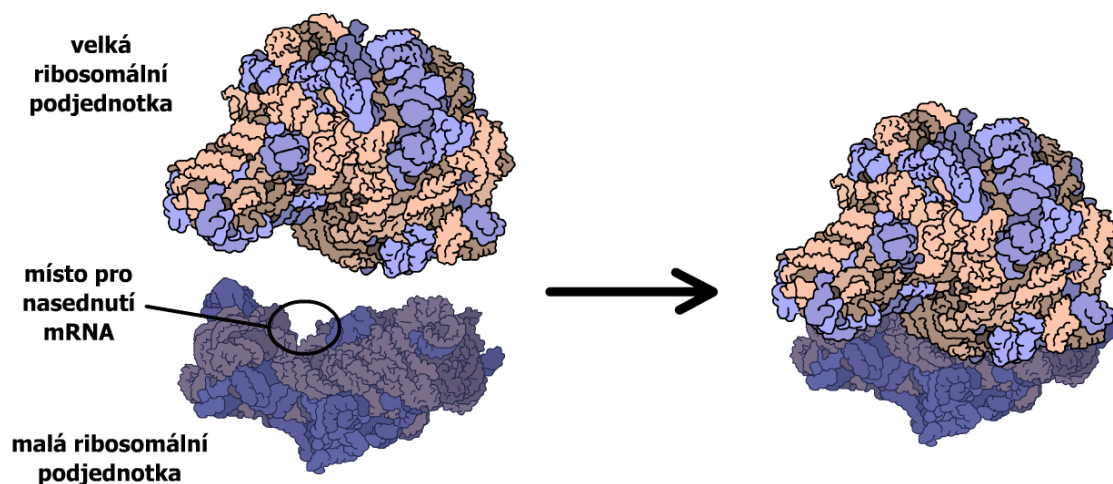
Druhou významnou skupinou RNA přítomných v buňce jsou **tRNA** (transferové), které v průměru tvoří cca 10-15 % z celkového obsahu RNA v buňce. tRNA se podílí na translaci mRNA do proteinového řetězce – přepisu mRNA do podoby proteinu. Její sekundární i terciární strukturu lze vidět na Obr. 14. tRNA je právě jednou z ribonukleových kyselin, která vytváří krátké šroubovice. Molekula tRNA obsahuje kolem 80 nukleotidů a v zásadě na její struktuře můžeme rozeznat dvě důležitá a funkčně rozdílná místa. Zaprvé to je **antikodonová sekvence**, díky které se tRNA váže na ribosomu (**antikodon** je triplet nukleotidů vážící se na kodon v mRNA) na kodonovou mRNA (ta obsahuje tripletu nukleotidů, tzv. **kodonů**, odpovídajících vždy jednu aminokyselinu). Zadruhé zde nacházíme tzv. **akceptorovou sekvenci**, na kterou se váže jedna z 21 proteinogenních aminokyselin. Ta je díky tRNA přenesena na ribosom a začleněna do polypeptidového řetězce na základě komplementarity k mRNA (viz Translace). tRNA obsahuje také některé méně běžné nukleotidy jako např. methylguanin, dimethylguanin a dihydrouracil (v Obr. 11 jsou znázorněné bílou a černou barvou).

Třetí významnou skupinou RNA molekul v buňce je tzv. rRNA (ribosomální). Tvoří spolu s proteiny nadmolekulovou strukturu ribosomů. Ribosomy jsou tvořeny dvěma podjednotkami – velkou a malou (Obr. 15). rRNA se podílí jednak na struktuře, jednak na katalytické funkci ribosomu při tzv. translaci; mRNA se váže mezi obě ribosomální podjednotky. Samotná sekundární (a tedy i terciární) struktura RNA je velmi komplikovaná.



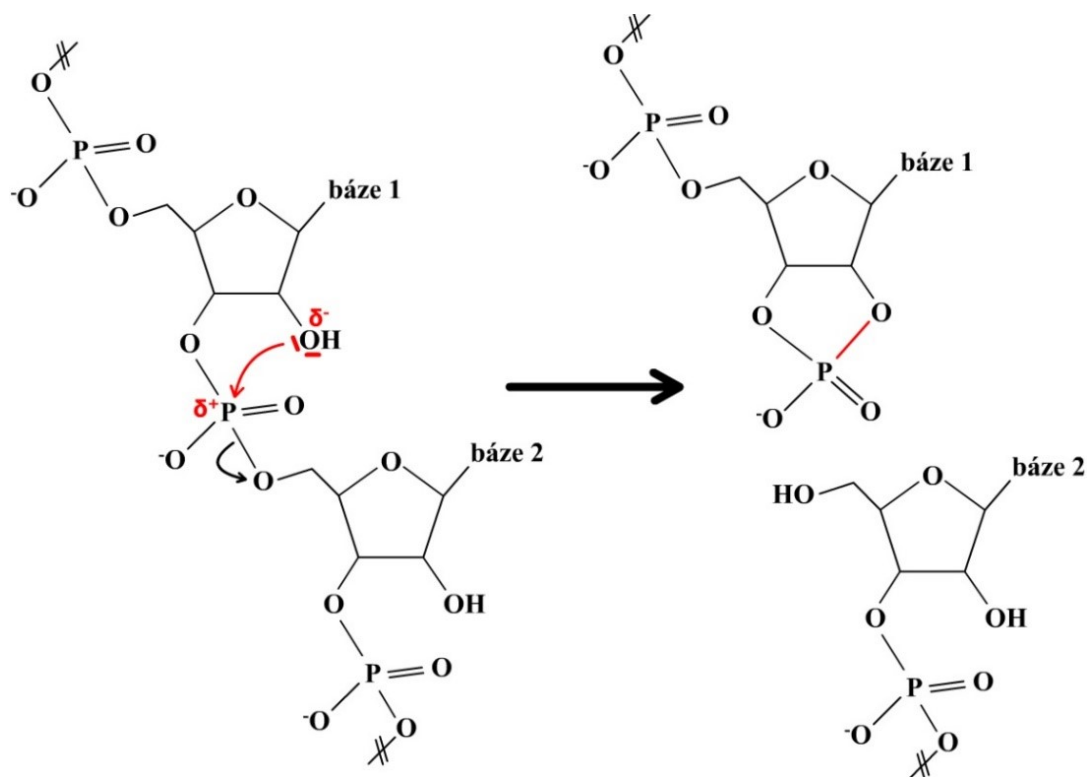
Obr. 14 – Vyobrazení 2D a 3D struktury molekuly tRNA.

Všechny typy rRNA vytvářejí v ribosomu řetězce komplementárně propojené vodíkovými můstky a tvoří různé helikální úseky, střídané výdutěmi a zpětnými smyčkami.



Obr. 15 – Velká a malá ribosomální podjednotka. V odstínech modré jsou znázorněny proteinové struktury, v odstínech hnědé pak části nukleových kyseliny (rRNA).

Jak již bylo zmíněno, sacharidem přítomným v molekulách RNA je ribosa. Přítomnost -OH skupiny na C2 u ribosy přispívá k nestabilitě celé molekuly. Ta je způsobena přítomností parciálního kladného náboje na atomu P ve fosfátech a parciálního záporného náboje na atomu O v 2C-hydroxylových skupinách ribosy. Za určitých okolností (bazické prostředí, zvýšená teplota,...) může dojít k nukleofilnímu ataku atomu P ve fosfátu 2C-hydroxylovou skupinou, což ve výsledku vyústí v přerušení řetězce RNA a tedy rozpad celé molekuly – viz Obr. 16.



Obr. 16 – Mechanismus nukleofilního ataku atomu fosforu 2C-hydroxyskupinou.

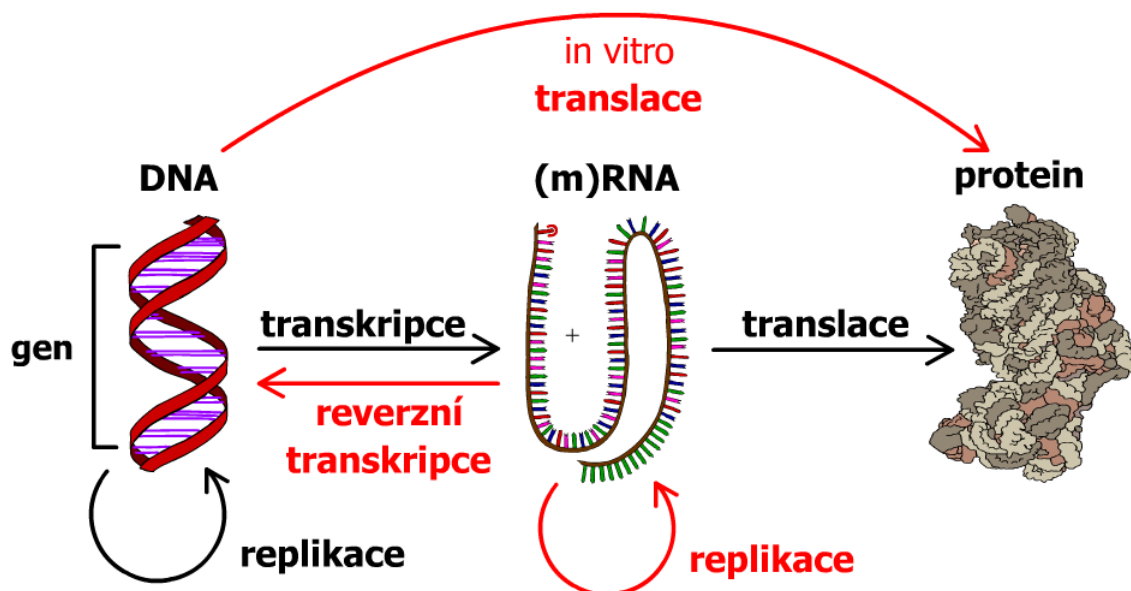
Nukleové kyseliny – dogma molekulární biologie

Hlavním úkolem nukleových kyselin je zajistit uložení, předávání a realizaci genetické informace, která v sobě kóduje primární struktury bílkovin, tedy pořadí AMK. Informace o tomto pořadí jsou zapsány pomocí deoxyribonukleotidů v určitém úseku DNA zvaném **gen**.

Při biosyntéze bílkoviny (proteosyntéze) je gen nejprve procesem **transkripce** přepsán do krátké komplementární mRNA, která poté slouží jako mustr pro vlastní syntézu bílkovinného řetězce. Transkripce jaderné DNA probíhá v jádře buňky. Poslední fází tzv. **genové exprese** (syntézy aktivní bílkoviny na základě pořadí deoxyribonukleotidů)

je **translace** (překlad). Při tomto procesu dochází na ribosomech k překladi gen. informace z "řeči" nukleotidů do "řeči" aminokyselin.

Realizace (exprese) genetické informace není ale jediným úkolem nukleových kyselin. Ty musí také předat gen. informaci z rodičů na potomky. K tomu slouží proces **replikace**, při kterém se zdvojí mateřské vlákno DNA před buněčných dělením.



Obr. 17 – Schéma popisující jednal centrální „dogma“ molekulární biologie (černě), červeně pak méně časté či alternativní možnosti (in vitro značí umělý, laboratorní průběh).

Centrální "dogma" molekulární genetiky obsahuje několik výjimek. První z nich je možný přepis RNA do DNA. Tento proces provádějí retroviry (např. HIV či virus hepatitidy B), které díky enzymu **reverzní transkriptasa** dokážou vytvořit DNA na základě vlastní molekuly RNA. Druhou výjimkou z "dogmatu" molekulární genetiky jsou části životních cyklů některých RNA-virů. Ty v hostitelské buňce indukují tvorbu nových RNA molekul na základě svého původního vlákna RNA. Nakonec je nutné zmínit, že in vitro jsou vědci schopni vytvořit protein pouze na základě molekuly DNA, tedy bez nutnosti syntézy mRNA. Vystává otázka, zdali je stále nutné znázornění procesu proteosyntézy považovat za „dogma“ molekulární genetiky. Všechny možné kombinace jsou shrnuty na Obr. 17.

Replikace – co je potřeba?

Základním substrátem pro replikaci je molekula jaderné (ale i mitochondriální či plastidové) DNA. V ní jsou pomocí nukleotidů kódované sekvence genů, které je potřeba při množení předat buňkám dceřiným. Replikace se účastní mnoho enzymů a replikačních faktorů. Jedním

z těchto enzymů je **topoisomerasa**. Patří mezi isomerasy a specifickým mechanismem despiralizuje dvoušroubovicovou strukturu DNA uvolňováním hromadícího se torzního napětí.

Helikasa je enzym ze třídy hydrolas sloužící k rozdělování řetězců DNA. Mechanicky oddaluje protilehlé nukleotidy od sebe a tím přerušuje vodíkové můstky mezi nimi. Helikasa, stejně jako topoisomerasa, využívá také ke své práci molekuly ATP.

Než započne samotná replikace jednotlivých deoxyribonukleotidových vláken, musí nejprve enzym **primasa** (patřící do transferas) na začátek replikační vidlice nasyntetizovat krátký zhruba 5-10nukleotidový komplementární úsek RNA, tzv. **primer**, na který si poté nasedne hlavní replikační enzym DNA-polymerasa. Ta totiž neumí replikaci započít, potřebuje se napojit na volnou hydroxylovou skupinu C3. Krátký vytvořený primer tento volný hydroxyl DNA-polymerase poskytuje.

Transferasy, které přenáší nukleotidové stavební kameny při syntéze nukleových kyselin, se rozdělují podle různých kritérií. Zaprvé, záleží na tom, podle kterého vlákna již existující nukleové kyseliny se nové vlákno syntetizuje (např. pokud je „templátem“ vlákno DNA, je daná transferasa DNA-dependentní). Zadruhé je podstatné, kterou nukleovou kyselinu daná transferasa vytváří. Pokud např. při transkripci vzniká RNA (konkr. hnRNA, později mRNA), enzym katalyzující tuto syntézu se nazývá RNA-polymerasa. Tedy např. transferasa syntetizující nové vlákno DNA při replikaci je DNA-dependentní-DNA-polymerasa, primasa by pak byla DNA-dependentní-RNA-polymerasa. Zvláštním případem může být enzym **reverzní transkriptasa**, který využívají retroviry (viry obsahující RNA jako nukleovou kyselinu nesoucí genetickou informaci) v určité fázi svého životního cyklu. Protože se díky tomuto enzymu přepisuje virová RNA do DNA, enzym se nazývá RNA-dependentní-DNA-polymerasa.

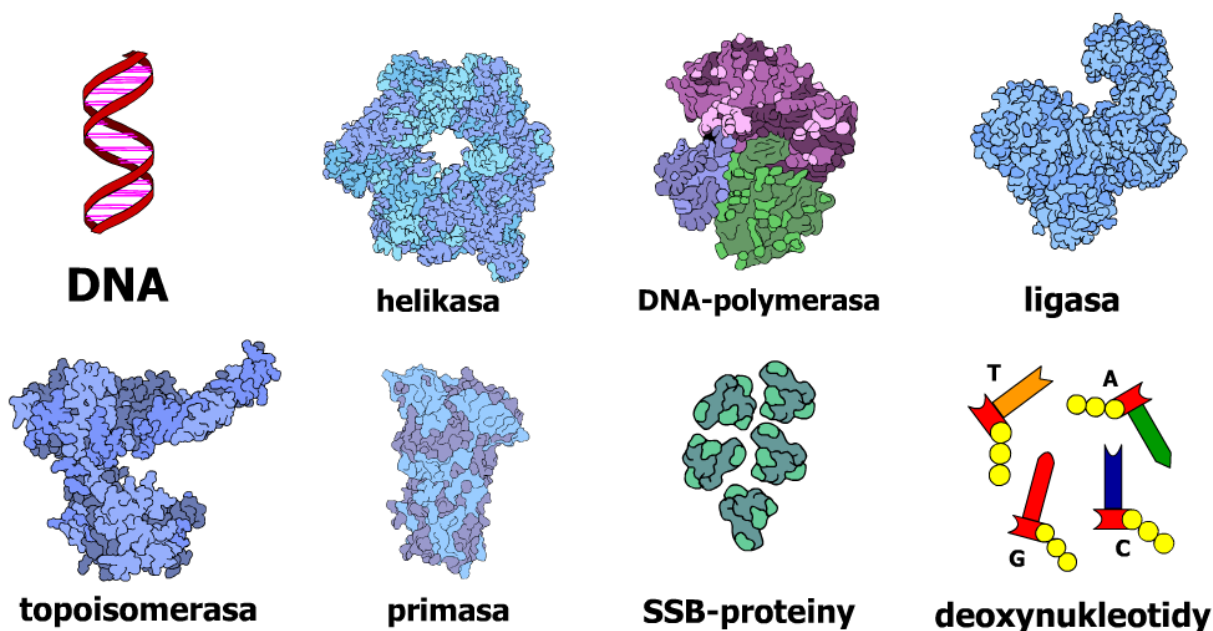
DNA-polymerasa (z třídy transferas) syntetizuje komplementární vlákna DNA z dostupných deoxyribonukleotidů. Základním mechanismem katalýzy je zprostředkování nukleofilního ataku hydroxylové skupiny na C3 rostoucího deoxyribonukleotidového řetězce na α -fosfát dNTP. Tento enzym je schopný svou práci také kontrolovat. V momentě zařazení špatného nukleotidu to DNA-polymerasa díky nevyhovující komplementaritě rozpozná a s pomocí obsažené exonukleasy daný nesprávně zařazený nukleotid odštěpí.

V momentě, kdy helikasa oddělí vlákna dvoušroubovice od sebe, mohly by v jádře přítomné endonukleasy takto "odhalenou" DNA štěpit. Rozpojená vlákna by se také mohla opět spárovat. Tomuto brání tzv. **ssb proteiny** (single strand binding proteins), které nasedají na volná vlákna DNA a tím je chrání a izolují.

Při replikaci tzv. zpoždujícího se vlákna (lagging strand - viz "Průběh replikace") je potřeba spojovat nové úseky DNA (Okazakiho fragmenty). K tomuto procesu slouží enzym **ligasa**

(patřící, kdo by to byl řekl, do třídy ligas), která za spotřeby ATP dva oddělené úseky kovalentně spojí pomocí fosfodiesterové vazby.

Kromě enzymů jsou k replikaci potřeba stavební kameny nových vláken DNA. Těmito kameny jsou deoxyribonukleotidy A, G, C a T. Ribonukleotidy jsou používány jen k syntéze primerů, následně jsou vyštěpeny a nahrazeny deoxyribonukleotidy. Výše uvedené molekuly a nadmolekulární struktury potřebné pro replikaci jsou znázorněny na Obr. 18.



Obr. 18 – Nejdůležitější molekuly a nadmolekulární struktury potřebné pro proces replikace.

Replikace – průběh

Část procesu replikace je znázorněna na Obr. 19. Replikace začíná na určitých místech DNA zvaných **iniciační body** a pokračuje odtud v obou směrech. Aby mohly být velké genomy replikovány přiměřeně rychle, obsahují více iniciačních bodů, na které mohou usedat enzymy katalyzující celý proces.

K replikaci je potřeba mnoho různých enzymů a replikačních faktorů. Jedním z enzymů nasedajících na iniciační bod je topoisomerasa. Ta v momentě, kdy už torzní pnutí zastavuje replikaci, despiralizuje dvoušroubovici DNA a uvolňuje torzní napětí vznikající rozplétáním molekuly.

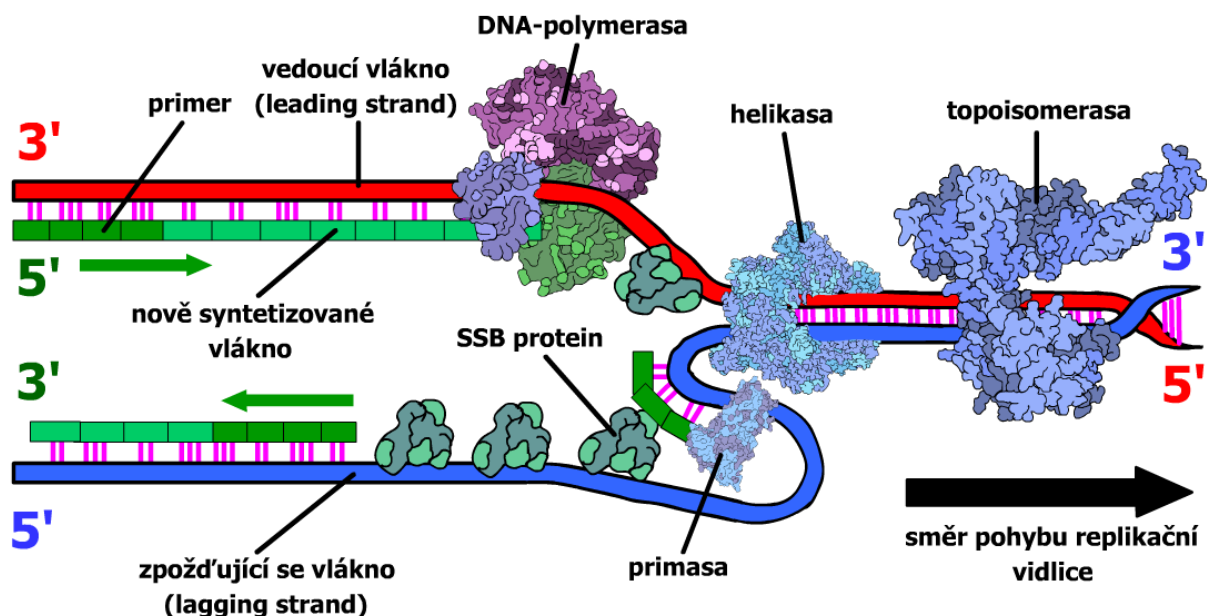
I když jsou všechny replikační enzymy velmi často znázorňovány samostatně, ve skutečnosti se vytváří **replikační komplex**, ve kterém je většina enzymů a faktorů propojených.

Následně enzym helikasa rozděljuje dvě vlákna DNA od sebe tím, že mechanicky obě vlákna oddaluje a tím trhá vodíkové můstky mezi bázemi. Rozrušováním vodíkových můstků a oddalováním vláken od sebe vzniká tzv. **replikační vidlice**. Je důležité si uvědomit, že replikace probíhá v obou směrech (a na více místech současně), replikační vidlice se tedy působením topoisomeras a helikas od sebe oddalují. Díky tomuto faktu se např. lidský genom v rámci jedné buňky replikuje "jen" několik hodin. Po rozvolnění vláken by mohlo docházet ke štěpení odhalených řetězců endonukleasami. Z tohoto důvodu se řetězce obalují ssb proteiny (single strand binding proteins), aby zabránily poškození vláken a jejich případnému opětovnému spojení.

Čtení DNA vláken probíhá vždy od 3' k 5' konci. Proto dochází ke kontinuální replikaci jen na jednom z obou řetězců, tzv. **vedoucím řetězcem** (leading strand). U **zpoždujícího se řetězce** (lagging strand) je situace odlišná (viz dále).

Samotný proces syntézy nového vlákna začíná nasednutím primasy na volná vlákna DNA. Tento enzym syntetizuje primery. Čtení DNA probíhá vždy od 3' k 5' konci, tedy syntéza nového vlákna běží ve směru 5'→3' (důvod je vysvětlen v odstavci „Kontrola replikace“).

Po vzniku primerů nasedá na jejich 3' konec DNA-polymerasa, která pokračuje syntézou nových deoxyribonukleotidových vláken. DNA-polymerasa replikuje vedoucí vlákno kontinuálně, zaměříme se tedy nyní na vlákno zpoždující se. Protože syntéza nového řetězce může probíhat jen ve směru 5'→3' (jeho čtení ve směru 3'→5'), je replikace zpoždujícího se vlákna závislá na časté aktivitě primas. Replikace tohoto vlákna zaostává za tím vedoucím, odtud tedy plynou jejich názvy. Primasy musí vždy nasyntetizovat nový primer, na -OH skupinu 3' ribosy posledního ribonukleotidu následně nasedne DNA-polymerasa a vytvoří nový úsek DNA až k předchozímu primeru. Takto na zpoždujícím se vlákně vznikají samostatné, primery oddělené úseky nové DNA, které se nazývají **Okazakiho fragmenty**. Ribonukleotidové primery jsou později vystřiženy specifickým enzymem. Následně DNA-polymerasa nahradí vzniklou mezeru deoxyribonukleotidy, aby zůstala zachována kontinuita nového vlákna.



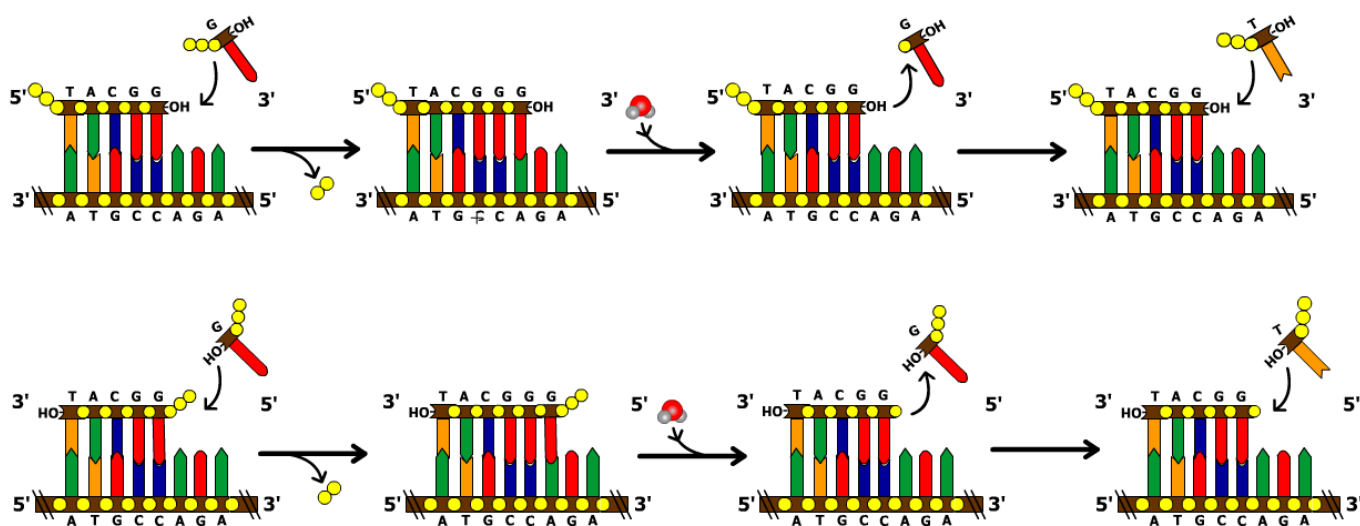
Obr. 19 – Znáznornění modelu replikační vidličky s nejdůležitějšími komponenty. Je potřeba zdůraznit, že většina enzymů je spojena do tzv. replikačního komplexu a nejsou odděleny tak, jako to je vidět na obrázku.

Nakonec je potřeba původní Okazakiho fragmenty (teď již bez primerů, naopak už s deoxynukleotidy) kovalentně spojit dohromady. Tento proces katalyzuje enzym ligasa, který vytváří chybějící fosfodiesterovou vazbu.

Je třeba si uvědomit, že všechny procesy replikace (rozvolňování vláken, syntéza Okazakiho fragmentů, ...) probíhají současně. Zároveň většina enzymů je spojena do jednoho replikačního komplexu pomocí různých enzymů, např. **clamp (svorkových) proteinů**.

Replikace – kontrola

Zatímco u bakterií, kde se replikuje i více než 1000 nukleotidů za sekundu, probíhá replikace u eukaryot mnohem pomaleji (asi 50 nukleotidů za sekundu). Tento rozdíl je dán zejména neustálou kontrolou správně zařazených nukleotidů, tedy správného párování bází. Tuto kontrolu provádí samotná DNA-polymerasa. Při průběhu replikace skenuje původní vlákno DNA a řadí jednotlivé nové nukleotidy dle jejich komplementarity k protilehlému vláknu, tedy: adenin (A) k thyminu (T) a cytosin (C) k guaninu (G).



Obr. 20 – Schéma mechanismu vystřížení nesprávně zařazeného nukleotidu a jeho náhrada. První řádek odpovídá správnému, reálnému nahrazení špatně inkorporovaného nukleotidu. Druhý řádek pak zobrazuje situaci, která neumožňuje špatně zařazený nukleotid nahradit správným, jelikož replikace mateřského vlákna proběhla ve špatném směru ($3' \rightarrow 5'$).

Syntéza nového vlákna probíhá ve směru $5' \rightarrow 3'$. Důvodem je právě korekce replikace a případné exonukleasové vystřížení špatně zařazených bází. Kdyby totiž syntetizovala vlákno ve směru $3' \rightarrow 5'$ a potřebovala by vystříhnout špatně zařazený nukleotid, na $5'$ konci by již nebyly anhydridovou makroergní vazbou navázané fosfátové skupiny, a tak by chyběla energie pro polymerační krok. V případě, že se nové vlákno syntetizuje ve směru $5' \rightarrow 3'$, tak po odštěpení špatně zařazeného nukleotidu zůstává volný $C3$ hydroxyl, který může nukleofilně atakovat α -fosfát (1. fosfát) nového přicházejícího dNTP za odštěpení difosfátu (Obr. 20, obdobný nukleofilní atak je znázorněn na Obr. 16).

Během replikace vzniká mezi nukleotidy nového řetězce fosfodiesterová vazba za odštěpení difosfátu. Ten je následně rozštěpen na dva fosfáty a tím je rovnováha reakce posunuta směrem k produktům (a tedy reakce běží „jednodušeji“). V momentě, kdy se naváže nekomplementární nukleotid (vytvoří se vodíkové můstky mezi protilehlými bázemi), specifické místo na DNA-polymerase tuto chybu rozpozná. DNA-polymerasa následně hydrolyticky (za spotřeby molekuly vody) vystříhne špatně zařazený nukleotid (díky své exonukleasové aktivitě) a na jeho místo vloží nukleotid správný. Časté chyby při replikaci by vedly ke vzniku mutací, které jsou u bakteriálního genomu častější z důvodu absence korektorské aktivity bakteriální polymerasy.

Transkripce – průběh

Transkripce je biosyntéza RNA (konkrétně hnRNA), přičemž o pořadí ribonukleotidů ve vznikající jednořetězcové RNA rozhoduje pořadí deoxyribonukleotidů v příslušném genu.

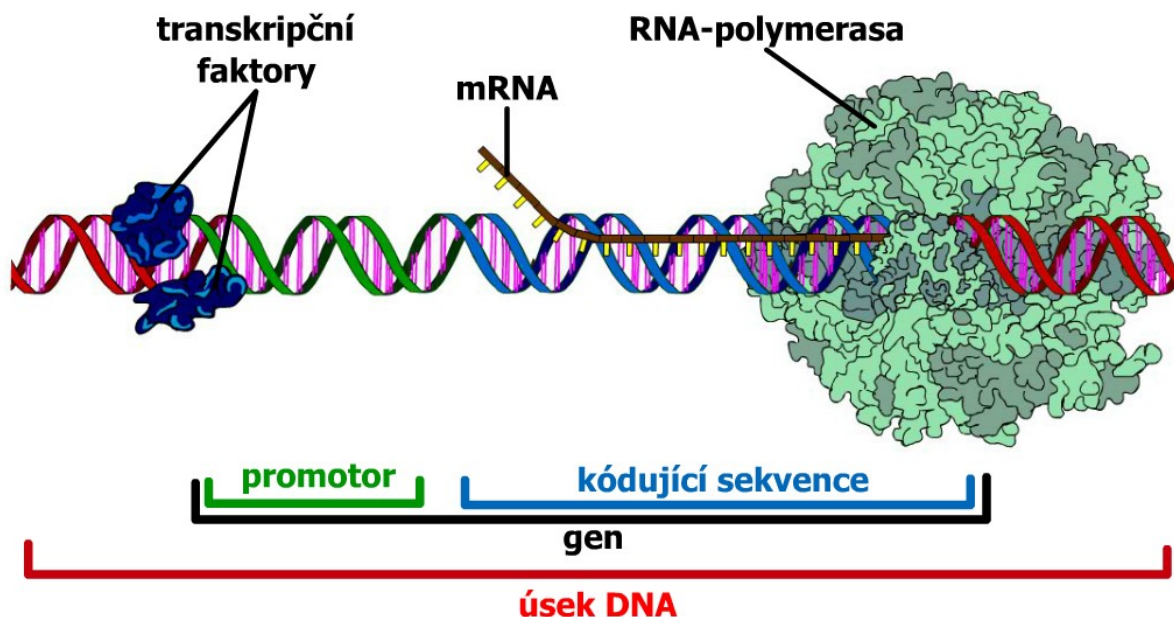
Gen je část DNA, která kóduje většinou jeden konkrétní protein. V momentě, kdy buňka potřebuje tento protein použít, musí být gen přepsán z deoxyribonukleotidů do molekuly RNA a následně v průběhu translace převeden na finální bílkovinu. Každý eukaryotický ale i prokaryotický gen obsahuje tzv. **promotor**. To je oblast, kterou rozpoznává RNA-polymerasa, jež se po promotoru posouvá až k samotnému začátku kódující sekvence genu (Obr. 21).

Iniciace (začátek) transkripce je jedním z nejdůležitějších buněčných regulačních procesů. Oblast mezi promotorem a začátkem kódující sekvence je velmi významná; mohou se na ni vázat specifické molekuly, zejména proteiny, tzv. **transkripční faktory** (TF), které formují spolu s RNA-polymerasou výsledný transkripční komplex. Eukaryotické buňky jsou na formování transkripčního komplexu závislé, většina prokaryot žádné transkripční faktory nepotřebuje. TF mohou např. zablokovat RNA-polymerasu a tím pádem transkripci zamezit.

V momentě, kdy jsou přítomné všechny složky, RNA-polymerasa se začne posouvat po promotoru (který u eukaryot obvykle začíná tzv. TATA-boxem s typickou sekvencí T a A – díky tomu enzym rozezná začátek promotoru), dokud nenarazí na začátek kódující sekvence. Tu obvykle pozná díky tzv. START-kodonu, kterým je kodon pro methionin (AUG).

RNA-polymerasa následně skenuje kódující sekvenci, rozplétá ji a přiřazuje komplementární ribonukleotidy ke stávajícím deoxyribonukleotidům. Této fázi transkripce říkáme elongace. Obě vlákna hned opět pojí k sobě. Na rozdíl od replikace je RNA-polymerasa jediným enzymem, který průběh elongace v procesu transkripce zajišťuje. Navíc, protože vznikající RNA není dlouhodobým nositelem gen. informace, není tak zásadní, aby při celém procesu nedocházelo k drobným chybám; proto RNA-polymerasa nemá opravnou funkci a elongační proces je ve srovnání s replikací o hodně rychlejší. Produktem transkripce je výsledná molekula hnRNA (heteronuclear RNA). Ta je tedy komplementární k původnímu vlákně DNA. Rozdíl je ve dvou strukturních prvcích: u hnRNA je deoxyribosa nahrazena ribosou a thymin je nahrazen uracilem.

V návaznosti na centrální „dogma“ molekulové genetiky bychom se mohli domnívat, že procesem transkripce vzniká pouze mRNA. Ovšem není tomu tak, tímto způsobem jsou syntetizovány i ostatní typy RNA.



Obr. 21 – Zjednodušené schéma procesu transkripce.

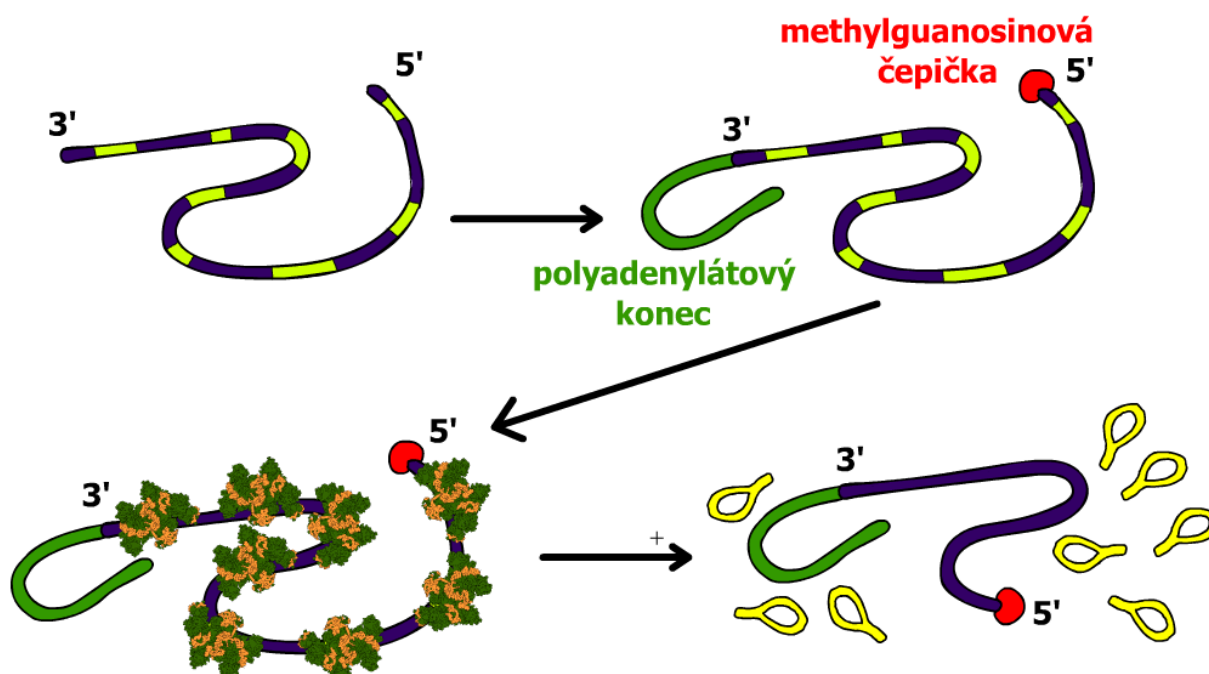
Transkripce – zrání mRNA

Molekula hnRNA (heteronuclear RNA) podléhá po transkripci několika zásadním modifikacím, které jí umožňují splnit její funkci. Těmto změnám se říká "zrání RNA". Jakmile jsou všechny změny dokončeny, vzniká mRNA schopná účastnit se translace.

Jednou ze změn je syntéza tzv. **5'-čepičky** (na 5' konci molekuly, viz Obr. 12). Skládá se ze zbytku kyseliny trifosforečné a 7-methyl-guanosinu. Tato modifikace napomáhá transportu hnRNA z jádra do cytosolu a chrání její konec před působením exonukleas.

Druhou, u eukaryot velmi podstatnou modifikací, je připojení tzv. **3'-polyadenylátového konce** (polyA-konec), který sestává z několika desítek adenylátových zbytků. Tato struktura opět brání degradaci molekuly a tím přispívá k její stálosti.

Dalším krokem při modifikacích molekuly hnRNA je sestřih, neboli **splicing** (Obr. 22). Geny eukaryot obsahují kódující sekvence = **exony** a nekódující sekvence = **introny**. Právě introny musí být před translací z hnRNA odstraněny, k čemuž slouží tzv. **spliceosomy**. Jsou to v jádře se nacházející ribonukleoproteinové komplexy, ve kterých má katalytickou funkci molekula RNA (tzv. snRNA = small nuclear RNA). Jejich úkolem je přesně a specificky vystříhnout nekódující sekvence.



Obr. 22 . Vyobrazení procesu známého jako splicing. Na začátku je vidět molekula hnRNA obsahující introny (žlutě) i exony (modře), následně je připojena methylguanositová čepička a polyadenylátový konec, dále na hnRNA nasedají spliceosomy, které vystřihují introny a tak vzniká výsledná mRNA.

