

**UNIVERZITA KARLOVA**

**Přírodovědecká fakulta**



Habilitační práce

**DYNAMICKÁ VIZUALIZACE VE VÝUCE CHEMIE  
A DALŠÍCH PŘÍRODOVĚDNÝCH PŘEDMĚTŮ**

Dynamic Visualization in Teaching of Chemistry and other Natural Science Subjects

**RNDr. Milada Teplá, Ph.D.**

Obor: Didaktika chemie

**Praha 2021**



Čestné prohlášení:

Prohlašuji, že jsem habilitační práci vypracovala samostatně. Řádně jsem citovala a uvedla 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:

-----

podpis



## **Abstrakt**

Habilitační práce se zabývá vizualizací ve výuce přírodovědných předmětů se zaměřením na chemii. Zařazování vizualizačních pomůcek je významnou složkou vzdělávání a je vhodné zkoumat, jak je efektivní a jaký má vliv na samotné aktéry vzdělávání – žáky. Podstatné je také porovnávání efektivit různých typů vizualizačních pomůcek – konkrétně porovnávání statické vizualizace s vizualizací dynamickou, čemuž se věnují i četné zahraniční výzkumy, které však přinášejí heterogenní výsledky.

Cílem habilitační práce je shrnout výsledky, které se týkají tématu dynamická vizualizace ve výuce chemie, popř. dalších přírodovědných předmětech. Celkem bylo představeno 10 ucelených výukových programů zahrnující dynamickou vizualizaci, které vznikaly během let 2004-2021. Programy byly primárně určeny pro podporu výuky chemie (popř. biologie) na školách poskytující vyšší sekundární všeobecné vzdělávání (především gymnázia). Habilitační práce dále představuje výsledky pedagogického výzkumu, jehož cílem bylo zjistit, jaký vliv má používání dynamické vizualizace (animací a 3D modelů) určené pro podporu přírodovědných předmětů na vnitřní motivaci žáků (konkrétně na zájem žáka, uvědomění si svých nabytých schopností, na ochotě vkládat úsilí do výuky a vnímání významu) a na úroveň získaných poznatků na úrovni ISCED 2 a ISCED 3.

Výsledky ukazují, že využití dynamické vizualizace významně zvýšilo vnitřní motivaci žáků pro výuku přírodních věd s průměrnou hodnotou Cohenova  $d = 0,38$  i po třech měsících intenzivního užívání. Žáci v experimentální skupině navíc dosáhli výrazně vyšší úrovně znalostí z chemie než jejich vrstevníci v kontrolní skupině. Dále byly identifikovány tři moderující proměnné (věk žáků, vyučovaný předmět a osobnost učitele), které výraznou měrou ovlivňovaly výsledky.

Pedagogický výzkum potvrdil, že vhodné použití dynamických pomůcek může vést k snadnějšímu pochopení abstraktního a obtížně představitelného učiva. V důsledku toho mohou mít žáci větší zájem o učení a mohou dokonce uvažovat o studiu daného předmětu např. na střední nebo vysoké škole. Z tohoto důvodu by učitelé měli tyto názorné pomůcky do výuky zařazovat.

## **Klíčová slova**

Dynamická vizualizace, Statická vizualizace, Motivace, Vzdělávání v chemii, Vzdělávání v přírodních vědách, Kvantitativně orientovaný výzkum, Pedagogický výzkum, Animace, 3D modely, Adobe Animate



## **Abstract**

This habilitation thesis focuses on visualization in teaching natural sciences (mainly Chemistry). Undoubtedly, appropriate usage of visual aids is one of the key components in the education process. Consequently, there is a need for further research focusing on the effectiveness of such a component as well as its impact on pupils. Furthermore, it is vital to compare different types of visualization (static and dynamic). Although there have been many foreign studies in this field, their conclusions are heterogeneous.

The aim of this habilitation thesis is to introduce the author's practical and research results in the field of dynamic visualization in Chemistry and other natural sciences. There were 10 complex teaching programmes involving dynamic visualization created between 2004 and 2021. All programmes are primarily designed as support in teaching Chemistry (eventually Biology) in general high schools. The thesis presents the results of pedagogical research. Its goal was to determine the effects of using dynamic visualizations in natural sciences on pupil's intrinsic motivation (specifically interest, effort to actively participate in the educational process, perceived competence and understanding of the usefulness of the subject matter) and also on acquired knowledge at the level of ISCED 2 and ISCED 3.

The results show that using dynamic visualization significantly increased pupils' intrinsic motivation for natural sciences with a weighted mean effect size Cohen's  $d = 0,38$  after three months of intensive learning using dynamic visualizations. In addition, pupils in the experimental group reached a significantly higher level of Chemistry knowledge than their peers in the control group. Additionally, by moderator analysis, we identified three moderator variables (student age, learning domain, and teacher personality) significantly influencing the obtained results.

Our research demonstrates that the appropriate incorporation of visual aids simplifies abstract processes and enhances understanding. As a result, students may be more interested in learning and may even consider studying the subject matter at a higher level (for example at university). For those reasons, teachers should include these visual aids in the educational process.

## **Keywords**

Dynamic visualization, Static visualization, Motivation, Education in Chemistry, Education in Science, Quantitative research, Pedagogical research, Animation, 3D models, Adobe Animate





## Seznam použitých zkratk

CC	Creative Cloud
ČR	Česká republika
EU	Evropská unie
exp.	experimentální
G	Gymnázium
IMI	Dotazník vnitřní motivace (z anglického: <i>Intrinsic Motivation Inventory</i> )
ISCED	Mezinárodní standardní klasifikace vzdělávání (z anglického: <i>International Standard Classification of Education</i> )
ISCED 2	Mezinárodní standardní klasifikace vzdělávání (z anglického: <i>International Standard Classification of Education</i> ) – úroveň 2 (2. stupeň ZŠ a tomu odpovídající ročníky víceletých gymnázií)
ISCED 3	Mezinárodní standardní klasifikace vzdělávání (z anglického: <i>International Standard Classification of Education</i> ) – úroveň 3 (střední škola)
JS	Javascript
JSFL	JavaScript pro Flash
MS	Microsoft
MSLQ	Dotazník motivačních strategií pro učení se (z anglického: <i>Motivated Strategies for Learning Questionnaire</i> )
RVP	Rámcové vzdělávací programy
RVP G	Rámcové vzdělávací programy pro gymnázia
RVP ZV	Rámcové vzdělávací programy pro základní vzdělávání
SŠ	Střední škola
STEM	Koncept vzdělávání zaměřený na – přírodní vědy ( <i>Science</i> ), technologie ( <i>Technology</i> ), techniku ( <i>Engineering</i> ) a matematiku ( <i>Mathematics</i> )
ŠVP	Školní vzdělávací program
VH	Vyučovací hodina
VO	Výzkumná otázka
VŠ	Vysoká škola
VOŠ	Vyšší odborná škola
ZŠ	Základní škola



# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod a cíle habilitační práce .....</b>	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>Teoretická část .....</b>	<b>17</b>
2.1	Vymezení věkové kategorie žáků .....	18
2.2	Vzdělávací politika ve vztahu k využívání dig. technologií ve výuce přírodních věd .....	19
2.2.1	Doporučení o klíčových kompetencích pro celoživotní učení .....	19
2.2.2	Využití technologií ve výuce přírodních věd a Strategie vzdělávací politiky ČR do roku 2030+ ....	20
2.2.3	Využití technologií ve výuce přírodních věd ve vztahu k současně platným RVP .....	21
2.2.4	Závěry vyplývající z kapitoly 2.2.1 až 2.2.3 .....	22
2.3	Vizualizace a její význam ve výuce.....	24
2.3.1	Vysvětlení základních pojmů .....	24
2.3.2	Typy vizualizačních prostředků .....	25
2.3.3	Animace.....	27
2.4	Vliv dynamické vizualizace na efektivitu a kvalitu výuky .....	31
2.4.1	Efektivita a kvalita výuky .....	31
2.4.2	Motivace a motivační orientace žáků.....	32
2.4.3	Zjišťování efektivitu a kvality výuky ve vztahu k zapojení dynamické vizualizace do výuky.....	36
2.5	Statistické metody v pedagogickém výzkumu.....	45
2.5.1	Základní soubor vs. výběrový soubor a jejich popisné charakteristiky .....	45
2.5.2	Vlastnosti měření a výzkumných nástrojů .....	48
2.5.3	Testování hypotéz: testy statistické významnosti .....	50
2.5.4	Distribuce četností, normální rozdělení .....	53
2.5.5	Parametrické a neparametrické testy .....	55
2.5.6	Věcná významnost .....	57
2.5.7	Analýza závislostí – míra souvislosti znaků.....	59
<b>3</b>	<b>Praktická část.....</b>	<b>60</b>
3.1	Tvorba animací (popis použitých nástrojů) .....	60
3.2	Biochemické procesy v lidském organismu .....	63
3.3	Fotosyntéza v dynamických animacích a dýchací řetězec .....	64
3.3.1	Fotosyntéza v dynamických animacích .....	65
3.3.2	Dýchací řetězec .....	66
3.4	Další výukové materiály.....	69
3.4.1	Sacharidy .....	69
3.4.2	Metabolismus sacharidů .....	70
3.4.3	Enzymy, vitaminy a hormony .....	70

3.4.4	Trávení a trávicí soustava člověka .....	71
3.4.5	Dýchání a dýchací řetězec .....	72
3.4.6	Lipidy a biologické membrány mezioborově.....	73
3.4.7	Buněčná signalizace .....	74
<b>3.5</b>	<b>Vzdělávací webový portál Studiumbiochemie.cz .....</b>	<b>75</b>
<b>3.6</b>	<b>Aplikace Corinth .....</b>	<b>77</b>
<b>4</b>	<b><i>Výzkumné šetření – metodologie .....</i></b>	<b>81</b>
<b>4.1</b>	<b>Stanovení výzkumného cíle a výzkumných otázek .....</b>	<b>82</b>
<b>4.2</b>	<b>Výběr metody, účastníků a výukového materiálu (zdroj animací a 3D modelů).....</b>	<b>83</b>
4.2.1	Výzkumný vzorek, kontrolní a experimentální skupina, kontrolní a experimentální výuka.....	83
4.2.2	Použitý výukový materiál .....	84
<b>4.3</b>	<b>Sběr dat – použité výzkumné nástroje.....</b>	<b>85</b>
4.3.1	Standardizované dotazníky: MSLQ a IMI.....	85
4.3.2	Znalostní pretest a posttest .....	86
4.3.3	Strukturovaný rozhovor a výstupní dotazník pro učitele .....	87
<b>4.4</b>	<b>Časový plán předvýzkumu a hlavního výzkumného šetření .....</b>	<b>88</b>
4.4.1	Předvýzkum .....	88
4.4.2	Hlavní výzkumné šetření .....	89
<b>4.5</b>	<b>Administrace a statistické zpracování výzkumných nástrojů .....</b>	<b>91</b>
<b>4.6</b>	<b>Limity výzkumu .....</b>	<b>94</b>
<b>5</b>	<b><i>Výzkumné šetření – výsledky pedagogického výzkumu, analýza a interpretace dat ..</i></b>	<b>96</b>
<b>5.1</b>	<b>Výsledky předvýzkumu .....</b>	<b>96</b>
5.1.1	Výsledky předvýzkumu – Dotazníkové šetření .....	96
5.1.2	Výsledky předvýzkumu – Analýza pretestů a posttestů .....	105
5.1.3	Výsledky předvýzkumu – Rozhovory s učitelem.....	109
<b>5.2</b>	<b>Výsledky hlavního výzkumného šetření.....</b>	<b>110</b>
5.2.1	Výsledky hlavního výzkumného šetření – Dotazníkové šetření .....	110
5.2.2	Výsledky hlavního výzkumného šetření – Rozhovory s učiteli .....	126
<b>6</b>	<b><i>Výzkumné šetření – shrnutí a diskuze výsledků .....</i></b>	<b>128</b>
<b>7</b>	<b><i>Závěr.....</i></b>	<b>133</b>
<b>8</b>	<b><i>Použitá literatura .....</i></b>	<b>136</b>

<b>9</b>	<b><i>Přílohy práce</i></b> .....	<b>154</b>
	Příloha 1 – Dotazník motivačních strategií pro učení se (MSLQ) – kompletní nástroj.....	155
	Příloha 2 – Dotazník vnitřní motivace (IMI) – kompletní nástroj.....	157
	Příloha 3 – Učivo a očekávané výstupy výukových programů .....	158
	Příloha 4 – Fotosyntéza (kapitola z webového portálu studiumbiochemie.cz).....	164
	Příloha 5 – Dýchací řetězec (kapitola z webového portálu studiumbiochemie.cz) .....	175
	Příloha 6 – Pre dotazník pro žáky .....	184
	Příloha 7 – Post dotazník zaměřený na tradiční styl výuky.....	185
	Příloha 8 – Post dotazník zaměřený na použití aplikace Corinth ve výuce .....	187
	Příloha 9 – Polostrukturovaný rozhovor pro učitele .....	189
	Příloha 10 – Post strukturovaný rozhovor pro učitele .....	193
	Příloha 11 – Test z chemie v 8. ročníku .....	196
	Příloha 12 – Test z chemie v 9. ročníku .....	200
	Příloha 13 – Test z přírodopisu v 8. ročníku .....	203
	Příloha 14 – Test z přírodopisu v 9. ročníku .....	207
	Příloha 15 – Korelační analýza – Předvýzkum .....	210
	Příloha 16 – Analýza dat: Vliv na vnitřní motivaci – Předvýzkum .....	218
	Příloha 17 – Analýza pretestů a posttestů .....	231
	Příloha 18 – Histogramy (určování normality dat) – Hlavní výzkumné šetření.....	235
	Příloha 19 – Korelační analýza – Hlavní výzkumné šetření.....	237
	Příloha 20 – Analýza dat: Vliv na vnitřní motivaci – Hlavní výzkumné šetření.....	244



# 1 Úvod a cíle habilitační práce

Evropská unie a taktéž i Česká republika se potýká s nedostatkem pracovníků v oblasti vědy a technologie (Gago, et al., 2004). Přestože je tato problematika diskutována už od 70. let 20. století, k výrazným změnám nedošlo. Jedním z důvodů je, že přetrvává dlouhodobý nižší zájem absolventů středních škol o vysokoškolské studium přírodovědně a technicky zaměřených oborů (Statista, 2020).

Jednou z příčin nezájmu o vysokoškolské studium přírodovědně zaměřených oborů je neoblíba některých předmětů již u žáků základních a následně i středních škol. Tento fakt je patrný např. u předmětu chemie, který je na základě výsledků průzkumů žáky označován jako předmět neoblíbený (Beauchamp & Parkinson, 2008; Pavelková, Škaloudová & Hrabal, 2010; Veselský & Hrubíšková, 2009). Příčinou této neoblíbenosti může být skutečnost, že se žákům předmět jeví jako abstraktní a žáci mají problém si představit některé zásadní koncepty (Chen, Hsiao & She, 2015).

Bylo prokázáno, že žáci, kteří mají zvýšený zájem o přírodovědné předměty, se následně též snaží více přírodovědné jevy studovat (Berg, Bergendahl, Lundberg & Tibell, 2003; Klahr & Nigam, 2004) a porozumět jim (Khishfe & Abd-Al-Khalick, 2002). Je tedy zapotřebí žáky pro studium přírodovědných předmětů dostatečně motivovat, což znamená zvyšovat zájem žáků o probíraná témata v součinnosti s překonáváním bariér při výuce náročných (často pro žáky abstraktních) témat. To by mohlo být podpořeno používáním modelů, schémat, animací, videí a dalších vizualizačních pomůcek, které mohou rozvíjet kognitivní procesy žáků (Bilbokaite, 2015; Nodzyńska, 2012).

Vizualizační pomůcky, jako jsou např. 3D modely a animace, mohou pomoci při výuce především abstraktních a obtížně představitelných témat (Bunce & Gabel, 2002; Harrison & Treagust, 2006). Žákům pomáhají představit a pochopit abstraktní modely, což vede k jejich lepšímu zapamatování. Vizualizace může zároveň pomoci uvedení prekonceptů na pravou míru či zabránit vzniku miskonceptů (Tarmizi, 2010). Závěrem lze konstatovat, že potřeba vizualizace je evidentní především u oborů, ve kterých se učí o vlastnostech mikroobjektů, které nelze lidským okem pozorovat (DiSpezio, 2010; Duis, 2011; Gomez-Zwiep, 2008; Herman, Loui & Zilles, 2011) a dále u procesů, u kterých dochází ke změnám v závislosti na čase (Ainsworth & VanLabeke, 2004; Rieber, 1990).

Habilitační práce je zaměřena na vizualizační pomůcky se zaměřením na výuku předmětu chemie a dalších přírodovědných předmětů (přírodopis/biologie a geologie). Zabývá se digitální gramotností, tvorbou dynamické vizualizace a detailněji představuje výzkum, který zkoumal vliv dynamické vizualizace (animací a 3D modelů) na žáky základních a středních škol.

## **Cíle habilitační práce**

Habilitační práce si klade za cíl představit výsledky, které se týkají tématu dynamická vizualizace ve výuce chemie, popř. dalších přírodovědných předmětů. Tyto výsledky jsou shrnuty především v kapitole 3 (Praktická část práce). Následující dvě kapitoly (kap. 4 a kap. 5) detailněji představují pedagogický výzkum, který autorka práce navrhla, realizovala, statisticky vyhodnotila a získané výsledky interpretovala (kap. 6). Hlavním cílem výzkumu bylo zjistit, jaký vliv má používání dynamické vizualizace (animací a 3D modelů) určené pro podporu přírodovědných předmětů na vnitřní motivaci žáků (konkrétně na zájem žáka, uvědomění si svých nabytých schopností, na ochotě vkládat úsilí do výuky a vnímání významu) a na úroveň získaných poznatků na úrovni ISCED 2 a ISCED 3.



## 2 Teoretická část

Teoretická část habilitační práce je pro přehlednost rozčleněna do pěti kapitol.

První kapitola vymezuje věkovou kategorii žáků, na kterou byla zaměřena praktická i výzkumná část práce.

Druhá kapitola analyzuje významné pedagogické dokumenty (doporučení Rady evropské unie o klíčových kompetencích pro celoživotní učení, Strategii vzdělávací politiky ČR do roku 2030+ a Rámcové vzdělávací programy) ve vztahu k využívání digitálních technologií se zaměřením na výuku přírodních věd.

Třetí kapitola vymezuje základní pojmy související s vizualizací ve výuce a popisuje typy vizualizačních pomůcek. Kapitola taktéž shrnuje výhody a nevýhody použití animací, dále analyzuje možnosti použití animace ve výuce a zabývá se jejími vlastnostmi.

Čtvrtá kapitola představuje základní pojmy, kterými jsou kvalita a efektivita výuky, též se zabývá motivací, motivační orientací a autoregulací ve vzdělávacím procesu a představuje standardizované dotazníky pro jejich zjištění. Kapitola rovněž popisuje výsledky dosavadních výzkumů, které zkoumaly vliv dynamické vizualizace na žáky. Kromě samotného porovnání dynamické vizualizace s vizualizací statickou představuje faktory, které výraznou měrou ovlivňují dopady dynamické vizualizace na žáky či studenty.

Poslední, pátá kapitola se zabývá popisem základních statistických metod, jež byly použity při zjišťování výsledků a jejich interpretaci ve výzkumné části práce. Kapitola je sepsána tak, že jsou v ní uvedeny důležité informace nutné pro pochopení statistického měření a následného testování hypotéz, včetně posuzování normality dat a analýzy závislostí.

## 2.1 Vymezení věkové kategorie žáků

Vzhledem k variabilitě terminologie úrovní vzdělávání napříč dílčími státy byla již v roce 1976 organizací UNESCO schválena klasifikace vzdělávání. Původní verze byla poupravena a v roce 1997 byla schválena druhá verze, tzv. ISCED (*International Standard Classification of Education*, česky mezinárodní standardní klasifikace vzdělávání). Třetí verze byla schválena v roce 2011. V současné podobě má klasifikace 10 úrovní (ISCED 0 až ISCED 9), upraveno dle Strakové (2018):

- ISCED 0 Vzdělávání v raném dětství (ve školství ČR tomuto stupni odpovídají jesle a mateřské školy),
- ISCED 1 Primární vzdělávání (1. stupeň základní školy)
- ISCED 2 Nižší sekundární vzdělávání (2. stupeň základní školy, nižší stupeň víceletých gymnázií a konzervatoří)
- ISCED 3 Vyšší sekundární vzdělávání (střední škola, čtyřletá gymnázia, vyšší stupně víceletých gymnázií a konzervatoří, odborné obory středního vzdělávání)
- ISCED 4 Postsekundární neterciární vzdělávání (rekvalifikační kurzy, pomaturitní specializační kurzy)
- ISCED 5 Krátký cyklus terciárního vzdělávání (poslední ročníky 8leté a 6leté konzervatoře)
- ISCED 6 Bakalářská nebo jí odpovídající úroveň (bakalářské studium VŠ, VOŠ)
- ISCED 7 Magisterská nebo jí odpovídající úroveň (magisterské studium VŠ)
- ISCED 8 Doktorská nebo jí odpovídající úroveň (doktorské studium VŠ)
- ISCED 9 představuje vzdělávání jinde neuvedené.

Praktická a též výzkumná část habilitační práce se na základě výše uvedené klasifikace primárně zaměřuje na vzdělávání na úrovni ISCED 2 a ISCED 3, okrajově lze některé výstupy praktické části zařadit též do úrovně ISCED 6 či ISCED 7.

## 2.2 Vzdělávací politika ve vztahu k využívání digitálních technologií ve výuce přírodních věd

Kapitola 2.2 je rozčleněna na čtyři podkapitoly. První podkapitola (kap. 2.2.1) se zaměřuje na analýzu doporučení o klíčových kompetencích pro celoživotní učení, které přijala Rada Evropské unie v roce 2018, druhá podkapitola (kap. 2.2.2) na analýzu Strategie vzdělávací politiky ČR do roku 2030+, třetí podkapitola (kap. 2.2.3) pak na v současné době platné rámcové vzdělávací programy. Analýzy jsou zaměřeny na potřeby společnosti ve vztahu ke vzdělávání v přírodních vědách a především k využití digitálních technologií ve vzdělávání. Čtvrtá podkapitola (kap. 2.2.4) představuje stručné shrnutí.

### 2.2.1 Doporučení o klíčových kompetencích pro celoživotní učení

Rada Evropské unie (dále jen Rada) s ohledem na Smlouvu o fungování Evropské unie a s ohledem na návrh Evropské komise přijala dne 22. května 2018 doporučení o klíčových kompetencích pro celoživotní učení, které nahradilo doporučení vydané Radou v roce 2006 (Úřední věstník Evropské unie, 2018).

Doporučení bylo přijato vzhledem ke dvaceti důvodům. Mezi tyto důvody patří:

- „revidovat doporučení o klíčových schopnostech z roku 2006, revidovat a aktualizovat evropský referenční rámec klíčových kompetencí pro celoživotní učení“;
- „zlepšit vyhlídky na zaměstnání nebo na výkon samostatné výdělečné činnosti, na odbornou přípravu a rekvalifikaci, na další vzdělávání a na pomoc při hledání pracovního místa“;
- „motivovat více mladých lidí, aby hledali uplatnění v povoláních souvisejících s přírodními vědami, technologiemi, inženýrstvím a matematikou (STEM) (podpora rozvoje kompetencí v oblasti STEM nabývá na stále větším významu a měla by být v doporučení zohledněna)“ (Úřední věstník Evropské unie, 2018).

Doporučení obsahuje 8 základních bodů. Mimo jiné by státy členských zemí měly:

- „Podporovat rozvoj klíčových kompetencí a přitom věnovat zvláštní pozornost podpoře získávání kompetencí v přírodních vědách, technologiích, inženýrství a matematice (STEM), s přihlédnutím k jejich vazbám na umění, kreativitu a inovace, a motivování více mladých lidí, zejména dívek a mladých žen, aby hledali uplatnění v povoláních v oblasti STEM.“
- „Usnadnit získávání klíčových kompetencí využitím osvědčených postupů s cílem podpořit rozvoj klíčových kompetencí. Doporučuje se rozvíjet klíčové kompetence zejména prostřednictvím podpory různých přístupů k učení a prostředí, v nich učení

*probíhá, včetně náležitého využívání digitálních technologií, ve strukturách vzdělávání, odborné přípravy a učení“ (Úřední věstník Evropské unie, 2018).*

V příloze tohoto Doporučení je uvedeno všech 8 klíčových kompetencí nezbytných pro zaměstnatelnost, osobní naplnění a zdraví, aktivní a odpovědné občanství a sociální začlenění:

- kompetence v oblasti gramotnosti;
- kompetence v oblasti mnohojazyčnosti;
- matematická kompetence a kompetence v oblasti přírodních věd, technologií a inženýrství;
- digitální kompetence;
- personální a sociální kompetence a kompetence k učení;
- občanská kompetence;
- podnikatelská kompetence;
- kompetence v oblasti kulturního povědomí a vyjadřování.

V příloze doporučení je taktéž uvedeno, že je možné vybízet účastníky vzdělávání, pedagogické pracovníky a poskytovatele vzdělávání k tomu, aby s cílem zlepšit proces učení a podpořit rozvoj digitálních kompetencí používali digitální technologie.

## **2.2.2 Využití technologií ve výuce přírodních věd a Strategie vzdělávací politiky ČR do roku 2030+**

Strategie vzdělávací politiky ČR do roku 2030+ úzce vychází též z doporučení Rady Evropské unie o klíčových kompetencích pro celoživotní učení s tím, že na inovovaných osm klíčových kompetencí by mělo navazovat kompetenční pojetí kurikula (tedy rámcové vzdělávací programy). Tento předpoklad je součástí strategického cíle 1, jehož znění je *„Zaměřit vzdělávání více na získávání kompetencí potřebných pro aktivní občanský, profesní i osobní život.“* Znění strategického cíle 2 je *„Snížit nerovnosti v přístupu ke kvalitnímu vzdělávání a umožnit maximální rozvoj potenciálu dětí, žáků a studentů“* (MŠMT, 2021).

V dokumentu se uvádí:

- *„propojování jednotlivých disciplín z oblasti přírodních věd a matematiky a jejich uplatňování pro praktické využití rozvine kritické myšlení žáků a chápání principů podnikavosti a environmentálních problémů“;*
- *„vzdělávací systém bude **využívat moderní technologie** pro dosažení nově stanovených cílů vzdělávání“;*
- *„vhodné a věku adekvátní **využívání digitálních technologií** by mělo být samozřejmostí ve všech oblastech vzdělávání“;*

- „proměna obsahu vzdělávání zaměřená na digitální gramotnost a infromatické myšlení, respektive vůbec využívání digitálních technologií a zdrojů, nesmí být omezena jen na výuku informatiky nebo jí blízké oblasti, ale stane se integrální součástí celé výuky“ (MŠMT, 2021).

Z výše uvedených citací vyplývá, že je žádoucí zapojovat do vzdělávacího procesu vhodné moderní digitální technologie, které jsou adekvátní věku žáků. Je tedy zapotřebí věnovat technologiím pozornost a zkoumat jejich vliv na kvalitu výuky.

### 2.2.3 Využití technologií ve výuce přírodních věd ve vztahu k současně platným RVP

Z nové strategie vzdělávání by měly vycházet Rámcové vzdělávací programy (RVP), které jsou pro školství ČR závazným pedagogickým dokumentem. Vymezují koncepci, cíle a vzdělávací obsah dané úrovně vzdělávání.

Rámcové vzdělávací programy pro základní vzdělávání (RVP ZV) byly v roce 2021 revidované, avšak revize rámcových vzdělávacích programů pro gymnázia (RVP G) v době odevzdání habilitační práce zatím nebyla uskutečněna. Nicméně jak RVP ZV, tak RVP G zdůrazňují klíčové kompetence.

Cílem těchto dokumentů, které vznikly na základě kurikulární reformy v roce 2007, bylo mj., aby si učitelé lépe promysleli podle nově vymezených cílů vzdělávání, co považují za nejdůležitější ve své výuce, a aby rozvíjeli i složitější dovednosti a celoživotní postoj žáka. Práce učitele spočívá následně v tom, že účinně vede žáka ke klíčovým kompetencím a k očekávaným výstupům oborů. Naopak není žádoucí, aby učitel jen „probral všechno učivo z osnov“ (VÚP, 2007a).

### Rámcové vzdělávací programy pro základní vzdělávání (zaměřeno na 2. stupeň ZŠ)

V průběhu povinného základního vzdělávání by si žák měl osvojit 7 klíčových kompetencí:

- kompetenci k učení,
- kompetenci k řešení problémů,
- kompetenci komunikativní,
- kompetenci sociální a personální,
- kompetenci občanskou,
- kompetenci pracovní,
- kompetenci digitální (*pozn. autorky práce: dodána na základě revize RVP v roce 2021*) (MŠMT, 2021).

Mezi digitální kompetence patří i to, že žák na konci základního vzdělávání běžně **používá digitální zařízení**, aplikace a služby; **využívá je při učení** i při zapojení do života školy a do společnosti (MŠMT, 2021).

Vzdělávací obory: Chemie, Fyzika, Přírodopis a Zeměpis) spadají do vzdělávací oblasti Člověk a příroda. V charakteristice této oblasti je uvedeno, že „*vzdělávací oblast Člověk a příroda zahrnuje okruh problémů spojených se zkoumáním přírody. Poskytuje žákům prostředky a metody pro hlubší porozumění přírodním faktům a jejich zákonitostem. Dává jim tím i potřebný základ pro lepší pochopení a **využívání současných technologií** a pomáhá jim lépe se orientovat v běžném životě*“ (MŠMT, 2021).

### Rámcové vzdělávací programy pro gymnázia

RVP G svým obsahem úzce navazuje na RVP ZV.

Na čtyřletých gymnáziích a na vyšším stupni víceletých gymnázií by si žák měl osvojit 6 klíčových kompetencí:

- kompetenci k učení,
- kompetenci k řešení problémů,
- kompetenci komunikativní,
- kompetenci sociální a personální,
- kompetenci občanskou,
- kompetenci k podnikavosti (VÚP, 2007b).

Přírodovědné předměty (vzdělávací obory: Chemie, Fyzika, Biologie, Geografie a Geologie) spadají do vzdělávací oblasti Člověk a příroda. V této oblasti je zmíněno, že zájem žáků o přírodní vědy je možno podporovat i co **nejintenzivnějším využíváním moderních technologií** v procesu žákova přírodovědného vzdělávání. Mezi cíli je dále uvedeno, že vzdělávání v dané vzdělávací oblasti směřuje k utváření a rozvíjení klíčových kompetencí tím, že vede žáka mj. k využívání prostředků **moderních technologií** v průběhu přírodovědné poznávací činnosti (VÚP, 2007b).

#### 2.2.4 Závěry vyplývající z kapitoly 2.2.1 až 2.2.3

Z doporučení Rady evropské unie o klíčových kompetencích pro celoživotní učení vyplývá ve vztahu k využívání technologií a ve vztahu k přírodovědnému vzdělávání mj. následující (Úřední věstník Evropské unie, 2018):

- Je důležité podporovat rozvoj kompetencí v oblasti přírodních věd tak, aby došlo k motivování mladých lidí (převážně dívek a žen) k hledání uplatnění v povoláních souvisejících s těmito vědami.
- Jedním z přístupů je náležité využívání digitálních technologií ve vzdělávání.

Ze Strategie vzdělávací politiky ČR do roku 2030+ (MŠMT, 2021) a z rámcových vzdělávacích programů (VÚP, 2007a; VÚP, 2007b) vyplývá ve vztahu k využívání technologií a ve vztahu k přírodovědnému vzdělávání mj. následující:

- Ve všech oblastech vzdělávání by se měly využívat digitální technologie.
- Digitální zařízení by žáci měli využívat při učení.
- Ve výuce přírodních věd by se měly co nejintenzivněji využívat moderní technologie.

Z analýzy uvedené v předešlých kapitolách vyplývá, že používání animací či 3D modelů ve výuce přírodních věd, které jsou předmětem zkoumání habilitační práce, je zcela v souladu se Strategií vzdělávací politiky 2030+, neboť tím žáci ve vzdělávacím procesu používají moderní digitální technologie, které využívají pro své učení. Tím zároveň dochází k rozvoji 3. klíčové kompetence (matematická kompetence a kompetence v oblasti přírodních věd, technologií a inženýrství – viz Doporučení Rady EU o klíčových kompetencích pro celoživotní učení; Úřední věstník Evropské unie, 2018), což může vést k motivaci mladých lidí, aby hledali uplatnění v povoláních v oblasti STEM.

## 2.3 Vizualizace a její význam ve výuce

Zrak a sluch jsou dva z pěti základních smyslů člověka a hrají významnou roli ve vzdělávacím procesu. Prostřednictvím zraku a sluchu totiž dochází k příjmu většiny informací. Autoři Haupt a Huber na základě empirické studie dokonce došli k závěru, že člověk přijímá 80 % informací právě zrakem (Haupt & Huber, 2008). Zajímavé je též srovnání množství zapamatovaných informací v souvislosti s tím, jsou-li tyto informace předávány vizuálně, verbálně či kombinací obojího. Při pouhé verbální prezentaci učiva si žáci sice zapamatují po třech hodinách až 70 % informací, nicméně po třech dnech pouze 10 %. Při vizuální prezentaci lze sledovat mírný nárůst, konkrétně žáci si po třech hodinách zapamatují až 75 % a po třech dnech až 20 % informací. Nicméně kombinací verbální i vizuální reprezentace sdělovaného obsahu však dochází ke značnému nárůstu: po třech hodinách si žáci zapamatují až 85 % a po třech dnech dokonce až 66 % informací (Bradbury, 2001). Z čehož vyplývá, že je ve výuce velmi vhodné kombinovat verbální a vizuální reprezentaci. Na význam vizuální reprezentace učiva poukazuje již učitel národů Jan Ámos Komenský: „*Míti znalost znamená dovésti něco zobraziti, ať už myšlenkou, rukou či jazykem. Všechno totiž má svůj původ v zobrazování, to je ve vytváření podob a obrazů skutečných věcí. Kdykoli totiž smyslem vnímám nějakou věc, vtiskuje se mi její obraz do mozku. Kdykoli vytvářím podobnou věc, vtiskuji její obraz hmotě. Kdekoli tedy je znalost, tam nalzáme tři složky: původní obraz, jenž je předmětem znalosti, napodobený obraz, jenž je účinkem znalosti, nějaký nástroj, kterým dochází z původního obrazu k napodobenému.*“ (Komenský, 1964; Nodzyńska, 2012).

Kapitola 2.3 se skládá ze tří podkapitol. První podkapitola (kap. 2.3.1) vysvětluje základní pojmy související s vizualizací a jejím pojetím ve výuce. Druhá podkapitola (kap. 2.3.2) představuje základní typy vizualizačních prostředků. Třetí podkapitola (kap. 2.3.3) se detailněji zabývá animacemi. Uvádí jejich výhody a nevýhody, vlastnosti, jež by měla animace mít, aby byla efektivní, a zmiňuje obory, v nichž animace nachází své uplatnění.

### 2.3.1 Vysvětlení základních pojmů

V pedagogické literatuře se ve spojitosti s vizuální prezentací učiva setkáváme s několika základními pojmy: vizualizace, vizuál, vizuální prostředek, vizuální myšlení, vizuální gramotnost, vizuální paměť a vizuální učení.

**Vizualizace** (z lat. *visus* – zrak, *videre* – viděti) je „*operace transformující strukturu a systém určitého jevu a jeho charakteristické vlastnosti do zrakově vnímatelné podoby*“ (Spousta, 2004, s. 51). Zjednodušeně vizualizaci lze chápat jako činnost, kterou se daný jev zviditelňuje, neboli se vizualizuje. Atributem **vizuální** se pak označuje vlastnost týkající se zrakového vnímání (např. vizuální schopnost) (Spousta, 2001). Termínem **vizuália** se označuje „*zobrazení*



(znázornění) předmětů a jevů, které člověk vnímá zrakem“, což mohou být např. obrazy, modely, schémata, fotografie, grafy, mapy, tabulky apod. (Spousta, 2001, s. 87). Vhodně volená vizuálie ve výuce pak mají pedagogickou i didaktickou hodnotu, neboť rozšiřují paletu poznatků a vědomostí žáka. **Vizuální prostředky** pak „značí jak vizualizaci nějakého jevu, tak i cíl, ke kterému směřují. Jedná se o prostředky, které vizuálně (názorně) zobrazují nějaký jev a směřují k určitému výchovnému či vzdělávacímu cíli“ (Pešková, 2012, s. 29).

**Vizuálním myšlením** se myslí „schopnost vytvářet ve vědomí vizuální představy, s jejichž pomocí je možno řešit různé problémové situace“ (Zinčenko, 1976; Spousta, 2001, s. 87).

**Vizuální gramotnost** je pak „soubor schopností a dovedností porozumět vizuálnímu materiálu, myslet a učit se v jeho termínech a používat ho při komunikaci s okolím“ (Ausburn & Ausburn, 1978, s. 291). Vizuální gramotnost je tedy schopnost a dovednost: (i) porozumět vizuálnímu materiálu (např. znak, symbol, graf, schéma atd.), (ii) myslet vizuálně (= vizuální myšlení), (iii) učit se v termínech používaných při vizualizaci, (iv) používat vizuální prostředky při komunikaci s okolím a (v) vytvářet vizuálie (Spousta, 2003). Vizuální gramotnost tedy úzce souvisí s vizuálním myšlením, které je její součástí.

**Vizuální paměť** označuje „paměť založenou na zrakovém vnímání“ (Spousta, 2001).

**Vizuální učení** je „typ učení, který preferuje nonverbální způsob sdělování informací, kdy je jejich nositelem obraz, schéma, graf“ (vizuál) (Spousta, 2001, s. 88). Žáci se spoléhají na vizuální paměť, potřebují informace v obrazové podobě (Vitoulová, 2012). Vizuální učení je též jedna z dimenzí individuálního stylu učení projevující se tím, že žák v procesu učení dává přednost vytváření schémat, pozorování, písemnému (kresebnému) záznamu průběhu akce apod. (Spousta, 2007).

Autoři jako je Schönborn, Anderson či Spousta poukazují na důležitost **rozvoje vizuální gramotnosti** (Schönborn & Anderson, 2006; Spousta, 2001). Spousta jako jeden z hlavních důvodů, proč je zapotřebí rozvíjet vizuální gramotnost, uvádí, že většina sdělovaných informací je přenášena obrazem (tedy na vizuálním základě) (Spousta, 2001). Autoři Schönborn a Anderson poukazují na význam vizuální gramotnosti ve výuce chemie, konkrétně biochemie. Moderní vzdělávací zdroje jsou v současné době zaplavovány statickými, dynamickými i multimediálními typy vizualizačních prostředků a je zapotřebí, aby žáci byli schopni tyto zdroje správně uchopit a pochopit (Schönborn & Anderson, 2006).

### 2.3.2 Typy vizualizačních prostředků

Vizuálních prostředků se využívá v mnoha oblastech lidské činnosti a existuje mnoho kritérií, podle kterých je lze kategorizovat. Dle autorů Schönborna a Andersona (2006) lze vizualizační

prostředky členit na základě způsobu zobrazení vizualizace ve výuce na tři základní vizualizační prostředky:

- 2D a 3D statické modely
- 2D a 3D dynamické modely
- 2D a 3D multimediální modely (Schönborn & Anderson, 2006).

Dvojměrné statistické modely jsou obvykle spojeny s vizuální reprezentací v učebnicích (obrázky, grafy, fotografie, tabulky apod.). Trojměrným statistickým modelem mohou být např. kalotové či tyčinkové modely anorganických, organických či biochemických molekul či jejich úseků.

Dynamickými modely se myslí grafická reprezentace, která v sobě obsahuje pohyb či předává „přechodné“ informace. Mezi dynamické modely patří **animace** (animované objekty). Animace jsou ideálním vizuálním prostředkem pro reprezentaci procesů, protože procesy se stejně jako animace mění s časem. Dynamické modely, které jsou určeny pro výuku přírodních věd, jsou počítačové animace, které reprezentují přírodní jevy (McElhaney, Chang, Chiu & Linn, 2015).

Multimediální modely v sobě zahrnují více formátů (např. text, statické obrázky, dynamické (animované) obrázky, popř. zvukový doprovod a tyto formáty se slučují do jednoho výstupu, který je následně reprezentován. Multimediální modely se v posledních letech staly velmi rozšířenými a patří mezi ně např. interaktivní webové stránky.

Multimediální modely obsahující animované objekty se následně nazývají dynamické multimediální modely.

V rámci mnohých výzkumů, které zkoumají efektivitu dynamické vizualizace na žáky, bývají dynamické multimediální modely řazeny do kategorie dynamických modelů (dynamická vizualizace). Tyto výzkumy nejčastěji porovnávají statickou reprezentaci učiva s reprezentací dynamickou, více viz kapitola 2.4.

### **Statický a dynamický styl výuky žáků**

Na základě používání různých typů vizuálních prostředků ve výuce mnoho výzkumníků člení kognitivní styl výuky na **statický styl výuky** a **dynamický styl výuky** (Kaushal & Panda, 2019). Statický styl výuky zahrnuje učení, během kterého se využívají vizualizační prostředky typu statických dvoj- či trojměrných modelů, zatímco dynamický styl výuky zahrnuje dvoj- či trojměrné dynamické či multimediální modely (animace či animované diagramy) (Kaushal & Panda, 2019).

### 2.3.3 Animace

Animace je vizuální dynamická (popř. multimediální) reprezentace např. učiva, která vznikla „vygenerováním“ mnoha snímků seřazených za sebou, jež se mění v čase a jsou přehrávány takovou rychlostí, aby byl pohyb plynulý. Animace tedy může prezentovat jevy, jež se v průběhu času mění, jako je pohyb, procesy, postupy (Bétrancourt & Tversky, 2000).

Animace může být dvojrozměrná (2D animace) či třírozměrná (3D animace, resp. 3D animované modely).

#### Výhody a nevýhody animace ve výuce

Animace se často v pedagogickém výzkumu zkoumají a porovnávají ve srovnání se statickou reprezentací učiva. Ze závěrů současných výzkumů lze vyzorovat jak výhody, avšak též nevýhody spjaté s použitím animací ve výuce.

Mezi **výhody** patří:

- usnadnění („enabling effect“) či dokonce umožnění porozumění učiva („facilitating effect“): mentální reprezentace procesů a dějů sloužící pro správné pochopení učiva, což souvisí též s konkretizací pro žáky příliš abstraktních a složitých dějů (Schnotz & Rasch, 2005; Schnotz, 2005; Kuhl, Schneider, Gerjets, & Gembala, 2011).
- zabránění nesprávné interpretaci a tím spjaté zbytečné kognitivní zátěži: žáci si z pouhé statické reprezentace učiva (např. z obrázků) mohou vyvodit chybné závěry (Bétrancourt, Bauer-Morrison & Tversky, 2001; Kuhl et al., 2011);
- snížení kognitivní zátěže v souvislosti odvozování mezikroků: žáci si nemusí odvozovat souvislosti a dílčí mezikroky mezi statistickými reprezentacemi učiva (např. obrázky či schémata), čímž dochází ke snížení pracovní paměti žáků (Berney & Bétrancourt, 2016).
- ovládání animace: Mezi další výhody patří možnost ovládat tempo animace, jako je pozastavení, přetočení nebo opětovné přehrání dynamických vizualizací (McElhaney, Chang, Chiu & Linn, 2015).

Mezi **nevýhody** patří:

- předávání přílišného množství informací: všechny i přechodné informace jsou zpracovány a uchovány pracovní pamětí, což může vést ke kognitivnímu přetížení (Bétrancourt & Realini, 2005; Jones & Scaife, 2000; Löwe, 1999; Mayer & Moreno, 2002, Chandler, 2004; Chandler & Sweller, 1991; Sweller, 1994).

- pomíjivost prezentovaných informací: animace nabízí pouze přechodnou informaci, která (díky přetížení pracovní paměti) může být vytěsněna informací další (Bétrancourt & Tversky, 2000).
- nemožnost porovnávání mezikroků: statické obrázky, které zaznamenávají různé stavy či kroky umožňují žákům tyto stavy zkoumat a porovnávat, zatímco animace poskytuje v jednom čase vždy jeden mezikrok (Bétrancourt et al., 2001).
- přílišné zjednodušení prezentovaného problému: žák může nabýt dojmu, že danému problému rozumí, aniž by tomu tak skutečně bylo (Schnotz & Rasch, 2005).
- efekt roztržité pozornosti („split attention effect“): v animaci se může odehrávat více dějů ve stejném čase, což vede k roztržení pozornosti a nedokonalému zachycení požadovaných informací (Löwe, 2003).

### Použití animací ve výuce

Animace lze vzhledem k výhodám uvedeným výše využít ve výuce k několika účelům.

Za prvé animace mohou sloužit jako prostředek k získání pozornosti. Do této kategorie patří např. různé animované šipky či zvýraznění (Berney & Bétrancourt, 2016).

Za druhé animace může znázorňovat konkrétní postupy, která má žák provést (Schwan & Riemp, 2004; Ayres, Marcus, Chan & Qian, 2009).

Za třetí animace pomáhá žákům porozumět dynamickým systémům, které se mění s časem tak, že znázorňuje jednotlivé kroky procesů za sebou (Schnotz & Löwe, 2003).

### Vlastnosti efektivní animace

Výše jsou uvedeny výhody a nevýhody použití animace ve výuce. Aby mohla být animace ve výuce efektivní, je zapotřebí minimalizovat její nevýhody a naopak využívat její výhody a používat ji tak, aby plnila cíl, pro který byla vytvořena.

Vlastnosti efektivní animace zkoumali již autoři mnohých výzkumných studií. Tito autoři dospěli k následujícím závěrům:

1. Animace by měla pomáhat žákům pochopit složitější témata (Löwe, 2003; Zare, 2002), měla by žákům pomoci orientovat se v komplikovaných prostorových strukturách a měla by vést k porozumění dynamických procesů (Bradbury, 2001; McAuley, Duncan, & Tammen, 1989).
2. Animace by neměla učivo příliš zjednodušovat, aby nedošlo k zanedbání důležitých skutečností a vynechání podstatných informací, které napomáhají porozumění učiva (Löwe, 2003).

3. Animace by neměla být příliš složitá, aby nedošlo k předávání přílišného (nadbytečného) množství informací, což by mohlo vést ke kognitivnímu přetížení (Löwe, 2003).
4. Animace by měla být vědecky správná a neměla by obsahovat faktické chyby (Burke, Greenbowe & Windschitl, 1998).
5. V animaci by se nemělo pohybovat příliš mnoho objektů, což by mohlo vést k roztrášení pozornosti (Löwe, 2003).
6. Důležité části by měly být v právě probíhající animaci zvýrazněny, např. podbarvením, ztmavnutím, zblednutím či označením např. šipkou (Schnotz & Löwe, 2008; Boucheix & Löwe, 2010; Lin & Atkinson, 2011; Löwe, 2003).
7. Animace by měla být interaktivní (Berney & Betrancourt, 2016).
8. Animace by měla obsahovat ovládací panel, aby bylo možné korigovat tempo animace (možnost animaci pozastavit, vrátit zpět, znova přehrát) (Berney & Betrancourt, 2016; Burke, Greenbowe & Windschitl, 1998).
9. Animace by neměla být ani příliš dlouhá, ani příliš krátká (Burke, Greenbowe & Windschitl, 1998).
10. Animace by měla být plynulá (Burke, Greenbowe & Windschitl, 1998).
11. Animace by měla obsahovat doprovodný mluvený komentář (Huitt, Huitt, Monetti, & Hummel, 2009; McAuley, Duncan, & Tammen 1989).
12. Animace není vhodné využívat v situacích, kdy jsou žáci schopni si daný jev představit samostatně (Löwe, 2003).
13. Animace by se neměla použít, pokud jsou žáci schopni si daný jev představit sami (Van Merrienboer & Sweller, 2005).

Třetí bod vychází též z teorie kognitivní zátěže (Cognitive Load Theory). Podle této teorie bude animace efektivní, pokud mentální nároky celého procesu sledování a porozumění obsahu animace (tzv. kognitivní zátěž) nepřesáhne limit pracovní paměti (Van Merrienboer & Sweller, 2005).

Vhodnými aspekty vizualizačního materiálu, tedy i animace, se též zabýval Martin Bílek ve své monografii s názvem *Vybrané aspekty vizualizace učiva přírodovědných předmětů* (Bílek, 2007). Autor této publikace navrhl sadu kritérií pro hodnocení a určení kvality animací:

1. Použitelnost – ovládání animace by mělo být jednoduché, intuitivní a přehledné.
2. Vědecké standardy – obsah animace by měl být z vědeckého hlediska správný, korektní, pravdivý a neměl by obsahovat faktické chyby.
3. Výběr obsahu a jeho redukce – výběr obsahu a následně množství prezentovaných informací by měl být optimální, tedy měl by odpovídat cílové skupině žáků.

4. Didaktický kontext – zpracovaný úsek animace by měl navazovat na předchozí učivo (popř. na znalosti a vědomosti žáka) a mělo by na něj navazovat učivo následující.
5. Učební aktivity – uživatel (žák) by měl mít možnost zapojit se do průběhu animace, animace by tedy měla obsahovat interaktivní prvky.
6. Estetická kvalita – grafická stránku (design) animace by měla být přívětivá, „líbivá“.

### **Ve kterých oborech se nejvíce uplatňují animace?**

Vzhledem k tomu, že v průběhu času dochází ke změnám, měla by být animace obzvláště prospěšná pro zapamatování a porozumění dynamickým systémům, jako jsou biologické procesy, přírodní jevy nebo mechanická zařízení (Berney & Bétrancourt, 2016).

Dynamická vizualizace může podporovat kognitivní procesy v obtížných vědních disciplínách (Bilbokaite, 2015). Dovoluje žákům zkoumat objekty, které nelze prozkoumat hmatatelně. Dynamicky vizualizovat je vhodné především objekty, které jsou abstraktní a žáci si je neumí snadno představit. Proto je výrazně efektivnější vyučování pomocí dynamické vizualizace hlavně ve vědeckých oborech (McElhaney, Chang, Chiu & Linn, 2015). Její potřeba je evidentní především v oblastech, které zkoumají a poznávají vlastnosti mikroobjektů, jež nelze lidským okem pozorovat (Duis, 2011; Gomez-Zwiep, 2008; DiSpezio, 2010; Herman et al., 2011) a dále u procesů, u kterých dochází ke změnám v závislosti na čase (Ainsworth & VanLabeke, 2004; Rieber, 1990). Z toho důvodu je vizualizace velmi široce používaná v oblastech související s fyzikálními, chemickými či biologickými obory. Vizualizační nástroje jsou dokonce nezbytné pro pochopení a výzkum molekulárních a buněčných biologických věd (Schönborn & Anderson, 2006). Typickým oborem, který se bez vizualizačních prostředků neobejde je biochemie (Schönborn & Anderson, 2006) či velmi blízká molekulární biologie (Marbach-Ad, Rotbain & Stavy, 2008, Jenkinson, 2018). Interpretace a vizualizace biochemických dějů (např. fotosyntéza, dýchací řetězec, metabolické dráhy v buňkách) může být pro studenty velmi náročná a může vést k řadě koncepčních (miskoncepce), vizualizačních a argumentačních obtíží, které mohou mít negativní dopad na jejich porozumění molekulárním a buněčným jevům (Hill, 1988; Schönborn & Anderson, 2006). Autoři McElhaney a kol. (2015) konkrétně zmiňují, že dynamická vizualizace může pomoci žákům znázornit si dynamické jevy, které nejsou pouhým okem pozorovatelné, jako je globální změna klimatu, pohyb tektonických desek, přenos tepla, genová exprese, buněčné dýchání a další buněčné procesy.

## 2.4 Vliv dynamické vizualizace na efektivitu a kvalitu výuky

V předešlé kapitole byly vymezeny základní pojmy související s dynamickou vizualizací včetně uvedení jejich nejvýznamnějších charakteristik. Kapitola 2.4 se zabývá jejím vlivem na kvalitu výuky (resp. přímo na žáky). Skládá se ze tří podkapitol. První podkapitola (kap. 2.4.1) se zabývá pojmy efektivita a kvalita výuka. Druhá podkapitola (kap. 2.4.2) je zaměřena na motivaci a motivační orientaci, tedy složky, kterými lze posuzovat kvalitu výuky, a jež byly též sledovány v realizovaném výzkumném šetření (více viz kap. 4 až 6). Podkapitola dále představuje výzkumné nástroje, kterými lze měřit motivační orientaci žáků. Třetí podkapitola (kap. 2.4.3) popisuje zjišťování efektivitu a kvality výuky ve vyučovacím procese a představuje výsledky studií zkoumající vliv dynamické vizualizace na žáky, včetně moderujících proměnných, které významnou měrou ovlivňují výsledky měření.

### 2.4.1 Efektivita a kvalita výuky

Pojem **efektivita** je pojem široce používaný v mnoha odvětvích (např. v ekonomii, psychologii, ale též v pedagogických a didaktických vědách). Podle Průchy je efektivita v pedagogice chápána jako vztah mezi náklady a účinky (Průcha, 1990). Podle Livečky je efektivita určena „rozdílem mezi vstupním a výstupním stavem, tj. naučením, zvládnutím učiva, a cílovým stavem požadovaným pro výkon činnosti, která byla předmětem studia“ (Livečka, 1984). Podle pedagogického slovníku (Průcha, Walterová, & Mareš, 2009, s. 55) efektivita je „komplexní pojem vyjadřující, za jakých podmínek vedou určité „vstupy“ vzdělávacích procesů k určitým „výstupům“. „Vstupy“ představují faktory dané charakteristikami subjektů a obsahu vzdělávání, podmínky tvoří charakteristiky procesů výuky a „výstupy“ jsou vzdělávací výsledky a efekty vzdělávání.“. **Kvalitou výuky** se dle Průchy „rozumí žádoucí (optimální) úroveň fungování a/nebo produkce těchto procesů či institucí, která může být předepsána určitými požadavky (např. vzdělávacími standardy) a může být tudíž objektivně měřena a hodnocena“ (Průcha, 1996, s. 27). Kvalitu výuky ovlivňují mnohé, často obtížně kvantifikovatelné, faktory: např. klima třídy, výsledky vzdělávání, vztahy mezi pedagogem a žákem, vztahy mezi pedagogem a rodiči (Průcha, Walterová, & Mareš, 2001). Nicméně pojmy efektivita a kvalita výuky jsou stále pojmy, jež nelze zcela rozlišit; jedná se o pojmy, jejichž významy se vzájemně překrývají (Průcha, 1996) a podle Pařízka (1988) vztah mezi těmito dvěma pojmy není dokonce zcela objasněn. Někdy je pojem efektivita vnímán jako pojem nadřazený k pojmu kvalita, v jiné souvislosti pak jako pojem podřazený (Starý, & Chvál, 2009), nicméně efektivita se více pojí se samotným procesem výuky, kdežto kvalita s výsledky žáků.

Kvalitou výuky se ve svých pracích zabývá též Bloom, který ve vztahu ke kvalitě výuky poukazuje na její charakteristiky, kterými se myslí srozumitelnost, strukturovanost a soudružnost (Bloom, 1973; Bloom 1976). Při popisu kvality výuky zohledňuje: kognitivní

výkon, motivační cíle a afektivní cíle (zájem, postoje, motivace, sebepojetí). Scheerens (2004) ve vztahu k efektivitě výuky poukazuje na zvyšování motivace žáků, na nutnost vyučování dovednostem, na konstruktivistický přístup a na vytváření vhodných výukových cílů. Motivace žáků a jejich motivační orientace je tedy jednou z významných složek, prostřednictvím které lze sledovat dopad zkoumané skutečnosti (např. změny výukové metody či vliv vzdělávací pomůcky) na efektivitu výuky, neboť existují validní výzkumné nástroje, kterými lze motivaci a její orientaci měřit (viz dále). Tohoto faktu bylo využito též v habilitační práci popsaném výzkumném šetření (kap. 4 až 6).

#### 2.4.2 Motivace a motivační orientace žáků

Jak již bylo uvedeno v předešlém textu, jedna ze složek, jež je vztažená k posuzování kvality, popř. efektivitě výuky, může být motivační složka (Bloom, 1973; Bloom, 1976; Scheerens, 2004). Lze říci, že zvyšování motivace žáka pozitivně koreluje s kvalitou, popř. efektivitou výuky a mnohé studie dokládají úzký vztah mezi motivací a samotným procesem výuky či výsledky vzdělávání (Cook & Artino, 2016; Gagné & St Père, 2002; McGrew, 2008b).

#### Motivace

Pojem **motivace** je pojmem psychologickým, avšak hojně vyskytovaným v mnoha disciplínách tedy i pedagogických a didaktických vědách. Vychází z latinského „movere“, což znamená hýbati, pohybovati. Dle Psychologického slovníku lze pojem motivaci vyjádřit následovně: *„Motivaci chápeme jako proces usměrňování, udržování a energetizace chování, který vychází z biologických zdrojů. Motivace je nejčastěji chápána jako proces zvýšení nebo poklesu aktivity, mobilizace sil, energetizace organismu. Projevuje se napětím, neklidem, činnostmi směřující k porušení rovnováhy. V zaměření motivace se uplatňuje osobnost jedince, jeho hierarchie hodnot i dosavadní zkušenosti, schopnosti a naučené dovednosti. Za nežádoucí motivaci jsou považovány strach, úzkost a bolest.“* (Hartl & Hartlová, 2000, s. 328). Motivaci lze vnímat i též jako procesy podněcování, podporování a usměrňování činnosti (Skalková, 2007). Souhrnně by se dalo říci, že pojem motivace je obecným označením pro všechny vnější i vnitřní faktory (tzv. motivy = konkrétní hybné prvky, pohnutky), jež vedou člověka k činnosti či aktivitě, či naopak k zabránění někomu něco konat či reagovat (Nováková, 2013). Mezi základní pohnutky patří potřeby (biologické a sociální). Motivace je jednou z nejvýznamnějších podmínek zdárné a příznivé výuky. Podle Pedagogického slovníku je pak motivace ve vztahu k výuce charakterizována takto: *„Motivace žáků při výuce je výsledek procesu motivování, na němž se podílí jednak žák sám, jednak učitel, rodiče, spolužáci“* (Průcha, Walterová, & Mareš, 2003, s. 128).



Základní dělení motivace je dělení na vnitřní (*intrinsic*) a vnější (*extrinsic*) (Fontana, 1997). Vnější motivací se myslí motivace vycházející z okolí, tedy na základě vnějšího (cizího) impulsu. **Vnitřní motivací** se obecně myslí motivace vycházející zevnitř člověka, tedy na základě vnitřního (vlastního) impulsu (Fontana, 1997; Hayes, 2003). Vnitřní motivace vyvolává činnost vedoucí k uspokojení / naplnění potřeb člověka (žáka). Samotná činnost je pro člověka (žáka) pozitivem. Člověk (žák) vykonává tuto činnost jen kvůli ní samé, aniž by očekával pochvalu, ocenění či jakýkoliv jiný vnější podnět. Naproti tomu **vnější motivace** vyvolává činnost, jež vede k dosažení jiného cíle, než kterým je činnost samotná (Hayes & Brejlová, 2003; Mikolášková, Nekužová, & Juříková, 2013).

Ve školské praxi vnějšími motivačními činiteli bývají známky, sdělení rodičům, testy, zkoušení, ale též pochvala (Fontana, 1997). Výsledkem je, že se žák neučí z vlastního zájmu (žák v činnosti neshledává zájem ani potěšení), ale právě pod vlivem těchto vnějších činitelů (Lokšová & Lokša, 1999). Naopak, je-li pohnutkou vnitřní motivace, žák se učí z toho důvodu, protože ho dané téma nejspíše zaujalo. Pohnutkami ve školní praxi bývají poznávací potřeby žáka (Hrabal, Man, & Pavelková, 1989). Mezi základní pohnutky vnitřní motivace patří primární (fyziologické = biologické) potřeby žáka, které jsou potřebami vrozenými. Významné jsou však i potřeby duševní (Skalková, 2007), z nichž významnou roli ve výuce zauímají poznávací potřeby žáka (Hrabal, Man, & Pavelková, 1989). S vývojem žáka dochází k sestavení tzv. žebříčku hodnot. Žák zjišťuje, co je pro něho podstatné a čemu by se chtěl věnovat. Během tohoto procesu je silně ovlivňován svým okolím (Lokšová & Lokša, 1999). Vnitřní motivace tedy vychází též z potřeb žáka získávat nové informace a ze zájmů žáka o věci a děje kolem sebe. Žák má radost z dobře vykonané práce, snaží se být pro své okolí užitečný a prospěšný a usiluje o pocity uznání.

Výsledkem je, že žáci, u kterých převládá vnější motivace k učení, projevují vyšší úzkostnost, menší sebevědomí a nižší schopnost vyrovnat se s neúspěchem ve škole (Svatoňová, 2016). Na druhou stranu žáci, u kterých převládá vnitřní motivace k učení, vykazují vyšší kvalitu porozumění a pochopení souvislostí. Dokonce se tito žáci dokáží více soustředit a jsou též méně unavení (Pavelková, 2013). Vnitřně motivovaní žáci jsou ochotní vkládat větší úsilí do výuky a v případě neúspěchu se nevzdávají, naopak pokračují ve svém úsilí dosáhnout lepších výsledků (Borphy, 2010). Žáci s vyšší vnitřní motivací jsou též úspěšnější ve svém studiu, což vede i k lepšímu uplatnění v budoucím povolání (Wrzesniewski & Schwartz, 2014). Vnitřní motivace je tedy optimální stimulací 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, s. 216).

Pedagog by měl během své činnosti podněcovat v žácích především vnitřní motivaci. Jednou z takových možností je, když se žák může aktivně podílet na vzdělávacím procesu, např. tím, že žák sám volí (či vybírá) vzdělávací cíle, metody výuky či se aktivně podílí na hodnocení (Kalhous & Obst, 2002). Taktéž je zapotřebí přilákat žákovu pozornost, vzbudit zájem (ukázat, že vyučovaná problematika je zajímavá) a že sám jako učitel je pro ni zapálený. Taktéž by měl poukazovat na souvislost vyučované látky s každodenním životem takovým způsobem, aby žák měl pocit, že probíraná látka je pro něho významná a potřebná (Maňák & Švec, 2003). Též by měl volit vhodné didaktické postupy, např. volbou a střídáním vhodným aktivizačních metod (Maňák & Švec, 2003).

### Motivační orientace

Dalším významným pojmem, jenž má přímou souvislost s motivací žáků, je **motivační orientace** neboli motivační zaměření. Motivační orientace je často vnímána jako soubor konkrétních cílů, k jejichž splnění je prostředníkem motivace (McGrew, 2008a; Šmejkal, 2019). Jedná se pak o tzv. cílovou orientaci (*goal orientation*). Na rozdíl od motivace má motivační orientace konkrétní cíl, na který je zaměřena. Může se jednat například o motivační orientaci na úspěch, na zvládnutí výzvy, na zlepšování vlastních schopností a dovedností (Bedrnová, 2012). Cíle, jichž chce žák dosáhnout, lze dělit na: (i) výukové (poznávací: *learning goal orientation*) a (ii) výkonové (*performance*) (McGrew, 2008a). Motivační orientaci lze dělit na: (i) vnitřní, jež vychází stejně jako vnitřní motivace z vnitřních pohnutek žáka a (ii) vnější, jež je způsobena vnějšími pohnutkami (např. získat dobrou známku, pochvala učitele, nebýt potrestán) (Pintrich, Smith, Garcia, & McKeachie, 1991).

Motivační orientace velmi ovlivňuje **autoregulaci učení** (*self-directed learning* či *self-regulated learning*). Autoregulační učení neboli *řízení sebe sama při učení* je proces řízení vlastního učení, při kterém žák je schopný usměrnit proces učení k dosažení učebních cílů (Hrbáčková, 2011). Jednoduše řečeno autoregulace je schopnost učit se ovládat své učení (Foltýnová, 2009). Autoregulace učení je taková úroveň učení, při které se žák stává „*aktivním aktérem svého vlastního procesu učení po stránce činnosti, motivační a metakognitivní. Snaží se přitom dosáhnout určitých cílů (znalostí, dovedností, školní úspěšnosti, společenského uznání, pracovního uplatnění)...*“ (Průcha, Walterová & Mareš, 2013, s. 25). Mezi složky autoregulace patří tzv. **sebeúčinnost** (*self-efficacy* neboli sebedůvěra ve vlastní učení). Jedná se o přesvědčení lidí o jejich schopnostech, které jsou nutné k dosažení určitých výkonů (Bandura, 1994). Žáci s vyšší sebeúčinností pro učení (*self-efficacy for learning and performance*) jsou ochotni vkládat vyšší úsilí do výuky, překonávat překážky (např. obtížné úkoly) a prosazovat cíle dané motivační orientací; taktéž dosahují lepších studijních výsledků než žáci se sebeúčinností nižší (Hoffman, 2010). Další složkou autoregulace je tzv. **uvědomění vlastní zodpovědnosti při učení se** (*control of learning beliefs*), tedy přesvědčení žáka o tom,

že vynaložené úsilí do procesu učení se vede k pozitivnímu výsledku (Pintrich, Smith, et al., 1991). Kvalita výsledku učení se je tedy podmíněná úsilím vynaloženým žákem, tedy vnitřním faktorem, což obvykle vede k efektivnějším strategiím v rámci realizace vlastní výuky (Šmejkal, 2019).

Zjišťování vnější cílové orientace, vnitřní cílové orientace, sebeúčinnosti i uvědomění vlastní zodpovědnosti při učení jsou jakousi aktuální charakteristikou žáka a jsou předmětem mnoha pedagogicky zaměřených studií. Nástrojem, který se přímo zaměřuje na tyto čtyři složky je dotazník motivačních strategií pro učení se (MSLQ). Obdobným nástrojem, který zkoumá vnitřní motivaci žáka je dotazník vnitřní motivace (IMI). Oba nástroje byly použity ve výzkumném šetření, které je popsáno v kapitole 4 a 5 této práce.

### Motivated Strategies for Learning Questionnaire

Nástroj **MSLQ** (*Motivated Strategies for Learning Questionnaire*) je dotazníkem motivačních strategií pro učení se, který byl sestaven autory Pintrichem, Smithem, Garciou a McKeachie a slouží zjišťování a hodnocení motivačních orientací žáků a jejich využívání různých strategií pro vlastní učení, tedy v procesu autoregulace (Pintrich, et al., 1991). Nástroj se v průběhu posledních 30 let vyvíjel. Současná verze dotazníku obsahuje 81 položek (tvrzení), které jsou rozděleny do dvou hlavních částí: motivační přesvědčení (Motivation, položky 1 až 31) a používání učebních strategií (*Learning strategies*, položky 32 až 81), ty jsou dále rozděleny do celkem pěti škál: motivační přesvědčení (*motivation*): (i) hodnota (*value component*), (ii) očekávání (*expectancy component*) a (iii) cílové prožívání (*affective component*); použití učebních strategií (*learning strategies*): (iv) kognitivní a metakognitivní strategie (*cognitive and metacognitive strategies*) a (v) strategie řízení učení (*resources management strategies / resources management*). Škály jsou dále členěny. Jednotlivé části dotazníku mohou být použity odděleně dle potřeb výzkumníků. Celé znění nástroje MSLQ je součástí přílohy 1 této práce.

Respondenti své odpovědi zaznamenávají prostřednictvím sedmibodové Likertovy škály (Likert, 1932) prostřednictvím které respondent vyjadřuje míru souhlasu s tímto tvrzením (od „naprostého souhlasu (*very true of me*)“ po „naprostý nesouhlas (*not at all true of me*)“ (Pintrich, et al., 1991, s. 37). U reverzních položek je zapotřebí jejich inverzní vyhodnocení.

### Intrinsic Motivation Inventory

Nástroj **IMI** (*Intrinsic Motivation Inventory*) je dotazníkem vnitřní motivace, který vychází z výzkumu Ryana (1982), avšak jeho finální podoba byla sestavena autory McAuleym, Duncanem a Tammenem (1989) a slouží pro hodnocení subjektivní zkušenosti vztažené k vnitřní motivaci žáka a vlastní osobní sebereflexe. Kompletní nástroj obsahuje 45 položek (tvrzení), které jsou rozděleny do sedmi škál: (i) zájem/potěšení (*interest/enjoyment*);

(ii) uvědomění si svých schopností (*perceived competence*); (iii) úsilí (*effort /importance*); (iv) tlak (*pressure /tension*); (v) uvědomění si možnosti volby (*perceived choiced*); (vi) hodnota /užitečnost (*value /usefulness*) a (vii) vztahy (*relatedness*). Celé znění nástroje IMI je součástí přílohy 2 této práce.

I v tomto případě byla pro každé tvrzení navržena sedmibodová škála, prostřednictvím které respondent vyjadřuje míru souhlasu s tímto tvrzením (McAuley et al., 1989, s. 3; Ryan, 1982). Míru souhlasu žáci vyznačovali zaškrtnutím číslice 1 až 7 s tím, že číslice 1 znamenala „naprostý nesouhlas s tvrzením (*not at all true*)“ a číslice 7 „naprostý souhlas s tvrzením (*very true*)“. U reverzních položek je opět zapotřebí jejich inverzní vyhodnocení

Validitu nástroje IMI (vyjma škály *relatedness*) potvrdili ve své studii McAuley, Duncan a Tammen (McAuley et al., 1989). Vztah škál dotazníku IMI ke vnitřní motivaci podrobně rozebírá ve své habilitační práci Šmejkal (Šmejkal, 2019).

Oba výše uvedené nástroje byly použity již v mnoha výzkumech týkajících se vnitřní motivace a samoregulace (Barise, 1998; Campbell, 2001; Duda, 1992; Monetti, 2002; Niemi, Nevgi, & Virtanen, 2003; Plant & Ryan, 1985; Whitehead & Corbin, 1991; Wolters, 2004). Nástroje byly dokonce použity ke sledování motivační orientace žáků ve vztahu k přírodovědnému vzdělávání (Skoršepa, 2015; Skoršepa & Šmejkal, 2016; Stratilová Urválková, Šmejkal, Skoršepa, Teplý, & Tortosa, 2014; Šmejkal, 2019; Míka, 2017).

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

#### **2.4.3 Zjišťování efektivity a kvality výuky ve vztahu k zapojení dynamické vizualizace do výuky**

V habilitační práci je představen výzkum, který posuzoval vliv dynamické vizualizace na efektivitu výuky. Výzkum navazoval na v této kapitole představené srovnávací a analytické studie, které se zabývali zjišťováním efektivity a kvality výuky právě ve vztahu k zapojení dynamické vizualizace do vzdělávacího procesu. Kromě samotných výsledků učení studie zkoumají též podmínky a faktory, které ovlivňují samotný proces výuky.

Vzhledem k velkému rozmachu počítačové technologie se stalo používání dynamické vizualizace (popř. vizualizace multimediální dynamické) běžnou součástí vzdělávacích materiálů a stále si získává rostoucí popularitu (Lin & Atkinson, 2011). S tím souvisí i zájem výzkumných pracovníků o zkoumání vlivu dynamické vizualizace na žáky (popř. studenty) a to nejčastěji ve srovnání se statickou prezentací učiva. Z některých porovnání vzešly i výhody a nevýhody používání animací ve výuce, které byly popsány v kapitole 2.3.

V roce 2000 byla publikována přehledová studie autorek Bétrancourt a Tversky (2000), která porovnávala celkem 17 studií, zabývajících se 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. Z celkového počtu 10 studií prokázalo pozitivní dopad používání animací ve výuce, u sedmi studií efekt nebyl zaznamenán či nebyl dostatečně prokazatelný.

V roce 2007 byl publikován výzkum autorů Höfflera a Leutnera (2007). Ti ve své výzkumné studii provedli meta-analýzu 26 studií, které byly publikovány v letech 1973-2003 (Höffler & Leutner, 2007). Analyzované studie zahrnovaly celkem 76 párových porovnání účinku dynamických vizualizací s účinky vizualizací statických. V této meta-analýze byla velikost účinku znázorněna prostřednictvím Cohenova  $d$  (Cohen, 1988; více o této věcné míře viz kapitola 2.5). Výsledky meta-analýzy odhalily pozitivní efekt animací oproti statickým vizualizacím s průměrnou velikostí účinku  $d = 0,37$ , který indikuje malý až střední účinek. Autoři Höffler a Leutner však zahrnují do své studie i vizualizaci založenou na videozáznamu. Studie, které porovnávaly statickou vizualizaci s videozáznamem, dospěly v průměru k výrazně vyššímu efektu ( $d = 0,76$ ; celkem 12 porovnání), než ostatní porovnání, které byly založeny na počítačové grafice ( $d = 0,36$ ; celkem 64 porovnání). Celkový počet sledovaných účastníků nebyl uveden.

Na výzkum Höfflera a Leutnera úzce navazovala obdobná přehledová studie autorek Berney a Bétrancourt (Berney & Bétrancourt, 2016). Tato studie podobným způsobem analyzuje publikované výzkumy do roku 2013, které byly opět zaměřeny na porovnání rozdílu přínosu statické vizualizace s přínosem vizualizace dynamické. Autorky do své studie zahrnuly 61 publikovaných studií, které zahrnovaly celkem 140 párových porovnání dynamických a statických vizualizací určených pro výuku. V této meta-analýze byla velikost účinku znázorněna prostřednictvím Hedgesova  $g$  (Hedges, 1981; více o této věcné míře viz kapitola 2.5) a výsledky opět potvrdily pozitivní vliv animací oproti statickým vizualizacím s rozdílem ve velikosti účinku  $g = 0,23$ , což představuje malý efekt. Jelikož studie zahrnovaly více než 7000 sledovaných subjektů (účastníků), lze výsledky považovat za stabilní. Srovnáním Cohenova  $d$  předchozí meta-analýzy a Hedgesova  $g$ , které vyplynulo z této analýzy, lze pozorovat pokles. Menší velikost efektu si autorky vysvětlují tím, že do analýzy zahrnuly poměrně mnohem více srovnání a též že měly vyšší počet párových srovnání. Autorky dále poukazují na to, že přestože celkový efekt byl kladný, téměř 60 % studií nevykazovaly významné rozdíly mezi dynamickou a statickou vizualizací. Taktéž autorky do meta-analýzy nezahrnuly již vizualizace založené na videozáznamu (tedy videozáznam zobrazující pohyb skutečných objektů).

Na výzkum Höfflera a Leutnera následně navazovala meta-analýza autorů McElhaneyho a kol. (2015). Ti do svého výzkumu zahrnuli 47 párových porovnání dynamických a statických vizualizací určených pro výuku (počet všech účastníků nebyl zmíněn). Velikost účinku byla opět měřena prostřednictvím Hedgesova  $g$  a autoři naměřili velmi nízký avšak stále pozitivní efekt dynamické vizualizace ( $g = 0,12$ ). Výrazný pokles efektu si autoři vysvětlují tak, že do své studie zahrnuli tři studie (Hegarty, Kriz, & Cate, 2003; Mayer, Hegarty, Mayer, & Campbell, 2005; Mayer, Griffith, Jurkowitz, & Rothman, 2008), které autoři Höffler a Leutner (2007) do své meta-analýzy nezahrnuli a navíc tyto tři studie vykazovaly silný negativní efekt dynamické vizualizace, což vedlo k výraznému snížení výsledné velikosti účinku (výsledného efektu).

Castro-Alonso a kol. (Castro-Alonso, Wong, Adesope, Ayres & Paas, 2019) ve své meta-analýze porovnávali celkem 46 článků z recenzovaných časopisů, které byly publikovány mezi roky 1990 a 2017. Tyto výzkumné články celkem zahrnovaly 82 párových porovnání účinku animované vizualizace ve srovnání se statickou vizualizací (celkem 5474 účastníků). Velikost účinku byla opět měřena prostřednictvím Hedgesova  $g$  a výsledky potvrdily závěry autorek Berney a Bétrancourt (2016), neboť z meta-analýzy autorů Castro-Alonso a kol. vyplynulo, že animace mají ve srovnání statickou vizualizací pozitivní vliv se srovnatelným rozdílem ve velikosti účinku ( $g = 0,23$ ). Nicméně autoři poukázali na to, že jednotlivé studie zahrnuté do celkového porovnání v rámci meta-analýzy měly velmi nesourodé výsledky (Castro-Alonso et al., 2019).

Výsledky výše uvedených meta-analýz poukazují na převažující pozitivní efekt dynamické vizualizace (nejčastěji v podobě animace) před statickou vizualizací. Nicméně tento celkový pozitivní efekt byl malý. Taktéž je důležité upozornit na skutečnost, že výsledky dílčích studií (jednotlivých porovnání) jsou velmi různorodé. Některé studie poukazují na pozitivní vliv používání animací ve výuce (např. Lin & Atkinson, 2011; Marbach-Ad, Rotbain & Stavy, 2008; Özmen, 2011; Teplá & Klímová, 2014c), zatímco jiné jsou ve svých závěrech zdrženlivější (např. Bulman & Fairlie, 2016; Boucheix & Schneider, 2009; Byrne, Catrambone, & Stasko, 1999; Hegarty, Kriz, & Cate, 2003; Mayer, DeLeeuw, & Ayres, 2007; Narayanan & Hegarty, 2002; Tversky, Bauer-Morrison, & Bétrancourt, 2002).

#### *2.4.3.1 Faktory ovlivňující vliv dynamické vizualizace na žáky*

Předchozí text sice poukazuje na pozitivní vliv dynamické vizualizace ve srovnání s vizualizací statickou, nicméně autoři některých meta-analýz poukazovali na velké rozdíly ve výsledcích (např. rozdílné hodnoty velikosti účinku) mezi jednotlivými studii (Castro-Alonso et al., 2019, Kaushal & Panda, 2019). Z toho důvodu autoři těchto meta-analýz (Höffler & Leutner,

2007; Berney & Bétrancourt, 2016; Castro-Alonso et al., 2019) doporučují výzkumným pracovníkům, aby hledali faktory (tzv. moderující proměnné), které zásadním způsobem mají vliv na efektivitu dynamické vizualizace ve výuce a následně tyto faktory blíže zkoumali. Jedná se o faktory, jež se nachází mezi podnětem a reakcí na tento podnět. Intervenující proměnná může být moderátorem, který umožňuje lépe vysvětlit vztah mezi závislou a nezávislou proměnnou. Je vhodné intervenující proměnné buď co nejvíce eliminovat, popř. je blíže zkoumat a hledat souvislosti mezi výsledky experimentu a těmito proměnnými (Hlad'o, 2011).

Mezi tyto faktory nejčastěji výzkumníci uvádějí: (i) vzdělávací oblast (vyučovaný předmět), (ii) pohlaví účastníka (žáka / studenta), (iii) prostorová představitost, (iv) úroveň předchozích znalostí, (v) stupeň vzdělávání, (vi) kognitivní styl žáka / studenta, (vii) přítomnost doprovodného textu či zvukového komentáře. Velikost efektu byla ve studiích uváděných níže opět vyjádřena buď prostřednictvím Cohena  $d$  (Cohen, 1988) či Hedgesova  $g$  (Hedges, 1981).

### **Vzdělávací oblast (vyučovaný předmět)**

Vliv vzdělávací oblasti, pro kterou byla animace vytvořena, sledovali ve své meta-analýze autoři Höffler a Leutner (2007). Z výsledků vyplynulo, že je velmi důležité, v rámci kterého předmětu (vzdělávací oblasti) byla analýza prováděna. Nejvyšší velikost účinku byla naměřena pro předmět chemie ( $d = 0,75$ ; celkem 7 porovnání), následně pro předmět matematika ( $d = 0,62$ ; 5 porovnání), pro předmět fyzika ( $d = 0,28$ ; 39 porovnání). Nejmenší efekt byl překvapivě nalezen u předmětu biologie ( $d = 0,13$ ; 12 porovnání). Nicméně vzhledem k nízkému počtu porovnávání (srovnání, jejichž výsledná velikost účinku byla započítávána do celkového výsledku) je statistická síla tohoto porovnávání nízká (Höffler & Leutner, 2007).

Meta-analýza autorek Berney a Bétrancourt (Berney & Bétrancourt, 2016) taktéž zkoumala vliv moderujících proměnných, které mají vliv na efektivitu animací ve výuce. I z této meta-analýzy vyplynulo, že je důležité, v rámci kterého předmětu byla analýza prováděna. Nejvyšší efekt byl naměřen pro oblast „přírodní vědy“ ( $g = 1,26$ ; 8 porovnání), poměrně veliký účinek též pro předmět chemie ( $g = 0,77$ ; 8 porovnání), avšak nízký pro předmět biologie ( $g = 0,20$ ; 33 porovnání). Nicméně i u těchto výsledků je zapotřebí upozornit, že v rámci jednotlivých předmětů se jednalo o málo srovnání, což snížilo statistickou sílu výsledků.

V meta-analýze autorů Castro-Alonsa a kol. (2019) byl též zkoumán vliv vyučovaného předmětu na efektivitu dynamické vizualizace (animací) ve výuce. Autoři se zaměřili na oblast STEM a zjistili, že dynamický typ vizualizace je nejvíce efektivní v geologii a jiných vědách ( $g = 0,38$ ; 11 porovnání) a následně v biologii a medicínských vědách ( $g = 0,27$ ; 11 porovnání), ve srovnání s předměty, které jsou technického či matematického zaměření ( $g = 0,15$ ; 15 porovnání) nebo fyzikálními či chemickými disciplínami ( $g = 0,19$ ; 23 porovnání). Opět

i zde je poměrně nízký počet celkových porovnáání, což snižuje statistickou sílu získaných výsledků.

Zde je zapotřebí poukázat na to, že členění na vyučované předměty (vzdělávací oblast) v sobě zahrnuje některá úskalí, kterým může být např. atraktivita probíraného tématu. Celý obsah jednotlivých vědních disciplín (oborů / předmětů) není homogenní a pro žáky může jedna část být více atraktivní než jiná, což má veliký vliv na celkové výsledky výše uvedené.

### **Pohlaví účastníka (žáka / studenta)**

Autoři Castro-Alonso a kol. (2019) ve své meta-analýze shledali, že významným a dokonce zásadním faktorem je pohlaví žáka. Zjistili, že dynamické vizualizace jsou méně efektivní ve vzorku účastníků, kde je méně dívek než chlapců. Konkrétně výsledky ukázaly, že studie, do kterých bylo zahrnuto 59 % žen a méně, zaznamenaly středně silný pozitivní efekt dynamické vizualizace ( $g = 0,36$ , 35 porovnáání) a studie, do kterých bylo zahrnuto 60 % žen a více, nezaznamenaly žádný efekt dynamické vizualizace ( $g = 0,07$ , 47 porovnáání). Autoři navrhli, že nerovnoměrný poměr dívek a chlapců v některých studiích, může být signifikantním faktorem vysvětlující kolísání velikosti účinku napříč studiemi.

Bohužel faktoru pohlaví účastníků není v řadě studií věnována dostatečná pozornost (Garland & Sanchez 2013; Schnotz, Böckheler & Grzondziel, 1999; Wang, Vaughn & Liu, 2011). 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).

Pohlaví navíc má veliký vliv na kognitivní zátěž (Bevilacqua, 2017) a je zapotřebí s tímto faktorem pracovat. Např. autoři Zell, Krizian a Teeter (2015) ve své meta-analýze dospěli k závěru, že pohlaví má výrazný vliv na pozornost, paměť a řešení problémů ( $d = 0,22$ ) a to především u účastníků s nejlepšími výsledky. Pohlaví též může mít vliv na vnímání prostorové představitosti účastníků (Höffler, 2010; Ikwuka & Samuel, 2017; Wong, Castro-Alonso, Ayres & Paas, 2018; Zell, Krizan, & Teeter, 2015).

### **Prostorová představitost**

Co se týče prostorové představitosti jako možného fakturu, který by mohl ovlivnit vliv animací na žáky, současná literatura nevykazuje jednotné výsledky. Některé studie ve skutečnosti neprokázaly souvislost mezi prostorovou představitostí účastníků a stylem výuky založeným na animaci (Hegarty, Kriz & Cate, 2003; Hegarty, 2004; Narayanan & Hegarty, 2002). Na druhé straně některé studie prokázaly vyšší účinnost dynamické vizualizace při výuce studentů

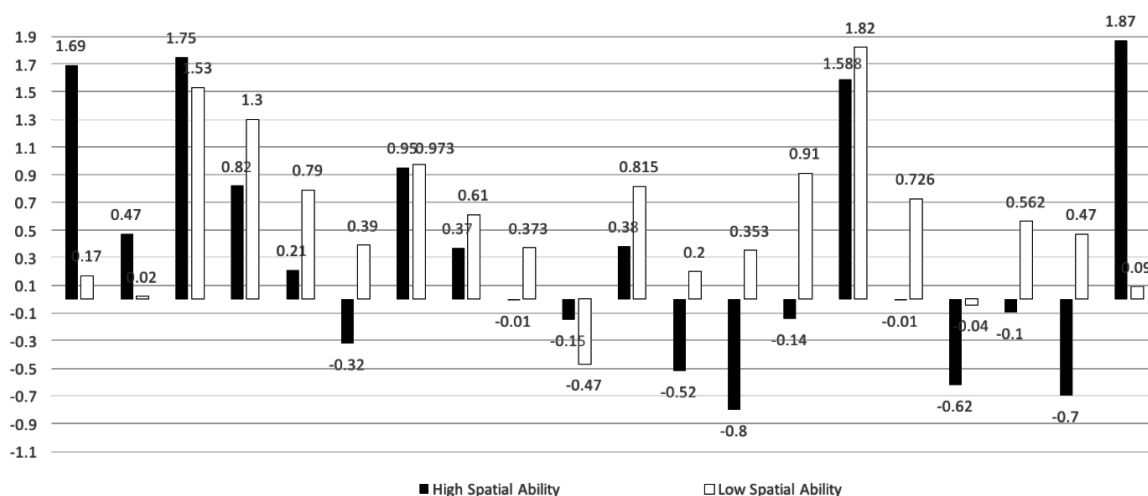


s vyšší prostorovou představivostí (Garg, Norman, Spero, & Maheshwari, 1999; Garg, Norman, & Sperotable, 2001; Isaak & Just, 1995; Mayer & Sims, 1994).

Obdobného závěru též došla i studie autorů Höfflera a Leutnera (Höffler & Leutner, 2011), ve které dospěli k závěru, že velmi záleží na prostorové představivosti jednotlivých studentů. Studenti s horší prostorovou představivostí dosahovali horších studijních výsledků, když se učili ze statických obrázků ve srovnání s těmi, kteří se učili prostřednictvím animací. Zatímco u studentů s lepší prostorovou představivostí rozdíl nebyl patrný.

Kaushal a Panda (2019) ve své meta-analýze analyzovali empiricky získané údaje z 22 studií, které se týkaly prostorové představivosti. Studie celkově zahrnovaly 37 experimentů z let 1994 až 2016. Výsledky této analýzy poukazují, že používání dynamických animací má pozitivní dopad na studijní výsledky jak u studentů s vyšší prostorovou představivostí ( $g = 0,34$ ) tak i u studentů s nižší prostorovou představivostí ( $g = 0,58$ ), viz obrázek 2.1.

Prostorová představivost patří mezi kognitivní schopnosti s největšími genderovými rozdíly ( $d = 0,57$ ) ve prospěch chlapců (Zell et al., 2015) a kromě toho je velmi závislá na věku účastníka tedy i na stupni vzdělávání (Castro-Alonso et al., 2019) a je zapotřebí vždy zvažovat všechny tyto faktory.



Obrázek 2.1: Velikost účinků Hedgesova  $g$  všech sledovaných studií, které zkoumaly efektivitu dynamické vizualizace (styl výuky) na výsledek učení. Osa  $y$  znázorňuje velikost účinku Hedgesova  $g$ , osa  $x$  dílčí studie.

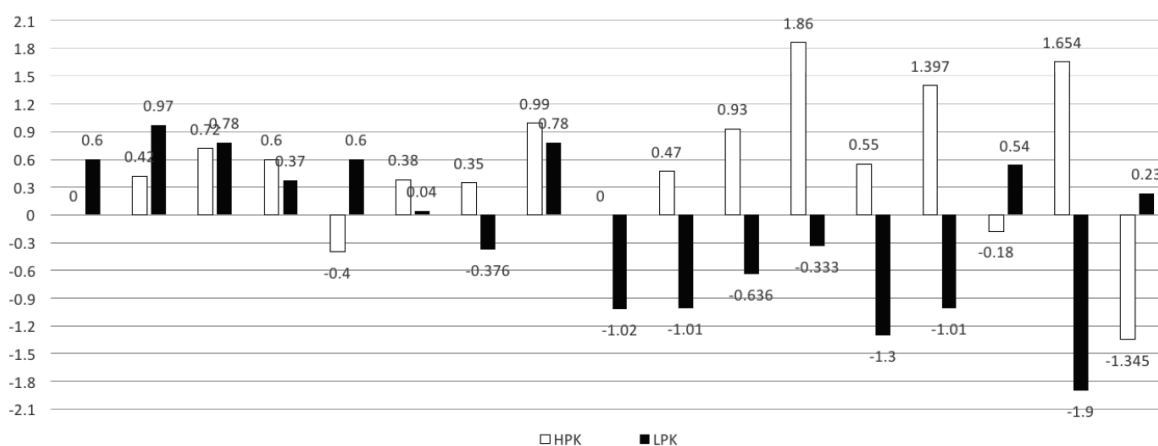
Data jsou rozdělena zvlášť pro žáky s vysokou prostorovou představivostí (znázorněno černě) tak pro žáky s nízkou prostorovou představivostí (znázorněno bíle) (Kaushal & Panda, 2019).

## Úroveň předchozích znalostí

Předchozí znalosti jsou jedním z klíčových individuálních rozdílů, které mohou ovlivnit výsledek učení (Canham & Hegarty, 2010; ChanLin, 2001; Hegarty, Canham, & Fabrikant, 2010; Johnson, Ozogul, & Reisslein, 2015; Kalyuga, 2008; Kriz & Hegarty, 2007;

Malakolunthu & Joshua, 2012). Výzkumy v této oblasti však prokázaly různorodé výsledky. V některých studiích, bylo prokázáno, že žáci (popř. studenti) s vysokými předchozími zkušenostmi (tzv. experti) dosahovali lepších studijních výsledků, pokud byli vyučováni prostřednictvím animací nebo dynamických učebních materiálů (Kalyuga, 2008; Khacharem, Zoudji, Kalyuga, & Ripoll, 2013; Park, Lee, & Kim, 2009). Na druhou stranu v jiných studiích (Malone & Brünken, 2013; Ollerenshaw, Aidman, & Kidd, 1997) se došlo k závěrům opačným. Podobný vzorec je pozorován u žáků (popř. studentů) s nízkými předchozími znalostmi (tzv. nováčci).

Kaushal a Panda (2019) zjistili, že animace mají pozitivní dopad na žáky s vysokými předchozími znalostmi ( $g = 0,49$ ), na druhou stranu mají negativní dopad na žáky s nízkými předchozími znalostmi ( $g = -0,16$ ), viz obrázek 2.2. Podle analýzy úrovně předchozích znalostí se zdá být zásadním faktorem, který by měl být posuzován při zkoumání vlivu výuky založené na animaci, což odráží též výsledky jiných autorů. V analýze však nebyly zohledněny jednotlivé věkové skupiny.



Obrázek 2.2: Velikost účinků Hedgesova  $g$  všech sledovaných studií, které zkoumaly efektivitu dynamické vizualizace (styl výuky) na výsledek učení. Osa  $y$  znázorňuje velikost účinku Hedgesova  $g$ , osa  $x$  dílí studie.

Data jsou rozdělena zvlášť pro žáky s vysokými předchozími znalostmi (znázorněno černě) tak pro žáky s nízkým i předchozími znalostmi (znázorněno bíle) (Kaushal & Panda, 2019).

## Stupeň vzdělávání

Dynamické vizualizace a animace mají pozitivní dopad na školní děti (např. Bétrancourt & Chassot, 2008), studenty vysokých škol (např. Jaffar, 2012) i na dospělé (např. Türkay, 2016).

Efekt dynamické vizualizace v závislosti na stupni vzdělávání zkoumali též autoři McElhaney a kol. (2015), kteří ve své meta-analýze uvedli, že dynamická vizualizace ve srovnání se statickou vizualizací má větší efekt u žáků základních a středních škol ( $g = 0,27$ ; 10 porovnání)

než u studentů postsekundární úrovně vzdělávání ( $g = 0,07$ ; 37 porovnáání). U těchto studentů nebyl naměřen téměř žádný efekt.

Proměnnou stupeň vzdělávání zkoumali též autoři Castro-Alonso a kol. (2019), kteří ve své meta-analýze dospěli k závěru, že používání dynamické vizualizace je nevíce efektivní pro žáky základních škol ( $g = 0,53$ ), následně žáky středních škol ( $g = 0,44$ ) a nejméně studenty vysokých škol ( $g = 0,19$ ).

### **Kognitivní styl žáka / studenta**

Významný vztah mezi typem reprezentace (dynamická versus statická) a kognitivním stylem (vizuální studenti versus verbální studenti) byl nalezen v práci autorů Höfflera a Schwartze (2011). Autoři prostřednictvím mnohonásobného regresního modelu pro kognitivní zátěž zjistili, že studenti s vizuálním kognitivním stylem se naučili podstatně více při výuce s dynamickými modely (dynamický styl výuky) než při výuce s využitím statických obrázků (statický styl výuky).

### **Přítomnost doprovodného textu či zvukového komentáře**

Součástí meta-analýzy autorů Höfflera a Leutnera (2007) bylo zkoumání, jaký vliv má přítomnost doprovodného textu na celkový efekt dynamické vizualizace oproti statické reprezentaci. Z výsledků vyplynulo, že v obou případech byl naměřen pozitivní efekt dynamické vizualizace, avšak nebyl zaznamenán statisticky ani věcně významný rozdíl mezi tím, zda dynamické vizualizace obsahuje doprovodný text ( $d = 0,35$ , celkem 59 porovnáání) či nikoliv ( $d = 0,39$ , celkem 17 porovnáání).

Jiných výsledků dospěly ve své meta-analýze autorky Berney a Bétrancourt (Berney & Bétrancourt, 2016), které dospěly k následujícím závěrům: (i) obsahuje-li animace psaný text, je efekt slabý ( $g = 0,11$ ; 58 porovnáání), (ii) neobsahuje-li animace doprovodný text, efekt je silný ( $g = 0,89$ ; 14 porovnáání), (iii) obsahuje-li animace mluvený komentář, je efekt středně silný ( $g = 0,32$ ; 28 porovnáání). Nicméně i zde je nutné upozornit na počty porovnáání a tím na sníženou statistickou sílu získaných výsledků.

#### ***2.4.3.2 Závěry plynoucí z analýzy dosavadních výzkumů zaměřených na zkoumání vlivu dynamické vizualizace na žáky***

V kapitole 2.4 jsou shrnuty výsledky 5 rozsáhlých meta-analýz, které zahrnovali téměř 350 párových porovnáání dynamických a statických vizualizací. Efekt dynamické vizualizace se ve výzkumných studiích měřil v souvislosti se statickou vizualizací tak, že se porovnávaly dva typy výuky: dynamický styl výuky se statickým stylem výuky. Výsledný efekt byl měřen

prostřednictvím Cohenova  $d$  (Cohen, 1988) či Hedgesova  $g$  (Hedges, 1981). Autoři Höffler a Leutner (2007) dospěli k efektu s průměrnou velikostí účinku  $d = 0,37$ ; autorky Berney a Bétrancourt (2016) ke  $g = 0,23$  (malý efekt); autoři McElhaney a kol. (2015) ke  $g = 0,12$  (nízký efekt) a autoři Castro-Alonso a kol. (2019) ke  $g = 0,23$  (nízký efekt). Průměrný efekt byl tedy spíše nízký, avšak stále pozitivní. Nicméně autoři poukazovali na výraznou heterogenitu výsledků dílčích studií a taktéž doporučili v rámci studií zkoumající efekt dynamické vizualizace na žáky (resp. studenty) zkoumat též moderující proměnné. Mezi tyto proměnné nejčastěji patřily: (i) vzdělávací oblast (vyučovaný předmět), (ii) pohlaví účastníka (žáka / studenta), (iii) prostorová představivost, (iv) úroveň předchozích znalostí, (v) stupeň vzdělávání, (vi) kognitivní styl žáka / studenta, (vii) přítomnost doprovodného textu či zvukového komentáře. Avšak výsledky vztažené k moderující proměnné byly opět velmi heterogenní.

Je evidentní, že výsledky empirických studií publikovaných v minulosti nejsou jednotné a je zapotřebí dalšího zkoumání, aby se zjistilo, kdy jsou animace efektivnější.

## 2.5 Statistické metody v pedagogickém výzkumu

Kapitola shrnuje základní informace ze statistické analýzy, jelikož výzkumná část popisuje realizaci kvantitativně orientovaného výzkumu, při kterém byly k vyhodnocení získaných dat použity statistické metody. Cílem kapitoly je představit v práci použité statistické testy, včetně nejužšího teoretického podkladu pro porozumění těmto testům a jejich metodice použití. V žádném případě kapitola nenahrazuje učebnice statistiky, pouze z nich čerpá a vybírá to nejpodstatnější, aby čtenář výzkumné části nemusel dovyhledávat chybějící informace z jiných zdrojů.

Kapitola 2.5 je rozdělena do sedmi základních podkapitol. První podkapitola (kap. 2.5.1) se věnuje základnímu a výběrovému souboru. Uvádí základní rozdělení proměnných a jejich charakteristiky, taktéž se věnuje výběru a jeho velikosti. Druhá podkapitola (2.5.2) představuje základní vlastnosti měření, především validitu a reliabilitu. Třetí podkapitola (kap. 2.5.3) se zabývá testováním hypotéz. Představuje statistickou hypotézu – nulovou i alternativní a uvádí chyby spjaté s testováním statistické významnosti. Čtvrtá podkapitola (kap. 2.5.4) se věnuje rozdělení pravděpodobnosti sledovaných znaků se zaměřením na normální rozdělení a možnostmi jeho zjištění. Pátá podkapitola (kap. 2.5.5) představuje základní parametrické a neparametrické testy, které byly použity ve výzkumné části (kap. 5). Šestá podkapitola (kap. 2.5.6) shrnuje základní míry věcné významnosti. Poslední, sedmá podkapitola (kap. 2.5.7) stručně představuje analýzu závislostí, konkrétně v habilitační práci použité korelační koeficienty.

### 2.5.1 Základní soubor vs. výběrový soubor a jejich popisné charakteristiky

V kvantitativně orientovaném pedagogickém výzkumu hledáme odpovědi na výzkumné otázky, popř. ověřujeme (či vyvracíme) stanovené hypotézy se snahou zobecnit je na celou **cílovou populaci** (tedy **základní soubor**). Základním (výzkumným) souborem se myslí cílová skupina respondentů (sledovaných subjektů) o rozsahu  $N$ , na které se výzkum zaměřuje (např. všichni žáci 8. a 9. tříd základních škol České republiky). Není vždy reálné (ekonomické důvody, časové důvody či důvody personální), aby výzkumník prováděl výzkum v rámci celého základního souboru, tzv. **census**. Realizace je prováděná prostřednictvím reprezentativního vzorku (tzv. **výběrového souboru**) o rozsahu  $n$  s tím, že data se vyhodnocují s cílem o objektivní zobecnění neboli **generalizaci** (tzv. indukce = zevšedňování) výsledků na celý základní soubor (Litschmannová, 2011). Zobecňování se následně provádí pouze za určitých podmínek prostřednictvím postupů tzv. **statistické inference**. Součástí statistické inference je též zjišťování, s jakou pravděpodobností výběrové výsledky odrážejí reálné vlastnosti základního souboru (Rabušic, Soukup & Mareš, 2019). Statistická inference zahrnuje **odhad základních parametrů** (střední hodnoty a míry variability) a též **testování hypotéz**.

## Měření jevů a jeho vlastnosti, proměnné

Před analýzou výzkumných dat je zapotřebí tato data získat. Data výzkumní pracovníci získávají měřením za použití měřicího (výzkumného) nástroje od objektů měření. Údaje, které u výběrového souboru sledujeme, se nazývají **proměnné** (statistické znaky, popř. znaky) (Litschmannová, 2011). Podle úrovně (škály) měření, které jsou nominální /ordinální /kardinální rozlišujeme též proměnné (znaky) (Rabušic et al., 2019).

U **nominální škály** nelze stanovit pořadí jednotlivých možností (Čihák, 2014). **Nominálními proměnnými** jsou např. pohlaví žáka, školní předmět, navštěvovaná škola.

**Ordinální škály** jsou reprezentovány hodnotami (možnostmi), u kterých lze stanovit pořadí. Hodnoty lze tedy seřadit od nejnižší po nejvyšší stupeň, avšak nelze přesně určit, jak daleko jsou od sebe jednotlivé hodnoty vzdálené (Pecáková, 2008). **Ordinální proměnnou** může být typ navštěvované školy (ZŠ / SŠ / VŠ) či školní známka.

**Kardinální (kvantitativní) škály** jsou opět reprezentovány hodnotami, které lze seřadit, ale dokonce lze stanovit, o kolik se tyto hodnoty liší (Rabušic et al., 2019). **Kardinální proměnnou** může být např. počet dětí. **Spojitou kardinální proměnnou** je proměnná, jež může nabývat jakýchkoliv hodnot (např. věk).

Zvláštním případem je **dichotomická proměnná**, která nabývá pouze dvou kategorií, např. pohlaví. Se kterou se může (po překódování např. na 0 vs. 1) zacházet jako s proměnnou kardinální.

**Proměnné** mohou být **závislé a nezávislé**. Proměnná, která může zapříčinit změnu (např. volba vyučovací metody) je proměnná nezávislá. Proměnná, jež reprezentuje uvažovaný následek (např. změny ve vnitřní motivaci žáků), je proměnná závislá. Nezávislá proměnná je tedy příčinou, závislá je následkem (Rabušic et al., 2019).

Jak již byl uvedeno v úvodu této kapitoly, často nelze získávat (měřit) proměnné z celé cílové populace, ale pouze z reprezentativního výběru. Vlastnosti znaků cílové populace (charakteristiku (míru) polohy – **střední hodnotu  $\mu$**  a charakteristiku (míry) variability - **rozptyl  $\sigma^2$**  a **směrodatnou odchylku  $\sigma$** ) tedy popisujeme prostřednictvím **bodového odhadu** na základě popisu výběru, tedy získáním výběrových charakteristik (**výběrový aritmetický průměr  $M$**  je odhadem  $\mu$ ; **výběrový rozptyl  $s^2$**  je odhadem  $\sigma^2$  a **výběrová směrodatná odchylka  $s$**  je odhadem pro  $\sigma$ , viz též tab. 2.2). S tím, že u kardinálních proměnných můžeme jako odhad střední hodnoty použít **průměry ( $M$ )**, u ordinálních je nejlepším odhadem střední hodnoty **medián ( $Md$ )** (Hendl, 2012; Rabušic et al., 2019).

Tab. 2.2: Základní parametry populace a jejich odhady.

Charakteristika	Parametr populace (populační charakteristika)	Výběrová charakteristika (odhad populační charakteristiky)
Polohy	Střední hodnota $\mu$ Populační průměr $\bar{x}$ $\bar{x} = (x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_N) / N$ Medián $\tilde{\mu}$ Modus $\hat{\mu}$	Výběrový aritmetický průměr $\bar{X}$ , (někdy též $M$ ) $\bar{X} = (X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n) / n$  Medián $\tilde{x}$ ( $Md$ ) Modus $\hat{x}$ ( $Mo$ )
Variability	Rozptyl $\sigma^2$ $\sigma^2 = \frac{1}{N} ((x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + (x_3 - \bar{x})^2 + \dots + (x_N - \bar{x})^2)$  Směrodatná odchylka $\sigma$ $\sigma = \sqrt{\sigma^2}$	Výběrový rozptyl $s^2$ $s^2 = \frac{1}{n-1} ((X_1 - \bar{X})^2 + (X_2 - \bar{X})^2 + (X_3 - \bar{X})^2 + \dots + (X_n - \bar{X})^2)$  Výběrová směrodatná odchylka $s$ $s = \sqrt{s^2}$

### Výběr a jeho velikost, hladina statistické významnosti

Možnou metodou, jak provést výběr vzorku a následně aplikovat statistickou inferenci, je **pravděpodobnostní prostý náhodný výběr** (např. metodou losování). Nicméně i při realizaci tohoto typu výběru dochází k tzv. **výběrové chybě  $e$** , která je odchylkou mezi základním souborem a výběrem (Soukup, & Kočvarová, 2016). Každé měření se stává ze dvou složek: ze skutečné správné hodnoty (pravé skóre,  $T$ ) a z chyb měření ( $e$ ) a platí:

$$t = T + e,$$

kde  $t$  je naměřená hodnota vlastnosti (naměřené skóre).

Na základě výběrové chyby se stanovuje **interval spolehlivosti** (intervalový odhad), neboli konfidenční interval, který „udává rozpětí hodnot zahrnujících odhadovaný populační parametr“ (Hendl, 2015, s. 176).

V tomto intervalu spolehlivosti se hodnoty základního souboru pohybují s určitou předem stanovenou pravděpodobností (ve statistice se konvencí stala pravděpodobnost 95 %, resp. 0,95). **Hladina statistické významnosti  $\alpha$**  je pak mírou rizika chyby (Rabušic et al., 2019) a platí vztah:

$$\alpha = 100 \% - \text{stanovená pravděpodobnost.}$$

Konvencí je pak  $\alpha = 5 \%$ , resp. 0,05.

Interval spolehlivosti (oboustranný) při zvolené 95 % pravděpodobnosti se vypočítává dle vzorce (Hendl, 2004, s. 171):

$$C.I._{95\%} = \bar{x} \pm 1,96 \times s / \sqrt{n},$$

kde  $n$  je rozsah výběru a  $s$  je výběrová směrodatná odchylka a hodnota 1,96 je kritická hodnota standardizovaného normálního rozdělení pro  $\alpha = 5 \%$ .

Hladina významnosti má veliký význam při testování hypotéz. „Hladina významnosti je pravděpodobnost, s jakou bychom – za předpokladu platnosti nulové hypotézy – mohli obdržet data odporující nulové hypotéze stejně či ještě více než pozorovaná data“ (Soukup, 2010, s. 80-81).

Výše uvedenou skutečnost lze interpretovat takto: „Interval spolehlivosti říká, že pokud bychom opakovali nekonečněkrát vybírání z naší populace, 95 % intervalů spolehlivosti bude obsahovat hodnotu neznámého populačního parametru a 5 % intervalů spolehlivosti tuto hodnotu obsahovat nebude“ (Rabušic et al., 2019, s. 156).

### 2.5.2 Vlastnosti měření a výzkumných nástrojů

Samotné měření je zatíženo výběrovou chybou. Aby tato chyba byla co nejmenší, je vhodné, aby měření splňovalo několik vlastností: bylo dostatečně **validní**, **reliabilní**, **senzitivní** a **specifické** (Rabušic et al., 2019). Vlastnosti celého měření vyplývají především z vlastností použitých výzkumných nástrojů. Validita a reliabilita se však netýká pouze samotného výzkumného nástroje, ale celé procedury měření.

#### Validita

„Měření je validní, jestliže měří to, co myslíme (očekáváme), že měří“ (Rabušic et al., 2019, s. 38). Validitu výzkumného nástroje ve své monografii definuje Gavora jako „schopnost výzkumného nástroje zjišťovat to, co zjišťovat má“ (Gavora, 2000, s. 71). Obdobnou definici uvádějí i autoři Jeřábek a Bílek, kteří validitu ve vztahu k testu definují jako „vlastnost testu, která prověřuje jen to, co má být skutečně prověřováno“ (Jeřábek & Bílek, 2010, s. 67). Jinými slovy se jedná o platnost získaných výsledků ve vztahu ke skutečnosti a míra validity představuje odpověď na otázku, zda zkoumáme to, co chceme zkoumat.

Obsahová validita pak zkoumá, zda výzkumný nástroj skutečně měří to, co bylo zamýšleno zkoumat. Obsahová validita odpovídá na otázku, zda výzkumný nástroj dostatečně reprezentativně pokrývá celou oblast, která má být měřena (Chvál, Procházka, & Straková; 2015). Obsahová validita může být posuzována prostřednictvím **panelu expertů**. Panel expertů je nezávislou odbornou komisí, která se vyjadřuje ke kvalitě výzkumných nástrojů. Experti (panelisté) posuzují výzkumný nástroj jako celek a též i jednotlivé jeho položky, experti porovnávají, co by mělo být ve výzkumném nástroji s tím, co v něm doopravdy je (Gavora, 2000).



## Reliabilita

Reliabilitu lze definovat jako „přesnost a spolehlivost výzkumného nástroje“ (Gavora, 2000, s. 73). Reliabilita přímo souvisí s chybou měření a lze ji vyjádřit matematickým vztahem:

$$r = \frac{\sigma_T^2}{\sigma_t^2} = 1 - \frac{\sigma_e^2}{\sigma_t^2},$$

ve kterém  $r$  je reliabilita,  $\sigma_T^2$  rozptyl pravého skóre ( $T$ ) v daném výzkumném nástroji a  $\sigma_t^2$  je rozptyl naměřeného skóre ( $t$ ) a  $\sigma_e^2$  je rozptyl chyby měření ( $e$ ). Vzorec udává, že čím je chyba měření menší, tím je reliabilita vyšší (Chvál, Procházka, & Straková; 2015). Nicméně reliabilitu nelze určit přesně, jelikož nelze přesně určit chybu měření ani její rozptyl. Reliabilitu však můžeme odhadovat. Jednou z metod odhadu reliability je vnitřní konzistence, která se vypočítává buď metodou půlení (split-half reliabilita) nebo koeficientem Cronbachova alfa (Cronbach, 1951; Chvál, Procházka, & Straková; 2015). Metoda půlení je vhodná pro výzkumný nástroj, jehož prvky mají dichotomickou povahu, zatímco Cronbachovo alfa se používá u nedichotomických prvků (např. hodnocení na Lickertově škále) (Gavora, 2000, s. 74). Odvození koeficientu Cronbachova alfa vychází ze statistické analýzy rozptylu s tím, že se vyhodnocuje vnitřní konzistence souhrnně ze všech položek najednou.

Cronbachovo alfa „může nabývat hodnot od 0 (pro případ naprosté nespolehlivosti a nepřesnosti didaktického testu) až po hodnoty blízké 1 (pro případ maximální spolehlivosti a přesnosti didaktického testu“ (Chráska, 1999, s. 18). Vypočtená hodnota Cronbachova alfa může být v případě dotazníkového šetření následně porovnávána s všeobecně přijímaným minimem 0,70 (Nunnally, 1978; DeVellis, 2012; Kline, 2011). Pro individuální pedagogickou diagnostiku didaktického testu se však vyžaduje koeficient reliability minimálně 0,8 (Chráska, 1999, s. 18). Nicméně, je-li hodnota Cronbachova alfa v intervalu  $0,7 < \alpha \leq 0,8$ , lze ji interpretovat jako přijatelnou (George & Mallery, 2003). V tabulce 2.1 je uvedena interpretace pro jednotlivé intervaly míry reliability Cronbachova alfa ve vztahu k didaktickým testům (George & Mallery, 2003).

Tab. 2.1 – Interpretace Cronbachova alfa (George & Mallery, 2003).

Cronbachovo alfa	Interpretace
$\alpha < 0,5$	Nepřijatelné
$0,5 < \alpha \leq 0,6$	Slabé
$0,6 < \alpha \leq 0,7$	Diskutabilní
$0,7 < \alpha \leq 0,8$	Přijatelné
$0,8 < \alpha \leq 0,9$	Dobré
$0,9 < \alpha$	Výborné

## Senzitivita a specifita

Senzitivita říká, zda test dá pozitivní odpověď, jestliže jev má skutečně nastat; specifita uvádí, zda test dá negativní odpověď, jestliže test skutečně nastat nemá. Se senzitivitou a specifitou se často setkáváme u lékařských diagnostik, kde je zapotřebí, aby obě charakteristiky byly co nejvyšší. Je-li výsledek falešně pozitivní, jedná se o tzv. chybu I. druhu, je-li výsledek falešně negativní o chybu II. typu, viz též kap. 2.5.3.

### 2.5.3 Testování hypotéz: testy statistické významnosti

Je nezbytné rozlišit mezi výzkumnou hypotézou a hypotézou statistickou. **Výzkumná hypotéza** je „tvrzení o určité situaci, kdy hovoříme o vztahu mezi dvěma uvažovanými proměnnými“ (Hendl, 2004, s. 21), je to předběžný předpoklad, který může být formulován na základě předešlého zkoumání či teoretických poznatků (ale též ze zkušenosti). Při formulaci hypotézy je nutné dodržet tzv. zlatá pravidla hypotézy (Gavora, 2000, s. 53; Chráska, 2016): „(i) hypotéza je tvrzení, které je vyjádřeno oznamovací větou; (ii) hypotéza vyjadřuje vztah mezi dvěma proměnnými (hypotézu je zapotřebí formulovat jako tvrzení o rozdílech, vztazích nebo následcích) a (iii) hypotézu musí být možné empiricky ověřit (proměnné, jež v hypotéze vystupují, musí být měřitelné).“ Výzkumnou hypotézu výzkumník na základě výsledků buď potvrzuje či vyvrací.

**Statistická hypotéza** je určitý předpoklad, který lze testovat na základě pozorovaných dat získaných pomocí souboru náhodných proměnných (Stuart, Ord, & Arnold, 1999). Nejčastěji se jedná o tvrzení o statistickém rozdělení (např. testujeme, zda výběrový soubor pochází ze základního souboru s určitým rozdělením) či o parametrech popisujících základní populaci (nikoliv výběr) (např. zdali se liší průměrné výsledky testů dívek a chlapců) či o vztazích mezi nimi (např. zda existuje vztah mezi zájmem žáka o výuku a ochotou vkládat úsilí do výuky). Hypotézy testujeme prostřednictvím **testů statistické významnosti**. Cílem testů je zjistit, zdali námi zjištěný výsledek z dat výběrového souboru lze očekávat i v souboru základním, tedy zda je zobecnitelný na celou populaci (Rabušic et al., 2019). Test statistické významnosti spočívá v několika krocích (Hendl, 2004; Rabušic et al., 2019):

- formulace **nulové hypotézy  $H_0$** . Nulová hypotéza obvykle předpokládá stav neexistence rozdílu (např. průměrné výsledky z testu se mezi dívkami a chlapci neliší) či stav neexistence souvislosti (Hendl, 2004; Rabušic et al., 2019). K nulové hypotéze formulujeme hypotézu **alternativní  $H_1$**  (např. průměrné výsledky z testu se mezi dívkami a chlapci liší (tzv. dvoustranná alternativní hypotéza); popř. dívky dosahují lepších průměrných výsledků než chlapci (tzv. jednostranná alternativní hypotéza)), která je její negací, přičemž musí být zajištěno, že platí-li hypotéza  $H_1$ , potom je nulová

hypotéza neplatná (potvrzujeme platnost  $H_1$  a  $H_0$  zamítáme). Nevyvrácená nulová hypotéza však neznamená její automatické přijetí (viz dále).

- stanovení **hladiny významnosti**  $\alpha$  (nejčastěji 5 %), což je pravděpodobnost, že se zamítne nulová hypotéza, ačkoliv platí.
- volba vhodného **testovacího kritéria** a **výpočet testovací statistiky** (základem testování je porovnávání z dat výběrového souboru vypočítané (empirické) hodnoty  $T$  testovací statistiky s jejími tabelovanými kritickými hodnotami  $T^*$ .
  - Je-li empirická hodnota testovacího kritéria  $T$  větší než hodnota kritická ( $T \geq T^*$ ), nulovou hypotézu zamítáme na zvolené hladině významnosti a tvrdíme, že rozdíl je **statisticky významný = zobecnitelný** (existující naměřený rozdíl nevznikl náhodou a platnost nulové hypotézy by v populaci nastala s velmi malou pravděpodobností).
  - Je-li empirická hodnota testovacího kritéria  $T$  menší než hodnota kritická ( $T < T^*$ ), nulovou hypotézu nezamítáme na zvolené hladině významnosti a tvrdíme, že rozdíl není statisticky významný (existující naměřený rozdíl je tedy spíše náhodou) (Rabušic et al., 2019).

Nicméně s využitím např. statistického softwaru SPSS (IBM Corp., 2017) tento postup není již zapotřebí, neboť celá procedura je integrována přímo v softwaru. Součástí výstupu statistického testu v programu SPSS je mj.  **$p$ -hodnota (signifikance, hodnota významnosti)**, která představuje pravděpodobnost výskytu spočtené hodnoty testovací statistiky za modelových předpokladů, že platí nulová hypotéza (Hendl, 2004). Jinými slovy je to nejnižší hodnota hladiny významnosti, na níž můžeme nulovou hypotézu zamítnout (Litschmannová, 2011).

Následně platí (zlaté pravidlo pro induktivní statistiku (Rabušic et al., 2019, s. 231; Hendl, 2004, s. 177)):

- Jestliže  $p$ -hodnota je menší než hladina významnosti  $\alpha$  nebo se jí rovná ( $p \leq \alpha$ ), nulovou hypotézu zamítáme. (Platí: v případě, že je nulová hypotéza zamítnuta, pak byla dokázána platnost alternativní hypotézy.)
- Jestliže  $p$ -hodnota je větší než hladina významnosti  $\alpha$  ( $p > \alpha$ ), nulovou hypotézu ponecháváme pro další zkoumání (ale automaticky ji nepotvrzujeme). Jinými slovy zvolený test nepředložil „dostatečný důkaz“, který by nulovou hypotézu vyvrátil a správná interpretace takového výsledku je, že v souboru testovaných dat není dostatečné množství podkladů k jejímu vyvrácení.

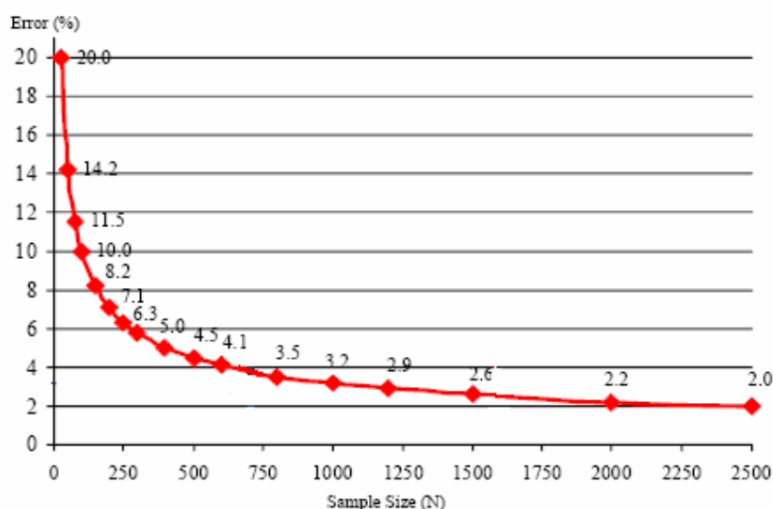
Nicméně je zapotřebí si uvědomit, že  $p$ -hodnoty jsou velmi závislé na velikosti výběru a při relativně velikých výběrech vychází i poměrně malé rozdíly statisticky významné (Rabušic

et al., 2019). Statisticky významný tedy ještě neznamená, že pozorovaný rozdíl je významný věcně (viz dále kap. 2.5.6).

Bude-li zamítnuta nulová hypotéza navzdory své platnosti, jedná se o tzv. **chybu I. druhu**. Pravděpodobnost, že chyba I. druhu nastane, udává hladina významnosti  $\alpha$  (Hendl, 2004). Naopak nebude-li zamítnuta nulová hypotéza, přestože platí hypotéza alternativní, jedná se o tzv. **chybu II. druhu**. Pravděpodobnost, že tento jev nastane se značí  $\beta$ . Pravděpodobnost  $1 - \beta$  je pak **sílou testu**.

## Velikost výběru

Velikost výběru  $n$  je velmi důležitá pro přesnost odhadu populačních parametrů (Rabušic et al., 2019). Konkrétně platí, že „čím menší výběr, tím vyšší je pravděpodobnost statistické chyby II. druhu, tedy chyby, kdy s využitím statistických testů neprokážeme statisticky významnou souvislost mezi jevy, přestože reálně existuje“ (Soukup, & Kočvarová, 2016, s. 520). (V testování hypotéz to znamená, že nezamítneme nulovou hypotézu, přestože platí hypotéza alternativní.) Důležité je si uvědomit, že velikost výběru nemá co do činění s velikostí základního souboru, a že výběrová chyba je nepřímo úměrná druhé odmocnině z počtu pozorování  $n$  (Rabušic et al., 2019), viz obr. 2.3.



Obrázek 2.3: Velikost výběrové chyby a vzorku při distribuci odpovědi 50:50 (upraveno podle Burjanek et al., 2006).

V praxi se pro odhad velikosti prostého náhodného výběru často užívá vzorec:

$$n = 1,96^2 \times (P \times Q / SE^2),$$

kde  $P$  je procentuální proporce, ve které se sledovaný znak v populaci vyskytuje,  $Q$  je procentuální proporce, ve které se sledovaný znak nevyskytuje ( $Q = 100 - P$ ), a  $SE$  je tolerovaná

výběrová chyba (Kalton, 1983; Soukup, & Kočvarová, 2016). Parametry  $P$  a  $Q$  v praxi často neznáme, dosazuje se za obě veličiny hodnota 50 (pravděpodobnost výskytu jevu je „50 na 50“) a s tolerancí 5% chyby získáme základní odhad výběru  $n = 1,96^2 \times (50 \times 50 / 5^2) = 384$  (Soukup, & Kočvarová, 2016).

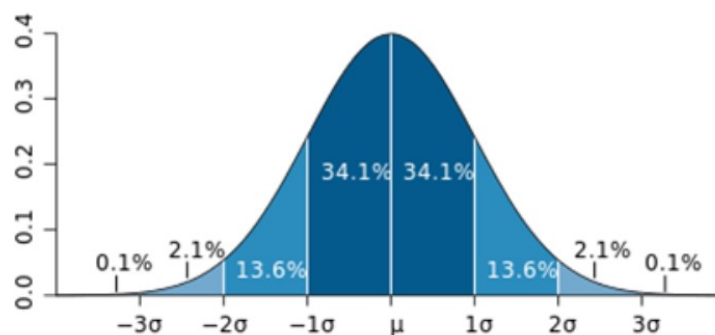
Nicméně nejedná se o pravidlo univerzální, jak uvádí Soukup a Rabušic ve svém článku minimálním počtem jednotek je cca 30-50 (Soukup, & Rabušic, 2007), avšak poukazují na práci autora Blaikieho, že 300 jednotek je ideální, 500 je lepší a 1000 by bylo ještě lepší (Blaikie, 2003). Soukup a Rabušic (2007) upozorňují, že je zapotřebí si uvědomit též velikost cílové populace, což je trochu v rozporu s tvrzením uvedeným v předchozí části textu. Jedna z pouček tvrdí, že je vhodné, aby populace byla přibližně 100krát větší než výběrový soubor. Nicméně máme-li 3 000 žáků, je počet 30 vskutku velmi malý, na druhou stranu, máme-li populaci o 7 miliónech osob, nemusí mít náš výběr 70 000 jednotek (Soukup, & Rabušic, 2007). U velmi malých či naopak velkých populací je zapotřebí volit jiné přístupy (více viz Soukup, & Rabušic, 2007).

#### 2.5.4 Distribuce četností, normální rozdělení

U kardinálních proměnných je pro účely volby použitých statistických metod (viz dále) vhodné určit, jaký tvar má **rozdělení pravděpodobnosti** sledovaných znaků (spojité náhodné veličiny). Konkrétně je zapotřebí zjistit, zda je toto rozdělení (distribuce četností) tvar normálního rozdělení či nikoliv (Rabušic et al., 2019).

**Normální rozdělení** je popsáno parametrem střední hodnoty  $\mu$  a rozptylem  $\sigma^2$  a má tvar zvonovité křivky. Průměr je shodný s mediánem. Jedná se o **Gaussovu křivku**, která je symetrická kolem střední osy (obr. 2.4). Hodnota funkce říká, v jakých oblastech je výsledek náhodného pokusu více pravděpodobný a v jakých méně. Výsledky náhodného pokusu pak leží v intervalu:  $(\mu - \sigma; \mu + \sigma)$  s pravděpodobností 68,3 %;  $(\mu - 2\sigma; \mu + 2\sigma)$  s pravděpodobností 95,5 %;  $(\mu - 3\sigma; \mu + 3\sigma)$  s pravděpodobností 99,7 % (Hendl, 2004). V intervalu  $(\mu - 1,96\sigma; \mu + 1,96\sigma)$  pak leží výsledky náhodného pokusu s pravděpodobností 95 %.

Znalost rozdělení pravděpodobnosti náhodné spojité veličiny má významný vliv na volbu statistické metody. Předpoklad normálního rozdělení u zkoumané veličiny vyžadují **parametrické metody**, na druhou stranu **neparametrické metody** normalitu dat nevyžadují. Nicméně někteří moderní statistikové (Vaus, 2004) tvrdí, že porušení požadavku normality nemá závažný vliv na výsledky analýzy (z praktického, nikoliv teoretického hlediska). To vyplývá z centrální limitní věty, která říká, že „*se vzrůstající velikostí náhodně vybraného výběrového souboru se výběrová distribuce blíží normálnímu rozdělení*“ (Rabušic et al., 2019)



Obrázek 2.4: Křivka normálního rozdělení. Graf znázorňuje hustotu normálního rozdělení se střední hodnotou rovnou  $\mu$  a směrodatnou odchylkou rovnou  $\sigma$ . (upraveno podle: M. W. Toews, CC BY 2.5 via Wikimedia Commons).