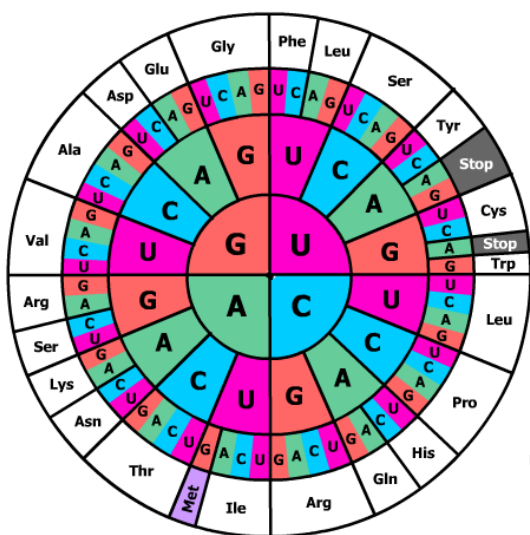
Také ostatní typy buněčných RNA jsou posttranskripčně upravovány. rRNA je syntetizována jako jeden velmi dlouhý řetězec a pak je specifickými endonukleasami rozštěpena na několik typů molekul, které se stávají součástí nukleoproteinových komplexů ribosomů. Také tRNA je syntetizována jako prekursor, ze kterého je následně funkční forma vyštěpena. Mnohé báze jsou pak modifikovány (viz kapitola „RNA“).

Prokaryotické mRNA nepodléhají žádným modifikacím, proto je možné proces translace na 5'- konci započít už v době, kdy syntéza koncové 3'- části není ještě dokončena.

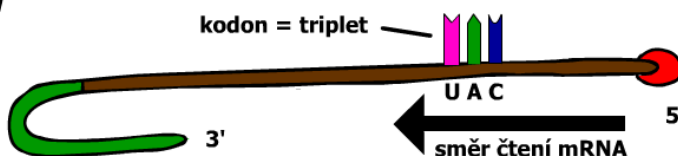
Translace – genetický kód a aktivace aminokyselin

K tvorbě proteinů je nutný překlad (translace) "z jazyka nukleových kyselin do řeči bílkovin." "Slovníkem" nutným k tomuto překladu je **genetický kód**. Ten je charakterizován čtyřmi atributy:

- je **tripleťový** - každá AMK je popsána alespoň jedním tripletem (trojicí) nukleotidů. Pokud tedy potřebujeme do rostoucího polypeptidového řetězce zařadit novou AMK, velká ribosomální podjednotka přečte 3 po sobě jdoucí nukleotidy (**kodon**, např. CAU nebo CAC) na mRNA a dle nich zařadí příslušnou AMK.
- je **degenerovaný** - pro zabudování jedné AMK můžeme použít jeden, ale i více kodonů. Vzhledem k tomu, že se na mRNA vyskytují čtyři typy nukleotidů (A, U, G a C), které mají vytvořit triplety, je tedy celkový počet možných tripletů 4^3 , tj. 64 trojic bází.
- je **univerzální** - platí (až na výjimky) stejná pravidla pro bakterie i všechny eukaryotní buňky. Jednou z výjimek je např. genetický kód mitochondrie, kde je např. tryptofan (Trp) kódován univerzálním STOP-kodonom UGA.
- nepřekrývá se** – ve vlákně nukleové kyseliny je každý nukleotid součástí vždy jen jednoho tripletu.



Histidin (His) = CAU, CAC

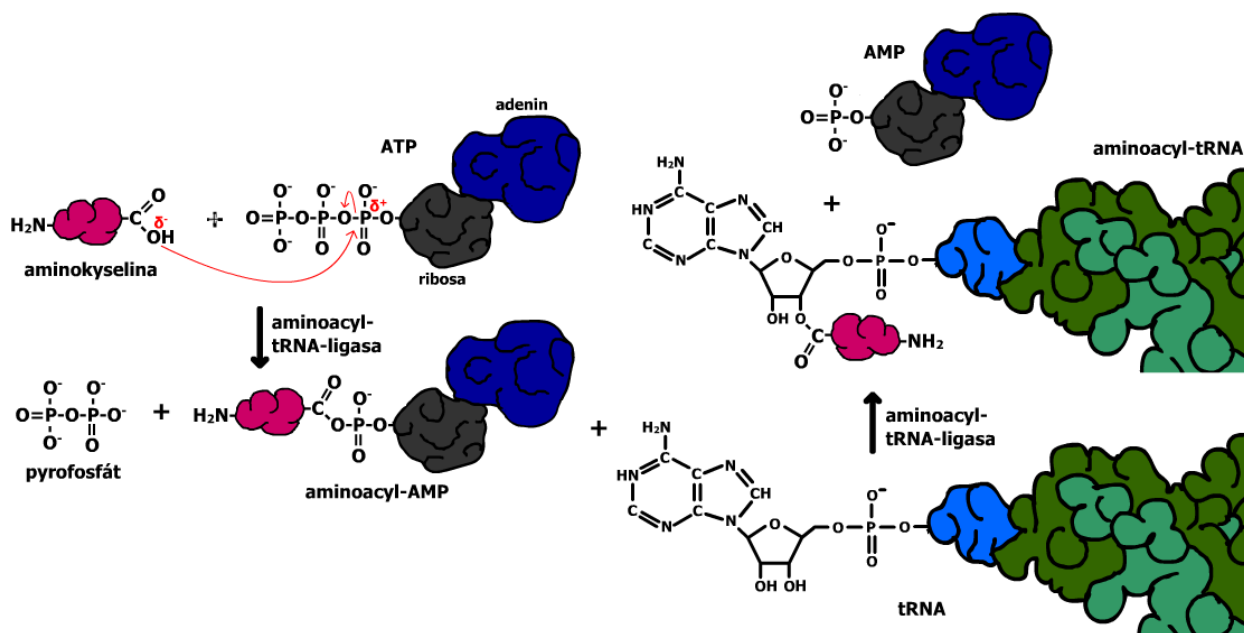


Obr. 23 – Diagram zobrazující vztah mezi aminokyselinami a jejich tripletovými kodony. Fialově je vyznačena aminokyselina methionin, tmavě šedě pak STOP-kodony. V momentě, kdy bychom chtěli např. zjistit kodony pro AMK histidin, najdeme ji po obvodu diagramu. Následně od středu kruhu čteme písmena za sebou, tedy CAU nebo CAC.

Kodony, tedy triplety nukleotidů v mRNA (někdy se termín kodon používá i pro DNA), slouží tedy zejména k zařazení aminokyseliny do vznikajícího řetězce peptidu (viz Obr. 23). Některé kodony jsou ovšem určeny k jiným účelům. Pro terminaci translace jsou určeny tzv. terminační, též **STOP-kodony** (UAA, UAG, UGA), které nekódují žádnou AMK, ale v momentě, kdy se objeví v A-místě translačního aparátu (viz Translace – průběh), jsou rozpoznány specifickými rozpustnými proteiny zvanými uvolňovací faktory, které po navázání

ukončí celý proces translace. Naopak **iniciační kodony** (AUG) jsou signálem k zahájení translace a současně i kodonem pro methionin (viz *Translace – průběh*).

U replikace a transkripce vstupují stavební kameny nových vláken nukleových kyselin v aktivované formě jako (deoxy)nukleotidtrifosfáty. Nesou si tedy s sebou balíček energie v podobě anhydridové vazby mezi fosfáty, díky kterému je samotná polymerační reakce mnohem rychlejší. U translace, kdy se za sebou řadí jednotlivé aminokyseliny, je také potřeba danou AMK **aktivovat** ideálně ještě předtím, než vstoupí do translačního procesu. Tento proces aktivace je katalyzován enzymem **aminoacyl-tRNA-ligasou** patřící do třídy ligas. Nejprve se na karboxylovou skupinu aminokyseliny anhydridovou vazbou naváže AMP (uvolňuje se pyrofosfát), který je pak nahrazen příslušnou tRNA za vzniku esterové vazby (ta vzniká mezi karboxylovou skupinou AMK a volnou -OH skupinou ribosy na 3'-konci tRNA) (viz Obr. 24). Enzymy katalyzující aktivaci AMK jsou lokalizovány v cytosolu, nesouvisejí tedy s ribosomy a tím pádem mohou vytvářet aktivované AMK (aminoacyltRNA) do zásoby.



Obr. 24 – Schéma popisující aktivaci aminokyseliny (přenesení na tRNA) pomocí molekuly ATP.

Každému kodonu (na mRNA) odpovídá určitý antikodon (na tRNA). Tedy pro každý triplet kódující AMK existuje v buňce příslušná molekula tRNA. Proteiny lidského těla se skládají z 21 "proteinogenních-proteiny tvořících" aminokyselin (21. je selenocystein), které jsou v průběhu translace přinášeny navěšené na tRNA do vazebného místa ribosomu. Aminoacyl-tRNA-ligasy jsou velmi přísně **substrátově specifické** enzymy.

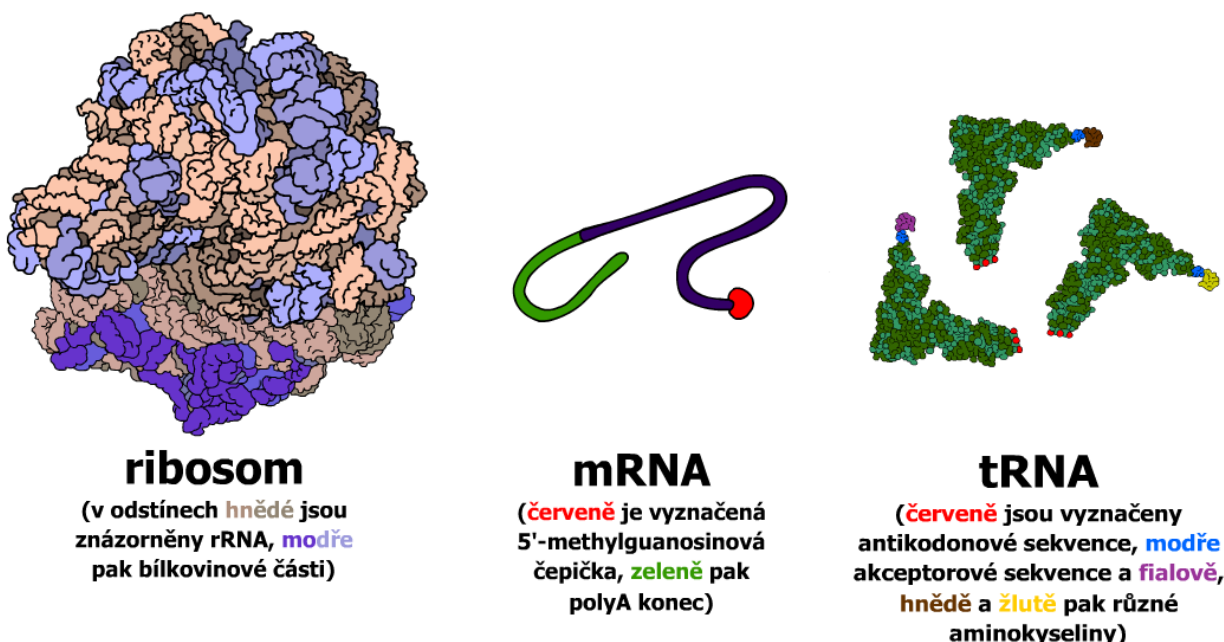
Rozeznávají jak určitou aminokyselinu, tak i jí příslušnou tRNA tím, že pro ně mají vybudované přesně "padnoucí" vazebné místo.

Translace – co je potřeba

Na rozdíl od jaderné replikace a transkripce, probíhá translace v cytoplasmě na nukleoproteinových komplexech - **ribosomech**, sestávajících ze dvou podjednotek. Ribosomy se mohou nacházet volně či na hrubém endoplasmatickém retikulu.

Prokaryotní a eukaryotní ribosomy se liší ve své struktuře. Tato odlišnost se stanovuje pomocí sedimentačního koeficientu. Ten přímo souvisí s molekulovou hmotností dané látky a udává čas, za který proběhne v ultracentrifuze sedimentace ribosomu. Jednotkou je Svedberg (S), tato jednotka představuje čas 10^{-13} sekundy. Pak můžeme prokaryotický ribosom označit jako 70S, eukaryotický jako 80S.

mRNA vznikající transkripcí v jádře obsahuje na 5'-konci guanosinovou čepičku, která jí umožňuje navázat se na malou podjednotku ribosomu, a na 3'-konci pak polyadenylátový konec ochraňující vlákno mRNA před exonukleasami.



Obr. 25 – Některé molekuly a nadmolekulární struktury potřebné pro proces translace.

Molekula **tRNA** má několik důležitých úkolů. Zprvce dopravuje příslušnou aminokyselinu na ribosom (ve formě tzv. aminoacyl-tRNA), zadruhé pak zprostředkovává kontakt s mRNA (díky antikodonu), tedy zodpovídá za navázání správné AMK na příslušný kodon. Výše popsané součásti procesu translace jsou zobrazené na Obr. 25.

Ribosom, mRNA a aminoacyl-tRNA nejsou zdaleka jediné struktury potřebné pro správný průběh translace. Té se dále účastní mnoho různých proteinů plnících regulační funkce. Jejich představení je ovšem nad rámec tohoto textu.

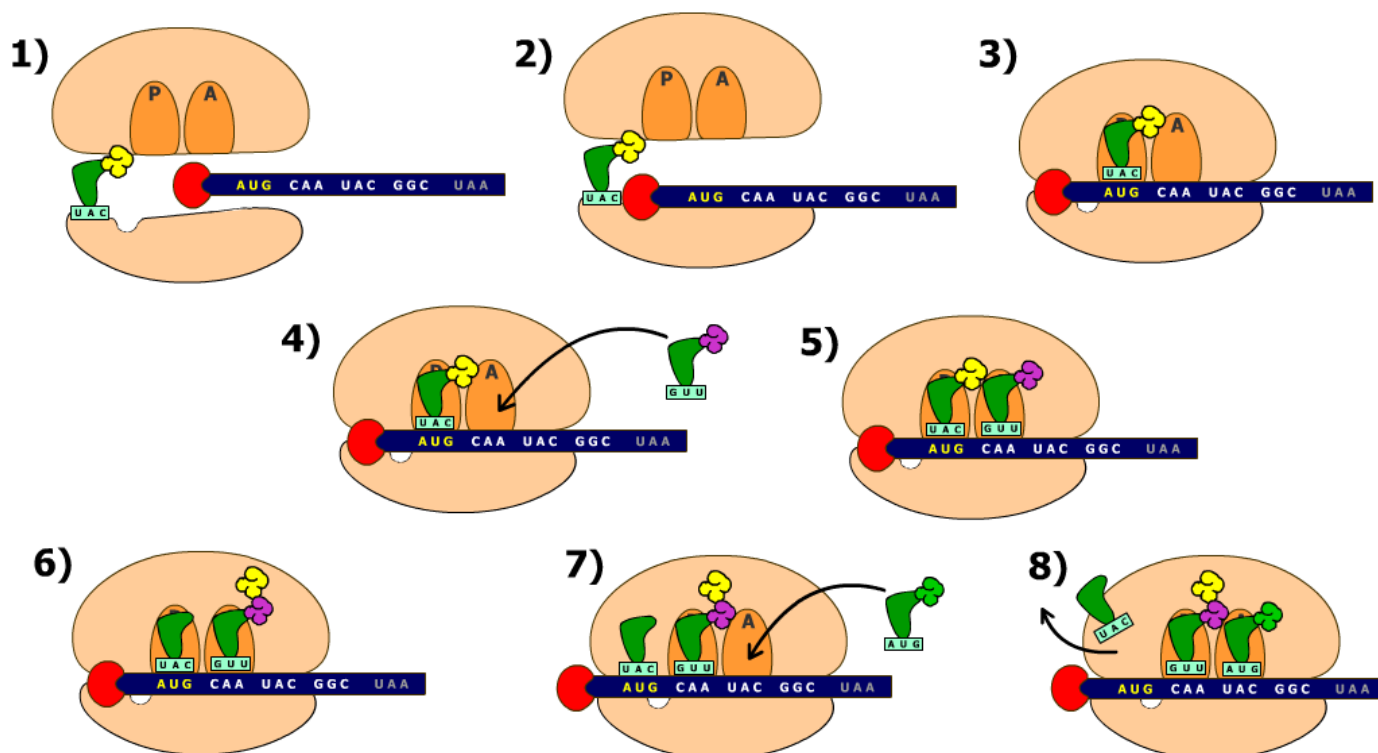
Translace – průběh

Translace patří k nejsložitějším buněčným procesům. Probíhá na ribosomech (nukleoproteinových komplexech), které působí jako katalyzátory. Ribosomy se nachází na hrubém endoplasmatickém retikulu nebo volně v cytoplasmě. Celý proces je zjednodušeně znázorněný na Obr. 25.

mRNA (se všemi posttranskripčními úpravami) se dostává z jádra do cytoplasmy skrz jaderné póry. Zde se váže na ribosomy přítomné na hrubém endoplasmatickém retikulu díky 5'-čepičce.

Každý ribosom je složen ze dvou nekovalentně spojených podjednotek - malé a velké. Do prostoru mezi nimi se váže mRNA (konkrétně primárně na malou podjednotku), která zde slouží jako templát pro translaci, tedy syntézu nového peptidu/proteinu. Kromě velké a malé podjednotky celý komplex obsahuje mnoho faktorů, proteinů, které jsou potřebné pro správný průběh translace (**translační faktory**) a dále tRNA nesoucí první aminokyselinu nového řetězce, kterou je vždy methionin (tRNA^{Met}) s kodonem AUG (u bakterií je touto aminokyselinou *N*-formyl-methionin). Po navázání mRNA na malou podjednotku ribosomu začne tato skenovat mRNA až do momentu, kdy narazí na iniciační **start kodon** (AUG). Díky translačním faktorům se naváže velká podjednotka a tRNA^{Met} se ocitne v jejím **P-místě** (peptidylové místo), viz Obr. 26. **A-místo** (aminoacylové místo) je volné a může se do něj podle volného kodonu na mRNA navázat další tRNA nesoucí příslušnou aminokyselinu. V momentě vazby takové tRNA (pomocí H-můstků) na mRNA vzniká peptidová vazba a to přenosem peptidylového zbytku, doposud vázaného esterovou vazbou na tRNA^{Met} na volnou aminoskupinu aminokyseliny v A-místě. Reakce je katalyzována peptidyltransferasou, která je součástí nadmolekulové struktury ribosomu. Vznikl tedy dipeptid a nyní se musí obnovit původní stav. Molekula tRNA, z níž byl přesunut peptidylový zbytek, mění svou konformaci, ztrácí afinitu k P-místu a disociuje od ribosomu do cytoplasmy, čímž se P-místo uvolní. Do něj se přesune peptidyl-tRNA a současně se přesune i mRNA o jeden kodon (triplet) ve směru 5'→3'. Tento přesun vyžaduje přítomnost elongačního faktoru a hydrolýzu molekuly GTP.

Tímto způsobem pokračuje elongační fáze translace. Celý proces proteosyntézy je velmi energeticky náročný. Uvádí se, že rostoucí bakteriální buňky využívají 90 % energie získávané katabolickými procesy právě pro translaci.



Obr. 26 – Znázornění procesu translace.

Elongační fáze končí v momentě, kdy ribosom dospěje k sekvenci **stop kodonu** (UAA, UAG nebo UGA), který se dostane do A-místa. V buňce obvykle neexistují tRNA schopné navázat se na STOP kodon. Translace se proto zastaví a na vzniklý komplex se může navázat jeden z terminačních (uvolňovacích) faktorů. Jsou to proteiny schopné rozložit celý komplex. Dochází tedy k oddálení obou ribosomálních podjednotek, oddisociuje mRNA i peptidyl-tRNA, z níž je pak ještě nutno hydrolyticky odštěpit vzniklý polypeptidový řetězec (bílkovinu).

Translace – modifikace

Při translaci vzniká polypeptidový řetězec, který je ovšem potřeba dále upravit a vytvořit tak funkční protein. Těmto úpravám říkáme **posttranslační modifikace** (Obr. 27 a 28). Jedná se o úpravy chemické struktury povětšinou enzymaticky řízené.

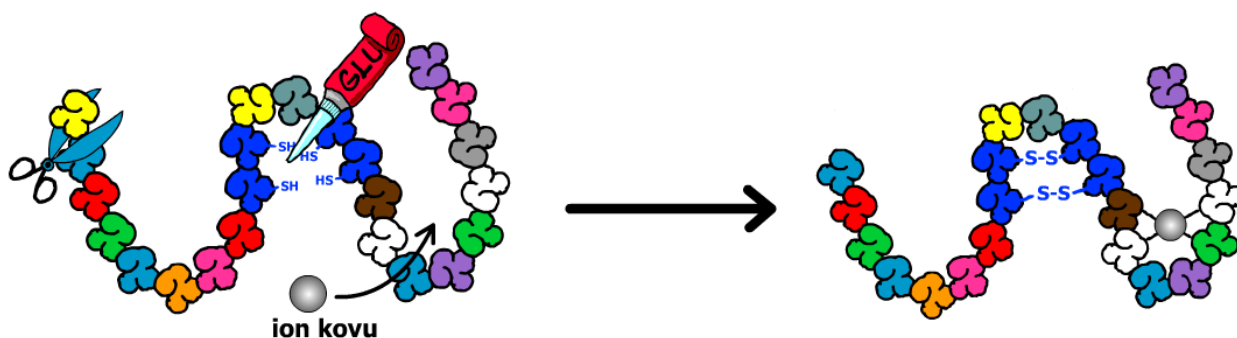
K častým úpravám patří **zkracování polypeptidového řetězce**. Základem je hydrolýza methioninu na N-konci, který je první aminokyselinou v molekule. K vyštěpování určité části

proteinu může docházet i v cílové tkáni. Příkladem je např. enzym pepsin, který se do žaludečního lumen vylučuje v podobě neaktivní formy pepsinogenu a teprve po kontaktu s kyselým pH žaludku dochází k odštěpení krátkého peptidu kryjícího aktivní místo tohoto enzymu. Tehdy se z neaktivního pepsinogenu stává aktivní pepsin štěpící bílkoviny.

Tento princip aktivace pomocí odštěpení některé části z proteinu (většinou z N-konce) je základem tzv. krevní koagulační kaskády. V momentě, kdy je porušena celistvost krevního řečiště, je potřeba rychle v daném místě vytvořit sraženinu, která ránu ucpe a zabrání vykrvácení. K tomuto slouží kaskáda několika na sebe navazujících reakcí, kdy se neaktivní forma enzymu (často proteasy) mění na aktivní (např. změna neaktivního prothrombinu na aktivní thrombin) a tím ve výsledku dochází k agregaci proteinu fibrinu, který ránu ucpe.

Při enzymově řízené dehydrogenaci dochází k oxidaci thio skupin aminokyselin cysteinu a vzniku **disulfidových můstků**, které kovalentně pojí různé části řetězce dohromady a podílí se tak na vzniku terciární struktury proteinu.

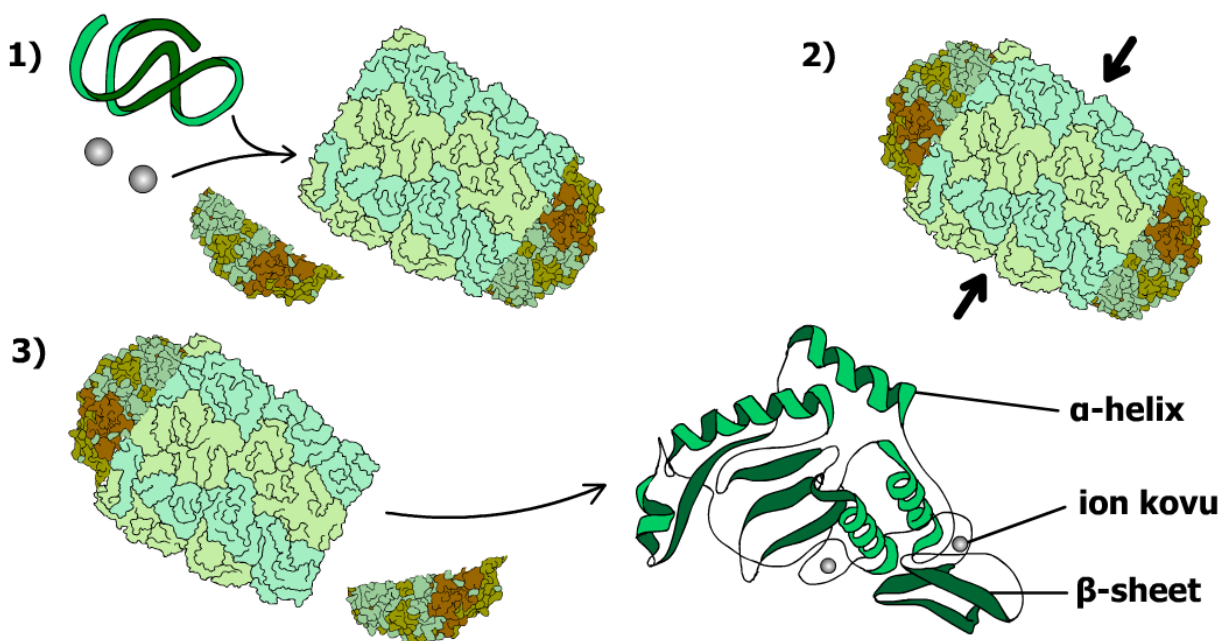
Další modifikací (zejména u transportních proteinů či enzymů) je **připojení iontů kovů** (Cu^{2+} , Zn^{2+} , ...) do struktury polypeptidu. Ty se do řetězce vmezeřují díky koordinačně-kovalentní vazbě a např. u metaloenzymů se často přímo podílí na jejich katalytické funkci.



Obr. 27 – Zde jsou vidět některé posttranslační modifikace proteinů (vystřížení methioninu, vytvoření disulfidových můstků a koordinace iontu kovu – znázorněn šedivou kuličkou).

Mezi další modifikace patří např. fosforylace proteinů. Ta je jedním z hlavních mechanismů regulace enzymatické aktivity (fosforylovaný enzym je aktivní, nefosforylovaný katalytickou funkci nevyvolává; je potřeba podotknout, že u některých enzymů platí toto pravidlo obráceně). Mezi typicky fosforylované proteiny řadíme např. již výše zmíněný pepsin. Dále se některé aminokyseliny proteinu mohou hydroxylovat (zejména kolageny), mohou na ně být navěšeny mono- či oligosacharidy (tím vznikají glykoproteiny), lipidové složky (vznik lipoproteinů) apod.

Většina bílkovin má během své syntézy (či po svém vzniku) tendenci shlukovat se např. nepolárními částmi svých řetězců dohromady a tím tvořit dále nevyužitelné shluky (agregáty). Naopak u nesbalených proteinů může docházet ke štěpení řetězců (endo-, exo-) proteasami. Jako ochrana před nechtěnou agregací či štěpením slouží tzv. **chaperony**, kulovité proteiny vážící se na peptidový řetězec a stabilizujícího do doby, než se ten zformuje do výsledného tvaru. Další možností poskládání proteinu do finální struktury nabízí soudečkovitý proteinový útvar **chaperonin** (Obr. 28). Ten do svého nitra pojme nesbalený protein a sledem konformačních změn je následně za spotřeby ATP vytvořen nativní (funkční) protein, jež je vypuzen ze soudku ven.



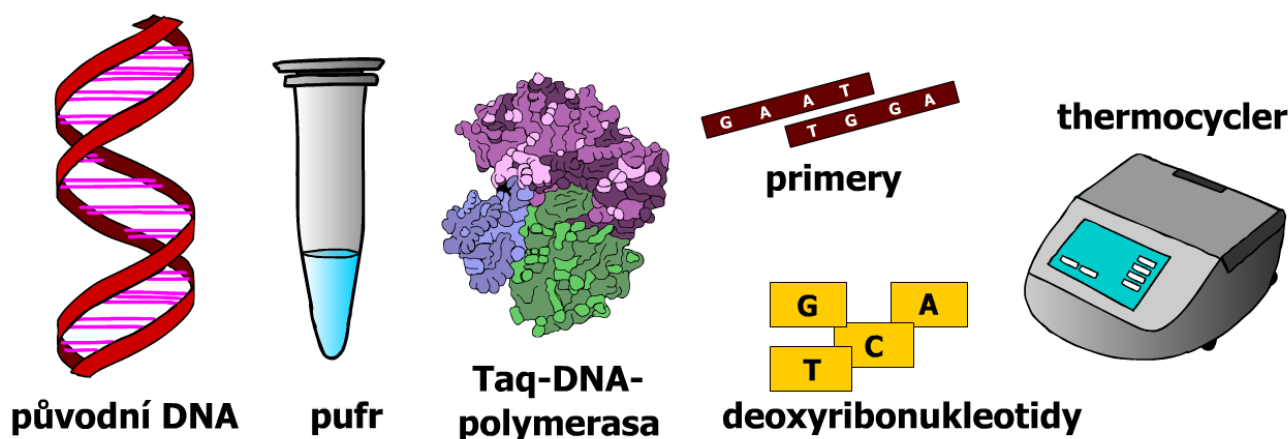
Obr. 28 – Chaperoniny a jejich mechanismus skládání proteinu do finální struktury. Do dutinky chaperoninu se vmezeří nesložený protein (společně např. s ionty kovů), obr. 1). Chaperonin je následně uzavřen a postupným stahováním a roztahováním soudku je protein formován do výsledného tvaru (obr. 2)). Na konci procesu se chaperonin otevře na druhé straně a vypustí složený protein do cytoplasmy (obr. 3)).

Finální struktura proteinů je tedy dána mnoha různými modifikacemi. Primární struktura proteinů je určena pomocí pořadí aminokyselin v polypeptidovém řetězci. Za vznik sekundární struktury (α -helixů a β -sheetů) zodpovídají H-můstky. Na finálním sbalení těchto sekundárních struktur do struktury terciární pak mohou disulfidové můstky, interakce s ionty kovů, van der Waalsovy síly, H-můstky apod.

PCR – co je potřeba

Metoda PCR (polymerase chain reaction – polymerázová řetězová reakce) slouží k namnožení předem definovaného malého množství úseků DNA do takové koncentrace, kdy je možné danou genetickou informaci detekovat. K celému procesu je nutná znalost sekvence nukleotidů v původní, tedy tzv. amplifikované, molekule DNA.

Celý proces je v mnohém podobný replikaci. Pro započetí reakce jsou zapotřebí dva **primery** (15-25 bází dlouhé úseky DNA), které nasedají na 3'-konec vláken původní DNA a které slouží jako startovací pozice pro DNA-polymerasu. Tento enzym, který katalyzuje růst nových řetězců DNA, pochází ze skupiny tzv. **Taq-DNA-polymeras**. Ty byly získány z termofilní bakterie *Thermus aquaticus* (proto Taq-polymerasy), která žije v blízkosti podmořských horkých pramenů (černých a bílých kuřáků). Díky tomu si enzym zachovává aktivitu i za vysokých teplot. Růst nových vláken DNA by se neobešel bez stavebních kamenů, **deoxyribonukleotidů**. Tak jako ve všech typech DNA i zde se objevují nukleotidy nesoucí čtyři dusíkaté báze: adenin, thymin, cytosin a guanin (Obr. 29).



Obr. 29 – Komponenty potřebné pro PCR.

Veškeré již zmíněné komponenty je nutné vložit do prostředí, ve kterém budou ideální podmínky pro průběh samotné polymerázové reakce (zejména pro aktivitu DNA-polymerasy). Jedná se zejména o stálou hodnotu pH. Toto prostředí navozuje **pufrační roztok**.

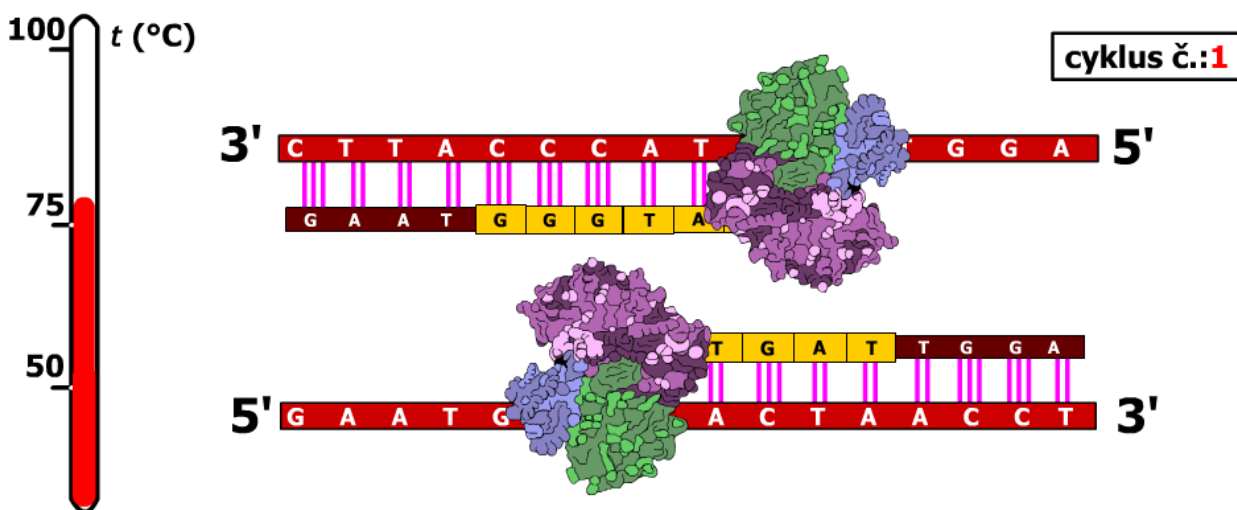
PCR – průběh

Metoda PCR (polymerase chain reaction) slouží k namnožení malého vzoru genetické informace, který je pak detekovatelný dalšími metodami analytické biochemie jako

např. gelovou elektroforézou. Je také možné z velkého úseku DNA pomocí primerů (viz dále) vybrat jeden konkrétní gen, jehož nukleotidovou sekvenci známe, a nechat namnožit pouze ten.

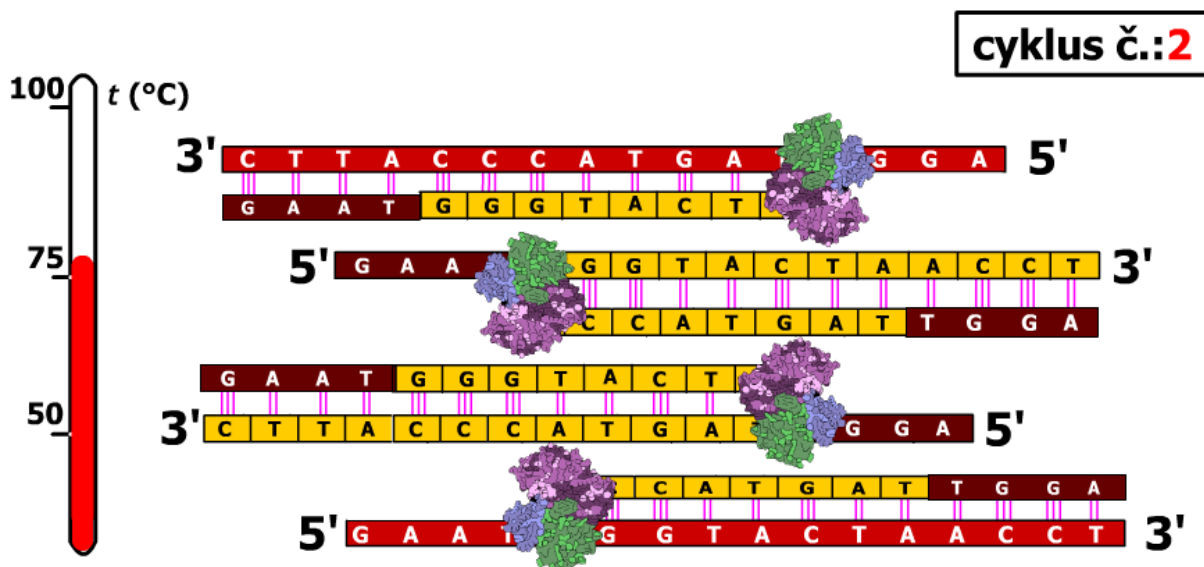
Začátkem je třeba do pufráčního roztoku v eppendorfově zkumavce napipetovat potřebné chemikálie o potřebné koncentraci: Taq-DNA-polymerasu, deoxyribonukleotidy, primery a samozřejmě vzorek DNA. Přístroj pro provádění PCR se nazývá **thermocycler**. Ten obsahuje blok jamek, do kterých lze zkumavky vkládat a který je následně schopen zvyšovat či snižovat teplotu podle předem daného nastavení.

Samotný průběh PCR se dělí do cyklů, čím více cyklů, tím více se DNA namnoží. Každý cyklus má 3 kroky. V prvním kroku se roztok s amplifikovanou (kopírovanou) DNA zahřívá na teplotu kolem 96 °C. Tím dochází k denaturaci celé molekuly (přerušení H-můstků mezi bázemi a rozvolnění celých vláken). V druhém kroku cyklu se teplota sníží na cca 55 °C a to z toho důvodu, aby na počáteční úseky množené části vláken DNA mohly nasednout deoxyribonukleotidové primery. Ty se s vlákny spojí opět pomocí H-můstků. Třetí krok cyklu je katalyzován termostabilní Taq-DNA-polymerázou. Teplota se v této fázi liší v závislosti na použité polymerase. Nejčastěji se jedná o enzym mající teplotní optimum mezi 75-80 °C. Polymerasa vytváří z deoxyribonukleotidů komplementární vlákna (Obr. 30). Těmito kroky jsme získali v jedné reakční směsi dvě kopie z jednoho úseku DNA obsahujícího gen, který potřebujeme detekovat. Při druhém cyklu získáme čtyři kopie, při třetím osm apod.



Obr. 30 – Znázornění třetího kroku prvního cyklu metody PCR.

Po skončení třetí fáze prvního cyklu se celý proces několikrát opakuje (např. 29x, tedy probíhá 30 cyklů) – viz Obr. 31. Z jedné molekuly DNA je tak možno na konci celého procesu získat až 1 miliardu namnožených úseků.



Obr. 30 - Znázornění třetího kroku druhého cyklu metody PCR.

Metoda PCR se využívá k mnoha účelům. Díky ní je možné detekovat infekční DNA ve vzorku (např. detekce virového proteinu z nosohltanové sliznice při vyšetření na onemocnění covid-19), lze takto v genomu identifikovat dědičné choroby, či např. přiřadit vzorek neznámé tkáně ke konkrétnímu člověku, známe-li sekvenci jeho genomu.

4 Výzkumná část A

Hlavním cílem didaktického výzkumu prováděného v rámci disertační práce bylo zjistit, jaký vliv má používání výukových animací na žáka, a to konkrétně na složky jeho vnitřní motivace a naučené poznatky.

Z výzkumů uvedených v kap. 2.4 plyne spíše pozitivní vliv používání animací na žákovu motivaci i na jeho studijní výsledky. Nicméně vliv animací na jednotlivé složky motivace nejsou prozatím dostatečně prozkoumány. Z toho důvodu je tento výzkum cílen na 4 základní složky vnitřní motivace žáka: *zájem / potěšení, úsilí, uvědomění si svých schopností a hodnota / užitečnost*.