Ke zkoumání rozdělení dat slouží grafické i výpočtové metody (testy normality). Z grafických metod se jedná o sestavení histogramu, P-P grafu či Q-Q grafu (normalita dat je posuzována vizuálně). **Histogram** je graf, který se sestojí tak, že na vodorovnou osu nanášíme hodnoty sledované veličiny (u spojitých veličin osu rozdělíme na intervaly) a na svislou osu jejich četnosti. Při normálním rozdělení souboru by měl histogram připomínat Gaussovu křivku. U histogramu lze sledovat tzv. šikmost a špičatost. V případě normálního rozdělení se šikmost i špičatost rovná nule. **Q-Q grafy** (Q-Q plots) se sestojí tak, že na jednu osu (v programu SPSS jsou vynášeny na svislé ose, (Řehák & Brom, 2015)) se nanáší kvantily hypotetického (teoretického) normálního rozdělení, na druhou osu (v SPSS vodorovnou, (Řehák & Brom, 2015)) kvantily zkoumaného (empirického) souboru (tedy z naměřených dat). V případě normálního rozdělení body leží na jedné přímce. U **P-P grafu** postupujeme podobně: na jednu osu (v SPSS svislou) se nanáší hodnoty kumulativní distribuce hypotetického normálního rozdělení, na druhou osu (v SPSS vodorovnou) hodnoty kumulativní distribuce zkoumaného souboru. Opět v případě normálního rozdělení body leží na jedné přímce.

Z testů normality, při kterých je normalita posuzována výpočtem, je možné použít např. **Shapirův-Wilkův test** (Shapiro & Wilk, 1965) a **test Kolmogorovův-Smirnovův** (Kolmogorov, 1933; Smirnov, 1948). U těchto testů se stanovuje nulová hypotéza  $H_0$ : Náhodný výběr pochází z normálního rozdělení. Je-li vypočtená  $p$ -hodnota větší než stanovená hodnota hladina významnosti  $\alpha$ , nulová hypotéza se nezamítá, v opačném případě platí hypotéza alternativní: Náhodný výběr nepochází z normálního rozdělení (více o nulové a alternativní hypotéze v kap. 2.5.3). Shapirův-Wilkův test je, vzhledem k dobré vypovídající hodnotě, nejpoužívanější test pro malé výběry, dokonce pro výběry o velikosti  $n \leq 50$  je předepisován i normou ČSN 01 0225; pro výběry  $n \geq 100$  je předepisovaným testem Kolmogorovův-Smirnovův test (Jaroš & Rosa, 1980).

### 2.5.5 Parametrické a neparametrické testy

Parametrická hypotéza je hypotéza o parametrech (např. o střední hodnotě, rozptylu, směrodatné odchylce) rozdělení základního souboru, neparametrická hypotéza je hypotézou o jiných vlastnostech základního souboru (např. o tvaru rozdělení či závislosti proměnných). Statistické testy se též rozlišují na parametrické a neparametrické. Předpoklady pro volbu parametrické metody jsou: (i) normalita rozdělení sledované proměnné; (ii) shoda rozptylů (homoskedascita), (iii) proměnná je kardinální a (iv) data měřená v jednom subjektu nejsou závislá na jiném subjektu (nezávislost měření) (Rabušic et al., 2019).

Mezi **parametrické testy**, které srovnávají střední hodnoty spojitých (kardinálních) znaků, patří:

- ***t*-testy**: testují statistickou významnost dvou středních hodnot. Jinými slovy *t*-testy testují hypotézy o shodě populačních průměrů. Testují, zda dva populační rozdíly jsou stejné, či zda mezi nimi není rozdíl (Rabušic et al., 2019). Rozlišujeme:
  - **jednovýběrový *t*-test**. Jednovýběrový *t*-test testuje, zda populační průměr se liší od námi předpokládané hodnoty, jež je v populaci známa (Rabušic et al., 2019).
  - **dvouvýběrový *t*-test** (*t*-test pro dva nezávislé výběry). Výběrový soubor může být rozdělen na základě tzv. faktoru (např. zvolená vyučovací metoda) na dva soubory (např. na experimentální a kontrolní skupinu). Prostřednictvím dvouvýběrového testu se následně zjišťuje, zda se pozorovaný znak (konkrétně jeho průměr) u obou souborů shoduje či nikoliv (Merkechová, Tirpáková, & Stehlíková, 2011).
  - **párový *t*-test** (*t*-test pro párovaná data). Párový *t*-test porovnává dvojice náhodných veličin (resp. jejich průměry) v rámci jednoho výběru (např. výsledky pretestu s výsledky posttestu). Vstupní data však musí být párovaná.
- **ANOVA** (analýza rozptylu). Analýza rozptylu testuje statistickou významnost více skupin, tedy zkoumá hypotézy o shodě populačních průměrů více než dvou skupin. Liší-li se alespoň jeden průměr od ostatních, měla by být nulová hypotéza zamítnuta. Analýza rozptylu zkoumá: (i) vnitroskupinový rozptyl (jak mnoho se liší průměry uvnitř jednotlivých skupin – předpokládáme, že odlišnost je dána náhodou) a (ii) meziskupinový rozptyl (jak mnoho se liší průměry mezi skupinami – předpokládáme, že odlišnost je dána působením neznámé proměnné, jejíž vliv zkoumáme). Závěry o populačních průměrech se vždy dělají na základě analýzy variability výběrových dat (Rabušic et al., 2019). Pro použití ANOVY musí být splněny následující předpoklady: (i) jednotlivá pozorování musí být na sobě nezávislá, (ii) rozložení proměnné v jednotlivých skupinách je v populaci normální, (iii) velikost skupin je podobná a (iv) rozptyl je ve všech skupinách stejný (zjišťujeme Leveneho

testem, jehož nulová hypotéza je, že se rozptýly se od sebe neodlišují) (Rabušic et al., 2019). Chceme-li zjistit, průměry kterých skupin se odlišují, je vhodné použít **metodu mnohonásobného porovnání** (tzv. **Post-Hoc test**). Existuje však mnoho Post-Hoc testů, více viz např. učebnice autorů Rabušic et al., s. 238-240 (2019).

Pokud máme pochybnosti, že nebyly splněny předpoklady pro parametrické testy, je zapotřebí použít neparametrickou alternativu parametrických testů. **Neparametrické testy** nevyžadují předem známé rozdělení a lze je aplikovat na data jak kardinální (poměrová i intervalová, která nemají normální rozdělení), tak dokonce i pro data ordinální (Rabušic et al., 2019). Neparametrické testy však obecně nejsou tak silné a přesné jako jejich parametrické protějšky. Výpočty u neparametrických testů jsou často založeny na pořadí, která jsou přidělena číselným údajům po jejich seřazení dle velikosti. Jedná se o tzv. pořadové testy. Jinými typy neparametrických testů jsou testy permutační a znaménkové (Hendl, 2004).

Mezi neparametrické testy patří:

- **Wilcoxonův test pro jeden výběr** (alternativa k jednovýběrovému  $t$ -testu). Jeho jediným předpokladem je symetrie rozdělení náhodné veličiny. Postup vychází z absolutních hodnot rozdílů mezi měřeními a předpokládanou hodnotou mediánu v populaci, které seřadíme podle velikosti (Hendl, 2004).
- **Mann-Whitneyův  $U$  test** (alternativa k dvouvýběrovému  $t$ -testu). Nulová hypotéza Mannova-Whitneyho testu není zaměřena na střední hodnoty, ale týká se srovnatelnosti dvou distribučních funkcí. Mann-Whitneyův  $U$  test totiž předpokládá stejné rozdělení pravděpodobnosti náhodné veličiny v obou souborech, což je slabší předpoklad než normalita dat.
- **Wilcoxonův párový test** (alternativa k párovému  $t$ -testu). Wilcoxonův párový test stejně jako párový  $t$ -test porovnává dvě měření, jež jsou provedená u jednoho výběrového souboru. Rovněž jako Mann-Whitneyův test testuje hypotézu rovnosti dvou distribučních funkcí s předpokladem symetrického rozložení sledované náhodné veličiny.
- **Kruskalův-Wallisův test** (alternativa k analýze rozptylu, v případě neshodnosti rozptylů ve skupinách, lze použít Welchův či Brownův-Forsythův test). I tento test testuje shodu distribučních funkcí, nulovou hypotézu lze tedy definovat jako shodu distribučních funkcí jednotlivých výběrů.

Mannův-Whitneyův  $U$  test je varianta Wilcoxonova testu pro dva nezávislé výběry, značí se též Mannův-Whitneyův-Wilcoxonův test či  $U$  test. Vždy však jde o stejnou metodu, rozdíly se mohou vyskytovat jen v dílčích krocích výpočtu (Dostál, 2018).



### 2.5.6 Věcná významnost

Při zpracování kvantitativních dat často sklouzává analýza k pouhému vyhodnocení statistické významnosti výsledků a je zapotřebí si uvědomit, že vědecká průkaznost výsledků výzkumu nespočívá v jejich statistické významnosti (Blahuš, 2000). Co je statisticky významné, totiž ještě nemusí být věcně významné (Rabušic et al., 2019), neboť statistická významnost pouze řeší, zda je výsledek zobecnitelný na populaci (platný v populaci), kterou zkoumáme (tj. statisticky významný). Naproti tomu **věcná významnost** (tzv. **effect size**) řeší, jak je výsledek prakticky užitečný (tj. věcně významný) (Rabušic et al., 2019; Soukup, 2017). Jinými slovy 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 (Kirk, 1996).

Je tedy vhodné vždy vyhodnocovat statistickou i věcnou významnost a obojí náležitě interpretovat (Rabušic et al., 2019; Soukup, 2017).

K tomu, abychom zjistili, zda je výsledek věcně významný, a pokud ano, pak nakolik, je třeba mít určité ukazatele, míry věcné významnosti. Podle povahy naměřených dat a podle volby příslušného statistického testu, lze volit příslušnou **míru věcné významnosti (sílu účinku)**.

#### Cohenovo $d$

Cohenovo  $d$  je jednou z měr věcné významnosti rozdílů a závislostí. Tuto míru lze použít pouze v případě normálně rozdělených veličin (Soukup, 2013). Je založena na rozdílu průměrů ve dvou skupinách, nicméně tento jednoduchý ukazatel standardizuje, tj. dělí směrodatnou odchylkou průměrů:

$$d = (\bar{x}_1 - \bar{x}_2) / s_{\text{sružený}},$$

kde  $\bar{x}_1$  je průměr v první skupině (experimentální),  $\bar{x}_2$  je průměr ve druhé skupině (kontrolní) a  $s_{\text{sružený}}$  je směrodatná odchylka společná oběma skupinám a platí:

$$s_{\text{sružený}} = \sqrt{(s_1^2 + s_2^2)/2},$$

kde  $s_1^2$  je rozptyl první skupiny a  $s_2^2$  je rozptyl druhé skupiny. Výsledkem je bezrozměrná veličina, která není závislá na původních jednotkách měření a umožňuje srovnání výsledků i ve výzkumech, které používaly k měření stejného fenoménu různých škál (Soukup, 2017).

Cohenovo  $d$  může být obecně reálné číslo v intervalu od  $-\infty$  do  $+\infty$ , běžně ale nabývá hodnot v řádu jednotek. Cohen ve své práci uvedl velikost efektu jako: "*malý efekt pro  $d = 0,2$* "; "*střední pro efekt  $d = 0,5$* " a "*velký efekt pro  $d = 0,8$* " (Cohen, 1988). Sawilowsky tuto škálu doplňuje o "*velmi malý efekt pro  $d = 0,01$* "; "*velmi velký efekt pro  $d = 1,2$* " a "*obrovský efekt pro  $d = 2,0$* " (Sawilowsky, 2009).

Pro snadnější pochopení vypočtené hodnoty koeficientu  $d$ , zde uvádíme následující přehled (Soukup, 2017):

- v případě, že mezi skupinami není rozdíl v průměrech sledovaného znaku ( $d = 0$ ) je u poloviny (50 %) členů první skupiny hodnota znaku vyšší než u průměrného člena druhé skupiny;
- v případě malého rozdílu ( $d = 0,2$ ), má 58 % členů první skupiny hodnotu znaku vyšší než průměrný člen druhé skupiny;
- v případě středně velkého rozdílu ( $d = 0,5$ ) již 69 %;
- u velkého rozdílu ( $d = 0,8$ ) již 79 %;
- při hodnotě Cohenově  $d = 2$  již 98 %.

### Hedgesovo $g$

Hedgesovo  $g$  je míra věcné významnosti, která je velice podobná Cohenovu  $d$ , ale rozdíl mezi průměry dělí odmocninou z průměru vnitroskupinového součtu čtverců, který se počítá v rámci analýzy rozptylu (Hedges, 1981; Hedges, & Olkin, 1985). Hodnota Hedgesova  $g$  je podobná hodnotě Cohenova  $d$  a obecně platí, že ve velkých výběrových souborech jsou hodnoty  $d$  a  $g$  stejné (Soukup, 2017). Hedgesovo  $g$  slouží především ke korekci různé škály výsledků u malých výběrů a platí pro něj stejná interpretace jako pro Cohenovo  $d$ .

### Míry věcné významnosti u neparametrických testů

U neparametrických testů bývá věcná významnost  $r$  vypočítaná dle vztahu:

$$r = Z / \sqrt{n},$$

kde  $Z$  je standardní  $z$ -skóre vypočítané v rámci Mannova-Whitneyova  $U$  testu či párového Wilcoxonova testu a  $n$  je celkový počet pozorování v obou souborech ( $n = n_1 + n_2$ ) (Pallant, 2007; Rosenthal, 1994). Věcná významnost je zde standardně hodnocena jako malá (0,1), střední (0,3) a velká (0,5).

Cohenovo  $d$  lze teoreticky použít i jako míra věcné významnosti pro neparametrické testy. Je však zapotřebí použít transformačních vzorců pro výpočet převodu mezi koeficienty  $r$  a  $d$ . (Lenhard & Lenhard, 2016).

Další mírou věcnou významnosti je  $\eta^2$  ( $\eta^2$ ), který je vypočítán dle vztahu:

$$\eta^2 = Z^2 / (n - 1),$$

kde  $Z$  je opět standardní  $z$ -score vypočítané v rámci Mannova-Whitneyova  $U$  testu a  $n$  je celkový počet pozorování v obou souborech.

Interpretaci hodnot jednotlivých měr věcné významnosti vzhledem k posouzení velikosti účinku lze na základě jejich porovnání, které shrnuje tab. 2.3.

Tab. 2.3: Porovnání měr věcné významnosti (upraveno podle: Fritz, Morris & Richler, 2012; Cohen, 1988 a Sawilowsky, 2009).

Cohenovo $d$	$r$ (Mann Whitney)	$\eta^2$ (Mann Whitney test)	slovní interpretace
0,0 až 0,2	0,0 až 0,1	0,0 až 0,01	malý efekt pro $d = 0,2$
0,2 až 0,5	0,1 až 0,24	0,01 až 0,06	střední pro efekt $d = 0,5$
0,5 až 0,8	0,24 až 0,37	0,06 až 0,14	velký efekt pro $d = 0,8$
0,8 a více	0,37 a více	0,14 a více	velmi velký efekt pro $d = 1,2$

### 2.5.7 Analýza závislostí – míra souvislosti znaků

Mezi dvěma znaky může existovat souvislost (asociace, resp. závislost). Hledání souvislostí mezi znaky znamená hledat odpovědi na 4 otázky: (i) zdali souvislost existuje, (ii) jak je souvislost silná (pro ordinální a kardinální proměnné výpočtem tzv. koeficientu korelace), (iii) jaký má směr (zda se jedná o kladnou či zápornou asociaci) a (iv) jakou má povahu (monotónní, kvadratickou atd.) (Rabušic et al., 2019). Důležité je uvědomit si, že prokázání asociace není důkazem kauzality (příčinnosti) vztahu.

**Korelační koeficient Spearmanovo  $\rho$  ( $\rho$ )** je mírou souvislosti pro ordinální znaky (Spearman, 1904). Tento koeficient nesrovnává hodnoty dvou proměnných, ale je založen na srovnávání pořadí jejich hodnot. Na nové pořadové hodnoty je následně aplikován test dle Karla Pearsona (viz dále). Korelační koeficient  $\rho$  nabývá hodnot od  $-1$  až po  $+1$  (Rabušic et al., 2019). Spearmanovo  $\rho$  je koeficientem neparametrickým a je to poměrně robustní míra, která nepředpokládá normální rozdělení, není závislá na linearitě vztahu dvou proměnných a není ovlivněna odlehlými hodnotami (Hendl, 2015).

**Pearsonův koeficient lineární korelace  $r$**  je mírou souvislosti pro kardinální znaky, která byla zavedena Karlem Pearsonem (Pearson, 1895). Pearsonův korelační koeficient dokáže zachytit a měřit pouze lineární vtaž mezi dvěma proměnnými. Nabývá hodnot od  $-1$  až po  $+1$ . Hodnota korelačního koeficientu  $-1$  značí zcela nepřímou závislost, tedy čím více se zvětší hodnoty v první skupině znaků, tím více se zmenší hodnoty v druhé skupině znaků. Hodnota korelačního koeficientu  $+1$  značí zcela přímou závislost (hodnoty lineárně závislých proměnných jsou zcela totožné). Hodnota  $0$  indikuje žádný lineární vztah mezi dvěma proměnnými. Cohen dává následující pokyny pro společenské vědy: "malý efekt pro  $r = 0,1$ "; "střední efekt pro  $r = 0,3$ " a "velký efekt pro  $r = 0,5$ " (Cohen, 1988).

### 3 Praktická část

Kapitola představuje autorčiny praktické (týkající se především vývoje) i výzkumné výsledky, které se týkají tématu dynamická vizualizace ve výuce chemie (tvorbu a vývoj vizualizačních pomůcek, didaktické zakomponování a závěry výzkumných šetření). Tvorba byla zaměřena na vytváření a animování statické i dynamické vizualizace (hlavně 2D animací), které by usnadnily výuku chemie (především biochemie) na chemicky zaměřených středních školách a středních školách gymnaziálního typu (vyšší stupeň).

#### 3.1 Tvorba animací (popis použitých nástrojů)

Technologie dynamické vizualizace sahají od jednoduchých formátů, jako jsou animované obrázky GIF nebo animované prezentace, až po komplexní prostředí pro modelování, jako je NetLOGO (<http://ccl.northwestern.edu/netlogo>), Molecular Workbench (<http://mw.concord.org>) a PhET (<http://phet.colorado.edu>). Mnoho sofistikovaných dynamických vizualizací lze ve webových prohlížečích dodávat pomocí moderních technologií, jako jsou HTML5 a WebGL (McElhaney, Chang, Chiu & Linn, 2015).

Jedním z programů, jež jsou určeny pro tvorbu animací a mají v sobě zabudován nástroj pro tvorbu HTML5 souborů je např. Adobe Animate, který byl autorkou práce (a následně studenty, které pod jejím vedením vypracovávali své závěrečné práce – viz kap. 3.3 a 3.4) použit pro tvorbu animací (verze typu Macromedia Flash, Adobe Flash i Adobe Animate). Proto bude v této kapitole věnována tomuto programu bližší pozornost. Detailněji budou shrnuty základní metody práce s poslední verzí tohoto programu, tj. s aplikací Adobe Animate CC 2021.

##### Adobe Animate

Software Adobe Animate (dříve Adobe Flash Professional či Macromedia Flash, původně FutureSplash Animator) je program určený pro tvorbu multimédií a počítačových animací. Při tvorbě animací se nejčastěji využívá vektorové grafiky, též je umožněno vkládat video i zvuk. Skriptování (zajištění interaktivních prvků) je prováděno pomocí programovacího jazyka ActionScriptu či JavaScriptu (tzv. JSFL – JavaScript pro Flash).

Software s původním názvem **FutureSplash Animator** byl vyvinut již v roce 1995 firmou FutureWave Software a byl určen k vytváření vektorových internetových prezentací nenáročných na přenos po síti. Na konci roku 1996 společnost Macromedia zakoupila FutureWave a software začala propagovat pod názvem **Macromedia Flash**.

V roce 2005 byla společnost Macromedia zakoupena společností Adobe Systems a opět došlo k přejmenování produktu, tentokrát na **Adobe Flash Professional** (Cunningham, 2013). Flash

nabízel kompletní vývojové prostředí pro vytváření grafiky a objektů a byl do něj integrován skriptovací jazyk ActionScript, pomocí kterého bylo možné přidat k obrázkům a animacím akce umožňující jednoduchou komunikaci s uživatelem. Tento jazyk se časem vyvinul v silný, objektově orientovaný jazyk schopný v reálném čase zvládnout poměrně složité výpočty (Fotr, 2005). V roce 2015 došlo k přejmenování programu na **Adobe Animate** a zároveň došlo ke snaze oddělit tento produkt od aplikace Adobe Flash Player ve prospěch řešení založených na webových standardech (Engadget, 2005). Výsledný soubor lze následně publikovat ne pouze jako samotnou animaci (soubor typu SWF pro jehož přehrávání bylo zapotřebí mít nainstalován právě Adobe Flash Player), ale též jako video či soubor ve formátu HTML5.

### **Vytváření animací v aplikaci Adobe Animate CC 2021**

Poslední aktualizovanou verzí programu Adobe Animate, jež byla vydána v říjnu 2020, je aplikace Adobe Animate CC 2021. Je součástí kolekce Adobe Creative Cloud a jejím vlastníkem je firma Adobe Inc. (dříve Adobe Systems).

Při vytváření nového dokumentu v programu Adobe Animate CC 2021 má uživatel na výběr z několika typů platformy, např. HTML5 Canvas či ActionScript 3.0 (dokumenty lze mezi sebou převádět). První typ pracuje s dynamickými webovými stránkami (ve spojení s programovacím jazykem JavaScriptem), druhý typ dodává interaktivitu prostřednictvím programovacího jazyka ActionScript 3.0. *(Pozn. Canvas je nový prvek (element) v jazyce HTML5, který umožňuje dynamické, skriptovatelné vykreslování 2D tvarů a bitmapových obrázků (Na webové stránce lze elementy Canvas přidávat pomocí tagu <Canvas>)).* Výstupem dokumentu vytvořeného v platformě HTML5 Canvas bude výstup v HTML5. Program Adobe Animate generuje kód HTML a kód JavaScript pro veškerý obsah vytvořený na pracovní ploše (Adobe Animate, 2021).

Po otevření nového dokumentu se zobrazí pracovní prostředí (pracovní prostor), které se skládá z několika oken, které představují jednotlivé panely nástrojů (základní nástroje, pracovní plocha, časová osa, knihovna, inspektor vlastností atd.). Panel nástroje obsahuje nástroje pro vytváření a úpravy obrázků, textů a dalších prvků; pracovní plocha je místo, kde se animace odehrává (oblast pro kreslení objektů); časová osa obsahuje vrstvy, ze kterých je animace tvořena a snímky, jež se mění s časem; knihovna obsahuje všechny objekty, které byly vytvořeny a uloženy do knihovny (lze je libovolně z knihovny přesouvat do pracovní plochy, a to i mezi jednotlivými soubory) a inspektor vlastností zobrazuje ovládací panel pro aktuálně vybraný objekt. Před samotnou tvorbou animace je vhodné nastavit velikost pracovní plochy (popř. barvu pozadí) či snímkovou frekvenci (Adobe Animate, 2021).

Veškerý viditelný obsah, jenž je součástí animace, musí být součástí tzv. pracovní plochy, tedy místa, kde se animace odehrává. Jednoduše řečeno je to vymezená plocha obdélníkového tvaru, do které se umísťuje grafický obsah. Tato plocha taktéž vymezuje oblast v okně webového

prohlížeče, ve které se dokument zobrazí při přehrání. Jedná se též o oblast, kde jsou všechny objekty vytvářeny. K tomu slouží panel nástrojů, jehož nástroje umožňují kreslit objekty, vybarvovat je, vybírat, transformovat apod. Též umožňuje vkládat textové pole. Nakreslené objekty je vhodné převádět na symboly (grafika, filmový klip či tlačítko), čímž se grafický objekt uloží do knihovny. Daný symbol (resp. jeho instance) pak může být opakovaně využit v celém dokumentu s vlastní časovou osou nezávislou na hlavní časové ose (Adobe Animate, 2021).

Pohyb animace je docílen tak, že časová osa se skládá (stejně jako ve filmu) z dílčích úseků, tzv. snímků, které jsou základem každé animace. Rychlost přesunu mezi jednotlivými snímky lze nastavit prostřednictvím snímkové frekvence neboli kmitočtu snímků, který je uváděn v jednotkách fps (počet snímků za sekundu), čímž lze výslednou animaci zrychlit či zpomalit. Objekty se vkládají do tzv. klíčových snímků a na těchto snímcích může docházet ke změně (např. posun objektu na jiné místo, změna tvaru, změna barvy apod.). Pomocí tzv. doplnění tvaru či pohybu tyto změny působí plynule. Časová osa se kromě snímků skládá i z tzv. vrstev, což jsou něco jako jednotlivé přes sebe položené filmové pásy, přičemž tyto vrstvy jsou vzájemně na sobě nezávislé a každá obsahuje jiný objekt, který se zobrazuje na vymezené pracovní ploše (Adobe Animate, 2021).

Interaktivitu lze dodat přidáním kódu Javascript (v případě dokumentu HTML5 Canvas) či kódu ActionScriptu 3.0. Kódy se zapisují prostřednictvím panelu akce. Kódy lze přiřadit k jednotlivým objektům (resp. instancím) na pracovní ploše či k jednotlivým klíčovým snímkům. Kód předepisuje akci, která bude s objektem vykonána (např. po kliknutí na objekt se načte filmový klip z knihovny apod.).

Nakonec musí být hotové animace publikovány, aby mohly být sdíleny s dalšími uživateli. Animace vytvořené v programu Adobe Animate CC lze vytvářet a následně publikovat ve více formátech (ve více typech souborů), z nichž každý má jiný účel (Adobe Animate, 2021):

- Soubor **FLA** je pracovní dokument, tedy dokument, ve kterém je animace vytvářena. Aby bylo možné tento dokument otevřít a popř. upravit, je zapotřebí mít nainstalován produkt Adobe Animate CC.
- Soubor **SWF** je zkomprimovaná verze souboru FLA. Jedná se o vektorovou animaci programu Shockwave, jež je přehrávána pomocí Flash Playeru i mimo internet. Vzhledem k tomu, že společnost Adobe Inc. přehrávač Flash Player po 31. prosinci 2020 přestala podporovat, nelze tyto soubory čím dál častěji přehrávat a je zapotřebí výsledné animace publikovat buď např. jako video či jako HTML soubor (viz dále). Publikovaný výstup HTML 5 Canvas obsahuje tyto dva soubory:
- Soubor typu **HTML** je soubor, jež je vytvořen prostřednictvím značkovacího jazyka HTML5 (jedná se o pátou verzi HTML). Soubor se otevírá jako webová stránka (tedy

prostřednictvím internetového prohlížeče), která obsahuje veškeré grafické prvky animace, tedy tvary, objekty a kresby. Grafické prvky jsou vykreslovány na plátně, jež se nazývá Canvas. Samotný HTML5 však nelze použít ani pro tvorbu samotných grafických prvků, ani pro doplnění interaktivity, pro tyto účely musí být doplněn JavaScriptem. Toto propojení slouží k vytváření dynamických webových stránek.

- Soubor **JavaScriptu** (JS) je textový soubor obsahující kód programovacího jazyka JavaScriptu. V tomto souboru jsou zapsány všechny vyhrazené definice a kódy, které jsou důležité pro všechny interaktivní prvky animace (např. příkazy po kliknutí myši na animační tlačítko apod.). V souboru JavaScript je rovněž definován kód pro všechny typy doplnění (např. tvaru či pohybu).

### 3.2 Biochemické procesy v lidském organismu

Prvním výsledkem tvorby byl výukový program, který zaznamenával průběh potravy lidským organismem (Roštejnská, 2004; Šulcová & Roštejnská, 2005; Roštejnská & Klímová, 2005). Výukový program byl postupně vylepšován do finální podoby s názvem Biochemické procesy v lidském organismu (Roštejnská & Klímová, 2008a). Program byl kromě vizualizační složky doplněn o studijní texty, didaktické testy a didaktické hry (Roštejnská & Klímová, 2007b; Roštejnská & Klímová, 2008d; Roštejnská & Klímová, 2011).

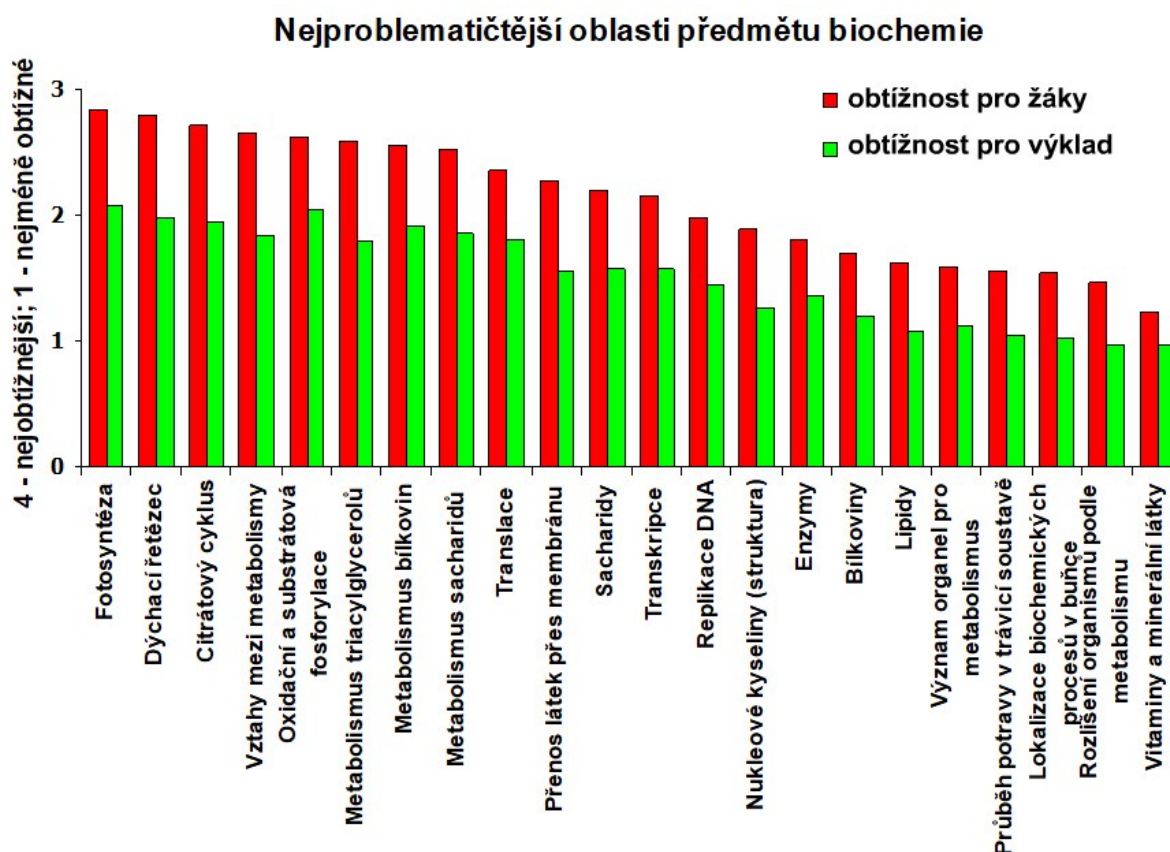
Výukový program se skládal z těchto hlavních kapitol: Buňka (zjednodušený pohled na učivo nutné pro pochopení základních biochemických kapitol), Nukleové kyseliny, Chromosom, Replikace, Transkripce, Translace, Trávení a metabolismus (složení přírodní látek, průchod potravy lidským organismem a základní metabolické dráhy, např. močovinový cyklus (Roštejnská & Klímová, 2007b)), Citrátový cyklus a Dýchací řetězec. Dynamická vizualizace byla především součástí kapitoly Buňka (přenos přes plasmatickou membránu, např.  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  ATPasa (Roštejnská & Klímová, 2006)), Replikace, Transkripce a Translace (Roštejnská & Klímová, 2007a) a kapitol týkající se dýchacího řetězce (přenos elektronů a protonů). Dynamickou vizualizaci představovaly na snímku pohybující se objekty, které se začaly pohybovat nejčastěji po kliknutí na k tomu vytvořený objekt (Roštejnská & Šulcová, 2005).

Výukový program byl určen pro žáky chemicky zaměřených středních škol a středních škol gymnaziálního typu (vyšší stupeň) a jeho hlavním smyslem bylo umožnit žákům hlubší porozumění biochemickému obsahu prostřednictvím statické vizualizace (schémat a názorných obrázků) a též vizualizace dynamické (Roštejnská, 2008).

Učivo a očekávané výstupy vzhledem k RVP G, které jsou obsaženy ve výukovém programu Biochemické procesy v lidském organismu, jsou součástí přílohy 3.1.

### 3.3 Fotosyntéza v dynamických animacích a dýchací řetězec

Vzniku výukových materiálů, které jsou popsány dále v textu, předcházela dotazník určený učitelům chemie středních škol, ve kterém vypověděli, která témata jsou pro výuku středoškolské biochemie nejnáročnější a pro která témata by uvítali nové výukové materiály. Z dotazníkového šetření (obr. 3.1), které vyplnilo 104 učitelů, vyplynulo, že nejnáročnějšími tématy pro žáky jsou fotosyntéza a dýchací řetězec. Obě témata jsou též nejnáročnější pro učitelův výklad (Teplá & Klímová, 2011).



Obrázek 3.1: Graf znázorňuje 22 dotazovaných biochemických témat seřazených od nejobtížnějších témat pro žákovo pochopení (červeně) po témata nejméně obtížná (zeleně) (Teplá & Klímová, 2011).

Na základě výsledků vzešlých z dotazníkového šetření, byly vytvořeny dva výukové celky – Fotosyntéza v dynamických animacích (Roštejnská & Klímová, 2008b; Roštejnská & Klímová, 2008c; Teplá & Klímová, 2014c) a Dýchací řetězec (Teplá & Klímová, 2015).

Během vytváření výukových programů byl kladen důraz na zaznamenání fotosyntetických pochodů, i průběhu dýchacího řetězce včetně propojení na oxidační fosorylaci (tvorbu ATP) takovým způsobem, aby bylo zabráněno vzniku co nejméně nepřesností (Teplá & Klímová, 2015). Též je poukazováno na to, že elektrony nemohou „skákat“ z jednoho přenašeče na druhý skrze buněčné struktury, ale že vždy dochází k přenosu elektronu v důsledku kolize mezi těmito



dvěma přenašeči (Teplá & Klímová, 2015). Důraz je kladen i na lokalizaci samotných procesů v buňce (Roštejnská, 2008).

Oba vytvořené vzdělávací programy neměly za cíl nahradit roli učebnice ani roli učitele. Programy bylo možné využít jak pro samostudium, tak při společné výuce s učitelem tak, že učitel mohl animaci kdykoliv zastavit či vrátit zpět a ústním projevem dovysvětlit probíhané děje, popř. zodpovědět vznikající dotazy ze stran žáků (Roštejnská, 2008).

Oba programy byly vytvořeny v dřívějších verzích programu Adobe Animate, navíc s využitím programovacího jazyka ActionScript 2.0 (Roštejnská, Klímová, Kučerová & Steinbauerová, 2009).

### 3.3.1 Fotosyntéza v dynamických animacích

Výukový program s názvem Fotosyntéza v dynamických animacích byl vytvořen v programu Macromedia Flash Professional 8.0 s využitím programovacího jazyka ActionScript 2.0 (Roštejnská & Klímová, 2009). Program je tvořen ze 14 dílčích na sebe navazujících dynamických animací a byl publikován v českém (Roštejnská & Klímová, 2008b; Roštejnská & Klímová, 2008c) i anglickém jazyce (Teplá & Klímová, 2014c).

Výukový program byl určen pro žáky chemicky zaměřených středních škol a středních škol gymnaziálního typu (vyšší stupeň), popř. studentům vysokých škol, a jeho hlavním smyslem bylo umožnit žákům hlubší porozumění procesu fotosyntézy prostřednictvím pohyblivých animací, které názorně simulují biochemický proces ve vytvořeném modelu rostlinné buňky (Roštejnská & Klímová, 2008c).

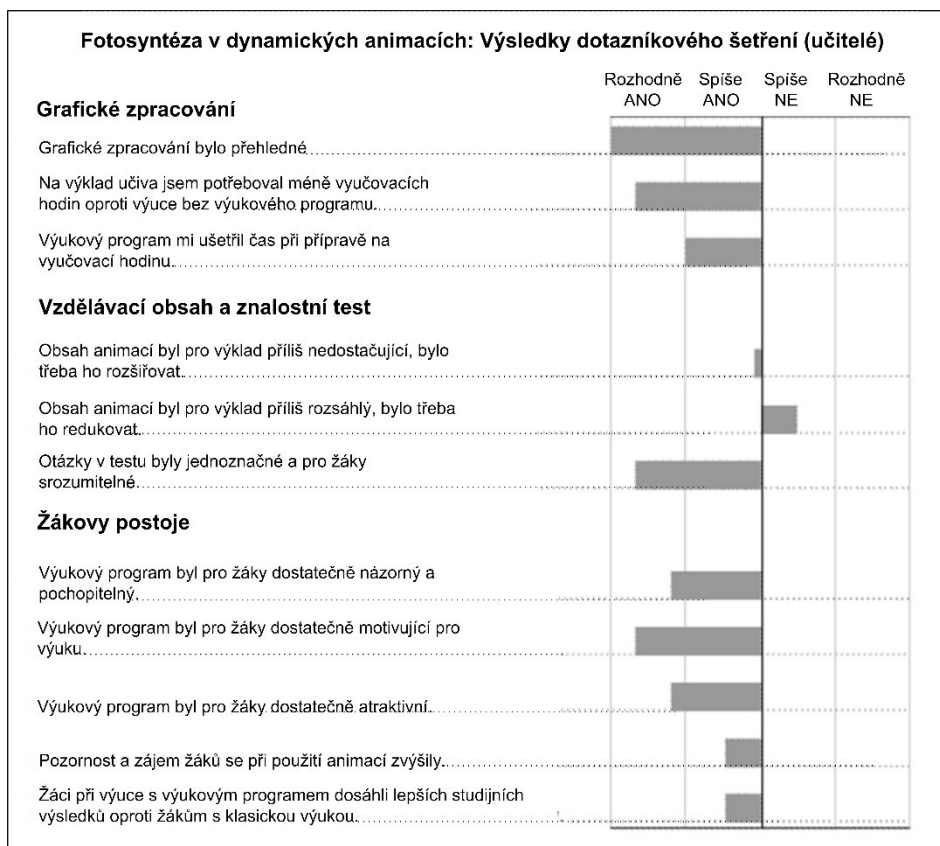
Učivo a očekávané výstupy vzhledem k RVP G, které jsou obsaženy ve výukovém programu Fotosyntéza v dynamických animacích, jsou součástí přílohy 3.2.

#### **Ověření materiálu učiteli**

Výukový program Fotosyntéza v dynamických animacích byl poskytnut osmi středoškolským učitelům chemie, kteří výukový program vyzkoušeli ve školní praxi (odučili podle něj celé téma fotosyntéza) a následně prostřednictvím dotazníkového šetření a výstupních rozhovorů hodnotili grafické zpracování animací, výběr biochemického učiva, žákovy postoje a vhodnost výukového materiálu pro výuku biochemie na střední škole (Roštejnská & Klímová, 2009).

Výsledky orientačního šetření jsou uvedeny na obrázku 3.2. Z realizovaného šetření vyplynulo, že výukový program je vhodný pro výukové účely. Většina dotázaných učitelů potvrdila, že používání tohoto programu snižuje náročnost přípravy hodin. Bylo také zjištěno, že program je pro žáky přehledný, snadno pochopitelný a též atraktivní. V neposlední řadě bylo zjištěno, že žáci dosahovali lepších studijních výsledků než tradičně vzdělávaní žáci, zvýšila se jejich

pozornost a také motivace k dosahování lepších výsledků (Roštejnská & Klímová, 2009; Teplá & Klímová, 2014c).



Obrázek 3.2: Hodnocení výukového programu Fotosyntéza v dynamických animacích. Výsledky dotazníkového šetření určeného pro učitele (upraveno dle: Teplá & Klímová, 2014c).

### 3.3.2 Dýchací řetězec

Výukový program s názvem Dýchací řetězec byl vytvořen v Adobe Flash CS3 Professional s využitím programovacího jazyka ActionScript 2.0. Jedná se o sérii 13 interaktivních, dynamických na sebe navazujících animací a byl publikován v českém (Teplá & Klímová, 2014a) i anglickém jazyce (Teplá & Klímová, 2015).

Výukový program byl vytvářen na základě rešerše výzkumných článků, které poukazyvaly na problémy vizualizačních pomůcek související s vizualizací tématu dýchacího řetězce. Podle Crossley a kol. žáci mají velké obtíže s vizualizačními pomůckami popisujícími dýchací řetězec v mitochondrii. Např. velké množství statických vizualizačních pomůcek neukazuje přímou souvislost mezi oxidací FADH<sub>2</sub> a NADH molekul a tvorbou ATP (oxidační fosforylací) (Crossley, 1996; Del Bianco, 2010). Žáci si navíc chybně myslí, že elektrony mohou „skákat“ z jednoho přenašeče na další skrze membránové struktury (Crossley, 1996). Z výzkumu Hulla

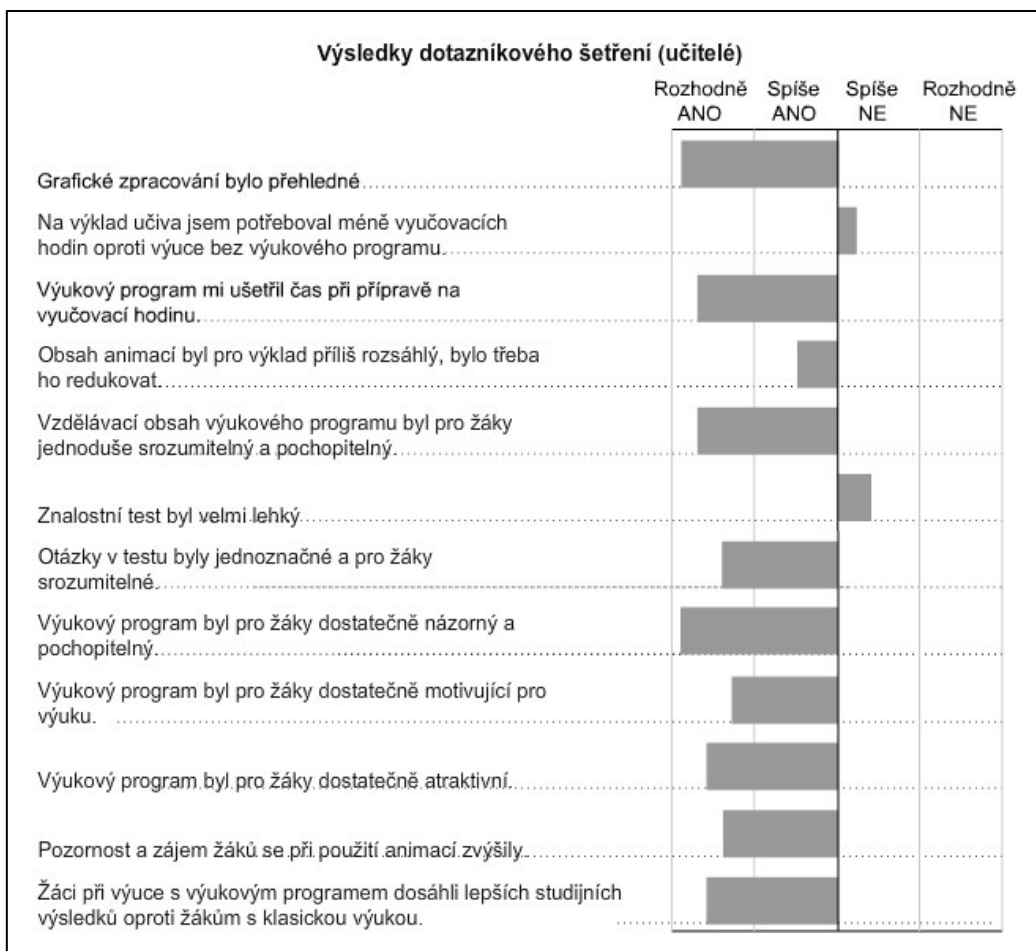
(2013) dále vyplývá, že žáci dokážou překreslit biochemické procesy, které vyhledali na obrázcích v učebnicích, ale již je nedokáží správně interpretovat.

Výukový program byl určen pro žáky chemicky zaměřených středních škol a středních škol gymnaziálního typu (vyšší stupeň), popř. studentům vysokých škol, a jeho hlavním cílem je prostřednictvím pohyblivých animací umožnit žákům/studentům hlubší porozumění biochemických procesů, které probíhají v dýchacím řetězci, popř. které souvisejí s oxidační fosforylací (Teplá & Klímová, 2014a). Výukový program lze uplatnit nejen přímo ve výuce na škole, ale i při samostudiu. S adekvátním výkladem pedagoga jej lze použít i na úrovni vysokoškolské, a to v bakalářském stupni při výuce základního kurzu biochemie (Teplá & Klímová, 2014a).

Učivo a očekávané výstupy vzhledem k RVP G, které jsou obsaženy ve výukovém programu Dýchací řetězec, jsou součástí přílohy 3.3.

### **Ověření materiálu učiteli**

Výukový program Dýchací řetězec byl poskytnut deseti středoškolským učitelům chemie. Úkolem učitelů bylo ověřit tento program ve školní praxi a odučit podle něj celou kapitolu týkající se dýchacího řetězce. Učitelé vyplnili evaluační dotazník, ve kterém odpovídali na dotazy z následujících okruhů – grafický design animací, výběr biochemického učiva, žákovy postoje a vhodnost výukového programu pro výuku na středních školách. Výsledky dotazníkového šetření (viz obr. 3.3) a následné rozhovory s učiteli ukázaly, že výukový program je vhodný pro výuku chemie na středních školách, i přesto, že po obsahové stránce je nad rámec středoškolského obsahu učiva. Výzkum dále zjistil, že výukový program byl pro žáky dostatečně motivační, zajímavý, a že se zvýšila pozornost studentů při výuce; navíc žáci dosáhli lepších studijních výsledků než žáci, kteří byli vyučováni tradiční výukou (Teplá & Klímová, 2015).



Obrázek 3.3: Hodnocení výukového programu Dýchací řetězec. Výsledky dotazníkového šetření určeného pro učitele (upraveno dle: Teplá & Klímová, 2015).

### 3.4 Další výukové materiály

Na tvorbu již hotových animací navazovala tvorba nových animací, které vznikaly pod vedením autorky práce jako součást obhájených závěrečných prací na Katedře učitelství a didaktiky chemie, Přírodovědecké fakulty, Univerzity Karlovy. Tímto způsobem vzniklo sedm ucelených výukových materiálů. Práce byly vytvářeny v dřívějších i nejnovějších verzích programu Adobe Animate CC s podporou programovacího jazyka ActionScript či JavaScript a jsou zaměřeny na výuku těchto témat: (i) sacharidy (Steinbauerová, 2009), (ii) sacharidy a jejich metabolismus (Čermáková, 2012), (iii) enzymy, vitaminy a hormony (Kučerová, 2009), (iv) trávení a trávicí soustava (Šarboch, 2018), (v) dýchání a dýchací soustava (Čermáková, 2018), (vi) lipidy a biologické membrány (Josífková, 2020) a (vii) mezibuněčná signalizace (Chaloupková, 2021). Témata (iii až vii) byla zpracovávána nejen s důrazem na dynamickou vizualizaci, ale též na mezipředmětový charakter. Při tvorbě animací byly zakomponovány poznatky jak z předmětu chemie, tak z předmětu biologie. Materiály, které byly zaměřeny na témata (i) až (iii) byly publikovány v podobě tří monografií (Kučerová & Teplá, 2009; Teplá et al., 2012a; Teplá et al. 2012b) a prezentovány na mezinárodní didaktické konferenci jako materiály určené pro podporu výuky se zaměřením na lidský organismus a zdravý životní styl (Šulcová & Teplá, 2012).

S výjimkou aktuálně řešené disertační práce D. Šarbocha jsou práce zaměřené především na tvorbu a vývoj dynamické vizualizace s cílem pokrýt výuku biochemie na středních školách gymnaziálního typu či na chemicky zaměřených středních školách. Vývoj vychází z principů tvorby efektivní dynamické vizualizace tak, jak je tomu popsáno v kap. 2.3.3.

Učivo a očekávané výstupy vzhledem k RVP G následujících výukových programů jsou součástí příloh 3.4 – 3.10.

#### 3.4.1 Sacharidy

Před samotnou tvorbou výukového programu byla provedena podrobná analýza v té době platných kurikulárních dokumentů a též maturitních požadavků (specifických cílů) ke zkoušce z chemie (MŠMT, 2008), neboť se předpokládalo, že maturitní zkouška z chemie bude od roku 2012 zadávána Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy a bude ověřovat znalosti a dovednosti žáků, které jsou zde konkretizovány a rozčleněny podle běžného uspořádání tematických okruhů tak, aby byla pokryta výuka chemie v celém svém rozsahu (Steinbauerová, 2009). Taktéž byla provedena obsahová i didaktická analýza v té době nejčastěji používaných pěti středoškolských učebnic (učebnice byly vybrány dle Klečky, 2008), které se věnují tématu sacharidy. V neposlední řadě se vycházelo z výsledků znalostního pretestu, který byl navržen

A. Steinbauerovou ve spolupráci s autorkou habilitační práce a následně zadán celkem 51 gymnaziálním žákům (Steinbauerová, 2009).

Na základě výsledků analýz i vyhodnocení zadaného pretestu byl v programu Macromedia Flash 8.0 s podporou programovacího jazyka ActionScript 2.0 vytvořen výukový program s názvem Sacharidy, který se skládá z 9 dílčích animací.

Hlavním cílem výukového programu bylo zefektivnit vzdělávací proces. Výukový program je interaktivní a je zaměřený na vybrané kapitoly z učiva sacharidy (tvorba cyklické struktury z acyklické, hlavní charakteristiky sacharidů). Součástí programu jsou videa chemických experimentů, didaktický test a didaktická hra.

#### 3.4.2 **Metabolismus sacharidů**

Před samotnou tvorbou výukového programu byla opět provedena podrobná rešerše kurikulárních dokumentů, učebnic a též i v té době na internetu dostupných výukových programů (animací), které se týkaly tématu metabolismus sacharidů. I v tomto případě byly na základě navrhnutého znalostního pretestu zjišťovány problematické partie týkající se analyzovaného tématu. Test vyplnilo 26 gymnaziálních žáků (Čermáková, 2012).

Na základě výsledků analýzy i pretestování byl v programu Adobe Flash 8.0 s podporou programovacího jazyka ActionScript 2.0 vytvořen výukový program s názvem Metabolismus sacharidů, který byl primárně určen pro středoškolské učitele chemie (Čermáková, 2012).

Hlavním cílem programu bylo zefektivnit vzdělávací proces. Byl zaměřený na vybrané kapitoly z učiva týkajícího se metabolismu sacharidů (trávení sacharidů, glykolýza, glukoneogeneze, odbourávání pyruvátu, laktátový a alaninový cyklus, citrátový cyklus). Součástí programu byly dva didaktické testy a didaktická hra (pexeso) (Čermáková, 2012).

#### 3.4.3 **Enzymy, vitaminy a hormony**

Před tvorbou výukového programu s názvem Enzymy, vitaminy a hormony byla provedena podrobná analýza kurikulárních dokumentů, maturitních požadavků (specifických cílů) ke zkoušce z chemie (MŠMT, 2008) a též čtyř v té době nejčastěji používaných učebnic, které obsahovaly téma enzymy, vitaminy a hormony (učebnice byly vybrány dle Klečky, 2008). Následně O. Kučerovou ve spolupráci s autorkou habilitační práce byly navrženy dva pretesty, jejichž cílem bylo zjistit pro žáky problematické úseky analyzovaného tématu. Pretestování bylo prováděno v roce 2008 celkem na 140 gymnaziálních žácích (Kučerová, 2009).

Celý výukový program byl vytvořen v programu Adobe Flash CS3 Professional s podporou programovacího jazyka ActionScript 2.0 (Kučerová & Teplá, 2009).

Cílem výukového programu bylo zvýšit motivaci žáků k výuce této části učiva. Výukový program si nekladal za cíl nahradit klasické učebnice chemie, ale měl sloužit pouze jako doplněk k výuce. Princip výukového programu spočíval v použití zajímavých obrázků a poutavých dynamických animací.

#### 3.4.4 Trávení a trávicí soustava člověka

Před tvorbou samotného výukového programu bylo v roce 2017 realizováno dotazníkové šetření, kterého se zúčastnilo 146 učitelů chemie či biologie vyučujících na českých školách. Z dotazníkového šetření vyplynulo, že učitelé vnímají téma Trávení jako mezipředmětové, přesto je téma vyučováno především v biologii, učitelé zároveň poukázali na nedostatek materiálů, které by pomáhaly implementovat problematiku trávení do obou předmětů stejně. Dále vyplynulo, že významným prvkem při výuce analyzovaného tématu je podpora názornosti a propojování vědeckých poznatků s každodenním životem (Šarboch & Teplá, 2019b).

Na základě výsledků dotazníkového šetření byl v programu Adobe Flash Professional CS6 s podporou programovacího jazyka ActionScript 2.0 vytvořen výukový program s názvem Trávení v lidském organismu, který se skládá z 26 dílčích animací (Šarboch, 2018) a byl publikován v českém (Šarboch & Teplá, 2020) i anglickém jazyce (Šarboch & Teplá, 2019a).

Hlavním smyslem vytvořeného výukového programu bylo zvýšení efektivity výuky tématu trávení v lidském těle na středních školách. S tím souvisí i možnost využití této animace např. při samostudiu žáků. Program je možné využít jak v klasických vyučovacích hodinách, tak v hodinách seminárních (Šarboch, 2018; Šarboch & Teplá, 2020).

Výukový program byl zpracován mezipředmětově takovým způsobem, že biologická složka se zabývá především anatomií a fyziologií trávicí soustavy, chemická složka je zaměřena na biochemické pochody, které se odehrávají během trávení potravy (zaměřeno na sacharidy, lipidy a proteiny) (Šarboch & Teplá, 2020).

#### **Ověření materiálu v rámci pedagogického výzkumu**

V rámci pilotního šetření na škole gymnaziálního typu bylo zkoumáno, jaký vliv mělo zařazení výukového programu Trávení v lidském organismu do výuky na střední škole (vyšší ročníky gymnázia). Šetření bylo provedeno na české střední škole v roce 2018 a účastnilo se ho 30 respondentů, kteří byli rozděleni na kontrolní skupinu, v níž probíhala výuka tradičním způsobem, a experimentální skupinu, v níž výuka byla podporována zařazením vzdělávacích animací (Šarboch & Teplá, 2020).

Základem pro realizaci šetření bylo stanovení následující hypotézy: „Žáci, kteří při výukovém procesu pracují s animacemi (experimentální skupina), dosahují lepších studijních výsledků a jsou více motivováni, než žáci učící se pomocí tradičních učebních metod (kontrolní

skupina)“. Jako výzkumný nástroj byly při této pilotáži použity dva typy dotazníků: MSLQ a IMI, zároveň žáci vyplňovali pretest a posttest. Tyto testy měly za úkol určit úroveň studijních výsledků u kontrolní a experimentální skupiny (Šarboch & Teplá, 2020). Získaná data byla statisticky zpracována za použití statistických testů a následně interpretována.

Výsledky ukázaly, že používání vzdělávacích animací ve výuce má veliký pozitivní efekt na téměř všechny sledované složky vnitřní motivace žáků při výuce přírodovědných předmětů (konkrétně na *zájem/potěšení*, *uvědomění si svých schopností*, *hodnota/užitečnost*) a menší pozitivní efekt na *úsilí/důležitost*. Věcná významnost byla posuzována prostřednictvím koeficientu  $r$  a bylo zjištěno, že používání vzdělávacích animací ve výuce má velký pozitivní efekt na téměř všechny složky vnitřní motivace žáků při výuce přírodovědných předmětů (*zájem/potěšení*,  $r = 0,57$ ; *uvědomění si svých schopností*,  $r = 0,46$ ; *hodnota/užitečnost*,  $r = 0,51$ ) a menší pozitivní efekt na *úsilí/důležitost*,  $r = 0,28$ . Dále bylo zjištěno, že vhodné zařazení vzdělávacích animací do výuky má pozitivní vliv na dosažení lepších studijních výsledků. Ve vztahu k věcné významnosti lze konstatovat, že tento rozdíl byl veliký ( $r = 0,58$ ) (Šarboch & Teplá, 2020; Šarboch, Teplá, Šrámek & Sloupová, 2020).

Na pilotní šetření navazuje hlavní výzkumné šetření, jež je v současné době vyhodnocováno v rámci disertační práce D. Šarbocha. Doposud zpracované výsledky vykazují podobné závěry, ke kterým se dospělo v rámci pilotního šetření.

### 3.4.5 Dýchání a dýchací řetězec

I v tomto případě bylo před samotnou tvorbou výukového programu v roce 2017 realizováno dotazníkové šetření, kterého se zúčastnilo 151 učitelů chemie či biologie vyučujících na českých školách. Z výsledků vyplynulo, že téma dýchacího řetězce je vyučováno v rozdílných ročnících v rámci biologie a chemie, což nenapomáhá k propojování mezioborových souvislostí. Navíc je z velké části dýchací řetězec vyučován v biologii v prvních ročnících v souvislosti s buňkou, kdy zatím žáci neprošli výukou organické chemie, neboť v chemii je téma nejčastěji vyučováno až ve třetím ročníku v souvislosti s citrátovým cyklem a dalšími metabolickými procesy. S dýchací soustavou člověka je téma propojováno minimálně, přestože učitelé uváděli, že pro zvýšení efektivity výuky zmiňovaného tématu je zapotřebí zapojit především mezipředmětové vztahy. Z pohledu učitelů je téma pro výuku zajímavé, spíše oblíbené, avšak stěží vysvětlitelné a spojené s náročnou přípravou na výuku. Učitelé vypověděli, že pro žáky je téma spíše neoblíbené, obtížně pochopitelné, přesto spíše zajímavé. Učitelé uvedli, že je nedostatek materiálů pro výuku tohoto tématu a zhodnotili dostupné výukové materiály i učebnice jako nedostatečné po stránce didaktické i obsahové. Učitelé především kritizovali nedostačující propojení oborů chemie a biologie. Výsledky dotazníkového šetření dále potvrdily, že pro efektivní výuku dýchacího řetězce by měly být



uplatňovány kromě zmíněných mezipředmětových souvislostí i vizualizační prvky a propojení s běžným životem (Teplá & Čermáková, 2019a).

Na základě výsledků dotazníkového šetření byl v programu Adobe Flash Professional CS6 s využitím programovacího jazyka ActionScript 2.0 vytvořen výukový program s názvem Dýchání a dýchací řetězec, který je celkem složen z 23 animací s cílem vytvořit výukový materiál, který by usnadnil chápání biochemických dějů prostřednictvím dynamických animací (Čermáková, 2018; Teplá & Čermáková, 2019b).

Výukový program je určen pro výuku chemie i biologie na středních školách zejména gymnaziálního typu, dále může být poskytnut žákům, kteří jej mohou využít při samostudiu. Jeho hlavním cílem je zvýšení motivace a zájem žáků o probírané téma, propojení mezioborových souvislostí tématu v rámci biologie a chemie pomocí vytvořených animací a v neposlední řadě procvičení tématu pomocí vytvořených testů (Čermáková, 2018).

Vzniklé výukové animace propojují učivo celého procesu dýchání. Na základě animací by si měl žák uvědomit, k čemu konkrétně organismus využívá kyslík. Žák by tak měl získat celistvý pohled na proces dýchání a cestu kyslíku včetně zahrnutí dýchacích cest, transportu kyslíku a jeho konečného využití v buňkách (Teplá & Čermáková, 2019b).

#### 3.4.6 Lipidy a biologické membrány mezioborově

Výukový program s názvem Lipidy byl vytvořen v programu Adobe Animate CC s podporou programovacího jazyka ActionScript 3.0.

Výukový program Lipidy objasňuje problematiku související s tématem lipidy a je navržen tak, aby podpořil mezipředmětové vztahy předmětů chemie a biologie. Soubor výukových animací může být využit při výuce na středních školách a gymnáziích, taktéž ho žáci mohou použít jako vzdělávací materiál při samostudiu (Josífková, 2020).

Cílem výukového programu je zvýšení motivace a zájmu žáků o probírané učivo, které je v tomto případě předkládáno interaktivním dynamickým způsobem. Zároveň je kladen důraz na propojení obou předmětů, tedy chemie a biologie, čímž jsou podpořeny mezipředmětové vztahy. Chemická složka je v animaci zahrnuta především při vysvětlení a znázornění struktury acylglycerolů, vyšších mastných kyselin, složených lipidů a jiných přírodních látek, dále je zahrnuta v reakci esterifikaci, při objasnění nasycenosti vyšších mastných kyselin nebo určení konfigurace *cis/trans*. Biologická složka je zastoupena především při znázornění biologické membrány a membránového transportu, dále při vysvětlení vztahu mezi výživou a nasycenými nebo nenasycenými tuky. Cílem výukového programu je v neposlední řadě i procvičení získaných informací, materiál totiž obsahuje různé úkoly, které žákům mohou sloužit jako zpětná vazba (Josífková, 2020).

### 3.4.7 Buněčná signalizace

Na základě analýzy na webu dostupných videí a na základě stanovených hodnotících kritérií (Bílek, 2007) byla vytvořena interaktivní animace na téma buněčná signalizace. Výuková animace byla vytvořena v programu Adobe Animate CC jako soubor typu HTML5 Canvas v rozlišení 1024 x 768 (XGA). Interaktivita bylo docíleno vytvořením kódů v programovacím jazyce JavaScriptu (Chaloupková, 2021).

Cílem výukové animace bylo pomoci žákům učivo více pochopit a obohatit vyučovací hodinu. Žáci by pak mohli projevit větší zájem o probíranou látku. Animace je složena z tří dílčích animací týkajících se buněčné signalizace (Chaloupková, 2021).

Vzhledem k tomu, že téma buněčná signalizace nebylo v RVP pro gymnázia explicitně zmíněno, autorka doporučuje zařazení materiálů spíše do semináře předmětů chemie, respektive biologie či předmětu, který tyto obory integruje (Chaloupková, 2021).

### 3.5 Vzdělávací webový portál Studiumbiochemie.cz

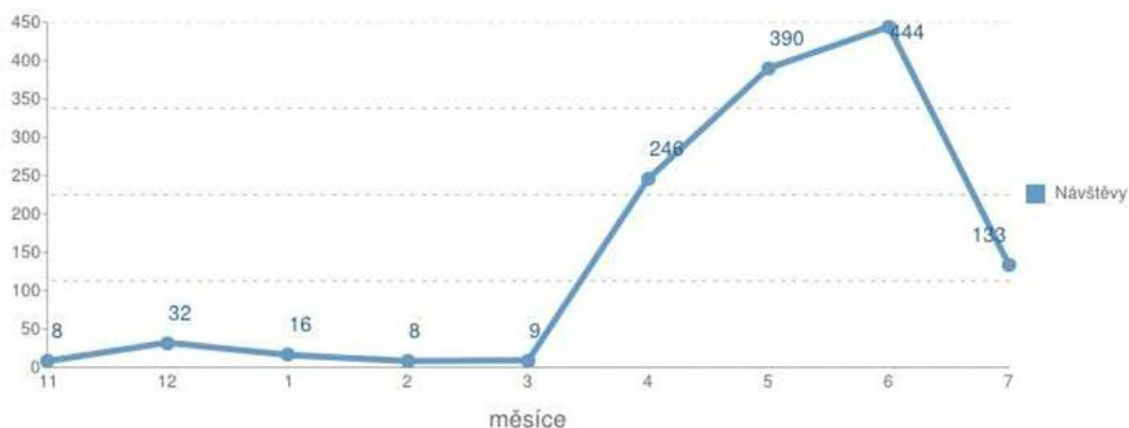
Výukové materiály (včetně doprovodného studijního textu, popř. poznámek pro učitele), které jsou zmíněny či detailněji přiblíženy v kapitolách 3.2 až 3.4, jsou součástí vzdělávacího webového portálu s názvem Studiumbiochemie.cz (<http://www.studiumbiochemie.cz/>), jehož cílem je prezentovat vytvořené materiály v ucelené podobě.

Vzdělávací portál byl vytvořen v listopadu roku 2013 autorkou práce a od té doby je neustále revidován, upravován a doplňován nově vznikajícími materiály. Cílem portálu je prezentovat materiály (studijní texty, animace, prezentace, didaktické hry atd.), které jsou určeny pro podporu výuky biochemie na středních školách (základní i nadstavbové učivo) a jsou určeny pro žáky středních škol, studenty vysokých škol a jejich učitele (Teplá & Klímová, 2014b).

Portál je rozdělen pěti hlavními odkazy na (i) základní kapitoly z biochemie, (ii) mezioborově sestavené kapitoly, (iii) kapitoly, které se týkají organické chemie, (iv) další materiály a (v) odkazy. Materiály uvedené v kapitole 3.2 a 3.3 jsou součástí základních kapitol z biochemie; materiály uvedené v kapitole 3.4, jsou součástí základních kapitol, mezioborově sestavených kapitol či kapitol týkající se organické chemie (Struktura monosacharidů). Příkladem na webovém portálu zpracovaných kapitol jsou kapitoly Fotosyntéza a Dýchací řetězec, jejichž obsah je součástí přílohy č. 4 a č. 5 této práce.

Kapitoly jsou nejčastěji vytvářeny jako kompaktní studijní text, který je doplněn o doprovodnou názornou ilustraci (nejčastěji obrázky vytvořené v animačním programu Adobe Animate či vzorce vytvořené v programu ChemSketch). Některé kapitoly jsou též doplněny o odkazy na dynamickou vizualizaci (animace či videa), která znázorňuje ve studijním textu popsané biochemické děje (Teplá & Klímová, 2014d). Kombinací studijního textu, statické vizualizace (obrázku), dynamické vizualizace (animace) lze předpokládat snížení kognitivní zátěže kladené na žáka (animace předkládá sice informace v souvislostech, avšak pouze přechodně, kdežto obrázek předkládá informace permanentně, avšak bez souvislého znázornění probíhajících změn) (Berney & Betrancourt, 2016; Castro-Alonso, Wong, Adesope & Ayres, 2019; Kaushal & Panda, 2019).

Na Webovém portálu byl počítadlem Blueboard sledován počet návštěv a počet zobrazení, ze kterého lze vypočítat rostoucí tendence (viz obr. 3.4 a 3.5). V roce 2013 a počátkem roku 2014 byly přístupy minimální (jednotky návštěvníků měsíčně), od dubna 2014 to již byly stovky návštěv měsíčně, v roce 2017 bylo zaznamenáno několik tisíců měsíčních zobrazení webových stránek, v roce 2018 počty zobrazení vzrostly i nad 17000. Ke dni 28. ledna 2020 bylo počítadlem zaznamenáno 301 000 přístupů (kumulativní četnost).



Obrázek 3.4: Záznam počtu návštěv na webových stránkách Studiumbiochemie.cz (osa x: období sledování, rok 2013/2014; osa y: počet návštěv).



Obrázek 3.5: Záznam počtu návštěv/zobrazení webových stránek Studiumbiochemie.cz (osa x: období sledování, rok 2017/2018; osa y: počet návštěv/zobrazení).

Z počtu přístupů na webové stránky i na základě osobních rozhovorů, mailové korespondence či konverzace na sociálních sítích s učiteli lze dedukovat, že o webové stránky Studiumbiochemie.cz má širší veřejnost (učitelé všech typů škol a jejich žáci/studenti) poměrně významný zájem, a že cíl webových stránek byl naplněn, jak dokládají následující citace učitelů: „Využívám řadu let k naprosté spokojenosti, výborná schémata, animace....chválím.“ „Jasně, přehledně zpracované, skvělá schémata“ „Děkuji moc. Často využívám“ „Jste pro mne zárukou kvality.“ „My z Olomouce bohužel do Prahy necestujeme tak často, jak bychom si přáli. Jsme s Vámi ale v kontaktu skrze Vaše vynikající materiály.“

K webovému portálu Studiumbiochemie.cz byl na webovém portálu youtube.com vytvořen kanál uživatele s názvem StudiumBiochemie. Kanál obsahuje 9 playlistů a doposud na něj bylo nahráno 102 videí (\*.mp4), která byla vytvořena z původních animací pomocí aplikace Adobe Media Encoder formátem H.264. Pro přehrání starších animací je totiž nutné mít nainstalován Adobe Flash Player, který však již není podporován. Animace jsou zároveň postupně převáděny do podoby dynamické webové stránky s podporou programovacího jazyka JavaScriptu.

### 3.6 Aplikace Corinth

V předchozích kapitolách byly představeny dynamické vizualizace, které vytvářela autorka práce či vznikaly pod jejím vedením. V této kapitole budou představeny materiály, které vytvářela firma Corinth, se kterou autorka práce spolupracovala na vývoji vzdělávací pomůcky s názvem Aplikace Corinth. Úlohou autorky v rámci spolupráce bylo navrhovat 3D modely, animace a videa pro vzdělávací účely cílené do výuky chemie na základních a středních školách a následně kontrolovat jejich provedení, dále navrhnout a realizovat pedagogický výzkum, který by posuzoval vliv vytvořené aplikace na žáky.

#### Aplikace Corinth

Firma Corinth je český start-up zabývající se vývojem interaktivních 3D pomůcek pro výuku přírodních věd (Tišl, 2015). Jedním z výsledků tohoto inovátora ve vzdělávání je aplikace Corinth, na jejímž vývoji se podílela autorka habilitační práce. Aplikace získala několik ocenění (např. od americké asociace The Software & Information Industry Association (SIIA) získala v roce 2015 ocenění „Most Innovative Runner-Up“ v rámci jejího renomovaného programu „SIIA Innovation Incubator“ (Honsová, 2017). Na americkém trhu je aplikace Corinth známá skrze výukovou platformu Lifeliqe, která byla v roce 2017 oceněna Americkou asociací knihoven jako „Best App for Teaching and Learning“ (ALA, 2017).

Aplikace Corinth je výukový software vyvíjený ve spolupráci s odborníky z několika univerzit (Univerzita Karlova, Stanford University, Univerzita Konstantína Filozofa v Nitre, Jihočeská Univerzita v Českých Budějovicích, The University of Tennessee Knoxville) a je určená pro podporu digitálního vzdělávání na základních i středních školách (Teplá, Teplý, Distler & Šmejkal, 2021b; Corinth s.r.o., 2020). Z Univerzity Karlovy se do vývoje zapojili především odborníci a didaktici přírodovědných oborů, za chemickou část autorka habilitační práce.

Aplikace se soustředí na podporu výuky přírodních věd s cílem zvýšit názornost učiva, které bývá pro žáky mnohdy velmi abstraktivní a stěží představitelné. Aplikace Corinth má podobu knihovny s více než 1500 vizuálními objekty, které zahrnují převážně 3D modely (statické i animované), mikroskopické snímky, videa, fotogalerie, animace, 360° dioramata či hloubkové zoomy (viz obr. 3.6). Tematicky se pomůcka věnuje chemii, biologii, geologii, fyzice, geometrii, astronomii a okrajově též vybraným tématům z kultury či dějepisu (Teplá, 2017; Teplá et al., 2021b).



Obrázek 3.6: Aplikace Corinth (zdroj firma Corinth, 2021).

Oproti běžné učebnici, online videu nebo prezentaci může učitel nebo žák 3D model ovládat jako by jej držel v ruce. Může se tak z libovolného úhlu pohledu zaměřit na různé detaily, které nevyniknou při pohledu na 2D objekt, nebo se podívat, jak věci fungují uvnitř objektu. Modely i animace lze otáčet, zvětšovat (zoomovat) a interaktivně zvýrazňovat jejich jednotlivé části, animace lze zastavovat. Modely mají k dispozici také popisky jednotlivých částí modelu a celkový popis modelu (Teplá et al., 2021b). Většina modelů je převedena do formátu vhodného pro využití k 3D tisku (Teplá, 2017).

Vzdělávací aplikace nabízí i možnost augmentované („rozšířené“) reality a virtuální reality (Šprdlík, 2017). Augmentovaná realita popisuje technologii, která umožňuje promítat obsah do reálného prostředí, typicky skrze displej nebo částečně průhlednou plochu. Tím obohacuje (rozšiřuje) vizuální vjem o nové informace, které člověk může přijímat zároveň s těmi, které mu poskytují reálný svět. V praxi to znamená, že pomocí webkamery lze umístit jakýkoliv model z nabídky aplikace do okolního prostředí (Šprdlík, 2017). Virtuální realita popisuje technologii umožňující uživateli interagovat se simulovaným prostředím.

## Vzdělávací obsah tématu Chemie

V následujícím textu bude představen obsah aplikace Corinth, jenž je vhodný do výuky předmětu chemie na základních a středních školách. Celý obsah celku chemie byl navržen a revidován autorkou habilitační práce.

V aplikaci Corinth v sekci chemie najdeme tři typy modelů – dynamické vizuální modely (model představuje pohyblivou animaci), 3D modely (modely lze pomocí pohybu prstu po obrazovce tabletu či podobného zařízení natáčet), kombinaci obou (3D animace) a dále videa. Důvodem tvorby a následného používání dynamických i 3D modelů ve výuce chemie je, že oba typy modelů logicky předávají informace, které jsou ucelenější a hodnotnější než statická planární zobrazení (Teplá, 2017).

Aplikace Corinth obsahovala v době realizace pedagogického experimentu 259 modelů, které byly vytvořeny cíleně do výuky chemie. Vzdělávací obsah celku Chemie vychází z klasického členění vědního oboru na: obecnou chemii, anorganickou chemii, organickou chemii a biochemii. Celek je doplněn o nepostradatelnou periodickou tabulku a videa chemických experimentů (Teplá et al., 2021b).

Do výuky obecné chemie byly vytvořeny modely, které lze tematicky rozčlenit do pěti oblastí: látky, směsi a roztoky; stavba látek (modely atomů); chemická vazba (kovalentní, polární, iontová); základní typy chemických reakcí a acidobazické reakce. Jedná se především o dynamické animace, které lze v některých případech volně otáčet v prostoru (žák vnímá trojrozměrný obrázek). Jedněmi z těchto 3D modelů jsou např. modely, které znázorňují hydratační obaly okolo aniontů/kationtů rozpuštěných ve vodě. Žák na základě modelu pozoruje, jak molekuly vody obklopují ion, jak jsou molekuly vody vůči iontu v prostoru orientovány a též, že jsou molekuly v neustálém pohybu. To umožní žákovi pochopit princip vzájemné interakce kladné části molekuly vody s aniontem rozpuštěné soli a naopak (Teplá et al., 2021b).

Do výuky anorganické chemie můžeme vytvořené modely rozdělit též do pěti skupin: nekovy; polokovy; kovy; sloučeniny a minerály. Jedná se vesměs o 3D modely znázorňující tvary molekul (např. model kyseliny sírové, vody, ledu) či krystalových struktur (např. model diamantu, grafitu, kalcitu). Žák může pozorovat, že kuchyňská sůl (NaCl) nejsou dva izolované atomy, ale že v prostoru ionty sodíku a chloru tvoří periodicky se opakující strukturu (Teplá et al., 2021b).

Modely vytvořené do výuky organické chemie opět můžeme rozdělit do pěti oblastí: struktura organických látek; uhlovodíky; deriváty uhlovodíků; stereochemie a základní typy chemických reakcí (nukleofilní substituce). Podstatnou skupinu modelů tvoří 3D modely znázorňující jednotlivé modely molekul organických látek (ethanol, kyselina octová, alanin atd.). Součástí

jsou modely, které znázorňují problematické, avšak podstatné úseky ve výuce organické chemie – rozložení elektronové hustoty při vzniku různých typů chemických vazeb, hybridizace a stereochemie (Teplá et al., 2021b).

Do výuky biochemie byly vytvořeny 3D modely přírodních látek – sacharidů, vitaminů, koenzymů a i poměrně strukturně komplikovaných nukleových kyselin.

Periodická tabulka je opět provedena jako 3D model, což umožňuje to, že žáci mohou lépe sledovat trendy související s periodickou tabulkou prvků (elektronegativita, poloměry atomů, teploty tání apod.).

Aplikace v současné podobě je přímo využitelná ve výuce chemie na základních i středních školách. Vytvořený vzdělávací obsah vychází z rámcových vzdělávacích programů pro oba typy vzdělávání, avšak vzhledem ke stručnosti RVP bylo přihlíženo i k analýze několika reálných školních vzdělávacích programů. Lze tedy tvrdit, že aplikace Corinth pokrývá značnou část vzdělávacího obsahu předmětu chemie na základních školách.

Aplikace Corinth byla následně použita jako nosný výukový materiál pro realizovaný pedagogický experiment popsáný v následujících kapitolách.



## 4 Výzkumné šetření – metodologie

Na základě rešerše literatury doposud realizovaných výzkumů, která zkoumá dopad dynamické vizualizace na žáky a jejíž výsledky jsou součástí teoretické části práce (kap. 2.3 a 2.4), se dospělo k závěru, že výsledky doposud publikované především v zahraničních časopisech a dalších odborných výstupech jsou značně nejednotné (Castro-Alonso et al., 2019, Kaushal & Panda, 2019). Autoři Kaushal a Panda (2019) i jiní autoři navrhuje, aby se vliv dynamické vizualizace dále sledoval a zkoumal včetně moderujících proměnných, které tento vliv výraznou měrou ovlivňují.

Nejednoznačná evidence dopadu dynamické vizualizace na kvalitu výuky (popř. na žáky) se prolíná i do diskuzí probíhajících v řadách učitelů i politiků z České republiky, neboť v rámci českého školství výzkumy posuzující dopad dynamické vizualizace na kvalitu výuky nebyly v širším měřítku doposud realizovány. České republice byla již v roce 2014 schválena strategie digitálního vzdělávání (MŠMT, 2014), která měla podpořit rozvoj digitalizace vzdělávání na základních a středních školách. Jedním z prioritních cílů této strategie bylo otevřít vzdělávání novým metodám a způsobům učení prostřednictvím digitálních technologií. V rámci strategie digitálního vzdělávání byly zakoupeny a poskytnuty vizualizační pomůcky (konkrétně aplikace Corinth – viz stručné představení v kapitole 3) pro vybrané školy (cca 60 škol) v rámci Královéhradeckého kraje.

Aby mohly být jednoznačně předloženy důkazy o dopadu dynamické vizualizace na žáky základních i středních škol České republiky, byl autorkou habilitační práce navrhnout a následně realizován pedagogický výzkum, který zkoumal vliv používání dynamické vizualizace (3D modelů a animací) na žáky v přírodovědných předmětech (přírodopis/biologie; chemie; zeměpis/geologie) se zaměřením na vnitřní motivaci žáků a na úroveň dosažených znalostí. Zároveň zkoumal vliv potenciálních moderujících proměnných, jako jsou věk, stupeň vzdělávání, vyučovaný předmět a osobnost učitele. V habilitační práci je výzkum včetně diskuze výsledků detailně představen v kap. 4 až 6.

## 4.1 Stanovení výzkumného cíle a výzkumných otázek

**Hlavní cíl** (výzkumný problém) v práci představeného výzkumného šetření byl stanoven takto: *Jaký vliv má používání dynamické vizualizace (animací a 3D modelů) určené pro podporu přírodovědných předmětů na vnitřní motivaci žáků (konkrétně na zájem žáka, uvědomění si svých nabytých schopností, na ochotě vkládat úsilí do výuky a vnímání významu) a na úroveň získaných poznatků na úrovni ISCED 2 a ISCED 3.*

Z toho důvodu byl autorkou práce navržen a následně realizován **kvantitativně orientovaný pedagogický výzkum**, jehož cílem bylo nalézt odpovědi na následující tři **základní výzkumné otázky (VO)**:

- VO1. Jaký vliv má dynamická vizualizace (animace a 3D modely) na vnitřní motivaci žáků (konkrétně na zájem žáka, uvědomění si svých nabytých schopností, na ochotě vkládat úsilí do výuky a vnímání významu)? (ve srovnání se statistickou reprezentací učiva)*
- VO2. Jaké faktory a jakou silou ovlivňují efektivitu dynamické vizualizace (animací a 3D modelů) ve vyučovacím procesu? (ve srovnání se statistickou reprezentací učiva)*
- VO3. Jaký vliv má dynamická vizualizace (animace a 3D modely) na úroveň získaných poznatků? (ve srovnání se statistickou reprezentací učiva)*

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

1. **zájem/potěšení** (Byla vyučovací hodina pro žáky zábavná /zajímavá? Práce je bavila? Vyučovací hodina se jim líbila?),
2. **úsilí** (Jsou žáci ochotni vkládat úsilí do průběhu vyučovací hodiny? Snaží se žáci uspět? Bylo pro žáky důležité uspět?),
3. **uvědomování si schopností** (Mají žáci pocit, že si vedli dobře? Porozuměli žáci probírané látce? Zvládli žáci práci v hodině?),
4. **pocit'ování hodnoty/užitečnosti** (Je zvolený styl výuky (kontrolní či experimentální) pro žáky užitečný a důležitý? Přispívá zvolený styl výuky (kontrolní či experimentální) k lepšímu pochopení látky?).

Výše stanovené výzkumné otázky byly před realizací **předvýzkumu** specifikovány (více viz kap. 5.1.1 a kap. 5.1.2). V **hlavním výzkumném šetření** byla ponechána specifikace výzkumných otázek s tím, že specifikovaná výzkumná otázka VO1\_2 byla doplněna o část B), specifikovaná výzkumná otázka VO1\_3 byla doplněna o část B) a C) a specifikovaná výzkumná otázka VO2\_1 byla modifikována dle zkoumajících potenciálních proměnných (více viz kap. 5.2.1).

## 4.2 Výběr metody, účastníků a výukového materiálu (zdroj animací a 3D modelů)

Základní metodou výzkumné části habilitační práce byla zvolena **srovnávací studie ve formě pedagogického experimentu**, která zkoumala dopad dynamické vizualizace na žáky ve výuce chemie a dalších přírodovědných předmětů ve srovnání se statickou reprezentací učiva. Jako nezávisle (zkoumaná) proměnná tedy byla zvolena odlišná reprezentace učiva a sledovalo se, zda rozdíl může zapříčinit změnu ve vnitřní motivaci žáků a změnu v úrovni nabytých znalostí (závislé proměnné).

### 4.2.1 Výzkumný vzorek, kontrolní a experimentální skupina, kontrolní a experimentální výuka

Celkem se hlavního výzkumného šetření zúčastnilo 565 žáků (321 dívek, 238 chlapců, 6 žáků své pohlaví neuvedlo) základních i středních škol Královéhradeckého kraje ve věkovém rozpětí 11 až 20 let. Výzkumná část se tedy primárně zaměřuje na vzdělávání na úrovni ISCED 2 (2. stupeň základní školy a tomu odpovídající ročníky víceletých gymnázií) a ISCED 3 (střední škola).

V kontrolní skupině bylo 242 žáků, v experimentální 323 žáků. Nejvíce žáků bylo v rámci výzkumu sledováno v předmětech přírodopis/biologie, jednalo se o 350 žáků, 124 žáků pak v předmětu chemie a 70 žáků v předmětu zeměpis (geologie). Výzkum byl vzhledem k dostupnosti použitého výukového materiálu (aplikace Corinth) omezen na Královéhradecký kraj, jelikož zde byl pro 60 základních či středních škol (včetně gymnázií) výukový materiál (aplikace Corinth) zakoupen.

Aby bylo možné porovnávat žáky kontrolní i experimentální skupiny bylo zapotřebí, aby jejich učitelé v době výzkumu vyučovali přírodovědně zaměřené předměty ve dvou paralelních třídách, měli možnost používat ve výuce aplikaci Corinth a souhlasili s účastí na výzkumném šetření. Výběr žáků byl tedy prováděn vzhledem ke koncepci celého výzkumu prostřednictvím náhodného výběru jejich učitelů, čímž bylo vybráno 11 učitelů ze seznamu 50, kteří vyhovovali výše uvedeným podmínkám. Ve všech případech se jednalo o učitele základních či středních škol. Všichni učitelé měli dokončené vysokoškolské vzdělání a průměrná doba vykonávání pedagogické praxe byla 17 let, medián činil 15,5 let.

Všichni zapojení učitelé absolvovali v únoru – červnu 2019 dvoudenní školení zaměřené na seznámení s používanou pomůckou – aplikací Corinth, jež byla zdrojem dynamických vizualizačních pomůcek (především 3D otočných modelů, animací či videí). Kromě technických parametrů učitelé též zkoumali obsah aplikace a zjišťovali možnosti zapojení pomůcky do vyučovacího procesu. Celkově proběhlo 6 takovýchto školení s tím, že každého

školení se zúčastnilo přibližně 30 učitelů z Královéhradeckého kraje. Autorka habilitační práce byla přítomna na pěti z nich.

Vzhledem k tomu, že každý učitel vyučoval ve dvou paralelních třídách, byla vždy jedna třída losem označena jako kontrolní třída, druhá pak jako třída experimentální. Žáci všech experimentálních tříd tvořili **experimentální skupinu (ES)**. Žáci všech kontrolních tříd tvořili **kontrolní skupinu (KS)**.

**Experimentální výukou** je v habilitační práci nazývaná výuka, ve které byli žáci experimentální skupiny po dobu tří měsíců (minimálně deseti týdnů) vyučováni s podporou dynamických vizualizačních pomůcek (především 3D modelů a animací) z aplikace Corinth (bez závislosti na použité výukové metodě). **Experimentální vyučovací hodinou** je nazývána vyučovací hodina (VH), ve které učitel vyučoval s podporou aplikace Corinth.

**Kontrolní výukou** je v habilitační práci nazývaná klasická (běžná, tradiční) výuka, ve které se učilo klasickým (tradičním, běžným) doposud učitelem používaným stylem výuky, tedy obdobným způsobem jako v experimentální skupině, avšak bez použití dynamických vizualizačních pomůcek. V kontrolní skupině mohly být používány pouze statické 2D vizualizace (např. obrázky z učebnice). **Klasickou (tradiční, běžnou) vyučovací hodinou** je nazývána vyučovací hodina, ve které učitel vyučoval tradičním způsobem výuky pouze s využitím statické reprezentace učiva.

Bylo nezbytné, aby učitel v kontrolní i experimentální skupině vyučoval shodné učivo (shodný vzdělávací obsah), používal totožné výukové metody a v obou skupinách (paralelních třídách) si kladl stejné výukové cíle.

#### 4.2.2 Použitý výukový materiál

Jako zdroj dynamické vizualizace (především animací a 3D modelů) sloužila aplikace Corinth (viz kap. 3.6).

### 4.3 Sběr dat – použité výzkumné nástroje

V rámci navrženého předvýzkumu a následně pedagogického výzkumu (hlavního výzkumného šetření) bylo použito několik výzkumných nástrojů, které se úspěšně používají v didaktických disciplínách.

Vzhledem k tomu, že stanoveným hlavním cílem pedagogického výzkumu bylo zjistit, jaký vliv má používání dynamické vizualizace na žáka, a to konkrétně na jeho vnitřní motivaci a naučené poznatky, byly použity následující výzkumné nástroje:

- Pro zjištění vlivu na motivační orientaci žáků byly použity dva typy výzkumných nástrojů (viz kap. 4.3.1):
  - Motivated Strategies for Learning Questionnaire (MSLQ – Dotazník motivačních strategií pro učení se) (Pintrich, Smith, Garcia, & McKeachie, 1991)
  - Intrinsic Motivation Inventory (IMI – Dotazník vnitřní motivace) (McAuley, Duncan, & Tammen, 1989; Ryan, 1982).
- Úroveň naučených poznatků byla zjišťována prostřednictvím znalostních pretestů a posttestů (viz kap. 4.3.2).
- S učiteli byl na začátku výzkumu uskutečněn vstupní strukturovaný rozhovor zaměřený na jejich očekávání a současnou praxi. Po poslední vyučovací hodině v rámci pedagogického výzkumu učitelé poskytli výstupný strukturovaný rozhovor, který byl zaměřen na reflexi proběhnuvší výuky (viz kap. 4.3.3).

#### 4.3.1 Standardizované dotazníky: MSLQ a IMI

Na základě nástroje MSLQ (Pintrich, et al., 1991) byl sestaven **pre dotazník** výběrem 16 tvrzení, které spadaly do 4 škál:

- vnitřní cílová motivace (*intrinsic goal motivation*) – tvrzení č. 1, 6, 9, 14 dotazníku uvedeného v příloze 6 (zadávaný pre dotazník);
- sebeúčinnost v učení (*self-efficacy for learning and performance*) – tvrzení č. 2, 8, 11, 13;
- vnější cílová motivace (*extrinsic goal motivation*) – tvrzení č. 3, 5, 10, 16;
- uvědomění vlastní zodpovědnosti při učení se (*control beliefs*) – tvrzení č. 4, 7, 12, 15.

Pre dotazník (viz příloha 6) byl použit v experimentální i kontrolní třídě na začátku 2. vyučovací hodiny, ještě před zahájením experimentální výuky.

Na základě nástroje IMI (McAuley et al., 1989; Ryan, 1982) byly sestaveny post dotazníky zaměřené na tradiční styl výuky (**post dotazník\_kla**, viz též příloha 7) a post dotazníky zaměřené na experimentální styl výuky (**post dotazník\_exp**, viz též příloha 8) vybráním 25 tvrzení, které spadaly do následujících 4 škál:

- zájem / potěšení (*interest /enjoyment*) – tvrzení č. 1, 5, 11, 15, 18, 21, 22 dotazníku uvedeného v příloze 7 resp. 8 (zadávaný post dotazník);
- úsilí (*effort /importance*) – tvrzení č. 2, 6, 12, 19, 23;
- uvědomění si svých schopností (*perceived competence*) – tvrzení č. 3, 7, 9, 13, 16, 25;
- hodnota / užitečnost (*value /usefulness*) – tvrzení č. 4, 8, 10, 14, 17, 20, 24.

Význam tvrzení obou post dotazníků je shodný s tím, že post dotazník\_kla svá tvrzení směřuje ke klasicky vedené vyučovací hodině, Post dotazník\_exp k experimentálně vedené vyučovací hodině. Post dotazníky byly použity jak v klasických, tak v experimentálních vyučovacích hodinách – vždy ke konci vyučování. Ve kterých vyučovacích hodinách byly konkrétně post dotazníky zadávány, je představeno v kap. 4.4.

Poslední otázka (č. 26) post dotazníku určeného pro experimentální styl výuky nevyplývala z nástroje IMI. Jednalo se o otevřenou a pro žáky nepovinnou položku, jejíchž znění bylo: *Máte nějaký vzkaz pro tvůrce animací a 3D modelů či svého učitele/učitelku?*

#### 4.3.2 Znalostní pretest a posttest

Evaluace získaných poznatků byla provedena pomocí znalostních testů, a to vzhledem k náročnosti přípravy testů pouze v rámci předvýzkumu. Celkem byly zadány 4 různé testy, 2 testy byly zaměřeny na předmět chemie (jeden pro 8. ročník, druhý pro 9. ročník), 2 testy na předmět přírodopis (opět jeden pro 8. ročník, druhý pro 9. ročník). Testy byly zpracovávány takovým způsobem, aby obsahovaly učivo, které bylo probíráno, jak v kontrolní, tak zároveň v experimentální skupině. Na přípravě testu se podílel expertní panel, který byl sestaven ze dvou didaktiků (včetně autorky habilitační práce) a dvou učitelů příslušného oboru (včetně učitele daných tříd). Testy byly sestaveny na základě probraného učiva a učitelem stanovených cílů vycházejících z revidované Bloomovy taxonomie kognitivních cílů (Anderson & Krathwohl, 2001). Bylo zařazeno větší množství otázek zkoumajících dosahování vyšších cílů jako konceptuální a procedurální znalosti v dimenzi znalostí a zapamatovat si, porozumět, aplikovat v dimenzi kognitivních procesů. Každý znalostní test byl vždy použit dvakrát, a to na počátku pedagogického výzkumu před experimentálním působením v první vyučovací hodině (**pretest**) a též na jeho konci (po experimentálním působení) v rámci předposlední vyučovací hodiny (**posttest**). Testy byly zcela identické pro experimentální i kontrolní třídy.

Test z chemie pro 8. ročník se skládal z 21 položek a byl zaměřen na obecnou a anorganickou chemii, konkrétně na: chemické látky a jejich složení (stavba atomu), chemickou vazbu, chemické reakce a molekuly vybraných látek (viz příloha 11). Test z chemie pro 9. ročník se skládal z 26 položek a byl zaměřen na obecnou a organickou chemii, konkrétně na: chemickou vazbu, vaznost atomů, vzorce uhlovodíků, tvary uhlovodíků a vlastnosti organických látek (viz příloha 12). Test z přírodopisu pro 8. ročník se skládal z 12 položek a byl zaměřen na biologii člověka, konkrétně na: opěrnou soustavu, pohybovou soustavu a oběhový systém (viz příloha 13). Test z přírodopisu pro 9. ročník se skládal z 12 položek a byl zaměřen na vnější a vnitřní geologické děje, konkrétně na zemětřesení, sopečnou činnost, křehké poruchy a minerály (viz příloha 14).

#### 4.3.3 **Strukturovaný rozhovor a výstupní dotazník pro učitele**

S učiteli, jež se zapojili do výzkumné studie, byl na začátku šetření uskutečněn vstupní strukturovaný rozhovor (viz příloha 9). Cílem vstupního rozhovoru bylo zjistit, jaká jsou očekávání učitelů ve vztahu k implementaci dynamické vizualizace, konkrétně k implementaci aplikace Corinth do výuky. Rozhovor zahrnoval celkem 17 otázek, které byly tematicky rozděleny do čtyř oblastí: otázky orientované na učitele (5 otázek), otázky orientované na žáka (4 otázky), otázky orientované na obsah aplikace Corinth (5 otázek), otázky orientované na veřejný profil školy ve vztahu k zavedení aplikace Corinth do výuky (3 otázky).

Těsně před skončením výzkumné studie byly s učiteli realizovány výstupní strukturované rozhovory. Cílem bylo zjistit, jaké byly časové nároky pro zařazení aplikace Corinth do výuky a jak učitel hodnotil experimentální styl výuky především ve vztahu k vnitřní motivaci zapojených žáků. Strukturované rozhovory se skládaly z 8 socio-demografických a z 24 faktických položek, které byly zaměřeny přímo na používání aplikace Corinth ve výuce s tím, že některé otázky přímo korespondovaly s dotazníky IMI určenými pro žáky (viz příloha 10), aby se mohly porovnat výpovědi žáků s výpovědi učitelů. Prvních 20 faktických položek bylo napsáno formou tvrzení. Učitel prostřednictvím sedmi bodové škály vyjadřoval míru souhlasu s tímto tvrzením. Zbýlým faktické položky z dotazníku byly otevřenými položky, které dávaly možnost učiteli se blíže vyjádřit.

## 4.4 Časový plán předvýzkumu a hlavního výzkumného šetření

### 4.4.1 Předvýzkum

Součástí pedagogického výzkumu je též realizace předvýzkumu s cílem zjistit případné nedostatky zamýšleného výzkumu (Hendl, 2004; Gavora, 2000; Štefl, 1970). Z tohoto důvodu byl nejprve proveden předvýzkum, jehož cílem bylo ve školní praxi ověřit navržené výzkumné nástroje (pre dotazníky i všechny post dotazníky) a zhodnotit jejich reliabilitu, zda některá ze škál neposkytuje výrazně nereliabilní výsledky, což by znamenalo jejich případnou úpravu.

Součástí předvýzkumu bylo též výzkumné šetření, které na základě analýzy pretestů a posttestů zkoumalo dopad dynamické vizualizace (3D modelů a animací) na žákovy poznatky, které se týkaly probírané látky. V této fázi se tedy hledala odpověď na třetí výzkumnou otázku (VO3: Jaký vliv má dynamická vizualizace (animace a 3D modely) na úroveň získaných poznatků? (ve srovnání se statistickou reprezentací učiva)).

Předvýzkum proběhl v období únor – duben 2019 na pražské státní základní škole v 8. a 9. ročníku v předmětech chemie a přírodopis s tím, že v 8. ročníku se v předmětu přírodopis probíralo geologické téma. Na této škole byly v každém ročníku zastoupeny dvě paralelní třídy (označené písmeny A a B). Ve všech třídách vyučoval tentýž učitel. Třídy byly rozdělené na kontrolní (žáci 8A a 9A) a experimentální (žáci 8B a 9B).

V rámci předvýzkumu probíhaly celkově čtyři paralelní studie:

- v 8. ročníku v předmětu přírodopis – biologie člověka (třídy 8A a 8B),
- v 9. ročníku v předmětu přírodopis – geologie (třídy 9A a 9B),
- v 8. ročníku v předmětu chemie – obecná a anorganická chemie (opět třídy 8A a 8B),
- v 9. ročníku v předmětu chemie – organická chemie (opět třídy 9A a 9B).

Ve třídě 8A se předvýzkumu zúčastnilo 18 žáků, ve třídě 8B 15 žáků, ve třídě 9A 18 žáků a ve třídě 9B 15 žáků. Do kontrolní i experimentální skupiny bylo zapojeno vždy 33 žáků. Do předvýzkumu se celkem zapojilo 66 žáků. Vzhledem k tomu, že se jednalo o předvýzkum, počty žáků byly adekvátní (Kubiatko, 2016).

Harmonogram předvýzkumu je identický s harmonogramem první časové etapy hlavního výzkumného šetření (viz dále kap. 4.4.2).

Výsledky předvýzkumu nebyly sloučeny s výsledky hlavního výzkumného šetření z následujících důvodů. Základní škola (resp. třídy zařazené do předvýzkumu) byly vybrány cíleně, neboť bylo zapotřebí evalvovat navržené hodnotící nástroje. Školy a třídy začleněné do hlavního výzkumného šetření byly vybrány náhodným výběrem, jak bylo popsáno v kap. 4. Hlavní výzkumné šetření bylo realizováno v Královéhradeckém kraji, jehož základní a střední



odborné školy (jejich žáci) představují cílovou populaci žáků tedy populaci, na kterou byli výsledky, bylo-li to možné, zobecňovány. Předvýzkum byl realizován v Praze.

Vzhledem k tomu, že se použité výzkumné nástroje v rámci předvýzkumu osvědčily, byly v nezměněné podobě taktéž použity v hlavním výzkumném šetření.

#### 4.4.2 Hlavní výzkumné šetření

Hlavní výzkumné šetření probíhalo ve dvou časových etapách: První etapa proběhla v období duben – červen 2019 a zapojilo se do ní 5 učitelů ze tří škol Královéhradeckého kraje. Druhá etapa proběhla v období říjen – prosinec 2019 a zapojilo se do ní 6 učitelů z 5 škol téhož kraje.

Pedagogický experiment probíhal následovně (viz též obr. 4.1):

- Před zahájením pedagogického experimentu (**preexperimentální období**):
  - s učiteli byl realizován vstupní rozhovor;
  - u žáků prostřednictvím vstupního didaktického testu (**pretestu**) byla zjišťována úroveň dosažených znalostí a vědomostí (v rámci předvýzkumu);
  - všichni žáci vyplnili dva dotazníky: na začátku klasické vyučovací hodiny vyplnili **pre dotazník**, jenž hodnotil motivační orientaci žáků a využívání různých strategií pro vlastní učení a na konci následující stále klasické hodiny vyplnili **post dotazník\_kla**.
  - v tomto období se v obou skupinách vyučovalo klasickým stylem výuky, tedy doposud učitelem používaným stylem výuky.
- V průběhu pedagogického experimentu (**experimentální období**):
  - v kontrolní skupině výuka probíhala nadále klasickým (kontrolním) stylem výuky, kdežto v experimentální skupině probíhala výuka experimentální.
  - žáci experimentální skupiny ihned po první experimentální vyučovací hodině vyplnili post dotazník\_exp (pro následnou analýzu označovaný jako **post dotazník\_exp\_1**), tedy dotazník zaměřený na vnímání experimentálního stylu výuky.
  - v předposlední vyučovací hodině pedagogického experimentu žáci obou skupin vyplnili **posttesty** (v rámci předvýzkumu).
  - v poslední vyučovací hodině pedagogického experimentu žáci experimentální skupiny opět vyplnili post dotazník\_exp (pro následnou analýzu označovaný jako **post dotazník\_exp\_2**),
  - ve druhé etapě výzkumného šetření žáci kontrolní skupiny navíc ihned v první a v poslední vyučovací hodině experimentálního období vyplnili post dotazník\_kla (pro následnou analýzu označovaný jako **post dotazník\_kla\_1**

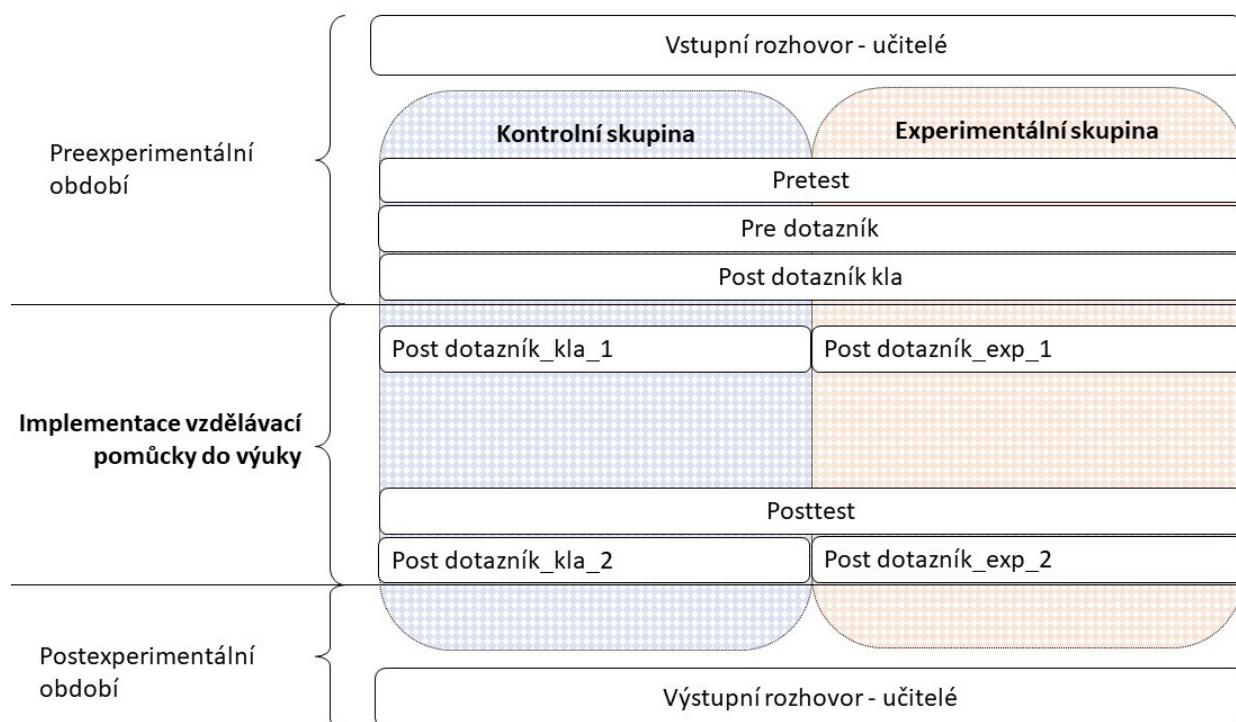
– první VH a **post dotazník\_kla\_2** – poslední VH), tedy dotazník zaměřený na vnímání klasického stylu výuky.

- Po realizovaném pedagogickém experimentu (**postexperimentální období**):
  - s učiteli byl realizován výstupní rozhovor.

Vzhledem k tomu, že harmonogram mezi první a druhou etapou výzkumného šetření byl z důvodu zisku většího množství dat doplněn, je vhodné detailněji zmínit odchylky mezi oběma etapami. V první etapě byl použit **pre dotazník** a shodný počet post dotazníků jako u předvýzkumu: (i) **post dotazník\_kla**, který byl vyplněn žáky kontrolní i experimentální skupiny před započítáním experimentálního období; (ii) **post dotazník\_exp\_1**, který byl vyplněn žáky experimentální skupiny po realizaci první experimentální vyučovací hodiny a (iii) **post dotazník\_exp\_2**, který byl vyplněn žáky experimentální skupiny po realizaci poslední experimentální vyučovací hodiny. Ve druhé etapě byly použity stejné dotazníky jako u první etapy, avšak byly přidány dva dotazníky: (i) **post dotazník\_kla\_1**, který byl vyplněn žáky kontrolní skupiny v první vyučovací hodině experimentálního období a (ii) **post dotazník\_kla\_2**, který byl vyplněn žáky kontrolní skupiny v poslední vyučovací hodině experimentálního období. Jedná se o zcela shodné dotazníky, jakým je post dotazník\_kla.

Důvodem tohoto začlenění je možnost porovnat získaná data z kontrolní a experimentální vyučovací hodiny při výuce shodného tématu a eliminovat faktor atraktivita tématu.

Na obr. 4.1 je schematicky znázorněn časový průběh výzkumu a souslednost použitých výzkumných nástrojů.



Obrázek 4.1: Znázornění průběhu pedagogického výzkumu včetně implementace výzkumných nástrojů.

## 4.5 Administrace a statistické zpracování výzkumných nástrojů

Všichni učitelé byli detailně seznámeni s průběhem výzkumného šetření a se všemi výzkumnými nástroji. Učitelům bylo vysvětleno, k čemu ve výzkumu použité výzkumné nástroje slouží, a jak je mají žáci vyplňovat.

Před samotným výzkumným šetřením byli žáci informováni o realizaci pedagogického výzkumu a též, že každý výzkumný nástroj je vyplňován anonymně – pouze s uvedením kódu žáka. Každý žák si stanovil šestimístný kód dle následujících pravidel: první 2 políčka jsou první 2 písmena křestního jména matky žáka (např. Marie: MA), prostřední 2 políčka značí den narození žáka (např. osmý den: 08) a poslední 2 políčka značí měsíc narození (např. červen: 06). Kódem je pak: MA0806. Kód byl sestaven tak, aby pro každého žáka byl unikátním (vyjma některých situací, např. dvojčat, kdy došlo k upřesnění kódu číslicí) a nešlo (bez přístupu k citlivým údajům žáka) zpětně vyhledat, o kterého žáka se jednalo.

Výzkumné nástroje (pre dotazníky, post dotazníky i znalostních testy) vyplňovali žáci přímo v průběhu prezenční výuky, tedy ve škole přímo ve vyučovacích hodinách pod dohledem učitele. Učitelé průběžně předávali všechny vyplněné nástroje výzkumníkovi (autorce práce). Data byla následně přepsána do tabulkového editoru Microsoft Excel, ze kterého byla importována do statistického software IBM SPSS Statistics 25 (IBM Corp., 2017). Získaná data byla analyzována a zpracována za použití vybraných statistických metod.

### Metody statistického zpracování dat

Před samotnou analýzou dat proběhla jejich kontrola – tzv. **čištění dat**. Hodnoty, které byly mimo povolený obor hodnot (bylo zjištěno rozložením četností všech proměnných), byly smazány a zpětně byly vyhledány jejich skutečné hodnoty zaznamenané žáky přímo do dotazníku. Odlehlé hodnoty mohly nastat pouze u kategorie věk, nicméně nebyla zaznamenána žádná hodnota, která by nemohla být ve výzkumu reálnou. Nevyplněné hodnoty byly dohledávány, a pokud je tazatel skutečně neposkytl, byly rekódovány za hodnoty chybějící (missing), které již nevstupovaly do žádných analýz.

Reverzní položky byly u všech post dotazníků (položky: 6, 15, 21, 23 a 25) **rekódovány** přetočením stupnice odpovědí tak, aby skórování bylo v souladu s ostatními položky.

**Reliabilita** výzkumných nástrojů (pre dotazníku, všech post dotazníku i všech znalostních pretestů a posttestů) byla zhodnocena pomocí metody odhadu výpočtu vnitřní konzistence. Konkrétně bylo vypočítáno Cronbachovo alfa (u dotazníků pro každou sledovanou škálu zvlášť). Vypočtená hodnota Cronbachova alfa vzhledem k tomu, že se jednalo o data

z dotazníkového šetření, byla následně porovnáována s všeobecně přijímaným minimem 0,70 (Nunnally, 1978; DeVellis, 2012; Kline, 2011).

U dotazníků byly na základě zjištěné reliability vypočteny **nové proměnné**, které charakterizovaly příslušné škály u pre i post dotazníků. Nové proměnné byly vypočítány jako aritmetický průměr ze skóre všech položek patřících k dané škále. Navrženým postupem bylo docíleno, že nově vypočtené proměnné mají povahu kardinální proměnné, na rozdíl od původních proměnných, které svou povahou byly proměnnými ordinálními.

U pre dotazníku se jednalo o tyto 4 nové proměnné:

- **Intrinsic\_motivation** zastupující položky škály vnitřní cílová motivace – tvrzení 1, 6, 9, 14;
- **Self\_efficacy** zastupující položky škály sebeúčinnost v učení – tvrzení 2, 8, 11, 13;
- **Extrinsic\_motivation** zastupující položky škály vnější cílová motivace – tvrzení 3, 5, 10, 16;
- **Control\_beliefs** zastupující položky škály uvědomění vlastní zodpovědnosti při učení se – tvrzení 4, 7, 12, 15.

U post dotazníků (post dotazník\_kla, post dotazník\_kla\_1, post dotazník\_kla\_2, post dotazník\_exp\_1, post dotazník\_exp\_2) se jednalo o 20 nových proměnných:

- **Interest\_kla, Interest\_kla\_1, Interest\_kla\_2, Interest\_exp\_1 a Interest\_exp\_2** zastupující položky škály zájem/potěšení – tvrzení 1, 5, 11, 15, 18, 21, 22;
  - proměnná s názvem **Interest\_kla** vznikla ze škály z post dotazníku\_kla,
  - proměnná s názvem **Interest\_kla\_1** ze škály z post dotazníku\_kla\_1,
  - proměnná s názvem **Interest\_kla\_2** ze škály z post dotazníku\_kla\_2,
  - proměnná s názvem **Interest\_exp\_1** ze škály z post dotazníku\_exp\_1,
  - proměnná s názvem **Interest\_exp\_2** ze škály z post dotazníku\_exp\_2);
- **Effort\_kla, Effort\_kla\_1, Effort\_kla\_2, Effort\_exp\_1 a Effort\_exp\_2** zastupující položky škály úsilí – tvrzení 2, 6, 12, 19, 23;
- **Competence\_kla, Competence\_kla\_1, Competence\_kla\_2, Competence\_exp\_1 a Competence\_exp\_2** zastupující položky škály uvědomění si svých schopností – tvrzení 3, 7, 9, 13, 16, 25;
- **Value\_kla, Value\_kla\_1, Value\_kla\_2, Value\_exp\_1 a Value\_exp\_2** zastupující položky škály hodnota/užitečnost – tvrzení 4, 8, 10, 14, 17, 20, 24.

Před volbou vhodné statistické metody (parametrické či neparametrické) bylo s pomocí grafických i výpočtových metod zjišťováno, jaký tvar má rozdělení pravděpodobnosti sledovaných nových proměnných, u pretestů a posttestů pak rozdělení dosažených výsledků. Konkrétně bylo zapotřebí zjistit, zda má jejich rozdělení tvar **normálního rozdělení** či nikoliv.

Normalita nově vytvořených proměnných byla posuzována pro každou sledovanou skupinu zvlášť (kontrolní i experimentální), a to vizuálně (na základě sestrojeného histogramu, Q-Q grafu a P-P grafu) i výpočtem (Shapiroův-Wilkův test (Shapiro & Wilk, 1965) či test Kolmogorovův-Smirnovův (Kolmogorov, 1933; Smirnov, 1948)).

S nově vypočtenými proměnnými, byla provedena **korelační analýza** (hledání závislostí mezi škálami v samotných dotaznících i mezi dotazníky navzájem). Protože nově vypočtené proměnné jsou spojené, byl v případě normálního rozdělení dat vypočítáván Pearsonův korelační koeficient  $r$ . V případě, že byla normalita zamítnuta, byl vypočítáván Spearmanův korelační koeficient  $\rho$  (*rhó*) (Hendl, 2004). Podle hodnoty koeficientu  $r$  či  $\rho$  bylo posuzováno na velikost účinku.

Následně byly sledovány statisticky **významné rozdíly mezi skupinami**. Rozdělení žáků do skupin záleželo na zvoleném faktoru, který byl zkoumán. Tímto faktorem bylo: (i) zařazení do experimentální či kontrolní skupiny, (ii) pohlaví žáka, (iii) studovaný ročník, (iv) předmět výuky, (v) učitel a (vi) u párových testů též čas. Pro zhodnocení statisticky signifikantních rozdílů mezi skupinami byly za předpokladu normality vstupních dat zvoleny **parametrické testy** (párové či dvojitý výběrové  $t$ -testy). U dat, která nesplňovala podmínky pro provedení  $t$ -testu, byly statisticky významné rozdíly mezi položkami identifikovány prostřednictvím **neparametrických testů**: párový Wilcoxonův test a Mannův-Whitneyův  $U$  test. Vliv experimentální výuky na **znalosti žáků** byl zkoumán na základě porovnávání dosažených výsledků z pretestů a posttestů. Znalostní testy byly porovnávány na základě párových  $t$ -testů (bodový posun výsledků téhož žáka v čase) i dvojitý výběrových  $t$ -testů (rozdíl ve výsledcích mezi kontrolní a experimentální skupinou).

**Statistická významnost** tedy zobecnitelnost na populaci prostřednictvím statistických testů (např. výše uvedených  $t$ -testů, testů normality, Wilcoxonova testu atd.) byla posuzována na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  (neboli 5 %).

Taktéž bylo vždy zjišťováno, zda je navržený závěr i **věcně významný**, tj. zda má zjištěná informace praktický význam. Neboť závěry výzkumu by měly být uváděny vždy s ohledem na oba tyto faktory (Soukup, 2016). Mírou věcné významnosti byly nejčastěji Pearsonův koeficient  $r$ , Spearmanův koeficient  $\rho$ , Cohenovo  $d$  či koeficient eta (jeho druhá mocnina)  $\eta^2$ . Pro výpočet Cohenova  $d$  a Hedgesova  $g$  byl použit webový nástroj SocSciStatistics (Social Science Statistics): <https://www.socscistatistics.com/effectsize/default3.aspx> či webový nástroj Psychometrica Calculator of Effect Size: [https://www.psychometrica.de/effect\\_size.html](https://www.psychometrica.de/effect_size.html).

Veškeré teoretické podklady potřebné pro pochopení výše uvedených statistických testů i metodologie jejich použití jsou součástí kap. 2.5.

## 4.6 Limity výzkumu

### Limity předvýzkumu

Realizovaný předvýzkum má jistá omezení. Prvním je výběr vzorku. Nejednalo se o náhodný výběr, ale výběr záměrný. Tento typ výběru je však akceptovatelný a vhodný u předvýzkumů (Cohen, Manion & Morrison, 2007; Hertzog, 2008). Je tedy zapotřebí neklást přílišný důraz na statistickou významnost, ale spíše je vhodné interpretovat věcnou významnost, což bylo v rámci uvádění výsledků splněno.

Druhým omezením je implementace konkrétních témat, která byla ve škole v době předvýzkumu probíraná. Z předmětu přírodopis/biologie se jednalo o anatomii lidského těla a o vnitřní geologické děje, z předmětu chemie pak o obecnou chemii (atom, chemická vazba) a úvod do organické chemie. Vesměs se jedná o témata, která je vhodné vizualizovat (Chen, Hsiao & She, 2015), aby žáci získali konkrétní představu o abstraktní látce.

Třetím omezením je cílová skupina předvýzkumu. Žáci, kteří se zapojili do předvýzkumu, navštěvovali 8. či 9. ročník základní školy. Získané výsledky nelze zobecnit na jiné ročníky základní školy, či dokonce na školu střední včetně adekvátních ročníků nižšího stupně gymnaziálního vzdělávání.

Čtvrtým omezením je snížená statistická síla výsledků, která koresponduje s nižšími počty porovnání v rámci předvýzkumu. Nicméně vzhledem k tomu, že se jednalo o předvýzkum, počty žáků byly adekvátní (Kubiatko, 2016).

### Limity hlavního výzkumného šetření

Výzkumná studie má taktéž jistá omezení. Tím prvním je výběr vzorku a populace. Náhodným výběrem bylo vybráno 11 učitelů z Královéhradeckého kraje, vesměs se jednalo o učitele základních škol či středních odborných škol; učitelé gymnázií nebyli začleněni. Populací jsou tedy žáci základních a středních odborných škol z Královéhradeckého kraje. Výzkum nelze zobecnit na celou Českou republiku a na žáky gymnázií, vyšších odborných škol či dokonce škol vysokých. Též nemůže být výzkum zobecněn na žáky nižšího stupně základních škol.

Druhým omezením je, že všechna naměřená data odrážejí pouze postoje žáků, tak jak žáci vnímají výuku a jak žáci vnímají své porozumění této výuce. Jedná se tedy o jejich subjektivní hodnocení. Do jisté míry se v hodnotě naměřených dat odráží též i sebevědomí žáků. Jistou kompenzací byly strukturované rozhovory s učiteli, kteří též hodnotili výuku, tak jak ji sami vnímali. Naměřené výsledky vzájemně korespondovaly.

Třetím omezením je, že ve výzkumném šetření chybí analýza použitých výukových metod. Učitelé v kontrolní i experimentální třídě vyučovali způsobem pro ně běžným s tím, že v experimentálních vyučovacích hodinách používali dynamickou vizualizaci za využití

pomůcky aplikace Corinth; v kontrolních vyučovacích hodinách používali statistické obrázky (např. obrázky z učebnic).

Výsledky mohlo ovlivňovat několik faktorů – především role učitele a atraktivita tématu. Vzhledem k tomu, že požadavkem bylo, aby titíž učitelé vyučovali jak v kontrolních, tak v experimentálních skupinách, byl vliv učitele do jisté míry kompenzován. Dalším požadavkem bylo, aby učitel v experimentální i kontrolní třídě vyučoval zcela shodná témata (totožné učivo), čímž mohl být faktor atraktivita tématu též do jisté míry kompenzován.

## 5 Výzkumné šetření – výsledky pedagogického výzkumu, analýza a interpretace dat

Kapitola je rozdělena do dvou podkapitol. První podkapitola (kap. 5.1) představuje výsledky získané v rámci předvýzkumu, druhá podkapitola (kap. 5.2) pak výsledky získané v rámci hlavního výzkumného šetření.

### 5.1 Výsledky předvýzkumu

Vzhledem k tomu, že se ve fázi předvýzkumu pilotně testovaly výzkumné nástroje dotazníkového šetření pro účely hlavního výzkumného šetření a zjišťovaly se dopady dynamické vizualizace na žákovy poznatky, bude následující text rozdělen zvlášť na výsledky, které se týkají dotazníkového šetření (kap. 5.1.1) a výsledky, které se týkají výsledků znalostních testů (kap. 5.1.2). Třetí podkapitolou (kap. 5.1.3) je analýza vstupního a výstupního rozhovoru s učitelem.

#### 5.1.1 Výsledky předvýzkumu – Dotazníkové šetření

##### Dotazníkové šetření – Reliabilita výsledků a výpočet nových proměnných

Reliabilita výzkumných nástrojů (pre dotazníku i všech post dotazníku), resp. jejich škál, byla zhodnocena pomocí metody odhadu výpočtu vnitřní konzistence. Tabulka 5.1 ukazuje hodnoty koeficientu Cronbachovo alfa pro sledované škály **pre dotazníku**. Vypočtené hodnoty této míry reliability jsou na požadované úrovni, neboť hodnota koeficientu překračuje všeobecně přijímané minimum ve všech zvolených škálách kromě jediné škály (uvědomění vlastní zodpovědnosti při učení se), u které bylo vypočteno Cronbachovo alfa = 0,69. Získaná data jsou tedy vnitřně konzistentní a lze je považovat za důvěryhodná.

Tabulka 5.1: Pozorované škály a koeficienty reliability (Cronbachovo alfa) u pre dotazníku.

Škály pre dotazníku	Cronbachovo alfa
Intrinsic_motivation: vnitřní cílová motivace (položky 1, 6, 9, 14)	0,78
Self_efficacy: sebeúčinnost v učení (položky 2, 8, 11, 13)	0,80
Extrinsic_motivation: vnější cílová motivace (položky 3, 5, 10, 16)	0,75
Control_beliefs: uvědomění vlastní zodpovědnosti při učení se (položky 4, 7, 12, 15)	0,69

Tabulka 5.2 ukazuje hodnoty koeficientu Cronbachovo alfa pro sledované škály všech použitých **post dotazníků**. Téměř všechny vypočtené hodnoty jsou vysoce nad požadovanou úrovní. Jedinou výjimkou je škála úsilí/důležitost, a to pouze u post dotazníku\_kla



vyplňovaného za předmět přírodopis. Pro tuto škálu byla vypočtena hodnota  $\alpha = 0,67$ . Získaná data jsou tedy vnitřně konzistentní a lze je považovat za důvěryhodná.

Tabulka 5.2: Pozorované škály a koeficienty reliability (Cronbachovo alfa) u post dotazníků.

Škály post dotazníku_kla (zaměřeno na klasický styl výuky)	Cronbachovo alfa	
	Chemie	Přírodopis
Interest_kla: zájem/potěšení (položky 1, 5, 11, 15, 18, 21, 22)	0,91	0,82
Effort_kla: úsilí/důležitost (položky 2, 6, 12, 19, 23)	0,84	0,67
Competence_kla: uvědomění si svých schopností (položky 3, 7, 9, 13, 16, 25)	0,86	0,86
Value_kla: hodnota/užitečnost (položky 4, 8, 10, 14, 17, 20, 24)	0,92	0,88
Interest_exp_1: zájem/potěšení (položky 1, 5, 11, 15, 18, 21, 22)	0,86	0,84
Effort_exp_1: úsilí/důležitost (položky 2, 6, 12, 19, 23)	0,91	0,91
Competence_exp_1: uvědomění si svých schopností (položky 3, 7, 9, 13, 16, 25)	0,92	0,92
Value_exp_1: hodnota/užitečnost (položky 4, 8, 10, 14, 17, 20, 24)	0,91	0,83
Interest_exp_2: zájem/potěšení (položky 1, 5, 11, 15, 18, 21, 22)	0,95	0,93
Effort_exp_2: úsilí/důležitost (položky 2, 6, 12, 19, 23)	0,90	0,95
Competence_exp_2: uvědomění si svých schopností (položky 3, 7, 9, 13, 16, 25)	0,91	0,92
Value_exp_2: hodnota/užitečnost (položky 4, 8, 10, 14, 17, 20, 24)	0,92	0,87

Ze všech položek pre dotazníku i post dotazníků, vzhledem k dobré vnitřní konzistenci dat, byly **vypočteny „nové“ proměnné** (Intrinsic\_motivation, Self\_efficacy, Extrinsic\_motivation, Control\_beliefs, Interest\_kla, Effort\_kla, Competence\_kla, Value\_kla, Interest\_exp\_1, Effort\_exp\_1, Competence\_exp\_1, Value\_exp\_1, Interest\_exp\_2, Effort\_exp\_2, Competence\_exp\_2 a Value\_exp\_2) jako aritmetický průměr ze skóre všech položek patřících k dané škále. Proměnné byly následně zahrnuty do statistické analýzy. Pro některé dílčí analýzy byly tyto proměnné sledovány zvlášť pro předmět přírodopis a zvlášť pro předmět chemie.

## Dotazníkové šetření – Normalita dat

### Pre dotazník

Normalita dat čtyř sledovaných proměnných Intrinsic\_motivation, Self\_efficacy, Extrinsic\_motivation a Control\_beliefs byla zkoumána u obou pozorovaných skupin – kontrolní i experimentální. U Extrinsic\_motivation (vnější motivace) v P-P i Q-Q grafu mají body větší odchylky od přímky a křivka hustoty je plošší nežli u normálního rozdělení (sestrojený histogram rozdělení je rovnoměrnější, špičatost = - 0,683). Domněnka nenormality dat u této škály byla potvrzena též výpočtem na základě testu normality (Shapiro-Wilkův test:  $p = 0,033$ ), viz tabulka 5.3. U všech ostatních proměnných experimentální skupiny a úplně u všech proměnných kontrolní skupiny nebyla normalita dat zamítnuta (viz tabulka 5.3). Data mají distribuci normálního rozdělení.

Tabulka 5.3: Shapiro-Wilkův test (pre dotazník).