4.1 Výzkumné otázky a výzkumné hypotézy

Pro výzkumné šetření byly stanoveny dílčí výzkumné otázky:

1. Jaký vliv má zařazení vzdělávacích animací na žákovu vnitřní motivaci? (Resp. existuje statisticky významný rozdíl ve vnitřní motivaci (tedy jejích složkách) mezi kontrolní a experimentální skupinou žáků? Je tento rozdíl věcně významný?)
2. Jaký je vliv pohlaví na začlenění vzdělávacích animací do výuky? (Resp. existuje statisticky významný rozdíl ve vnitřní motivaci a studijních výsledcích chlapců a dívek? Je tento rozdíl statisticky významný?)
3. Jaký vliv má zařazení vzdělávacích animací na žákovy poznatky, které se týkají probírané látky? (Resp. existuje statisticky významný rozdíl v dosažené úrovni znalostí a dovedností mezi žáky kontrolní a experimentální skupiny? Je tento rozdíl věcně významný?)

Výzkumné hypotézy byly ve vztahu k výše uvedeným otázkám následující:

- H_1 : Žáci, kteří při výukovém procesu pracují s animacemi, jsou více motivováni, než žáci učící se s využitím statických učebních prostředků.
- H_2 : Pohlaví žáka nemá vliv na vnitřní motivaci žáků ve vztahu k začleňování vzdělávacích animací do výuky chemie.
- H_3 : Žáci, kteří při výukovém procesu pracují s animacemi, dosahují lepších studijních výsledků než žáci učící se s využitím statických učebních prostředků.

Z hlediska vnitřní motivace žáků se navržený didaktický výzkum zabýval 4 kategoriemi:

1. *Zájem / potěšení* – zkoumá, zdali je hodina s využitím animací pro žáky zábavná, zdali se žáci při hodině s animacemi nenudí;
2. *Úsilí / důležitost* – zabývá se otázkou, zdali jsou žáci ochotni vkládat do výuky více úsilí, aby uspěli v dané činnosti/hodině;
3. *Sebeuvědomění si svých schopností* – tato část motivace žákovi přináší sebekontrolu nad jeho schopnostmi vytyčit a zrealizovat cestu k nějakému předem danému cíli;
4. *Hodnota / užitečnost* – zkoumá, zda je hodina/aktivita s využitím animací pro žáky užitečná, přináší jim nějaké praktické poznatky, dovednosti či hodnoty.

4.2 Metodologie výzkumného šetření

4.2.1 Použité animace

Animace používané v tomto výzkumu byly vytvořeny v animačním programu Adobe Flash Professional CS6 v rámci sepisování diplomových a disertačních prací na Katedře učitelství a didaktiky chemie PřF UK. Způsob práce s animačním programem Adobe Flash je popsán v diplomové práci (Šarboch D. , 2018).

Animace používané v tomto výzkumu se týkaly tří základních témat:

1. Fotosyntéza – výuková animace „Fotosyntéza“ (Roštejnská, 2008);
2. Trávení v lidském organismu – výuková animace „Trávení v lidském organismu“ (Šarboch, 2018);
3. Metabolismus člověka – výuková animace „Trávení v lidském organismu“ (Šarboch, 2018).

Souhrnné informace k oběma použitým animacím (Fotosyntéza a Trávení v lidském organismu) vycházející z RVP G představuje Tab. 12:

Tab. 12 – Popis animací použitých ve výzkumu (Roštejnská, 2008; Šarboch, 2020).

Stupeň a období vzdělávání	ISCED 2, ISCED 3
Vzdělávací oblast	Člověk a příroda
Vzdělávací obor – mezioborové přesahy	Chemie, Biologie
Tematický celek	Biologie: - Biologie buňky, biologie rostlin, biologie člověka Chemie: - Biochemie
Učivo	Biologie buňky: buňka – stavba a funkce Biologie rostlin: fyziologie rostlin, rostliny a prostředí Biologie člověka: soustavy látkové přeměny, soustavy regulační Biochemie: lipidy, sacharidy, proteiny, enzymy, vitaminy a hormony
Očekávané výstupy dle RVP G	Biologie - Žák: - využívá znalosti o orgánových soustavách pro pochopení vztahů mezi procesy probíhajícími v lidském těle - objasní stavbu a funkci strukturních složek a životní projevy prokaryotních a eukaryotních buněk - popíše stavbu těl rostlin, stavbu a funkci rostlinných orgánů Chemie - Žák: - objasní strukturu a funkci sloučenin nezbytných pro důležité chemické procesy probíhající v organismech - charakterizuje základní metabolické procesy a jejich význam
Očekávané výstupy dle charakteru disertační práce (dohromady pro všechny části učiva)	Žák: - popíše anatomii trávicího traktu člověka, - objasní základní funkce trávicí soustavy, - odvodí vztahy trávicí soustavy s dalšími tělními soustavami, - podle schématu vysvětlí vlastními slovy jednotlivé trávicí pochody, - demonstruje vztah mezi anatomii a fyziologií trávicí soustavy, - popíše anatomii listu a zhodnotí vliv její struktury na průběh fotosyntézy, - podle schématu vysvětlí vlastními slovy jednotlivé fotosyntetické pochody.

4.2.2 Metodika práce s animacemi

Výzkumné šetření proběhlo na 5 různých školách (viz Tab. 13). Po domluvení spolupráce s daným vyučujícím proběhlo úvodní setkání, na kterém byla vyučujícímu představena koncepce výzkumu a jeho realizace. Bylo zapotřebí dodržet následující kritéria:

1. stejný vyučující učil po celou dobu výzkumu zvlášť kontrolní a zvlášť experimentální skupinu (popis viz kap. 4.2.3). Žáci se během výzkumného šetření mezi skupinami neměnili.
2. v rámci výuky experimentální skupiny byly jako dynamické vizualizační prostředky používány výhradně popsané výukové animace. Při výuce kontrolní skupiny nebyly využívány žádné animace, ani videa. Naopak byly použity různé obrázky, schémata, modely apod. (statické reprezentace učiva).
3. učitel předával oběma skupinám stejný učební obsah, vycházel ze stejných vzdělávacích cílů,
4. učitel používal k předávání učiva u obou skupin stejné výukové metody (pouze jiné prostředky).

Forma práce s animacemi byla závislá na daném učiteli. Kromě frontální výuky a metody kladení otázek byla používána i skupinová práce s pracovními listy spolu s využitím tabletů, mobilů apod. Učitelé byli upozorněni na nutnost aplikace stejných metod výuky u obou skupin, pouze s lišícími se vizualizačními prostředky.

4.2.3 Výzkumný vzorek

Výzkumné šetření probíhalo ve školním roce 2018/2019 a 2019/2020.

V rámci výzkumu samotného byli žáci (respondenti) rozděleni do dvou skupin:

1. Kontrolní skupina – sestává z žáků, kteří se po dobu experimentu vzdělávají s pomocí statických výukových metod a prostředků (např. frontální i skupinová výuka, používání nákresů, modelů, prezentací apod.). Důležité je, že kontrolní skupina během výuky nepracuje s žádnými dynamickými výukovými materiály (videa, animace, ...);
2. Experimentální skupina – oproti tomu sestává z žáků, jež po celou dobu trvání výzkumu pracují v rámci různých výukových metod zejména s dynamickými výukovými prostředky (konkrétně s výše zmíněnými výukovými animacemi).

Z výše uvedeného vyplývá pro popsaný výzkum charakteristika experimentálně pojaté výuky jako výukového procesu, během kterého jsou žáci vzděláváni za pomoci výukových animací (různými výukovými metodami a organizačními formami výuky).

Tudíž lze popsat i klasickou formu výuky chápanou v rámci tohoto výzkumu jako výukový proces, během kterého dochází k realizaci různých výukových metod i organizačních forem, kromě používání dynamických vizualizačních prostředků

V níže uvedené tabulce je popsána charakteristika jednotlivých výzkumných vzorků, které se šetření zúčastnily.

Tab. 13 – charakteristika jednotlivých výzkumných vzorků.

Kritérium	1. vzorek	2. vzorek	3. vzorek	4. vzorek	5. vzorek
Škola	Gymnázium Evolution (GEVO), Praha	Gymnázium Elišky Krásnohorské (GEKOM), Praha	Gymnázium Botičská (BOTIC), Praha	Gymnázium V. Beneše Třebízského (GSLANY), Slaný	Přírodovědné gymnázium (PRIGO), Ostrava
Kraj	Praha	Praha	Praha	Středočeský	Moravskoslezský
Počet žáků	37	47	26	30	19
Počet chlapců	17	12	8	16	8
Počet dívek	20	35	17	14	10
Věkové rozpětí	16-18 let	17-19 let	18-19 let	13-14 let	16-18 let
Třída	Čtvrtý ročník (VG)	Třetí ročník (VG)	Čtvrtý ročník (VG)	Tercie (NG)	Třetí ročník (VG)
Předmět, ve kterém výzkum probíhal	chemie	biologie	chemie	přírodopis	chemie
Název použité animace	Trávení v lidském organismu (metabolismus člověka)	Trávení v lidském organismu	Fotosyntéza	Trávení v lidském organismu	Trávení v lidském organismu (membránový transport)

4.2.4 Výzkumné nástroje

Pedagogický výzkum byl z hlediska metodiky podpořen několika výzkumnými nástroji. Pro zjištění vlivu ověřovaných animací na motivační orientaci žáků byly v rámci didaktického výzkumu použity dva typy výzkumných nástrojů: Motivated Strategies for Learning Questionnaire (MSLQ – Dotazník motivačních strategií pro výuku) (Pintrich et al., 1991) a Intrinsic Motivation Inventory (IMI – Dotazník vnitřní motivace) (Ryan, 1982; McAuley, 1989). Úroveň naučených poznatků byla zjišťována prostřednictvím znalostních

pretestů a posttestů. Jak konkrétně byly nástroje využity ve výzkumném šetření je popsáno v kap. 4.2.5 *Průběh didaktického výzkumu*.

4.2.4.1 Výzkumné nástroje pro zjišťování vlivu na vnitřní motivaci žáků

Pro účely tohoto šetření byly sestaveny tři dotazníky: predotazník, postdotazník zaměřený na použití animací ve výuce (postdotazník EXP) a postdotazník zaměřený na kontrolní styl výuky (postdotazník KLA).

Predotazník (viz Příloha 1) byl vytvořen výběrem 16 výroků (položek) z nástroje MSLQ tak, že každý výrok patřil do jedné ze čtyř vybraných škál: **vnitřní cílová motivace** (výroky 1, 6, 9, 14), **vnější cílová motivace** (výrok 3, 5, 10, 16), **sebeúčinnost při učení** (nároky 2, 8, 11, 13) a **sebeuvědomění při učení** (nároky 4, 7, 12, 15). Žáci měli na výběr ze sedmibodové hodnotící škály, jejímž prostřednictvím vyjádřili svůj souhlas s tímto tvrzením.

Postdotazníky (postdotazník KLA_1 i KLA_2 (viz Příloha 2) i postdotazník EXP (viz Příloha 3)) zahrnují výběr 25 tvrzení (položek) z nástroje IMI. Každé tvrzení náleží k jedné ze čtyř zvolených škál vnitřní motivace: *zájem / potěšení* (tvrzení 1, 5, 11, 15, 18, 21, 22), *úsilí / důležitost* (tvrzení 2, 6, 12, 19, 23), *uvědomění si svých schopností* (tvrzení 3, 7, 9, 13, 16, 25) a *hodnota / užitečnost* (tvrzení 4, 8, 10, 14, 17, 20, 24). K 25 tvrzením postdotazníku EXP bylo přidáno 10 položek, které blíže specifikovali práci s animacemi. U obou postdotazníků měli žáci možnost vybrat ze sedmi bodové škály právě takové hodnocení, které podle nich vyjadřovalo míru souhlasu s daným tvrzením. Položky v postdotazníku EXP, zaměřeným na použití animací ve výuce, byly upraveny tak, aby tvrzení jasně směřovala k použité aktivitě (animaci) ve výuce. Naopak postdotazníky KLA_1 a KLA_2, zaměřený na kontrolní styl výuky, byl upraven tak, aby tvrzení jasně vypovídala o stylu výuky s použitím statických vizualizačních prostředků.

4.2.4.2 Výzkumné nástroje pro zjišťování vlivu na úroveň naučených poznatků

Jak již bylo uvedeno výše, úroveň naučených poznatků byla zjišťována v rámci didaktického výzkumu realizovaného na středních školách (příp. víceletých gymnáziích) na základě vyplnění znalostních testů (viz Přílohy 4-7).

Pro každý ročník, daný předmět (chemie, biologie i přírodopis) a dané téma je vypracován a následně použit specifický znalostní test, který je vždy použit dvakrát, a to na začátku (pretest) a na konci šetření (posttest). Tento test je zcela identický pro experimentální i kontrolní třídu.

Tímto způsobem je zajištěna porovnatelnost a určení znalostního posunu žáků. Celkově byly vytvořeny čtyři takovéto testy, dva pro chemii (pro 4. ročníky vyššího gymnázia) a zbylé dva pro ověřování znalostí v přírodopisu, resp. biologii (pro 3. ročník nižšího gymnázia, resp. pro 3. ročník vyššího gymnázia). Popis jednotlivých testů shrnuje Tab. 14. Samotné didaktické testy jsou součástí příloh. Všechny testy byly vytvořeny autorem práce ve spolupráci s učitelem, který je následně používal při výuce (takto bylo zajištěno, že testy obsahovaly skutečně jen informace a dovednosti, se kterými učitel v hodině pracoval). Každý test byl připomínkován expertním panelem, sestávajícím min. ze dvou didaktiků a dvou učitelů přírodních věd. Následně byl pozměněn dle poznámek panelistů a použit ve výzkumu.

Test z chemie pro 3. ročník VG se skládal z 5 položek a byl zaměřen na fotosyntézu, konkrétně na světlou a temnostní fázi fotosyntézy (viz Příloha 5). Test z přírodopisu pro 3. ročník NG se skládal z 8 položek a byl zaměřen na trávicí soustavu člověka (viz Příloha 4). Test z biologie pro 3. ročník VG se skládal ze 4 položek a byl zaměřen na metabolismus živin v lidském těle (viz Příloha 6). Znalostní test určený pro třetí ročník VG byl zaměřený na membránový transport (viz Příloha 7). V Tab. 14 lze nalézt základní charakteristiky použitých znalostních testů.

Tab. 14: Charakteristika znalostních a dovednostních testů.

Název testu	Položka č.	Max. počet bodů	Charakteristika položky
Fotosyntéza (Příloha 5)	1	3	Otevřená se stručnou doplňovací odpovědí
	2	2	Otevřená se stručnou doplňovací odpovědí
	3	5	Uzavřená přiřazovací
	4	3	Otevřená se stručnou produkční odpovědí
	5	3	Uzavřená s výběrem jedné správné odpovědi
	<i>Celkem</i>	<i>16</i>	
Metabolismus člověka (Příloha 6)	1	5	Uzavřená přiřazovací
	2	3	Otevřená se stručnou produkční odpovědí
	3	6	Otevřená s vymezenou strukturovanou odpovědí
	4	4	Uzavřená s výběrem jedné správné odpovědi
	<i>Celkem</i>	<i>18</i>	
Trávení v lidském organismu (použito na dvou školách, Příloha 4)	1	3	Otevřená se stručnou doplňovací odpovědí
	2	3	Otevřená se stručnou produkční odpovědí
	3	3	Uzavřená s výběrem jedné správné odpovědi
	4	3	Uzavřená přiřazovací
	5	2	Uzavřená uspořádací
	6	2,5	Otevřená se stručnou doplňovací odpovědí
	7	2,5	Otevřená se stručnou doplňovací odpovědí
	8	3	Uzavřená uspořádací
	<i>Celkem</i>	<i>22</i>	
Membránový transport (Příloha 7)	1	4	Uzavřená s výběrem jedné správné odpovědi
	2	4	Otevřená se stručnou doplňovací odpovědí
	3	10	Otevřená se stručnou doplňovací odpovědí
	<i>Celkem</i>	<i>18</i>	

4.2.5 Průběh didaktického výzkumu

Výzkumné šetření bylo realizované na pěti středních školách a víceletých gymnáziích v předmětech biologie a chemie. Harmonogram výzkumného šetření (znázorněn v Tab. 15) byl ve všech výzkumných skupinách shodný:

- V první vyučovací hodině učitel žákům zadal pretest zjišťující jejich dosavadní znalosti daného tématu a následně vyučoval svým dosavadním způsobem výuky s omezeným využitím dynamických vizualizací;
- Na začátku druhé vyučovací hodiny učitel žákům zadal predotazník sledující úroveň a stav jejich motivačních složek, následně vyučoval svým dosavadním způsobem bez použití dynamické vizualizace;

- Na konci třetí vyučovací hodiny, během které učitel stále vyučoval svým klasickým způsobem (opět bez využití dynamických vizualizací), žáci vyplnili postdotazník KLA (v této fázi označen jako KLA_1);
- Od 4. vyučovací hodiny učitel v experimentální skupině vyučoval s podporou animací (tedy experimentálním způsobem výuky). V kontrolní výuce učitel neměnil způsob výuky, vyučoval tedy tak, jak byl zvyklý, jen nepoužíval dynamické vizualizace. Žáci experimentální skupiny na konci poslední vyučovací hodiny s experimentální výukou vyplnili postdotazník EXP; žáci skupiny kontrolní opět vyplnili postdotazník KLA (nicméně zde značen jako KLA_2);
- V poslední vyučovací hodině žáci obou skupin vyplnili posttest.

Tab. 15 – časový harmonogram didaktického výzkumu

Časový průběh	Kontrolní skupina	Experimentální skupina
1. VH	Kontrolní styl výuky Žáci na počátku VH vyplnili pretest	
2. VH	Kontrolní styl výuky Žáci na počátku VH vyplnili predotazník	
3. VH	Kontrolní styl výuky Žáci na konci VH vyplnili postdotazník KLA_1	
4. VH (začátek vyučovaného tématu)	Kontrolní styl výuky	Experimentální styl výuky
VH potřebné pro výuku tématu	Žáci na konci poslední VH vyplnili postdotazník KLA_2 (KLA_1)	Žáci na konci poslední VH vyplnili postdotazník EXP
Posl. VH	Žáci na počátku VH vyplnili posttest	Žáci na počátku VH vyplnili posttest

4.3 Pilotní šetření

Před samotným výzkumným šetřením bylo nejprve realizováno pilotní šetření, které bylo provedeno na české střední škole v roce 2018 ve třetím ročníku nižšího gymnázia v předmětu chemie a účastnilo se ho 30 žáků.

Cílem pilotního šetření bylo zejména ověřit výzkumné nástroje a strukturu celého výzkumu. Dále pak zjistit, zdali navržené faktory mající vliv na efektivitu práce s animacemi (vnitřní motivace žáků a pohlaví žáků) jsou měřitelné uvedenými nástroji a zdali existuje potenciál s nimi v hlavním výzkumu dále pracovat.

Pro účely pilotního šetření byly na základě výše popsaných cílů stanoveny následující výzkumné otázky:

1. Existuje statisticky významný rozdíl mezi kontrolní výukou a experimentální výukou, během které se používají vzdělávací animace, ve vztahu k vnitřní motivaci žáků (konkrétně k zájmu žáka o probíranou látku, k ochotě vkládat do porozumění úsilí, k uvědomění si svých nabitých schopností ve vztahu k probírané látce a k vnímání významu probírané látky)?
2. Jaký je vliv pohlaví na začlenění vzdělávacích animací do výuky ve vztahu k vnitřní motivaci žáků?

4.3.1 Metodologie pilotního šetření

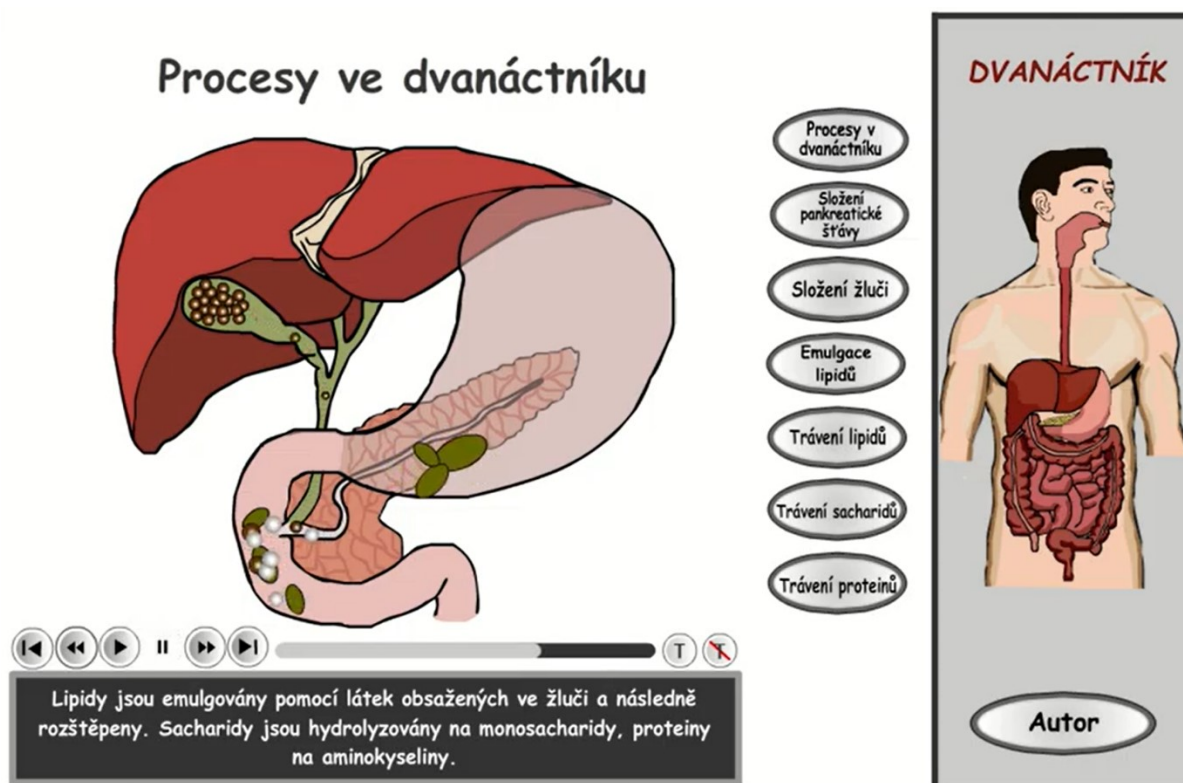
Výzkumný vzorek pilotního šetření obsahoval 30 žáků. Tito byli pro účely pilotního šetření rozděleni na kontrolní (14 žáků) a experimentální skupinu (16 žáků). Žáci kontrolní skupiny byli vyučováni s využitím pouze statických vizualizačních prostředků (bez používání animací ve výuce). Žáci experimentální skupiny pracovali během experimentu se vzdělávacími animacemi. V obou třídách vyučoval tentýž učitel – autor disertační práce.

Didaktickým prostředkem používaným v pilotní studii byla výuková interaktivní animace. Respektive se jednalo o soubor 25 dílčích animací na témata spojená s trávicí soustavou. Všechny animace byly vyrobeny v animačním programu Adobe Flash Professional CS6 autorem disertační práce (Šarboch, 2018).

Po otevření animačního programu se napravo objevil nákres trávicí soustavy člověka. Po kliknutí na některý z konkrétních orgánů se v animačním okně objevily jednotlivé dílčí animace k danému orgánu se vztahující. Zapnutím konkrétní animace se tato spustila. Každá animace obsahovala animační tlačítka („posunout na začátek“, „posunout dozadu“, „play“, „pause“, „posunout dopředu“, „posunout na konec“) a zároveň i doprovodný text, který bylo možné zapnout či vypnout. Rozložení animačního okna popisuje Obr. 31.

Animace byly v průběhu pilotního šetření využívány zejména pro frontální metody výuky (metoda kladení otázek, metoda popisu animace žáky) a byly používány v motivačních, expozičních i fixačních fázích vyučovací hodiny.

Pro zjištění vlivu edukačních animací na motivační orientaci žáků byly v rámci pilotního šetření použity následující dotazníky: vstupní dotazník (predotazník) a výstupní dotazníky (postdotazník KLA_1, KLA_2 a postdotazník EXP). Harmonogram pilotního šetření byl totožný s harmonogramem popsaným v Tab. 15, nicméně nebyly použity znalostní testy.



Obr. 31 – Rozložení animačního okna animace, konkrétně pro animaci *Procesy ve dvanáctníku*.

4.3.2 Výsledky pilotního šetření

Získaná data byla zpracována a vyhodnocena v rámci programu IBM IPSS různými statistickými metodami. Nejprve byla pro všechny zadané dotazníky vypočtena spolehlivost výsledků (reliabilita) – viz Tab. 16. Spolehlivost byla hodnocena pomocí koeficientu Cronbachovo alfa. Vypočtené hodnoty této hladiny spolehlivosti byly na požadované úrovni, protože hodnota koeficientu přesahuje obecně uznávané minimum 0,7 pro všechny škály (Nunnally, 1978; Kline, 2011; DeVellis, 2012). Získané údaje byly tedy vnitřně konzistentní a lze je považovat za spolehlivé.

Tabulka 16 - Míra reliability pro postdotazníky vyjádřená pomocí koeficientu Cronbachovo alfa.

Škály (postdotazník – kontrolní styl výuky)	Cronbachovo Alfa	Škály (postdotazník – výuka s podporou vzdělávacích animací)	Cronbachovo Alfa
<i>zájem / potěšení</i>	0,95	<i>zájem / potěšení</i>	0,91
<i>úsilí / důležitost</i>	0,86	<i>úsilí / důležitost</i>	0,89
<i>uvědomění si svých schopností</i>	0,84	<i>uvědomění si svých schopností</i>	0,95
<i>hodnota / užitečnost</i>	0,94	<i>hodnota / užitečnost</i>	0,68

Na základě modelu ověřeného konfirmační analýzou (Skoršepa, Šmejkal, 2015) byly vypočteny 4 nové proměnné jako průměr jednotlivých položek z postdotazníku: *zájem / potěšení*, *úsilí / důležitost*, *uvědomění si svých schopností*, *hodnota / užitečnost*.

Před nalezením odpovědi na první výzkumnou otázku, jsme provedli dva na sebe navazující statistické testy dále v textu označené čísly (1) a (2).

4.3.2.1 Test (1) – porovnávání postdotazníků_KLA_1 v obou skupinách

Abychom mohli získat odpovědi na obě výzkumné otázky, bylo zapotřebí zjistit výchozí stav experimentální a kontrolní skupiny mezi sebou ve vztahu k vnímání kontrolní výuky (bez dynamických vizualizací). Zkoumali jsme míru vnitřní motivace žáků obou skupin.

Otázka zněla, zdali existuje statisticky významný rozdíl mezi kontrolní a experimentální skupinou ve vztahu k odpovědím na položky z výstupního postdotazníku_KLA zaměřeného na kontrolní styl výuky. Vzhledem k tomu, že data jevila distribuci normálního rozdělení, jsme jako vhodnou statistickou metodu vybrali dvojvýběrový *t*-test. Test ukázal, že hodnocení jednotlivých proměnných bylo v průměru stejné pro kontrolní i experimentální skupinu (*zájem / potěšení*: $t(25) = -1,113$, $p = 0,276$, $M_{\text{kontrolní}} = 4,51$, $SD = 1,29$, $M_{\text{experimentální}} = 5,13$, $SD = 1,58$; *úsilí / důležitost*: $t(25) = 0,220$, $p = 0,828$, $M_{\text{kontrolní}} = 4,05$, $SD = 1,62$, $M_{\text{experimentální}} = 3,93$, $SD = 1,04$; *uvědomění si svých schopností*: $t(25) = -1,332$, $p = 0,195$, $M_{\text{kontrolní}} = 4,13$, $SD = 1,40$, $M_{\text{experimentální}} = 4,75$, $SD = 1,01$; *hodnota / užitečnost*: $t(25) = -1,463$, $p = 0,156$, $M_{\text{kontrolní}} = 4,86$, $SD = 1,28$, $M_{\text{experimentální}} = 5,5$, $SD = 0,97$). Žáci experimentální i kontrolní skupiny při kontrolním pojetí výuky pociťovali téměř obdobný zájem o probíranou látku, do porozumění probíraného obsahu vkládali srovnatelné úsilí, na stejné úrovni si uvědomovali své schopnosti (pocit zvládnutí učiva) a obě skupiny podobně pociťovaly

význam probírané látky. Lze tedy konstatovat, že skupiny byly ve výše uvedených kritériích vyrovnané.

4.3.2.2 Test (2) – porovnávání postdotazníku_KLA 2 a postdotazníku_EXP v obou skupinách

Následně byla hledána odpověď na první výzkumnou otázku. Byl zjišťován rozdíl mezi vnímáním kontrolního pojetí výuky a výuky s podporou vzdělávacích animací ve vztahu k vnitřní motivaci žáků. Protože některá data z výstupního postdotazníku zaměřeného na vnímání výuky s podporou vzdělávacích animací neměla distribuci normálního rozdělení, nemohly být použity parametrické testy, ale byl použit neparametrický Wilcoxonův Test. Tato statistická metoda ukázala, že žáci experimentální skupiny hodnotili 3 ze 4 sledovaných škál signifikantně lépe než žáci kontrolní skupiny (*zájem / potěšení*: $Z = -2,905$, $p = 0,004$, $Mdn_{\text{kontrol}} = 5,14$, $Mdn_{\text{experimental}} = 6,5$, $r = 0,57$; *úsilí / důležitost*: $Z = -1,434$, $p = 0,151$, $Mdn_{\text{kontrol}} = 4,00$, $Mdn_{\text{experimental}} = 4,80$, $r = 0,281$; *uvědomění si svých schopností*: $Z = -2,357$, $p = 0,018$, $Mdn_{\text{kontrol}} = 4,33$, $Mdn_{\text{experimental}} = 5,58$, $r = 0,462$; *hodnota / užitečnost*: $Z = -2,623$, $p = 0,009$, $Mdn_{\text{kontrol}} = 5,14$, $Mdn_{\text{experimental}} = 6,29$, $r = 0,514$). Zjistili jsme, že používání vzdělávacích animací ve výuce má velký pozitivní efekt na téměř všechny složky vnitřní motivace žáků při výuce přírodovědných předmětů (*zájem / potěšení*, *uvědomění si svých schopností*, *hodnota / užitečnost*) a menší pozitivní efekt na *úsilí / důležitost*. Toto je i odpověď na první výzkumnou otázku.

Pro nalezení odpovědi na druhou výzkumnou otázku (zjištění vlivu pohlaví na vnímání začlenění vzdělávacích animací do výuky) byl použit neparametrický Mann-Whitneyův T-test. Výsledky testu ukazují, že chlapci i dívky hodnotili experimentální výuku stejně (*zájem / potěšení*: $U = 11\ 500$, $p = 0,430$, $Mdn_{\text{dívky}} = 5,57$, $Mdn_{\text{chlapci}} = 6,71$, $r = 0,211$; *úsilí / důležitost*: $U = 14\ 500$, $p = 0,754$, $Mdn_{\text{dívky}} = 4,80$, $Mdn_{\text{chlapci}} = 4,80$, $r = 0,084$; *uvědomění si svých kompetencí*: $U = 13\ 500$, $p = 0,639$, $Mdn_{\text{dívky}} = 5,5$, $Mdn_{\text{chlapci}} = 5,67$, $r = 0,125$; *hodnota / užitečnost*: $U = 8\ 500$, $p = 0,209$, $Mdn_{\text{dívky}} = 5,86$, $Mdn_{\text{chlapci}} = 6,29$, $r = 0,335$). To znamená, že test neprokázal, že by pohlaví žáků mělo statisticky významný vliv na zájem žáka o předmět, snahu porozumět, uvědomění si vlastních schopností ve vztahu k předmětu a vnímání důležitosti předmětu. Při porovnání hodnoty koeficientu r je však patrné, že chlapci hodnotili experimentální výuku pozitivněji. Zajímavé je srovnání výsledků s výsledky získanými z dat z kontrolní výuky (postdotazník KLA_2 a postdotazník KLA_1), kde opět použitím stejného statistického testu nebyl prokázán vliv pohlaví na škály vnitřní motivace žáků.

(zájem / potěšení: $U = 61\ 500$, $p = 0,190$, $Mdn_{dívky} = 5,57$, $Mdn_{chlapci} = 4,55$, $r = 0,252$; úsilí / důležitost: $U = 67\ 000$, $p = 0,298$, $Mdn_{dívky} = 4,400$, $Mdn_{chlapci} = 3,700$, $r = 0,200$; uvědomění si svých schopností: $U = 82\ 000$, $p = 0,767$, $Mdn_{dívky} = 4,667$, $Mdn_{chlapci} = 4,333$, $r = 0,057$; hodnota / užitečnost: $U = 78\ 000$, $p = 0,209$, $Mdn_{dívky} = 5,571$, $Mdn_{chlapci} = 6,286$, $r = 0,095$), avšak kontrolní výuku vnímaly pozitivněji dívky.

4.3.3 Úpravy

Na základě pilotního šetření jsme otestovali sestavené dotazníky s velmi uspokojivým výsledkem – reliabilita byla u všech dotazníků vyšší než všeobecně uznávané minimum. Proto byly provedeny jen minimální úpravy harmonogramu celého šetření. Pro zjištění posunu ve znalostech a dovednostech žáků obou skupin a tím i dalšího možného rozdílu mezi experimentální a kontrolní skupinou byly přidány didaktické znalostní testy (pretest a posttest).

4.4 Výsledky výzkumného šetření – dotazníkové šetření

Kapitola shrnuje výsledky výzkumného šetření. Data získaná na základě aplikace sestavených výzkumných nástrojů ve školní praxi byla zpracována statistickým programem IBM SPSS Statistics 25 (IBM Corp., 2017) za použití vybraných statistických metod. Statistická významnost byla posuzována na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.

Celkově byly získány dotazníky od 159 žáků, mezi kterými bylo 61 chlapců a 96 dívek. U 2 dotazníků nebylo zaškrtnuto pohlaví respondenta.

4.4.1 Čištění dat a rekódování reverzních položek

Z důvodu zajištění co největší objektivity vyplňování dotazníků žáky, byly některé otázky položeny inverzně. Příkladem může být přímá otázka (položena pozitivně): „Během práce v dnešní hodině bylo pro mě důležité uspět“ a následně jiná, inverzní otázka (položena negativně): „Nevěnoval/a jsem práci v dnešní vyučovací hodině moc energie.“ Z tohoto důvodu musely být číselné odpovědi na inverzní otázky rekódovány, tedy z 1 se stala 7, z 2 se stala 6 atp. (více viz Příloha 9).

4.4.2 Reliabilita predotazníku i postdotazníků a výpočet nových proměnných

Nejprve byla u všech zadaných dotazníků vypočtena reliabilita výsledků pro každou škálu. Reliabilita byla zhodnocena prostřednictvím koeficientu Cronbachovo alfa (viz Příloha 10).

Vypočtené hodnoty reliability u predotazníku jsou zobrazeny v Tab. 17 a lze konstatovat, že všechny hodnoty této míry reliability byly na požadované úrovni, neboť se hodnota

koeficientu u všech škál velmi blíží k všeobecně přijímané hranici 0,7 (Nunnally, 1978; Kline, 2011; DeVellis, 2012). Získaná data jsou tedy vnitřně konzistentní a lze je považovat za spolehlivá. Na základě modelu ověřeného konfirmační analýzou (Skoršepa et al., 2015) byly vypočteny 4 nové proměnné jako průměr jednotlivých položek z pre dotazníku: *vnitřní cílová motivace*; *vnější cílová motivace*; *sebeúčinnost v učení*; *uvědomění vlastní zodpovědnosti při učení se* (viz Příloha 11).

Tab. 17 - Výpočet Cronbachova alfa pro škály pre dotazníku: vnitřní cílová motivace; vnější cílová motivace; sebeúčinnost v učení; uvědomění vlastní zodpovědnosti při učení se.

Pre dotazník – sledované škály	Cronbachovo alfa Pre dotazník
<i>vnitřní cílová motivace</i> (položky 1, 6, 9 a 14)	0,615
<i>vnější cílová motivace</i> (položky 2, 8, 11 a 13)	0,695
<i>sebeúčinnost v učení</i> (položky 3, 5, 10 a 16)	0,666
<i>uvědomění si vlastní zodpovědnosti při učení</i> (položky 1, 6, 9 a 14)	0,699

U postdotazníků byla reliabilita vypočtena jak pro oba postdotazníky určené po realizaci klasické vyučovací hodiny (postdotazník KLA_1 a postdotazník KLA_2), tak pro postdotazník určený po realizaci experimentální vyučovací hodiny (postdotazník EXP). Naměřené hodnoty reliability u všech typů postdotazníků jsou zobrazeny v Tab. 18. I tomto případě byly hodnoty na požadované úrovni. Lze tedy říci, že získaná data jsou vnitřně konzistentní a mohou být považována za spolehlivá. Stejně jako u predotazníku, tak i u obou postdotazníků byly na základě modelu ověřeného konfirmační analýzou (Skoršepa et al., 2015) vypočteny další 4 nové proměnné jako průměr jednotlivých položek z postdotazníku: *zájem / potěšení*, *úsilí / důležitost*, *uvědomění si svých schopností a hodnota / užitečnost*.

Tab. 18 - Výpočet Cronbachova alfa pro škály postdotazníků: zájem/potěšení; úsilí/důležitost, tlak a hodnota/užitečnost.

postdotazník – sledované škály	Cronbachovo alfa postdotazník KLA_1	Cronbachovo alfa postdotazník KLA_2	Cronbachovo alfa postdotazník EXP
<i>Zájem / potěšení</i> (položky 1, 5, 11, 15, 18, 21 a 22)	0,820	0,956	0,927
<i>Úsilí / důležitost</i> (položky 2, 6, 12, 19 a 23)	0,651	0,842	0,803
<i>uvědomění si svých schopností</i> (položky 3, 7, 9, 13 a 16 a 25)	0,833	0,832	0,822
<i>Hodnota / užitečnost</i> (položky 4, 8, 10, 14, 17, 20 a 24)	0,848	0,937	0,753

4.4.3 Normalita dat

Před výběrem vhodné (parametrické či neparametrické) statistické metody bylo nutné zjistit, zda jsou data normálního rozdělení či nikoliv. Pro tyto účely jsme porovnávali histogramy vytvořené pro každou proměnnou (viz Příloha 13). Normalita byla také hodnocena výpočtem, konkrétně pomocí formálního statistického Kolmogorov-Smirnovova testu (výsledky viz Tab. 19, Tab. 20 a Tab. 21 a Příloha 12). U všech sledovaných skupin jsme hodnotili normalitu (tj. po rozdělení skupiny podle zkoumaného faktoru, kterým bylo zařazení do skupiny (kontrolní / experimentální).

Vzhledem k tomu, že výsledky nebyly zcela jednoznačné, byly použity neparametrické metody.

Tab. 19 - Kolmogorovov-Smirnovův test normality dat Pre dotazníku. Červeně jsou zvýrazněny hodnoty signifikance menší než 0,05. U těchto škál byla zamítnuta hypotéza, že data pocházejí z normálního rozdělení.

Proměnná	Statistika	df	p-hodnota
Vnitřní motivace	0,077	152	0,030
Sebeúčinnost v učení	0,082	152	0,015
Vnější motivace	0,107	152	0,000
Uvědomění si vlastní zodpovědnosti při učení	0,107	152	0,000

*. Toto je nižší hranice skutečné p-hodnoty

Tab. 20 - Kolmogorovov-Smirnovův test normality dat postdotazníku KLA_1. Červeně jsou zvýrazněny hodnoty signifikance menší než 0,05. U těchto škál byla zamítnuta hypotéza, že data pocházejí z normálního rozdělení.

Proměnná	Statistika	df	p-hodnota
<i>Zájem / potěšení</i>	0,075	46	0,200*
<i>Úsilí / důležitost</i>	0,084	46	0,200*
<i>Vnímané kompetence</i>	0,086	46	0,200*
<i>Hodnota / užitečnost</i>	0,154	46	0,008

*. Toto je nižší hranice skutečné p-hodnoty

Tab. 21 - Kolmogorovov-Smirnovův test normality dat postdotazníku KLA_2 a EXP. Červeně jsou zvýrazněny hodnoty signifikance menší než 0,05. U těchto škál byla zamítnuta hypotéza, že data pocházejí z normálního rozdělení.

Skupina	Proměnná	Statistika	df	p-hodnota
Kontrolní (KLA_2)	<i>Zájem / potěšení</i>	0,142	45	0,023
	<i>Úsilí / důležitost</i>	0,095	45	0,200*
	<i>Vnímané kompetence</i>	0,103	45	0,200*
	<i>Hodnota / užitečnost</i>	0,093	45	0,200*
Experimentální (EXP)	<i>Zájem / potěšení</i>	0,127	74	0,005
	<i>Úsilí / důležitost</i>	0,089	74	0,200*
	<i>Vnímané kompetence</i>	0,109	74	0,029
	<i>Hodnota / užitečnost</i>	0,143	74	0,001

4.4.4 Korelační analýza

Mezi nově vypočtenými proměnnými (pro predotazník se jedná o: vnitřní cílová motivace, vnější cílová motivace, sebeúčinnost v učení a uvědomění vlastní zodpovědnosti při učení se; pro postdotazník se jedná o: *zájem / potěšení, úsilí / důležitost, uvědomění si svých schopností a hodnota / užitečnost*) byly prostřednictvím Spearmanova korelačního koeficientu ρ (ρ) vypočteny vzájemné korelace.

A) Pre dotazník

Dle níže uvedené Tab. 22 je u všech studentů (napříč experimentální a kontrolní skupinou) středně silná korelace ($\rho = 0,517$) patrná mezi škálami sebeúčinnosti v učení a uvědomění si vlastní zodpovědnosti ve výukovém procesu. Jinými slovy můžeme říci, že čím více žák na sebe přijímá zodpovědnost v rámci učebního procesu, tím je účinnost vzdělávání větší. Dále lze z dat vyčíst středně silnou korelaci i mezi škálou vnitřní motivace a sebeúčinnosti v učení ($\rho = 0,504$). Tedy že čím je vnitřní motivace žáků větší (nejsou tedy motivováni známkami, ale vlastní touhou po vzdělávání, objevování nového apod.), tím je i větší jejich sebedůvěra ve vlastní schopnosti organizovat si cestu za vytyčeným cílem. Naopak tato sebedůvěra je výrazně menší u žáků řídicích se vnější motivací (např. známkami; $\rho = 0,415$). Zároveň lze konstatovat, že míra korelace mezi uvědoměním si vlastní zodpovědnosti při učení a vnitřní motivací je větší ($\rho = 0,455$), než u vnější motivace ($\rho = 0,437$). Dále je zajímavé porovnat míru korelace mezi sebedůvěrou ve své schopnosti a uvědoměním si své zodpovědnosti k učení, která je větší než mezi sebedůvěrou a vnější motivací.

Tabulka 22 - Korelace mezi položkami z predotazníku (všichni studenti). Tučně označené hodnoty jsou komentovány v textu.

		Sebeúčinnost v učení	Vnější cílová motivace	Uvědomění vlastní zodpovědnosti při učení se
Vnitřní cílová motivace	Spearmanův korelační koeficient	0,504**	0,364**	0,455**
	p -hodnota	0,000	0,000	0,000
	N	152	152	152
Sebeúčinnost v učení	Spearmanův korelační koeficient		0,415**	0,517**
	p -hodnota		0,000	0,000
	N		152	152
Vnější cílová motivace	Spearmanův korelační koeficient			0,437**
	p -hodnota			0,000
	N			152

** - Korelace je signifikantní na hladině významnosti 0,01 (oboustranná); * - Korelace je signifikantní na hladině významnosti 0,05 (oboustranná)

B) Postdotazník KLA_1, postdotazník KLA_2 a postdotazník EXP

Jak shrnuje Tab. 23, nejsilnější korelace ($\rho > 0,573$) byly nalezeny mezi škálami: *zájem / potěšení* a *hodnota / užitečnost* a to bez ohledu na typ výuky (nicméně u experimentální výuky byla tato korelace nejvyšší). To znamená, že zájem žáka o probíranou látku velmi úzce souvisí s uvědomováním jejího významu – pocítuje-li žák význam probírané látky, projevuje mnohem větší zájem o tuto látku (a naopak). U experimentální výuky byla též nalezena velmi silná korelace mezi škálami *zájem / potěšení* a uvědomění si svých schopností ($\rho = 0,622$) a středně silná korelace mezi škálami uvědomění si svých schopností a *hodnotou / užitečností* ($\rho = 0,547$). Lze tedy konstatovat, že animace díky zvyšování zájmu žáka o výuku vedou také k tomu, že si žák lépe uvědomuje stav svých schopností v daném tématu a tím pádem je předpoklad jejich lepšího rozvoje. K tomu, aby žák lépe vnímal míru svých schopností, pomáhá také pochopení užitečnosti (hodnoty) probíraného tématu. Čím je daná látka užitečnější, žákovi hodnotově bližší, tím více dokáže přemýšlet o svých schopnostech a tedy i jejich rozvoji.

Tabulka 23: Korelace mezi položkami z postdotazníku KLA_1 (první řádek v buňce), z postdotazníku KLA_2 (druhý řádek) a postdotazníku EXP (třetí řádek). Tučně označené hodnoty jsou komentovány v textu.

				Úsilí	Uvědomění si svých schopností	Hodnota / užitečnost
Zájem	Spearmanův korelační koeficient	(postdotazník KLA_1)	0,375*	0,459**	0,573**	
	Spearmanův korelační koeficient	(postdotazník KLA_2)	0,450**	0,515**	0,721**	
	Spearmanův korelační koeficient	(postdotazník EXP)	0,402*	0,622**	0,778**	
Úsilí	Spearmanův korelační koeficient	(postdotazník KLA_1)		0,430**	0,227	
	Spearmanův korelační koeficient	(postdotazník KLA_2)		0,526**	0,460**	
	Spearmanův korelační koeficient	(postdotazník EXP)		0,515**	0,306**	
Uvědomění si svých schopností	Spearmanův korelační koeficient	(postdotazník KLA_1)			0,326*	
	Spearmanův korelační koeficient	(postdotazník KLA_2)			0,481**	
	Spearmanův korelační koeficient	(postdotazník EXP)			0,547**	

** - Korelace je signifikantní na hladině významnosti 0,01 (oboustranná); * - Korelace je signifikantní na hladině významnosti 0,05 (oboustranná)

4.4.5 Rozdíl mezi žáky kontrolní a experimentální skupiny před použitím animací

Před nalezením odpovědi na první výzkumnou otázku bylo nejprve důležité zjistit výchozí stav experimentální a kontrolní skupiny mezi sebou ve vztahu k vnímání klasické výuky (tedy výuky bez použití animací). Konkrétně jsme si položili pomocnou výzkumnou otázku: Existuje statisticky významný rozdíl mezi kontrolní a experimentální skupinou ve vztahu k vnitřní a vnější motivaci žáků v klasicky pojaté výuce (tedy na počátku výzkumu a zatím bez implementace animací)? Pro tyto účely byla mezi kontrolní a experimentální skupinou porovnávána data jak z pre dotazníku (ve vztahu k používaným motivačním strategiím žáka), tak z postdotazníku KLA_1 (ve vztahu k vnitřní motivaci žáka). Jako vhodnou statistickou metodu jsme u obou porovnávání zvolili neparametrický Mann-Whitneyův U test.

A) Pre dotazník

Zjišťovali jsme, zda existuje statisticky významný rozdíl mezi kontrolní a experimentální skupinou ve vztahu k odpovědím na položky ze vstupního Pre dotazníku zaměřeného na klasický styl výuky. Z toho důvodu jsme zvolili nulovou (H_0) a k ní alternativní hypotézu (H_1):

H_0 : Odpovědi žáků kontrolní a experimentální skupiny na otázky uvedené v pre dotazníku se neliší.

H_1 : Odpovědi žáků kontrolní a experimentální skupiny na otázky uvedené v pre dotazníku se liší.

Výsledky testu včetně základní popisné statistiky jsou shrnuty v Tab. 24. Z výsledků vyplývá, že mezi žáky kontrolní a experimentální skupiny nebyl na počátku výzkumu statisticky významný rozdíl u tří škál ze čtyř (vnější motivace: $p = 0,167$; $d = 0,225$; sebeúčinnost v učení: $p = 0,586$; $d = 0,088$; uvědomění si vlastní zodpovědnosti při učení: $p = 0,767$; $d = 0,048$). Nulová hypotéza u těchto tří škál nebyla zamítnuta, tedy můžeme předpokládat, že žáci experimentální i kontrolní skupiny jsou před započítím experimentu hnáni stejnou vnější motivací (touha po dobré známce, pochvale učitelem apod.), obě skupiny jsou si stejně vědomy svých dovedností a schopností, zároveň stejně vnímají zodpovědnost za svůj výkon při výuce. Oproti tomu výsledky ve škále vnitřní motivace nedosahují potřebné hranice statistické významnosti ($p = 0,002$; $d = 0,530$). V této škále se tedy nepotvrzuje nulová hypotéza a přikláníme se k hypotéze 1, tedy, že se experimentální a kontrolní skupina před započítím experimentu liší ve vnitřní motivaci. Z porovnání průměrných hodnot bodů pro jednotlivé otázky z první škály (pro kontrolní skup. je průměrná bodová hodnota 4,32; pro experimentální

skupinu je průměrná bodová hodnota 4,92) nám vyplývá, že experimentální skupina byla při klasické výuce více vnitřně motivovaná než skupina kontrolní. Tento fakt je komentován v diskuzi.

Tab. 24 - Mann-Whitneyův U -test – Pre dotazník (porovnání dat mezi kontrolní a experimentální skupinou z vyučovací hodiny se statickými vizualizacemi). Tučně jsou zvýrazněny p -hodnoty.

Statistické veličiny	Vnitřní cílová motivace	Sebeúčinnost v učení	Vnější cílová motivace	Uvědomění si vlastní zodpovědnosti při učení
$M_{kontrolní}$ (průměr kontrolní skupina)	4,27	4,89	4,63	4,95
SD (směrod. odch. $M_{kontrolní}$)	1,037	1,127	1,209	1,079
$M_{experimentální}$ (průměr experimentální skupina)	4,83	5,00	4,90	4,98
SD (směrod. odch. $M_{experimentální}$)	1,141	1,095	1,222	1,270
$N_{kontrolní}$ (počet validních dotazníků v kontrol. skupině)	70	70	70	70
$N_{experimentální}$ (počet validních dotazníků v exper. skupině)	82	82	82	82
Mann-Whitney U	2016,000	2723,000	2497,000	2790,000
Wilcoxon W	4501,000	5208,000	4982,000	5275,000
Z (hodnota testové statistiky)	-3,165	-0,545	-1,382	-0,296
p -hodnota (oboustranná)	0,002	0,586	0,167	0,767
Cohenovo d	0,530	0,088	0,225	0,048

Proměnná: skupina (1 = kontrolní, 2 = experimentální)

B) Postdotazník KLA_1

Zjišťovali jsme, zda existuje statisticky významný rozdíl mezi kontrolní a experimentální skupinou ve vztahu k odpovědím na položky z výstupního postdotazníku KLA_1 zaměřeného na klasický styl výuky. Z toho důvodu jsme zvolili nulovou (H_0) a k ní alternativní hypotézu (H_1):

H_0 : Odpovědi žáků kontrolní a experimentální skupiny na otázky uvedené v postdotazníku KLA_1 se neliší.

H_1 : Odpovědi žáků kontrolní a experimentální skupiny na otázky uvedené v postdotazníku KLA_1 se liší.

Výsledky dotazníku včetně základní popisné statistiky jsou shrnuty v Tab. 25. Z výsledků vyplývá, že mezi daty naměřenými prostřednictvím postdotazníku KLA_1, nebyl mezi experimentální a kontrolní skupinou zjištěn na počátku výzkumu statisticky významný rozdíl ani u jedné sledované škály (nulová hypotéza tedy nebyla zamítnuta ani u jedné ze sledovaných škál). Žáci experimentální i kontrolní skupiny při výuce s použitím statických modelů pociťují téměř obdobný zájem o probíranou látku ($p = 0,103$; $d = 0,495$), do porozumění probíraného obsahu vkládají srovnatelné úsilí ($p = 0,938$; $d = 0,023$), na stejné úrovni si uvědomují své schopnosti, pocit zvládnutí učiva ($p = 0,599$; $d = 0,155$) a obě skupiny podobně pociťují význam probírané látky pro běžný život ($p = 0,729$; $d = 0,102$). Na základě získaných výsledků tedy můžeme konstatovat, že obě skupiny byly na počátku výzkumu z hlediska námi sledovaných faktorů vyrovnané.

Tab. 25 - Mann-Whitneyův U test – Postdotazník KLA_1 (porovnání dat z tradičně pojaté vyučovací hodiny mezi kontrolní a experimentální skupinou). Tučně jsou zvýrazněny p -hodnoty.

Statistické veličiny	<i>Zájem / potěšení</i>	<i>Úsilí / důležitost</i>	<i>Uvědomění si svých schopností</i>	<i>Hodnota / užitečnost</i>
$M_{kontrolní}$ (průměr kontrolní skupina)	4,97	4,18	4,65	4,77
SD (směrod. odch. $M_{kontrolní}$)	1,086	0,657	1,124	1,221
$M_{experimentální}$ (průměr experimentální skupina)	4,40	4,21	4,54	4,66
SD (směrod. odch. $M_{experimentální}$)	1,270	1,427	1,314	1,149
$N_{kontrolní}$ (počet validních dotazníků v kontrol. skupině)	19	19	19	19
$N_{experimentální}$ (počet validních dotazníků v exper. skupině)	27	27	27	27
Mann-Whitney U	183,500	253,000	233,000	241,000
Wilcoxon W	561,500	443,000	611,000	619,000
Z (hodnota testové statistiky)	-1,631	-0,078	-0,525	-0,346
p -hodnota (oboustranná)	0,103	0,938	0,599	0,729
Cohenovo d	0,495	0,023	0,155	0,102

Proměnná: skupina (1 = kontrolní, 2 = experimentální)

4.4.6 Rozdíl mezi kontrolní a experimentální výukou

Vzhledem k tomu, že obě skupiny byly ve všech škálách vnitřní motivace dle postdotazníku KLA_1 na počátku srovnatelné, mohli jsme hledat odpověď na první výzkumnou otázku (*Jaký vliv má zařazení vzdělávacích animací na žákovu vnitřní motivaci?*). Abychom zamezili

vlivu atraktivity probíraného tématu, porovnávali jsme naměřené výsledky z postdotazníku KLA_2 (výuka se statickými vizualizačními prostředky, pouze žáci kontrolní skupiny) a z postdotazníku EXP (experimentální výuka, pouze žáci experimentální skupiny). Jako vhodnou statistickou metodu jsme u obou porovnávání zvolili neparametrický Mann-Whitneyův U -test. Z toho důvodu jsme zvolili nulovou (H_0) a k ní alternativní hypotézu (H_1):

H_0 : Odpovědi žáků kontrolní skupiny získané prostřednictvím postdotazníku KLA_2 a odpovědi žáků experimentální skupiny získané prostřednictvím postdotazníku EXP se neliší.

H_1 : Odpovědi žáků kontrolní skupiny získané prostřednictvím postdotazníku KLA_2 a odpovědi žáků experimentální skupiny získané prostřednictvím postdotazníku EXP se liší.

Výsledky jsou shrnuty v Tab. 26. Test ukázal, že žáci experimentální skupiny hodnotili 3 ze 4 sledovaných škál signifikantně lépe než žáci kontrolní skupiny. Z výsledků tohoto testu plyne, že používání vzdělávacích animací ve výuce přírodovědných předmětů má pozitivní vliv na tři složky vnitřní motivace žáků (zájem / potěšení: $p = 0,008$; $d = 0,500$, uvědomění si svých schopností: $p = 0,003$; $d = 0,213$ a hodnota / užitečnost: $p = 0,001$; $d = 0,632$) a zároveň díky hodnotám Cohenova d můžeme konstatovat, že efekt animací, který se projevil je středně velký až velký. U škály úsilí / užitečnost ($p = 0,247$; $d = 0,213$) nebyl nalezen rozdíl mezi oběma skupinami. Srovnáme-li průměrný počet bodů, kterými žáci ohodnotili položky vztahující se k škále úsilí / důležitost u kontrolní (56,38) a experimentální skupiny (62,20), můžeme zaznamenat malý bodový rozdíl ve prospěch experimentální výuky. Nicméně tento rozdíl není statisticky významný. Žáci obou skupin vykonávají přibližně stejné úsilí pro pochopení daného učiva, ať jsou do výuky zařazeny animace, či nikoli.

Tab. 26 - Mann-Whitneyův U -test – postdotazník KLA_2 (žáci kontrolní skupiny) vs postdotazník EXP (žáci experimentální skupiny) – probíráno shodné téma. Tučně jsou zvýrazněny p -hodnoty.

Statistické veličiny	<i>Zájem / potěšení</i>	<i>Úsilí / důležitost</i>	<i>Uvědomění si svých schopností</i>	<i>Hodnota / užitečnost</i>
$M_{kontrolní}$ (průměr kontrolní skupina)	5,01	4,38	4,66	5,19
SD (směrod. odch. $M_{kontrolní}$)	1,165	0,904	0,835	1,010
$M_{experimentální}$ (průměr experimentální skupina)	5,63	4,54	5,18	5,74
SD (směrod. odch. $M_{experimentální}$)	1,118	1,102	1,075	1,361
$N_{kontrolní}$ (počet validních dotazníků v kontrol. skupině)	45	45	45	45
$N_{experimentální}$ (počet validních dotazníků v exper. skupině)	74	74	74	74
Mann-Whitney U	1182,000	1454,500	1127,000	1065,000
Wilcoxon W	2217,000	2489,500	2162,000	2100,000
Z (hodnota testové statistiky)	-2,651	-1,157	-2,953	-3,293
p -hodnota (oboustranná)	0,008	0,247	0,003	0,001
Cohenovo d	0,500	0,213	0,561	0,632

Proměnná: skupina (1 = kontrolní, 2 = experimentální)

4.4.7 Vliv pohlaví žáka na začlenění vzdělávacích animací do výuky

Pro nalezení odpovědi na druhou výzkumnou otázku (*Jaký je vliv pohlaví na začlenění vzdělávacích animací do výuky?*) byla opět provedena dvě porovnání:

- Porovnání dat mezi dívkami a chlapci ve vyučovací hodině se statickými prostředky (data naměřená v rámci postdotazníku KLA_1.
- Porovnání dat mezi dívkami a chlapci v experimentálně pojaté vyučovací hodině (data naměřená v rámci postdotazníku EXP).

Pro obě porovnání byl použit neparametrický Mann-Whitneyův U test.

A) Porovnání dat mezi dívkami a chlapci v klasické vyučovací hodině

Byla stanovena nulová (H_0) a k ní alternativní hypotéza (H_1):

H_0 : Odpovědi žáků kontrolní skupiny získané prostřednictvím postdotazníku KLA_1 se neliší bez ohledu na to, zda se jedná o dívky či chlapce.

H_1 : Odpovědi žáků kontrolní skupiny získané prostřednictvím postdotazníku KLA_1 se liší s ohledem na to, zda se jedná o dívky či chlapce.

Výsledky testu (viz Tab. 27) ukazují, že mezi chlapci a dívkami existuje statisticky významný rozdíl ve dvou ze škál (zájem / potěšení: $p = 0,047$; $d = 0,618$ a uvědomění si svých schopností: $p = 0,007$; $d = 0,873$). Z tohoto můžeme vyvodit, že dívky jsou v určitém smyslu slova ctižádostivější než chlapci, jsou si vědomy svých kvalit a více o nich přemýšlí. Navíc lze ze získaných dat vyvodit, že dívky měly zároveň větší zájem o probírané učivo než chlapci (o tom hovoří i průměrné bodové hodnocení jednotlivých položek dotazníku - průměrná hodnota 4,96 u dívek vs. 4,32 u chlapců). U obou zbývajících škál žádné patrné rozdíly mezi chlapci a děvčaty objeveny nebyly. Z hodnot Cohena d pro výše uvedené škály lze také vyčíst, že rozdíly mezi dívkami a chlapci jsou skutečně velké.

Tab. 27 - Mann-Whitneyův U -test – postdotazník KLA_1 (žáci kontrolní skupiny – výuka bez použití dynamické vizualizace) – rozdíl mezi dívkami a chlapci. Tučně jsou zvýrazněny p -hodnoty.

Statistické veličiny	Zájem / potěšení	Úsilí / důležitost	Uvědomění si svých schopností	Hodnota / užitečnost
$M_{dívky}$ (průměr dívky)	4,96	4,34	5,01	4,96
SD (směrod. odch. $M_{dívky}$)	1,241	1,037	1,055	1,103
$M_{chlapci}$ (průměr chlapci)	4,32	3,99	4,10	4,43
SD (směrod. odch. $M_{chlapci}$)	1,115	1,297	1,282	1,226
$N_{dívky}$ (počet validních dotazníků - dívky)	24	24	24	24
$N_{chlapci}$ (počet validních dotazníků - chlapci)	21	21	21	21
Mann-Whitney U	165,000	182,500	134,000	178,000
Wilcoxon W	396,000	413,500	365,000	409,000
Z (hodnota testové statistiky)	-1,983	-1,584	-2,690	-1,686
p -hodnota (oboustranná)	0,047	0,113	0,007	0,092
Cohenovo d	0,618	0,485	0,873	0,519

Proměnná: pohlaví (0 = dívky, 1 = chlapci)

B) Porovnání dat mezi dívkami a chlapci v experimentálně pojaté vyučovací hodině

Byla stanovena nulová (H_0) a k ní alternativní hypotéza (H_1):

H_0 : Odpovědi žáků experimentální skupiny získané prostřednictvím postdotazníku EXP se neliší bez ohledu na to, zda se jedná o dívky či chlapce.

H_1 : Odpovědi žáků experimentální skupiny získané prostřednictvím postdotazníku EXP se liší s ohledem na to, zda se jedná o dívky či chlapce.

Z hodnot uvedených v Tab. 28 je patrné, že v experimentální vyučovací hodině se neprokázal vliv pohlaví na žákovu vnímání začlenění animací do výuky – chlapci i dívky hodnotili experimentální výuku ve vztahu k vnitřní motivaci žáka shodně. Výsledky testu konkrétně neprokázaly, že by pohlaví žáků mělo statisticky signifikantní vliv na zájem žáka o probíranou látku, na ochotě vkládat do porozumění větší úsilí, na uvědomění si svých nabitých dovedností a znalostí ve vztahu k probírané látce a na vnímání významu probírané látky pro každodenní život. Je tedy patrné, že použití animací vyrovnalo rozdíly mezi chlapci a dívkami.

Tab. 28 - Mann-Whitneyův U test – postdotazník EXP (žáci experimentální skupiny – výuka s použitím animací) – rozdíl mezi dívkami a chlapci. Tučně jsou zvýrazněny p -hodnoty.

Statistické veličiny	Zájem / potěšení	Úsilí / důležitost	Uvědomění si svých schopností	Hodnota / užitečnost
$M_{dívky}$ (průměr dívky)	5,60	4,63	5,30	5,91
SD (směrod. odch. $M_{dívky}$)	1,061	0,819	0,900	1,245
$M_{chlapci}$ (průměr chlapci)	5,78	4,45	5,13	5,70
SD (směrod. odch. $M_{chlapci}$)	1,180	1,450	1,207	1,310
$N_{dívky}$ (počet validních dotazníků - dívky)	43	43	43	43
$N_{chlapci}$ (počet validních dotazníků - chlapci)	28	28	28	28
Mann-Whitney U	536,000	582,500	582,500	547,000
Wilcoxon W	1482,000	988,500	988,500	953,000
Z (hodnota testové statistiky)	-0,780	-0,230	-0,230	-0,649
p -hodnota (oboustranná)	0,436	0,818	0,818	0,516
Cohenovo d	0,185	0,054	0,054	0,154

Proměnná: pohlaví (0 = dívky, 1 = chlapci)

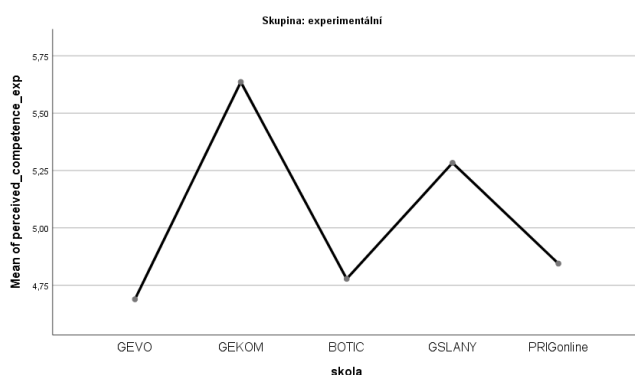
4.4.8 Vliv dalších faktorů na začlenění vzdělávacích animací do výuky

Po rozdělení souboru dat dle faktoru „škola“ a následné aplikaci Kruskal-Wallisova testu (pro tento test byla stanovena nulová hypotéza (H_0 : Odpovědi žáků experimentální skupiny získané prostřednictvím postdotazníku EXP se neliší v závislosti na typu navštěvované školy.) a k ní alternativní hypotéza (H_1 : Odpovědi žáků experimentální skupiny získané prostřednictvím postdotazníku EXP se liší v závislosti na typu navštěvované školy.). Z výsledků vyplývá,

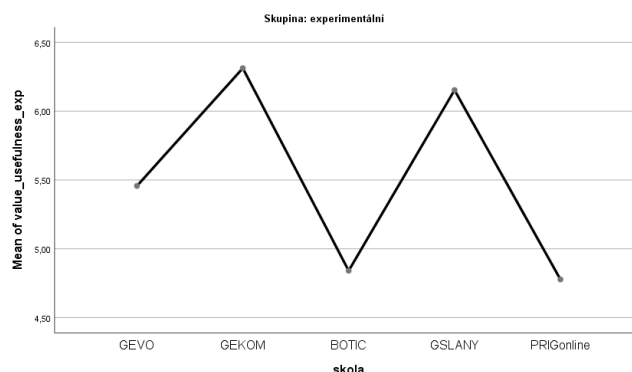
že mezi jednotlivými skupinami existují statisticky signifikantní rozdíly (viz Tab. 29 a více viz Příloha 14, kde jsou výstupy z neparametrického Kruskal-Wallisova testu, včetně post hoc analýzy) a to hned u tří škál (*zájem / potěšení*; *uvědomění si svých schopností* a *hodnota / užitečnost*). Vzhledem k realizaci pedagogického experimentu je však těžké hledat příčinu těchto rozdílů.

Součástí výsledků post-hoc analýzy byly i níže uvedené grafy (Obr. 32-35). Z nich je patrné, že školy GEKOM a GSLANY si vedly ve třech ze čtyř sledovaných škál (*zájem / potěšení*; *uvědomění si svých schopností* a *hodnota / užitečnost*) lépe než ostatní tři školy (GEVO, BOTIC, PRIGOnline). Tento jev může být opět způsobený různými činiteli.

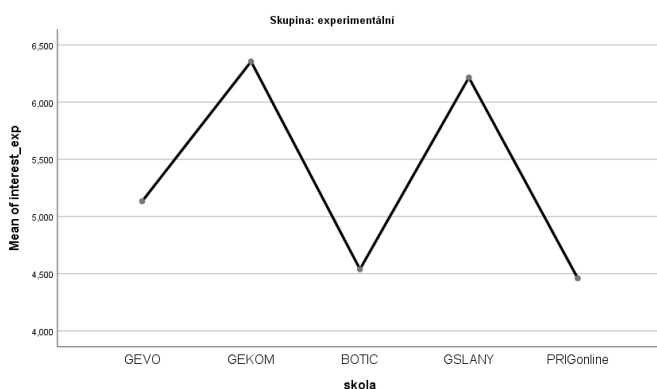
Faktorů, které výše komentovaná fakta ovlivňují, může být mnoho, např. osobnost a role učitele, probírané téma, momentální rozpoložení třídy jako celku apod.



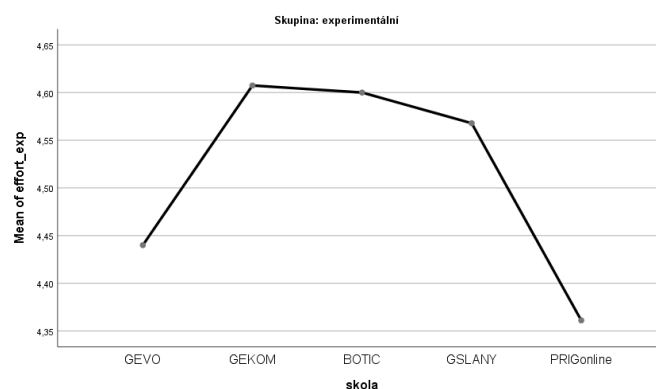
Obr. 32 – škála **Uvědomění si svých schopností**



Obr. 33 – škála **Hodnota/užitečnost**



Obr. 34 – škála **Zájem/potěšení**



Obr. 35 – škála **Úsilí/důležitost**

Tab. 29 - Kruskal-Wallisův test – postdotazník EXP – rozdíl mezi jednotlivými školami. Tučně jsou zvýrazněny *p*-hodnoty.

Statistické veličiny	<i>Zájem / potěšení</i>	<i>Úsilí / důležitost</i>	<i>Vnímané kompetence</i>	<i>Hodnota / užitečnost</i>
Kruskal-Wallis <i>H</i>	50,26	1,70	20,15	21,95
<i>df</i>	4	4	4	4
<i>p</i>-hodnota	0,000	0,790	0,000	0,000
a. Kruskal Wallis Test				
b. Grouping Variable: skola				

Zajímavé je zjištění, že u škály *úsilí* ani po rozdělení souboru dle faktoru „škola“ nebyly na základě Kruskal-Wallisova testu nalezeny rozdíly (viz Tab. 29).

4.5 Výsledky výzkumného šetření – znalostní testy

4.5.1 Určení reliability didaktických testů

Reliabilita didaktických testů byla určena pomocí statistického parametru Cronbachovo alfa (více o reliabilitě didaktických testů a tomto konkrétním parametru viz předešlé kapitoly). Tab. 30 shrnuje hodnoty Cronbachova alfa pro jednotlivé testy. Jak je z tabulky patrné, hodnota Cronbachova alfa je větší než 0,7 u tří testů (BOTIC, GVBT a PRIGO). Další dva testy mají hodnotu koeficientu přesahující hranici 0,6. Lze konstatovat, že všechny hodnoty této míry reliability byly na požadované úrovni, neboť hodnota koeficientu u všech škál buď převyšuje, nebo se velmi blíží k všeobecně přijímané hranici 0,7 (Nunnally, 1978; DeVellis, 2012; Kline, 2011). Získaná data z didaktických znalostních testů jsou tedy vnitřně konzistentní a lze je považovat za spolehlivá.

Tab. 30 - Výpočet Cronbachova alfa použitých didaktických testů.

Název testu / škola / počet jednotlivých podotázek	Cronbachovo alfa
Trávení v lidském organismu / GEKOM / 33	0,616
Fotosyntéza / BOTIC / 28	0,788
Metabolismus živin / GEVO / 23	0,616
Trávení v lidském organismu / GVBT / 33	0,718
Membránový transport / PRIGO / 33	0,814

4.5.2 Normalita dat

Před výběrem vhodné (parametrické či neparametrické) statistické metody bylo nutné zjistit, zda jsou data normálního rozdělení či nikoliv. Pro tyto účely jsme porovnávali histogramy vytvořené pro každou proměnnou (viz Příloha 15). Normalita byla také hodnocena výpočtem, konkrétně pomocí formálního statistického Kolmogorovov-Smirnovova testu (viz Tab. 31).

U všech sledovaných skupin jsme hodnotili normalitu (tj. po rozdělení skupiny podle zkoumaného faktoru, kterým bylo zařazení do skupiny (kontrolní / experimentální). Na základě získaných výsledků bylo potvrzeno, že obdržená data vykazují normální rozdělení, proto byly pro další analýzu využity parametrické metody.

Tab. 31 - Kolmogorovov-Smirnovův test normality dat.

Skupina	Proměnná	Statistika	df	p-hodnota
kontrolní	BOTIC pret_celkem	,149	18	,200*
	GEKOM pret_celkem	,112	40	,200*
	GEVO pret_celkem	,092	30	,200*
	GSLANY pret_celkem	,119	24	,200*
	FRIGOo pret_celkem	,115	20	,200*
experimentální	BOTIC pret_celkem	,188	21	,051
	GEKOM pret_celkem	,086	42	,200*
	GEVO pret_celkem	,088	30	,200*
	GSLANY pret_celkem	,109	30	,200*
	FRIGOo pret_celkem	,149	18	,200*

*. Toto je nižší hranice skutečné p-hodnoty

4.5.3 Rozdíly mezi pretesty a posttesty

Třetím cílem výzkumu bylo zjistit odpověď na výzkumnou otázku: *Jaký vliv má zařazení vzdělávacích animací na žákovy nabyté znalosti?* Z toho důvodu byly provedeny 3 na sebe navazující statistické testy (viz dále A), B) a C)).

A) Zjištění výchozího stavu na základě pretestů

Nejprve jsme museli prostřednictvím pretestu zjistit výchozí stav sledovaných žáků ve vztahu k jejich znalostem v oblasti aktuálně probírané látky a výsledky pro kontrolní a experimentální skupinu porovnat mezi sebou. K tomu nám sloužil parametrický dvojvýběrový *t*-test. Z toho důvodu jsme zvolili nulovou (H_0) a k ní alternativní hypotézu (H_1):

H_0 : Průměrné výsledky žáků kontrolní a experimentální skupiny ze znalostních pretestů se neliší.

H_1 : Průměrné výsledky žáků kontrolní a experimentální skupiny ze znalostních pretestů se liší.

Dvojvýběrový *t*-test neprokázal, že by mezi žáky kontrolní a experimentální skupiny byl na počátku výzkumu zjištěn statisticky významný rozdíl ve výsledcích znalostního pretestu (viz Tab. 33). Znalosti žáků byly na počátku šetření srovnatelné (nulová hypotéza nebyla zamítnuta, $p = 0,241$; $d = 0,203$).

B) Posun ve znalostech – rozdíly mezi pretesty a posttesty

Vzhledem k tomu, že skupiny byly na počátku výzkumu vyrovnané, prostřednictvím parametrického párového t -testu jsme zjišťovali posuny mezi výsledky pretestů a posttestů zvlášť pro kontrolní a zvlášť pro experimentální skupinu. Z toho důvodu jsme zvolili nulovou (H_0) a k ní alternativní hypotézu (H_1):

H_0 : Průměrné výsledky žáků ze znalostního pretestu a posttestu se neliší.

H_1 : Průměrné výsledky žáků ze znalostního pretestu a posttestu se liší.

Výsledky ukázaly, že u obou skupin došlo ke statisticky signifikantnímu zlepšení (viz Tab. 32). Tento fakt byl předpokládán, neboť jak u experimentální, tak u kontrolní skupiny dochází k probírání nového učiva (byť rozdílnými metodami), tudíž i k jeho procvičování a fixaci. Nicméně porovnáním hodnot Cohenova d můžeme určit, že tento posun je větší u experimentální skupiny ($d = 1,027$) než u skupiny kontrolní ($d = 0,844$).

Tab. 32 Párový t -test – porovnání výsledků mezi znalostním pretestem a posttestem, rozděleno zvlášť na kontrolní skupinu a zvlášť na experimentální skupinu. Tučně jsou zvýrazněny p -hodnoty.

Statistické veličiny	pretest vs. posttest	
	Kontrolní skupina	Experimentální skupina
$M_{pretest}$ (průměr pretest)	8,61	9,48
SD (směrod. odch. $M_{pretest}$)	3,284	3,553
$M_{posttest}$ (průměr posttest)	11,38	13,05
SD (směrod. odch. $M_{posttest}$)	3,278	3,407
Počet porovnání	62	64
t (hodnota testové statistiky)	-7,989	-9,764
p -hodota (oboustranná)	0,000	0,000
Cohenovo d	0,844	1,027

a. Wilcoxon Signed Ranks Test

b. Based on negative ranks.

C) Zjištění konečného stavu na základě posttestů

Posledním krokem analýzy znalostních testů bylo srovnání výsledků Posttestů mezi žáky kontrolní a experimentální skupiny. Z toho důvodu jsme zvolili nulovou (H_0) a k ní alternativní hypotézu (H_1):

H_0 : Průměrné výsledky žáků kontrolní a experimentální skupiny ze znalostních posttestů se neliší.

H_1 : Průměrné výsledky žáků kontrolní a experimentální skupiny ze znalostních posttestů se liší.

Prostřednictvím parametrického dvojvýběrového t -testu se zjistilo, že žáci experimentální skupiny dosáhli v posttestech statisticky významně lepších studijních výsledků než žáci kontrolní skupiny (viz Tab. 33).

Porovnáním Cohenova d , tedy míry věcné významnosti získaných výsledků, bylo také zjištěno, že mezi pretesty kontrolní a experimentální skupiny je jen malý rozdíl v bodovém zisku (je zde vykazován malý efekt věcné významnosti, $d = 0,203$), zatímco u posttestů se projevuje spíše středně velký efekt věcné významnosti – bodové rozdíly mezi kontrolními a experimentálními skupinami jsou výraznější, ($d = 0,453$).

Tab. 33 - Dvojvýběrový t -test – porovnání výsledků mezi žáky kontrolní skupiny a žáky experimentální skupiny v pretestu i v posttestu. Tučně jsou zvýrazněny p -hodnoty.

Statistické veličiny	Kontrolní vs experimentální skupina	
	pretest	posttest
$M_{kontrolní}$ (průměr kontrolní skupina)	8,50	11,21
SD (směrod. odch. $M_{kontrolní}$)	3,251	3,272
$M_{experimentální}$ (průměr experimentální skupina)	9,19	12,77
SD (směrod. odch. $M_{experimentální}$)	3,546	3,610
$N_{kontrolní}$ (počet validních dotazníků v kontrol. skupině)	65	67
$N_{experimentální}$ (počet validních dotazníků v exper. skupině)	73	68
F (hodnota testové statistiky – Leveneův test shodnosti rozptylů) (p -hodnota pro Leveneův test)	1,608 (0,207)	0,605 (0,438)
t (hodnota testové statistiky)	-1,178	-2,622
Df (stupně volnosti)	136	133
p -hodnota (oboustranná)	0,241	0,010
Cohenovo d	0,203	0,453
Proměnná: skupina (1 = kontrolní, 2 = experimentální)		

5 Výzkumná část B

5.1 Realizovaný akční výzkum

Akční výzkum provedený v rámci této disertační práce byl proveden na střední škole gymnaziálního typu ve Slaném (Středočeský kraj). Zúčastnilo se ho 9 žáků maturitního ročníku v předmětu chemie. Z hlediska typu se jednalo o proaktivní akční výzkum zaměřený na jednání učitele, konkrétně na použití vytvořených animací za účelem zefektivnění výuky v dané třídě. Využité vzdělávací animace prezentovaly téma *Nukleových kyselin*. Celý proces je popsán následujícím harmonogramem:

- a) tvorba nové výukové pomůcky;
- b) stanovení hlavního cíle;
- c) provedení samotného výzkumu;
- d) získání zpětné vazby;
- e) vyhodnocení zpětné vazby a vyvození závěrů.