Skupina	Škála	Shapiro-Wilkův test		
		Statistika	<i>df</i>	<i>p</i> -hodnota
kontrolní	Intrinsic_motivation	0,967	32	0,411
	Self_efficacy	0,977	32	0,722
	Extrinsic_motivation	0,957	32	0,222
	Control_beliefs	0,971	32	0,541
experimentální	Intrinsic_motivation	0,927	25	0,073
	Self_efficacy	0,952	25	0,274
	Extrinsic_motivation	0,912	25	0,033
	Control_beliefs	0,981	25	0,901

### Post dotazník\_kla

Normalita dat u post dotazníku\_kla byla též zkoumána u obou pozorovaných skupin – kontrolní i experimentální, a to pro škály Interest\_kla, Effort\_kla, Competence\_kla a Value\_kla. Normalita dat byla opět ověřována vizuálně i výpočtem (viz tabulka 5.4). U všech sledovaných proměnných experimentální i kontrolní skupiny nebyla normalita dat zamítnuta. Data mají distribuci normálního rozdělení.

Tabulka 5.4: Shapirův-Wilkův test (post dotazník\_kla).

Skupina	Škála	Shapirův-Wilkův test		
		Statistika	df	p-hodnota
kontrolní	Interest_kla	0,985	28	0,952
	Effort_kla	0,961	28	0,368
	Competence_kla	0,989	28	0,990
	Value_kla	0,983	28	0,912
experimentální	Interest_kla	0,970	22	0,704
	Effort_kla	0,981	22	0,927
	Competence_kla	0,963	22	0,562
	Value_kla	0,959	22	0,474

### Post dotazník\_exp\_1

Normalita dat u post dotazníku\_exp\_1 byla též zkoumána u škál Interest\_exp\_1, Effort\_exp\_1, Competence\_exp\_1 a Value\_exp\_1. Normalita byla opět ověřována vizuálně i výpočtem (viz tabulka 5.5). Na základě vizuálního posouzení normality bylo zjištěno, že proměnné Interest\_exp\_1 (zájem /potěšení) a Value\_exp\_1 (hodnota /užitečnost) mají buď výrazně záporné šikmé rozdělení s posunem maxima k horním hodnotám či špičaté rozdělení, které v případě záporných hodnot je plošší, v případě kladných čísel je špičatější (u interest\_exp\_1: šikmost = -1,022, špičatost = 0,299; value\_exp\_1: šikmost = -0,899, špičatost = -0,305). U těchto proměnných se též na základě výpočtových testů zamítla nulová hypotéza (Interest\_exp\_1:  $p = 0,017$ ; Value\_exp\_1:  $p = 0,022$ ). Proměnná Interest\_exp\_1 značí zájem žáka o probíranou látku, Value\_exp\_1 pak vnímání užitečnost probíraného obsahu. Žáci v dotaznících volili spíše vyšší bodování, což může být následkem vzniklé nenormality dat. Žáci tedy vnímali experimentální vyučovací hodiny zajímavé a pro ně hodnotné.

Proměnná Effort\_exp\_1 (úsilí) a Competence\_exp\_1 (uvědomění si svých schopností) má distribuci normálního rozdělení.

Tabulka 5.5: Shapirův-Wilkův test (post dotazník\_exp\_1).

Skupina	Škála	Shapirův-Wilkův test		
		Statistika	df	p-hodnota
experimentální	Interest_exp_1	0,856	16	0,017
	Effort_exp_1	0,909	16	0,114
	Competence_exp_1	0,916	16	0,148
	Value_exp_1	0,864	16	0,022

### Post dotazník\_exp\_2

U post dotazníku\_exp\_2 byla zkoumána normalita dat u škál Interest\_exp\_2, Effort\_exp\_2, Competence\_exp\_2 a Value\_exp\_2. Normalita byla opět ověřována vizuálně i výpočtem (viz tabulka 5.6). Na základě vizuálního posouzení normality se zjistilo, že proměnné

Interest\_exp\_2 (zájem /potěšení), Effort\_exp\_2 (úsilí) i Value\_exp\_2 (hodnota /užitečnost) nemají normální rozdělení. Tyto proměnné mají buď výrazně záporné šikmé rozdělení s posunem maxima k horním hodnotám či špičaté rozdělení, které v případě záporných hodnot je plošší, v případě kladných čísel je špičatější (u interest\_exp\_2: šikmost = -1,516, špičatost = 2,715; effort\_exp\_2: šikmost = -0,117, špičatost = -1,731; value\_exp\_1: šikmost = - ,759, špičatost = -0,474). U těchto proměnných se též na základě výpočtových testů zamítla nulová hypotéza (Interest\_exp\_2:  $p = 0,006$ ; Effort\_exp\_2:  $p = 0,024$ ; Value\_exp\_2:  $p = 0,041$ ). Pouze u proměnné Competence\_exp\_2 (uvědomění si svých schopností) nebyla normalita dat zamítnuta (stejně jako u post dotazníku exp\_1).

Všechny tři proměnné, u nichž bylo zamítnuto normální rozdělení, byly žáky hodnoceny velmi kladně (dosahovaly vyššího bodování, došlo tedy k posunu maxima histogramu výrazně doprava). To může být následkem vzniklé nenormality dat. Žáci tedy nejspíše vnímali experimentální vyučovací hodiny jako velmi zajímavé, hodnotné, a navíc byli ochotni vkládat úsilí pro pochopení probíraného tématu (obdobně jak bylo zjištěno u dat naměřených v rámci post dotazníku exp\_1).

Tabulka 5.6: Shapirův-Wilkův test (post dotazník\_exp\_2).

Skupina	Škála	Shapirův-Wilkův test		
		Statistika	df	p-hodnota
experimentální	Interest_exp_1	0,846	19	0,006
	Effort_exp_1	0,883	19	0,024
	Competence_exp_1	0,962	19	0,602
	Value_exp_1	0,896	19	0,041

**Pro následnou statistickou analýzu byly vzhledem k povaze dat používány parametrické metody (kardinální proměnné s normálním rozdělením, obdobné rozptyly), a to v případě, že byla použita data z pre dotazníku a post dotazníku kla. Tato data jevila normální rozdělení. Data nasbíraná v rámci post dotazníku\_exp\_1 a \_exp\_2 byla dále analyzována prostřednictvím neparametrických metod, neboť u většiny těchto dat byla normalita zamítnuta.**

## Dotazníkové šetření – Korelační analýza

Výsledky korelační analýzy, které jsou detailně popsány v příloze 15, ukázaly následující závěry (v textu jsou popsány především nejsilnější korelace):

U **pre dotazníku** spolu korelovaly nejsilněji škály vnitřní cílová orientace se škálou sebeúčinnosti v učení ( $r = 0,722$ ) a se škálou vlastní zodpovědnosti při učení se ( $r = 0,614$ ); korelace se škálou zastupující vnější cílovou orientaci byly slabší. To byla očekávána korelace, neboť tři zkoumané složky pre dotazníku zastupovaly vnitřní cílovou orientaci a byla proto mezi nimi nalezena silnější korelace než korelace mezi složkou zastupující vnější cílovou motivaci a ostatními složkami, tedy složkami zastupující vnitřní cílovou orientaci.

U škál **post dotazníků** byly nalezeny jak v kontrolní výuce, tak v experimentální výuce středně silné až silné korelace. V první vyučovací hodině experimentální výuky byly téměř všechny korelace silnější než ve výuce kontrolní, v poslední vyučovací hodině experimentální výuky byla dokonce většina korelací nejsilnější (v porovnání s ostatními hodinami), viz dále.

V **kontrolní výuce** byla pozorována nejsilnější korelace mezi zájmem žáka a pocíťováním užitečnosti probírané látky ( $r = 0,686$ ) a následně mezi pocíťováním užitečnosti probírané látky a pocíťováním úspěchu ( $r = 0,516$ ). Což lze interpretovat následovně. Má-li žák zájem o probíranou látku, zároveň pocíťuje její význam, a pokud žák pocíťuje význam probírané látky, zároveň mnohem lépe zvládá práci během výuky (pocíťuje úspěch při výuce).

Shodné korelace zmíněné v odstavci výše, avšak silnější byly nalezeny též v **experimentální výuce** ( $r = 0,918$ , resp.  $r = 0,685$  v první experimentální výuce a  $r = 0,869$ , resp.  $r = 0,817$  v druhé experimentální výuce).

V **první experimentální vyučovací hodině** byly nalezeny navíc velmi silné korelace mezi vkládaným úsilím a pocíťováním úspěchu ( $r = 0,839$ ) a též mezi zájmem žáka o probíranou látku a pocíťováním úspěchu ( $r = 0,738$ ). To znamená, že žáci byli ochotni vkládat úsilí do výuky, právě když mají pocit, že učivo zvládají, a že žáci projevují zájem o probíranou látku, právě když pocíťují, že jsou schopni danému učivu porozumět. **Ve druhé experimentální vyučovací hodině** byly nalezeny silné korelace mezi všemi sledovanými složkami vnitřní motivace (zájem, vkládaným úsilím, pocíťováním úspěchu (uvědomování si schopnosti) a pocíťováním užitečnosti probírané látky), ( $r > 0,6$ ).

Z výsledků je patrné, že všechny v rámci post dotazníku sledované složky vnitřní motivace spolu korelují jak v kontrolní, tak v experimentální výuce s tím, že v experimentální výuce byly vztahy silnější. **Výsledky předvýzkumu naznačují skutečnost, že chceme-li docílit vzrůstu jedné složky vnitřní motivace, je vhodné posilovat též ostatní složky vnitřní motivace, neboť spolu úzce souvisejí.**

## Dotazníkové šetření – Vliv na vnitřní motivaci žáka

V předvýzkumu byly použity výzkumné nástroje (dotazníky), jejichž hlavním smyslem bylo zjistit odpověď na první a též druhou výzkumnou otázku v rámci podmínek předvýzkumu (VO1 a VO2). Ty zkoumaly **vliv experimentální výuky na vnitřní motivaci žáků** a v rámci předvýzkumu byly specifikovány upřesňujícími otázkami:

1. výzkumná otázka:

*VO1\_1 Existuje statisticky významný rozdíl mezi kontrolní a experimentální skupinou ve vztahu k vnitřní motivaci žáků v tradiční výuce přírodovědných předmětů bez implementace experimentální výuky? Je tento rozdíl věcně významný?*

(Otázka zkoumá, zda jsou kontrolní a experimentální skupina srovnatelné v klasicky vedené vyučovací hodině ve vztahu k motivační orientaci žáků.)

*VO1\_2 Existuje statisticky významný rozdíl u žáků experimentální skupiny mezi kontrolní vyučovací hodinou a první experimentální vyučovací hodinou ve vztahu k vnitřní motivaci žáků? Je tento rozdíl věcně významný?*

(Otázka zkoumá, jaký je rozdíl mezi klasicky a experimentálně vedenou vyučovací hodinou ve vztahu k motivační orientaci žáků.)

*VO1\_3 Existuje statisticky významný rozdíl u žáků experimentální skupiny mezi první experimentální vyučovací hodinou a poslední experimentální vyučovací hodinou ve vztahu k vnitřní motivaci žáků? Je tento rozdíl věcně významný?*

(Otázka zkoumá, jak se vliv experimentální výuky mění s časovým odstupem.)

2. výzkumná otázka:

*VO2\_1 Jaký je vliv faktorů (pohlaví žáka, vyučovaný předmět, studovaný ročník) na vnímání experimentální výuky ve vztahu k vnitřní motivaci žáků?*

(Otázka zkoumá vliv potenciálních moderujících proměnných.)

Z analýzy získaných výsledků, které jsou detailně rozepsány v příloze 16, vyplynuly následující závěry:

### **Odpověď na otázku VO1\_1**

Mezi žáky kontrolní a experimentální skupiny nebyl na počátku předvýzkumu statisticky významný rozdíl ( $p > 0,05$ ) ve vztahu ke sledovaným škálám vnitřní motivace žáků. Žáci experimentální i kontrolní skupiny, kteří byli zapojeni do předvýzkumu, jsou vzájemně vyrovnáni vzhledem k motivační orientaci a využívání různých strategií pro vlastní učení. Jinými slovy tito žáci pocíťují v klasicky vedené vyučovací hodině téměř obdobný zájem o probíranou látku (i když žáci experimentální skupiny o něco větší), do porozumění probíraného obsahu vkládají srovnatelné úsilí, na stejné úrovni si uvědomují své schopnosti (pocit zvládnutí učiva) a obě skupiny podobně pocíťují význam probírané látky. Skupiny jsou tedy dostatečně vyrovnané a srovnatelné.

### **Odpověď na otázku VO1\_2**

Mezi kontrolní výukou a výukou experimentální byl zaznamenán statisticky významný rozdíl u všech sledovaných škál vnitřní motivace ( $p < 0,05$ ). Co se týče věcné významnosti, bylo zjištěno, že experimentální výuka má v rámci předvýzkumu velmi veliký pozitivní efekt na téměř všechny složky vnitřní motivace žáků (zájem/potěšení, úsilí/důležitost a hodnota/užitečnost;  $d = 1,58$ ; resp.  $d = 1,58$ ; resp.  $d = 1,32$ ) a veliký pozitivní vliv na uvědomění si svých schopností ve výuce přírodopisu a chemie ( $d = 0,98$ ).

### **Odpověď na otázku VO1\_3**

Mezi daty z experimentální výuky naměřenými na začátku a daty naměřenými na konci převýzkumu byl, co se týče věcného významu, zaznamenán pokles vlivu u všech škál, nejvíce (pokles byl zaznamenán jako veliký) ve vztahu k zájmu o probíranou látku ( $d = 0,782$ ) a pocítování jejího významu ( $d = 0,782$ ), což bylo patrnější v hodinách chemie než v hodinách přírodopisu. V přírodopisu dokonce pozitivní vliv na vnitřní motivaci žáků ve škále uvědomění si svých schopností vzrostl (zjištěno detailnější analýzou výsledků). Ve srovnání s klasickým způsobem výuky (jsou porovnávána data od žáků z experimentální skupiny, a to mezi klasicky vedenou VH a poslední experimentálně vedenou VH) je však vliv experimentální výuky stále patrný, a to dokonce statisticky signifikantně ( $p < 0,05$ ) se zaznamenaným silným věcným efektem i po třech měsících intenzivního užívání.

### **Odpověď na otázku VO2\_1**

V rámci předvýzkumu bylo využito faktu, že ve všech třídách vyučoval tentýž učitel, tudíž je eliminován vliv jeho osobnosti na získané výsledky. Taktéž byl učitel instruován, že nemá měnit vyučovací metody, pouze typ použité vizualizace.

#### **A) Vliv pohlaví žáka**

Vliv pohlaví žáka má nesignifikantní vliv na vnímání tradiční i experimentální výuky ve vztahu k vnitřní motivaci žáků ( $p > 0,05$ ). Nicméně po zaměření se na věcnou významnost byly zaznamenány rozdíly u ochoty vkládat úsilí a u uvědomování si svých schopností. Dívky byly mnohem více ochotné vkládat úsilí do průběhu vyučování než chlapci bez ohledu na to, zda se jednalo o klasickou či experimentální vyučovací hodinu ( $d = 0,5$  – klasická VH; resp.  $d = 0,43$  – první exp. VH;  $d = 1,2$  – poslední exp. VH). Chlapci si v klasické vyučovací hodině více uvědomovali své schopnosti (pocit, že zvládají učivo) než dívky ( $d = 0,5$ ), kdežto v experimentální výuce tomu bylo naopak – dívky si v experimentální výuce více uvědomovaly své schopnosti. Nicméně naměřené rozdíly byly spíše malé ( $d = 0,32$  – první exp. VH; resp.  $d = 0,28$  – poslední exp. VH).

Dle výsledků získaných z dat z předvýzkumu lze usuzovat, že by experimentální výuka mohla mít pozitivnější vliv na dívky.

## B) Vliv předmětu (přírodopis/chemie)

V rámci předvýzkumu se zjistilo, že vyučovaný předmět (přírodopis/chemie) nemá statisticky signifikantní vliv na získané výsledky ( $p > 0,05$ ). Nicméně vzhledem k počtu žáků je opět vhodné zaměřit se na zhodnocení věcné významnosti, čímž byly zjištěny následující závěry. Vyučované hodiny v rámci předmětu **přírodopis** žáci označili v klasické i poslední experimentální VH za více **zajímavé** (nicméně tento rozdíl byl spíše malý až střední,  $d = 0,305$ ; resp.  $d = 0,389$ ) a též byli žáci ve vyučovacích hodinách předmětu přírodopis více **ochotní vkládat úsilí** do výuky, a to jak v kontrolní VH, tak v první i v poslední experimentální VH ( $d = 0,387$ ; resp.  $d = 0,366$ ; resp.  $d = 0,579$ ). V poslední experimentální VH si žáci dokonce mnohem více **uvědomovali své schopnosti** (tento rozdíl je veliký,  $d = 0,814$ ) v předmětu přírodopis než v předmětu chemie. Na druhou stranu v první experimentální hodině v předmětu **chemie** si žáci více uvědomovali význam probírané látky než v předmětu přírodopis ( $d = 0,324$ ).

Žáci tedy celkově hodnotili předmět přírodopis pozitivněji než předmět chemie (ve vztahu k vlivu na vnitřní motivaci žáků). Rozdíl může být dán větší abstraktností chemie oproti přírodopisu a též všeobecné (ne)oblíbenosti předmětu chemie (Beauchamp & Parkinson, 2008). Jistou roli může hrát též začlenění předmětu chemie až do 8. ročníku základní školy na rozdíl od předmětu přírodopisu, který je začleňován již do 4. ročníku (v rámci přírodovědy).

## C) Vliv ročníku (8./9. ročník ZŠ)

Z výsledků předvýzkumu je patrné, že žáci 9. ročníku základní školy všechny hodnocené vyučovací hodiny (klasické i experimentální) hodnotili lépe než žáci 8. ročníku. Rozdíly byly mnohem více markantní v experimentálních hodinách – žáci 9. ročníku mnohem více projevovali **zájem** o probíranou látku ( $d = 0,54$  – kontrolní VH;  $d = 0,93$  – první exp. VH;  $d = 0,85$  – poslední exp. VH), mnohem více si **uvědomovali její hodnotu** ( $d = 0,5$  – kontrolní VH;  $d = 0,94$  – první exp. VH;  $d = 1,09$  – poslední exp. VH) a mnohem více si **uvědomovali své schopnosti** (pocit, že zvládají učivo;  $d = 0,41$  – kontrolní VH;  $d = 0,63$  – poslední exp. VH) než žáci 8. ročníku. Možným vysvětlením může být probírané téma (v přírodopisu bylo v 9. ročníku probíráno lidské tělo, v 8. ročníku geologické děje) či věková vyzrálost žáků, ale taktéž i pracovní klima třídy jako celku. Proto byl proveden dodatečný rozhovor s učitelem, který klima třídy i přístup třídy jako celku ke vzdělávání hodnotil v obou experimentálních třídách srovnatelně. Dále popsal, že u žáků v devátém ročníku však došlo ke zklidnění v oblasti chování. Výsledky jsou tedy v souladu s výsledky z oblasti vývojové psychologie, kdy ve věku přibližně 15 let dochází k ukončení období pubescence (11-15 let), na které navazuje období adolescence (15-20 let) (Lašek, n.d.; Vágnerová, 2002).

Nicméně počty porovnání v rámci předvýzkumu byly malé, což snižuje statistickou sílu výsledků. Proto bylo vhodné realizovat rozsáhlejší výzkumné šetření (více viz výsledky uvedené v kapitole 5.2).



### 5.1.2 Výsledky předvýzkumu – Analýza pretestů a posttestů

Po vyčištění dat byla zhodnocena reliabilita znalostních pretestů a posttestů z chemie a přírodopisu (viz přílohy 11 až 14) a taktéž, zda získané výsledky mají či nemají normální rozdělení. Na základě výsledků reliability a normality byly prostřednictvím testů statistické významnosti posuzovány rozdíly mezi kontrolní a experimentální skupinou ve vztahu k úrovni nabytých znalostí.

#### Analýza pretestů a posttestů – Reliabilita

Prostřednictvím Cronbachova koeficientu alfa byla pro každý znalostní test zvlášť spočítána reliabilita výsledků (tab. 5.7). Vypočtené hodnoty byly na požadované úrovni (George & Mallery, 2003).

Tabulka 5.7: Znalostní testy a vypočtené koeficienty reliability (Cronbachovo alfa).

Znalostní testy	Cronbachovo alfa
Test – přírodopis, 8. ročník (biologie člověka)	0,723
Test – přírodopis, 9. ročník (geologické děje)	0,841
Test – chemie, 8. ročník (obecná a anorganická chemie)	0,793
Test – chemie, 9. ročník (obecná a organická chemie)	0,756

#### Analýza pretestů a posttestů – Normalita dat

Normalita byla posuzována pro každý znalostní test zvlášť (jak v kontrolní, tak v experimentální skupině), a to jak vizuálně (na základě sestrojeného histogramu, Q-Q grafu a P-P grafu), tak též výpočtem opět vzhledem k nižšímu počtu respondentů za použití Shapirova-Wilkova testu. Na základě vypočtených výstupů testu (tab. 5.8) i po vizuálním posouzení grafických metod lze usoudit, že data mají povahu normálního rozdělení a pro další analýzy byly voleny parametrické metody statistických testů.

Tabulka 5.8: Shapirův-Wilkův test.

Skupina	Test	Shapirův-Wilkův test		
		Statistika	<i>df</i>	<i>p</i> -hodnota
kontrolní	Test – přírodopis, 8. ročník (biologie člověka)	0,935	15	0,327
	Test – přírodopis, 9. ročník (geologické děje)	0,932	11	0,436
	Test – chemie, 8. ročník (obecná a anorganická chemie)	0,856	15	0,021
	Test – chemie, 9. ročník (obecná a organická chemie)	0,865	11	0,067
experimentální	Test – přírodopis, 8. ročník (biologie člověka)	0,920	12	0,286
	Test – přírodopis, 9. ročník (geologické děje)	0,909	9	0,310
	Test – chemie, 8. ročník (obecná a anorganická chemie)	0,892	12	0,126
	Test – chemie, 9. ročník (obecná a organická chemie)	0,955	9	0,740

## Analýza pretestů a posttestů – Vliv na úroveň získaných znalostí

Hlavním cílem v předvýzkumu použitých znalostních pretestů a posttestů bylo nalézt odpověď na třetí výzkumnou otázku VO3, která zkoumala **vliv na úroveň získaných znalostí**, a která byla následně specifikována upřesňujícími otázkami:

*VO3\_1 Existuje statisticky významný rozdíl mezi žáky kontrolní a experimentální skupiny ve výsledcích z pretestu, tedy před započítáním výzkumného šetření? Je tento rozdíl věcně významný?*

(Otázká zkoumá, zda jsou skupiny na počátku výzkumného šetření dostatečně reprezentativní a vyrovnané ve vztahu ke vstupním znalostem – tedy ve vztahu k výsledkům z pretestů, na obr. 5.1 znázorněno jako **Statistický test 1.**)

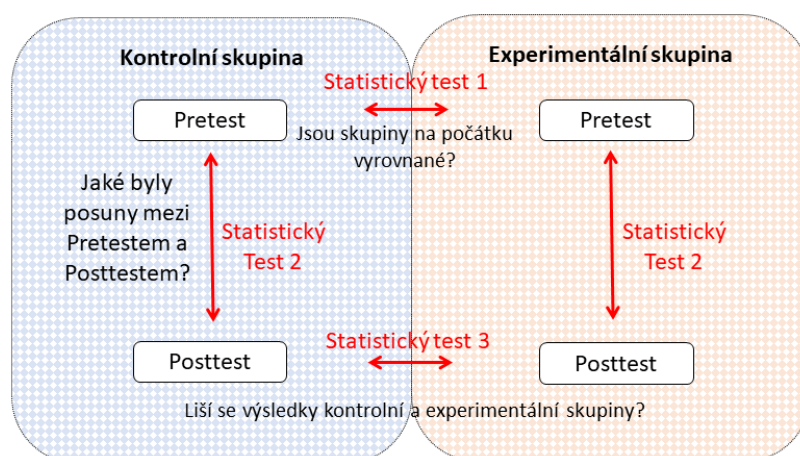
*VO3\_2 Existuje statisticky významný rozdíl mezi pretesty a posttesty? Je tento rozdíl věcně významný?*

(Otázká zkoumá, jak se změnila zkoumané znalosti žáků mezi začátkem a koncem předvýzkumu, tedy zda došlo k posunu úrovně nabytých znalostí mezi pretesty a posttesty jak v kontrolní, tak též v experimentální skupině, na obr. 5.1 znázorněno jako **Statistický test 2.**)

*VO3\_3 Existuje statisticky významný rozdíl mezi žáky kontrolní a experimentální skupiny ve výsledcích z posttestu, tedy po realizaci výzkumného šetření? Je tento rozdíl věcně významný?*

(Otázká zkoumá, zda po realizaci předvýzkumu existuje mezi žáky kontrolní a experimentální skupiny rozdíl mezi dosaženými znalostmi – tedy ve výsledcích z posttestů, na obr. 5.1 znázorněno jako **Statistický test 3.**)

Realizace statistických testů je též schematicky znázorněna na obr. 5.1.



Obrázek 5.1: Schématické znázornění analýzy pretestů a posttestů.

Z analýzy získaných výsledků, které jsou detailně rozepsány v příloze 17, vyplynuly následující závěry:

### **Odpověď na otázku VO3\_1**

Mezi žáky kontrolní a experimentální skupiny nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl ve výsledcích znalostních pretestů ( $p > 0,05$ ). Obě porovnávané skupiny (kontrolní a experimentální) jsou dostatečně reprezentativní a srovnatelné ve vztahu ke vstupním znalostem – tedy ve vztahu k výsledkům z pretestů.

### **Odpověď na otázku VO3\_2**

Následně bylo zjišťováno, jaký byl rozdíl v dosažených výsledcích mezi pretesty a posttesty. Jinými slovy se sledovalo, jak se změnil analyzované znalosti žáků mezi začátkem a koncem předvýzkumu jak v kontrolní, tak též v experimentální skupině. Zcela očekávaně bylo zjištěno, že žáci kontrolní i experimentální skupiny dosáhli na konci předvýzkumu statisticky významně lepších výsledků než na jeho začátku ( $p \ll 0,05$ ). Žáci kontrolní a též experimentální skupiny dosáhli významně lepších výsledků z posttestů než z pretestů v obou sledovaných ročnících i předmětech. Toto zjištění může souviset s mnoha faktory. Tím nejvýznamnějším bude seznámení probírané látky se žáky (kontrolní i experimentální skupiny) a jeho procvičováním. Z výsledku se však nedá příliš usuzovat, která vyučovací metoda byla lepší.

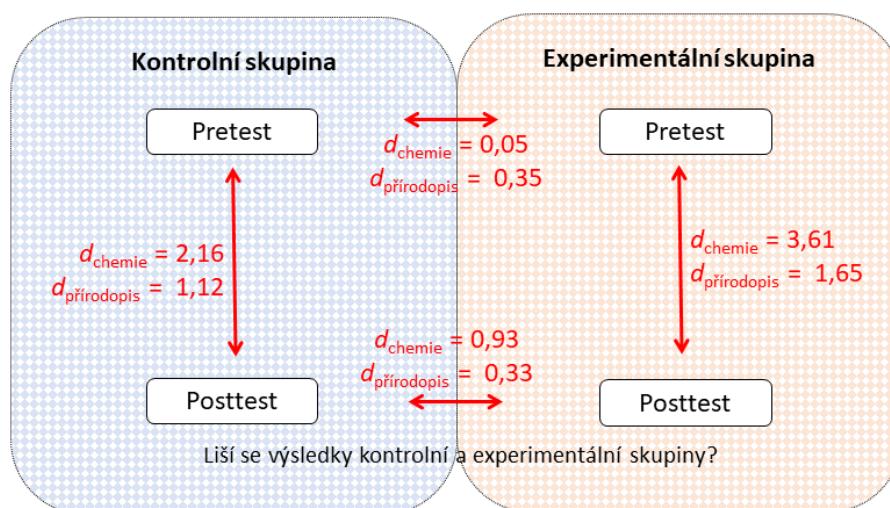
### **Odpověď na otázku VO3\_3**

Polední krok vedl ke zjištění, zda účinnější metoda výuky byla zvolena v kontrolní či experimentální skupině. Zjišťovalo se, zda po realizaci předvýzkumu existuje mezi žáky kontrolní a experimentální skupiny rozdíl mezi dosaženými znalostmi – tedy ve výsledcích z posttestů. Výzkumné šetření prokázalo, že používání dynamické vizualizace (3D modelů a animací) má významný pozitivní vliv na dosažení lepších výsledků ve znalostních testech z předmětu chemie ( $p = 0,001$ ), rozdíl byl navíc zaznamenán jako veliký ( $d = 0,928$ ). V testech zaměřených na přírodopis došlo též k mírnému zlepšení ve srovnání s kontrolní skupinou, avšak zlepšení nebylo statisticky signifikantní ( $p = 0,240$ ;  $d = 0,327$ ).

Jedním z možných vysvětlení může být vyšší náročnost předmětu chemie z hlediska abstraktního myšlení a představivosti. Díky velmi individuálnímu rozvoji prostorové představivosti a abstraktního myšlení lze předpokládat, že dynamická vizualizace usnadňující prostorovou představivost žáků a podporující pochopení abstraktních konceptů vede k lepšímu pochopení učiva a tedy i k lepším výsledkům ve fázi ověřování (evaluace) vyučovacího procesu (Schnotz & Rasch, 2005; Schnotz, 2005; Kuhl, Schreier, Gerjets, & Gembala, 2011). Výsledky korespondují s teorií kognitivního zatížení (Chandler & Sweller, 1991; Berney & Bétrancourt, 2016), která říká, že vizualizace může přispívat ke snížení přirozené/vnitřní zátěže a tím snižovat celkovou kognitivní zátěž učiva. Lze se domnívat, že tato skutečnost může být jedním

z ukazatelů rozvoje přírodovědné gramotnosti tak, jak ji definuje PISA (OECD, 2006), což by mohl být jeden z možných dalších výzkumných směrů navazujících na dosažené výsledky (Teplá, Šmejkal, Šrámek & Šarboch, 2021a; Teplá, Šrámek & Šarboch, 2019).

Na obrázku 5.2 jsou shrnuty výsledky získané statistickým zpracováním znalostních pretestů a posttestů .



Obrázek 5.2: Schématické znázornění analýzy pretestů a posttestů – výsledky věcné významnosti.

### 5.1.3 Výsledky předvýzkumu – Rozhovory s učitelem

Posledním výstupem předvýzkumu byla analýza vstupního a výstupního rozhovoru realizovaného s učitelem.

Cílem **vstupního rozhovoru** bylo zjistit, jaká jsou očekávání učitele ve vztahu k implementaci dynamické vizualizace, konkrétně k implementaci aplikace Corinth do výuky. Na základě vstupního rozhovoru se zjistila následující očekávání. Učitel očekává,...

- že aplikace bude jednoduše ovladatelná (manipulace se softwarem i s hardwarem), neočekává přílišnou změnu ve výuce, nemá strach ani obavy zakomponovat aplikaci do výuky.
- že se zájem i motivace žáků zvýší, ale že tento zájem bude klesat s časem a že žáci na základě interaktivních 3D modelů lépe porozumí probíranému obsahu.
- že se mu aplikace stane pomůckou, kterou by mohl využívat v přírodovědných předmětech, ale zároveň tato pomůcka nebude tou jedinou.
- že v aplikaci nalezne učivo, které mu bude pomáhat vysvětlit komplikovanou látku a že bude aplikaci pravidelně využívat ve svých vyučovacích hodinách.
- podporu ze strany vedení, lepší propagaci školy (např. den otevřených dveří) a přistoupení digitálních technologií do vzdělávání.

Cílem **výstupního rozhovoru** bylo zjistit, jaké byly časové nároky pro zařazení aplikace Corinth do výuky a zhodnocení experimentálního stylu výuky především ve vztahu k vnitřní motivaci zapojených žáků. Některé otázky přímo korespondovaly s dotazníky IMI určenými pro žáky. Zjistilo se, že výsledky si vzájemně odpovídají. Učitel využíval aplikaci Corinth ve výuce několikrát týdně a vypověděl, že v experimentálních třídách používal vizualizační prostředky z aplikace téměř všechny vyučovací hodiny. Na konci předvýzkumu zhodnotil, že:

- práce s aplikací spíše zabírá během příprav či v průběhu vyučování více času než v hodině bez aplikace (vyhledávání modelů, přepínání mezi prezentací a aplikací, úprava prezentace).
- vyučovací hodiny s podporou aplikace Corinth se jevily žákům jako zábavné, žáci se více zapojovali do výuky a byli pro ni více motivováni; u žáků aplikace vyvolávala zvědavost a vnímali ji jako atraktivní pomůcku.
- zvýšila se pozornost žáků, nicméně ji žáci věnovali hlavně vizualizačním prostředkům, a ne metodám jako je např. diskuze; augmentovaná realita dokonce odvrací pozornost od probírané látky.
- aplikace je užitečná pro lepší představivost žáků a lepší pochopení probírané látky.
- množství obsahu v aplikaci je zcela vhodné na základní školu.

## 5.2 Výsledky hlavního výzkumného šetření

Tato kapitola je rozčleněna do dvou podkapitol. První podkapitola představuje výsledky, které se týkají dotazníkového šetření (kap. 5.2.1). Druhá podkapitola analyzuje výsledky získané ze vstupního a výstupního rozhovoru s učiteli (kap. 5.2.2). Výsledky jsou taktéž diskutovány v kapitole 6.

### 5.2.1 Výsledky hlavního výzkumného šetření – Dotazníkové šetření

#### Dotazníkové šetření – Reliabilita výsledků a výpočet nových proměnných

I v případě hlavního výzkumného šetření byla reliabilita použitých dotazníků (pre dotazníku i všech post dotazníku), resp. jejich škál, zhodnocena pomocí metody odhadu výpočtu vnitřní konzistence.

Tabulka 5.9 ukazuje hodnoty koeficientu Cronbachovo alfa pro sledované škály **pre dotazníku** (vnitřní cílová motivace (Intrinsic\_motivation), sebeúčinnost v učení (Self\_efficacy), vnější cílová motivace (Extrinsic\_motivation) a uvědomění vlastní zodpovědnosti při učení se (Control\_beliefs)). Vypočtené hodnoty této míry reliability jsou u prvních třech škál na požadované úrovni, neboť hodnota koeficientu překračuje či se blíží k všeobecně přijímanému minimu 0,70 (Nunnally, 1978; DeVellis, 2012; Kline, 2011). Získaná data jsou u těchto škál vnitřně konzistentní a lze je považovat za důvěryhodná. Poslední škála má hodnotu koeficientu Cronbachovo alfa 0,60. Získané výsledky v této škále (uvědomění vlastní zodpovědnosti při učení se) je třeba považovat za méně věrohodné.

Tabulka 5.9: Pozorované škály a koeficienty reliability (Cronbachovo alfa) u pre dotazníku.

Škály pre dotazníku	Cronbachovo alfa
Intrinsic_motivation: vnitřní cílová motivace (položky 1, 6, 9, 14)	0,70
Self_efficacy: sebeúčinnost v učení (tvrzení 2, 8, 11, 13)	0,73
Extrinsic_motivation: vnější cílová motivace (položky 3, 5, 10, 16)	0,76
Control_beliefs: uvědomění vlastní zodpovědnosti při učení se (položky 4, 7, 12, 15)	0,60

Tabulka 5.10 ukazuje hodnoty koeficientu Cronbachovo alfa pro sledované škály všech použitých **post dotazníků** (zájem/potěšení (Interest), úsilí/důležitost (Effort), uvědomění si svých schopností (Competence a hodnota/užitečnost (Value)). Všechny vypočtené hodnoty jsou nad požadovanou úrovní hodnoty 0,70 (Nunnally, 1978; DeVellis, 2012; Kline, 2011). Získaná data z post dotazníků jsou tedy vnitřně konzistentní a lze je považovat za spolehlivá.

Tabulka 5.10: Pozorované škály a koeficienty reliability (Cronbachovo alfa) u post dotazníků.

Škály post dotazníků	Cronbachovo alfa
Interest_kla: zájem/potěšení (položky 1, 5, 11, 15, 18, 21, 22)	0,90
Effort_kla: úsilí/důležitost (položky 2, 6, 12, 19, 23)	0,78
Competence_kla: uvědomění si svých schopností (položky 3, 7, 9, 13, 16, 25)	0,84
Value_kla: hodnota/užitečnost (položky 4, 8, 10, 14, 17, 20, 24)	0,91
Interest_kla_1: zájem/potěšení (položky 1, 5, 11, 15, 18, 21, 22)	0,91
Effort_kla_1: úsilí/důležitost (položky 2, 6, 12, 19, 23)	0,79
Competence_kla_1: uvědomění si svých schopností (položky 3, 7, 9, 13, 16, 25)	0,80
Value_kla_1: hodnota/užitečnost (položky 4, 8, 10, 14, 17, 20, 24)	0,92
Interest_kla_2: zájem/potěšení (položky 1, 5, 11, 15, 18, 21, 22)	0,90
Effort_kla_2: úsilí/důležitost (položky 2, 6, 12, 19, 23)	0,73
Competence_kla_2: uvědomění si svých schopností (položky 3, 7, 9, 13, 16, 25)	0,88
Value_kla_2: hodnota/užitečnost (položky 4, 8, 10, 14, 17, 20, 24)	0,94
Interest_exp_1: zájem/potěšení (položky 1, 5, 11, 15, 18, 21, 22)	0,88
Effort_exp_1: úsilí/důležitost (položky 2, 6, 12, 19, 23)	0,80
Competence_exp_1: uvědomění si svých schopností (položky 3, 7, 9, 13, 16, 25)	0,79
Value_exp_1: hodnota/užitečnost (položky 4, 8, 10, 14, 17, 20, 24)	0,93
Interest_exp_2: zájem/potěšení (položky 1, 5, 11, 15, 18, 21, 22)	0,92
Effort_exp_2: úsilí/důležitost (položky 2, 6, 12, 19, 23)	0,86
Competence_exp_2: uvědomění si svých schopností (položky 3, 7, 9, 13, 16, 25)	0,86
Value_exp_2: hodnota/užitečnost (položky 4, 8, 10, 14, 17, 20, 24)	0,95

Ze všech položek pre dotazníku i post dotazníků, vzhledem k dobré vnitřní konzistenci dat, byly **vypočteny „nové“ proměnné** (Intrinsic\_motivation, Self\_efficacy, Extrinsic\_motivation, Control\_beliefs, Interest\_kla\_1, Effort\_kla\_1, Competence\_kla\_1, Value\_kla\_1, Interest\_kla\_2, Effort\_kla\_2, Competence\_kla\_2, Value\_kla\_2, Interest\_exp\_1, Effort\_exp\_1, Competence\_exp\_1, Value\_exp\_1, Interest\_exp\_2, Effort\_exp\_2, Competence\_exp\_2 a Value\_exp\_2) jako aritmetický průměr ze skóre všech položek patřících k dané škále. Proměnné byly následně zahrnuty do statistické analýzy.

## Dotazníkové šetření – Normalita dat

### Pre dotazník

Normalita dat byla na základě Kolmogorova-Smirnova testu zamítnuta u všech 4 škál v experimentální i kontrolní skupině ( $p < 0,05$ ; viz tabulka 5.11).

Tabulka 5.11: Kolmogorovův-Smirnovův test (pre dotazník).

Skupina	Škála	Kolmogorovův-Smirnovův test		
		Statistika	<i>df</i>	<i>p</i> -hodnota
kontrolní	Intrinsic_motivation	0,066	213	0,026
	Self_efficacy	0,086	213	0,001
	Extrinsic_motivation	0,108	213	0,000
	Control_beliefs	0,071	213	0,012
experimentální	Intrinsic_motivation	0,077	265	0,001
	Self_efficacy	0,061	265	0,019
	Extrinsic_motivation	0,122	265	0,000
	Control_beliefs	0,071	265	0,002

### Post dotazník\_kla

Normalita dat nebyla zamítnuta prostřednictvím Kolmogorova-Smirnova testu celkově u tří škál: Competence\_kla u kontrolní skupiny a Effort\_kla a Value\_kla u experimentální skupiny. U ostatních škál byla normalita dat vyvrácena (viz tab. 5.12).

Tabulka 5.12: Kolmogorovův-Smirnovův test (Post dotazník\_kla).

Skupina	Škála	Kolmogorovův-Smirnovův test		
		Statistika	<i>df</i>	<i>p</i> -hodnota
kontrolní	Interest_kla	0,071	195	0,019
	Effort_kla	0,073	195	0,014
	Competence_kla	0,061	195	0,076
	Value_kla	0,075	195	0,010
experimentální	Interest_kla	0,086	267	0,000
	Effort_kla	0,047	267	0,200*
	Competence_kla	0,065	267	0,009
	Value_kla	0,045	267	0,200*

\* Jedná se o hodnotu nižší než je skutečně naměřená *p*-hodnota.

### Post dotazník\_kla\_1

Normalita dat byla zamítnuta prostřednictvím Kolmogorova-Smirnova u škály Effort\_kla\_1, u ostatních škál nebyla normalita dat zamítnuta (viz tab. 5.13).



Tabulka 5.13: Kolmogorovův-Smirnovův test (Post dotazník\_kla\_1).

Skupina	Škála	Kolmogorovův-Smirnovův test		
		Statistika	<i>df</i>	<i>p</i> -hodnota
kontrolní	Interest_kla_1	0,053	104	0,200*
	Effort_kla_1	0,107	104	0,005
	Competence_kla_1	0,083	104	0,072
	Value_kla_1	0,060	104	0,200*
* Jedná se o hodnotu nižší než je skutečně naměřená <i>p</i> -hodnota.				

## Post dotazník\_kla\_2

Normalita dat byla zamítnuta prostřednictvím Kolmogorova-Smirnova u škály Interest\_kla\_2, u ostatních škál nebyla normalita dat zamítnuta (viz tab. 5.14).

Tabulka 5.14: Kolmogorovův-Smirnovův test (Post dotazník\_kla\_2).

Skupina	Škála	Kolmogorovův-Smirnovův test		
		Statistika	<i>df</i>	<i>p</i> -hodnota
kontrolní	Interest_kla_2	0,094	98	0,034
	Effort_kla_2	0,073	98	0,200*
	Competence_kla_2	0,083	98	0,094
	Value_kla_2	0,087	98	0,066
* Jedná se o hodnotu nižší než je skutečně naměřená <i>p</i> -hodnota.				

## Post dotazník\_exp\_1

Data opět nejeví normální rozdělení. Výsledky Kolmogorova-Smirnova testu jsou zmíněny v tabulce 5.15. Pouze u škály Competence\_exp\_1 nebyla normalita dat zamítnuta. Normalita byla též graficky zkoumána prostřednictvím histogramu, kde větší výchyly od normálního rozdělení jeví škály Interest\_exp\_1 a Value\_exp\_1 (viz příloha 18).

Tyto dvě proměnné, u nichž bylo zamítnuto normální rozdělení, byly žáky hodnoceny velmi kladně (dosahovaly vyššího bodování, došlo tedy k posunu maxima histogramu výrazně doprava). To může být následkem vzniklé nenormality dat – záporná šikmost.

Tabulka 5.15: Kolmogorovův-Smirnovův test (Post dotazník\_exp\_1).

Skupina	Škála	Kolmogorovův-Smirnovův test		
		Statistika	<i>df</i>	<i>p</i> -hodnota
experimentální	Interest_exp_1	0,116	257	0,000
	Effort_exp_1	0,069	257	0,005
	Competence_exp_1	0,052	257	0,095
	Value_exp_1	0,143	257	0,000

## Post dotazník\_exp\_2

Normalita dat byla zamítnuta u všech škál (viz tab. 5.16). Normalita byla též graficky zkoumána prostřednictvím histogramu, kde větší výchylky od normálního rozdělení jevíly škály Interest\_exp\_2 a Value\_exp\_2 (viz příloha 19).

Nastala zde obdobná situace jako u post dotazníku\_exp\_1. Jednalo se o stejné proměnné, které byly žáky hodnoceny velmi kladně, což vedlo k výraznější záporné šikmosti.

Tabulka 5.16: Kolmogorovův-Smirnovův test (post dotazník\_exp\_2).

Skupina	Škála	Kolmogorovův-Smirnovův test		
		Statistika	<i>df</i>	<i>p</i> -hodnota
experimentální	Interest_exp_2	0,081	240	0,001
	Effort_exp_2	0,062	240	0,024
	Competence_exp_2	0,065	240	0,015
	Value_exp_2	0,118	240	0,000

**Vzhledem k výsledkům testů, přestože některé proměnné vykazovaly normální rozdělení, byly pro další kvalitativní analýzu vzhledem k vzájemnému porovnávání použity neparametrické alternativy statistických testů.**

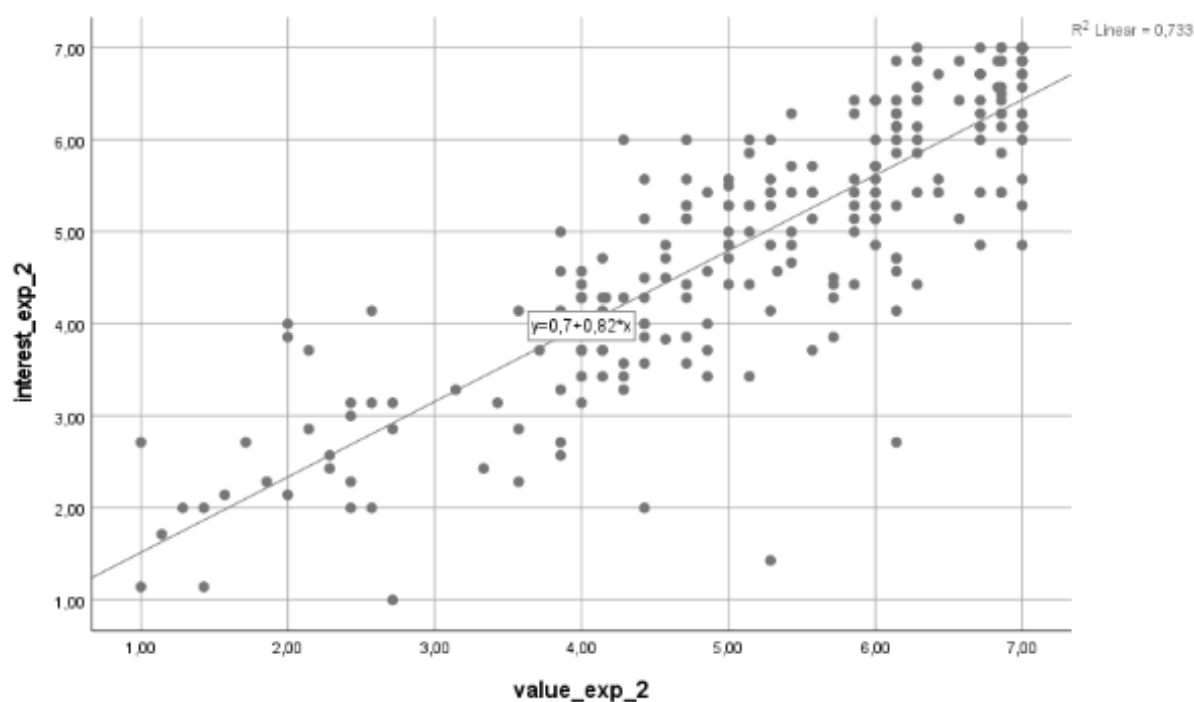
## Dotazníkové šetření – Korelační analýza

Výsledky korelační analýzy, které jsou detailně popsány v příloze 19, ukázaly následující závěry.

Všechny sledované vztahy mezi škálami pre dotazníku i post dotazníků byly vzhledem ke korelační analýze statisticky signifikantní. Z korelační analýzy vyplynulo též mnoho silných korelací. Mezi významné korelace, které se zaznamenaly v tradiční, první experimentální i poslední experimentální vyučovací hodině, patřily níže popsané vztahy.

Mezi všemi zkoumanými složkami post dotazníků z tradiční i z obou experimentálních hodin byly naměřeny silné korelace, které znamenají:

- žáci projevují zájem o probíranou látku, právě když pocítují význam probírané látky (vztah byl u všech post dotazníků nejsilnější) a/nebo právě když jsou schopni danému učivu porozumět a/nebo právě když jsou ochotni vkládat úsilí do výuky (viz též korelační diagram znázorněný na obr. 5.3).

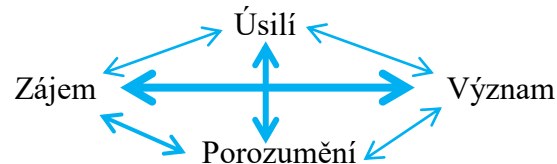


Obrázek 5.3: Korelační diagram (bodový graf) mezi proměnnými zájem žáka o probíranou látku (interest\_exp\_2) a pocítování jejího významu (value\_exp\_2) – poslední experimentální vyučovací hodina.

- žáci byli ochotni vkládat úsilí za účelem porozumění probíraného učiva, právě když mají pocit, že učivo zvládají (porozuměli mu) (vztah byl u všech post dotazníků druhý nejsilnější) a/nebo právě když projevují zájem o probíranou látku a/nebo právě když pocítují význam probírané látky.

- žáci pocítují význam probírané látky, právě když mají pocit, že učivo zvládají (porozuměli mu) a/nebo právě když projevují zájem o probíranou látku a/nebo právě když jsou ochotni vkládat úsilí do výuky.
- žáci jsou schopni danému učivu porozumět, právě když projevují zájem o probíranou látku (vztah byl u post dotazníků třetí nejsilnější) a/nebo právě když pocítují význam probírané látky a/nebo právě když jsou ochotni vkládat úsilí do výuky.

Graficky lze vztahy vyjádřit (symbol ↔ značí ekvivalentní vztah):



Ze vztahů jasně vyplývá, že všechny složky vnitřní motivace spolu korelují – jak v kontrolní, tak v experimentální výuce. Chceme-li posílit vnitřní motivaci, je vhodné posilovat všechny složky vnitřní motivace. Konkrétně je zapotřebí danou látku předkládat co nejvíce srozumitelně, tedy takovým způsobem, aby žáci byli schopni danému učivu porozumět. Zároveň je zapotřebí klást důraz na užitečnost probírané látky (význam v běžném životě, praktičnost). Následně se budou žáci o učivo hlouběji zajímat a budou motivováni pro výuku probírané látky (vztahy platí i naopak), neboť všechny čtyři zkoumané složky vnitřní motivace spolu úzce souvisejí.

Silný vztah mezi sledovanými složkami vnitřní motivace byl nalezen i v jiných studiích (např. Sloupová, 2020; Šarboch et al., 2020).

Uvedené vztahy byly silnější v experimentálních vyučovacích hodinách než v hodině klasické. Dokonce v poslední experimentální vyučovací hodině byly korelace mezi škálami post dotazníku v průměru silnější než korelace mezi stejnými škálami v první experimentální vyučovací hodině. Lze tedy předpokládat, že experimentální výuka (**výuka s podporou dynamické vizualizace**) pozitivně podporovala všechny 4 složky sledované vnitřní motivace.

## Dotazníkové šetření – Vliv na vnitřní motivaci žáka

V hlavním výzkumném šetření byly použity pre a post dotazníky, jejichž hlavním cílem bylo zjistit odpověď na první a též druhou výzkumnou otázku (VO1 a VO2). Otázky byly specifikovány:

*VO1\_1 Existuje statisticky významný rozdíl mezi kontrolní a experimentální skupinou ve vztahu k vnitřní motivaci žáků v tradiční výuce přírodovědných předmětů bez implementace experimentální výuky? Je tento rozdíl věcně významný?*

(Otázka zkoumá, zda jsou kontrolní a experimentální skupina srovnatelné v klasicky vedené vyučovací hodině ve vztahu k motivační orientaci žáků.)

*VO1\_2 A) Existuje statisticky významný rozdíl u žáků experimentální skupiny mezi kontrolní vyučovací hodinou a první experimentální vyučovací hodinou ve vztahu k vnitřní motivaci žáků? Je tento rozdíl věcně významný?*

*B) Existuje statisticky významný rozdíl mezi první vyučovací hodinou shodného tématu (učiva) zařazenou ihned na začátek experimentálního období, která byla vedena klasicky (žáci kontrolní skupiny) a experimentálně (žáci kontrolní skupiny) ve vztahu k vnitřní motivaci žáků? Je tento rozdíl věcně významný?*

(Otázky zkoumají, jaký je rozdíl mezi klasicky a experimentálně vedenou vyučovací hodinou ve vztahu k motivační orientaci žáků.)

*VO1\_3 A) Existuje statisticky významný rozdíl u žáků experimentální skupiny mezi první experimentální vyučovací hodinou a poslední experimentální vyučovací hodinou ve vztahu k vnitřní motivaci žáků? Je tento rozdíl věcně významný?*

*B) Existuje statisticky významný rozdíl mezi klasicky vedenou vyučovací hodinou a poslední experimentální vyučovací hodinou týchž žáků ve vztahu k vnitřní motivaci žáků? Je tento rozdíl věcně významný?*

*C) Existuje statisticky významný rozdíl mezi vyučovací hodinou shodného tématu (učiva) zařazenou na konci experimentálního období, která byla vedena klasicky (žáci kontrolní skupiny) a experimentálně (žáci experimentální skupiny) ve vztahu k vnitřní motivaci žáků? Je tento rozdíl věcně významný?*

(Otázky zkoumají, jak se vliv experimentální výuky mění s časovým odstupem.)

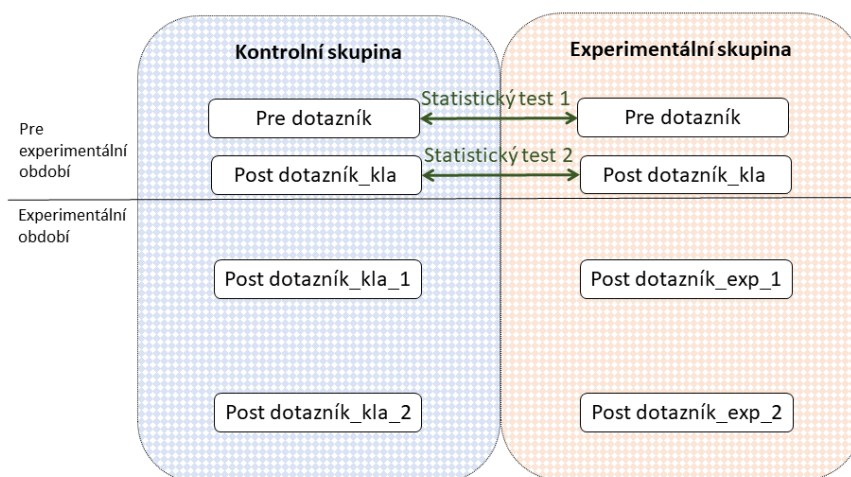
*VO2\_1 Jaký je vliv faktorů (pohlaví žáka, vyučovaný předmět, stupeň vzdělávání, věk žáka, osobnost učitele) na vnímání experimentální výuky ve vztahu k vnitřní motivaci žáků?*

(Otázka zkoumá vliv potenciálních moderujících proměnných.)

Z analýzy získaných výsledků, které jsou detailně rozepsány v příloze 20, vzešly níže popsané závěry.

### Odpověď na otázku VO1\_1

Odpověď byla získána vyhodnocením dvou statistických testů (na obr. 5.4 znázorněných jako Statistický test 1 a Statistický test 2).



Obrázek 5.4: Schématické znázornění Statistického testu 1 a 2 – hledání odpovědi na výzkumnou otázku VO1\_1.

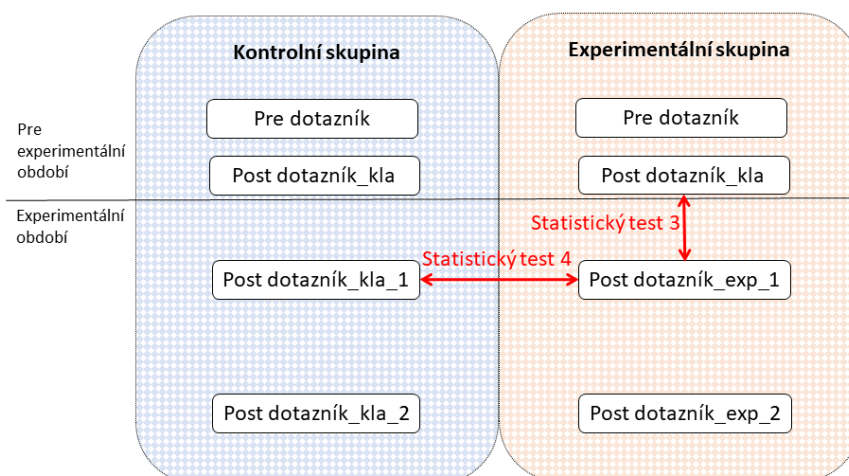
Žáci experimentální i kontrolní skupiny jsou vzájemně vyrovnáni vzhledem k motivační orientaci a využívání různých strategií pro vlastní učení ( $p > 0,05$ ), vyjma škály Self\_efficacy (sebeúčinnost v učení), která vyjadřuje žákův pocit, že je schopen zvládnout probírané učivo. Žáci experimentální skupiny ( $Md = 4,25$ ) přiřazovali této škále nižší počet bodů než žáci kontrolní skupiny ( $Md = 4,50$ ), nicméně vzhledem k věcné významnosti byl tento efekt zaznamenán jako nízký (Cohenovo  $d = 0,23$ ).

Dále se zjistilo, že žáci experimentální i kontrolní skupiny na počátku výzkumného šetření v klasicky vedené vyučovací hodině pociťují téměř obdobný zájem o probíranou látku, do porozumění probíraného obsahu vkládají srovnatelné úsilí, na stejné úrovni si uvědomují své schopnosti (pocit zvládnutí učiva) a obě skupiny podobně pociťují význam probírané látky (u všech škál  $p > 0,05$ ). Zaznamenané rozdíly z hlediska věcné významnosti byly velmi malé. Skupiny se tedy zdají být na počátku výzkumu vyrovnané ve vztahu k vnitřní motivační orientaci žáků.

Výsledky se dají shrnout tak, že mezi žáky experimentálních a kontrolních tříd neexistuje na počátku výzkumu v klasické výuce přírodovědných předmětů statisticky ani věcně významný rozdíl ve vztahu k motivační orientaci žáků.

## Odpověď na otázku VO1\_2

Odpověď byla získána vyhodnocením dvou statistických testů (na obr. 5.5 znázorněných jako Statistický test 3 a Statistický test 4).



Obrázek 5.5: Schématické znázornění Statistického testu 3 a 4 – hledání odpovědi na výzkumnou otázku VO1\_2.

**A)** Mezi kontrolní a první experimentální VH žáků experimentální skupiny byl zaznamenán statisticky signifikantní rozdíl u všech sledovaných škál vnitřní motivace ( $p < 0,05$ ). Co se týče věcné významnosti, v první experimentální vyučovací hodině byl zaznamenán vliv dynamické vizualizace na vnitřní motivaci žáků se středně velikou až velkou průměrnou velikostí účinku  $d = 0,69$ ; konkrétně veliký pozitivní efekt na žáky ve vztahu k pocíťování zájmu/potěšení ve výuce ( $d = 1,05$ ) a též na pocíťování hodnoty/užitečnost probírané látky ( $d = 1,02$ ), středně pozitivní vliv na uvědomění si svých schopností (žák má pocit, že si vede dobře) ( $d = 0,408$ ) a slabý, avšak stále pozitivní vliv na ochotu vkládat úsilí (snaha uspět) do výuky ( $d = 0,273$ ). Výsledky ukazují rozdíl mezi klasicky vedenou vyučovací hodinou, jež byla realizována v předexperimentálním období, a zúčastnili se ji jak žáci kontrolní skupiny, tak žáci skupiny experimentální. Z výsledků lze tedy usuzovat na to, jak žáci experimentální skupiny subjektivně vnímali (hodnotili) tuto klasickou vyučovací hodinu a jak následně opět subjektivně vnímali (hodnotili) první experimentální vyučovací hodinu a rozdíly mezi nimi. Nicméně změna hodnocení mohla nastat i změnou probíraného učiva (jeho atraktivitou, náročností, aplikovatelností do každodenního života apod.) v jednotlivých hodinách. Z toho důvodu bylo provedeno srovnání mezi žáky kontrolní a experimentální skupiny při výuce shodného učiva (viz dále část B).

**B)** Mezi kontrolní skupinou a experimentální skupinou (výuka totožného tématu probíhala experimentálním způsobem, jednalo se o první exp. VH) byl zaznamenán statisticky signifikantní rozdíl u tří sledovaných škál vnitřní motivace (zájem/potěšení o probíranou látku; uvědomění si svých schopností; hodnota/užitečnost probírané látky;  $p < 0,05$ ). Co se týče věcné

významnosti, v první experimentální vyučovací hodině byl zaznamenán vliv dynamické vizualizace na vnitřní motivaci žáků se středně velikou průměrnou velikostí účinku  $d = 0,52$ . Konkrétně se zjistilo, že i při tomto porovnání má dynamická vizualizace (především animace a 3D modely) zapojená do první experimentální vyučovací hodiny veliký pozitivní efekt na pociťování hodnoty/užitečnost probírané látky ( $d = 0,883$ ) a též na pociťování zájmu/potěšení ve výuce ( $d = 0,665$ ), slabší až středně silný pozitivní vliv na uvědomění si žákova schopností (žák má pocit, že si vede dobře) ( $d = 0,355$ ) a opět slabý, avšak stále pozitivní, vliv na ochotu vkládat úsilí (snaha uspět) do výuky ( $d = 0,225$ ).

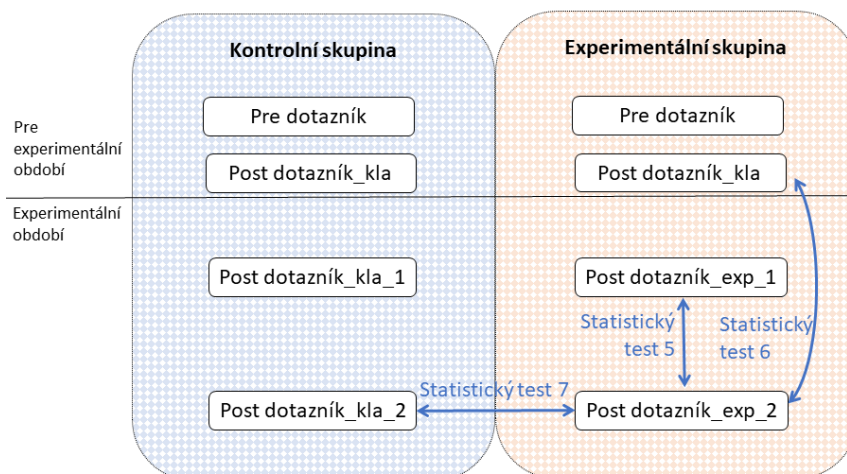
V části A) byla naměřena průměrná velikost účinku  $d = 0,69$  v části B) pak  $d = 0,52$ . Přestože rozdíl mezi hodnotami není veliký (0,17), je vhodné diskutovat, čím mohl být způsobený. Za prvé v části B) byla zahrnuta data od žáků, kteří byli zapojeni pouze v druhé etapě, kdežto v části A) byla zahrnuta data od žáků, kteří byli zapojeni do obou etap. Za druhé v části A) byla porovnávána pouze data od žáků experimentální skupiny – jednalo se tedy o posun mezi subjektivním vnímáním klasicky vedené VH a subjektivním vnímáním experimentálně vedené VH týchž žáků. Za třetí v části B) bylo porovnáváno subjektivní hodnocení žáků kontrolní skupiny, kteří hodnotili klasicky vedenou VH, se subjektivním hodnocení žáků experimentální skupiny, kteří hodnotili experimentálně vedenou VH s tím, že v obou skupinách bylo vyučováno shodné téma (shodné učivo) za použití shodných výukových metod.