5.1.1 Průběh realizovaného akčního výzkumu

Prvním krokem byla tvorba interaktivních, vzdělávacích animací na téma *Nukleové kyseliny*. Více o jejich vzniku viz kap. 3.3 této práce.

Následně byl stanoven hlavní cíl akčního výzkumu, kterým bylo ověření těchto animací a zjištění, zdali vytvořené výukové animace mají potenciál navýšit atraktivitu a efektivitu výuky probíraného tématu. Důvodem k výběru této části učiva byly také závěry z diskuze se žáky. Ti zmiňovali, že nukleové kyseliny byly součástí výukového procesu již v prvním ročníku víceletého gymnázia (VG) v předmětu biologie, dále pak v biologickém semináři ve třetím ročníku VG a následně v biologii ve čtvrtém ročníku VG. V prvních dvou případech byly vždy k výuce využívány pouze statické vizualizační prostředky, ve třetím případě pak videa z platformy youtube. Žáci konstatovali, že ani jeden způsob prezentace učiva nevedl k dostatečnému pochopení probírané látky.

Samotný výzkum byl prováděn kontinuálně během tří vyučovacích hodin. Konkrétními tématy byly procesy replikace, transkripce a translace (celkem byly tedy použity 3 dílčí animace). Výukové animace sloužily jako základní učební prostředek, který byl vždy využíván ve většině hodiny. Mezi metodami používanými během šetření převažovala frontální výuka s metodou kladení otázek, dále kooperativní učení a nakonec popis animovaných dějů samotnými žáky.

Animace byly používány zejména během expoziční, fixační a diagnostické fáze vyučovací hodiny.

Předposlední částí celého procesu bylo získání zpětné vazby od samotných žáků. K tomuto sloužil krátký dotazník (viz Příloha 8), který zjišťoval postoj žáků k využití konkrétních výukových animací a zároveň jejich dojem ze samotného výzkumného prostředku. Výsledky dotazníkového šetření shrnuje následující kapitola.

5.1.2 Výsledky a závěry realizovaného akčního výzkumu

Dotazník, který žáci po použití animací ve výuce vyplňovali, byl rozdělen na tři části. Toto dělení reflektuje i následující shrnutí výsledků akčního výzkumu.

Odpovědi z první části, která se týkala zejména vzhledu a využití konkrétních animací, jsou shrnuty v Tab. 34. Žáci měli hodnotit jednotlivé výroky známkou od 1 do 5, stejně jako ve škole (tedy 1 – naprosto souhlasím, 5 – naprosto nesouhlasím).

Tab. 34 – Výsledky první části dotazníku shrnující vzhled a využití daných animací.

Kritérium hodnocení (tvrzení)	Počet „1“	Počet „2“	Počet „3“	Počet „4“	Počet „5“	Průměrná známka
Animace mají povedenou grafiku.	2x	7x	---	---	---	1,78
Náročnost odborného obsahu odpovídá vzdělávacímu stupni.	9x	---	---	---	---	1,00
Animace jsou názorné.	6x	3x	---	---	---	1,33
Zařazení podobných animací i v jiných tématech by vedlo k lepšímu porozumění výuky.	6x	3x	---	---	---	1,33
Zařazení podobných animací i v jiných předmětech by vedlo k lepšímu porozumění výuky.	5x	4x	---	---	---	1,44

Z výsledků prezentovaných v tabulce vyplývá, že žáci hodnotili ve všech uvedených kritériích dané animace velmi či spíše pozitivně. Při doplňkovém dotazování na jednotlivá tvrzení žáci např. zmiňovali, že video použité k vysvětlení daných témat v předešlé výuce, bylo příliš složité, z hlediska odborné úrovně neodpovídalo jejich dosavadním znalostem a zároveň znalostem, které po nich vyžadoval vyučující. Naopak výukové animace žákům připadaly zcela vhodné pro použití na středoškolské úrovni.

Z hlediska názornosti žáci poukazovali zejména na modré pozadí animace a modrou barvu některých enzymů, což občas vedlo k špatné viditelnosti probíhajících dějů.

Mezi dalšími tématy, která by se dala zpracovat v rámci animací, žáci jmenovali zejména buněčné dýchání, fotosyntézu, slabé vazebné interakce či emulgaci lipidů. Žáci by si také dokázali představit využití animací v předmětech biologie (zejména pak v tématu buněčný metabolismus a genetika), ve fyzice (animace různých fyzikálních dějů), dále pak např. v matematice.

Druhá část dotazníku byla reprezentována pěti otevřenými otázkami. Níže jsou uvedeny jednotlivé položky a shrnující odpovědi žáků:

a) Které prvky působily v animaci rušivě?

Většina žáků nevysledovala žádné rušivé elementy ani v jedné z použitých animací. Někteří nicméně zmiňovali použití modrého pozadí a modrých pohybujících se předmětů, které občas s plochou splývaly.

b) Použili jste uvedené animace i pro opakování na test?

Tři žáci napsali, že uvedené animace opravdu k opakování před písemným testem použili. Zbytek respondentů uvedl, že nevěděli, kde je vyhledat, a tak využili videa používaná v biologii, nicméně při domácí přípravě využili zápisky z hodin chemie.

c) Napište 3 klady použitých animací.

Zde byly velmi často zmiňovány titulky, které jednotlivé animace doprovází, dále možnost animací posunout, či zastavit (a případně znovu přechíst doprovodný komentář). Také se objevily komentáře vystihující samotnou podstatu využívání animací ve výuce: „Člověk získá lepší představu toho, co se skutečně děje, než jen při prohlížení obrázků“.

d) Napište 3 zápory použitých animací.

Odpovědi v tomto úkolu souvisely zejména s malým doprovodným textem, případně s nutností doplnit do textu více informací. Jako negativum byla také zmíněna skutečnost, že animaci je potřeba dovysvětlit vyučujícím. Tento postřeh velmi úzce souvisí s obecně přijímanou tezí, že animace nejsou samonosné a role učitele je zde velmi důležitá.

e) Napište alespoň 1 další způsob využití animací v hodině kromě klasické prezentace učitelem.

Žáci uváděli hlavně práci ve skupinách (kooperativní vyučování), dále zmiňovali určitou formu vrstevnického učení a metodu převrácené třídy (flipped classroom).

V rámci poslední části dotazníku měli žáci za úkol vymyslet alespoň jeden hashtag, který by se týkal použitých animací. Zde jsou uvedeny některé konkrétní odpovědi: *#chemiesrozumitelne*, *#uztochapu*, *#creativelearning*, *#animacedovyuky*, *#nazornavyuka*, *#chemiehrave*, *#easybiochemie*.

Na základě reflexe s žáky byly ve výuce použité animace částečně upraveny. Hlavní změnou bylo převedení modrého pozadí na bílé a následná nutná změna barvy některých textů. Vzhledem k tomu, že někteří žáci shledávali doprovodné texty málo informativní, byl vytvořen studijní text s obrazovým materiálem, který animovaná témata upřesňuje a případně i rozšiřuje.

Z výsledků uvedených výše vyplývá, že žáci vnímají implementaci animací do vzdělávacího procesu jako pozitivní krok, který vede ke zvýšení efektivity a atraktivity výuky. Vzhledem k velmi malému vzorku respondentů a ze samotné podstaty akčního výzkumu samozřejmě nelze výsledky generalizovat. Na druhou stranu bylo díky provedenému výzkumu možné upravit celý animační set dle postřehů žáků a také byly získány cenné podněty pro další práci na poli tvorby a využití animací ve výuce.

6 Diskuze

Disertační práce shrnuje výsledky výzkumů zaměřených na využití animací ve výuce na středních školách. Vzhledem k rozsahu praktické a výzkumné části práce je i tato diskuze rozčleněna na tři oddíly.

6.1 Diskuze k praktické části

V rámci praktické části práce byly vytvořeny animace na téma *Nukleové kyseliny*. Autor vytvořil celkem 18 dílčích animací, které se zabývají popisem a metabolismem nukleových kyselin. Je nutné podotknout, že odborný obsah animací by měl odpovídat středoškolské úrovni učiva. Vzhledem k možnosti využití animace i v seminárních předmětech, při přípravě na přijímací zkoušky a zejména vzhledem k jejich mezioborovému charakteru se může zdát odborná stránka v některých momentech příliš složitá (př. rozpad vlákna RNA, průběh replikace, kontrola replikace apod.). Dle autora animací jsou ale právě tyto „mimoučebnicové“ informace základem porozumění komplexního fungování metabolismu nukleových kyselin a tedy i strukturních a funkčních vztahů mezi různými biomolekulami v živých organismech. Odborné informace byly čerpány z několika zdrojů uvedených v kap. 3.5. Zde by bylo vhodné se pozastavit nad ortografií odborných termínů, které se v práci (zejména v doprovodném textu animací a studijním textu) vyskytují. Při sepisování této práce bylo při psaní slov cizího původu přihlíženo k publikaci od Kodíčka et al. (2018), ve které se její autoři přímo tímto problémem zabývají. Na začátku knihy shrnují základní pravidla, kterými se řídí při psaní odborných textů a která dodržoval i autor této práce.

Součástí praktické části je i studijní text. Ten slouží jako doprovodný materiál k vytvořeným animacím, může být využit učitelem či samotnými žáky v hodině či při samostudiu. Jeho základem jsou informace uvedené v doprovodném textu animací, ovšem rozšířené o větší detaily či ilustrační obrázky. Součástí tohoto materiálu jsou také menším písmem psané odstavce, které jsou autorem práce pokládány za nadstavbové a nejsou pro pochopení popisovaných pochodů a jejich principů esenciální. Nabízí se možnost sloučit některé podkapitoly studijního textu dohromady (př. *Buněčné jádro – úvod* a *Buněčné jádro – membrána*). K tomuto nicméně autor práce nepřistoupil, jelikož text je členěný přesně podle animací a má jednotlivé dílčí animace doplňovat. V momentě, kdy se žák bude chtít více dozvědět o kontrole replikace, nemusí číst celou podkapitolu, nicméně si vyhledá pouze danou část studijního textu.

Stěžejním materiálem praktické části práce je set 18 výukových animací. Ten byl vytvořen autorem práce v programu Adobe Animate, s výsledným formátem .html5. Tento formát lze otevřít ve většině běžně dostupných internetových prohlížečů (na rozdíl od dříve využívaného .swf). Konkrétně byly vyzkoušeny prohlížeče Google Chrome, Mozilla, Internet Explorer a Microsoft Edge. Původním záměrem bylo vytvořit animační program, který by se otevíral přes jeden odkaz a ve kterém by byly všechny animace jednoduše dostupné. Toto se v průběhu tvorby ukázalo jako neprůchodné řešení, jelikož výsledný soubor byl extrémně velký a samotné animace byly velmi pomalé či se zastavovaly. Z toho důvodu byly animace zveřejněny jednotlivě, tedy se u nich výše popsany problém již nevyskytuje. Mnozí výzkumníci zabývající se vlivem animací na žáky poukazují na potřebu doprovázet samotnou dynamickou vizualizaci mluveným komentářem (Ginns, 2005; Mayer, 2005). Zvukový doprovod k vytvořeným animacím nebyl z časových důvodů nahrán, nicméně jejich autor předpokládá, že budou primárně používány ve výuce, kdy učitel může probíhající děje sám komentovat, případně se nabízí možnost využít i jiné didaktické metody.

Jedním z důvodů tvorby animací byl fakt, že v současném českém (ale také cizojazyčném) prostředí neexistují podobné edukační materiály, které by byly komplexní, s dostatečným mezioborovým překryvem a zároveň odpovídaly středoškolské úrovni. Je pravda, že lze na internetu najít mnoho videí, která se různými podtématy z celku *Nukleové kyseliny* zabývají. Opět ale narážíme na absenci českého jazyka (tím se možnost použití zejména u některých učitelů eliminuje), zobrazení pouze některých částí metabolismu NA a přílišné zjednodušení či naopak nadměrnou obtížnost popisovaných jevů. Nakonec lze uvést, že práce se zabývá využitím výukových animací, nikoli videí. Stav animací je dle rešerše uvedené v kap. 3.6. ještě více nedostačující než existence výukových videí.

Animace byly zhlédnuty a okomentovány dvěma didaktiky a dvěma učiteli chemie (kombinace chemie-biologie a kombinace chemie-matematika). Na základě jejich postřehů byly tyto následně upraveny jednak z faktického, jednak ze stylistického a didaktického hlediska.

6.2 Diskuze k výzkumné části A

Výzkumná část A sestává ze dvou oddílů: z výsledků pilotáže a následně z výsledků hlavního výzkumného šetření.

Animace, které byly použity k výzkumnému šetření, vznikly na KUDCH Přírodovědecké fakulty, Univerzity Karlovy. Výběr animací byl proveden společně s vyučujícím a dán konkrétním tématem, které se v době výzkumu vyučovalo.

V rámci pilotního šetření bylo zkoumáno, jaký vliv má zařazování vzdělávacích animací na vnitřní motivační orientaci žáků. Bylo zjištěno, že používání vzdělávacích animací ve výuce má veliký pozitivní efekt na 3 ze 4 sledovaných škál vnitřní motivace žáků (škály *zájem / potěšení*, *uvědomění si svých schopností* a *hodnota / užitečnost*) a menší pozitivní efekt na škálu *úsilí / důležitost*. Malý efekt v úsilí se projevil i v některých výsledcích v hlavní výzkumné části. Nabízí se mnoho důvodů k tomuto faktu. Jedním z nich je např. možnost, že žáci jednoduše nehodlají vkládat do výuky více sil, byť je jejich zájem a uvědomění si významu látky díky animacím větší. Je také možné, že si subjektivně myslí, že jejich úsilí je větší (protože je výuka více baví), nicméně objektivně se toto nepotvrzuje. Dále nebylo prokázáno, že by pohlaví žáků mělo signifikantní vliv na sledované škály vnitřní motivační orientace v experimentální či kontrolní výuce. Nicméně chlapci hodnotili experimentální výuku pozitivněji, kontrolní výuka byla zase pozitivněji hodnocena děvčaty. Je možné, že chlapci jsou při použití ICT ve výuce zvědavější a soutěživější, tudíž je jejich úsilí pracovat s novým materiálem v porovnání s úsilím dívek větší. V rámci budoucích výzkumů na poli animací by bylo zajímavé zjistit, v čem konkrétně se liší míra úsilí vynaloženého u dívek a u chlapců a zejména pak jak podpořit její zvýšení u obou pohlaví.

Reliabilita použitých výzkumných nástrojů hlavní výzkumné části byla opět stanovována pomocí koeficientu Cronbachova alfa. Všechny hodnoty týkající se predotazníku jsou velmi mírně pod hranicí 0,7. Dle autorů Klina (2011) a DeVellise (2012) je možné tedy data považovat za spolehlivá, i přes mírný odklon od všeobecně přijímané hranice 0,7. Výrazně vyšší hodnoty míry reliability nacházíme u hodnot Cronbachova alfa u postdotazníků. Zde všechny škály překračují hranici 0,7, kromě škály *úsilí / důležitost* u postdotazníku KLA_1 ($\alpha = 0,651$). Pro vysvětlení tohoto faktu je potřeba se podívat na harmonogram výzkumu. Postdotazník KLA_1 vyplňovali všichni respondenti (experimentální i kontrolní skupina) po hodině s kontrolní výukou. Je tedy možné, že se žáci v této konkrétní škále rozcházeli např. z důvodů souvisejících s nulovým užitím videí či animací, na které mohli být předtím více či méně zvyklí z běžných hodin.

Součástí výsledků výzkumného šetření je také korelační analýza všech použitých dotazníků. Z hlediska korelačního srovnání škál u postdotazníků kontrolní a experimentální skupiny bylo dosaženo podobných výsledků, jaké zmiňuje např. Barak et al. (2011), tedy že čím více vnímá žák význam probírané látky, tím větší zájem o ni jeví a tím větší je pravděpodobnost, že se v daném tématu bude chtít rozvíjet. Jinými slovy roste žákova míra vnitřní motivace.

Výsledky porovnávání predotazníku mezi kontrolní a experimentální skupinou ukazují na vyrovnané vnímání všech měřených škál (*sebeúčinnost v učení*, *vnější cílová motivace*

a uvědomění si vlastní zodpovědnosti při učení; $p > 0,167$; $d =$ od 0,048 do 0,225) kromě škály *vnitřní cílové motivace* ($p = 0,002$; $d = 0,530$). Porovnáním průměrných bodů pro jednotlivé otázky ze škály vnitřní motivace je patrné, že experimentální skupina byla více vnitřně motivována ($M = 4,83$) než skupina kontrolní ($M = 4,27$). Nicméně je také třeba podotknout, že rozdíl obou hodnot je roven 0,56 bodu, tedy v poměru k celkovému bodovému ohodnocení je malý. Zároveň výsledky z postdotazníku KLA_1 (po průběhu kontrolní výuky u obou skupin) ukazují, že žádná složka vnitřní motivace (*zájem / potěšení, úsilí / důležitost, uvědomění si svých schopností a hodnota / užitečnost*) se statisticky neliší mezi kontrolní a experimentální skupinou.

Porovnáním výsledků z postdotazníku KLA_2 a postdotazníku EXP (oba se zabíraly složkami vnitřní motivace) jsme získali závěry podobné předešlým výzkumům na poli animací (Barak et al., 2011; Kainz et al., 2013; Teplá, 2021). Uvedení autoři zmiňovali, že použití animací vede ke zvýšení motivace žáků. V rámci výzkumu této disertační práce byly odhaleny konkrétní složky vnitřní motivace, které jsou animacemi podporovány oproti kontrolní výuce. Jedná se o složky *zájem / potěšení, uvědomění si svých schopností a hodnota / užitečnost*. Čtvrtá škála *úsilí / důležitost* je popsána velmi podobnými výsledky u obou skupin ($p = 0,247$; $d = 0,213$). Je tedy evidentní, že zatímco animace zvyšují zájem žáků o dané téma, jejich pohled na užitečnost probírané látky a podporují vnímání a tedy i rozvíjení žákových schopností v učebním procesu, na úsilí animace efekt nemají. Nabízí se otázka, zdali bychom k podobnému závěru došli i u jiných aktivizačních metod výuky než jen u animací. V rámci budoucích výzkumů by bylo dobré sledovat, které prostředky a které metody zvyšují žákovu snahu o lepší výsledky v hodinách.

Zajímavý je závěr porovnání faktoru pohlaví. Porovnáním postdotazníků KLA_1 bylo zjištěno, že dívky oproti chlapcům hodnotí výuku bez použití dynamických vizualizací pozitivněji ve dvou sledovaných škálách: *zájem / potěšení* ($p = 0,047$; $d = 0,618$) a *uvědomění si svých schopností* ($p = 0,007$; $d = 0,873$). Po použití animací (tedy v experimentálním modelu) získáme odlišná data; mezi chlapci a dívkami nenalézáme žádný signifikantní rozdíl ani u jedné ze škál ($p > 0,436$; $d =$ od 0,054 do 0,185). Tento fakt se shoduje i s jinými výzkumníky (Castro-Alonso et al., 2019; Teplá, 2021) Porovnáme-li však průměrné body pro jednotlivé otázky, zjistíme, že i u dívek přeci jen došlo ke zvýšení u dvou škál a to *zájem / potěšení* (nárůst o 0,64 bodu) a *hodnota / užitečnost* (nárůst o 0,95 bodu), nicméně u chlapců se zvýšila bodová ohodnocení u tří sledovaných škál (*zájem / potěšení, uvědomění si svých schopností a hodnota / užitečnost* o více jak 1 bod). Je tedy patrné, že použití animací ve výuce má potenciál ve zvýšení vnitřní motivace u obou pohlaví, nicméně zejména u chlapců.

Kromě pohlaví je možné na výsledky nahlížet i z hlediska dalších faktorů, např. faktoru škola. Výsledky ukázaly, že jednotlivé školy se mezi sebou liší ve třech ze čtyř sledovaných škál a to *zájem / potěšení, uvědomění si svých schopností a hodnota / užitečnost*. Bylo by velmi těžké hledat konkrétní příčiny těchto rozdílů vzhledem k tomu, že jednotlivá výzkumná šetření probíhala v různé dny, na různých školách (v různých prostředích) a s různými učiteli. Právě role učitele se dle některých výzkumů zdá být nejdůležitějším faktorem v učebním procesu (Castro-Alonso et al., 2019; Teplá, 2021). Toto tvrzení nepřímo potvrzuje i tato studie. Poslední proměnnou sledovanou pomocí statistických metod v hlavní výzkumné části jsou akademické úspěchy žáků kontrolní a experimentální skupiny. Hodnoty Cronbachova alfa použitých testů se pohybovaly buď těsně pod nebo nad hranicí 0,7 ($\alpha > 0,616$). Tyto testy tedy můžeme považovat za spolehlivé. Výsledky výzkumu ukazují, že experimentální skupina dosáhla statisticky vyšších bodových ohodnocení v postetstech ($p = 0,000$; $d = 1,024$), než skupina kontrolní ($p = 0,000$; $d = 0,843$). Tento fakt se shoduje se závěry mnoha výzkumníků, kteří tvrdí, že použití animací ve výuce vede ke zvýšení akademických úspěchů žáků (Stith, 2004; Barak et al., 2011; Kainz et al. 2013; Teplá, 2021). Tento efekt může být způsoben různými cestami, ať už je to snižování abstrakce učiva (Bilbokatie, 2015), zvyšování kognitivních procesů a zároveň snížení kognitivní zátěže žáka (Nodzyska, 2012; Berney et al., 2015) či např. podpora vzniku správných mentálních modelů abstraktních témat a tím pádem i podpora lepšího porozumění tématu (Tarmizi, 2010).

6.3 Diskuze k výzkumné části B

Výzkumná část B se zabývá výsledky akčního výzkumu, který byl proveden autorem práce na střední škole v maturitním ročníku v předmětu chemie. Cílem bylo ověřit vytvořené animace na téma *Nukleové kyseliny*, získat zpětnou vazbu od žáků a následně dle jejich návrhů provést případné změny v animačním setu.

Jako první je potřeba podotknout, že akční výzkum rozhodně nemá parametry kvantitativního výzkumu, tedy např. kvůli počtu respondentů, který obecně bývá nízký (v tomto případě 9 žáků), nejsou jeho výsledky zobecnitelné. Akční výzkum proběhl formou dotazníku a následně diskuze vedené pomocí doplňkových otázek kladených autorem práce. Vytvořené a ověřované animace byly následně dle postřehů respondentů upraveny. Dalo by se namítnout, že upravovat výukový materiál dle názoru devíti žáků není dostatečně opodstatněný krok. Provedenými úpravami animací byla změna pozadí animačního okna z modré na světle šedou a dále vytvoření studijního textu, který informace uvedené v animacích doplňuje a rozšiřuje.

Tyto dvě změny jsou nicméně podpořeny i názory didaktiků, kteří zhlédli vytvořené animace a kteří se s žáky v těchto bodech shodli, proto bylo k těmto změnám přistoupeno.

Odpovědi na otázky v dotazníku mohly být také zkresleny faktem, že s animacemi pracoval, dotazník zadával a následně jej vyhodnocoval autor disertační práce, který v dané třídě čtvrtým rokem učil. S tímto ovšem počítá samotná podstata akčního výzkumu, který často používají samotní učitelé, pokud ve svých třídách řeší nějaký problém, či zavádí novou metodu a potřebují na ni získat zpětnou vazbu od žáků. Respondenti byli navíc několikrát vybízeni k upřímným a co nejobjektivnějším odpovědím, což se projevilo i na výsledcích akčního výzkumu (návrhy na zlepšení animačního setu).

7 Závěr

Hlavní cíle disertační práce byly následující:

1. Vytvořit v programu Adobe Animate a akčním výzkumem ověřit interaktivní mezipředmětovou výukovou animaci na téma *Nukleové kyseliny*;
2. Na základě modelu experimentální a kontrolní skupiny provést pedagogický experiment, jehož cílem bude zjistit vliv využití výukové interaktivní mezipředmětové animace na motivaci žáků a jejich studijní výsledky ve srovnání s výukou bez dynamických vizualizačních prostředků.

Teoretická část práce je rozdělena na několik kapitol. Ta první definuje cílovou věkovou kategorii žáků, kterých se týká prováděný výzkum. Jedná se z mezinárodního hlediska o kategorie ISCED 2 a ISCED 3, tedy druhý stupeň ZŠ a školy střední v českém prostředí. Druhá kapitola popisuje současný pohled na problematiku klíčových kompetencí opět jak z hlediska českého prostředí, tak v rámci prostředí mezinárodního (evropského). Jako velmi podstatná je zde zmíněna digitální kompetence, která přímo souvisí s tématem této disertační práce. V následujících oddílech teoretické části jsou podchycena základní teoretická východiska, kterými jsou mezipředmětové vztahy, vizualizace a animace a nakonec motivace žáků a efektivita vzdělávání. Předposlední kapitola této části práce se pak zabývá výzkumnými metodami a nástroji na zjištění efektivity použití animací. Jsou zde popsány zejména pretesty a posttesty a standardizované dotazníky, které byly použity v rámci výzkumu. Kapitola také zmiňuje možné alternativy k těmto výzkumným nástrojům. V poslední kapitole teoretické části disertační práce jsou shrnuty statistické metody zpracování dat. Kapitola je zaměřena zejména na určování reliability výzkumných nástrojů, normalitu dat a také na různé parametrické a neparametrické statistické testy a určování věcné významnosti výsledků.

Praktická část práce shrnuje kapitoly týkající se tématu výukových animací, tedy nukleových kyselin. V první kapitole je popsán důvod, proč bylo pro tvorbu výukové animace vybráno právě výše uvedené téma, následně je zmíněna krátká rešerše již existujících animačních materiálů. V dalších kapitolách je popsána tvorba vzdělávacích animací v programu Adobe Animate (mmj. také znění kódů, které byly použity pro navození interaktivního prostředí), popis jednotlivých animací, jejich charakteristiky dle RVP G a didaktické poznámky. Celkem bylo vytvořeno 18 dílčích animací, které se zabývají strukturou a metabolismem nukleových kyselin. Dvě animace jsou pak věnovány metodě PCR. Praktickou část disertační práce uzavírá studijní text věnovaný tématu *Nukleových kyselin*, který může sloužit jako zdroj

doplňujících informací pro žáky i učitele. Text je doprovázen obrázky, které částečně vycházejí ze samotných animací a částečně byly vytvořeny nezávisle.

Poslední hlavní částí disertační práce je část výzkumná. Ta je rozdělena na dvě kapitoly, Výzkumná část A a Výzkumná část B.

Výzkumná část A začíná definováním výzkumných otázek a výzkumných hypotéz, následně je popsána metodologie výzkumného šetření, včetně metodiky práce s animacemi v průběhu výzkumu, charakteristiky výzkumného vzorku a výzkumných nástrojů. Další kapitola shrnuje charakteristiku, metodologii a výsledky pilotního šetření, které bylo provedeno na střední škole v roce 2018 s celkovým počtem 30 respondentů. Cílem bylo zejména ověřit výzkumné nástroje a strukturu celého výzkumu. Spolehlivost dotazníků byla ověřena pomocí koeficientu Cronbachovo alfa, který vyšel pro oba sledované dotazníky s hodnotou vyšší než obecně uznávané minimum 0,7. Dotazníky byly tedy spolehlivé a nemuselo dojít k jejich úpravě. Na druhou stranu byly do harmonogramu zařazeny i znalostní testy pro zjištění posunu studijních výsledků žáků. V následující kapitole je popsán hlavní výzkum disertační práce, kterého se zúčastnilo celkem 158 žáků. Po vyčištění dat byla pomocí koeficientu Cronbachovo alfa zjištěna reliabilita obou typů dotazníků (postdotazníky i predotazník). Tato se velmi blížila hranici 0,7, tedy data získaná z dotazníků byla spolehlivá. Z hlediska normality dat se tato jevila jako data s nenormálním rozdělením, proto byl ve většině případů k výpočtu statistických veličin použit neparametrický test. Dále byly s pomocí Spearmanova koeficientu vypočteny hodnoty korelací mezi položkami v predotazníku a také mezi položkami u postdotazníků. Pro shrnutí lze konstatovat, že kontrolní a experimentální skupiny se v motivaci nelišily před implementací animací ($p > 0,103$; $d =$ od 0,023 do 0,495), zatímco dle postdotazníků se v rámci motivace objevil statisticky významný rozdíl mezi oběma skupinami (ve prospěch experimentální skupiny) ve třech ze čtyř sledovaných škál: *zájem / potěšení*, *uvědomění si svých schopností a hodnota / užitečnost* ($p =$ od 0,001 do 0,008; $d =$ od 0,500 do 0,632). Vliv pohlaví na motivaci žáků se v experimentální skupině nepotvrdil ($p > 0,436$; $d =$ od 0,054 do 0,185). Porovnáním výsledků analýzy testů (pretestů a posttestů) mezi kontrolní a experimentální skupinou bylo zjištěno, že žáci experimentální skupiny dosahovaly po provedení experimentu statisticky vyšších bodových ohodnocení než žáci skupiny kontrolní ($p_{\text{pretest}} = 0,282$; $d_{\text{pretest}} = 0,184$; $p_{\text{posttest}} = 0,012$; $d_{\text{posttest}} = 0,441$).

Výzkumná část B se týká použití a ověření vytvořených vzdělávacích animací s tématem *Nukleové kyseliny* v praxi. Šetření bylo realizováno jako forma proaktivního akčního výzkumu, kterého se zúčastnilo 9 žáků maturitního ročníku na českém gymnáziu. Ukázalo se, že žáci kvitují využívání animací ve výuce a rádi by je používali i v jiných předmětech než je chemie.

Navrhli také některé úpravy ověřovaného animačního setu (změna barvy pozadí a vytvoření studijního textu).

Současný rychle se měnící svět okolo nás vyžaduje přizpůsobení i v rámci školního systému, resp. metod, které učitelé využívají pro práci s žáky a studenty. Dle výsledků výzkumů provedených v rámci této disertační práce se ukazuje, že vhodné zařazení dynamických vizualizačních prostředků do učebního procesu může mít pozitivní efekt na motivaci a studijní výsledky žáků. Na tomto místě je ovšem zapotřebí zdůraznit, že ani animace, ani žádné jiné učební prostředky nedokáží úplně a efektivně nahradit roli učitele, který stále zůstává základním stavebním kamenem učebního procesu.

8 Citovaná literatura

- Adesope, O. O., & Nesbit, J. C. (2012). Verbal redundancy in multimedia learning environments: A meta-analysis. *Journal of Educational Psychology*, 104(1), stránky 250-263.
- Adobe. (2021). Internetový portál. Načteno z adobe.com: https://www.adobe.com/cz/creativecloud.html?gelid=CjwKCAjwu5yYBhAjEiwAKXk_eM_QFWHoJgCkcRq7OWsTvJ5S60H9ogiRv6ylHFDk1OSGg8hQSlwmeRoCtA4QAvD_BwE&skwid=AL!3085!3!282158057412!b!!g!!%2Badobe&mv=search&sdid=MQH8S7GK&ef_id=CjwKCAjwu5yYBhAjEiwAKXk_eM_QFWHoJgCkcR
- Ainsworth, S., & van Labeke, N. (2004). Multiple forms of dynamic Representation. *Learning and instruction*, 14(3), stránky 241-255.
- Ames, C. (1992). Classrooms: Goals, Structures, and Student Motivation. *Journal of Educational Psychology*, 84(3), stránky 261-271.
- Arnolds, J. (2015). High Expectations for All: Perspective and Practice. *Middle School Journal*, stránky 51-53.
- Auger, M. T., & Boucharlat, C. (2005). *Učitel a problémový žák: strategie pro řešení problémů s kázní a učením*. Praha: Portál. ISBN 80-7178-907-0.
- Baddeley, A. (1992). Working memory. *Science*, 255, stránky 556-559.
- Bandura, A., & Health, N. I. (1986). *Prentice-Hall series in social learning theory. Social foundations of thought and action: A social cognitive theory*. . Prentice-Hall. ISBN 978-0-13-815614-5.
- Bandura, A., Barbaranelli, C., Caprara, G. V., & Pastorelli, C. (2001). Self-Efficacy Beliefs as Shapers of Children's Aspirations and Career Trajectories. *Child Development*, 72(1), stránky 187 - 206.
- Barak, M., & Ashkar, T. (April 2011). Learning science via animated movies: Its effect on students' thinking and motivation. *Computers and Education*, stránky 839-846.
- Barnea, N., & Dori, Y. G. (1996). Computerized molecular modeling as a tool to improve chemistry. . *Journal of Chemical Information and Computer Sciences*, stránky 629-636.
- Beane, J. A. (1990). *A middle school curriculum: from rhetoric to reality*. Columbus, Ohio: National Middle School Association. ISBN 978-1560900498.

- Beane, J. A. (1997). *Curriculum Integration: Designing the Core of Democratic Education*. New York: Teachers College Press.
- Beane, J. A. (2006). Why middle schools? *New Zealand Middle Schooling Review*, stránky 5-7.
- Beauchamp, G., & Parkinson, J. (2008). Pupils' attitudes towards school science as they transfer from an ICT-rich primary school to a secondary school with fewer ICT resources: Does ICT matter? *Education and Information Technologies*, 13(2), stránky 103-118.
- Bedáňová, I. (2020). *Wilcoxonův test*. Načteno z cit.vfu.cz: <https://cit.vfu.cz/statpotr/POTR/Teorie/Predn4/Wilcoxon.htm>
- Benešová, M., Hamplová, H., Knotová, K., Lefnerová, P., Pfeiferová, E., Sáčková, I., & Satrapová, H. (2013). *Odmaturuj! z biologie*. Brno: Didaktis spol. s. r. o.
- Benešová, M., Pfeiferová, E & Satrapová, H. (2014). *Odmaturuj! z chemie*. Brno: Didaktis spol. s.r.o.
- Berney, S., Bétrancourt, M., Molinari, G., & Hoyek, N. (February 2015). How Spatial Abilities and Dynamic Visualizations Interplay When Learning Functional Anatomy With 3D Anatomical Models. *Anatomical Sciences Education*, 8(5), stránky 1-11.
- Bétrancourt, M., & Chassot, A. (January 2008). Making sense of animation: How do children explore multimedia instruction? *Learning with animation*, stránky 141-164.
- Bétrancourt, M., & Realini, N. (2005). Faut-il vraiment laisser le déroulement d'une animation sous le contrôle de l'apprenant ? *Communication à la 11ème journée d'étude sur le traitement cognitif de systèmes d'informations complexes*, stránky 1-7.
- Bétrancourt, M., & Tversky, B. (2000). Effect of computer animation on users' performance: a review. *Le Travail Humain*, 63(4), stránky 311-329.
- Bilbokaite, R. (2015). *Effect of Computer Based Visualization on Students*. Načteno z Cognitive Processes in Education Process: <https://doi.org/10.17770/sie2015vol4.417>
- Black, A. E., & Deci, E. L. (2000). The effects of instructors' autonomy support and students' autonomous motivation on learning organic chemistry: A self-determination theory perspective. . *Science Education*, 84(6), stránky 740-756.
- Blaško, M. (2010). *Úvod do modernej didaktiky I. (Systém tvorivo-humanistickej výučby)*. Načteno z [web.tuke.sk](http://web.tuke.sk/kip/main.php?om=1300&res=low&menu=1310): <http://web.tuke.sk/kip/main.php?om=1300&res=low&menu=1310> 19.

- Blažek, L. (2010). *Management*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-3275-6.
- Boucheix, J. M., & Guignard, H. (2005). What animated illustrations conditions can improve technical document comprehension in young students? Format, signaling and control of the presentation. *European Journal of Psychology of Education*, 20(1), stránky 369-388.
- Boucheix, J. M., & Lowe, R. K. (April 2010). An eye tracking comparison of external pointing cues and internal continuous cues in learning with complex animations. *Learning and Instruction*, 20(2), stránky 123-135.
- Boucheix, J.-M., & Schneider, E. (2009). Static and animated presentations in learning dynamic mechanical systems. *Learning and Instruction*, 19(5), stránky 112-127.
- Bradbury, A. (2001). *Jak úspěšně prezentovat a přesvědčit*. Praha: Computer Press. ISBN 80-7226-424-9.
- Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. R. (2000). *How People Learn: Brain, Mind, Experience and School*. Washington D.C.: National Academy Press. ISBN-13: 978-0309070362.
- Brazee, E. N., & Capelluti, J. (1995). *Dissolving Boundaries: Toward an Integrative Curriculum*. Columbus, Ohio: National Middle School Association.
- Brophy, J. (2010). *Motivating students to learn*. Abingdon-on-Thames: Routledge; 3rd edition. ISBN 978-0415800709.
- Bruin, J. (2006). *Statistical Consulting Group*. Načteno z Institute for digital research and education: <https://stats.idre.ucla.edu/spss/faq/what-does-cronbachs-alpha-mean/>
- Bryan, R. R., Glynn, S. M., & Kittleson, J. M. (2011). Motivation, Achievement, and Advanced Placement Intent of High School Students Learning Science. *Science Education*, 95(6), stránky 1049 - 1065.
- Campbell, M. M. (2001). Motivational strategies, learning strategies and the academic performance of African-American students in a college business environment: A correlation study. *Abstracts International*, 62(2-A), stránka 432.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Hillsdale: Erlbaum Associates.
- Cotterell, J. (2007). *Social Networks in Youth and Adolescence*. London: New York: Routledge. ISBN 978-0-415-35950-5.
- Čáp, J. (1997). *Psychologie výchovy a vyučování*. Praha: Karolinum. ISBN 80-7066-534-3.

- Čapek, R. (2010). *Třídní klima a školní klima*. Praha: Grada Publishing, a.s. ISBN 978-80-247-2742-4.
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1999). A meta-analytic review of experiments examining the effects of extrinsic rewards on intrinsic motivation. . *Psychological Bulletin*, 125(3), stránky 627-668.
- Devellis, R. (2012). *Scale Development Theory and Applications*. New York: Sage Publications.
- Dimitrov, D., & Rumrill, P. D. (February 2003). Pretest-Posttest Designs and Measurement of Change. *Work*, 20(2), stránky 159-165.
- EU, K. (2012). *Přehodnocení vzdělávání: investice do dovedností pro dosažení lepších socioekonomických výsledků*. Načteno z <https://eur-lex.europa.eu/>: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/HTML/?uri=LEGISSUM:150201_1&from=CS
- EU, K. (květen 2017). *Diskusní dokument o využití potenciálu globalizace*. Načteno z <https://eur-lex.europa.eu/>: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/ALL/?uri=COM:2017:240:FIN>
- EU, K. (2019). *Education and Training Monitor EU analysis*. Načteno z ec.europa.eu: https://ec.europa.eu/education/resources-and-tools/document-library/education-and-training-monitor-eu-analysis-volume-1-2019_cs
- EU, R. (2018). *Doporučení rady ze dne 22. května 2018 o klíčových kompetencích pro celoživotní učení*. Načteno z https://eur-lex.europa.eu: [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018H0604\(01\)&from=EN](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018H0604(01)&from=EN)
- Eurostat. (2019). *Eurostat, Statistics explained*. Načteno z ec.europa.eu: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Distribution_of_tertiary_education_students_by_broad_field_and_sex,_EU-28,_2017_\(%25\)_ET19.png](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Distribution_of_tertiary_education_students_by_broad_field_and_sex,_EU-28,_2017_(%25)_ET19.png)
- Floden, R. E. (2001). *Handbook of research on teaching: Research on effect on teaching: A continuing model for research on teaching*. Washington D.C.: American Educational Research Association.
- Fontana, D. (1997). *Psychologie ve školní praxi*. Praha: Portál. ISBN-8071780634.
- Garton, G. L. (1992). Teaching genetics in the high school classroom. . *Teaching genetics: Recommendations and research proceedings of a national conference*, stránky 20-23.
- Gavora, P. (2000). *Úvod do pedagogického výzkumu*. Brno: Paido. ISBN 978-80-7315- 185-0.