Je tedy přínosné uvádět oba výsledky, protože v prvním případě se jednalo o posun ve vnímání mezi kontrolní a experimentální VH u týchž žáků, ve druhém případě to bylo porovnání dvou skupin, ve kterých bylo vyučováno shodné téma (učivo). Nicméně v obou případech je patrný středně veliký (v prvním případě až veliký) pozitivní vliv dynamické vizualizace na tři zkoumané složky vnitřní motivace (zájem/potěšení o probíranou látku; uvědomění si svých schopností; hodnota/užitečnost probírané látky) oproti vizualizaci statické.



### Odpověď na otázku VO1\_3

V předešlých odstavcích se dospělo k závěru, že mezi klasicky vedenou vyučovací hodinou a první experimentálně vedenou vyučovací hodinou byl zaznamenán statisticky i věcně významný rozdíl. Nicméně je vhodné zkoumat, jak se efekt (vliv) experimentální výuky změnil po třech měsících působení této výuky. Odpověď byla získána vyhodnocením tří statistických testů (na obr. 5.6 znázorněných jako Statistický test 5 až Statistický test 7)



Obrázek 5.6: Schématické znázornění Statistického testu 5 až 7 – hledání odpovědi na výzkumnou otázku VO1\_3.

**A)** Byl naměřen pokles mezi subjektivním vnímáním (hodnocením) první a poslední experimentální VH u těchto žáků tedy žáků experimentální skupiny s průměrnou velikostí účinku  $d = 0,34$ . Statisticky signifikantní pokles byl nalezen u tří škál vyjma škály, která představovala ochotu žáka vkládat úsilí do výuky. Vzhledem k porovnání velikosti účinku byl pokles u škály uvědomění si svých schopností a u škály hodnota/užitečnost probírané látky mírný až středně silný ( $d = 0,38$ ; resp.  $d = 0,415$ ) a u škály zájem o probíranou látku byl středně silný až silný ( $d = 0,597$ ).

Pokles byl očekáván, neboť začleněná dynamická vizualizace a s ní spjatá pomůcka (aplikace Corinth) do první experimentální vyučovací hodiny byla pro žáky novinkou. Došlo tedy ke změně ve vyučovacím procesu žáků experimentální skupiny, což se následně projevilo vyšší pozorností žáků a automaticky vyšší motivací. Nicméně tato pozornost může teoreticky s častějším užíváním pomůcky klesat, což se projevilo v dosažených výsledcích. Pokles v pocíťování významu probírané látky může být též způsoben obdobím testování – poslední experimentální hodina u první etapy probíhala v měsíci červen, tedy před začátkem hlavních prázdnin; u druhé etapy pak před prázdninami vánočními.

**B)** Po třech měsících působení experimentální výuky na žáky byl (vzhledem k porovnání klasicky vedené VH a poslední exp. VH) zaznamenán vliv dynamické vizualizace na vnitřní motivaci žáků (statisticky signifikantně na pocitování zájmu/potěšení ve výuce; na ochotu vkládat úsilí a na pocitování hodnoty/užitečnost probírané látky a statisticky nesignifikantně na uvědomění si svých schopností) s nízkou až středně velikou velikostí účinku  $d = 0,38$ . Konkrétně největší pozitivní vliv má experimentální výuka (dynamická vizualizace) na zájem žáků o probíranou látku ( $d = 0,494$ ) a na pocitování významu této látky ( $d = 0,643$ ) a slabý avšak stále pozitivní vliv též u ochoty žáků vkládat úsilí do výuky ( $d = 0,262$ ).

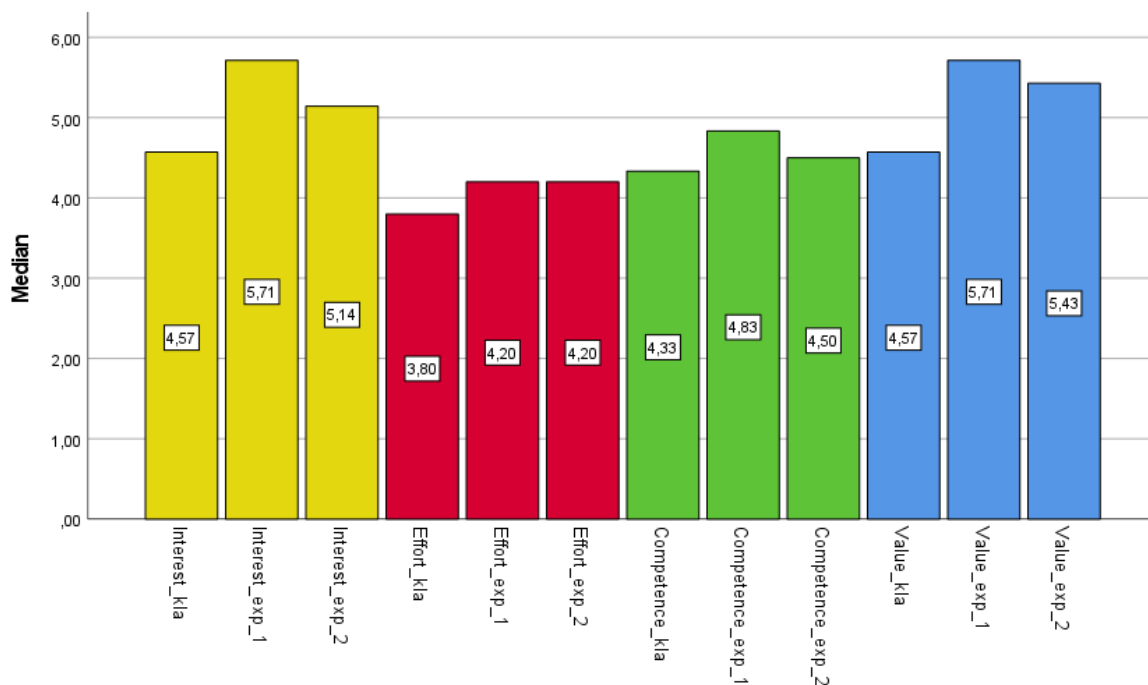
Výsledky poukazují na rozdíl mezi klasicky vedenou VH, jež však byla realizována již v předexperimentálním období a poslední exp. VH. Z výsledků lze tedy usuzovat na to, jak žáci experimentální skupiny subjektivně vnímali (hodnotili) tuto klasickou VH a jak následně opět subjektivně vnímali (hodnotili) poslední experimentální VH a rozdíly mezi nimi. Nicméně změna hodnocení mohla nastat, jak už bylo uvedeno výše, i změnou probíraného učiva (jeho atraktivitou, náročností, aplikovatelností do každodenního života apod.) v jednotlivých hodinách. Z toho důvodu bylo uděláno srovnání mezi žáky kontrolní a experimentální skupiny při výuce shodného učiva (viz část C).

**C)** Mezi poslední kontrolní VH a poslední experimentální VH realizovaného výzkumného šetření (výuka shodného učiva, shodné výukové metody) byl zaznamenán vliv dynamické vizualizace na vnitřní motivaci žáků (statisticky signifikantně na pocitování zájmu/potěšení ve výuce a na ochotu vkládat úsilí a statisticky nesignifikantně na uvědomění si svých schopností a na pocitování hodnoty/užitečnost probírané látky) se středně velikou průměrnou velikostí účinku  $d = 0,43$ . Konkrétně se zjistilo, že při porovnání kontrolní výuky a experimentální výuky v poslední VH výzkumného šetření má dynamická vizualizace (především animace a 3D modely) velký pozitivní efekt na pocitování hodnoty/užitečnost probírané látky ( $d = 0,819$ ), středně silný na pocitování zájmu/potěšení ve výuce ( $d = 0,503$ ), a slabý avšak stále pozitivní vliv na ochotu vkládat úsilí (snaha uspět) do výuky ( $d = 0,213$ ) a na uvědomění si svých schopností (žák má pocit, že si vede dobře) ( $d = 0,202$ ).

Opět je vhodné diskutovat, čím by mohly být způsobené naměřené rozdíly mezi částí B) ( $d = 0,38$ ) a C) ( $d = 0,43$ ). Za prvé v části C) byla zahrnuta data od žáků, kteří byli zapojeni pouze v druhé etapě, kdežto v části B) byla zahrnuta data od žáků, kteří byli zapojeni do obou etap. Za druhé v části B) byla porovnávána pouze data od žáků experimentální skupiny – jednalo se tedy o posun mezi subjektivním vnímáním klasicky vedené VH a subjektivním vnímáním experimentálně vedené poslední VH týchž žáků. Za třetí v části C) bylo porovnáváno subjektivní hodnocení žáků kontrolní skupiny, kteří hodnotili v rámci výzkumu poslední klasicky vedenou VH, se subjektivním hodnocení žáků experimentální skupiny, kteří hodnotili poslední experimentálně vedenou VH s tím, že v obou skupinách bylo vyučováno shodné učivo

za použití shodných výukových metod. V obou případech (část B i C) je však patrný přetrvávající pozitivní vliv dynamické vizualizace na zkoumané složky vnitřní motivace oproti vizualizaci statické. Největší pozitivní vliv přetrvává u složky hodnota/užitečnost probírané látky a u složky zájem/potěšení o probíranou látku.

**A + B)** Vliv časového odstupe experimentální výuky lze vypočítat též na základě vizuálního posouzení diagramů znázorněných na obrázku 5.7, na kterém jsou znázorněny diagramy mediánů naměřených škál post dotazníku\_kla, post dotazníku\_exp\_1 i post dotazníku\_exp\_2 získaných od týchž žáků (konkrétně od žáků experimentální skupiny). Z obrázku je velmi dobře patrný pozitivní vliv experimentální výuky (dynamické vizualizace) na hodnocení všech sledovaných škál. Ihned na počátku výzkumu při srovnání dat z klasické VH (vždy první sloupec stejně barevně označené trojice sloupců) s daty z první experimentální VH (druhý sloupec), lze pozorovat velmi veliký pozitivní efekt experimentální výuky na žáky ve vztahu k pocíťování zájmu/potěšení ve výuce (Interest) a též na pocíťování hodnoty/užitečnosti probírané látky (Value) a o poznání menší avšak stále statisticky signifikantní pozitivní vliv na ochotu vkládat úsilí do výuky (Effort) a též na uvědomění si svých schopností (Competence). U tří škál následuje mezi druhým a třetím sloupcem statisticky signifikantní pokles (Interest, Competence, Value). U škály Effort nedošlo k žádnému poklesu. Následně při srovnání dat z klasické VH (první sloupec) s daty z poslední experimentální VH (třetí sloupec), je velmi dobře patrný nárůst u tří škál (Interest, Effort, Value), který je statisticky signifikantní.



Obrázek 5.7: Graf znázorňuje hodnoty mediánů čtyř zkoumaných složek vnitřní motivace (Interest: **zájem/potěšení** – znázorněno žlutě, Effort: **úsilí/důležitost** – červeně, Competence: **uvědomění si svých schopností** – zeleně a Value: **hodnota/užitečnost** – modře). První sloupec vždy představuje hodnotu mediánů z nasbíraných dat post dotazníků po klasicky vedené výuce, druhý sloupec po první experimentální hodině (začátek výzkumu) a třetí po experimentální hodině po tříměsíčním užívání dynamické vizualizace ve výuce (konec výzkumu).

## Odpověď na otázku VO2\_1

V hlavním výzkumném šetření bylo sledováno 5 potenciálních moderujících proměnných. Na základě dosažených výsledků jsme odhalily tři proměnné, které měly významný dopad na dosažené výsledky ve vztahu k měření vlivu experimentální výuky na vnitřní motivaci žáka. Mezi tyto moderující proměnné patří vyučovaný předmět, role učitele a věk žáka. Na druhou stranu proměnné pohlaví žáka a stupeň vzdělávání neměly výrazný vliv na získané výsledky.

V tabulce 5.17 jsou uvedeny získané průměrné hodnoty věcné významnosti (Cohenova  $d$ ) z první experimentální vyučovací hodiny v závislosti na rozdělení žáků podle sledovaného faktoru (potenciální moderující proměnné). Souhrnná průměrná velikost účinku je 0,689 a lze pozorovat, že proměnná pohlaví ani stupeň vzdělávání průměrnou velikost účinku příliš neovlivní. Naproti tomu proměnné vyučovaný předmět a učitel (a v tabulce neuvedená proměnná věk), již hodnotu věcné významnosti výrazně ovlivňují. Tvrzení jsou statisticky podložena prostřednictvím testů – detailně rozebráno v příloze 20 a blíže diskutováno v kap. 6.

Tabulka 5.17: Velikost věcné významnosti v závislosti na rozdělení žáků dle moderující proměnné (velikost účinku (Cohenovo  $d$ ) byla naměřena mezi daty z klasicky vedené vyučovací hodiny a daty z první experimentální vyučovací hodiny).

Potenciální moderující proměnná	Sledovaná skupina	Počet porovnaní	Průměrná velikost účinku Cohenovo $d$	Složky vnitřní motivace $p < 0.005$
Celkový efekt	Všichni žáci exp. skupiny	220	0,689	zájem/potěšení, úsilí, uvědomění si svých schopností, význam/užitečnost
Pohlaví žáka	Dívky	129	0,689	zájem/potěšení, uvědomění si svých schopností, význam/užitečnost
	Chlapci	91	0,686	zájem/potěšení, úsilí, uvědomění si svých schopností, význam/užitečnost
Stupeň vzdělávání	Základní škola	108	0,677	zájem/potěšení, úsilí, uvědomění si svých schopností, význam/užitečnost
	Střední škola	112	0,702	zájem/potěšení, úsilí, uvědomění si svých schopností, význam/užitečnost
Vyučovaný předmět	Biologie/přírodopis	133	0,725	zájem/potěšení, úsilí, uvědomění si svých schopností, význam/užitečnost
	Chemie	56	0,744	zájem/potěšení, úsilí, uvědomění si svých schopností, význam/užitečnost
	Zeměpis/geologie	31	0,457	zájem/potěšení, význam/užitečnost
Učitel	Učitel 4	14	1,244	zájem/potěšení, úsilí, uvědomění si svých schopností, význam/užitečnost
	Učitel 1	23	1,167	zájem/potěšení, úsilí, uvědomění si svých schopností, význam/užitečnost
	Učitel 10	17	0,978	zájem/potěšení, význam/užitečnost
	Učitel 2	15	0,965	zájem/potěšení, úsilí, uvědomění si svých schopností, význam/užitečnost
	Učitel 5	13	0,794	zájem/potěšení, význam/užitečnost
	Učitel 11	35	0,682	zájem/potěšení, uvědomění si svých schopností, význam/užitečnost
	Učitel 3	18	0,615	zájem/potěšení, význam/užitečnost
	Učitel 6	11	0,457	zájem/potěšení
	Učitel 8	13	0,457	význam/užitečnost
	Učitel 9	19	0,444	zájem/potěšení, význam/užitečnost
	Učitel 7	23	0,404	význam/užitečnost

## Citace žáků

Text níže představuje výsledky analýzy poslední otázky post dotazníku určeného pro experimentální styl výuky (Položka č. 26 u post dotazníku\_exp\_1 a post dotazníku\_exp\_2: *Máte nějaký vzkaz pro tvůrce animací a 3D modelů či svého učitele/učitelku?*). Otázka byla otevřená a pro žáky nepovinná. Odpověděla na ni téměř třetina žáků experimentální skupiny.

Mezi odpověďmi se objevily především pozitivní ohlasy, které souvisely s lepším pochopení látky, s konkretizací učiva, s přínosem pro žáky a vyšší atraktivitou výuky (... *„Pomohlo mi to s představou, jak daný živočich vypadá, když ho nemůžu potkat v přírodě.“* *„Kdyby takto byla každá hodina, bylo by to super.“* *„Ano, 3D modely jsou velice zajímavé a dokonce zábavné.“* *„Myslím, že 3D modely velmi prospějí vyučování v naší škole.“* *„Je to super nápad na obživení a přínos do hodiny.“* *„Tato funkce mě naučila lépe pochopit danou látku.“* *„Dnešní hodina byla zábavná avšak naučná.“* *„3D modely by se měli pouštět pořád.“* *„Jsem rád, že jste něco takového vytvořili, protože si myslím, že toho pobereme více v animaci, než abychom si to jenom řekli.“* *„Bylo to skvělé. Velice jsem si hodinu užila.“* *„Přijde mi to jako hezké obzvláště hodiny.“* *„Je to lepší přínos do hodiny, více kreativity.“* *„Je to zajímavé zpestření hodiny.“* *„Velmi zábavné a lepší přínos do hodiny.“* *„Je to něco jiného než normální výuka, je to velmi zajímavé.“* *„Ano, vcelku se mi to líbí a pomáhá mi to tu látku pochopit.“* *„Animace se mi líbí, je to zajímavé.“* *„Aplikace je velmi povedená.“* *„Úžasný!“* *„Tato animace se mi líbí, je to zajímavé.“* *„Velmi zajímavé a přínosné.“* *„Super nápad, hodnotím velmi kladně.“* *„Animace jsou moc hezoučké.“* ...).

Dále se objevilo několik ohlasů související s návrhem na vylepšení používané aplikace – rozšíření obsahu, vyšší čitelnost, výraznější barvy, technické aspekty (*„Více druhů ryb a podrobněji popsané části a orgány ryb.“* *„Více modelů do chemie.“* *„Větší 3D modely, výraznější barvy.“* *„Doporučila bych víc viditelné barvy.“* *„Myslím si, že je to velice užitečné. Jen ty poznámky na kraji jdou špatně předčíst.“* *„Dělat větší písmo, jsem slepý.“* *„Pokud možno přidat tlačítko: vrátit se do prezentace.“* *„Lepší propojení s počítačem, aby to fungovalo pokaždé na 100 %“.*)

Taktéž se objevily negativní ohlasy ohledně vyplňování dotazníků (*„Dobrá práce a už žádný dotazníky.“* *„Už mě to nebaví neustále vyplňovat.“* *„Už prosím žádné dotazníky.“* *„Vadí mi, že se některé otázky opakují.“* *„Proč jsou všechny dotazníky stejné.“* *„Proč se to furt skoro pořád opakuje.“*)

Ojedinele se objevily částečně negativní ohlasy týkající se začleněných modelů do výuky (*„Tyto animační modely mě moc nezaujaly, určitě mohou být přínosné, ale já si momentálně vystačím i bez nich.“*).

Z citací lze usuzovat, že do výuky zařazené modely a animace vnímali z větší části pozitivně.

## 5.2.2 Výsledky hlavního výzkumného šetření – Rozhovory s učiteli

Hlavního výzkumu se zúčastnilo 11 učitelů (9 žen a 2 muži), jejichž průměrná doba praxe je 17 let, medián pak 15,5 let. Vesměs se jedná o učitele přírodopisu (biologie), zeměpisu, chemie či dalších kombinací (matematika a výpočetní technika) na základních školách, středních školách gymnaziálního typu či středně odborných školách.

Cílem **vstupního rozhovoru** bylo zjistit, jaká jsou očekávání učitelů ve vztahu k implementaci dynamické vizualizace, konkrétně k implementaci aplikace Corinth do výuky. Učitelé očekávají...

- zvýšení motivace (zájem o předmět, který je bude více bavit), větší názornost a lepší pochopení probírané látky; někteří učitelé nemají strach ani obavy zakomponovat aplikaci do výuky, jiní se zase obávají možných komplikací s technikou (nefunkčnost).
- že se zájem i motivace žáků zvýší a též žáci lépe porozumí probíranému učivu.
- že obsah bude korelovat s učebnicemi a ŠVP základních i středních škol; že aplikaci budou pravidelně využívat ve svých vyučovacích hodinách; že modely z aplikace začlení do prezentací, obrázky do písemných prací.
- velmi pozitivní podporu ze strany vedení; lepší propagaci (úspěšní žáci, den otevřených dveří).

Je patrné, že očekávání učitele z předvýzkumu a učitelů z hlavního výzkumného šetření byla obdobná.

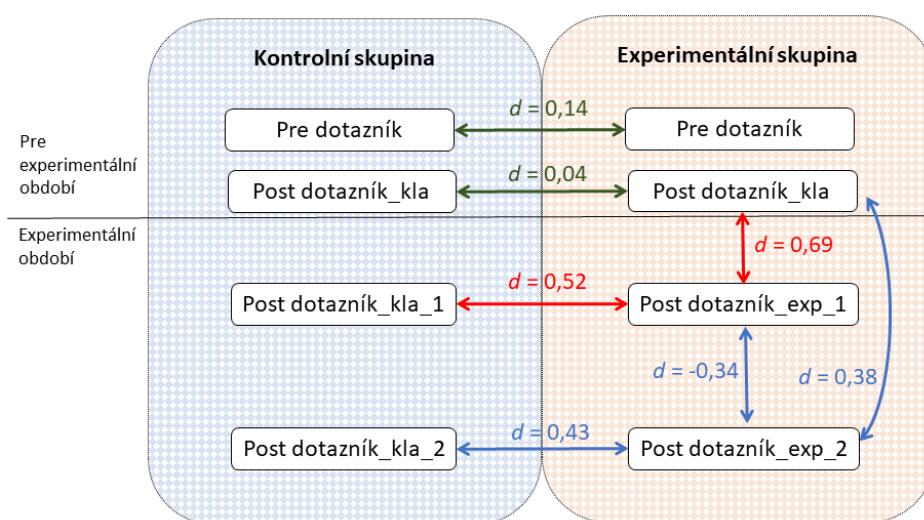
Cílem **výstupního rozhovoru** bylo zjistit, jaké byly časové nároky pro zařazení aplikace Corinth do výuky a jak učitelé hodnotili experimentální styl výuky především ve vztahu k vnitřní motivaci zapojených žáků. Některé otázky přímo korespondovaly s dotazníky IMI určenými pro žáky (post dotazníky), aby se mohly porovnat subjektivní výpovědi žáků s výpovědi učitelů. Byly zjištěny následující informace (pro ilustraci jsou uvedeny vybrané citace učitelů):

- Učitelé sdělili, že aplikaci Corinth využívají ve výuce několikrát týdně.
- Během příprav na vyučovací hodinu s aplikací Corinth někteří učitelé vynaložili více úsilí než při přípravě na klasický styl vyučování (naučit se pracovat s aplikací Corinth, výběr vhodných animací a modelů do již hotové prezentace), avšak do budoucna naopak zařazení aplikace čas ušetří (již hotové přípravy): „Z počátku jsem vynaložil během přípravy více úsilí a času, neboť jsem chtěl, aby využití aplikace nebylo samoučelné, ale aby zapadlo do kontextu celé hodiny i předcházející výuky.“ „S programem jsem velmi spokojena, dobře se s ním pracuje, usnadnil mi práci s přípravami (nemusím složitě vyhledávat obrázky na netu).“

- V některých případech bylo problematictější zajistit technické zázemí důležité pro správný chod aplikace, v jiných případech problémy zaznamenány nebyly: *„Bylo nutné přesvědčovat školního IT specialistu, že tuto aplikaci skutečně chceme a potřebujeme, protože to zkvalitňuje výuku.“* *„Přišlo mi, že aplikace vyžadovala vyšší hardwarovou náročnost a příprava výukové hodiny byla o něco delší.“*
- Vyučovací hodiny s podporou aplikace Corinth se jevily žákům jako zajímavé, zábavné, žáci byli aktivnější, aplikaci vnímali jako atraktivní, více se zapojovali do výuky (i ti pasivní), byli více motivováni pro výuku, jejich pozornost se zvýšila: *„Zvýšil se zájem, žáci byli vtaženi do výuky, dávali pozor všichni, postavilo je to.“* *„Hodiny jsou pro žáky zajímavější. Děkuji.“*
- Učitelé aplikaci hodnotili jako velmi užitečnou pro lepší představivost žáků a jejich pochopení probírané látky, učitelé si dokonce myslí, že prezentovat učivo bez aplikace by bylo horší: *„Výuka se stala zajímavější a zlepšila se představivost žáků a lepší pochopení probíraného učiva.“* *„Pochopení i u žáků s menší schopností představivosti.“* *„Jednodušší motivace, neokoukanost (dobré "koření" výuky), není třeba zdlouhavě kreslit po tabuli, popř. hledat a vytvářet vlastní animace a modely.“* *„Corinth prezentaci udělal zajímavější, lépe se mi vysvětlují některá témata např. slinné žlázy.“* *„Program corinth považuji za skvělý doplněk při výuce hodin zeměpisu.“*
- Aplikace vyvolávala u žáků zvědavost, avšak neodváděla pozornost od probírané látky: *„Žáci byli zvědaví, co nového uvidí.“*
- Některé modely se zdají být učitelům nevhodné do výuky (příliš složité či naopak příliš zjednodušené (např. kosti lebky), či nepotřebné (např. nerosty vzhledem k tomu, že mají reálné modely, dále koření či ovoce)).
- Učitelům některé modely chybí (modely hmyzu a plazů, modely pro nižší rostliny (mechorosty, kaprad'orosty), modely pro výuku geologie, lepší fotografie nerostů, animace anorganických i organických chemických rovnic, více videí chemických experimentů, animace chemických výrob, animace fyziologických pochodů v buňkách na úrovni středních škol, animace trávení (pohyb sousta jícnem), animace chemických dějů (fotosyntéza, biochemické procesy, mechanismy organických reakcí apod.), více fotografií, hloubkové zoomy, animace pohybu, zvuk atd.), avšak učitelé uvedli, že množství obsahu v aplikaci je zcela vhodné na základní a spíše vhodné na střední školy.
- Pokud učitelé použili augmentovanou realitu, bylo to za účelem zpestření výuky, avšak na úkor časové dotace: *„Děti byly pobavené. Vkládaly si pro pobavení vlastní či mé fotky v souvislosti s probíranou látkou. Nicméně bylo to náročnější časově.“* *„S augmentovanou realitou jsme pracovali za odměnu, vnímal jsem to spíše jako zpestření výuky.“*

## 6 Výzkumné šetření – shrnutí a diskuze výsledků

Z výsledků realizovaného šetření vyplývá, že používání dynamické vizualizace (3D modelů a animací), má významný pozitivní efekt na všechny zkoumané složky vnitřní orientace žáků, tj. na zájem žáka o probírané učivo, na ochotu žáka vkládat do porozumění úsilí, na uvědomění si svých nabytých schopností ve vztahu k probírané látce a na žákovo vnímání významu probíraného učiva ve výuce. Všechny složky vnitřní motivace při používání dynamické vizualizace (3D modelů a animací) dosáhly ve srovnání s kontrolní výukou (často významně) vyšších průměrných skóre. Co se týče věcné významnosti, **byl zaznamenán veliký pozitivní efekt s průměrnou hodnotou Cohena  $d = 0,69$**  (je-li srovnáván posun žáků experimentální skupiny) či středně veliký pozitivní efekt s průměrnou hodnotou  $d = 0,52$  (jsou-li srovnávány výsledky žáků kontrolní a experimentální skupiny) **ihned po první experimentální hodině** (viz též obr. 5.8 – červeně zvýrazněné hodnoty). Největší pozitivní vliv má používání dynamické vizualizace (3D modelů a animací) na vnímání **významu této látky** ( $d = 1,025$ ,  $p = 0,000$  – je-li srovnáván posun žáků experimentální skupiny; popř.  $d = 0,833$ ,  $p = 0,000$  jsou-li srovnávány výsledky žáků kontrolní a experimentální skupiny) a následně na **zájem žáka o probíranou látku** ( $d = 1,051$ ,  $p = 0,000$  – je-li srovnáván posun žáků experimentální skupiny; popř.  $d = 0,665$ ,  $p = 0,000$  jsou-li srovnávány výsledky žáků kontrolní a experimentální skupiny), žák je díky používání dynamické vizualizace (3D modelů a animací) silně zaujat předloženým učivem a tím pádem motivován se mu více věnovat, což zákonitě vede k lepším učebním výsledkům.



Obrázek 5.8: Schématické znázornění analýzy post dotazníků (hlavní výzkum, šetření) – Výsledky Cohena  $d$ .



S časovým odstupem tři měsíců byl u experimentální skupiny zaznamenán statisticky signifikantní pokles hodnocení u tří složek vnitřní motivace (vyjma škály úsilí). Nicméně ve srovnání s kontrolní (tradiční) výukou pozitivní efekt stále přetrvává s průměrnou hodnotou Cohena  $d = 0,38$  (je-li srovnáván posun žáků experimentální skupiny) či s průměrnou hodnotou  $d = 0,43$  (jsou-li srovnávány výsledky žáků kontrolní a experimentální skupiny) i po třech měsících užívání (viz též obr. 5.8 – modře zvýrazněné hodnoty). Slibné je, že významně pozitivní efekt byl zaznamenán u pocitování **významu probírané látky** ( $d = 0,643$ ,  $p = 0,000$  – je-li srovnáván posun žáků experimentální skupiny; popř.  $d = 0,819$ ,  $p = 0,000$  jsou-li srovnávány výsledky žáků kontrolní a experimentální skupiny) a u **zájmu žáků o probíranou látku** ( $d = 0,494$ ,  $p = 0,000$ ; popř.  $d = 0,503$ ,  $p = 0,000$ ). Používání 3D modelů a animací tedy u žáků vede k růstu vnitřního pocitu významnosti probírané látky, což je pravděpodobně spojeno s tím, že ve výuce vhodně použité 3D modely a animace snižují kognitivní zátěž učiva a míru abstrakce (Chandler & Sweller, 1991; Berney & Bétrancourt, 2016). To v důsledku vede k udržení či dokonce růstu zájmu žáků o dané téma a ochotě vložit více úsilí do snahy o lepší pochopení učiva – dynamická vizualizace má následně tzv. „enabling effect“ a „facilitating effect“ (Schnotz & Rasch, 2005; Schnotz, 2005; Kuhl, Schneiter, Gerjets, & Gembala, 2011). Velmi významné jsou dlouhodobě se neměnicí hodnoty ve škále **úsilí**, tedy ochoty žáka vkládat úsilí do porozumění a jím vnímaná důležitost učiva. V důsledku to znamená, že žáci díky častému používání 3D modelů a animací lépe pochopí důležitost a význam učiva pro ně samotné, lépe se pak ztotožní s cíli výuky a tím pádem jsou ochotni vynaložit větší a trvalejší úsilí v rámci vyučovacího procesu (Ryan & Deci, 2000).

Pokles motivační orientace zaznamenaný po tříměsíčním užívání dynamické vizualizace byl očekáván, neboť začleněná dynamická vizualizace a s ní spjatá pomůcka (aplikace Corinth) do první experimentální vyučovací hodiny byla pro žáky novinkou. Došlo tedy ke změně ve vyučovacím procesu žáků experimentální skupiny, což se následně projevilo vyšší pozorností žáků a automaticky vyšší motivací (Čapek, 2015). Nicméně tato pozornost může teoreticky s častějším užíváním pomůcky klesat, což se projevilo v dosažených výsledcích. Pokles vlivu dynamické vizualizace na vnitřní motivaci žáků může být též způsoben obdobím testování – poslední experimentální hodina u první etapy probíhala v měsíci červen, tedy před hlavními prázdninami; u druhé etapy pak těsně před prázdninami vánočními.

Ve srovnání s předchozími výzkumy je pozitivní efekt používání aplikace podstatně vyšší než u výsledků meta-analýz, které prováděli Berney a Bétrancourt (2016) a autoři Castro-Alonso

a další (2019) s průměrnou hodnotou věcné významnosti 0,23 (Hedgesovo  $g$ ), avšak srovnatelný s výsledky meta-analýzy, kterou prováděli Höffler a Leutner (2007) s průměrnou hodnotou věcné významnosti 0,37 (Cohenovo  $d$ ). Zkušenosti a praxe ukázaly, že používání dynamické vizualizace (3D modelů a animací) nejen umožnilo žákům snadněji, spontánněji a efektivněji si osvojit klíčové pojmy, ale také jim pomohlo více se zapojit do výukových procesů s hlubším porozuměním. Rozdíly ve výsledcích studií mohou být způsobeny různorodostí studií zahrnutých do analýz. Touto problematikou se navíc zabývali i autoři Castro-Alonso a kol. (2019) ve své meta-analýze, kde zaznamenali významnou heterogenitu mezi velikostmi efektů věcné významnosti. Z toho důvodu doporučili zaměřit se na různé potenciální moderující proměnné, které by mohly výraznou měrou tyto výsledky ovlivnit. V rámci hlavního výzkumu bylo sledováno pět takovýchto proměnných a bylo zjištěno, že pohlaví žáka a stupeň vzdělávání neměly vliv na výsledky studie, na druhou stranu proměnné věk žáka, vyučovaný předmět a osobnost učitelů statisticky signifikantně ovlivňují (moderují) výsledky alespoň u jedné sledované škály vnitřní motivace.

Co se týče vlivu proměnné **pohlaví žáka** (rozděleno na dívky a chlapce) na vnitřní motivaci, bylo zjištěno, že vliv této proměnné nebyl zaznamenán ani v klasické vyučovací hodině ani v hodinách experimentálních. Dívky a chlapci projevovali stejný zájem, byli ochotni vkládat stejné úsilí do porozumění (snaha se něco naučit), uvědomovali si obdobným způsobem své schopnosti (pocíťovali srovnatelně, jak si vedou ve vyučovací hodině) a též srovnatelně pocíťovali užitečnost a hodnotu probírané látky. V našem měření tedy dynamická vizualizace měla stejný efekt jak na dívky, tak na chlapce. Obdobného výsledku dospěli i v rámci jiné studie (Wong, Castro-Alonso, Ayres & Paas, 2015). Na druhou stranu některé studie naopak dokládají, že pohlaví žáka má velký vliv na vzdělávání po zapojení dynamické vizualizace ve srovnání s vizualizací statickou (Castro-Alonso et al., 2019; Ikwuka & Samuel, 2017). Rozdílnost výsledků těchto studií může být způsobena rozdíly v jednotlivých metodikách, v použitých učebních materiálech a poměru mužů a žen mezi účastníky. Proto je třeba tuto potenciální proměnnou dále a detailněji zkoumat, aby bylo získáno více podkladů o její roli.

Další sledovaná potenciální proměnná, která taktéž v našem výzkumu neměla vliv na dosažené výsledky, byla proměnná **stupeň vzdělávání** (základní/střední škola). Zjištění bylo v rozporu např. s výsledky publikace autorů Castro-Alonso a ost. (Castro-Alonso et al., 2019), kteří pozorovali, že dynamická vizualizace byla účinnější u žáků základních škol než u žáků škol středních, ale naměřený rozdíl byl poměrně malý. Nicméně detailnější vysvětlení odhalilo

zkoumání proměnné **věk žáka**, u které byla odhalena nelineární závislost. Skutečnost, že vztah mezi věkem a dosaženými výsledky vykazoval kvadratickou závislost, mohl být důvodem, proč se vliv proměnné stupeň vzdělávání neprokázal. Nejvíce pozitivní efekt dynamické vizualizace byl naměřen u 11 až 13letých žáků, naopak nejnižší efekt byl naměřen u žáků mezi 14 a 16 rokem. Propad u věku mezi 14 a 16 lety může být u starších žáků této skupiny způsoben tím, že žáci byli testováni před koncem jejich školní docházky a již nebyli ochotni se větší měrou zapojovat do výuky, což vypověděli též jejich učitelé.

Další významnou potenciální proměnnou, která měla prokazatelný vliv na výsledky šetření, byla proměnná **vyučovaný předmět**. Bylo zjištěno, že dynamická vizualizace (animace a 3D modely) má na žáky největší pozitivní vliv v předmětech chemie ( $d = 0,744$ ) a přírodopis/biologie ( $d = 0,725$ ). V předmětu zeměpis/geologie ( $d = 0,457$ ) byl vliv zkoumaných pomůcek sice nižší, avšak stále významný. Výsledky však nelze generalizovat. Je zapotřebí poukázat na to, že členění na vyučované předměty (vzdělávací oblast) v sobě zahrnuje některá úskalí, kterým může být např. atraktivita probíraného tématu. Celý obsah jednotlivých vědních disciplín (oborů / předmětů) není homogenní a pro žáky může jedna část být více atraktivní než jiná, což má veliký vliv na celkové výsledky. V chemii byla probírána např. tato témata: skupenství látek, chemická vazba, ionty, acidobazické reakce či struktura uhlovodíků; v přírodopisu/biologii se jednalo např. o témata: svalová soustava, krevní oběh, lidská kostra, prokaryotní a eukaryotní buňka; v předmětu zeměpis/geologie pak především vnější a vnitřní geologické děje. Naměřená vyšší efektivita u předmětu chemie může být způsobena větší abstraktností předmětu a tím náročnějším pochopením probírané látky. Toto pochopení může být právě usnadněno vhodnými vizualizačními pomůckami (Bunce & Gabel, 2002; Harrison & Treagust, 2006). Vyšší efektivita u předmětu přírodopis může být způsobena obecnou větší oblíbeností tohoto předmětu žáky (Hanzalová, 2019) a též, že byla vyučována témata, která jsou pro vizualizaci vhodná (Mitsubishi et al., 2009; Jenkinson, 2018). Potřeba dynamické vizualizace je evidentní především v oblastech, které zkoumají a poznávají vlastnosti mikroobjektů (Duis, 2011; Gomez-Zwiep, 2008; DiSpezio, 2010; Herman et al., 2011) a dále u procesů, u kterých dochází ke změnám v závislosti na čase (Ainsworth & VanLabeke, 2004; Rieber, 1990) – tedy např. v předmětech chemie (Schönborn & Anderson, 2006) či přírodopis/biologie (Schönborn & Anderson, 2006) a u vybraných témat z geologie (McElhaney et al., 2015).

Z realizovaného výzkumu vzešlo, že mezi významné moderující proměnné, které výrazně ovlivňují, jak žáci vnímají dynamické pomůcky, je **osobnost učitele** (v předkládané studii dokonce nejvýrazněji). Bylo zjištěno, že vliv učitele je značný jak v klasických hodinách, tak v experimentálních hodinách a je zapotřebí ho hlouběji zkoumat. Následnou analýzou strukturovaných rozhovorů s učiteli bylo zjištěno, že žáci, jejichž učitelé měli obavy z technického selhání výukové aplikace a zároveň projevovali nedůvěru dynamické vizualizace v pozitivní dopad na žáka, hodnotili experimentální výuku hůře než žáci, jejichž učitelé projevovali větší sebedůvěru při práci s těmito technologiemi a zároveň předpokládali pozitivní dopad použitých pomůcek na jejich žáky. Další obavou, kterou zmiňovali všichni učitelé, byla časová investice do úprav stávajících příprav na vyučovací hodiny. Tato obava se však naplnila především v počáteční fázi, která souvisela s detailnějším seznámením se s výukovou aplikací. Jak vyplynulo z rozhovorů s učiteli a z obdržných výsledků je zapotřebí, aby měl učitel k technologiím pozitivní přístup, ať už se jedná o zkušené uživatele počítačové technologie či nováčky (Aldunate & Nussbaum, 2013), a v případě technického selhání též na škole technickou oporu. Je také vhodné, aby učitelé byli detailně s výukovou aplikací seznámeni nejen z hlediska obsahového, ale též z hlediska technického, např. prostřednictvím školení. Z rešerše literatury se navíc jeví, že sledování proměnné osobnost učitele ve vztahu k posuzování efektivity dynamické vizualizace ve výuce není dostatečně probádanou oblastí a mělo by být předmětem dalších studií.

## 7 Závěr

Habilitační práce si kladla za cíl představit praktické i výzkumné autorčiny výsledky, které se týkají tématu dynamická vizualizace ve výuce chemie, popř. dalších přírodovědných předmětů (přírodopis/biologie a geologie). Práce je rozčleněna do pěti hlavních kapitol (Teoretická část, Praktická část a tři části věnované v práci detailně popsanému výzkumnému šetření: metodologie; výsledky pedagogického výzkumu, analýza a interpretace dat; shrnutí a diskuze výsledků).

V **Teoretické části** (i) byly analyzovány současné pedagogické dokumenty (doporučení Rady evropské unie o klíčových kompetencích pro celoživotní učení, Strategii vzdělávací politiky ČR do roku 2030+ a Rámcové vzdělávací programy) v souvislosti s vizualizací a digitální gramotností, (ii) následně byly ukotveny základní pojmy (především vizualizace, dynamická vizualizace, animace), (iii) byly představeny výzkumy, které zkoumaly vliv dynamické vizualizace na žáky a studenty včetně moderujících proměnných, které tento vliv výrazným způsobem ovlivňují (vyučovaný předmět, pohlaví žáka, prostorová představivost žáka, úroveň předchozích znalostí, stupeň vzdělávání, kognitivní styl žáka a přítomnost doprovodného komentáře), (iv) byl stručně představen pedagogický výzkum (z obecného hlediska) včetně základních výzkumných nástrojů (dotazník IMI a MSLQ) a jejich vlastností (validita, reliabilita, senzitivita a specifita) a (v) taktéž byly shrnuty základní informace ze statistické analýzy, o které se opíralo při vyhodnocení výsledků výzkumné části.

**Praktická část** představuje doposud vytvořené materiály, které v sobě zahrnují dynamickou vizualizaci. Materiály byly cíleny především do výuky předmětu chemie a byly vytvořeny přímo autorkou habilitační práce, jejími studenty nebo profesionálními počítačovými grafiky na návrh autorky práce (aplikace Corinth). Aplikace Corinth byla následně použita jako učební pomůcka, o kterou se opírali učitelé experimentálních tříd v rámci pedagogického experimentu popsaného v metodologické a výzkumné části.

Kapitoly Výzkumné šetření jsou zaměřeny na detailnější představení pedagogického experimentu, který autorka práce navrhla a následně v roce 2019 zrealizovala na základních a středních školách v Královéhradeckém kraji, a jehož hlavním cílem bylo zjistit, jaký vliv má používání dynamické vizualizace (animací a 3D modelů) určené pro podporu přírodovědných předmětů na vnitřní motivaci žáků (konkrétně na zájem žáka, uvědomění si svých nabytých

schopností, na ochotě vkládat úsilí do výuky a vnímání významu) a na úroveň získaných poznatků na úrovni ISCED 2 a ISCED 3 (kognitivní zátěž).

Předchozí studie uváděly, že používání dynamické vizualizace bylo vždy ve srovnání se statickou reprezentací učiva vnímáno pozitivněji a je vhodné tento typ pomůcek do výuky přírodovědných předmětů na základních i středních školách inkorporovat. To potvrdily i výsledky v habilitační práci prezentovaného výzkumu. Bylo zjištěno, že používání dynamické vizualizace ve srovnání s vizualizací statickou má ihned v první experimentální vyučovací hodině pozitivní efekt na všechny zkoumané složky vnitřní motivační orientace žáků (konkrétně na pocitování zájmu/potěšení ve výuce; na ochotu vkládat úsilí; na uvědomění si svých schopností a na pocitování hodnoty/užitečnosti probírané látky) se středně velikou až velkou průměrnou velikostí účinku  $d = 0,69$  (je-li srovnáván posun žáků experimentální skupiny) či středně veliký pozitivní efekt s průměrnou hodnotou  $d = 0,52$  (jsou-li srovnávány výsledky žáků kontrolní a experimentální skupiny – výuka shodného tématu). S časovým odstupem tří měsíců byl zaznamenán statisticky signifikantní pokles hodnocení u tří složek vnitřní motivace (vyjma ochoty žáka vkládat do porozumění úsilí). Nicméně ve srovnání s tradiční experimentální výukou pozitivní efekt stále přetrvával s průměrnou hodnotou Cohena  $d = 0,38$  (je-li srovnáván posun žáků experimentální skupiny) či s průměrnou hodnotou  $d = 0,43$  (jsou-li srovnávány výsledky žáků kontrolní a experimentální skupiny – výuka shodného tématu) i po třech měsících užívání. Nejvíce byl zaznamenán pozitivní efekt u pocitování významu probírané látky ( $d = 0,643$ ,  $p = 0,000$  – je-li srovnáván posun žáků experimentální skupiny; popř.  $d = 0,819$ ,  $p = 0,000$  srovnávám-li výsledky žáků kontrolní a experimentální skupiny) a u zájmu žáků o probíranou látku ( $d = 0,494$ ,  $p = 0,000$ ; popř.  $d = 0,503$ ,  $p = 0,000$ ).

Co se týče zkoumaných faktorů, které mohou ovlivnit efektivitu používané dynamické vizualizace ve výuce, výsledky odhalily, že proměnná pohlaví ani stupeň vzdělávání průměrnou velikostí účinku příliš neovlivní. Naproti tomu proměnné vyučovaný předmět (chemie, biologie/přírodopis, zeměpis/geologie), věk žáka a především osobnost učitele, výraznou měrou ovlivňují vliv dynamické vizualizace na vnitřní motivaci žáků.

Dále se zjistilo, že používání dynamické vizualizace má velký pozitivní vliv na dosažení lepších výsledků ve znalostních testech z předmětu chemie ( $d = 0,93$ ,  $p = 0,001$ ) a nízký až střední pozitivní nesignifikantní vliv z předmětu přírodopis ( $d = 0,33$ ,  $p = 0,240$ ). Jedním z možných

vysvětlení může být vyšší náročnost předmětu chemie z hlediska abstraktního myšlení a představivosti.

V habilitační práci popsaný výzkum potvrdil, že vhodné používání dynamických vizualizačních pomůcek vede k usnadnění (*enabling effect*) a porozumění (*facilitating effect*) abstraktního a obtížně představitelného učiva ve výuce chemie a dalších přírodovědných předmětů. Na základě posouzení kognitivního výkonu a motivačních a afektivních cílů (zájem, postoje, motivace, sebepojetí) lze prohlásit, že správně zvolená dynamická vizualizace (tedy adekvátní vzdělávacím cílům, vzdělávacímu obsahu i věku žákům) má pozitivní vliv na kvalitu výuky a její efektivitu.

Revidovaná forma RVP ZV, publikovaná v roce 2021, ještě více zdůrazňuje využití moderních technologií ve výuce a zavádí novou klíčovou kompetenci – digitální. Zapojování této technologie je i v souladu s Doporučením Rady evropské unie o klíčových kompetencích pro celoživotní učení a se Strategií vzdělávací politiky ČR do roku 2030+, protože s využitím digitálních technologií dochází mimo jiné k rozvoji tzv. 3. klíčové kompetence (matematická kompetence a kompetence v oblasti přírodních věd, technologií a inženýrství). Vzhledem k pozitivnímu vlivu dynamické vizualizace na kognitivní výkon i motivační orientaci ve výuce chemie a dalších přírodovědných předmětů lze předpokládat, že žáci budou mít větší zájem o učení se těmito předměty a mohou dokonce uvažovat o jejich dalším studiu a následném hledání povolání v oblasti, které s těmito vědami souvisí.

Závěrem bych ráda uvedla, že věřím, že současná revize rámcového vzdělávacího programu i směřování vzdělávací politiky dopomůže k většímu a zároveň i pestřejšímu využití digitálních technologií ve výuce, včetně rostoucího zájmu o dynamické vizualizace. Ty představují jednu z možností, jak žákům pomoci k lepšímu pochopení (nejen) abstraktnějšího učiva chemie, kterou dynamické vizualizace dokáží vhodně přiblížit z neviditelného mikrosvěta do světa pozorovatelného a pochopitelného našimi smysly, ale hlavně v nich mohou probudit zájem o náš fascinující vědní obor, chemii.

## 8 Použitá literatura

- Adobe Animate (2021). Oficiální stránky společnosti Adobe Inc.: příručka uživatele Adobe Animate. Dostupné z: <https://helpx.adobe.com/cz/animate/user-guide.html/cz/animate/using/creating-publishing-html5-canvas-document.ug.html>
- Ainsworth, S., & VanLabeke, N. (2004). Multiple forms of dynamic representation. *Learning and Instruction, 14*(3), 241-255.
- Aldunate, R., & Nussbaum, M. (2013). Teacher adoption of technology. *Computers in Human Behavior, 29*(3), 519–524. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2012.10.017>
- American Library Association (ALA). (2017). *AASL announces 2017 Best Apps for Teaching & Learning*. Dostupné z: <http://www.ala.org/news/press-releases/2017/06/aasl-announces-2017-best-apps-teaching-learning>
- Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (2001). *A Taxonomy for Learning, Teaching and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives: Complete Edition*. New York: Longman.
- Anděl, J. (1978). *Matematická statistika*. Dostupné z: <https://muj-antikvariat.cz/kniha/matematicka-statistika-andel-jiri-1978>
- Ausburn, L. J., & Ausburn, F. B. (1978). Visual Literacy. Background, Theory and Practice. *Programmed Learning and Educational Technology, 15*, 291-297.
- Ayres, Marcus, Chan & Qian, 2009 Ayres, P., Marcus, N., Chan, C., & Qian, N. (2009). Learning hand manipulative tasks: When instructional animations are superior to equivalent static representations. *Computers in Human Behavior, 25*(2), 348–353. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2008.12.013>
- Bandura, A. (1994). Self-efficacy. In V. S. Ramachaudran (Ed.), *Encyclopedia of human behavior* (Vol. 4, pp. 71-81). New York: Academic Press. (Reprinted in H. Friedman [Ed.], *Encyclopedia of mental health*. San Diego: Academic Press, 1998).
- Barise, A. (1998). *The effectiveness of case-based instruction vs. the lecture-discussion method in multicultural social work* (Dizertační práce). McGill University, Montreal.
- 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), 103-118. <https://doi.org/10.1007/s10639-007-9053-5>
- Berg, C. A. R., Bergendahl, V. C. B., Lundberg, B. K. S., & Tibell, L. A. E. (2003). Benefiting from an open-ended experiment? A comparison of attitudes to, and outcomes of, an expository versus an open-inquiry version of the same experiment. *International Journal of Science Education, 25*(3), 351–372. <https://doi.org/10.1080/09500690210145738>
- Berney, S. & Bétrancourt, M. (2016). Does animation enhance learning? A meta-analysis. In: *Computers & Education, 101*, p. 150-167.
- Bétrancourt, M., Bauer-Morrison, J., & Tversky, B. (2001). Les animations sont-elles vraiment plus efficaces. *Revue D'intelligence Artificielle, 14*(1e2), 149e166.



- Bétrancourt, M., & Chassot, A. (2008). Making sense of animation: how do children explore multimedia instruction? In R. K. Löwe & W. Schnotz (Eds.), *Learning with animation: research implications for design* (pp. 141–164). New York, NY: Cambridge University Press.
- Bétrancourt, M., & Realini, N. (2005, June). Le contrôle sur le déroulement de l'animation [Control on the development of animations]. *Paper presented at the 11th Journée d'Étude sur le Traitement Cognitif des Systèmes d'Information Complexes (JETCSIC) e Workshop*. Nice, France: Cognitive Processing of Complex Information Systems.
- Bétrancourt, M., & Tversky, B. (2000). Effect of computer animation on users' performance: a review. *Le Travail Humain*, 63(4), 311–329.
- Bevilacqua, A. (2017). Commentary: Should gender differences be included in the evolutionary upgrade to cognitive load theory? *Educational Psychology Review*, 29(1), 189–194. <https://doi.org/10.1007/s10648-016-9362-6>.
- Bilbokaite, R. (2015). Effect of computer based visualization on students' cognitive processes in education proces. In: *SOCIETY. INTEGRATION. EDUCATION. Proceedings of the International Scientific Conference May 22nd-23rd, 2015*, Volume IV. 349-357.
- Bílek, M. (2007). *Vybrané aspekty vizualizace učiva přírodovědných předmětů*. Hradec Králové : Miloš Vognar - M&V.
- Blahuš, P. (2000), Statistická významnost proti vědecké průkaznosti výsledků výzkumu. *Česká kinantropologie*, 4(2), 53-72.
- Blaikie, N. (2003). *Analyzing Quantitative Data*. London: Sage.
- Blender (2021). Oficiální stránky produktu Blender. Dostupné z: <https://www.blender.org/>
- Bloom, B. S. (1973). Individual differences in school achievement: a vanishing point? In L. J. Rubin (Ed.), *Facts and feelings in the classroom*. New York, USA: Walker and Company.
- Bloom, B. S. (1976). *Human characteristics and school learning*. New York, USA: MCGraw-Hill.
- Boucheix, J.-M., & Lowe, R. K. (2010). An eye tracking comparison of external pointing cues and internal continuous cues in learning from complex animations. *Learning and Instruction*, 20, 123–135.
- Boucheix, J.-M., & Schneider, E. (2009). Static and animated presentations in learning dynamic mechanical systems. *Learning and Instruction*, 19(2), 112–127.
- Bradbury, A. (2001). *Jak úspěšně prezentovat a přesvědčit*. Praha: Computer Press. ISBN 80-7226-424-9.
- Bulman, G., & Fairlie, R. W. (2016). Chapter 5 - Technology and Education. In E. A. Hanushek, S. Machin, & L. B. T.-H. of the E. of E. Woessmann (eds.), *Computers, Software, and the Internet*, 5, 239–280.
- Bunce, D. M., & Gabel, D. (2002). Differential effects on the achievement of males and females of teaching the particulate nature of chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(10), 911–927. <https://doi.org/10.1002/tea.10056>
- Burjanek, A., Chromková Manea, B. E., Klvaňová, R., Kvapilová Bartošová, M., & Žampachová, M. (2006). *Studijní materiály k předmětu SOC751 Výběrová šetření v sociologii*. Dostupné z: [https://is.muni.cz/el/1423/podzim2006/SOC751/um/Obr\\_vybery.pdf](https://is.muni.cz/el/1423/podzim2006/SOC751/um/Obr_vybery.pdf)

- Burke, K. A., Greenbowe, T. J., & Windschitl, M. A. (1998). Developing and Using Conceptual Computer Animations for Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 75(12), 1658.
- Byrne, M. D., Catrambone, R., & Stasko, J. T. (1999). Evaluating animations as student aids in learning computer algorithms. *Computers & Education*, 33(4), 253–278.
- Campbell, M. M. (2001). *Motivational strategies, learning strategies and the academic performance of African-American students in a college business environment: A correlation study*. Dissertation Abstracts International, 62(2-A), 432.
- Canham, M., & Hegarty, M. (2010). Effects of knowledge and display design on comprehension of complex graphics. *Learning and Instruction*, 20(2), 155–166.
- Castro-Alonso, J. C., Wong, M., Adesope, O. O., Ayres, P., & Paas, F. (2019). Gender Imbalance in Instructional Dynamic Versus Static Visualizations: a Meta-analysis. *Educational Psychology Review*, 31, 361–387.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Hillsdale, N. J.: L. Erlbaum Associates.
- Cohen, L., Manion, L. & Morrison, K. (2007). *Research methods in education (6th ed.)*. Routledge: Oxford.
- Cook, D. A., & Artino, A. R. (2016). Motivation to learn: an overview of contemporary theories. *Medical Education*, 50(10), 997–1014. <https://doi.org/10.1111/medu.13074>
- Corinth s.r.o. (2020). Corinth. Dostupné z: <https://www.corinth3d.com>
- Cronbach, L. J. (1951). Coefficient Alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, 16(3), 297-334.
- Crossley, L., G., Anderson, T., R., Grayson, D., J. (1996). *Proceedings of the 14th International Conference on Chemical Education*, (W. F. Beasley, Ed.), Royal Australian Chemical Institute, Queensland, Australia, pp. 329.
- Cunningham, Andrew (2013). *Adobe's Creative Suite is dead, long live the Creative Cloud*. *Ars Technica*. Dostupné z: <https://www.engadget.com/2015-12-01-adobe-flash-professional-now-animate-cc.html?guccounter=1>
- Čapek, R. (2010). *Třídní klima a školní klima*. Praha: Grada.
- Čapek, R. (2015). *Moderní didaktika*. Praha: Grada.
- Čermáková, A. (2012). *Metabolismus sacharidů - tvorba výukových materiálů pro SŠ*. (rigorózní práce). Praha: Univerzita Karlova v Praze, 90 s.
- Čermáková, V. (2018). *Dýchání jako mezioborové téma ve výuce přírodovědných předmětů* (diplomová práce). Praha: Univerzita Karlova v Praze, 80 s.
- Čihák, M. (2014). *Statistické zpracování dotazníků v SPSS*. Hradec Králové: Univerzita Hradec Králové, Pedagogická fakulta.
- DeVellis, R. F. (2012). *Scale development: theory and applications* (3rd ed). Thousand Oaks, Calif: SAGE.
- Del Bianco, C., J. (2010). Creating a Cell Map as an Active-Learning Tool in a Biochemistry Course, *J. Chem. Educ.* 87(8), 796–798.
- DiSpezio, M. (2010). Misconceptions in the science classroom. *Science Scope*, 34(1), 16–21.

- Dostál, D. (2018) *Statistické metody v psychologii*. (studijní opora pro rok 2018/2019). Filozofická fakulta. Dostupné z: [http://dostal.vyzkum-psychologie.cz/skripta\\_statistika.pdf](http://dostal.vyzkum-psychologie.cz/skripta_statistika.pdf)
- Duda, J. L. (1992). Motivation in sport settings: A goal perspective approach. In G. C. Roberts (Ed.), *Motivation in sport and exercise* (s. 57–91). Champaign, IL (USA): Human Kinetics.
- Duis, J. M. (2011). Organic chemistry educators' perspectives on fundamental concepts and misconceptions: An exploratory study. *Journal of Chemical Education*, 88(3), 346–350. <https://doi.org/10.1021/ed1007266>
- Engadget (2015). *Adobe bows to HTML5 and renames its Flash Professional app*. Dostupné z: <https://www.engadget.com/2015-12-01-adobe-flash-professional-now-animate-cc.html?guccounter=1>
- Fontana, D. (1997). *Psychologie ve školní praxi*. Praha, Česko: Portál.
- Foltýnová, D. (2009). Vliv metakognitivních strategií na rozvoj dovedností žáků autoregulovat své učení. *Pedagogická orientace*, 19(2), 72-88.
- Fotr, J.: (2005). *Naprogramujte si vlastní hru v Macromedia Flash MX 2004* (2. vydání). Brno: CP Books.
- Fritz, C. O., Morris, P. E., & Richler, J. J. (2012). Effect size estimates: Current use, calculations, and interpretation. *Journal of Experimental Psychology: General*, 141(1), 2–18. <https://doi.org/10.1037/a0024338>
- Gagné, F., & St Père, F. (2002). When IQ is controlled, does motivation still predict achievement? *Intelligence*, 30(1), 71–100. [https://doi.org/10.1016/S0160-2896\(01\)00068-X](https://doi.org/10.1016/S0160-2896(01)00068-X)
- Gago, J. M., Ziman, J., Caro, P., Constantinou, C., Davies, G., Parchmann, I., Rannikmäe, M., & Sjøberg, S. (2004). *Europe needs more scientists*. Retrieved from <http://eprints.uni-kiel.de/38088/> Accessed January 20, 2021.
- Garg, A., Norman, G. R., Spero, L., & Maheshwari, P. (1999). Do virtual computer models hinder anatomy learning? *Academic Medicine*, 74(10 Suppl), S87-A89. <https://doi.org/10.1097/00001888-199910000-00049>
- Garg, A. X., Norman, G., & Sperotable, L. (2001). How medical students learn spatial anatomy. *The Lancet*, 357(9253), 363–364.
- Garland, T. B., & Sanchez, C. A. (2013). Rotational perspective and learning procedural tasks from dynamic media. *Computers & Education*, 69, 31–37. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.06.014>.
- Gavora, P. (2000). *Úvod do pedagogického výzkumu*. Brno, Česko: Paido.
- George, D., & Mallery, P. (2003). *SPSS for Windows step by step: A simple guide and reference. 11.0 update* (4th ed.). Boston: Allyn& Bacon
- Gomez-Zwiep, S. (2008). Elementary Teachers' Understanding of Students' Science Misconceptions: Implications for Practice and Teacher Education. *Journal of Science Teacher Education*, 19(5), 437-454.
- Hanzalová, P. (2019). *Oblíbenost témat výuky přírodopisu na 2. stupni základní školy* (diplomová práce). Univerzita Karlova: Pedagogická fakulta. Praha.
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2006). The Particulate Nature of Matter: Challenges in Understanding the Submicroscopic World. In *Chemical Education: Towards Research-based Practice* (pp. 189–212). Kluwer Academic Publishers. [https://doi.org/10.1007/0-306-47977-x\\_9](https://doi.org/10.1007/0-306-47977-x_9)

- Hartl, P., & Hartlová, H. (2010). *Velký psychologický slovník*. Vyd. 4., Praha: Portál. ISBN 978-80-7367-686-5.
- Haupt, C. & Huber, A. (2008). How axons see their way – axonal Guidance in the visual system. *Frontiers in Bioscience*. 1(13), 3136-3149. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17981783>
- Hayes, N. (2003). *Aplikovaná psychologie*. Praha, Česko: Portál.
- Hayes, N., & Brejlová, D. (2003). *Aplikovaná psychologie* (1. vyd.). Praha: Portál.
- Hedges, L. V. (1981). Distribution theory for Glass' estimator of effect size and related estimators. *Journal of Educational Statistics*. 6(2), 107–128.
- Hedges, L. V., & Olkin, I. (1985). *Statistical methods for meta-analysis*. San Diego, CA: Academic.
- Hegarty, M. (2004). Dynamic visualizations and learning: Getting to the difficult questions. *Learning and Instruction*, 14(3), 343–351.
- Hegarty, M., Canham, M. S., & Fabrikant, S. I. (2010). Thinking about the weather: How display salience and knowledge affect performance in a graphic inference task. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 36(1), 37.
- Hegarty, M., Kriz, S., & Cate, C. (2003). The roles of mental animations and external animations in understanding mechanical systems. *Cognition and Instruction*, 21(4), 209–249.
- Hendl, J. (2004). *Přehled statistických metod zpracování dat*. Praha: Portál, s.r.o.
- Hendl, J. (2012). *Přehled statistických metod: analýza a metaanalýza dat*. (4., rozš. vyd., p. 734). Praha: Portál.
- Hendl, J. (2015). *Přehled statistických metod: analýza a metaanalýza dat*. Praha: Portál.
- Herman, G. L., Loui, M. C., & Zilles, C. (2011). Students' Misconceptions about MediumScale Integrated Circuits. *IEEE Transactions on Education*, 54(4), 637–645.
- Hertzog, M. A. (2008). Considerations in determining sample size for pilot studies. *Research in Nursing and Health*, 31(2), 180–191.
- Hill, D. M. (1988) Difficulties with diagrams, *J. Science Math. Educ. South-East Asia*, 11, 32–40.
- Hlad'o, P. (2011). *Úvod do pedagogického výzkumu pro učitele středních škol*. Brno: Institut celoživotního vzdělávání, Mendelova univerzita v Brně. ISBN 978-80-7375-544-7.
- Höfer, G. & Svoboda, E. (2006). *Některé výsledky celostátního výzkumu „Vztah žáků ZŠ a SŠ k výuce obecně a zvláště pak k výuce fyziky“*. In Moderní trendy v přípravě učitelů fyziky. Srní: ZČU Plzeň. Dostupné z: [https://kof.zcu.cz/ak/trendy/2/sbornik/svoboda\\_e/srni.do](https://kof.zcu.cz/ak/trendy/2/sbornik/svoboda_e/srni.do)
- Höffler, T. N. (2010). Spatial ability: its influence on learning with visualizations—a meta-analytic review. *Educational Psychology Review*, 22(3), 245–269. <https://doi.org/10.1007/s10648-010-9126-7>.
- Höffler, T. N. & Leutner, D. (2007). Instructional animation versus static pictures: A meta-analysis. *Learning and Instruction*, 17(6), 722–738.
- Höffler, T. N. & Leutner, D. (2011). The role of spatial ability in learning from instructional animations—Evidence for an ability-as-compensator hypothesis. *Computers in Human Behavior*, 27(1), 209–216.

- Höffler, T. N., & Schwartz, R. N. (2011). Effects of pacing and cognitive style across dynamic and non-dynamic representations. *Computers&Education*, 57(2), 1716–1726. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.03.012>.
- Hoffman, B. (2010). “I think I can, but I’m afraid to try”: The role of self-efficacy beliefs and mathematics anxiety in mathematics problem-solving efficiency. *Learning and Individual Differences - LEARN INDIVIDUAL DIFFER*, 20(3), 276–283. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2010.02.001>
- Honsová, M. (2017). *Corinth boduje v branži vzdělávacích technologií. Jeho 3D modely znají ve 109 zemích. Hospodářské noviny*. Dostupné z: <http://byznys.ihned.cz/c1-64333180-corinth-boduje-v-branži-vzdelavacich-technologii-jeho-3d-modely-znaji-ve-109-zemich>
- Hrabal, V., Man, F., & Pavelková, I. (1989). *Psychologické otázky motivace ve škole* (2. upravené vyd). Praha: Státní pedagogické nakl.
- Hrbáčková, K. (2011). *Rozvoj autoregulace učení studentů*. Praha: Hnutí R. ISBN 978-80-86798-18-9.
- Hull, T., L. (2003). *Students' use of diagrams for the visualisation of biochemical processes*. M.Sc. Thesis, University of KwaZulu-Natal, South Africa.
- 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* (1-14). Athens: Athens Institute for Education and.
- Chaloupková, H. (2021). *Tvorba animací pro podporu výuky biochemie na středních školách – Buněčná signalizace* (bakalářská práce). Praha: Univerzita Karlova v Praze, 66 s.
- Chandler, P. (2004). The crucial role of cognitive processes in the design of dynamic visualizations. *Learning and Instruction*, 14, 353-357.
- Chandler, P. & Sweller, J. (1991). Cognitive load theory and the format of instruction. *Cognition and Instruction*, 8(4), 293–332
- ChanLin, L. (2001). Formats and prior knowledge on learning in a computer-based lesson. *Journal of Computer Assisted Learning*, 17(4), 409–419.
- Chen, S. C., Hsiao, M. S., & She, H. C. (2015). The effects of static versus dynamic 3D representations on 10th grade students’ atomic orbital mental model construction: Evidence from eye movement behaviors. *Computers in Human Behavior*, 53, 169–180. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.07.003>
- Chráška, M. (1999). *Didaktické testy*. Czech republic: Brno, Paido.
- Chráška, M. (2007). *Metody pedagogického výzkumu*. Praha, Česko: Grada.
- Chráška, M. (2016). *Metody pedagogického výzkumu*. 2. vyd. Praha, Česko: Grada.
- Chvál, M., Procházková, I., & Straková, J. (2015). *Hodnocení výsledků vzdělávání didaktickými testy*. Plzeň: TISKÁRNA BÍLÝ SLON s.r.o.
- IBM Corp. (2017). *IBM SPSS Statistics for Windows* (Verze 25) [Windows]. Armonk, NY: IBM Corp.
- Ikwuka, O. I., & Samuel, N. N. C. (2017), Effect of Computer Animation on Chemistry Academic Achievement of Secondary School Students in Anambra State, Nigeria. *Journal of Emerging Trends in Educational Research and Policy Studies*. 8(2), 98-102.

- Isaak, M. I., & Just, M. A. (1995). Constraints on the processing of rolling motion: The curtate cycloid illusion. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 21(6), 1391.
- Jaffar, A. A. (2012). YouTube: an emerging tool in anatomy education. *Anatomical Sciences Education*, 5(3), 158–164. <https://doi.org/10.1002/ase.1268>.
- Jaroš, F. & Rosa, Z. (1980). ČSN 01 0225 - *Aplikovaná statistika. Testy shody empirického rozdělení s teoretickým*. Český normalizační institut, Praha.
- Jenkinson, J. (2018). Molecular Biology Meets the Learning Sciences: Visualizations in Education and Outreach. *Journal of Molecular Biology*, 430(21), 4013–4027. <https://doi.org/10.1016/j.jmb.2018.08.020>
- Jeřábek, O. & Bílek, M. (2010). *Teorie a praxe tvorby didaktických testů*. Olomouc, Česko: Univerzita Palackého v Olomouci. Dostupné z: [http://zvyp.upol.cz/publikace/bilek\\_jerabek.pdf](http://zvyp.upol.cz/publikace/bilek_jerabek.pdf)
- Johnson, A. M., Ozogul, G., & Reisslein, M. (2015). Supporting multimedia learning with visual signalling and animated pedagogical agent: Moderating effects of prior knowledge. *Journal of Computer Assisted Learning*, 31(2), 97–115.
- Jones, S., & Scaife, M. (2000). Animated diagrams: An investigation into the cognitive effects of using animation to illustrate dynamic processes. In M. Anderson, & P. Cheng (Eds.), *Theory & applications of diagrams. Lecture notes in artificial intelligence* (pp. 231-244). Berlin: Springer Verlag.
- Josífková, H. (2020). *Lipidy – Tvorba animací pro podporu vzdělávání v přírodních vědách* (diplomová práce). Praha: Univerzita Karlova v Praze, 83 s.
- Kalhous, Z., & Obst, O. (2002). *Školní didaktika* (2. vyd.). Praha: Portál.
- Kalyuga, S. (2008). Relative effectiveness of animated and static diagrams: An effect of learner prior knowledge. *Computers in Human Behavior*, 24(3), 852–861.
- Kaushal, R. K., & Panda, S. N. (2019). A meta-analysis on effective conditions to offer an animation-based teaching style. *Malaysian Journal of Learning and Instruction*, 16(1), 129–153.
- Khacharem, A., Zoudji, B., Kalyuga, S., & Ripoll, H. (2013). Developing tactical skills through the use of static and dynamic soccer visualizations: An expert–nonexpert differences investigation. *Journal of Applied Sport Psychology*, 25(3), 326–340.
- Khishfe, R., & Abd-El-Khalick, F. (2002). Influence of explicit and reflective versus implicit inquiry-oriented instruction on sixth graders' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(7), 551–578. <https://doi.org/10.1002/tea.10036>
- Kirk, R. (1996). „*Practical significance: A concept whose time has come.*“ *Educational and Psychological Measurement* 6 (5): 746–759. DOI: 10.1177/0013164496056005002.
- Klahr, D., & Nigam, M. (2004). The equivalence of learning paths in early science instruction: Effects of direct instruction and discovery learning. *Psychological Science*, 15(10), 661–667. <https://doi.org/10.1111/j.0956-7976.2004.00737.x>
- Klečka, M. (2008). Nejpoužívanější učebnice chemie pro gymnázia a jejich hodnocení učiteli chemie. In: *Současné problémy v chemickém vzdělávání*. Ostrava: Přírodovědecká fakulta OU.
- Kline, R. B. (2011). *Principles and practice of structural equation modeling* (3rd ed). New York: Guilford Press.

- Kolmogorov, A. (1933). *Sulla determinazione empirica di una legge di distribuzione*. G. Ist. Ital. Attuari., (4), 83–91.
- Koménski, J. (1964). *Pisma wybrane*. Ossolineum. Wrocław-Warszawa-Kraków.
- Kriz, S., & Hegarty, M. (2007). Top-down and bottom-up influences on learning from animations. *International Journal of Human-Computer Studies*, 65(11), 911–930.
- Kubiatko, M. (2016). Sémantický diferenciál jako jedna z možností zkoumání postojů k chemii u žáků druhého stupně základních škol. *Scientia in Education*, 7(1), 2-15. <https://doi.org/10.14712/18047106.277>
- Kučerová, O. (2009). *Enzymy, vitaminy a hormony ve středoškolském vzdělávání*. (diplomová práce). Praha: Univerzita Karlova v Praze, 89 s.
- Kučerová, O., Teplá, M. (2009). *Enzymy, vitaminy a hormony: Výukový program vytvořený v programu Macromedia Flash*. 1. vyd. Praha: Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze, 15 s. ISBN 978-80-86561-36-3.
- Kuhl, T., Scheiter, K., Gerjets, P. & Gemballa, S. (2011). *Can Differences in Learning Strategies Explain the Benefits of Learning from Static and Dynamic Visualizations?* Computers & Education, Vol. 56, pp. 176-187.
- Kulič, V. (1980). Některá kritéria efektivitu učení a vyučování a metody jejího zjišťování. *Pedagogika*, 30 (6). ISSN 0031-3815.
- Lašek, J. (n.d.). *Psychologie vývojová*. Studijní opora k předmětu pro studenty kombinované formy studia oboru Sociální komunikace v neziskovém sektoru. Dostupné z: <https://www.uhk.cz/file/edee/pedagogicka-fakulta/pdf/pracoviste-fakulty/katedra-socialni-patologie-a-sociologie/dokumenty/studijni-opory/socialni-komunikace-v-neziskovem-sektoru/psychologie-vyvojova.pdf>
- Lenhard, W. & Lenhard, A. (2016). *Calculation of Effect Sizes*. Dostupné z: [https://www.psychometrica.de/effect\\_size.html](https://www.psychometrica.de/effect_size.html). Dettelbach (Germany): Psychometrica. DOI: 10.13140/RG.2.1.3478.4245)
- Lidové noviny: *Karlova Univerzita uspěla v USA*. (2017). Dostupné z: <https://www.pressreader.com/>
- Likert, R. (1932). *A technique for measurement of attitudes*. Archives of Psychology, 140, 5-55.
- Lin, L., & Atkinson, R. K. (2011). Using Animations and Visual Cueing to Support Learning of Scientific Concepts and Processes. *Computers & Education*, 56(3), 650-658.
- Litschmannová, M. (2011), *Úvod do statistiky*, elektronická skripta, dostupné online z: <http://mi21.vsb.cz/modul/uvod-do-statistiky>.
- Livečka, E. (1984). *Kvalifikační sebevzdělávání pracovníků*. Praha: SPN.
- Lokšová, I. & Lokša, J. (1999). *Pozornost, motivace, relaxace a tvořivost dětí ve škole*. Praha, Česko: Portál.
- Löwe, R. K. (1999). Extracting information from an animation during complex visual learning. *European Journal of Psychology of Education*, 14(2), 225-244. <http://dx.doi.org/10.1007/BF03172967>.
- Löwe, R. K. (2003). Animation and learning: Selective processing of information in dynamic graphics. *Learning and Instruction*, 13, 157-176.

- Malakolunthu, S., & Joshua, A. (2012). Learning Approaches of Undergraduate Computer Technology Students: Strategies for Improvement. *Malaysian Journal of Learning and Instruction*, 9, 1–14.
- Malone, S., & Brünken, R. (2013). Assessment of driving expertise using multiple choice questions including static vs. animated presentation of driving scenarios. *Accident Analysis & Prevention*, 51, 112–119.
- Maňák, J. & Švec, V. (2003). *Výukové metody*. Brno, Česko: Paido.
- Maňák, J. & Švec, V. (2005). *Slovník pedagogické metodologie*. Brno, Česko: Paido.
- Mann, H. B. & Whitney, D. R. (1947). *On a Test of Whether one of Two Random Variables is Stochastically Larger than the Other*. The Annals of Mathematical Statistics, 18(1), 50–60.  
<https://doi.org/10.1214/aoms/1177730491>
- Marbach-Ad, G., Rotbain, Y. & Stavy, R. (2008). Using computer animation and illustration activities to improve high school students' achievement in molecular genetics. *Journal of Research in Science Teaching*. 45(3), 273-292.
- 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), 20–32.  
<https://doi.org/10.1080/02701367.1997.10608863>
- Maslow, A. H. (1943). A theory of human motivation. *Psychological Review*, 50(4), 370–396. <https://doi.org/10.1037/h0054346>
- Mayer, R. E., Deleeuw, K. E., & Ayres, P. (2007). Creating retroactive and proactive interference in multimedia learning. *Applied Cognitive Psychology*, 21(6), 795–809. <https://doi.org/10.1002/acp.1350>
- Mayer, R. E., Griffith, E., Jurkowitz, I. T. N., & Rothman, D. (2008). Increased interestingness of extraneous details in a multimedia science presentation leads to decreased learning. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 14, 329–339.
- Mayer, R. E., Hegarty, M., Mayer, S., & Campbell, J. (2005). When static media promote active learning: Annotated illustrations versus narrated animations in multimedia instruction. *Journal of Educational Psychology*, 11, 256–265.
- Mayer, R. E., & Moreno, R. (2002). Aids to computer-based multimedia learning. *Learning and Instruction*, 12, 107-119. [http://dx.doi.org/10.1016/S0959-4752\(01\)00018-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0959-4752(01)00018-4).
- Mayer, R. E., & Sims, V. K. (1994). For whom is a picture worth a thousand words? Extensions of a dual-coding theory of multimedia learning. *Journal of Educational Psychology*, 86(3), 389.
- McAuley, E., Duncan, T. & Tammen, V. V. (1989). *Psychometric properties of the Intrinsic Motivation Inventory in a competitive sport setting: a confirmatory factor analysis*. Research Quarterly for Exercise and Sport, 60(1), 48–58. <https://doi.org/10.1080/02701367.1989.10607413>
- McElhaney, K., W., Chang, H., Chiu, J., L. & Linn, M., C. (2015). Evidence for effective uses of dynamic visualisations in science curriculum materials. *Studies in Science Education*, 51(1), 49-85. Doi: 10.1080/03057267.2014.984506
- McGrew, K. S. (2008a). *Achievement goal orientation*. Beyond IQ: A Model of Academic Competence & Motivation (MACM) - Kevin McGrew, Ph.D. Dostupné z: <http://www.iapsych.com/acmcewok/Achievementgoalorientation.html>



- McGrew, K. S. (2008b, leden 3). *Motivational orientation*. Beyond IQ: A Model of Academic Competence & Motivation (MACM) - Kevin McGrew, Ph.D. Dostupné z: <http://www.iapsych.com/acmcewok/Motivationalorientation.html>
- Merkechová, D., Tirpáková, A., & Stehlíková, B. (2011). *Základy statistiky pre pedagogov*. Nitra: FPV UKF. ISBN 978-80-8094-899-3.
- Míka, L. (2017). *Moderní pomůcky ve výuce chemie*. (Disertační práce). Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Praha.
- Michovská, L. (2008). *Výuka geologie na základních a středních školách v České republice – průzkum názorů odborné a laické veřejnosti* (diplomová práce, vedoucí práce: Katarína Holcová). Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Praha.
- Mikolášková, M., Nekužová, M., & Juříková, D. (2013). Mýtus: Poměr vnitřní a vnější motivace je u zaměstnanců zhruba 50% : 50%. Katedra psychologie FSS MU Dostupné z: <https://psych.fss.muni.cz/cosedej/aktuality/mytus-pomer-vnitri-a-vnejsi-motivace-je-u-zamestnancu-zhruba-50-50>
- Mitsubishi, N., Fujieda, K., Tamura, T., Kawamoto, S., Takagi, T., & Okubo, K. (2009). BodyParts3D: 3D structure database for anatomical concepts. *Nucleic Acids Research*, 37(SUPPL. 1), D782–D785. <https://doi.org/10.1093/nar/gkn613>
- Monetti, D. M. (2002). *A multiple regression analysis of self-regulated learning, epistemology and student achievement*. Dissertation Abstracts International, 61(10-A), 3294.
- MŠMT. (2008). *Katalog požadavků zkoušek společné části maturitní zkoušky - Chemie*. MŠMT: Praha.
- MŠMT. (2014). *Strategie digitálního vzdělávání do roku 2020*. MŠMT: Praha.
- MŠMT. (2021). *Strategie vzdělávací politiky České republiky do roku 2030+*. MŠMT: Praha. ISBN 978-80-87601-47-1.
- Narayanan, N. H., & Hegarty, M. (2002). Multimedia design for communication of dynamic information. *International Journal of Human-Computer Studies*, 57(4), 279–315.
- Niemi, H., Nevgi, A. & Virtanen, P. (2003). *Towards self-regulation in web-based learning*. Journal of Educational Media, 28(1), 49–71. <https://doi.org/10.1080/1358165032000156437>
- Nodzyńska, M. (2012). Vizualizace v chemii a ve výuce chemie. *Chemické listy*, 106(6), 519-527. ISSN 0009-2770 .
- Nováková, H. (2013). *Motivace žáků na středních odborných školách* (Bakalářská práce). Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, České Budějovice.
- Novotný, I. & Hruška, M. (1999). *Biologie člověka*. Praha: Fortuna.
- Nunnally, J. C. (1978). *Psychometric Theory* (2nd ed.). New York: McGraw-Hill.
- OECD: Programme for International Student Assessment., & Organisation for Economic Co-operation and Development. (2006). *Assessing scientific, reading and mathematical literacy: A framework for PISA 2006*. Paris: OECD.

- Ollerenshaw, A., Aidman, E., & Kidd, G. (1997). Is an illustration always worth ten thousand words? Effects of prior knowledge, learning style and multimedia illustrations on text comprehension. *International Journal of Instructional Media*, 24(3), 227.
- Özmen, H. (2011). Effect of animation enhanced conceptual change texts on 6th grade students' understanding of the particulate nature of matter and transformation during phase changes. *Computers & Education*, 57(1), 1114-1126.
- Pallant, J. (2007). *SPSS survival manual—A step by step guide to data analysis using SPSS for windows* (3rd ed.). Maidenhead: Open University Press.
- Park, S. I., Lee, G., & Kim, M. (2009). Do students benefit equally from interactive computer simulations regardless of prior knowledge levels? *Computers & Education*, 52(3), 649–655.
- PAŘÍZEK, V. (1988). *Vzájemné působení sociálně ekonomického rozvoje a vzdělání*. Nová mysl. ISSN 0322-905X.
- Pavelková, I. (2013). *Motivace žáků*. Dostupné z [http://www.karlin.mff.cuni.cz/~hamacek/files/MOTIVACE\\_Pavelkova.doc](http://www.karlin.mff.cuni.cz/~hamacek/files/MOTIVACE_Pavelkova.doc)
- Pavelková, I., Škaloudová, A. & Hrabal, V. (2010). Analýza vyučovacích předmětů na základě výpovědi žáků. *Pedagogika*, 55(1), 38-61.
- Pearson, K. (1895). Notes on regression and inheritance in the case of two parents. *Proceedings of the Royal Society of London*. 58: 240–242.
- Pecáková, I. (2008). *Statistika v terénních průzkumech*. 1. vyd. Praha: Professional Publishing. ISBN 978-80-86946-74-0.
- Pešková, K. (2012): *Vizuální prvky pro výuku reálií v učebnicích němčiny*. Brno: PF MU.
- Pintrich, P. R., Smith, D. A. F., Garcia, T. & McKeachie, W. J. (1991). *A Manual for the Use of the Motivated Strategies for Learning Questionnaire (MSLQ)*. Získáno z <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED338122.pdf>
- 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), 435–449. <https://doi.org/10.1111/j.1467-6494.1985.tb00375.x>
- Lenhard, W. & Lenhard, A. (2016). *Calculation of Effect Sizes*. Dostupné z: [https://www.psychometrica.de/effect\\_size.html](https://www.psychometrica.de/effect_size.html). Dettelbach (Germany): Psychometrica. DOI: 10.13140/RG.2.2.17823.92329
- Průcha, J. (1990). Efektivnost vzdělávacího procesu: teorie a měření. *Pedagogika*, 40(1), 11-26. Dostupné z: [file:///C:/Users/chemie/Downloads/Pedag\\_1990\\_1\\_02\\_Efektivnost\\_11\\_26%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/chemie/Downloads/Pedag_1990_1_02_Efektivnost_11_26%20(1).pdf)
- Průcha, J. (1996). *Pedagogická evaluace*. Brno, Česko: Masarykova univerzita.
- Průcha, J., Walterová, E., & Mareš, J. (2001). *Pedagogický slovník*. Praha, Česko: Portál.
- Průcha, J., Walterová, E. & Mareš, J. (2003). *Pedagogický slovník*. Portál, 4. vydání. ISBN 978-80-262-0403-9.
- Průcha, J., Walterová, E. & Mareš, J. (2009). *Pedagogický slovník*. Praha: Portál. ISBN 978-80-7367-647-6.

- Rabušic, L., Soukup, P. & Mareš, P. (2019). *Statistická analýza sociálněvědních dat (prostřednictvím SPSS)* (2. přepracované vydání). Brno: Masarykova univerzita, MuniPres.
- Rieber, L. P. (1990). Using computer animated graphics in science instruction with children. *Journal of Educational Psychology*, 82(1), 135-140.
- Rosenthal, R. (1994). *Parametric measures of effect size*. In H. Cooper, L. V. Hedges (Eds.), *The handbook of research synthesis*. (pp. 231-244). New York: Russell Sage Foundation.
- Roštejnská, M. (2004). Využití PowerPointových prezentací ve výuce biochemie na středních školách. In: *Zborník príspevkov, 1. zväzok (Biologická, didaktická a environmentálna sekcia)*. 1. vyd. Bratislava: Edičné centrum FMFI UK, 124-126. ISBB 80-89186-00-9.
- Roštejnská, M. (2008). *Biochemie ve středoškolském vzdělávání* (disertační práce). Praha: Univerzita Karlova v Praze, 108 s.
- Roštejnská, M. & Klímová, H. (2005). Zpracování vybraných témat z biochemie. In: *Aktuální otázky výuky chemie XV./Current questions of chemistry education*. 1. vyd. Hradec Králové: Univerzita Hradec Králové, 351-356. ISBB 80-7041-511-8.
- Roštejnská, M. & Klímová, H. (2006) Vytváření nových didaktických pomůcek pro výuku na SŠ. In: *Aktuální aspekty pregraduální přípravy a postgraduálního vzdělávání učitelů chemie*. 1. vyd. Ostrava: Ostravská Univerzita: Přírodovědecká Fakulta, 214-217. ISBB 80-7368-244-3.
- Roštejnská, M. & Klímová, H. (2007a). Computer Modeling of Biochemical Processes by Powerpoint.. In: *Roczniki Polskiego Towarzystwa Chemicznego, Annals of Polish Chemical Society*. 1. vyd. Gdansk: Polish Chemical Society, 479-482. ISBB 978-83-922424-7-5.
- Roštejnská, M. & Klímová, H. (2007b). Zpracování chemických procesů v aplikaci PowerPoint. In: *Alternativní metody výuky 2007*. 1. vyd. Hradec Králové: GAUDEAMUS, Univerzita Hradec Králové, 34-34. ISBB 978-80-7041-129-2.
- Roštejnská, M. & Klímová, H. (2008a). *Biochemické procesy v lidském organismu - výukový program vytvořený v programu Microsoft PowerPoint*. 1. vyd. Praha: Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze, 2008, 40 s. ISBN 978-80-86561-84-4.
- Roštejnská, M. & Klímová, H. (2008b). Fotosyntéza v dynamických animacích. In: *Current Trends in Chemical Curricula*. 1. vyd. Praha: Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze, 73-76. ISBB 978-80-86561-60-8.
- Roštejnská, M. & Klímová, H. (2008c) *Fotosyntéza v dynamických animacích - výukový program vytvořený v programu Macromedia Flash*. 1. vyd. Praha: Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze, 24 s. ISBN 978-80-86561-55-4.
- Roštejnská, M. & Klímová, H. (2008d). Vizualizace biochemických procesů prostřednictvím programu Macromedia Flash. In: *Alternativní metody ve výuce 2008*. 1. vyd. Praha: GAUDEAMUS, Univerzita Hradec Králové, 36-36. ISBB 978-80-7041-454-5.
- Roštejnská, M. & Klímová, H. (2009). Simulace fotosyntetických pochodů prostřednictvím programu Macromedia flash. In: Kmeťová, J., Lichvářová, M. (ed.). *Súčasnosť a perspektívy didaktiky chémie II*. 1. vyd. Banská Bystrica, SR: Fakulta prírodných vied, Univerzita Mateja Bela Banská Bystrica, 81-84. ISBN 978-80-8083-751-8.

- Roštejnská, M. & Klímová, H. (2011). Biochemistry Games: AZ-Quiz and Jeopardy!. *Journal of Chemical Education*, 88(4), 432-433. DOI 10.1021/ed100231r.
- Roštejnská, M., Klímová, H., Kučerová, O. & Steinbauerová, A. (2009). Animační program Adobe Flash a jeho význam ve výuce chemie. In: Bílek, M. (ed.). *Výzkum, teorie a praxe v didaktice chemie XIX. (2. část: Přehledové studie a krátké informace)*. 1. vyd. Hradec Králové: GAUDEAMUS, 372-376. ISBN 978-80-7041-839-0.
- Roštejnská, M. & Šulcová, R. (2005). Modelování biochemických pochodů pomocí prezentací. In: *Modelování ve výuce chemie*. 1. vyd. Hradec Králové: Gaudeamus, 128-135. ISBB 80-7041-463-4.
- 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), 357–381.
- Rusek, M. (2011). Postoj žáků k předmětu chemie na středních odborných školách. *Scientia in educatione*, 2(2), 23-37.
- 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), 450–461.  
<https://doi.org/10.1037/0022-3514.43.3.450>
- 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), 68-78.  
<https://doi.org/10.1006/ceps.1999.1020>
- Řehák, J. & Brom, O. (2015). *SPSS – Praktická analýza dat*. Computer Press.
- Sawilowsky, S (2009). "New effect size rules of thumb". *Journal of Modern Applied Statistical Methods*. 8 (2): 467–474. doi:10.22237/jmasm/1257035100. <http://digitalcommons.wayne.edu/jmasm/vol8/iss2/26/>
- Schnotz, W. (2005). An integrated model of text and picture comprehension. In R. E. Mayer (Ed.), *The cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 49-69). Cambridge: Cambridge University Press.
- Schnotz, W., Böckheler, J., & Grzondziel, H. (1999). Individual and co-operative learning with interactive animated pictures. *European Journal of Psychology of Education*, 14(2), 245–265.  
<https://doi.org/10.1007/bf03172968>.
- Schnotz, W., & Löwe, R. K. (2003). External and internal representations in multimedia learning. *Learning and Instruction*, 13, 117-123.
- 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), 47-58.
- Schwan, S., & Riempp, R. (2004). The cognitive benefits of interactive videos: learning to tie nautical knots. *Learning and Instruction* (14), 293-305.
- Schönborn, K. J. & Anderson, T. R. (2006). The importance of visual literacy in the education of biochemists. *Biochemistry and molecular biology education*. 34(2), 94-102. DOI:  
<https://doi.org/10.1002/bmb.2006.49403402094>
- Shapiro, S. S. & Wilk, M. B. (1965). *An analysis of variance test for normality (complete samples)*. Biometrika, 52(3–4), 591–611. <https://doi.org/10.1093/biomet/52.3-4.591>

- Scheerens, J. (2004). Review of school and instructional effectiveness research. Paper commissioned for the EFA Global Monitoring Report 2005. The Quality Imperative, 1-18. UNESCO. Dostupné z: <http://www.educacionyfp.gob.es/ca/dam/jcr:1638c1d1-74f8-4e2b-b96d-e445644f1b05/effectiveteachingscheerens-pdf.pdf>
- Skalková, J. (2007). *Obecná didaktika: vyučovací proces, učivo a jeho výběr, metody, organizační formy vyučování*. Praha: Grada.
- Skoršepa, M. (2015). *Počítačom podporované experimenty v prírodovednom vzdelávaní* (1. vyd., Roč. 2015). Banská Bystrica: Belianum (Vydavateľstvo UMB).
- Skoršepa, M., & Šmejkal, P. (2016). Intrinsic Motivation Inventory (IMI) – psychometrické vlastnosti nástroja vo vzťahu k práci žiakov v počítačom podporovanom laboratóriu. In: *Inovácie a trendy v prírodovednom vzdelávaní, ScienEdu*, 95. Bratislava: PriF UK
- Sloupová, H. (2021). *Vliv badatelsky orientované výuky na žáky v předmětech chemie a přírodopis* (disertační práce). Praha: Univerzita Karlova v Praze, 146 s.
- Smirnov, N. (1948). *Table for Estimating the Goodness of Fit of Empirical Distributions*. The Annals of Mathematical Statistics, 19(2), 279–281. <https://doi.org/10.1214/aoms/1177730256>
- Social Science Statistics (SocSciStatistics): Calculator of effect size (2018). Dostupné z: <https://www.socscistatistics.com/effectsize/default3.aspx>
- Soukup, Petr (2010) Nesprávná užívání statistické významnosti a jejich možná řešení. *Data a výzkum - SDA Info*, 4(2). 77-104. ISSN 1802-8152.
- Soukup, P. (2013) *Věcná významnost výsledků a její možnosti měření*. Data a výzkum - SDA Info, 7 (2). pp. 125-148. ISSN 1802-8152
- Soukup, P. (2016). *Užívání statistické a věcné významnosti v časopise Pedagogická orientace a Pedagogika v posledních deseti letech: očima statistika*. Pedagogická orientace, stránky 182-201.
- Soukup, P. (2017). *P a D (statistická a věcná významnost a jejich praktické užívání v českých sociálních vědách)* (disertační práce, vedoucí práce: Hynek Jeřábek). Univerzita Karlova, Fakulta sociálních věd, Praha: 2017.
- Soukup, P., & Rabušic, L. (2007). Několik poznámek k jedné obsesi českých sociálních věd – statistické významnosti. *Sociologický časopis/Czech Sociological Review*, 43(2), 379–395.
- Soukup, P., & Kočvarová, I. (2016). Velikost a reprezentativita výběrového souboru v kvantitativně orientovaném pedagogickém výzkumu. *Pedagogická orientace*, 26(3), 512–536.
- Spearman C. (1904). The proof and measurement of association between two things. *American Journal of Psychology*. 15 (1): 72–101. doi:10.2307/1412159. JSTOR 1412159.
- Spousta, V. (2001). Proč rozvíjet vizuální gramotnost? *Pedagogická orientace*, 3, 86-93. ISSN 1211-4669
- Spousta, V. (2003). Vidění je vědění - ke gnozeologickým aspektům vizualizace. *Pedagogická orientace*, 3, 22-27. ISSN 1211-4669
- Spousta, V. (2004). Psychologické aspekty vizualizace. *Pedagogická orientace*, 4, 51-56. ISSN 1211-4669
- Spousta, V. (2007). *Vizualizace: gnostický a komunikační prostředek edukologických fenoménů*. Brno: Masarykova univerzita, 2007. Spisy Pedagogické fakulty Masarykovy univerzity.

- Starý, K., Chvál, M. Kvalita a efektivita výuky: metodologické přístupy. In M. Janíková, K. Vlčková et al. *Výzkum výuky: tematické oblasti, výzkumné přístupy a metody*. 2009, Brno: Paido, s. 63-81.
- Statista. (2020). Number of tertiary education graduates in the European Union in 2017, by broad field of study. Retrieved from <https://www.statista.com/statistics/1095623/most-popular-degree-fields-in-europe/>. Accessed January 15, 2021.
- Steinbauerová, A. (2009). *Sacharidy ve středoškolském vzdělávání*. (diplomová práce). Praha: Univerzita Karlova v Praze, 81 s.
- Straková, J. (2018). Vzdělávací politika a mezinárodní výzkumy výsledků vzdělávání v ČR. *Orbis Scholae*, 3(3), 103-118. <https://doi.org/10.14712/23363177.2018.200>
- Stratilová Urválková, E., Šmejkal, P., Skoršepa, M., Teplý, P., & Tortosa, M. (2014). *MBL Activities Using IBSE: Learning Biology in Context. In Teaching and Learning Science at all Levels of Education*. Kraków: Pedagogická univerzita, Kraków, Polsko, s. 131–134.
- Stuart, A., Ord, K., & Arnold, S. (1999). *Kendall's Advanced Theory of Statistics: Volume 2A—Classical Inference & the Linear Model*. New York : Oxford University Press. ISBN: 978-0-470-68924-0.
- Svatoňová, R. (2016). *Motivace žáků k učení*. (Diplomová práce). Univerzita Karlova. Dostupné z: <https://is.cuni.cz/webapps/zzp/detail/162385/>
- Sweller, J. (1994). Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design. *Learning and Instruction*, 4, 295-312.
- Šarboch, D. (2018). *Trávení jako mezioborové téma ve výuce přírodovědných předmětů* (diplomová práce). Praha: Univerzita Karlova v Praze, 92 s.
- Šarboch, D. (2019) Interactive adobe flash animation - digestion in the human body. Tuscany, Italy 2019. *Abstract Booklet*. Tuscany, Italy: Monash Prato Centre, Tuscany, Italy, s. 90-90.
- Šarboch, D. & Teplá, M. (2019a). Creation of interactive animations and their use in practice. In: Szarka, K., Vargová, A., Bucseková, I., Juhasz, G. (ed.) *15th International Conference of Doctoral Studies in the Field of Education of Natural Sciences*. 1 vyd. Komárno: J. Selye University, Komárno, Slovak Republic, 36-36. ISBN 978-80-8122-311-2.
- Šarboch, D. & Teplá, M. (2019b). Digestion in human body in Science education - results of a questionnaire. In: RUSEK, Martin, VOJÍŘ, Karel (ed.). *Project-based education and other activating strategies in science education XVI*. 1. vyd. Praha: Charles University – Faculty of Education Department of Chemistry and Chemistry Education, 120-129. ISBN 978-80-7603-066-4.
- Šarboch, D. & Teplá, M. (2020). Tvorba interaktivních animací a jejich použití v praxi. *Eruditio-Educatio*. 15(1), 111-120. DOI 10.36007/eruedu.2020.1.111-119.
- Šarboch, D., Teplá, M., Šrámek, M. & Sloupová, H (2020). The Influence of Interdisciplinary Interactive Animations on High-School Students' Motivation and Performance. In: *Project-based education and other activating strategies in science education XVII. Conference proceedings*. Praha: Charles University – Faculty of Education, Department of Chemistry and Chemistry Education, s. 189-198. ISBN 978-80-7603-155-5.
- Šmejkal, P. (2019). *Vybrané aspekty zavádění školních měřících systémů do výuky přírodovědných předmětů se zaměřením na chemii* (habilitační práce). Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Praha.

- Šmejkal, P., Skoršepa, M., Stratilova Urvalkova, E. & Teplý, P. (2016). *Chemické úlohy se školními měřicími systémy: motivační orientace žáků v badatelsky orientovaných úlohách*. Scientia in educatione. 7. 29.
- Šprdlík, V. (2017). Corinth a augmentovaná realita ve výuce. *e-Mole*. 9, 43-46. Dostupné z: [http://www.e-mole.cz/system/files/magazine/e-mole\\_009-2017-mobile.pdf](http://www.e-mole.cz/system/files/magazine/e-mole_009-2017-mobile.pdf)
- Štefl, K. (1970). Pedagogický experiment a použití statistických metod. *Pedagogika*, 4, 543-551.
- Šulcová, R. & Roštejská, M. (2005). Multimediální formy studia v přípravě učitelů. In: Bílek, M. (ed.). *Aktuální otázky výuky chemie XV*. 1. vyd. Hradec Králové: Gaudeamus, 338-343. ISBB 80-7041-511-8.
- Šulcová, R. & Teplá, M. (2012). Materiály pro podporu výuky se zaměřením na lidský organismus a zdravý životní styl nejen v chemii. In: Reguli, J. (ed.). *Aktuálně trendy ve vyučování přírodních věd*. 1. vyd. Trnava: Pedagogická fakulta Trnavskej univerzity, 263-268. ISBN 978-80-8082-541-6.
- Tarmizi, R. A. (2010). Visualizing Students' Difficulties in Learning Calculus. In A. Tarmizi, RA and Ayub (Ed.), *INTERNATIONAL CONFERENCE ON MATHEMATICS EDUCATION RESEARCH 2010 - ICMER 2010* (Vol. 8, pp. 377–383). ELSEVIER SCIENCE BV. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.12.053>
- Teplá, M. (2017). Aplikace Corinth Classroom a její využití ve výuce chemie. *Řízení ve školství časopis nejen pro ředitele*. roč. neuveden, č. 6, s. 43-53. ISSN 2336-7768
- Teplá, M. & Čermáková, V. (2019a). Dýchací řetězec jako mezioborové téma ve výuce přírodovědných předmětů. In: Čtrnáctová, H., Nesměrák, K., Teplá, M. (ed.). *DidSci Plus – Research in Didactics of Science PLUS Proceedings of the International Conference*. 1. vyd. Praha: Charles University – Faculty of Science, 489-498. ISBN 978-80-7444-065-6
- Teplá, M. & Čermáková, V. (2019b). Dýchání v chemii a biologii mezipředmětově a interaktivně. *e-Mole: Časopis o výuce nejen s digitálními technologiemi*. 3(29), ISSN 2336-5714. Dostupné z <https://www.e-mole.cz/clanek/dychani-v-chemii-biologii-mezipredmetove-interaktivne#body-top>
- Teplá, M. & Klímová, H. (2011). Obsah učiva biochemie a používání počítačové technologie na středních školách v ČR - výsledky dotazníkového šetření. *Media4u Magazine*. 8(X3), 122-128. ISSN 1214-9187.
- Teplá, M. & Klímová, H. (2014a). Dýchací řetězec: nové vzdělávací pomůcky pro výuku biochemie na SŠ. In: BÍLEK, Martin (ed.). *Výzkum, teorie a praxe v didaktice chemie / Přírodovědné a technologické vzdělávání pro XXI. století*. 1. vyd. Hradec Králové: Gaudeamus při Univerzitě Hradec Králové, 178-184. ISBN 978-80-7435-417-5.
- Teplá, M. & Klímová, H. (2014b). Informace o vzdělávacím portálu [www.studiumbiochemie.cz](http://www.studiumbiochemie.cz). *Biologie-Chemie-Zeměpis*. 2014(4), 169-170. ISSN 1210-3349
- Teplá, M. & Klímová, H. (2014c). Photosynthesis in dynamic animations, *Journal of Chemical Education*. 91, 149-150. DOI 10.1021/ed300213h.
- Teplá, M. & Klímová, H. (2014d). Tvorba webového portálu [www.studiumbiochemie.cz](http://www.studiumbiochemie.cz). In: Bílek, M. (ed.). *Výzkum, teorie a praxe v didaktice chemie / Přírodovědné a technologické vzdělávání pro XXI. století*. 1. vyd. Hradec Králové: Gaudeamus při Univerzitě Hradec Králové, 404-410. ISBN 978-80-7435-417-5.
- Teplá, M. & Klímová, H. (2015). Using Adobe Flash Animations of Electron Transport Chain to Teach and Learn Biochemistry. *Biochemistry and Molecular Biology Education*. 43(4), 294-299. DOI 10.1002/bmb.20867.

- Teplá, M., Klímová, H., Martínek, V., Šulcová, R., Teplý, P., Rohovec, J., Matoušková, Š., Houser, F., Urbanová, K., Hájková, Z., Štefková, I., Konečný, M., Šmejkal, P., Zaspalová, J. & Hrubý, M. (2012a). *Chemie: Aktivně, aktuálně a s aplikacemi*. 1. vyd. Praha: Nakladatelství P3K s. r. o., 80 s. ISBN 978-80-87186-95-4.
- Teplá, M., Klímová, H., Šulcová, R., Čermáková, A., Hrobařová, E., Laubeová, A., Kozlovská, L., Lajblová, Š., Novotná, M., Strejčková, M., Strnadová, H., Uherčíková, G., Vostřelová, O. & Vyšínská, Z. (2012b). *Lidský organismus a zdravý životní styl*. 1. vyd. Praha: Nakladatelství P3K s. r. o., 60 s. ISBN 978-80-87186-68-8.
- Teplá, M., Šmejkal, P., Šrámek, M., Šarboch, D., & Teplý, (2021a). The influence of 3D models and animations on students' motivation in chemistry and biology – The results of the pilot study. In: Rusek, M., Tothová, M. & Vojří, K. *Project-based education and other activating strategies in science education XVIII.1* vyd. Praha: Charles University – Faculty of Education, Department of Chemistry and Chemistry Education, s. 180-188. ISBN 2695-0626.
- Teplá, M., Teplý, P., Distler, P. & Šmejkal, P. (2021b). Vzdělávací 3D modely Corinth a jejich využití ve výuce chemie a ostatních přírodovědných předmětů. *Chemické listy*. 115(7), 383-386. Dostupné též z <http://www.chemicke-listy.cz/ojs3/index.php/chemicke-listy/article/view/3881>
- Teplá, M., Šrámek, M., & Šarboch, D. (2019) P5 The influence of Corinth application on students' motivation and their level of knowledge of natural sciences. Tuscany, Italy 2019. *Abstract Booklet*. Tuscany, Italy: Monash Prato Centre, Tuscany, Italy, s. 71-71.
- Tišl, P. (2015). Corinth Classroom – nová inovativní výuková aplikace z Brna. *e-Mole*. 2, 56-57. Dostupné z: [http://www.e-mole.cz/system/files/magazine/e-mole\\_002-2015-mobile.pdf](http://www.e-mole.cz/system/files/magazine/e-mole_002-2015-mobile.pdf)
- Toews, M., W. (2007). Normal distribution. via Wikimedia Commons. Dostupné z: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Standard\\_deviation\\_diagram.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Standard_deviation_diagram.svg)
- Tversky, B., Bauer-Morrison, J., & Bétrancourt, M. (2002). Animation: Can it facilitate? *International Journal of Human-Computer Studies*, 57(4), 247-262.
- Türkay, S. (2016). The effects of whiteboard animations on retention and subjective experiences when learning advanced physics topics. *Computers & Education*, 98, 102–114. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.03.004>.
- Úřední věstník Evropské unie. (2018). DOPORUČENÍ RADY ze dne 22. května 2018 o klíčových kompetencích pro celoživotní učení (Text s významem pro EHP). Dostupné z: [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)
- Vágnerová, M. (2002). Kognitivní a sociální vývoj žáka základní školy. Praha: Nakladatelství Karolinum. 302 s.
- Van Merriënboer, J. J., & Sweller, J. (June 2005). Cognitive Load Theory and Complex Learning: Recent Developments and Future Directions. *Educational Psychology Review*, 17(2), 147-177.
- Vaus, D. de. (2002). *Analyzing Social Science Data*. London: Sage.
- Veselský, M. & Hrubíšková, H. (2009). Zájem žáků o učební předmět chemie. *Pedagogická orientace*, 19(3), 45-6.



- Vítoulová, J. (2012). *Styly učení a možnosti jejich rozvíjení ve výuce ruského jazyka* (Diplomová práce), Masarykova Univerzita, Pedagogická fakulta, Katedra psychologie, Brno.
- VÚP. (2007a). *Klíčové kompetence v základním vzdělávání*. Výzkumný ústav pedagogický v Praze: Plzeň. ISBN 978-80-87000-07-6.
- VÚP. (2007b). *Rámcový vzdělávací program pro gymnázia*. Výzkumný ústav pedagogický v Praze: Plzeň. ISBN 978-80-87000-11-3.
- Wang, P.-Y., Vaughn, B. K., & Liu, M. (2011). The impact of animation interactivity on novices' learning of introductory statistics. *Computers & Education*, 56(1), 300–311. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.07.011>.
- 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), 11–16.
- Wolters, C. A. (2004). *Advancing Achievement Goal Theory: Using Goal Structures and Goal Orientations to Predict Students' Motivation, Cognition, and Achievement*. *Journal of Educational Psychology*, 96(2), 236–250. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.96.2.236>
- Wong, M., Castro-Alonso, J. C., Ayres, P., & Paas, F. (2018). Investigating gender and spatial measurements in instructional animation research. *Computers in Human Behavior*, 89, 446–456. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2018.02.017>.
- Wrzesniewski, A., & Schwartz, B. (2014). *Opinion | The Secret of Effective Motivation*. *The New York Times*. Získáno z <https://www.nytimes.com/2014/07/06/opinion/sunday/the-secret-of-effective-motivation.html>
- Zare, R. (2002). *Visualizing Chemistry*. *Journal of Chemical Education*, 79(11), 1290.
- Zell, E., Krizan, Z., & Teeter, S. R. (2015). Evaluating gender similarities and differences using metasynthesis. *American Psychologist*, 70(1), 10–20. <https://doi.org/10.1037/a0038208>.
- Zinčenko, V. P. (1976). Problémy vizuální kultury. *Estetická výchova*, 5, 113-136.

## 9 Přílohy práce

<b>9 Přílohy práce .....</b>	<b>154</b>
Příloha 1 – Dotazník motivačních strategií pro učení se (MSLQ) – kompletní nástroj.....	155
Příloha 2 – Dotazník vnitřní motivace (IMI) – kompletní nástroj.....	157
Příloha 3 – Učivo a očekávané výstupy výukových programů .....	158
Příloha 4 – Fotosyntéza (kapitola z webového portálu studiumbiochemie.cz).....	164
Příloha 5 – Dýchací řetězec (kapitola z webového portálu studiumbiochemie.cz) .....	175
Příloha 6 – Pre dotazník pro žáky .....	184
Příloha 7 – Post dotazník zaměřený na tradiční styl výuky.....	185
Příloha 8 – Post dotazník zaměřený na použití aplikace Corinth ve výuce .....	187
Příloha 9 – Polostrukturovaný rozhovor pro učitele .....	189
Příloha 10 – Post strukturovaný rozhovor pro učitele .....	193
Příloha 11 – Test z chemie v 8. ročníku .....	196
Příloha 12 – Test z chemie v 9. ročníku .....	200
Příloha 13 – Test z přírodopisu v 8. ročníku .....	203
Příloha 14 – Test z přírodopisu v 9. ročníku .....	207
Příloha 15 – Korelační analýza – Předvýzkum .....	210
Příloha 16 – Analýza dat: Vliv na vnitřní motivaci – Předvýzkum .....	218
Příloha 17 – Analýza pretestů a posttestů .....	231
Příloha 18 – Histogramy (určování normality dat) – Hlavní výzkumné šetření.....	235
Příloha 19 – Korelační analýza – Hlavní výzkumné šetření.....	237
Příloha 20 – Analýza dat: Vliv na vnitřní motivaci – Hlavní výzkumné šetření.....	244

**Příloha 1 – Dotazník motivačních strategií pro učení se (MSLQ) – kompletní nástroj (Pintrich, et al., 1991). (R) – značí reverzně zadanou položku.**

položka	Value Component: Intrinsic Goal Orientation
1	In a class like this, I prefer course material that really challenges me so I can learn new things
16	In a class like this, I prefer course material that arouses my curiosity, even if it is difficult to learn.
22	The most satisfying thing for me in this course is trying to understand the content as thoroughly as possible.
24	When I have the opportunity in this class, I choose course assignments that I can learn from even if they don't guarantee a good grade.
Value Component: Etrinsic Goal Orientation	
7	Getting a good grade in this class is the most satisfying thing for me right now.
11	The most important thing for me right now is improving my overall grade point average, so my main concern in this class is getting a good grade.
13	If I can, I want to get better grades in this class than most of the other students.
30	I want to do well in this class because it is important to show my ability to my family, friends, employer, or others.
Value Component: Task Value	
4	I think I will be able to use what I learn in this course in other courses.
10	It is important for me to learn the course material in this class.
17	I am very interested in the content area of this course.
23	I think the course material in this class is useful for me to learn
26	I like the subject matter of this course.
27	Understanding the subject matter of this course is very important to me.
Expectancy Component: Control of Learning Beliefs	
2	If I study in appropriate ways, then I will be able to learn the material in this course.
9	It is my own fault if I don't learn the material in this course.
18	If I try hard enough, then I will understand the course material.
25	If I don't understand the course material, it is because I didn't try hard enough.
Expectancy Component: Self-Efficacy for Learning and Performance	
5	I believe I will receive an excellent grade in this class.
6	I'm certain I can understand the most difficult material presented in the readings for this course.
12	I'm confident I can learn the basic concepts taught in this course.
15	I'm confident I can understand the most complex material presented by the instructor in this course.
20	I'm confident I can do an excellent job on the assignments and tests in this course.
21	I expect to do well in this class.
29	I'm certain I can master the skills being taught in this class.
31	Considering the difficulty of this course, the teacher, and my skills, I think I will do well in this class.
Affective Component: Test Anxiety	
3	When I take a test I think about how poorly I am doing compared with other students.
8	When I take a test I think about items on other parts of the test I can't answer.
14	When I take tests I think of the consequences of failing.
19	I have an uneasy, upset feeling when I take an exam.
28	I feel my heart beating fast when I take an exam.
Cognitive and Metacognitive Strategies: Rehearsal	
39	When I study for this class, I practice saying the material to myself over and over.
46	When studying for this course, I read my class notes and the course readings over and over again.
59	I memorize key words to remind me of important concepts in this class.
72	I make lists of important items for this course and memorize the lists.
Cognitive and Metacognitive Strategies: Elaboration	
53	When I study for this class, I pull together information from different sources, such as lectures, readings, and discussions.
62	I try to relate ideas in this subject to those in other courses whenever possible
64	When reading for this class, I try to relate the material to what I already know.
67	When I study for this course, I write brief summaries of the main ideas from the readings and my class notes.
69	I try to understand the material in this class by making connections between the readings and the concepts from the lectures.
81	I try to apply ideas from course readings in other class activities such as lecture and discussion
Cognitive and Metacognitive Strategies: Organization	
32	When I study the readings for this course, I outline the material to help me organize my thoughts.

42	When I study for this course, I go through the readings and my class notes and try to find the most important ideas.	
49	I make simple charts, diagrams, or tables to help me organize course material.	
63	When I study for this course, I go over my class notes and make an outline of important concepts.	
<b>Cognitive and Metacognitive Strategies: Critical Thinking</b>		
38	I often find myself questioning things I hear or read in this course to decide if I find them convincing.	
47	When a theory, interpretation, or conclusion is presented in class or in the readings, I try to decide if there is good supporting evidence.	
51	I treat the course material as a starting point and try to develop my own ideas about it.	
66	I try to play around with ideas of my own related to what I am learning in this course	
71	Whenever I read or hear an assertion or conclusion in this class, I think about possible alternatives.	
<b>Cognitive and Metacognitive Strategies: Critical Thinking</b>		
33	During class time I often miss important points because I'm thinking of other things.	(R)
36	When reading for this course, I make up questions to help focus my reading.	
41	When I become confused about something I'm reading for this class, I go back and try to figure it out.	
44	If course readings are difficult to understand, I change the way I read the material.	
54	Before I study new course material thoroughly, I often skim it to see how it is organized.	
56	I try to change the way I study in order to fit the course requirements and the instructor's teaching style.	
57	I often find that I have been reading for this class but don't know what it was all about.	(R)
61	I try to think through a topic and decide what I am supposed to learn from it rather than just reading it over when studying for this course.	
76	When studying for this course I try to determine which concepts I don't understand well.	
78	When I study for this class, I set goals for myself in order to direct my activities in each study period.	
79	If I get confused taking notes in class, I make sure I sort it out afterwards.	
<b>Resources Management Strategies: Time and Study Environment</b>		
35	I usually study in a place where I can concentrate on my course work.	
43	I make good use of my study time for this course.	
52	I find it hard to stick to a study schedule.	(R)
65	I have a regular place set aside for studying.	
70	I make sure that I keep up with the weekly readings and assignments for this course.	
73	I attend this class regularly.	
77	I often find that I don't spend very much time on this course because of other activities.	(R)
80	I rarely find time to review my notes or readings before an exam.	(R)
<b>Resources Management Strategies: Effort Regulation</b>		
37	I often feel so lazy or bored when I study for this class that I quit before I finish what I planned to do.	(R)
48	I work hard to do well in this class even if I don't like what we are doing.	
60	When course work is difficult, I either give up or only study the easy parts.	(R)
74	Even when course materials are dull and uninteresting, I manage to keep working until I finish	
<b>Resources Management: Peer Learning</b>		
34	When studying for this course, I often try to explain the material to a classmate or friend.	
45	I try to work with other students from this class to complete the course assignments.	
50	When studying for this course, I often set aside time to discuss course material with a group of students from the class	
<b>Resources Management: Help Seeking</b>		
40	Even if I have trouble learning the material in this class, I try to do the work on my own, without help from anyone.	(R)
58	I ask the instructor to clarify concepts I don't understand well.	
68	When I can't understand the material in this course, I ask another student in this class for help.	
75	I try to identify students in this class whom I can ask for help if necessary	

**Příloha 2 – Dotazník vnitřní motivace (IMI) – kompletní nástroj (McAuley et al., 1989; Ryan, 1982). (R) – značí reverzně zadanou položku.**

položka	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.
<b>Perceived Competence</b>	
	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)
<b>Effort/Importance</b>	
	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)
<b>Pressure/Tension</b>	
	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.
<b>Perceived Choice</b>	
	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)
<b>Value/Usefulness</b>	
	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.
<b>Relatedness</b>	
	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.

## Příloha 3 – Učivo a očekávané výstupy výukových programů

### 3.1 Biochemické procesy v lidském organismu

#### Učivo vzhledem k RVP G (Roštejská, 2008)

Biochemie:	lipidy, sacharidy, proteiny, nukleové kyseliny, enzymy, vitaminy a hormony
Obecná biologie:	buňka
Biologie člověka:	soustavy látkové přeměny
Genetika:	molekulární a buněčné základy dědičnosti

#### Očekávané výstupy (Roštejská, 2008)

Žák...

- ... objasní funkci a význam buněčných organel pro metabolismus a lokalizuje jednotlivé metabolické pochody v buňce;
- ... uvede základní rozdíly mezi eukaryotní a prokaryotní buňkou;
- ... charakterizuje základní druhy přenosu přes plasmatickou membránu
- ... popíše a rozliší strukturu nukleových kyselin, ribosy a deoxyribosy, purinových a pyrimidinových bází;
- ... vysvětlí rozdíly mezi nukleotidem a nukleosidem;
- ... určí N-glykosidovou a fosfodiesterovou vazbu v molekule nukleových kyselin;
- ... vysvětlí pojmy polárnost řetězce NA a komplementarita bází;
- ... popíše prostorovou strukturu základního typu deoxyribonukleové kyseliny (B DNA);
- ... charakterizuje základní typy ribonukleových kyselin (tRNA, mRNA a rRNA) a objasní jejich funkce v organismu.
- ... popíše prostorové uspořádání molekuly DNA v buněčném jádře;
- ... vysvětlí pojmy: chromosom, chromatida, chromatin, histon a nukleosom.
- ... popíše průběh a směr replikace;
- ... popíše vazbu vznikající v průběhu replikace;
- ... uvede a vysvětlí rozdíly mezi replikací na vedoucím řetězci a na váznoucím řetězci;
- ... objasní hlavní funkci těchto enzymů: DNA-polymerasy, primasy, nukleasy, ligasy a helikasy;
- ... vysvětlí korektorskou schopnost DNA-polymerasy a popíše reakci, kterou katalyzuje;
- ... vysvětlí pojmy: asymetričnost replikační vidličky, obousměrnost replikační vidličky a Okazakiho fragmenty.
- ... popíše průběh a směr transkripce;
- ... popíše vazbu vznikající v průběhu transkripce;
- ... objasní hlavní funkci enzymu RNA-polymerasy a popíše reakci, kterou tento enzym katalyzuje;
- ... uvede základní typy posttranskripčních úprav, ke kterým dochází v eukaryotní buňce;
- ... vysvětlí pojmy exon a intron.
- ... charakterizuje základní děje probíhající během procesu translace;
- ... interpretuje genetický kód a vysvětlí pojmy iniciační a terminační kodon;
- ... vysvětlí pojmy triplet, kodon a antikodon;

- ... popíše strukturu tRNA a objasní její úlohu v procesu translace;
- ... objasní funkci ribosomu a jeho podíl na translaci;
- ... popíše průběh iniciace, propagace a terminace translace;
- ... zdůvodní, na jakém kodonu iniciace začíná, a na jakém kodonu terminace končí.
- ... popíše základní biochemické pochody, které se odehrávají v lidském těle;
- ... vysvětlí podstatu metabolických procesů;
- ... rozliší děj anabolický a katabolický a uvede příklady těchto dějů;
- ... charakterizuje odbourávání bílkovin, glykolýzu a  $\beta$ -oxidaci a posoudí základní vztahy mezi metabolismy;
- ... objasní funkce sacharidů, triacylglycerolů a bílkovin v lidském organismu.
- ... vysvětlí podstatu citrátového cyklu (vznik molekuly GTP, molekuly FADH<sub>2</sub> a tři molekul NADH);
- ... lokalizuje průběh citrátového cyklu a dýchacího řetězce v buňce;
- ... objasní význam a podstatu dýchacího řetězce a stručně popíše jeho průběh;
- ... popíše molekulu ATP, její syntézu a význam pro lidský organismus.

### 3.2 Fotosyntéza v dynamických animacích

**Učivo vzhledem k RVP G (Roštejnská, 2008)**

Biochemie: sacharidy

Obecná biologie: buňka

Biologie rostlin: fotosyntéza

**Očekávané výstupy (Roštejnská, 2008)**

Žák ...

- ... vysvětlí podstatu, průběh a funkci fotosyntézy jako jednoho z nejdůležitějších dějů na Zemi;
- ... popíše strukturu chloroplastu a lokalizuje důležité fotosyntetické pochody (primární část fotosyntézy, sekundární část fotosyntézy) v eukaryotní buňce;
- ... vysvětlí podstatu přeměny sluneční energie v energii chemickou;
- ... uvede látky, které se na této přeměně podílejí;
- ... popíše, jak vzniká molekula ATP a molekula NADPH v primárním ději fotosyntézy, a objasní jejich funkci v sekundárním ději fotosyntézy;
- ... objasní funkci vody a oxidu uhličitého pro fotosyntetizující organismy;
- ... popíše průběh syntézy molekuly kyslíku u vyšších rostlin.

### 3.3 Dýchací řetězec

**Učivo vzhledem k RVP G**

Biochemie: lipidy, sacharidy, proteiny, enzymy, vitaminy

Obecná biologie: buňka

**Očekávané výstupy**

Žák ...

- ... rozliší mezi vnější a vnitřní respiraci;
- ... objasní funkci kyslíku pro lidský organismus;

- ... lokalizuje složky dýchacího řetězce v buňce;
- ... propojí reakce citrátového cyklu s dýchacím řetězcem;
- ... popíše strukturu mitochondrie;
- ... objasní význam redoxních koenzymů (NADH a FADH<sub>2</sub>) v metabolických drahách;
- ... rozliší (uvede rozdíl) mezi redukovanou a oxidovanou formou NADH a FADH<sub>2</sub> (nikoliv vzorcem);
- ... objasní význam vzniku elektrochemického protonového gradientu na vnitřní membráně mitochondrie a dá do souvislosti se změnami pH;
- ... rozliší mezi komplexem I a komplexem II a jejich funkcí v dýchacím řetězce;
- ... popíše význam koenzymu Q pro lidský organismus;
- ... rozliší mezi oxidovanou a redukovanou formou koenzymu Q (uvede rozdíl mezi strukturami, nikoliv vzorce);
- ... uvede reakci vzniku vody v dýchacím řetězci a popíše, ve které části dýchacího řetězce především vzniká;
- ... popíše vznik molekul ATP oxidativní fosforylací včetně energetického nároku;
- ... objasní makroergický charakter ATP;
- ... uvede význam ATP pro lidský organismus.

### 3.4 Sacharidy

**Učivo vzhledem k RVP G (Steinbaurová, 2009)**

Biochemie: sacharidy

**Očekávané výstupy (Steinbaurová, 2009)**

Žák ...

- ... popíše vznik cyklické struktury z acyklické;
- ... charakterizuje chemickou strukturu sacharidů;
- ... objasní význam a funkci sacharidů;
- ... uvede příklady výskytu sacharidů v přírodě;
- ... uvede vzorce nejdůležitějších monosacharidů;
- ... provede důkaz redukujících sacharidů;
- ... vysvětlí princip působení kyseliny sírové na organické látky.

### 3.5 Metabolismus sacharidů

**Učivo vzhledem k RVP G (Čermáková, 2012)**

Biochemie: sacharidy

Biologie člověka: soustavy látkové přeměny

**Očekávané výstupy (Čermáková, 2012)**

Žák ...

- ... popíše trávení sacharidů;
- ... charakterizuje glykolýzu;
- ... charakterizuje glukoneogenezi;
- ... popíše laktátový (Coriho) a alaninový cyklus;
- ... vysvětlí odbourávání pyruvátu za anaerobních podmínek;



- ... charakterizuje příčinu tvorby laktátu;
- ... charakterizuje citrátový cyklus;
- ... znázorní vzorce výchozích látek, meziproductů a produktů u jednotlivých cyklů (glykolýza, glukoneogeneze a citrátový cyklus);
- ... uvede a popíše jednotlivé typy onemocnění cukrovky;
- ... uvede enzymovou poruchu způsobenou nesnášenlivostí laktosy;
- ... vysvětlí význam prebiotik pro lidský organismus.

### 3.6 Enzymy, vitaminy a hormony

**Učivo vzhledem k RVP G (Kučerová, 2009)**

Biochemie: enzymy, vitaminy, hormony

Biologie člověka: soustavy regulační

**Očekávané výstupy (Kučerová, 2009)**

Žák ...