- George, D. &. (2003). *SPSS for Windows step by step: A simple guide and reference*. Boston: Allyn & Bacon.
- Ginns, P. (2005). Meta-analysis of the modality effect. *Learning and Instruction*, 15(3), stránky 313-331.
- Glynn, S. M., & Koballa, T. R. (2006). *Motivation to learn in college science. Handbook of college science teaching*. Arlington: National Science Teacher Association Press.
- Glynn, S. M., Taasoobshirazi, G., & Brickman, P. (2009). Science Motivation Questionnaire: Construct Validation With Nonscience Majors. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(2), stránky 127 - 146.
- Hamlin, J. S. (2000). *Grafika animace - kouzla na webu*. Brno: Unis Publishing. ISBN 80-86097-45-5.
- Havlíčková, D., & Žárská, K. (2012). *Kompetence v neformálním vzdělávání*. Praha: Národní institut dětí a mládeže MŠMT. ISBN 978-80-87449-18-9.
- Hegarty, M., Kriz, S., & Cate, C. (2003). The roles of mental animations and external animations in understanding mechanical systems. *Cognition and Instruction*, 21(4), stránky 209-249.
- Hejnová, E. (2011). Integrovaná výuka přírodovědných předmětů na základních školách v českých zemích - minulost a současnost. *Scientia in educatione*, stránky 77-90.
- Hlaváček, L. (2012). Statická a dynamická vizualizace ve výuce fyziologie. Disertační práce. *Pedagogická fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci*.
- Hoffler, T. N. (2010). Spatial Ability: Its Influence on Learning with Visualizations—a Meta-Analytic Review. *Educational Psychology Review*, 22(1), stránky 245-269.
- Höffler, T. N., & Schwartz, R. N. (2011). Effects of pacing and cognitive style across dynamic and non-dynamic representations. *Computers and Education*, 57(2), stránky 1716-1726.
- Horváthová, P. (2013). *Základy managementu*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita. ISBN: 978-80-248-3008-7.
- Huitt, W. (2003). A transactional model of the teaching/learning process. *Educational Psychology Interactive*.
- Huitt, W., Huitt, M., Monetti, D., & Hummel, J. (2009). A systems-based synthesis of research related to improving students' academic performance. *3rd International City Break Conference* (stránky 1-14). Athens: Athens Institute for Education and.

- Huvarová, M. (2010). *Nejpoužívanější středoškolské učebnice chemie na gymnáziích*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta.
- Chmelík, L. (2010). Vývoj školské správy na našem území. Bakalářská práce. *Katedra dějin státu a práva, Právnická fakulta, Masarykova univerzita*.
- IBA, L. f. (2020). *Hodnocení normality pozorovaných hodnot*. Načteno z portal.matematickabiologie.cz:
<https://portal.matematickabiologie.cz/index.php?pg=aplikovana-analyza-klinickych-a-biologickych-dat--biostatistika-pro-matematickou-biologii--analyza-rozptylu-anova--predpoklady-analyzy-rozptylu-a-jejich-overeni--hodnoceni-normality-pozorovanych-hodnot>
- IBA, L. f. (2020). *Neparametrický test pro jeden výběr (Wilcoxonův test)*. Načteno z portal.matematickabiologie.cz:
<https://portal.matematickabiologie.cz/index.php?pg=aplikovana-analyza-klinickych-a-biologickych-dat--analyza-a-management-dat-pro-zdravotnicke-obory--testovani-hypotez-o-quantitativnich-promennych--testy-o-parametrech-jednoho-rozdeleni--neparametricky-tes>
- Ikwuka, O., Nkiru, N., & Chigozie, S. (March 2017). Effect of Computer Animation on Chemistry Academic Achievement of Secondary School Students in Anambra State, Nigeria. *Educational Research*, stránky 98-102.
- Jacobs, H. H. (1989). *Interdisciplinary Curriculum: Design and Implementation*. Alexandria, Virginia: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Jancheski, M. (2011). The Importance of Animations and Simulations. *8th Conference on Informatics and Information Technology with International Participation* (stránky 177-181). Skopje: Faculty of natural science and mathematics.
- Janík, T., & Stuchlíková, I. (2010). Oborové didaktiky na vzestupu: přehled aktuálních vývojových tendencí. *Scientia in educatione*, stránky 5-32.
- Janíková, M., & Vlčková, K. (2009). *Výzkum výuky: tematické oblasti, výzkumné přístupy a metody*. Brno: Paido. ISBN 978-80-7315-180-5.
- Jaroš, F., & Rosa, Z. (1980). *Aplikovaná statistika. Testy shody empirického rozdělení s teoretickým*. ČSN 01 0225 (010225).
- Jeřábek, O., & Bílek, M. (2010). *Teorie a praxe tvorby didaktických testů*. Olomouc: ISBN 978-80-244-2494-1 .

- Jones, C. (2009). Interdisciplinary Approach - Advantages, Disadvantages and the Future Benefits of Interdisciplinary Studies. *Essai*.
- Kainz, O., Jakab, F., & Kardos, S. (2013). The Computer Animation in Education. *International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications* (stránky 201-206). Sary Smokovec: IEEE.
- Kalhous, Z., & Obst, O. (2002). *Školní didaktika. Praha, Portál 2002*. Praha: Portál.
- Kelly, R. M., & Jones, L. L. (2007). Exploring how different features of animations of sodium chloride dissolution affect students' explanations. *Journal of Science Education and Technology*, 16(2), stránky 413-429.
- Kelly, R. M., Phelps, A. J., & Sanger, M. J. (2004). The effects of a computer animation on students' conceptual understanding of a can-crushing demonstration at the macroscopic, microscopic, and symbolic levels. *The Chemical Educator*, 9(5), stránky 184-189.
- Kirk, R. (1996). Practical significance: A concept whose time has come. *Educational and Psychological Measurement*, 6(5), stránky 746-759.
- Kline, R. B. (2011). *Principles and practice of structural equation modeling*. . New York: NY: Guilford.
- Kolář, Z. (2012). *Výkladový slovník z pedagogiky, 583 vybraných hesel*. Praha: Grada Publishing, a.s. ISBN: 978-80-247-3710-2.
- Koolman, J. R. (2012). *Barevný atlas biochemie*. Praha: Grada Publishing.
- Krejčová, L. (2009). Význam učitelů a školního prostředí pro motivaci dospívajících při studiu ve středních školách. *Studia paedagogica*, 14(2), stránky 85-106.
- Kriz, S., & Hegarty, M. (2007). Top-down and bottom-up influences on learning from animations. *International Journal of Human-Computer Studies*, 65(11), stránky 911-930.
- Kuhl, T., Scheiter, K., Gerjets, P., & Gemballa, S. (2011). Can differences in learning strategies explain the benefits of learning from static and dynamic visualizations? *Computers and Education*, 56, stránky 176-187.
- Likert, R. (1932). A technique for measurement of attitudes. *Archives of Psychology*, 140, stránky 5-55.

- Lin, L., & Atkinson, R. K. (April 2011). Using Animations and Visual Cueing to Support Learning of Scientific Concepts and Processes. *Computers & Education*, 56(3), stránky 650-658.
- Lokša, J., & Lokšová, I. (1999). *Pozornost, motivace, relaxace a tvořivost dětí ve škole: Teoretická východiska a praktické postupy, hry a cvičení*. Praha: Portál. ISBN-80-7367-176-X.
- Lowe, R. K. (1999). Extracting information from an animation during complex visual learning. *European Journal of Psychology of Education*, 14(1), stránky 225-244.
- Lowe, R. K. (April 2003). Animation and learning: Selective processing of information in dynamic graphics. *Learning and Instruction*, 13(2), stránky 157-176.
- Mareš, P., Rabušic, L., & Soukup, P. (2019). *Statistická analýza sociálněvědních dat (prostřednictvím SPSS)*. Brno: Masarykova univerzita.
- Markland, D., & Hardy, L. (1997). On the Factorial and Construct Validity of the Intrinsic Motivation Inventory: Conceptual and Operational Concerns. *Research Quarterly for Exercise and Sport* 68(1), stránky 20-32.
- Matějková, L. (2016). Normalita dat. Bakalářská práce. . *Fakulta elektrotechniky a informatiky, Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava*.
- Mayer, R. E. (2005). Cognitive theory of multimedia learning. *The Cambridge handbook of multimedia learning*, stránky 31-48.
- Mayer, R., & Chandler, P. (2001). When Learning Is Just a Click Away: Does Simple User Interaction Foster Deeper Understanding of Multimedia Messages? *Journal of Educational Psychology* 93(2), stránky 390-397.
- McAuley, E. D. (1989). Psychometric properties of the Intrinsic Motivation Inventory in a competitive sport setting: a confirmatory factor analysis. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 60(1), stránky 48-58.
- Míka, L. (2017). Moderní pomůcky ve výuce chemie. Disertační práce. *Katedra učitelství a didaktiky chemie, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova, Praha*.
- Moreno, R., & Mayer, R. E. (1999). Cognitive principles of multimedia learning: The role of modality and contiguity. *Journal of Educational Psychology*, 91(2), stránky 358-368.
- MŠMT. (2014). *Strategie digitálního vzdělávání do roku 2020*. Načteno z msmt.cz: <https://www.msmt.cz/uploads/DigiStrategie.pdf>

- MŠMT. (2019). Načteno z msmt.cz: <https://www.msmt.cz/vzdelavani/skolstvi-v-cr/system-vzdelavani-v-cr>
- Niemi, H. N., & Virtanen, P. (2003). Towards self-regulation in web-based learning. *Journal of Educational Media, Dissertation*, 28(1), stránky 49-71.
- Nodzyńska, M. (2012). Vizualizace v chemii a ve výuce chemie. *Chemické listy*, str. 519.
- Nunnally, J. C. (1978). *Psychometric Theory*. (2nd ed.). New York: McGraw-Hill.
- NUV (2017). Načteno z nuv.cz: <http://www.nuv.cz/eqf/jaky-je-rozdil-mezi-isced-a-eqf?highlightWords=isced>
- OECD. (2015). *OECD - výsledky PISA 2015*. Načteno z mzv.cz: https://www.mzv.cz/oecd.paris/cz/zpravy_udalosti_aktuality/oecd_vysledky_pisa_2015_mezinarodni.html
- Pajares, F. (1996). Self-Efficacy Beliefs in Academic Settings. *Review of Educational Research*, stránky 543-578.
- Pallant, A. T. (2004). Reasoning with atomic-scale molecular dynamic models. *Journal of Science Education and Technology*, 13(1), stránky 51-66.
- Pate, P., Homestead, E., & McGinnis, K. (1997). *Making integrated curriculum work: teachers, students and quest for coherent curriculum*. New York: Teachers College Press.
- Pavelková, I. (2002). *Motivace žáků k učení: perspektivní orientace žáků a časový faktor v žákovské motivaci*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, Pedagogická fakulta. ISBN 80-7290-092-7.
- Petty, G. (1996). *Moderní vyučování*. Praha: Portál.
- Pintrich, P. R. (2000). Multiple Goals, Multiple Pathways: The Role of Goal Orientation in Learning and Achievement. *Journal of Educational Psychology*, 92(3), stránky 544-555.
- Pintrich, P. R., Smith, D. A., Garcia, T., & McKeachie, W. J. (1991). A Manual for the Use of the Motivated Strategies for Learning Questionnaire (MSLQ). *The Regents of the University of Michigan*.
- Plant, R. W., & Ryan, R. M. (1985). Intrinsic motivation and the effects of self-consciousness, self-awareness, and ego-involvement: An investigation of internally controlling styles. *Journal of Personality*, 53(3), stránky 435-449.

- Ploetzner, R., & Lowe, R. (2012). A systematic characterisation of expository animations. *Computers in Human Behavior*, 28(3), stránky 781–794.
- Pospíšil, J., & Michal, S. (2004). *Multimediální slovník*. Computer press.
- Průcha, J., Walterová, E., & Mareš, J. (2003). *Pedagogický slovník*. Praha: Portál. ISBN 978-80-262-0403-9.
- Rebetez, C., & Bétrancourt, M. (2007). Video game research in cognitive and educational sciences. *Cognition, Brain and Behavior*, 11(1), stránky 131-142.
- Roštejnská, M. K. (2008). Fotosyntéza v dynamických animacích. *Current Trends in Chemical Curricula*, stránky 73-76.
- Rotbain, Y., Marbach-Ad, G., & Stavy, R. (2006). The effect of bead and illustration models on high school student achievement in molecular genetics. . *Journal of Research in Science Teaching* , stránky 500-529.
- Rotgans, J. I., & Schmidt, H. G. (2010). The Motivated Strategies for Learning Questionnaire: A Measure for Students' General Motivational Beliefs and Learning Strategies? *The Asia-Pacific Education Researcher* 19(2).
- Rusek, M. (2011). Postoj žáků k předmětu chemie na středních odborných školách. *Scientia in educatione*, 2(2), 23-37. *Scientia in educatione* 2(2), stránky 23-37.
- RVPG. (2007). *Rámcový vzdělávací program pro gymnázia*. Načteno z nuv.cz: <http://www.nuv.cz/file/159>
- RVPZV. (2017). *Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání*. Načteno z nuv.cz: <http://www.nuv.cz/t/rvp-pro-zakladni-vzdelavani>
- Ryan, A. M. (2001). The Peer Group as a Context for the Development of Young Adolescent Motivation and Achievement. *Child Development*, 72(4), stránky 1135-1150.
- Ryan, M. R., & Deci, E. L. (2000). Self-Determination Theory and the Facilitation of Intrinsic Motivation, Social Development, and Well-Being. *American Psychologist*, 55(1), stránky 68-78.
- Ryan, R. M. (1982). Control and information in the intrapersonal sphere: An extension of cognitive evaluation theory. *Journal of Personality and Social Psychology*, 43(3), stránky 450-461.

- Sarabadani, J., Carter, M., & Compeau, D. (2018). 10 Years of Research on Technostress Creators and Inhibitors: Synthesis and Critique. *Conference: Americas Conference on Information Systems*. New Orleans.
- Seidel, T., & Shavelson, R. J. (December 2007). Teaching Effectiveness Research in the Past Decade: The Role of Theory and Research Design in Disentangling Meta-Analysis Results. *Review of Educational Research*, 77(4), stránky 454-499.
- Schmid, S., & Bogner, F. (2015). Does Inquiry-Learning Support Long-Term Retention of Knowledge? *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 10(4), stránky 51-70.
- Schneider, E. (2007). Améliorer la Compréhension des Processus Dynamiques avec des Animations Interactives. Disertační práce. *Université de Bourgogne, Faculté de Philosophie, Dijon, France*. .
- Schnotz, W., & Lowe, R. (2008). *Learning with Animation: Research Implications for Design*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Schnotz, W., & Rasch, T. (2005). Enabling, facilitating, and inhibiting effects of animations in multimedia learning: Why reduction of cognitive load can have negative results on learning. *Educational Technology Research and Development*, 53(3), stránky 47-58.
- Schönborn, K. J., & Anderson, T. R. (2006). The importance of visual literacy in the education of biochemists. *Biochemistry and molecular biology education*, 34(2), stránky 94-102.
- Schwan, S., & Riempp, R. (2004). The cognitive benefits of interactive videos: learning to tie nautical knots. *Learning and Instruction* (14), stránky 293-305.
- Schwan, S., & Riempp, R. (2004). The cognitive benefits of interactive videos: learning to tie nautical knots. *Learning and Instruction*, 14(3), stránky 293–305.
- Skoršepa, M., & Šmejkal, P. (2015). Psychometrické vlastnosti nástrojov na zisťovanie motivačnej orientácie žiakov v digitálnom prírodovednom laboratóriu. *Didatika chemie a její kontexty* (stránky 180-186). Brno: Masarykova univerzita.
- Statista, P. (2020). *Number of tertiary education graduates in the European Union in 2017, by broad field of study*. Načteno z <https://www.statista.com/statistics/1095623/most-popular-degree-fields-in-europe/>
- Stith, B. (2004). Use of animation in teaching cell biology. *Cell Biology Education*, 3(3), stránky 181-188.

- Stratilová Urválková, E., Šmejkal, P., Skoršepa, M., Teplý, P., & Tortosa, M. (2014). MBL Activities Using IBSE: Learning Biology in Context. *Teaching and Learning Science at all Levels of Education*. Kraków: Pedagogická univerzita.
- Svatoňová, R. (2016). Motivace žáků k učení. Diplomová práce. *Katedra pedagogiky, Pedagogická fakulta, Univerzita Karlova*.
- Sweller, J., & Pass, F. (1998). Cognitive Architecture and Instructional Design. *Educational Psychology Review* 10(3), stránky 251-296.
- Szarka, K., & Juhász, G. (2014). Model učenia interaktívnym molekulovým modelovaním na ZŠ. *Mezinárodní konference o výuce chemie a IX. Regionálního IOSTE symposia pro Střední a Východní Evropu* (stránky 362-373). Hradec Králové: Gaudeamus při Univerzitě Hradec Králové.
- Szarka, K., Brestenská, B., & Puskás, A. (2016). Didactical Aspects of Virtual Wall in Education. *Education and Science Without Borders*, stránky 75-79.
- Šarboch, D. (2018). Trávení jako mezioborové téma ve výuce přírodovědných předmětů. Diplomová práce. *Katedra učitelství a didaktiky chemie, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova, Praha*.
- Šarboch, D. T. (2020). Creation of interactive animations and their use in practice. *Eruditio-Educatio*, stránky 111-120.
- Škoda, J., & Doulík, P. (2009). Vývoj paradigmát přírodovědného vzdělávání. *Pedagogická orientace*, stránky 24-44.
- Šmejkal, P. S., & Teplý, P. (2016). Chemické úlohy se školními měřicími systémy: motivační orientace žáků v badatelsky orientovaných úlohách. *Scientia in educatione*, 7(1), stránky 29-48.
- Štefl, K. (1970). Pedagogický experiment a použití statistických metod. *Pedagogika*, 4, stránky 543-551.
- Tarmizi, R. A. (2010). Visualizing Student's Difficulties in Learning Calculus. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 5(8), stránky 377-383.
- Teplá, M. (2021). *Dynamická vizualizace ve výuce chemie a dalších přírodovědných předmětů*. Praha: Katedra učitelství a didaktiky chemie, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova.
- Tupý, J. (2009). *Podkladová studie, vznik RVP a ŠVP*. Načteno z http://www.nuv.cz/file/3645_1_1/

- Tversky, B., Morisson, J. B., & Bétrancourt, M. (2002). Animation: Can it facilitate? *International Journal of Human-Computer Studies*, 57(4), stránky 247-262.
- Vališová, A., & Kasíková, H. (2007). *Pedagogika pro učitele*. České Budějovice: Grada Publishing.
- Van Merriënboer, J. J., & Sweller, J. (2005). Cognitive Load Theory and Complex Learning: Recent Developments and Future Directions. *Educational Psychology Review*, 17(2), stránky 147-177.
- Vars, G. F. (1997). Effects of integrative curriculum and instruction. *What current research says to the middle level practitioner* (stránky 179-186). Columbus, Ohio: National Middle School Association.
- Vaus, D. (2004). *Structured questionnaires and interviews. Handbook of research methods for nursing and health science*. Sydney: Pearson Education.
- Veselský, M., & Hrubíšková, H. (2009). Zájem žáků o učební předmět chemie. *Pedagogická orientace*, stránky 45-64.
- Viktorová, L., & Charvát, M. (2015). Jak z(a)jistit reliabilitu verzí testů studijních předpokladů? *Česko-slovenská psychologická konference (nejen) pro doktorandy a o doktorandech* (stránky 38-47). Olomouc: Univerzita Palackého .
- Voet, D., & Voet, J. (2011). *Biochemistry*. The United States of America: John Wiley and Sons, inc.
- VUP. (2011). *Klíčové kompetence ve výuce na základní škole a gymnáziu*. Načteno z nuv.cz: http://www.nuv.cz/uploads/Publikace/vup/Klicove_kompetence.pdf
- Wang, M. C., Haertel, G. D., & Walberg, H. J. (1993). Toward a knowledge base for school learning. *Review of Educational Research*, 63(3), stránky 249–294.
- Whitehead, J. R., & Corbin, C. B. (1991). Effects of fitness test type, teacher, and gender on exercise intrinsic motivation and physical self-worth. . *The Journal of School Health*, 61(1), stránky 11-16.
- Závodská, R. (2006). *Biologie buněk*. Mníšek pod Brdy: Scientia.
- Zeyer, A., Cetin-Dindar, A., Md Zain, A. N., Juriševič, M., Devetak, I., & Odermatt, F. (2013). Systemizing: A cross-cultural constant for motivation to learn science. *Journal of research in science teaching*, 50(9), stránky 1047-1067.
- Zicháček, V. (2021). *Biologie pro gymnázia*. Olomouc: Nakladatelství Olomouc s. r. o.

Seznam zdrojů použitých obrázků v pracovních listech a znalostních a dovednostních testech

1. Obr. 1 – Gaussova křivka, převzato z https://www.wikiskripta.eu/w/Norm%C3%A1ln%C3%AD_rozd%C4%9Blen%C3%AD
2. Obr. 2 – Histogramy, převzato od (Matějková, 2016)
3. Obr. 5 – Živočišná buňka, převzato a upraveno dle https://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=5176&typ=html)
4. Obr. 14 – kalotový model DNA, převzato a upraveno dle https://vydavatelstvi-old.vscht.cz/knihy/uid_es-002_v1/hesla/dihelix_dna.html.
5. Trávicí soustava, znalostní test, cv. 1 (Obrázek anatomie ústní dutiny) – převzato z <https://www.outlanderanatomy.com/tag/oral-cavity-oropharynx/>.
6. Trávicí soustava, znalostní test, cv. 6 (Anatomie ústní dutiny) – převzato a upraveno z <https://www.alamy.com/anatomy-of-the-liver-gallbladder-and-biliary-system-image7710446.html>.
7. Trávicí soustava, znalostní test, cv. 8 (Schéma trávicí soustavy) – převzato z <https://cz.depositphotos.com/vector-images/digestive.html>.
8. Fotosyntéza, znalostní test, cv. 1 (Chloroplast) – převzato a upraveno dle <http://www.studiumbiochemie.cz/fotosynteza.html>.
9. Fotosyntéza, znalostní test, cv. 3 (Chloroplast) – převzato a upraveno dle <https://www.mrgscience.com/topic-83-photosynthesis.html>.

9 Přílohy práce

9	Přílohy práce	163
9.1	Příloha 1 – Predotazník	164
9.2	Příloha 2 – Postdotazník KLA_1, 2.....	165
9.3	Příloha 3 – Postdotazník EXP	167
9.4	Příloha 4 – Znalostní test – Trávicí soustava	169
9.5	Příloha 5 – Znalostní test – Fotosyntéza.....	173
9.6	Příloha 6 – Znalostní test – Metabolismus člověka.....	175
9.7	Příloha 7 – Znalostní test – Membránový transport	179
9.8	Příloha 8 – Dotazník k akčnímu výzkumu	183
9.9	Příloha 9 – syntaxe pro rekódování inverzních proměnných v SPSS (dotazníkové šetření).....	184
9.10	Příloha 10 – výpočet Cronbachova alfa (dotazníkové šetření).....	185
9.11	Příloha 11 – syntaxe pro výpočet sledovaných proměnných v SPSS a deskriptivní statistika těchto proměnných (dotazníkové šetření)	194
9.12	Příloha 12 – Určení normality (dotazníkové šetření)	195
9.13	Příloha 13 – histogramy (dotazníkové šetření).....	197
9.14	Příloha 14 – Kruskal-Wallisův test, faktor škola (dotazníkové šetření).....	199
9.15	Příloha 15 – Histogramy (znalostní testy).....	202

9.1 Příloha 1 – Predotazník

MOTIVAČNÍ PRE-DOTAZNÍK

Datum: Třída: Škola:
 Kód: Předmět: Věk: Pohlaví: ☐ Muž ☐ Žena

Kód: První 2 políčka jsou první 2 písmena křestního jména Vaší matky (např. MA pro Marie), prostřední 2 políčka: den vašeho narození (např. 26) a poslední 2 políčka: měsíc narození (např. červen 06). Pak je kód MA2606.

U každého z následujících tvrzení vyjádřete míru svého souhlasu. Zakroužkujte, do jaké míry je tvrzení pro vás pravdivé či nepravdivé. 1 = naprosto nesouhlasím, 7 = naprosto souhlasím

1.	Když mám v hodině příležitost, zvolím si takové úlohy, ze kterých se mohu něco naučit i přesto, že z nich NE musím mít dobrou známku.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
2.	V hodinách chemie chápu základní principy, které se učíme.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
3.	Pro mě je teď nejdůležitější zlepšit průměr známek, pokud se v této hodině naučím něco, abych toho dosáhl/a, NE bude to pro mě ztracený čas.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
4.	Když se budu učit správným způsobem, v následující hodině pochopím dané téma.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
5.	Pokud to bude v mých silách, budu se snažit v této hodině získat více znalostí (nebo lepší známku) než ostatní spolužáci.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
6.	V hodinách upřednostňuji takový výukový obsah a takové materiály, které jsou pro mne výzvou, takže se pak naučím nové věci.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
7.	Pokud NE pochopím výukový obsah prezentovaný v této hodině, tak jsem se málo snažil/a.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
8.	Jsem si jistý/á, že v dnešní hodině získám takové znalosti, že v testech pak budu mít vynikající výsledky.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
9.	V hodinách jako je tato mám rád/a témata a materiály, které vzbuzují mou pozornost a NE vadí, že jsou náročná na pochopení.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
10.	Dostat dobrou známku z tohoto předmětu je pro mne nejlepší odměnou za mou práci.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
11.	Když zvážím náročnost vyučovacích hodin, vyučujícího a mé dovednosti, myslím si, že dosahuji dobrých výsledků.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
12.	Pokud se v této hodině NE naučím dané téma, je to má vlastní chyba.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
13.	Jsem přesvědčený/á, že zvládnou pochopit i ta nejtěžší témata, která se v hodinách chemie učíme.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
14.	Nejvíce mě na této hodině potěší to, že budu mít příležitost snažit se pochopit představované téma.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
15.	Když se budu hodně snažit, pochopím dobře učivo, které se máme naučit v této hodině.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
16.	Chci, aby se mi dařilo porozumět učivu, které probíráme v hodině, protože je pro mne důležité, abych rodičům, kamarádům a ostatním ukázal/a, co umím.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím

Děkujeme za vyplnění dotazníku. Váš názor je pro nás velmi důležitý.

9.2 Příloha 2 – Postdotazník KLA_1, 2

MOTIVAČNÍ POST-DOTAZNÍK KLASICKÝ STYL VÝUKY

Datum: Třída: Škola:
 Kód: Předmět: Věk: Pohlaví ☐ Muž ☐ Žena

Kód: První 2 políčka jsou první 2 písmena křestního jména Vaší matky (např. MA pro Marie), prostřední 2 políčka: den vašeho narození (např. 26) a poslední 2 políčka: měsíc narození (např. červen 06). Pak je kód MA2606.

U každého z následujících tvrzení vyjádřete míru svého souhlasu. Zakroužkujte, do jaké míry s tvrzením souhlasíte.
1 = naprosto Nesouhlasím, 7 = naprosto souhlasím

1.	Dnešní vyučovací hodina mi připadala docela zábavná.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
2.	Během práce v dnešní hodině jsem vynaložil/a hodně úsilí.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
3.	V dnešní vyučovací hodině jsem si vedl/a dobře.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
4.	Myslím si, že klasický styl výuky přírodovědných předmětů (jako např. v dnešní hodině) je užitečný pro pochopení látky probírané ve škole.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
5.	Dnešní vyučovací hodina se mi velmi líbila.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
6.	Během práce v dnešní hodině jsem se moc NE snažil/a uspět.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
7.	Myslím si, že jsem si v průběhu dnešní vyučovací hodiny v porovnání s ostatními studenty vedl/a velmi dobře.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
8.	Myslím si, že klasický styl výuky přírodovědných předmětů (jako např. v dnešní hodině) by pro mě mohl mít nějakou hodnotu.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
9.	Myslím, že po dnešní vyučovací hodině probrané látky rozumím.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
10.	Myslím si, že klasický styl výuky přírodovědných předmětů (jako např. v dnešní hodině) je důležitý.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
11.	Dnešní vyučovací hodina byla zábavná.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
12.	Během práce v dnešní hodině jsem se opravdu velmi snažil/a.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
13.	Se svým výkonem v této hodině jsem spokojený/á.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
14.	Myslím si, že klasický styl výuky přírodovědných předmětů (jako např. v dnešní hodině) je užitečný, protože může vést k lepšímu pochopení látky probírané ve škole.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
15.	Dnešní vyučovací hodina mi připadala nudná.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
16.	Práci v dnešní vyučovací hodině jsem dobře zvládl/a.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím

17.	Byl bych rád / Byla bych ráda, kdybychom ještě někdy měli podobnou hodinu, protože to pro mě bylo přínosné.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
18.	Dnešní vyučovací hodinu bych popsal/a jako velmi zajímavou.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
19.	Během práce v dnešní hodině bylo pro mě důležité uspět.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
20.	Myslím si, že klasický styl výuky přírodovědných předmětů (jako např. v dnešní hodině) by mi mohl pomoci k lepšímu pochopení látky probírané ve škole.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
21.	Dnešní vyučovací hodina mě vůbec NE zaujala.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
22.	V průběhu dnešní vyučovací hodiny jsem si říkal/a, že mě práce opravdu baví.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
23.	NE věnoval/a jsem práci v dnešní vyučovací hodině moc energie.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
24.	Myslím si, že klasický styl výuky přírodovědných předmětů (jako např. v dnešní hodině) by mi mohlo prospět.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
25.	V dnešní vyučovací hodině jsem si Ne vedl/a velmi dobře.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím

Děkujeme za vyplnění dotazníku. Váš názor je pro nás velmi důležitý.

21.	Dnešní vyučovací hodina s použitím animací mě vůbec NEzaujala.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
22.	V průběhu dnešní vyučovací hodiny jsem si říkal/a, že mě práce s animacemi opravdu baví.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
23.	NEvěnoval/a jsem práci v dnešní vyučovací hodině moc energie.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
24.	Myslím si, že používání animací by mi mohlo prospět.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
25.	V dnešní vyučovací hodině při práci s animacemi, jsem si NEvedl/a velmi dobře.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
26.	Myslím si, že využívání animací ve výuce chemie je zbytečné.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
27.	Myslím si, že animace pomáhají názornosti a pochopitelnosti.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
28.	Prezentované animace bych použil/a pro získávání vědomostí i doma.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
29.	Pochopil/a jsem všechno probírané učivo.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
30.	Hodina byla zajímavá a motivující.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
31.	Myslím, že lepší by bylo učivo prezentovat bez použitých animací.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
32.	Ocenil/a bych častější používání animací v hodinách přírodovědných předmětů.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
33.	S realizovanou hodinou jsem byl/a velmi spokojený/á.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
34.	Byl/a bych rád/a, kdyby se používání animací zařadilo i do jiných předmětů.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím

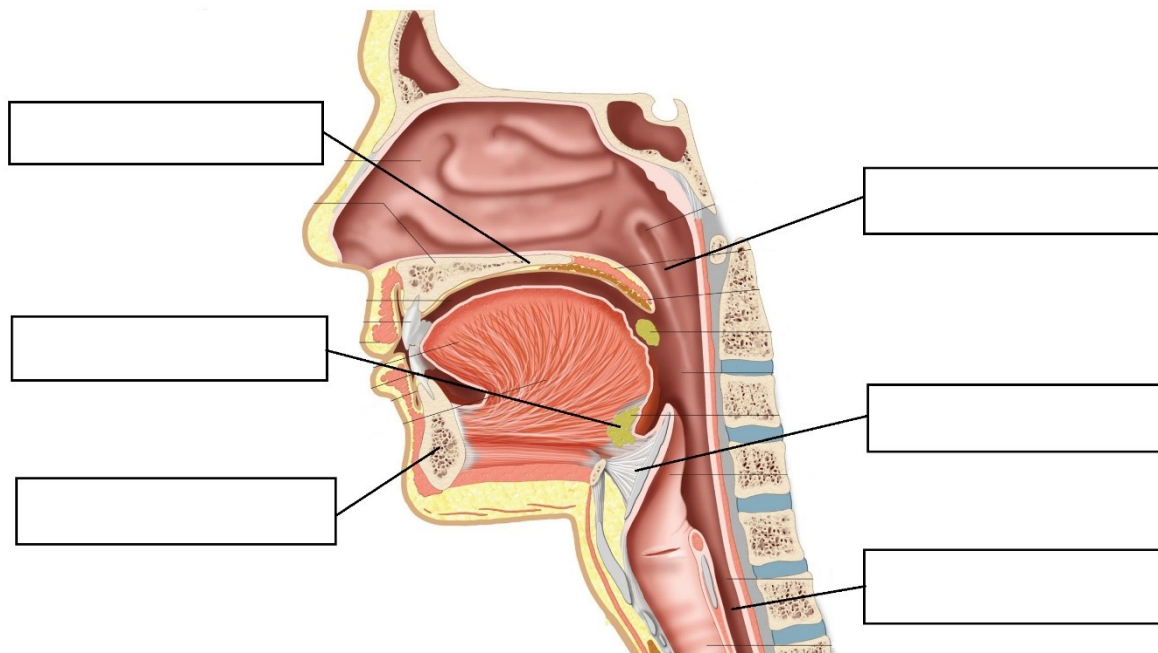
35. Máte nějaký vzkaz pro tvůrce animací či svého učitele/učitelku?

Děkujeme za vyplnění dotazníku. Váš názor je pro nás velmi důležitý.

9.4 Příloha 4 – Znalostní test – Trávicí soustava

Trávicí soustava – znalostní test

- 1) Na obrázku ústní dutiny vyznač následující části: **nosohltan, tvrdé patro, dolní čelist, příklopka hrtanová, mandle jazyková, jícen.** (max. 3 b.)



- 2) Odpovězte na následující otázky (max. 3 b.):
- a) Proč je průdušnice vyztužena chrupavkami?
 - b) Proč není jícen vyztužen chrupavkami?
 - c) Proč máme v hltanu příklopku hrtanovou?

- 3) Vyberte, zdali je dané tvrzení pravdivé či nikoli (max. 3 b.):

1)	Produkty vytvořené štěpením tuků se vstřebávají z tenkého střeva do mízní soustavy.	ANO x NE
2)	Trávení sacharidů probíhá v ústní dutině, žaludku a dvanáctníku.	ANO x NE
3)	Povrch střev je zvrásněn, aby byl příjem živin efektivnější.	ANO x NE

- 4) Z nabídky vyberte a vepište k jednotlivým úsekům trávicí trubice látky, které jsou v dané části produkovány (jeden pojem se může vztahovat k více úsekům, v jednom úseku může být více pojmů) (max. 3 b.):

Nabídka: hlen, HCl, střevní šťávy, voda, lysozym, ptyalin

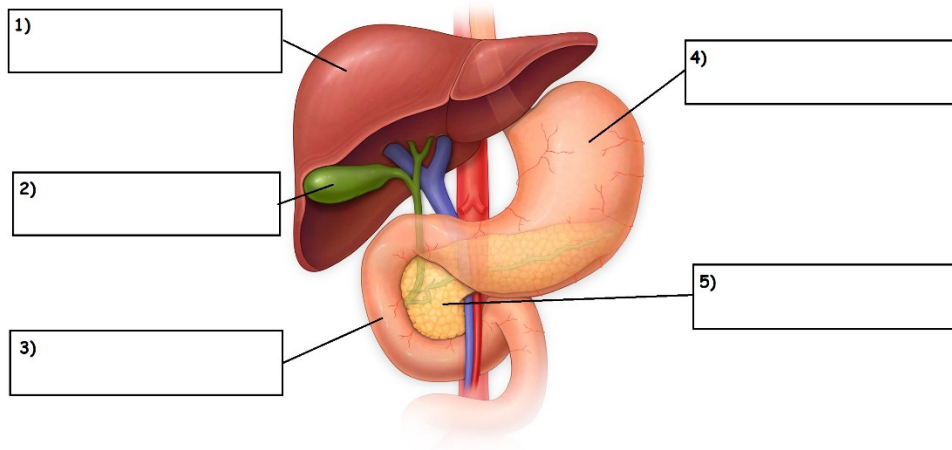
úsek trávicí trubice	látky
ústní dutina	
jícen	
žaludek	

- 5) Seřad'te jednotlivé úseky trávicí trubice uvedené v nabídce podle toho, jak jimi prochází potrava (1. – nejdříve, 7. – nejpozději) (max. 2 b.):

Nabídka: tenké střevo, jícen, ústní dutina, konečník, tlusté střevo, žaludek, slepé střevo

- | | |
|---------|---------|
| 1. | 5. |
| 2. | 6. |
| 3. | 7. |
| 4. | |

- 6) Pojmenujte jednotlivé úseky trávicí soustavy (max. 2,5 b.).

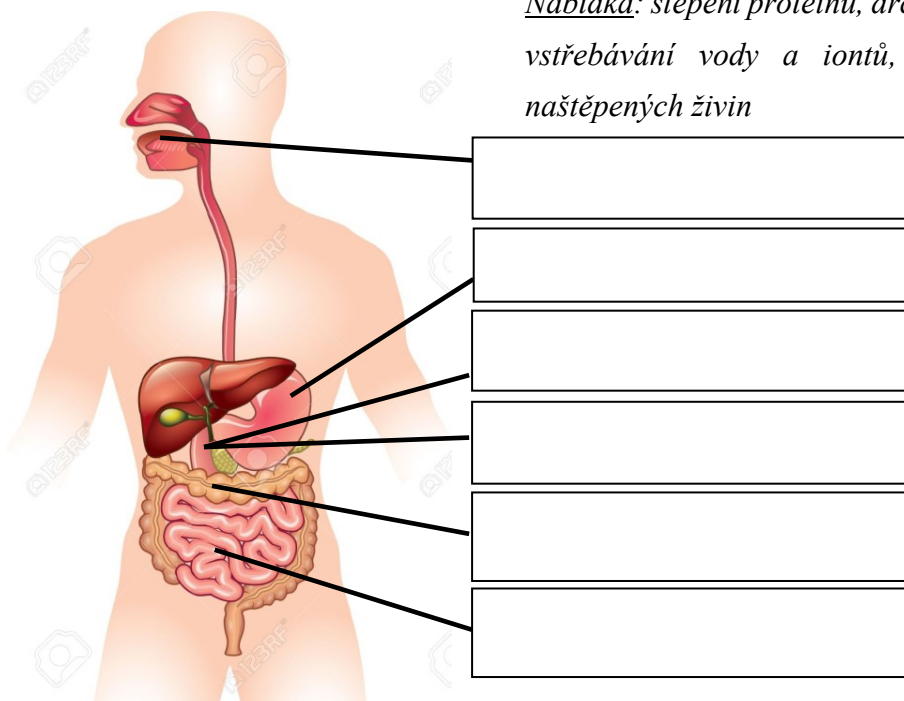


- 7) Dopln'te text vztahující se k obrázku v úkolu č. 6 (max. 2,5 b.):

Tekutina, vycházející z úseku č. 2, se nazývá Umožňuje trávení (napiš živinu). Bílkoviny se tráví v úseku/úsecích č.
K trávení sacharidů dochází v úseku/úsecích č.

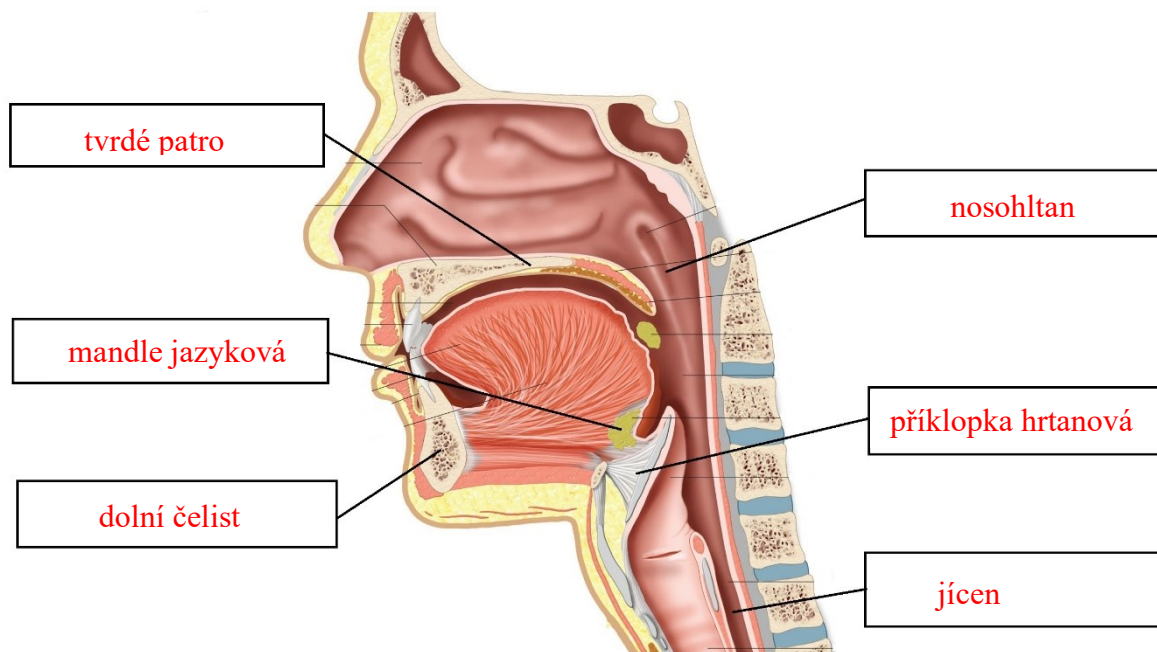
- 8) Vepište jednotlivé děje probíhající v trávicí soustavě k místu, kde k nim dochází (max. 3 b.):

Nabídka: štěpení proteinů, drcení potravy, mísení se žlučí, vstřebávání vody a iontů, tvorba HCl, vstřebávání naštěpených živin



Trávicí soustava – znalostní test, řešení

- 1) Na obrázku ústní dutiny vyznač následující části: **nosohltan**, **tvrdé patro**, **dolní čelist**, **příklopka hrtanová**, **mandle jazyková**, **jícen**. (max. 3 b.)



- 2) Odpovězte na následující otázky (max. 3 b.):
- Proč je průdušnice vyztužena chrupavkami?
Aby nedošlo k jejímu ucpání např. při spánku, či jídle.
 - Proč není jícen vyztužen chrupavkami?
Je potřeba, aby byl elastický a přizpůsobil se velikosti potravy.
 - Proč máme v hltanu příklopku hrtanovou?
Aby zamezila průniku potravy do dýchacích cest.

- 3) Vyberte, zdali je dané tvrzení pravdivé či nikoli (max. 3 b.):

1)	Produkty vytvořené štěpením tuků se vstřebávají z tenkého střeva do mizní soustavy.	ANO x NE
2)	Trávení sacharidů probíhá v ústní dutině, žaludku a dvanáctníku.	ANO x NE
3)	Povrch střev je zvrásněn, aby byl příjem živin efektivnější.	ANO x NE

- 4) Z nabídky vyberte a vepište k jednotlivým úsekům trávicí trubice všechny látky, které jsou v dané části produkovány (jeden pojem se může vztahovat k více úsekům, v jednom úseku může být více pojmů) (max. 3 b.):

Nabídka: *hlen, HCl, střevní šťávy, voda, lysozym, ptyalin*

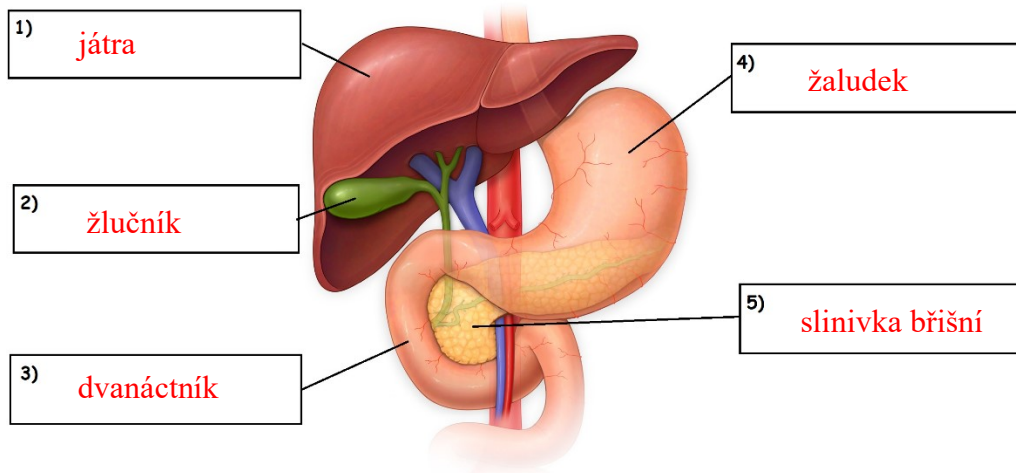
úsek trávicí trubice	látky
ústní dutina	Hlen, voda, lysozym, ptyalin
jícen	-----
žaludek	HCl, hlen, voda

- 5) Seřad'te jednotlivé úseky trávicí trubice uvedené v nabídce podle toho, jak jimi prochází potrava (1. – nejdříve, 7. – nejpozději) (max. 2 b.):

Nabídka: tenké střevo, jícen, ústní dutina, konečník, tlusté střevo, žaludek, slepé střevo

- | | |
|----------------------|-----------------------|
| 5. Ústní dutina..... | 5. Slepé střevo |
| 6. Jícen | 6. Tlusté střevo..... |
| 7. Žaludek | 7. Konečník..... |
| 8. Tenké střevo..... | |

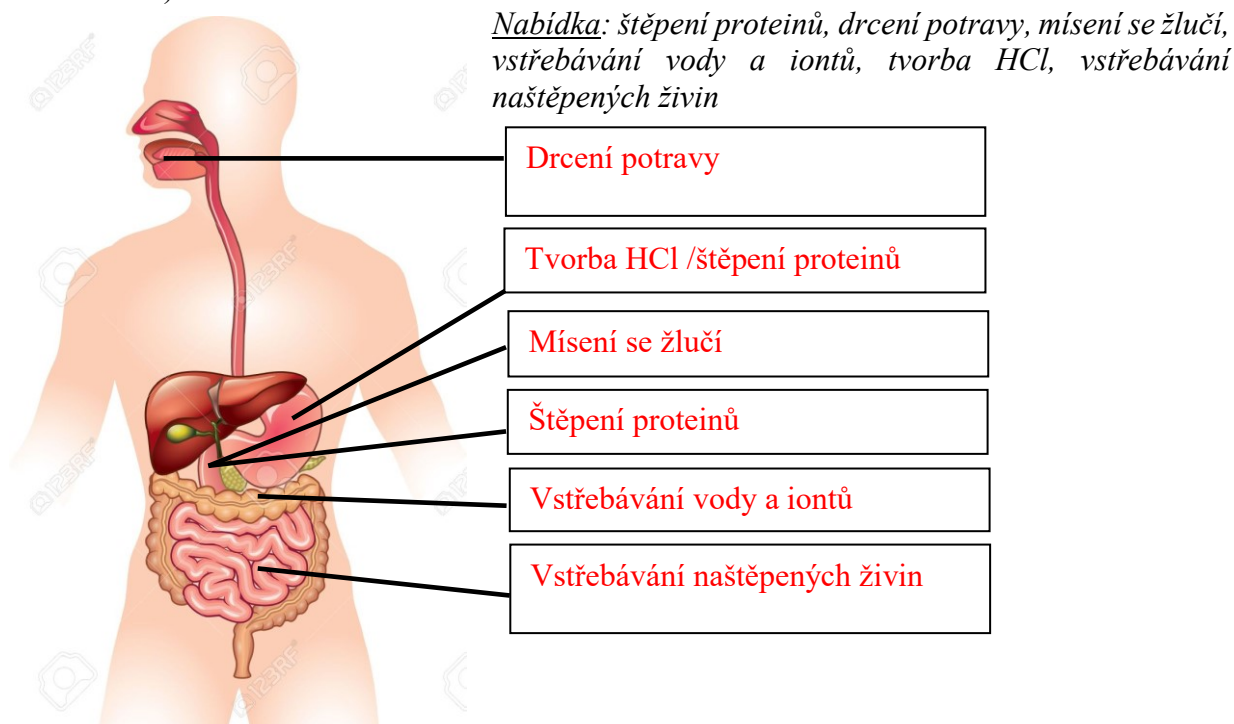
- 6) Pojmenujte jednotlivé úseky trávicí soustavy (max. 2,5 b.).



- 7) Doplňte text vztahující se k obrázku v úkolu č. 6 (max. 2,5 b.):

Tekutina, vycházející z úseku č. 2, se nazývá **žluč**..... . Umožňuje trávení **lipidů**..... (napíš živinu). Bílkoviny se tráví v úseku/úsecích č. **3 a 4**..... . K trávení sacharidů dochází v úseku/úsecích č. **3**..... .

- 8) Vepište jednotlivé děje probíhající v trávicí soustavě k místu, kde k nim dochází (max. 3 b.):

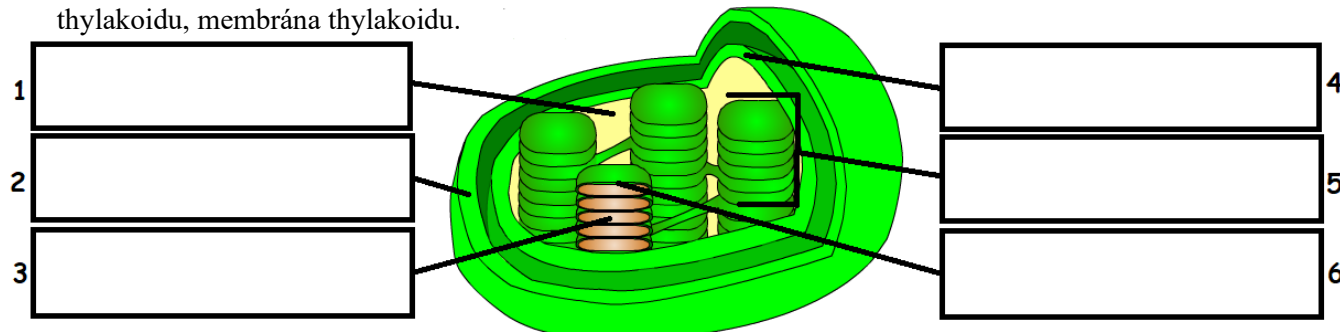


9.5 Příloha 5 – Znalostní test – Fotosyntéza

Fotosyntéza – znalostní test

1) Do rámečků vepište názvy jednotlivých částí chloroplastu (3 b.):

Nabídka: vnější membrána chloroplastu, vnitřní membrána chloroplastu, stroma, granum, lumen thylakoidu, membrána thylakoidu.

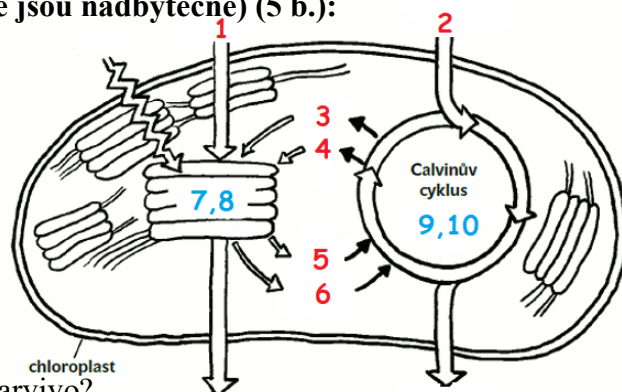


2) Vyberte správné odpovědi v textu vztahujícím se k obrázku v úkolu č. 1 (2 b.):

Hodnota pH je **nižší/vyšší** v části č. 3 než v části č. 1. To je způsobeno přecházením **protonů/elektronů** přes thylakoidální membránu. Tímto způsobem vzniká gradient, který je pak přímo využit k syntéze molekul ATP/NADPH, jež jsou vytvářeny **vně/uvnitř** thylakoidu.

3) Do tabulky přiřad'te čísla dle odpovídajících **sloučenin (červeně)** a **dějů (modře)** uvedených ve schématu (některé sloučeniny či děje jsou nadbytečné) (5 b.):

Č.	Pojem/děj	Č.	Pojem/děj
	NADP ⁺		fotolýza vody
	ADP+P _i		NADPH+H ⁺
	O ₂		cukr
	syntéza ATP		karboxylace
	H ₂ O		ATP
	CO ₂		oxidace koenzymu NADPH



4) Odpovězte na následující otázky (3 b.):

- Proč se lidskému oku jeví chlorofyl jako zelené barvivo?
- Ve které organelle rostlinné buňky probíhá Calvinův cyklus?
- Proč při cyklické fosforylaci nevzniká redukovaný koenzym NADPH?

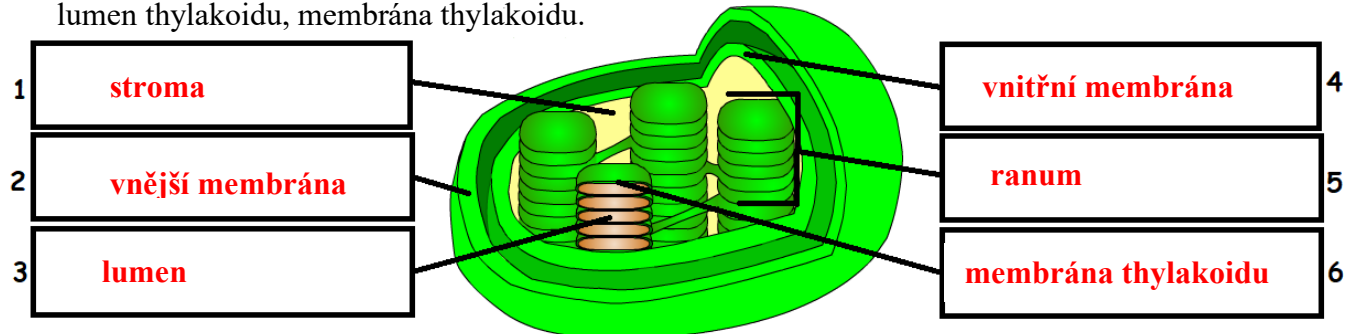
5) Vyberte vždy jednu správnou odpověď (3 b.):

- Pro vznik jedné molekuly glukosy musí do Calvinova cyklu vstoupit:
 - 3 molekuly CO₂
 - 6 molekul CO₂
 - 8 molekul CO₂
 - 12 molekul CO₂
- V Calvinově cyklu je molekula NADPH použita
 - Redukci 1,3-bisfosfoglycerátu na glyceraldehyd-3-fosfát
 - Fosforylaci ribulose-5-fosfátu na ribulose-1,5-bisfosfát
 - Karboxylaci ribulose-1,5-bisfosfátu na 3-fosfoglycerát
 - Fosforylaci 3-fosfoglycerátu na 1,3-bisfosfoglycerát
- Z nabídky vyberte odpověď, která obsahuje pouze konečné produkty primární fáze fotosyntézy:
 - ATP, O₂, CO₂
 - NADPH, ATP, CO₂
 - Glyceraldehyd-3-fosfát, O₂, NADPH
 - ATP, NADPH, O₂

Fotosyntéza – znalostní test, řešení

1) Do rámečků vepište názvy jednotlivých částí chloroplastu (3 b.):

Nabídka: vnější membrána chloroplastu, vnitřní membrána chloroplastu, stroma, granum, lumen thylakoidu, membrána thylakoidu.

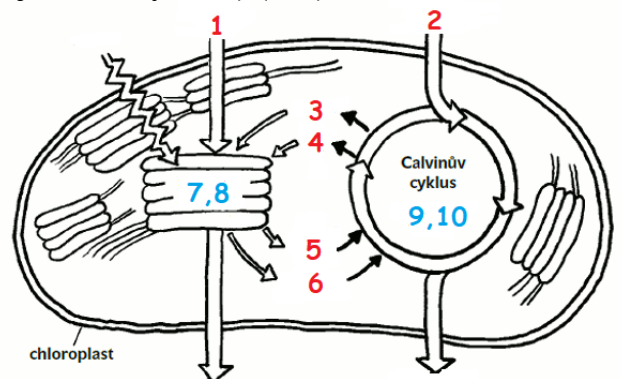


2) Vyberte správné odpovědi v textu vztahujícímu se k obrázku v úkolu č. 1 (2 b.):

Hodnota pH je **nižší/vyšší** v části č. 3 než v části č. 1. To je způsobeno přecházením **protonů/elektronů** přes thylakoidální membránu. Tímto způsobem vzniká gradient, který je pak přímo využit k syntéze molekul **NADPH/ATP**, jež jsou vytvářeny **vně/uvnitř** thylakoidu.

3) Do tabulky přiřad'te čísla dle odpovídajících **sloučenin (červeně)** a **dějů (modře)** uvedených ve schématu (některé sloučeniny či děje jsou nadbytečné) (5 b.):

Č.	Pojem/děj	Č.	Pojem/děj
3	NADP ⁺	8	fotolýza vody
4	ADP+P _i	6	NADPH+H ⁺
---	O ₂	--	cukr
7	syntéza ATP	9	karboxylace
1	H ₂ O	5	ATP
2	CO ₂	10	oxidace koenzymu NADPH



4) Odpovězte na následující otázky (3 b.):

- Proč se lidskému oku jeví chlorofyl a jako zelené barvivo? **Protože chlor. pohlcuje záření v modré a červené škále spektra a zbytek odráží (zelená barva).**
- Ve které organelle rostlinné buňky probíhá Calvinův cyklus? **V chloroplastu.**
- Proč při cyklické fosforylaci nevzniká redukováný koenzym NADPH? **Protože elektrony potřebné na redukci NADP⁺ jsou ještě předtím vráceny na cytochrom**
- Vyberte vždy jednu správnou odpověď (3 b.):**

- Pro vznik jedné molekuly glukosy musí do Calvinova cyklu vstoupit:

- 3 molekuly CO₂
- 6 molekul CO₂**
- 8 molekul CO₂
- 12 molekul CO₂

- V Calvinově cyklu je molekula NADPH použita k

- Redukci 1,3-bisfosfoglycerátu na glyceraldehyd-3-fosfát**
- Fosforylaci ribulose-5-fosfátu na ribulose-1,5-bisfosfát
- Karboxylaci ribulose-1,5-bisfosfátu na 3-fosfoglycerát
- Fosforylaci 3-fosfoglycerátu na 1,3-bisfosfoglycerát

- Z nabídky vyberte odpověď, která obsahuje pouze konečné produkty primární fáze fotosyntézy:

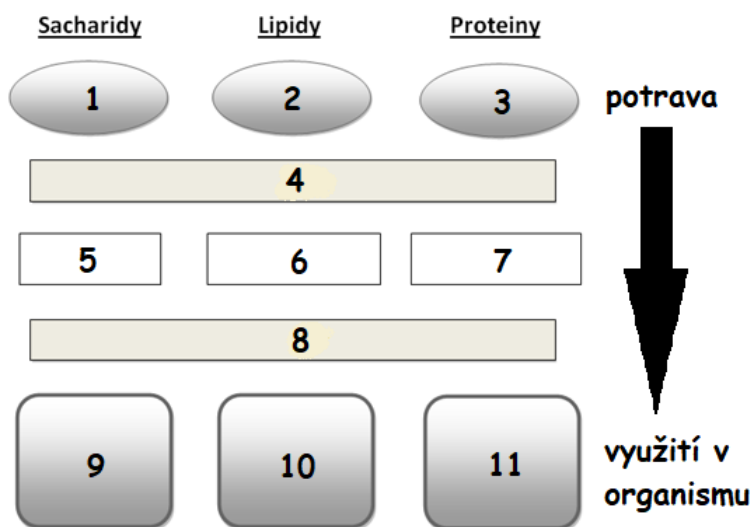
- ATP, O₂, CO₂
- NADPH, ATP, CO₂
- Glyceraldehyd-3-fosfát, O₂, NADPH
- ATP, NADPH, O₂**

9.6 Příloha 6 – Znalostní test – Metabolismus člověka

Metabolismus živin – znalostní test

- 1) Doplněte do tabulky k jednotlivým pojmům čísla ze schématu (5 b):

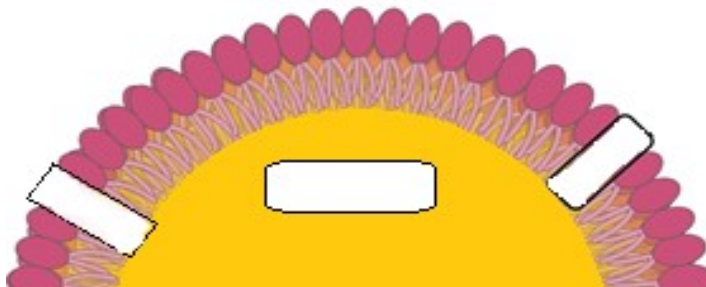
Pojem	Číslo
Resorpce	
Mastné kyseliny	
Monosacharidy	
Máslo	
Aminokyseliny	
Glykogen	
Svalová vlákna	
Chylomikrony	10
Vařené maso	
Trávení	
Kostkový cukr	



- 2) Odpovězte na následující otázky (3 b.)

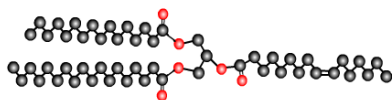
- Kolik molekul vody je potřeba na rozštěpení dextrinu (10 uhlíků) na molekuly maltosy?
- Jak se jmenuje molekula, která vzniká jako konečný produkt deaminace aminokyselin v játrech?
- Ve které buněčné organelle probíhá β -oxidace mastných kyselin?

- 3) Do 3 prázdných rámečků v průřezu tukové kapénky schematicky nakreslete 3 lipidy (triacylglycerol, cholesterol a fosfolipid) podle toho, jak budou v tukové kapénce orientovány. Na schématickém nákresu každého lipidu znázorněte polární a nepolární část (6 b.):

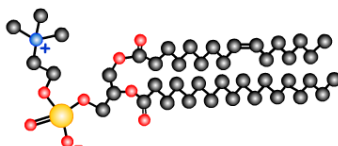


Legenda: černá – uhlík; červená – kyslík; žlutá – fosfor; modrá – dusík; vodíky nejsou zobrazeny

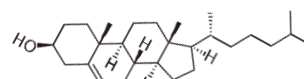
triacylglycer



fosfolipid



cholesterol



Schématické
znázornění:



175



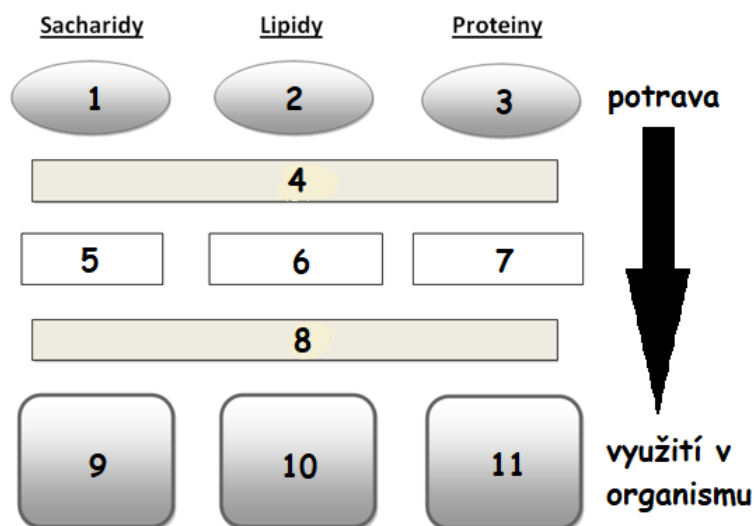
4) Vyberte vždy jednu správnou odpověď (4 b.):

- Člověk je z hlediska metabolismu:
 - e) Chemolithotrofní organismus
 - f) Fotoheterotrofní organismus
 - g) Chemoorganotrofní organismus
 - h) Fotoautotrofní organismus
- Adenosintrifosfát:
 - e) Obsahuje makroergické vazby
 - f) Se tvoří při svalové kontrakci
 - g) Je potřeba přijímat v potravě
 - h) Vzniká při trávení sacharidů
- Cholesterol je výchozím substrátem pro tvorbu
 - h) Vitaminu C
 - i) Žlučových kyselin
 - j) Peptidových hormonů
 - k) Žaludečních kyselin
- Glukosa:
 - a) Vzniká štěpením monosacharidů v trávicí trubici
 - b) Je v krvi přítomná pouze u pacientů s cukrovkou
 - c) Vzniká z aminokyselin procesem zvaným glukoneogeneze
 - d) Je disacharid, z něhož štěpením vzniká galaktosa a maltosa.

Metabolismus živin – znalostní test, řešení

1) Doplňte do tabulky k jednotlivým pojmům čísla ze schématu (5 b):

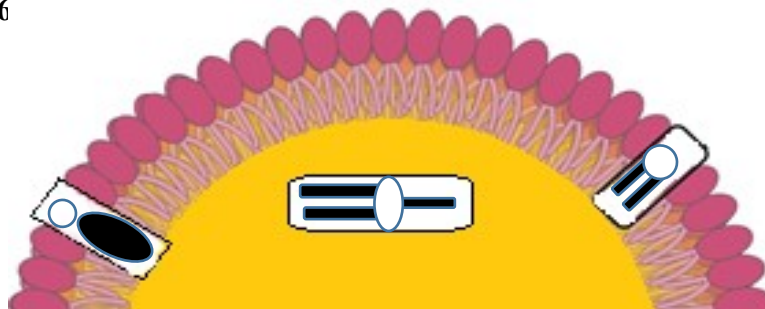
Pojem	Číslo
Resorpce	8
Mastné kyseliny	6
Monosacharidy	5
Máslo	2
Aminokyseliny	7
Glykogen	9
Svalová vlákna	11
Chylomikrony	10
Vařené maso	3
Trávení	4
Kostkový cukr	1



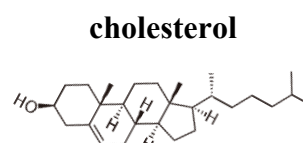
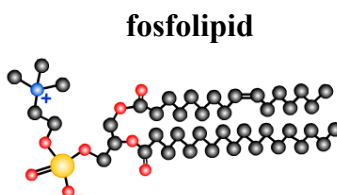
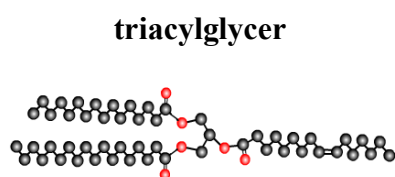
2) Odpovězte na následující otázky (3 b.)

- Kolik molekul vody je potřeba na rozštěpení dextrinu (10 uhlíků) na molekuly maltosy? **4**
- Jak se jmenuje molekula, která vzniká jako konečný produkt deaminace aminokyselin v játrech? **močovina**
- Ve které buněčné organelle probíhá β -oxidace mastných kyselin? **mitochondrie**

3) Do 3 prázdných rámečků v průřezu tukové kapénky schematicky nakreslete 3 lipidy (triacylglycerol, cholesterol a fosfolipid) podle toho, jak budou v tukové kapénce orientovány. Na schématickém nákresu každého lipidu znázorněte polární a nepolární část (6



Legenda: černá – uhlík; červená – kyslík; žlutá – fosfor; modrá – dusík; vodíky nejsou zobrazeny



Schématické znázornění:



4) Vyberte vždy jednu správnou odpověď (4 b.):

- Člověk je z hlediska metabolismu:
 - i) Chemolithotrofní organismus
 - j) Fotoheterotrofní organismus
 - k) Chemoorganotrofní organismus
 - l) Fotoautotrofní organismus
- Adenosintrifosfát:
 - i) Obsahuje makroergické vazby
 - j) Se tvoří při svalové kontrakci
 - k) Je potřeba přijímat v potravě
 - l) Vzniká při trávení sacharidů
- Cholesterol je výchozím substrátem pro tvorbu:
 - l) Vitaminu C
 - m) Žlučových kyselin
 - n) Peptidových hormonů
 - o) Žaludečních kyselin
- Glukosa:
 - e) Vzniká štěpením monosacharidů v trávící trubici
 - f) Je v krvi přítomná pouze u pacientů s cukrovkou
 - g) Vzniká z aminokyselin procesem zvaným glukoneogeneze
 - h) Je disacharid, z něhož štěpením vzniká galaktosa a maltosa.

9.7 Příloha 7 – Znalostní test – Membránový transport

Membránový transport – znalostní test

1. Odpovězte na následující otázky (4 body):

I. Jak se glukosa dostává do enterocyту?

- a) symportem s K^+ ionty
- b) symportem s Na^+ ionty
- c) antiportem s K^+ ionty
- d) antiportem s Na^+ ionty

II. Při aktivním transportu 1 molekuly glukosy se:

- a) vytvoří 1 molekula ATP
- b) spotřebuje 1 molekula ATP
- c) vytvoří 2 molekuly ATP
- d) spotřebují 2 molekuly ATP

III. Glukosa je z enterocyту do krve odčerpána:

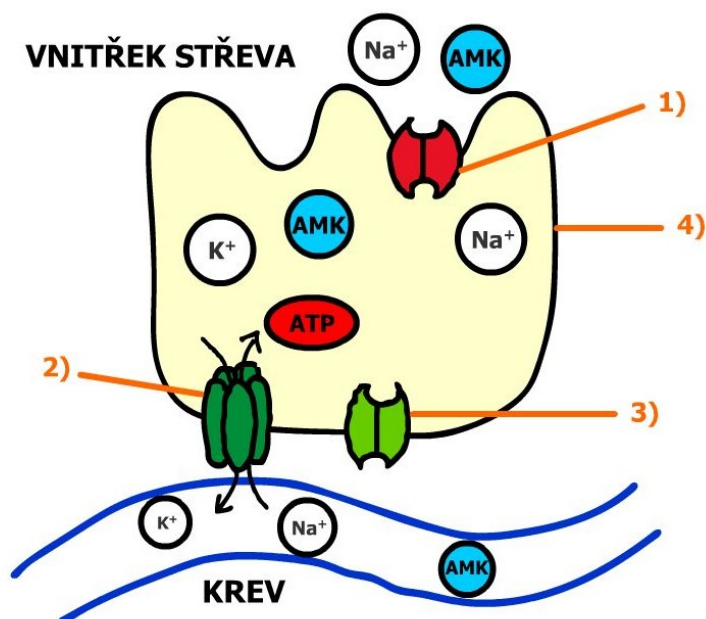
- a) aktivním transportem
- b) symportem s K^+ ionty
- c) pasivním transportem
- d) symportem s Na^+ ionty

IV. Na 3 sodné ionty, které buňku opustí, se dovnitř dostanou:

- a) 3 K^+ ionty
- b) 3 aminokyseliny
- c) 2 K^+ ionty
- d) 2 Cl^- ionty

2. Popište obrázek – k jednotlivým číslům uveďte názvy struktur z nabídky; dva názvy jsou v nabídce navíc. (6 bodů):

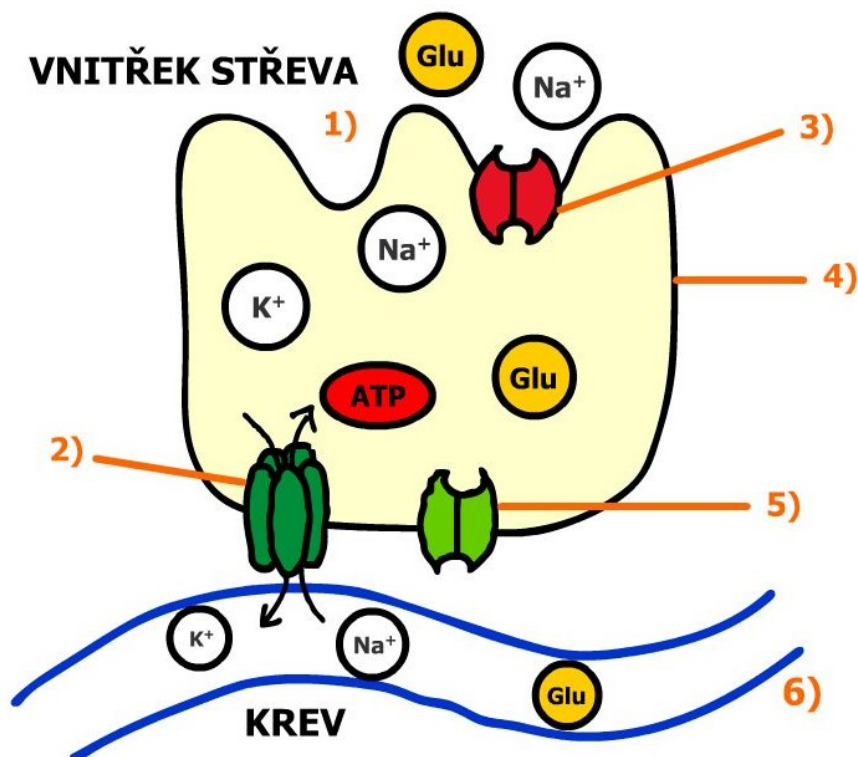
Nabídka: pasivní transportér aminokyseliny; Na^+ antiportér aminokyseliny; Na^+ symportér aminokyseliny; Na^+/K^+ ATPasa; enterocyt; aktivní transportér aminokyseliny.



- 1)
- 2)
- 3)
- 4)

3. Do tabulky přiřaďte čísla podle toho, co na obrázku popisují (struktury či děje v dané části probíhající). Některá čísla můžete přiřadit k více popisům. Dva pojmy v tabulce jsou nadbytečné (nemají své číslo). (6 bodů):

Č.	Pojem/děj	Č.	Pojem/děj
	Žíla		Enterocyt
	Hydrolýza ATP		Vstup K^+ do buněk
	Vstup Na^+ do buněk		Tepna
	Syntéza ATP		Pasivní tok glukosy po koncentračním spádu
	Symport Na^+ a glukosy		Vznik ADP
	Hydrolýza maltosy		Na^+/K^+ -ATPasa



Membránový transport – znalostní test, řešení

1. Odpovězte na následující otázky (vždy 1 odpověď správná – max. 4 body):

II. Jak se glukosa dostává do enterocyty?

- a) symportem s K^+ ionty
- b) symportem s Na^+ ionty**
- c) antiportem s K^+ ionty
- d) antiportem s Na^+ ionty

II. Při aktivním transportu 1 molekuly glukosy se:

- a) vytvoří 1 molekula ATP
- b) spotřebuje 1 molekula ATP**
- c) vytvoří 2 molekuly ATP
- d) spotřebují 2 molekuly ATP

III. Glukosa je z enterocyty do krve odčerpána:

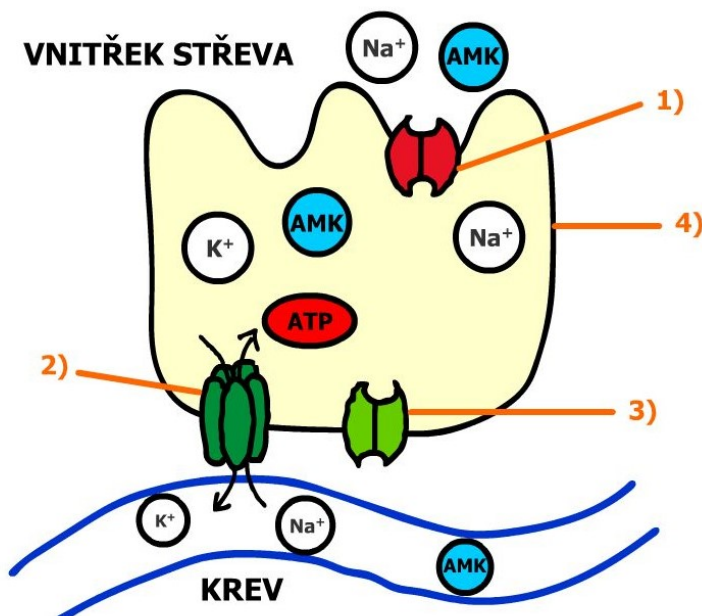
- a) aktivním transportem
- b) symportem s K^+ ionty
- c) pasivním transportem**
- d) symportem s Na^+ ionty

IV. Na 3 sodné ionty, které buňku opustí, se dovnitř dostanou:

- a) 3 K^+ ionty
- b) 3 aminokyseliny
- c) 2 K^+ ionty**
- d) 2 Cl^- ionty

2. Popište obrázek – k jednotlivým číslům uveďte názvy struktur z nabídky; dva názvy jsou v nabídce navíc. (1,5 bodu za správnou odpověď, max. 6 bodů):

Nabídka: pasivní transportér aminokyseliny (3); Na^+ antiportér aminokyseliny; Na^+ symportér aminokyseliny (1); Na^+/K^+ ATPasa (2); enterocyt (4); aktivní transportér aminokyseliny.



1)

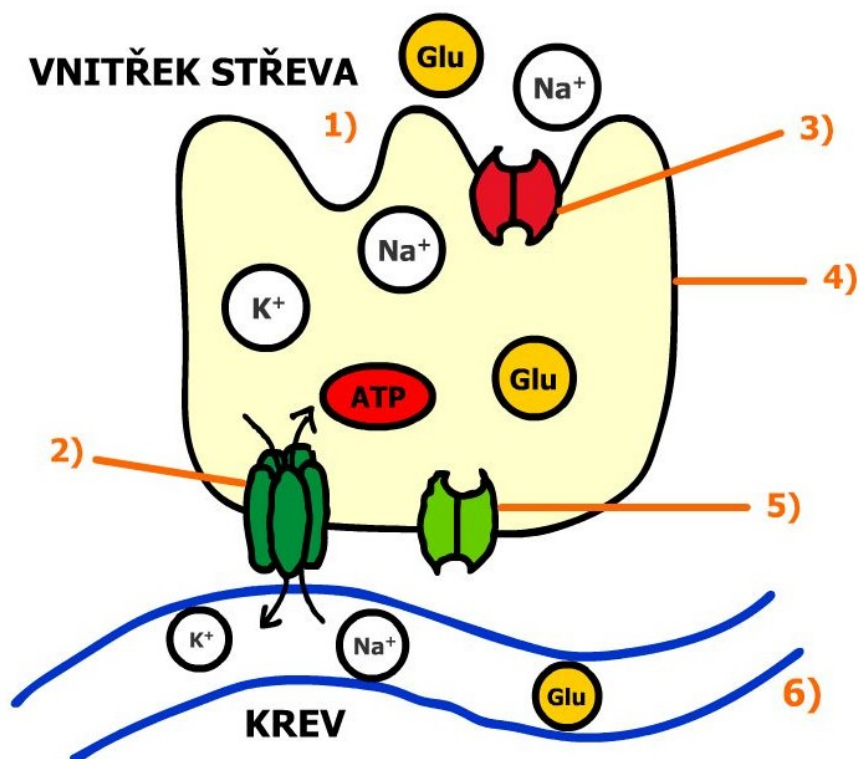
2)

3)

4)

3. Do tabulky přiřaďte čísla podle toho, co na obrázku popisují (strukтуры či děje v dané části probíhající). Některá čísla můžete přiřadit k více popisům. Dva pojmy v tabulce jsou nadbytečné (nemají své číslo). (max. 6 bodů):

Č.	Pojem/děj	Č.	Pojem/děj
6)	Žíla	4)	Enterocyt
2)	Hydrolýza ATP	2)	Vstup K^+ do buněk
3)	Vstup Na^+ do buněk	-	Tepna
-	Syntéza ATP	5)	Pasivní tok glukosy po koncentračním spádu
3)	Symport Na^+ a glukosy	2)	Vznik ADP
1)	Hydrolýza maltosy	2)	Na^+/K^+ -ATPasa



9.8 Příloha 8 – Dotazník k akčnímu výzkumu

Práce s animacemi – dotazník

1. Ohodnoťte, do jaké míry souhlasíte s následujícími výroky, které se týkají použitých animací na NA . *Škála*: 1 (naprosto souhlasím), 2 (spíše souhlasím), 3 (mám neutrální postoj), 4 (spíše nesouhlasím), 5 (naprosto nesouhlasím).
 - a. Použité animace mají povedenou grafiku.
 - b. Náročnost odborného obsahu animací odpovídá vzdělávacímu stupni.
 - c. Animace jsou názorné.
 - d. Uvedené animace vedou k lepšímu pochopení učiva.
 - e. Zařazení podobných animací i v jiných tématech by vedlo k lepšímu porozumění výuky.
 - f. Zařazení podobných animací i v jiných předmětech by vedlo k lepšímu porozumění výuky.
2. Odpovězte na následující otázky:
 - a. Které prvky v animaci působily rušivě?
 - b. Použili jste uvedené animace i pro opakování na test?
 - c. Napište 3 klady použitých animací.
 - d. Napište 3 zápory použitých animací.
 - e. Napište alespoň 1 další způsob využití animací v hodině kromě klasické prezentace učitelem.
3. Vytvořte alespoň jeden hashtag pro uvedené animace, odvozený/é z vašeho dojmu a z práce s ní.

9.9 Příloha 9 – syntaxe pro rekódování inverzních promenných v SPSS (dotazníkové šetření)

recode postDkla06 (7=1) (6=2) (5=3) (4=4) (3=5) (2=6) (1=7) (missing=sysmis) into postDkla06_invers.
Execute

recode postDkla15 (7=1) (6=2) (5=3) (4=4) (3=5) (2=6) (1=7) (missing=sysmis) into postDkla15_invers.
Execute

recode postDkla21 (7=1) (6=2) (5=3) (4=4) (3=5) (2=6) (1=7) (missing=sysmis) into postDkla21_invers.
Execute

recode postDkla23 (7=1) (6=2) (5=3) (4=4) (3=5) (2=6) (1=7) (missing=sysmis) into postDkla23_invers.
Execute

recode postDkla25 (7=1) (6=2) (5=3) (4=4) (3=5) (2=6) (1=7) (missing=sysmis) into postDkla25_invers.
Execute

recode postDexp06 (7=1) (6=2) (5=3) (4=4) (3=5) (2=6) (1=7) (missing=sysmis) into postDexp06_invers.
Execute

recode postDexp15 (7=1) (6=2) (5=3) (4=4) (3=5) (2=6) (1=7) (missing=sysmis) into postDexp15_invers.
Execute

recode postDexp21 (7=1) (6=2) (5=3) (4=4) (3=5) (2=6) (1=7) (missing=sysmis) into postDexp21_invers.
Execute

recode postDexp23 (7=1) (6=2) (5=3) (4=4) (3=5) (2=6) (1=7) (missing=sysmis) into postDexp23_invers.
Execute

recode postDexp25 (7=1) (6=2) (5=3) (4=4) (3=5) (2=6) (1=7) (missing=sysmis) into postDexp25_invers.
Execute

9.10 Příloha 10 – výpočet Cronbachova alfa (dotazníkové šetření)

9.10.1 Predotazník

Case Processing Summary

		N	%
Cases	Valid	145	91,8
	Excluded ^a	13	8,2
	Total	158	100,0

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	N of Items
,615	4

Item-Total Statistics

	Scale Mean if Item Deleted	Scale Variance if Item Deleted	Corrected Item-Total Correlation	Cronbach's Alpha if Item Deleted
preD01	14,50	10,988	,317	,624
preD06	13,96	11,804	,440	,513
preD09	13,06	12,281	,380	,555
preD14	13,66	11,977	,478	,493

Case Processing Summary

		N	%
Cases	Valid	152	96,2
	Excluded ^a	6	3,8
	Total	158	100,0

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	N of Items
,695	4

Item-Total Statistics

	Scale Mean if Item Deleted	Scale Variance if Item Deleted	Corrected Item-Total Correlation	Cronbach's Alpha if Item Deleted
preD02	14,17	12,474	,529	,604
preD08	15,24	14,159	,320	,720
preD11	14,76	11,665	,568	,575
preD13	15,25	10,348	,526	,604

		N	%
Cases	Valid	149	94,3
	Excluded ^a	9	5,7
	Total	158	100,0

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	N of Items
,666	4

Item-Total Statistics

	Scale Mean if Item Deleted	Scale Variance if Item Deleted	Corrected Item-Total Correlation	Cronbach's Alpha if Item Deleted
preD03	14,25	16,350	,356	,657
preD05	14,19	15,194	,469	,585
preD10	14,28	14,444	,495	,566
preD16	14,77	14,231	,471	,582

Case Processing Summary

		N	%
Cases	Valid	151	95,6
	Excluded ^a	7	4,4
	Total	158	100,0

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	N of Items
,699	4

Item-Total Statistics

	Scale Mean if Item Deleted	Scale Variance if Item Deleted	Corrected Item-Total Correlation	Cronbach's Alpha if Item Deleted
preD04	14,29	14,248	,428	,670
preD07	15,87	15,417	,353	,712
preD12	15,00	12,827	,555	,588
preD15	14,50	12,985	,615	,553

9.10.2 Postdotazník KLA_01 a KLA_02 a post dotazník EXP

9.10.2.1 Postdotazník KLA_01

Case Processing Summary

		N	%
Cases	Valid	44	27,8
	Excluded ^a	114	72,2
	Total	158	100,0

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	N of Items
,820	7

Item-Total Statistics

	Scale Mean if Item Deleted	Scale Variance if Item Deleted	Corrected Item-Total Correlation	Cronbach's Alpha if Item Deleted
PostDkla01	27,18	50,059	,675	,776
PostDkla05	27,27	51,645	,716	,773
PostDkla11	27,16	51,625	,670	,779
postDkla15_invers	27,82	54,524	,422	,821
PostDkla18	27,50	49,558	,731	,767
postDkla21_invers	27,57	56,949	,306	,843
PostDkla22	27,77	54,459	,506	,805

Case Processing Summary

		N	%
Cases	Valid	43	27,2
	Excluded ^a	115	72,8
	Total	158	100,0

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	N of Items
,651	5

Item-Total Statistics

	Scale Mean if Item Deleted	Scale Variance if Item Deleted	Corrected Item-Total Correlation	Cronbach's Alpha if Item Deleted
PostDkla02	17,05	23,712	,370	,613
postDkla06_invers	17,35	31,280	-,108	,827
PostDkla12	16,88	18,724	,724	,433
PostDkla19	17,14	19,837	,623	,487
postDkla23_invers	16,60	20,292	,629	,490

Case Processing Summary

		N	%
Cases	Valid	44	27,8
	Excluded ^a	114	72,2
	Total	158	100,0

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	N of Items
,833	6

Item-Total Statistics

	Scale Mean if Item Deleted	Scale Variance if Item Deleted	Corrected Item-Total Correlation	Cronbach's Alpha if Item Deleted
PostDkla03	22,91	39,573	,746	,783
PostDkla07	23,36	39,539	,594	,809
PostDkla09	22,80	43,236	,356	,859
PostDkla13	22,70	40,353	,666	,797
PostDkla16	22,82	35,315	,814	,761
postDkla25_invers	23,02	39,186	,545	,821

Case Processing Summary

		N	%
Cases	Valid	45	28,5
	Excluded ^a	113	71,5
	Total	158	100,0

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	N of Items
,848	7

Item-Total Statistics

	Scale Mean if Item Deleted	Scale Variance if Item Deleted	Corrected Item-Total Correlation	Cronbach's Alpha if Item Deleted
PostDkla04	27,89	51,283	,767	,808
PostDkla08	28,71	53,074	,382	,869
PostDkla10	27,87	50,482	,627	,824
PostDkla14	28,07	50,564	,799	,803
PostDkla17	29,00	52,773	,479	,847
PostDkla20	28,11	51,056	,692	,815
PostDkla24	28,09	50,537	,655	,820

9.10.2.2 Postdotazník KLA_02

Case Processing Summary

		N	%
Cases	Valid	45	28,5
	Excluded ^a	113	71,5
	Total	158	100,0

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	N of Items
,961	7

Item-Total Statistics

	Scale Mean if Item Deleted	Scale Variance if Item Deleted	Corrected Item-Total Correlation	Cronbach's Alpha if Item Deleted
postDkla2_01	29,87	49,345	,919	,951
postDkla2_05	30,02	49,068	,886	,953
postDkla2_11	30,13	47,618	,890	,953
postDkla2_15_invers	29,76	48,143	,900	,952
postDkla2_18	30,16	51,089	,852	,956
postDkla2_21_invers	29,58	48,204	,809	,960
postDkla2_22	30,76	50,507	,806	,959

Case Processing Summary

		N	%
Cases	Valid	45	28,5
	Excluded ^a	113	71,5
	Total	158	100,0

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	N of Items
,833	5

Item-Total Statistics

	Scale Mean if Item Deleted	Scale Variance if Item Deleted	Corrected Item-Total Correlation	Cronbach's Alpha if Item Deleted
postDkla2_02	17,84	13,680	,673	,789
postDkla2_06_invers	16,76	15,053	,534	,825
postDkla2_12	17,87	13,073	,795	,757
postDkla2_19	18,11	12,828	,666	,791
postDkla2_23_invers	16,98	13,431	,536	,833

Case Processing Summary

		N	%
Cases	Valid	42	26,6
	Excluded ^a	116	73,4
	Total	158	100,0

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	N of Items
,830	6

Item-Total Statistics

	Scale Mean if Item Deleted	Scale Variance if Item Deleted	Corrected Item-Total Correlation	Cronbach's Alpha if Item Deleted
postDkla2_03	23,43	19,178	,678	,789
postDkla2_07	23,86	23,003	,323	,849
postDkla2_09	22,83	16,923	,583	,818
postDkla2_13	23,48	18,695	,574	,810
postDkla2_16	23,31	18,365	,839	,761
postDkla2_25_invers	22,86	18,564	,704	,783

Case Processing Summary

		N	%
Cases	Valid	43	27,2
	Excluded ^a	115	72,8
	Total	158	100,0

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

Cronbach's Alpha	N of Items
,940	7

Item-Total Statistics

	Scale Mean if Item Deleted	Scale Variance if Item Deleted	Corrected Item-Total Correlation	Cronbach's Alpha if Item Deleted
postDkla2_04	30,72	42,444	,638	,944
postDkla2_08	31,12	40,296	,768	,934
postDkla2_10	31,09	39,277	,809	,930
postDkla2_14	30,98	38,738	,890	,923
postDkla2_17	31,47	37,159	,803	,931
postDkla2_20	31,28	36,635	,864	,925
postDkla2_24	31,30	36,978	,861	,925

9.10.2.3 Postdotazník EXP

Case Processing Summary

		N	%
Cases	Valid	119	75,3
	Excluded ^a	39	24,7
	Total	158	100,0

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	N of Items
,923	7

Item-Total Statistics

	Scale Mean if Item Deleted	Scale Variance if Item Deleted	Corrected Item-Total Correlation	Cronbach's Alpha if Item Deleted
postDexp01	32,15	50,028	,837	,904
postDexp05	32,28	49,490	,837	,904
postDexp11	32,44	47,824	,859	,901
postDexp15_invers	32,26	50,804	,652	,923
postDexp18	32,45	50,335	,816	,906
postDexp21_invers	32,03	52,321	,610	,926
postDexp22	32,92	48,986	,738	,914

Case Processing Summary

		N	%
Cases	Valid	117	74,1
	Excluded ^a	41	25,9
	Total	158	100,0

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	N of Items
,742	5

Item-Total Statistics

	Scale Mean if Item Deleted	Scale Variance if Item Deleted	Corrected Item-Total Correlation	Cronbach's Alpha if Item Deleted
postDexp02	17,97	17,620	,650	,648
postDexp06_invers	17,43	18,264	,425	,729
postDexp12	17,91	17,424	,653	,646
postDexp19	18,13	19,233	,397	,736
postDexp23_invers	17,73	17,735	,452	,720

Case Processing Summary

		N	%
Cases	Valid	114	72,2
	Excluded ^a	44	27,8
	Total	158	100,0

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	N of Items
,854	6

Item-Total Statistics

	Scale Mean if Item Deleted	Scale Variance if Item Deleted	Corrected Item-Total Correlation	Cronbach's Alpha if Item Deleted
postDexp03	25,11	25,305	,817	,798
postDexp07	25,83	29,291	,439	,864
postDexp09	24,80	27,083	,544	,848
postDexp13	25,10	25,079	,666	,825
postDexp16	24,91	25,762	,791	,804
postDexp25_invers	24,60	26,172	,630	,832

Case Processing Summary

		N	%
Cases	Valid	117	74,1
	Excluded ^a	41	25,9
	Total	158	100,0

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	N of Items
,855	7

Item-Total Statistics

	Scale Mean if Item Deleted	Scale Variance if Item Deleted	Corrected Item-Total Correlation	Cronbach's Alpha if Item Deleted
postDexp04	32,86	64,171	,704	,831
postDexp08	33,32	61,373	,821	,817
postDexp10	33,54	62,199	,678	,830
postDexp14	33,16	60,672	,819	,816
postDexp17	33,36	58,542	,799	,813
postDexp20	33,06	53,229	,365	,940
postDexp24	33,37	58,717	,821	,811

9.11 Příloha 11 – syntaxe pro výpočet sledovaných proměnných v SPSS a deskriptivní statistika těchto proměnných (dotazníkové šetření)

9.11.1 Predotazník

compute intrinsic_goal_orientation = mean.2(preD01, preD06, preD09, preD14).

compute self_efficacy_for_learning_and_performance = mean.2(preD02, preD08, preD11, preD13).

compute extrinsic_goal_orientation = mean.2(preD03, preD05, preD10, preD16).

compute control_of_learning_beliefs = mean.2(preD04, preD07, preD12, preD15).

			Descriptive Statistics			
Skupina (0 = kontrolní, 1 = experimentální)			intrinsic_goal_orientation	self_efficacy_for_learning_and_performance	extrinsic_goal_orientation	control_of_learning_beliefs
	N	Valid	1	1	1	1
		Missing	0	0	0	0
	Mean		2,7500	3,5000	5,5000	5,0000
	Median		2,7500	3,5000	5,5000	5,0000
	Std. Deviation		1,05192	1,11857	1,24554	1,24375
Kontrolní skupina	N	Valid	61	61	61	61
		Missing	3	3	3	3
	Mean		4,4495	4,8648	4,6885	4,8607
	Median		4,5000	5,0000	4,7500	5,0000
	Std. Deviation		1,05192	1,11857	1,24554	1,24375
Experimentální skupina	N	Valid	71	71	71	71
		Missing	3	3	3	3
	Mean		5,0634	4,9859	4,9484	5,0458
	Median		5,2500	5,0000	5,0000	5,2500
	Std. Deviation		1,11683	1,08141	1,24470	1,23874

9.11.2 Post dotazník KLA a EXP

compute interest_kla = mean.2 (postDkla01, postDkla05, postDkla11, postDkla15_invers, postDkla18, postDkla21_invers, postDkla22).

compute interest_exp = mean.2 (postDexp01, postDexp05, postDexp11, postDexp15_invers, postDexp18, postDexp21_invers, postDexp22).

compute effort_kla = mean.2 (postDkla02, postDkla06_invers, postDkla12, postDkla19, postDkla23_invers).

compute effort_exp = mean.2 (postDexp02, postDexp06_invers, postDexp12, postDexp19, postDexp23_invers).

compute perceived_competence_kla = mean.2 (postDkla03, postDkla07, postDkla09, postDkla13, postDkla16, postDkla25_invers).

compute perceived_competence_exp = mean.2 (postDexp03, postDexp07, postDexp09, postDexp13, postDexp16, postDexp25_invers).

compute value_usefulness_kla = mean.2 (postDkla04, postDkla08, postDkla10, postDkla14, postDkla17, postDkla20, postDkla24).

compute value_usefulness_exp = mean.2 (postDexp04, postDexp08, postDexp10, postDexp14, postDexp17, postDexp20, postDexp24).
EXECUTE.

Descriptive Statistics										
Skupina (0 = kontrolní, 1 = experimentální)			interest_kla	effort_kla	perceived_competence_kla	value_usefulness_kla	interest_exp	effort_exp	perceived_competence_exp	value_usefulness_exp
Postdotazník KLA_2	N	Valid	0	0	0	0	0	0	0	0
		Missing	1	1	1	1	1	1	1	1
	N	Valid	56	56	56	56	0	0	0	0
		Missing	8	8	8	8	64	64	64	64
	Mean		5,0510	4,3339	4,6190	5,2228				
	Median		5,2857	4,4000	4,7333	5,1429				
	Std. Deviation		1,20279	,87309	,97647	1,03200				
Postdotazník EXP	N	Valid	0	0	0	0	62	62	62	62
		Missing	74	74	74	74	12	12	12	12
	Mean						5,7834	4,5669	5,2306	5,8779
	Median						5,9286	4,6000	5,3333	6,2143
	Std. Deviation						1,07955	1,14387	,93449	1,23402

9.12 Příloha 12 – Určení normality (dotazníkové šetření)

9.12.1 Predotazník

Tests of Normality						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
intrinsic_goal_orientation	,077	152	,030	,985	152	,097
self_efficacy_for_learning_and_performance	,082	152	,015	,987	152	,172
extrinsic_goal_orientation	,107	152	,000	,976	152	,010
control_of_learning_beliefs	,107	152	,000	,956	152	,000

a. Lilliefors Significance Correction

9.12.2 Postdotazník KLA_01

Tests of Normality						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
interest_kla	,075	46	,200*	,977	46	,491
effort_kla	,084	46	,200*	,983	46	,738
perceived_competence_kla	,086	46	,200*	,977	46	,490
value_usefulness_kla	,154	46	,008	,962	46	,131

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

9.12.3 Postdotazník KLA_02

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
interest_kla2	,142	45	,023	,932	45	,011
effort_kla2	,095	45	,200*	,961	45	,138
perceived_competence_kla2	,103	45	,200*	,967	45	,216
value_usefulness_kla2	,093	45	,200*	,966	45	,203

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

9.12.4 Postdotazník EXP

Tests of Normality

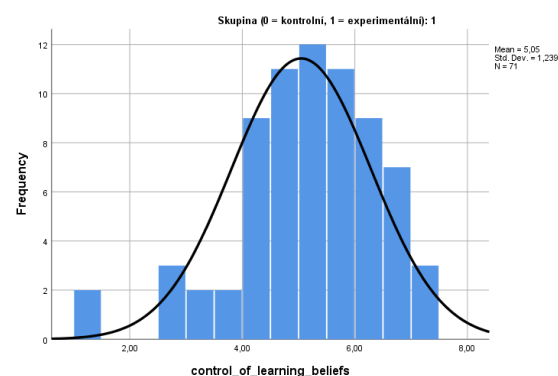
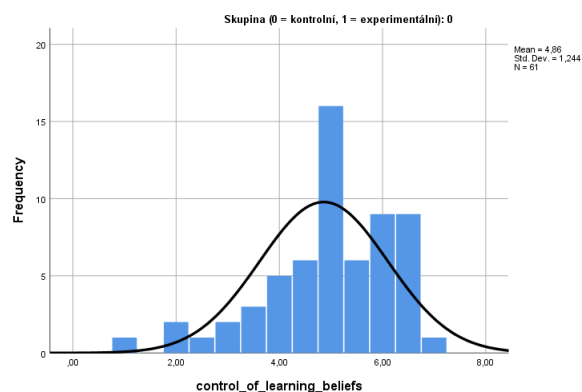
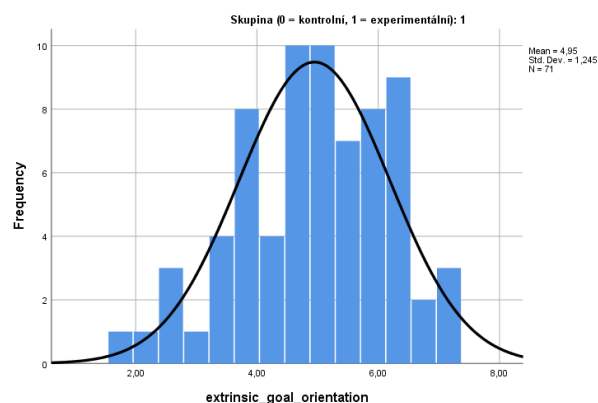
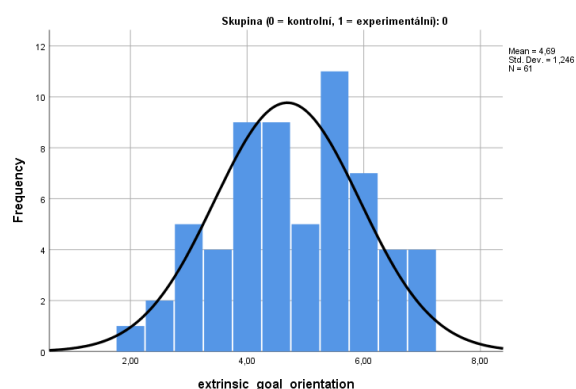
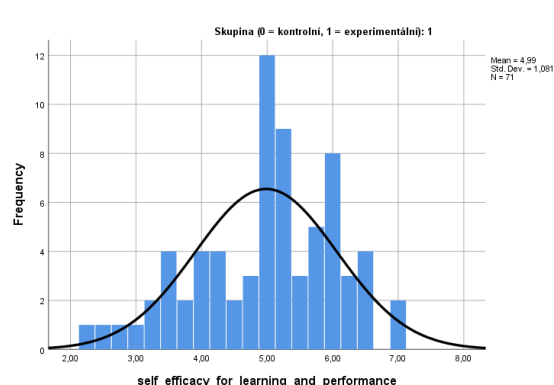
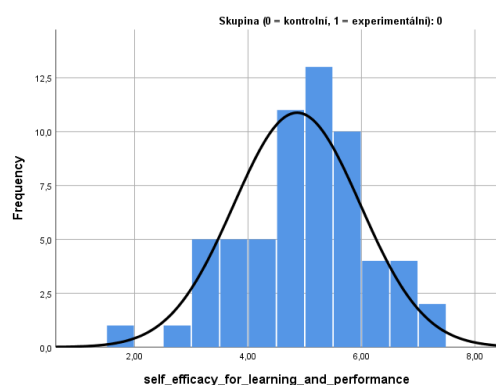
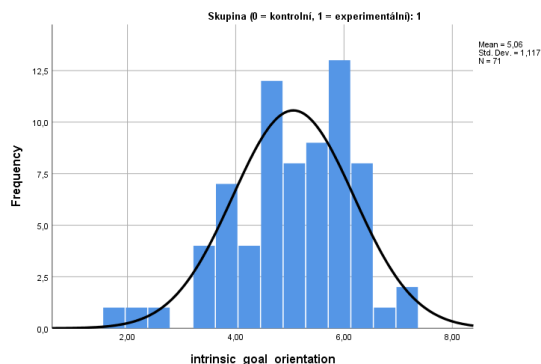
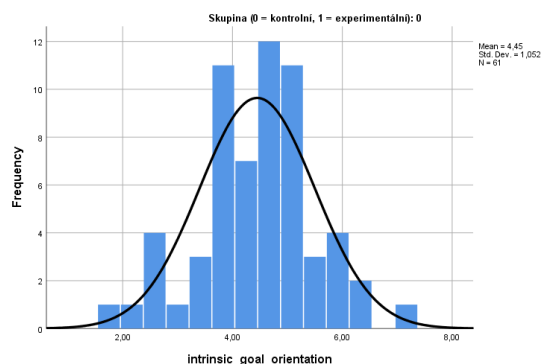
Skupina		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
kontrolní	interest_exp	,142	45	,023	,932	45	,011
	effort_exp	,095	45	,200*	,961	45	,138
	perceived_competence_exp	,103	45	,200*	,967	45	,216
	value_usefulness_exp	,093	45	,200*	,966	45	,203
experimentální	interest_exp	,127	74	,005	,922	74	,000
	effort_exp	,089	74	,200*	,959	74	,018
	perceived_competence_exp	,109	74	,029	,941	74	,002
	value_usefulness_exp	,143	74	,001	,926	74	,000

*. This is a lower bound of the true significance.

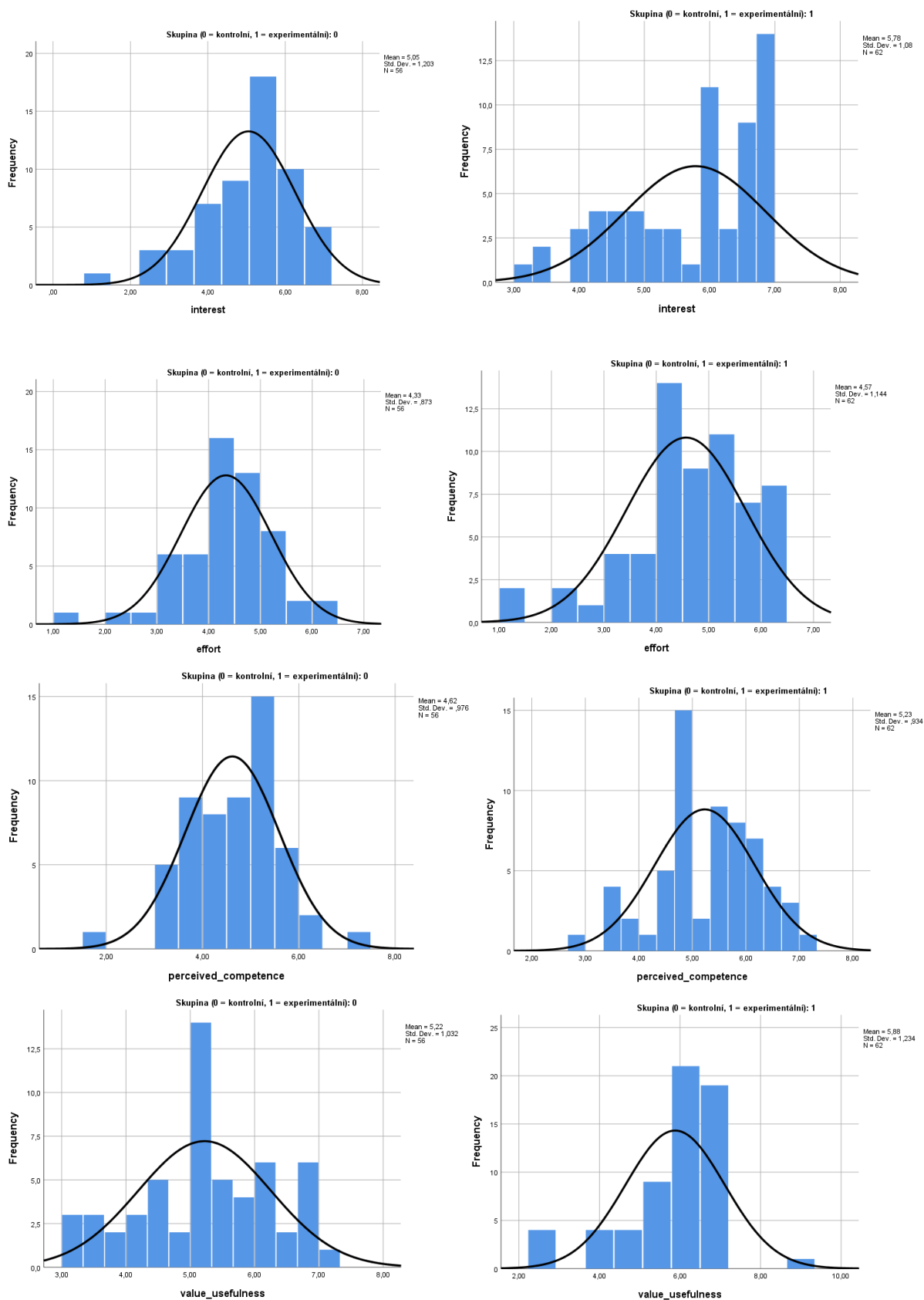
a. Lilliefors Significance Correction

9.13 Příloha 13 – histogramy (dotazníkové šetření)

9.13.1 Predotazník (vlevo kontrolní skupina, vpravo experimentální skupina)



9.13.2 Post dotazník (vlevo kontrolní skupina, vpravo experimentální skupina)



9.14 Příloha 14 – Kruskal-Wallisův test, faktor škola (dotazníkové šetření)

		Descriptives							
		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
interest_exp	GEVO	29	4,67488	1,156107	,214684	4,23512	5,11464	1,143	6,286
	GEKOM	47	6,06687	,880556	,128442	5,80833	6,32541	3,571	7,000
	BOTIC	20	4,70000	,835440	,186810	4,30900	5,09100	2,857	5,857
	GSLANY	14	6,21429	,755410	,201892	5,77813	6,65045	4,429	7,000
	PRIGonline	9	4,46032	,771884	,257295	3,86699	5,05364	3,000	5,286
	Total	119	5,39376	1,170662	,107314	5,18125	5,60627	1,143	7,000
effort_exp	GEVO	29	4,4207	,98756	,18338	4,0450	4,7963	1,20	6,00
	GEKOM	47	4,4213	1,10747	,16154	4,0961	4,7464	1,40	6,00
	BOTIC	20	4,6700	,80072	,17905	4,2952	5,0448	2,40	6,40
	GSLANY	14	4,5679	1,42581	,38106	3,7446	5,3911	2,40	6,40
	PRIGonline	9	4,3611	,45674	,15225	4,0100	4,7122	3,60	5,25
	Total	119	4,4756	1,03016	,09443	4,2886	4,6626	1,20	6,40
perceived_competence_exp	GEVO	29	4,4149	,77452	,14383	4,1203	4,7096	3,00	6,17
	GEKOM	47	5,3326	,89255	,13019	5,0706	5,5947	2,67	7,00
	BOTIC	20	4,8250	,67207	,15028	4,5105	5,1395	3,50	6,17
	GSLANY	14	5,2833	1,18932	,31786	4,5966	5,9700	3,33	6,83
	PRIGonline	9	4,8444	1,77318	,59106	3,4815	6,2074	2,00	7,00
	Total	119	4,9810	1,01932	,09344	4,7959	5,1660	2,00	7,00
value_usefulness_exp	GEVO	29	5,1182	1,06909	,19853	4,7116	5,5249	2,71	6,86
	GEKOM	47	5,9676	1,04031	,15174	5,6621	6,2730	2,57	7,00
	BOTIC	20	5,0214	1,48192	,33137	4,3279	5,7150	2,57	9,00
	GSLANY	14	6,1531	,49317	,13181	5,8683	6,4378	5,43	7,00
	PRIGonline	9	4,7778	2,01032	,67011	3,2325	6,3230	1,00	7,00
	Total	119	5,5334	1,26431	,11590	5,3039	5,7629	1,00	9,00

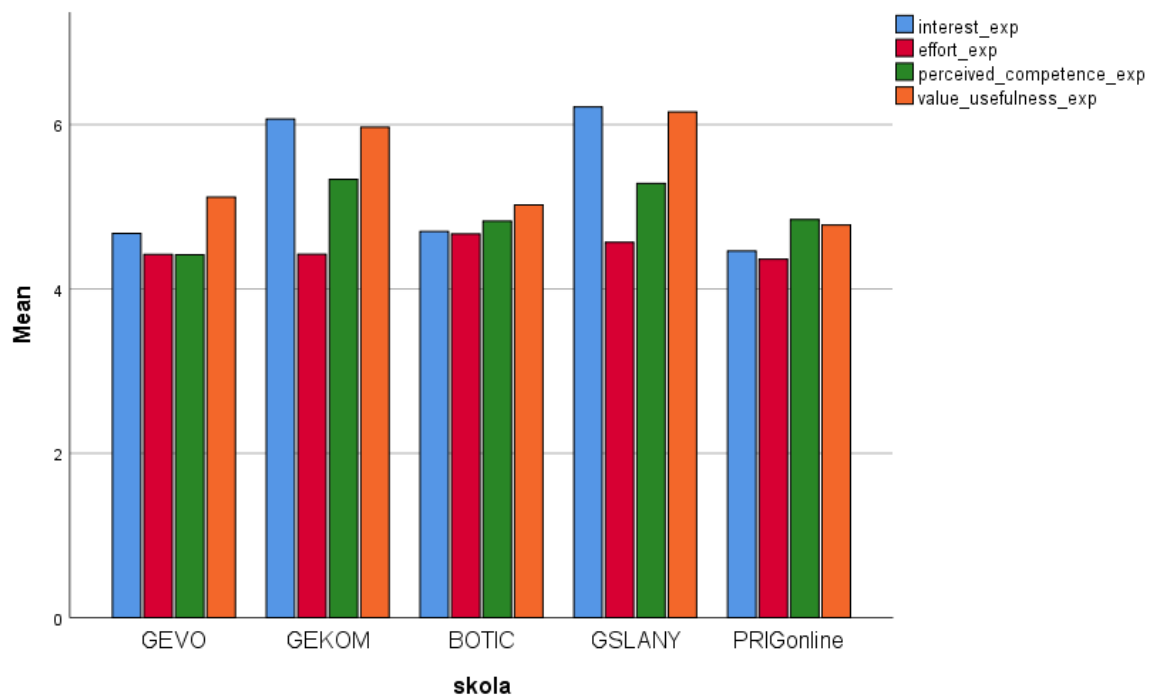
Kuskall Wallis test

Test Statistics ^{a,b}				
	interest_exp	effort_exp	perceived_competence_exp	value_usefulness_exp
Kruskal-Wallis H	50,264	1,702	20,149	21,949
df	4	4	4	4
Asymp. Sig.	,000	,790	,000	,000

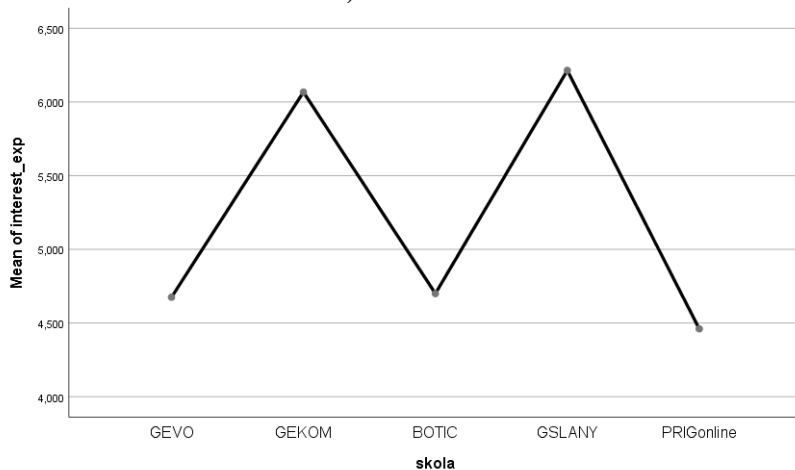
a. Kruskal Wallis Test

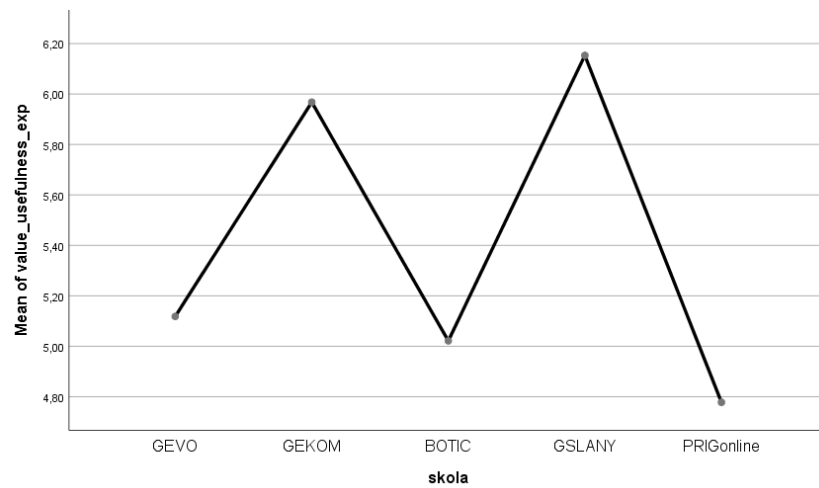
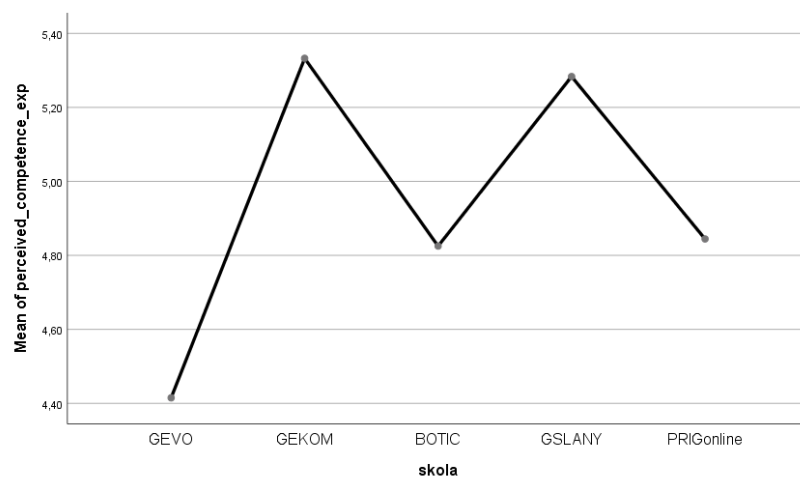
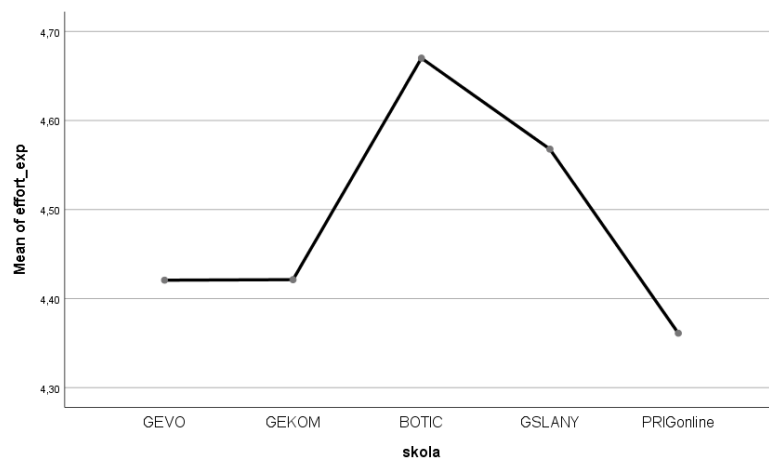
b. Grouping Variable: skola

Střední hodnoty (průměry) sledovaných škál pro experimentální skupiny, rozděleno dle faktoru škola.



Výsledky post hoc analýzy – experimentální skupina (průměrné hodnoty sledovaných škál, porovnání dle faktoru škola).





9.15 Příloha 15 – Histogramy (znalostní testy)