- ...popíše katalytické působení enzymu;
- ...rozliší hlavní třídy enzymů;
- ...rozliší mezi kompetitivní, nekompetitivní a kompetitivní inhibicí;
- ...charakterizuje endokrinní žlázy;
- ...určí, jaké hormony žlázy vylučují;
- ...popíše účinky hormonů;
- ...uvede příklady hypofunkce a hyperfunkce vybraných hormonů;
- ...popíše účinky vitaminů;
- ...uvede zdroje vitaminů;
- ...uvede onemocnění způsobené chybným dávkováním vitaminů;
- ...rozliší mezi vitaminy rozpustnými ve vodě a v tucích.

### 3.7 Trávení a trávicí soustava

**Učivo vzhledem k RVP G (Šarboch, 2018)**

Biochemie: lipidy, sacharidy, proteiny, enzymy, vitaminy a hormony

Biologie člověka: soustavy látkové přeměny, soustavy regulační

**Očekávané výstupy (Šarboch, 2018)**

Žák ...

- ...Objasní strukturu a funkci sloučenin nezbytných pro důležité chemické procesy probíhající v organismech;
- ... Charakterizuje základní metabolické procesy a jejich význam;
- ... 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.

### 3.8 Dýchání a dýchací řetězec

**Učivo vzhledem k RVP G** (Čermáková, 2018)

Biochemie: lipidy, sacharidy, proteiny, enzymy, vitaminy (dýchací řetězec)

Biologie člověka: soustavy látkové přeměny (dýchací soustava)

**Očekávané výstupy** (Čermáková, 2018)

Žák ...

- ...popíše, z jakých částí je složena dýchací soustava člověka;
- ...vysvětlí, na základě jakého procesu dochází k výměně dýchacích plynů v plicích sklípcích;
- ...popíše strukturu hemoglobinu;
- ...popíše, interpretuje, porovná a popř. načrtne výměnu dýchacích plynů v plicích a tkáních;
- ...popíše, interpretuje a popř. načrtne stavbu buňky a mitochondrie;
- ...popíše, interpretuje a popř. načrtne průběh dýchacího řetězce;
- ...uvede odpadní produkty metabolismu a produkty dýchacího řetězce;
- ...uvede, k čemu slouží koenzymy NADH a FADH<sub>2</sub> v dýchacím řetězci a při jakých procesech vznikají;
- ...rozliší mezi oxidovanou a redukovanou formou koenzymů NADH a FADH<sub>2</sub>;
- ...zdůvodní, proč dochází ke změnám pH v prostoru mitochondrie;
- ...zdůvodní, proč potřebují organismy kyslík a kde je spotřebováván;
- ...seřadí komplexy a přenašeče dýchacího řetězce podle vzrůstajícího redoxního potenciálu a toto seřazení odůvodní.

### 3.9 Lipidy a biologické membrány

**Učivo vzhledem k RVP G** (Josífková, 2020)

Biochemie: lipidy

Obecná biologie: buňka (biologické membrány)

**Očekávané výstupy** (Josífková, 2020)

Žák ...

- ... popíše stavbu jednoduchých a složených lipidů;
- ... vlastními slovy vysvětlí princip esterifikace;
- ... rozliší a porovná nasycené a nenasycené MK a aplikuje poznatky ve vztahu s výživou;
- ... popíše stavbu biologické membrány a objasní základní funkce jejích složek;
- ... rozliší a porovná prostou a usnadněnou difuzi;
- ... rozliší a porovná aktivní a pasivní transport přes buněčnou membránu.

### 3.10 Buněčná signalizace

**Učivo vzhledem k RVP G** (Chaloupková, 2021)

Biochemie: lipidy, hormony

Obecná biologie: buňka

Biologie člověka: soustavy regulační

**Očekávané výstupy (Chaloupková, 2021)**

Žák ...

- ... rozliší mezi endokrinní, parakrinní a nervovou signalizací;
- ... v buňce lokalizuje, kde dochází k základním typům buněčné signalizace;
- ... vlastními slovy popíše, jak a kde dochází k synapsi;
- ... na vhodném příkladu objasní, jak se elektrický signál mění na signál chemický;
- ... uvede, do jakých dvou skupin se dělí hormony v závislosti na rozdílném vstupu hormonu do buňky a uvede minimálně tři zástupce každé skupiny;
- ... posoudí, co může být výsledkem endokrinní signalizace;
- ... vypíše alespoň dva významné rozdíly mezi endokrinní signalizací lipofilního a hydrofilního hormonu.

## Příloha 4 – Fotosyntéza (kapitola z webového portálu studiumbiochemie.cz)

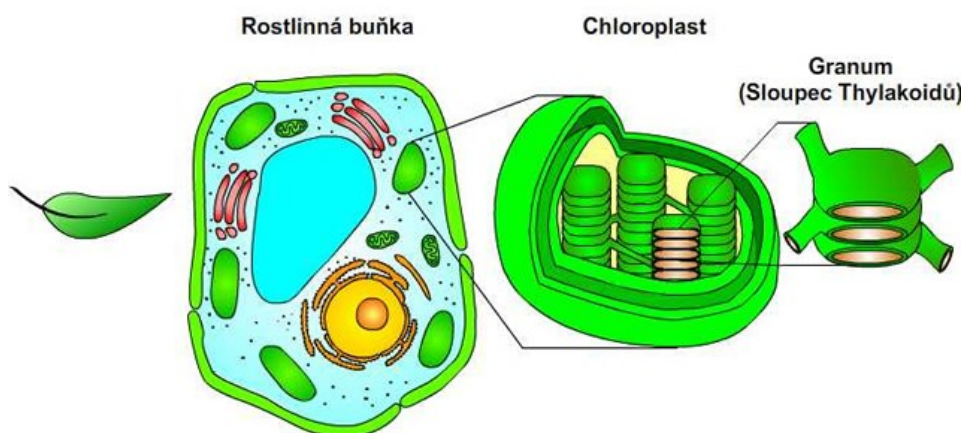
### 1. Úvod

**Fotosyntéza** je jeden z nejdůležitějších dějů v přírodě, V průběhu fotosyntézy dochází k zachycení sluneční energie (fotonů) a k následné syntéze organických látek (sacharidy, mastné kyseliny a prekurzory aminokyselin) z oxidu uhličitého a vody. Mezi organismy mající schopnost provádět fotosyntézu patří vyšší rostliny, zelené a hnědé řasy, jednobuněčné sinice, zelené a purpurové bakterie. Reakce probíhající během fotosyntézy se dají rozdělit do dvou základních dějů: **primární děj** (přenos elektronů a protonů) a **sekundární děj** (fixace uhlíku – Calvinův cyklus).

Sumární reakce fotosyntézy:  $6 \text{CO}_2 + 12 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{O}_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$

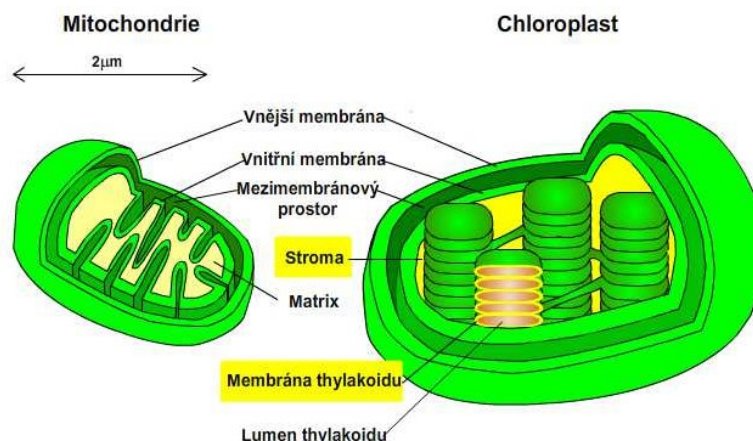
#### 1.1. Lokalizace fotosyntetických dějů v buňce, struktura chloroplastu

Celý proces fotosyntézy je u eukaryotních organismů lokalizován v chloroplastech. Uvnitř chloroplastů jsou diskovité membránové váčky zvané thylakoidy, které jsou vzájemně propojené a vytváří tzv. grana.



Obr. 1: Průřez listem. Viz též [animace](#) / [video](#) / youtube: [https://youtu.be/u6-SIU7vm\\_w](https://youtu.be/u6-SIU7vm_w).

Chloroplasty jsou orgány velmi podobné mitochondriím. Mají tři typy membrán: vnější membránu, vnitřní membránu a membránu thylakoidů. Membrány určují tři oddělené prostory: mezimembránový prostor, stroma a lumen thylakoidů. Chloroplast patří mezi semiautonomní orgány, tzn., že obsahuje svoji vlastní DNA. Primární děj fotosyntézy probíhá především v thylakoidní membráně. Sekundární děj fotosyntézy se odehrává ve stromatu chloroplastu.



Obr. 2: Složení mitochondrie a chloroplastu. Viz též [animace](#) / [video](#) / [youtube: https://youtu.be/ufZ1KjptURY](https://youtu.be/ufZ1KjptURY).

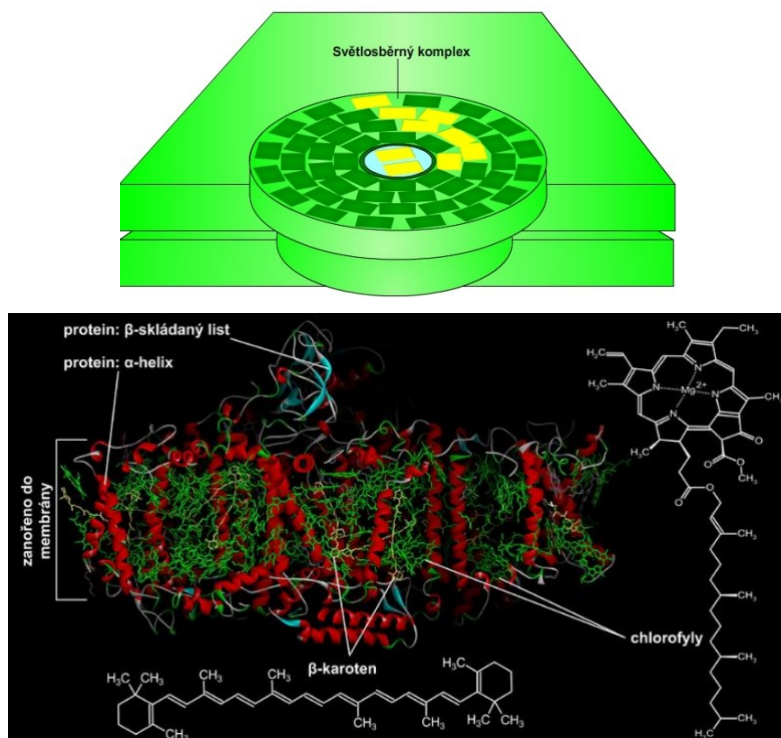
## 2. Primární fáze fotosyntézy

### 2.1. Jakou funkci mají fotosyntetické pigmenty ve fotosyntéze?

Fotosyntéza je pochod poháněný světlem (energií fotonu). Chloroplasty obsahují rostlinné pigmenty, které mají mnoho konjugovaných dvojných vazeb. Takovéto molekuly silně pohlcují viditelné světlo. Hlavní rostlinný pigment je chlorofyl. Chlorofyly lze řadit mezi cyklické tetrapyroly (porfyriny) s komplexně navázaným hořečnatým iontem. Na pyrolové jádro je vázán zbytek alkoholu fytolu ( $C_{20}$ ), který jim uděluje hydrofobní povahu (viz obr. „[Vzorec chlorofylu a, b](#)“).

Kromě chlorofylů, rostliny obsahují i jiné pigmenty (např. karoteny a xanthofyly). Karoteny (např.  $\beta$ -karoten) jsou nenasycené alifatické uhlovodíky o sumárním vzorci  $C_{40}H_x$ . Xanthofyly (např. lutein) jsou deriváty  $\beta$ -karotenu obsahující v molekule kyslíkaté zbytky (viz obr. „[Vzorec karotenu a luteinu](#)“).

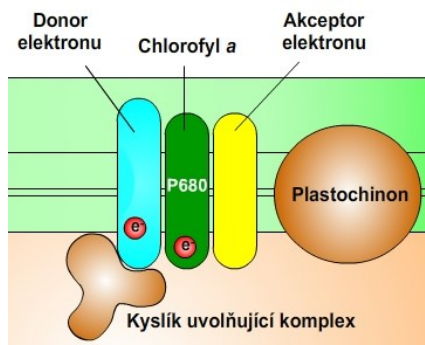
Primární fotosyntetická reakce probíhá ve fotosyntetických reakčních centrech, které jsou lokalizovány v thylakoidní membráně. Reakční centrum je součástí fotosystému I i II a obsahuje speciální pár molekul chlorofylu *a*. Pouze chlorofyl *a* v reakčním centru je schopen se oxidovat, tj. je schopen přeměnit energii pohlceného fotonu na energii chemickou. Ostatní pigmenty fungují jako světlosběrné antény, tj. předávají si energii pohlceného fotonu z jedné molekuly antenního pigmentu na druhou, až nakonec energie pohlceného fotonu dospěje do fotosyntetického reakčního centra, kde dojde k oxidaci molekuly chlorofylu *a*. Tyto světlosběrné pigmenty (chlorofyl *a* a *b*, karoteny a lutein) jsou součástí světlosběrného komplexu.



Obr. 3 a 4: Světloběrný komplex. Na obrázku níže je znázorněna struktura fotosystému I Hrachy setého (*Pisum sativum*). Zeleně jsou vyznačeny molekuly chlorofylů, žlutě molekuly  $\beta$ -karotenu (pigment patří do skupiny karotenoidů). Viz též [animace](#) / [video](#) / [youtube: https://youtu.be/tqYNNxtlLFQ](https://youtu.be/tqYNNxtlLFQ).

## 2.2. Jak molekula chlorofylu v reakčním centru zachycuje světelnou energii?

Reakční centrum fotosystému je proteinový komplex, který v sobě váže speciální pár molekul chlorofylu *a*. Chlorofyl *a* v reakčním centru PS II se označuje  $P_{680}$  podle vlnové délky maxima své absorpce. Po dopadu fotonu dojde k vyzaření elektronu, který je předán akceptoru. Vzniká kladně nabitá molekula chlorofylu, která je velmi silným oxidačním činidlem. Kladně nabitá molekula chlorofylu ihned přebírá elektron od donoru a vrací se do svého základního stavu. Donor elektronu se regeneruje elektronem vzniklým fotolýzou vody. Kyslík uvolňující komplex naváže dvě molekuly vody a usnadňuje vznik kyslíku tím, že postupně odjímá elektrony a protony. Protony se uvolňují do lumen thylakoidu. Elektron z akceptoru (= feofytin) je přenášen na plastochinon. Aby vznikla jedna molekula kyslíku, musí se oxidovat dvě molekuly vody tak, že se jim odeberou čtyři elektrony. Kyslík se uvolní až v posledním kroku. Kyslík se uvolňuje do ovzduší.



Obr. 5: Reakční centrum fotosystému II. Viz též [animace](#) / [video](#) / [youtube: https://youtu.be/Yh2fzlwYog8](https://youtu.be/Yh2fzlwYog8).

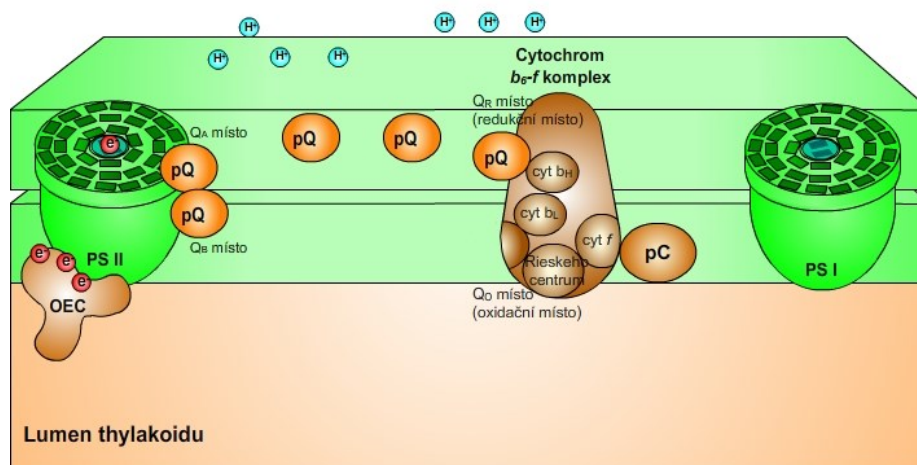
### 2.3. Jak se elektron z reakčního centra fotosystému II přeneše na NADP-reduktasu?

Oxygenní fotosyntéza probíhá na třech komplexech (cytochrom  $b_6-f$  komplex, PS I and II), které prostupují thylakoidní membránou. Mezi těmito komplexy přenášejí elektrony pohyblivé přenašeče: **plastochinony** (pQ) a **plastocyanin** (pC).

Elektron z feofytinu je přenášen na molekulu plastochinonu (pQ), která je pevně vázána na PS II v  $Q_A$  místě. Plastochinon v  $Q_A$  místě se chová jako jednoelektronový akceptor. Elektron je přenášen na další molekulu pQ, která je slabě vázána na PS II v  $Q_B$  místě. Plastochinon v  $Q_B$  místě se chová jako dvouelektronový akceptor. Úplná redukce pQ na plastochinol ( $pQH_2$ ) vyžaduje vazbu dvou elektronů a dvou protonů. Zredukováná molekula  $pQH_2$  se uvolní z PS II a pohybuje se thylakoidní membránou až do oxidačního místa ( $Q_O$  místo) cytochrom  $b_6-f$  komplexu. Jiná molekula oxidovaného pQ se váže do  $Q_B$  místa PS II, proces se opakuje. Molekula  $pQH_2$  v  $Q_O$  místě je oxidována cytochrom  $b_6-f$  komplexem. Jeden z elektronů přechází na Rieskeho centrum ( $Fe_2S_2$ ), druhý elektron přechází na cytochrom  $b_L$ . Elektron z Rieskeho centra přechází na cytochrom  $f$ , z něhož přechází na malý protein zvaný plastocyanin (pC). Plastocyanin (pC) předává elektrony z cytochromu  $f$  na fotosystém I (PS I). Elektron z cytochromu  $b_L$  je přenesen na cytochrom  $b_H$  a následně na jinou oxidovanou molekulu pQ, která je vázána v redukčním místě ( $Q_R$  místo). Oxidovaná molekula pQ je uvolněna z  $Q_O$  místa a je nahrazena redukovanou molekulou  $pQH_2$ . Další molekula oxidovaného pQ se váže do  $Q_B$  místa PS II. Redukovaná molekula  $pQH_2$  je oxidována cytochrom  $b_6-f$  komplexem v oxidačním místě ( $Q_O$  místo).  $pQH_2$  je následně uvolněna z  $Q_R$  místa a váže se do  $Q_O$  místa. Jiná molekula oxidovaného pQ se váže do redukčního místa ( $Q_R$  místo). Procesy se opakují. Při tomto přenosu se na jeden elektron, který projde cytochrom  $b_6-f$  komplexem, zároveň přenesou dva protony ze stromatu do lumen thylakoidu. Tento mechanismus se nazývá "**Q-cyklus**".

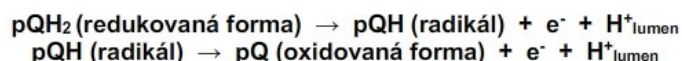
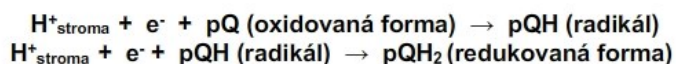
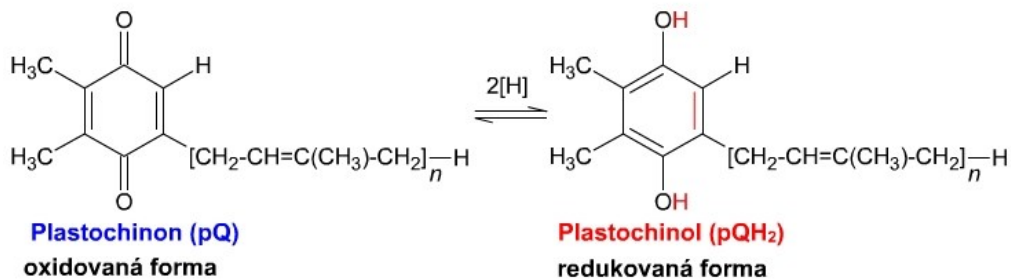
Protony a elektrony jsou přenášeny skrze oxidačně-redukční smyčku zvanou Q-cyklus.

#### Od plastochinonu k plastocyaninu



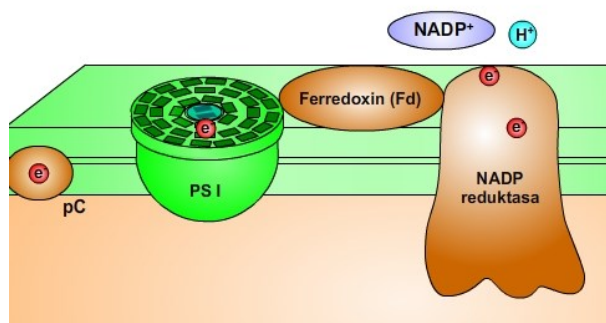
pQ = plastochinon;  $pQH_2$  = plastochinol; pQH = semichinon, radikálová forma  
cyt = cytochrom; OEC = Kyslík uvolňující komplex; pC = plastocyanin; PS = fotosystém

Obr. 6: Od plastochinonu k plastocyaninu - přenos elektronů mezi PS II a PS I.  
Od plastochinonu k plastocyaninu: Viz též animace / [video](https://youtu.be/zC6_Y0kO-hk) / youtube: [https://youtu.be/zC6\\_Y0kO-hk](https://youtu.be/zC6_Y0kO-hk).



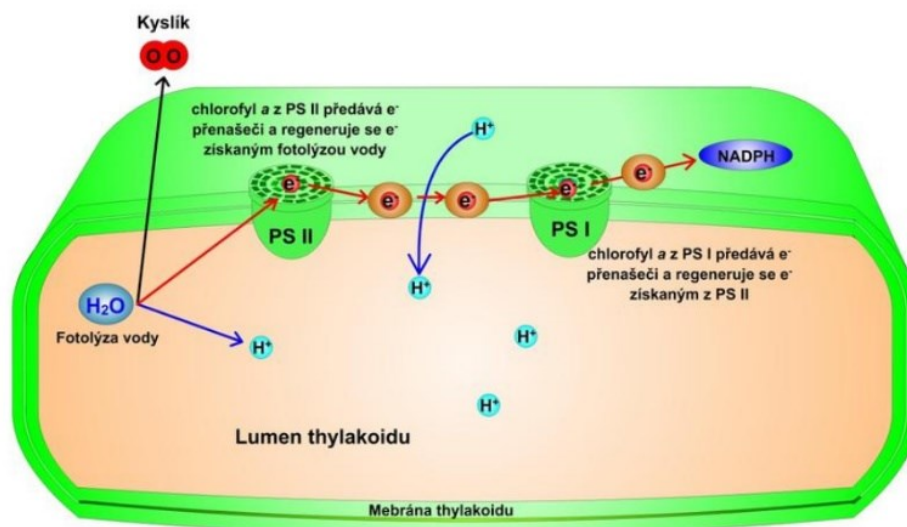
Obr. 7: Q-cyklus.

Fotony v PS I pohlcuje molekula chlorofylu *a* s absorpčním maximem při vlnové délce 700 nm (P700). Uvolněná energie je využita pro excitaci elektronu z molekuly chlorofylu *a*. Excitovaný elektron přebírá akceptor fotosystému I, ze kterého přechází na ferredoxin (Fd). Oxidovaná molekula chlorofylu přijímá elektron z plastocyaninu (pC). Plastocyanin přebírá elektron z cytochrom *b<sub>6</sub>-f* komplexu a vrací se do svého původního stavu. Elektron z ferredoxinu přechází na enzym zvaný NADP-reduktasa, kde dochází k redukci koenzymu NADP<sup>+</sup> na NADPH



Obr. 8: Fotosystém I a NADP-reduktasa. Viz též animace / [video](https://youtu.be/nqCqKeGL7dQ) / youtube: <https://youtu.be/nqCqKeGL7dQ>.

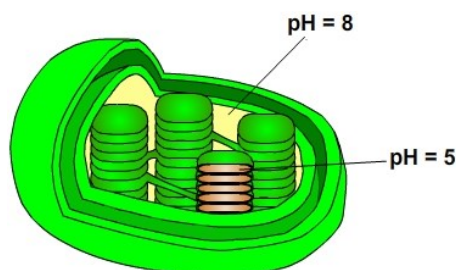




Obr. 9: Zjednodušené schéma přenosu elektronu na NADPH.

## 2.4. Jak se tvoří ATP?

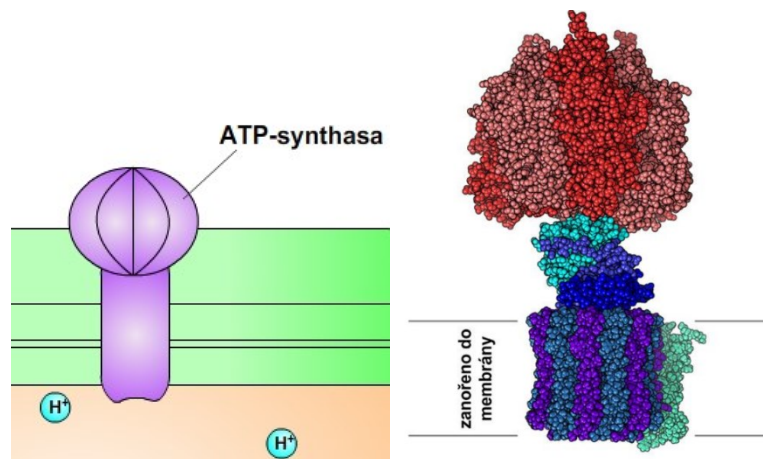
V průběhu fotosyntézy se vytváří elektrochemický protonový gradient. Prvním procesem, který přispívá ke vzniku protonového gradientu, je fotolýza vody. Druhým procesem, který přispívá ke vzniku protonového gradientu, je přenos protonů ze stromatu do lumen prostřednictvím plastochinonu (na každý přenesený elektron jsou přeneseny přibližně 2 protony). Třetím procesem, který přispívá ke vzniku protonového gradientu, je redukce NADP<sup>+</sup> na NADPH. Při této reakci jsou spotřebovány dva protony. Tyto tři procesy vytvářejí elektrochemický protonový gradient (koncentrace protonů je v lumen daleko vyšší než ve stromatu). Vyšší koncentrace protonů má za následek nižší hodnotu pH ( $\text{pH}_{\text{lumen}} = 5$ ,  $\text{pH}_{\text{stroma}} = 8$ ).



$$\text{pH} = -\log_{10}(c_{\text{H}_3\text{O}^+})$$

Obr. 10: pH rozdíly. Viz též animace / [video](https://youtu.be/42c3ghikzNE) / youtube: <https://youtu.be/42c3ghikzNE>.

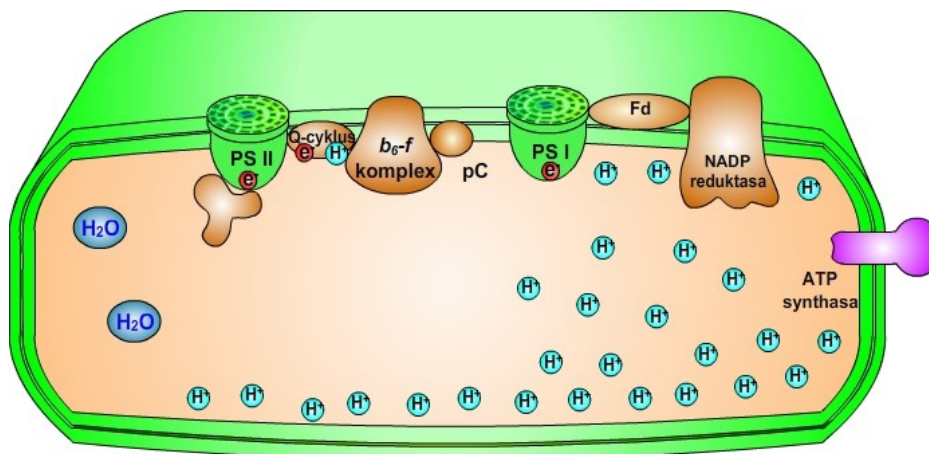
Energie uložená v rozdílu koncentrací protonů na obou stranách membrány se využívá k syntéze ATP (adenosintrifosfát) prostřednictvím ATP-synthasy. Při přechodu protonů zpět do stromatu vzniká energie, která pohání syntézu ATP (adenosintrifosfát) z ADP (adenosindifosfát) a anorganického fosfátu P. Tato syntéza ATP se nazývá **fotofosforylace**. Předpokládá se, že na vznik jedné molekuly ATP je zapotřebí zpětného přenosu čtyř protonů v závislosti na velikosti protonového gradientu. ATP přechází do Calvinova cyklu, kde se zpět rozkládá na ADP a anorganický fosfát, přičemž se uvolňuje energie.



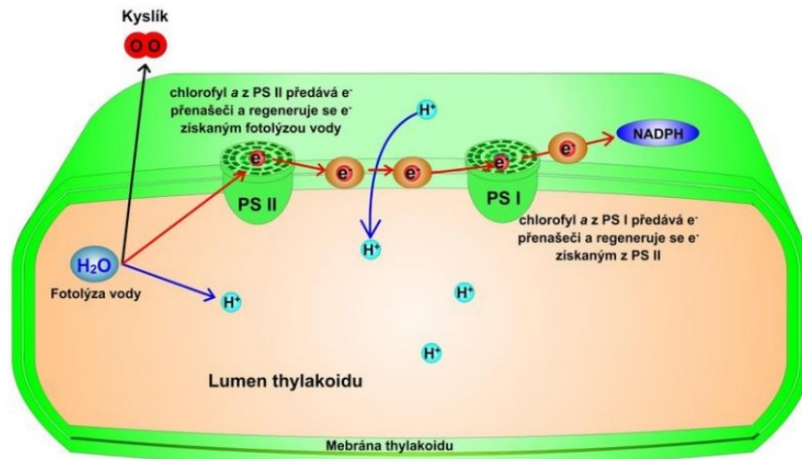
Obr. 11 a 12: ATP-synthasa. Na obrázku vpravo je struktura ATP synthasy (Zdroj Wikimedia Commons, autor Alex.X - enWiki (PDB.org for coordinate), CC BY-SA 3.0). Viz též animace / [video](#) / youtube: [https://youtu.be/lzEW\\_k9\\_BZ0](https://youtu.be/lzEW_k9_BZ0).

## 2.5. Primární děj fotosyntézy – schéma

U rostlin dochází k fotochemickým reakcím ve dvou reakčních center patřících PS I a PS II, která pracují v sérii. Z excitovaného PS II se vymrští elektron, který prochází řadou přenašečů až na PS I. Elektron, který se vymrští z excitovaného PS I, přechází na ferredoxin. Posléze redukuje  $\text{NADP}^+$  na NADPH. Energie uložená v rozdílu koncentrací protonů na obou stranách membrány se využívá k syntéze ATP prostřednictvím ATP-synthasy. PS II obsahuje kyslík uvolňující komplex, který oxiduje  $2\text{H}_2\text{O}$  na  $4\text{H}^+$  a kyslík, který se uvolní až po odebrání všech čtyř elektronů. Produkty (NADPH a ATP) přecházejí do Calvinova cyklu, kyslík se uvolňuje do ovzduší.



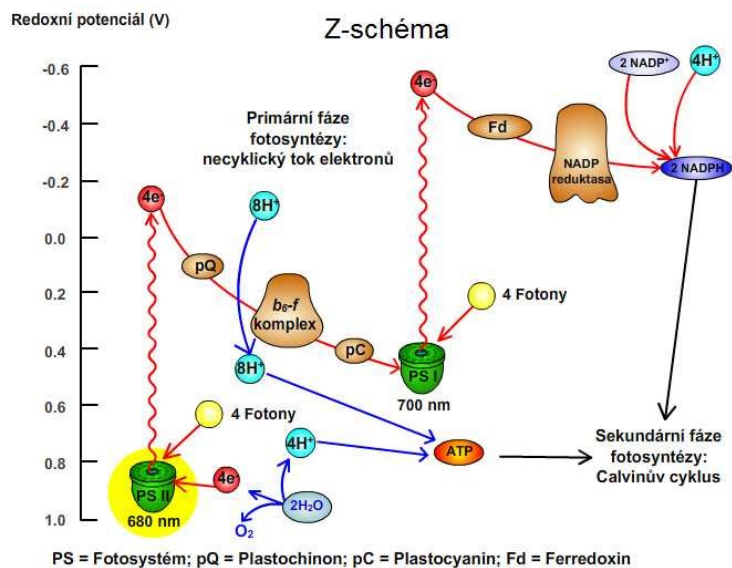
Obr. 13: Primární fáze fotosyntézy (PS- fotosystém, Fd - ferredoxin, pC - plastocyanin). Viz též animace / [video](#) / youtube: <https://youtu.be/IDp3zRBP5PM>.



Obr. 14: Zjednodušené schéma přenosu elektronu na NADPH.

## 2.6. Jak se mění redoxní potenciál v závislosti na průběhu fotosyntézy?

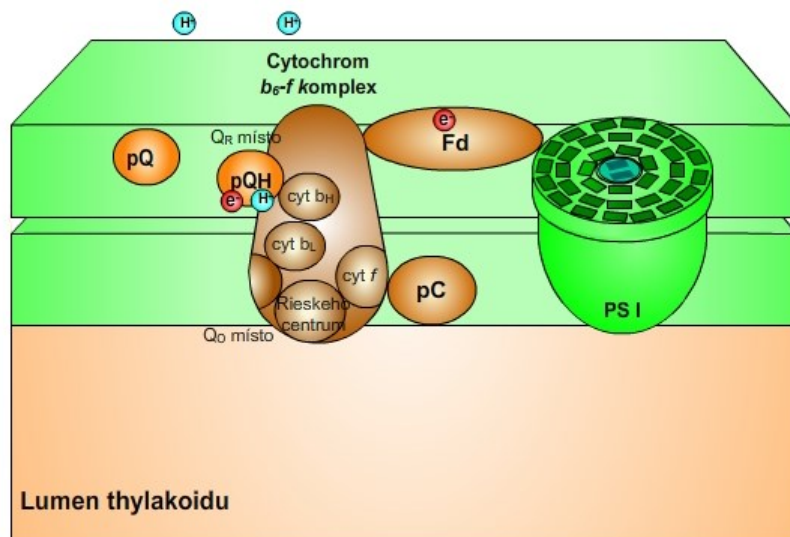
PS II vytváří silné oxidační činidlo (schopné oxidovat  $\text{H}_2\text{O}$ ) a současně slabé redukční činidlo (není schopno redukovat  $\text{NADP}^+$ ). PS I vytváří slabé oxidační činidlo (není schopné oxidovat vodu) a současně silné redukční činidlo, které je již schopno redukovat  $\text{NADP}^+$ . Slabé redukční činidlo (PS II) je schopno redukovat slabé oxidační činidlo (PS I). Aby se mohl uskutečnit fotosyntetický přenos elektronů z  $\text{H}_2\text{O}$  na  $\text{NADP}^+$ , musí fungovat společně oba fotosystémy.



PS = Fotosystém; pQ = Plastochinon; pC = Plastocyanin; Fd = Ferredoxin  
 Obr. 15: Schéma redoxních potenciálů. Viz též animace / [video](https://youtu.be/0kRDE7er0Qw) / youtube: <https://youtu.be/0kRDE7er0Qw>.

## 2.7. Cyklický tok elektronů

Elektron z ferredoxinu se může vrátit na plastochinon do  $\text{Q}_R$  místa. Tím se uskuteční cyklický přenos elektronů mezi PS I a cytochrom  $b_6-f$  komplexem. Cyklický tok elektronů má za následek zvýšení protonového gradientu, což může vést k vyšší tvorbě ATP. NADPH při cyklickém toku nevzniká, neboť elektrony, které jsou nutné k redukci  $\text{NADP}^+$  na NADPH, se vracejí zpět na cytochrom  $b_6-f$  komplex.



pQ = plastochinon; pQH<sub>2</sub> = plastochinol; pQH = semichinon, radikálová forma  
 cyt = cytochrom; Fd = ferredoxin; pC = plastocyanin; PS = fotosystém

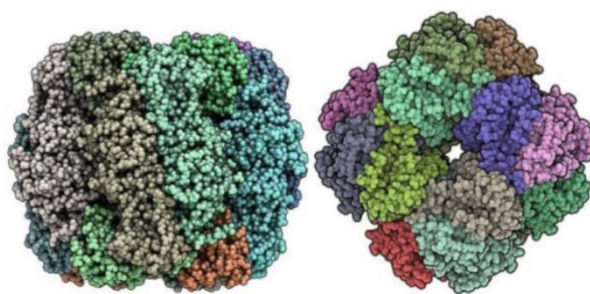
Obr. 16: Cyklický tok elektrónů. Viz též [animace](#) / [video](#) / youtube: <https://youtu.be/i3WeOw-6ziE>.

### 3. Sekundární fáze fotosyntézy

#### 3.1. K čemu dochází v Calvinově cyklu a kde reakce Calvinova cyklu probíhají?

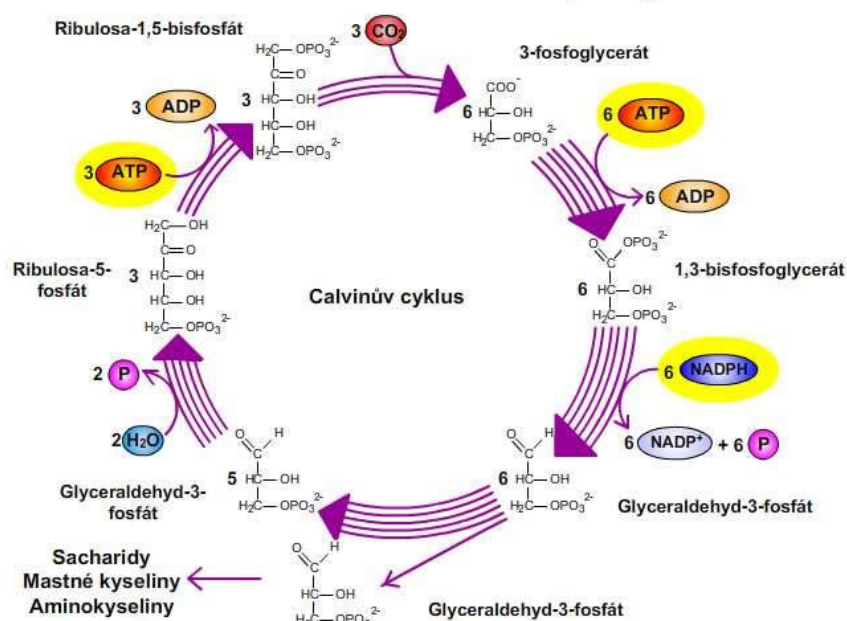
Produkty primárního děje fotosyntézy (molekuly ATP a NADPH) vstupují do sekundárního děje fotosyntézy, do tzv. Calvinova cyklu. NADPH zde působí jako redukční činidlo, ATP jako makroergická sloučenina, která svým rozkladem dodává energii endergonickým procesům. V Calvinově cyklu se anorganický uhlík (vázaný v molekule oxidu uhličitého) mění na uhlík organický. Akceptorem oxidu uhličitého je ribulosa-1,5-bisfosfát, enzym katalyzující tuto reakci se nazývá *ribulosabisfosfátkarboxylasa (RuBisCO)*. V Calvinově cyklu vzniká glyceraldehyd-3-fosfát, který se metabolickými drahami přeměňuje na sacharidy a jiné organické látky.

Model enzymu Rubisco:



Obr. 17: Struktura enzymu RuBisCO (pohled z dvou různých úhlů). Enzym je složen celkem z 16 podjednotek (polypeptidových řetězců), které jsou na obrázku barevně vyznačeny. Autor doc. RNDr. Václav Martínek, Ph.D.

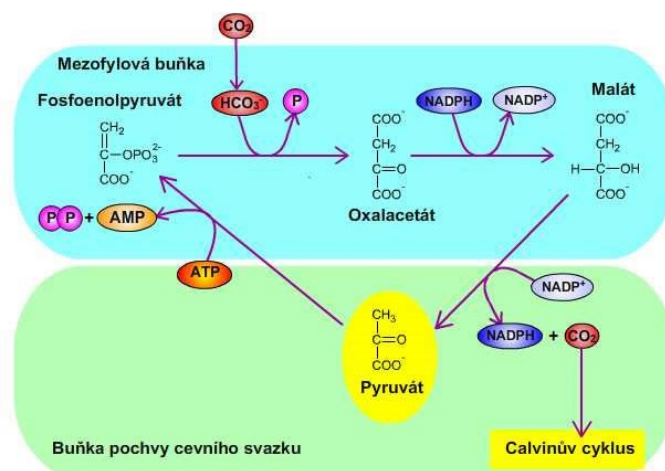
## Sekundární fáze fotosyntézy



Obr. 18: Calvinův cyklus. Viz též [animace](#) / [video](#) / youtube: [https://youtu.be/JD\\_7QeQErbc](https://youtu.be/JD_7QeQErbc).

### 3.2. Fotorespirace a C4 rostliny

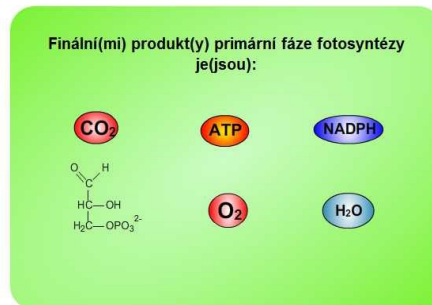
Rostliny nemusí kyslík pouze produkovat, ale mohou ho (vedle mitochondriálního dýchání) vázat místo  $\text{CO}_2$ . Jedná se o tzv. **fotorespiraci**, která omezuje rychlost rostlin. Některé druhy rostlin koncentrují  $\text{CO}_2$  ve fotosyntetizujících buňkách, čímž se omezí ztráty vzniklé fotorespirací. Jedná se o tzv. C4 rostliny. Mezi tyto rostliny patří tropické rostliny (např. třtina cukrová či kukuřice). C4-rostliny obsahují 2 typy buněk: mezofylové buňky (fixace  $\text{CO}_2$ ) a buňky pochvy cévního svazku (uvolnění  $\text{CO}_2$  do Calvinova cyklu). V chloroplastech mezofylových buněk chybí Rubisco. Tyto buňky přeměňují  $\text{CO}_2$  na  $\text{HCO}_3^-$ , který reaguje s fosfoenolpyruvátem za vzniku oxalacetátu. Oxalacetát je redukován na malát, který přechází do buněk cévního svazku, kde se dekarboxyluje na pyruvát. Vzniklý  $\text{CO}_2$  vstupuje do Calvinova cyklu. Oxalacetát a malát jsou čtyřuhlíkaté kyseliny, proto označení C4 rostliny. Fotosyntéza u C4 rostlin je energeticky více náročná než u C3 rostlin, avšak tímto mechanismem úplně potlačí fotorespiraci.



Obr. 19: C4 rostliny. Viz též [animace](#) / [video](#) / youtube: <https://youtu.be/LOxqFU97JUw>.

## 4. Kvíz - fotosyntéza

Kvíz



Obr. 20: Kvíz: [video / https://youtu.be/WiXxFEbhSpM](https://youtu.be/WiXxFEbhSpM)

## 5. Seznam zkratek

	Adenosindifosfát		Fotosystém
	Adenosinmonofosfát		PS
	Adenosintrifosfát		Plastocyanin
	Ferredoxin		Plastochinon
	Anorganický fosfát (P <sub>i</sub> )		Radikální forma pQ
	Molekula chlorofylu a v reakčním centru PS II (P680) a PS I (P700)		Plastochinol
	Nikotinamidadenin dinukleotidfosfát		
	NADP <sup>+</sup> je oxidovaná forma NADPH		
	Kyslík uvolňující komplex (oxygen-evolving complex)		

Obr. 21: Seznam zkratek.

## 6. Použitá literatura

1. Alberts, B., Bray, D., Hopkin, K., Johnson, A., Lewis, N., Raff, M., Roberts, K. & Walter, P. (1998). *Essential Cell Biology: An Introduction to Molecular Biology of the Cell*. Garland Publishing, Inc.: New York, pp 840–855.
2. Raghavendra, A. S. (2000). *Photosynthesis: A Comprehensive Treatise*. Cambridge University Press: United Kingdom, pp 87–104.
3. Heldt, H. W. & Piechulla, B. (2011). *Plant Biochemistry*, 4th ed.; Elsevier: United States of America, pp 65–109.
4. Voet, D. J. & Voet, J. G. (2011). *Biochemistry*, 4th ed.; John Wiley & Sons, Inc.: United States of America, pp 901–939.

## Příloha 5 – Dýchací řetězec (kapitola z webového portálu studiumbiochemie.cz)

### 1. Úvod

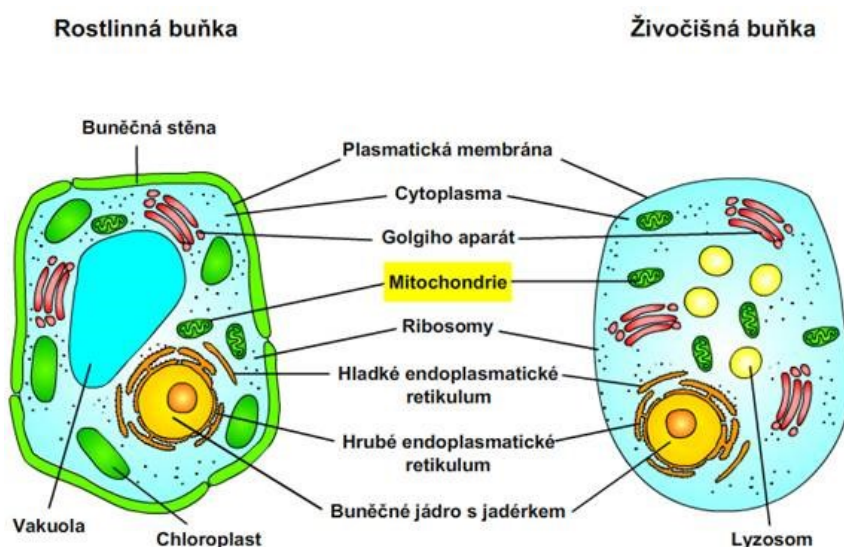
Dýchání (respiraci) můžeme rozdělit na dvě rozdílné součásti jednoho procesu:

- Vnější respirace. Kyslík je přenášen oběhovým systémem (srdce a krevní cévy) ke každé buňce organismu. Pokud by k tomu nedocházelo, tkáně by se nenapravitelně poškodily již během několika minut. Vnější respirace umožňuje vnitřní respiraci.
- Vnitřní respirace (buněčné dýchání). Jedná se o soubor reakcí, které ukončují energetické odbourávání sacharidů, lipidů a bílkovin za účelem zisku energie s využitím kyslíku. Na konci jsou produkty s nejnižším obsahem energie ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ), tedy v oxidované formě. Proces probíhá v eukaryotních buňkách.

Sumární reakce dýchacího řetězce:  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{O}_2 + 6 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 6 \text{CO}_2 + 12 \text{H}_2\text{O}$

### 2. Eukaryotní buňka

Eukaryotní buňky jsou dvojího typu: rostlinné a živočišné. Dýchací řetězec (transport elektronů skrze komplexy dýchacího řetězce a oxidační fosforylace) je u eukaryotních organismů lokalizován v **mitochondriích**.

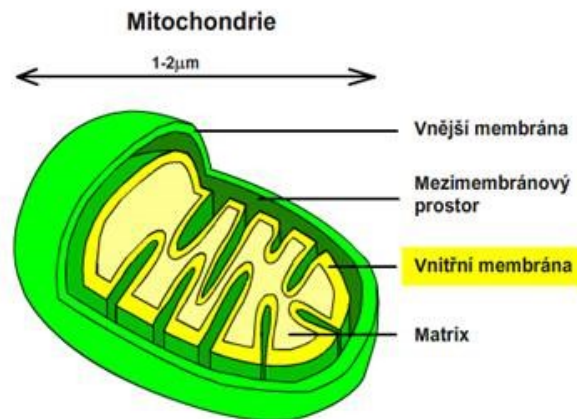


Obr. 1: Složení rostlinné a živočišné eukaryotní buňky. Viz též animace / [video](https://youtu.be/55yqWOrav5o) / youtube: <https://youtu.be/55yqWOrav5o>.

#### 2.1. Složení mitochondrie

Mitochondrie jsou elipsoidní organely s vlastním genetickým aparátem. Obsahují dva typy membrán: vnější a vnitřní. Vnější membrána obsahuje protein porin, který umožňuje volnou difuzi. Vnitřní membrána je volně propustnou pouze pro  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$  a  $\text{H}_2\text{O}$ . Vnitřní membrána obsahuje transportní proteiny, které regulují průchod iontů, metabolitů a nízkomolekulárních sloučenin. Membrány určují dva oddělené prostory: mezimembránový prostor a matrix (gelovitou hmotu s obsahem vody menším než 50 %). Proteiny podílející se na transportu

elektronů (z **NADH** a **FADH<sub>2</sub>**) a oxidační fosforylaci (syntéze ATP) jsou vázání k vnitřní mitochondriální membráně.

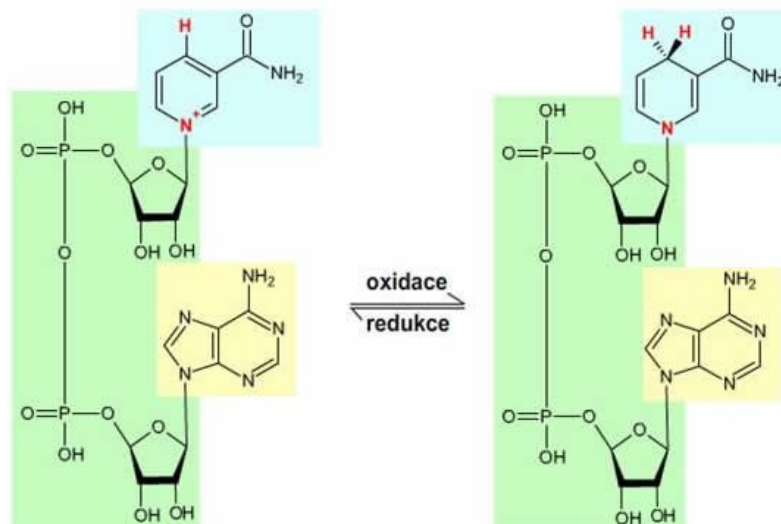


Obr. 2: Složení mitochondrie. Viz též animace / [video](https://youtu.be/ZHNN_zsaU7M) / youtube: [https://youtu.be/ZHNN\\_zsaU7M](https://youtu.be/ZHNN_zsaU7M).

### 3. Úvod do dýchacího řetězce a koenzymy NADH a FADH<sub>2</sub>

Dýchací řetězec je souborem reakcí, které ukončují energetické odbourávání sacharidů, lipidů a bílkovin. Během tohoto odbourávání dochází ke vzniku redukovaných koenzymů - NADH a FADH<sub>2</sub>.

**NADH** (nikotinamidadenindinukleotid) se v dýchacím řetězci zpět oxiduje na NAD<sup>+</sup> dle reakce: **NADH + H<sup>+</sup> → NAD<sup>+</sup> + 2 H<sup>+</sup> + 2 e<sup>-</sup>**.

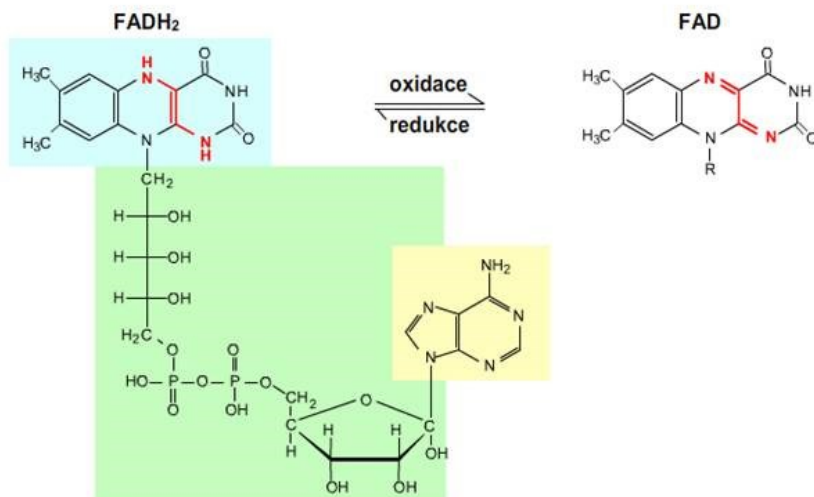


Obr. 3: Nikotinamidadenindinukleotidfosfát v oxidované (nalevo) a redukované podobě (napravo).

**FADH<sub>2</sub>** (flavinadenindinukleotid) se v dýchacím řetězci zpět oxiduje na FAD dle reakce:







Obr. 4: Flavinadeninukleotid.

Elektrony z redukovaných koenzymů jsou přenášeny po sérii akceptorů uspořádaných v dýchacím řetězci na elementární kyslík za vzniku vody. Protony z redukovaných koenzymů a z matrix mitochondrie jsou přenášeny do mezimembránového prostoru. Protony přecházejí zpět z mezimembránového prostoru do matrix. Při tomto přenosu dochází ke vzniku **ATP** (viz animace [pH rozdíly](#) a [Syntéza ATP](#)).

Viz též animace / [video](#) / youtube: [https://youtu.be/68VRa\\_bS-FU](https://youtu.be/68VRa_bS-FU).

## 4. Komplexy dýchacího řetězce a syntéza ATP

### 4.1. Komplex I

Komplex I (neboli NADH-ubichinonoxidoreduktasa) přenáší elektrony z **NADH** na koenzym Q (CoQ, ubichinon), který tím redukuje na ubichinol (CoQH<sub>2</sub>). Oxidace NADH je výrazně exergonickou reakcí (NADH je redukční činidlo):



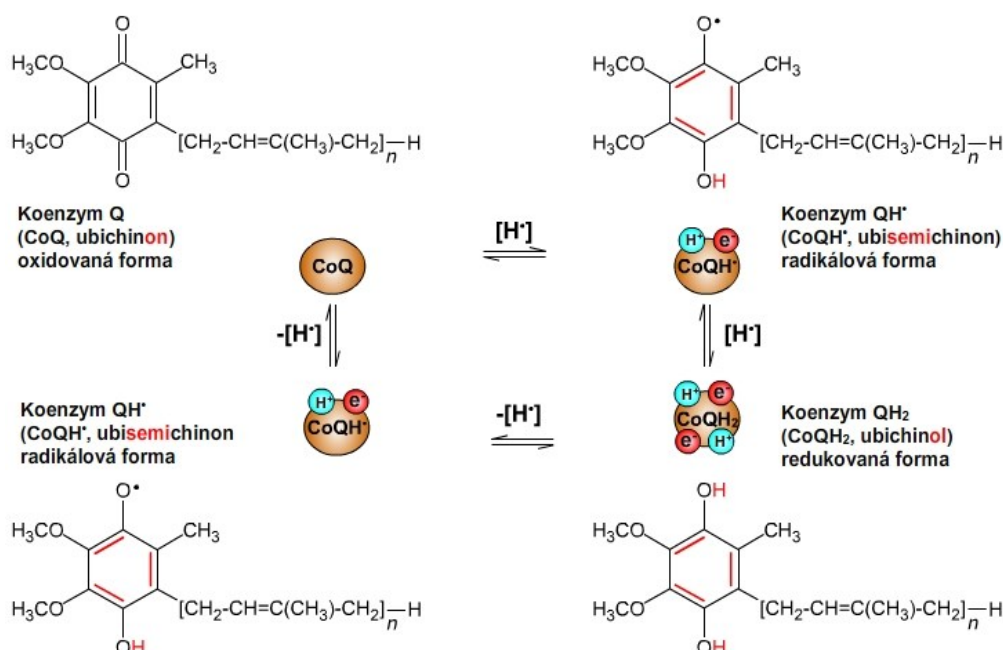
Komplex I obsahuje flavinmononukleotid (**FMN**) a dále **Fe-S klastry**, které se zúčastňují přenosu elektronů z NADH na CoQ. Fe-S klastry obsahují ionty železa, které mění své oxidační stavy:



**Transport elektronů skrze komplex I:** Dva elektrony a proton z NADH přechází na FMN za vzniku FMNH<sup>-</sup> a NAD<sup>+</sup>. Elektrony z FMNH<sup>-</sup> (po jednom) přecházejí na CoQ, který je postupně redukován na ubisemichinon CoQH<sup>•</sup> (radikál) a poté až na CoQH<sub>2</sub> (ubichinol). Při navázání elektronu na CoQ dochází zároveň k navázání protonu H<sup>+</sup> z matrix. Během přenosu elektronů z NADH na CoQ skrze komplex I dochází k přenosu čtyř H<sup>+</sup> z matrix do mezimembránového systému. Redukovaný ubichinol (CoQH<sub>2</sub>) je uvolněn z komplexu I a je nahrazen další molekulou oxidovaného ubichinonu (CoQ).

**Oxidační stavy koenzymu Q** (viz obr. 5):

- $\text{CoQ} + \text{H}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{CoQH}^\bullet$  (vznik ubisemichinonu - radikál);  
 $\text{CoQH}^\bullet + \text{H}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{CoQH}_2$  (vznik ubichinolu - redukována forma);  
 $\text{CoQH}_2 \rightarrow \text{CoQH}^\bullet + \text{H}^+ + \text{e}^-$  (vznik ubisemichinonu - radikál);  
 $\text{CoQH}^\bullet \rightarrow \text{CoQ} + \text{H}^+ + \text{e}^-$  (vznik ubichinonu - oxidovaná forma).



Obr. 5: Formy koenzymu Q. Komplex I Viz též animace / [video](https://youtu.be/uQ6Rn-SVowA) / youtube: <https://youtu.be/uQ6Rn-SVowA>.

## 4.2. Komplex II

Komplex II (neboli sukcinát-ubichinonoxidoreduktasa) přenáší elektrony ze **sukcinátu** na **koenzym Q** (CoQ, ubichinon), který tím redukuje na ubichinol (CoQH<sub>2</sub>). Sukcinát se oxiduje na fumarát za vzniku redukovaného koenzymu FADH<sub>2</sub>. Jedná se o reakci, která je součástí citrátového cyklu.

Komplex II obsahuje **cytochrom b** (cyt *b*) a **Fe-S klastry**, které se zúčastňují přenosu elektronů z FADH<sub>2</sub> na CoQ. Fe-S klastry i cyt *b* obsahují ionty železa, které mění své oxidační stavy:

- $\text{Fe}^{3+} + \text{e}^- \rightarrow \text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+} + \text{e}^-$ .

**Transport elektronů skrze komplex II:** Elektrony (vždy po jednom) přecházejí z FADH<sub>2</sub> na koenzym Q. Oxidace FADH<sub>2</sub> je exergonickou reakcí (FADH<sub>2</sub> je redukční činidlo):

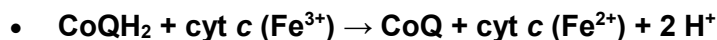
- $\text{FADH}_2 + \text{CoQ} \rightarrow \text{FAD} + \text{CoQH}_2$

CoQ je postupně redukván na ubisemichinon CoQH<sup>•</sup> (radikál) a v následujícím kroku na CoQH<sub>2</sub> (ubichinol). Redukovaný ubichinol (CoQH<sub>2</sub>) je uvolněn z komplexu I a je nahrazen další molekulou oxidovaného ubichinonu (CoQ).

Komplex II Viz též animace / [video](https://youtu.be/qjmmZn1bXXU) / youtube: <https://youtu.be/qjmmZn1bXXU>.

### 4.3. Komplex III

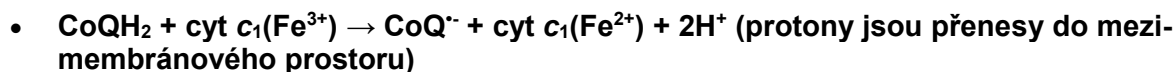
Komplex III (neboli ubichinol-cytochrom-c-oxidoreduktasa) přenáší elektrony z redukovaného koenzymu Q (ubichinolu, CoQH<sub>2</sub>) na cytochrom c :



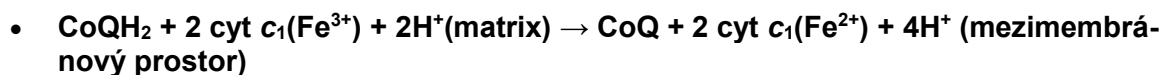
Komplex III obsahuje **cytochrom b** (cyt b), který váže dva hemy (*b<sub>H</sub>* a *b<sub>L</sub>*), **cytochrom c<sub>1</sub>** (cyt c<sub>1</sub>) a **Rieskeho Fe-S protein** (ISP). Cytochromy a Rieskeho Fe-S protein obsahují ionty železa, které mění své oxidační stavy:



**Transport elektronů skrze komplex III:** Mechanismus, kterým komplex III přebírá elektrony od CoQH<sub>2</sub> se nazývá **Q-cyklus**, během kterého dochází k pumpování H<sup>+</sup> z matrix do mezimembránového protonu. Jedním z meziproductů Q-cyklu je stabilní **CoQ<sup>•-</sup> semichinon** (anion, radikál). Komplex III obsahuje dvě vazebná místa: **Q<sub>o</sub>**, který váže CoQH<sub>2</sub>, a **Q<sub>i</sub>**, který váže CoQ<sup>•-</sup> a CoQ. CoQH<sub>2</sub> (produkt komplexu I nebo II) se váže do Q<sub>o</sub> místa. Jeden z elektronů je přenesen přes ISP na cyt c<sub>1</sub> (a posléze až na cyt c), přičemž se uvolní dva protony do mezimembránového prostoru. Vzniká CoQ<sup>•-</sup>. Druhý elektron přechází na hem *b<sub>L</sub>*, který posléze redukuje hem *b<sub>H</sub>*. Vzniklý CoQ je uvolněn z Q<sub>o</sub> místa a váže se do Q<sub>i</sub> místa. Elektron z hemu *b<sub>H</sub>* přechází zpět na CoQ za opětovného vzniku CoQ<sup>•-</sup>:



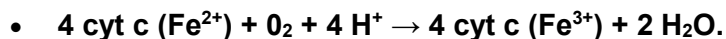
Jiná molekula CoQH<sub>2</sub> se váže do Q<sub>o</sub> místa - děje se opakují. Další elektron z hemu *b<sub>H</sub>* redukuje CoQ<sup>•-</sup> za současného navázání dvou protonů z matrix mitochondrie. Vzniká CoQH<sub>2</sub>. Na každé dvě CoQH<sub>2</sub>, které vstupují do Q-cyklu se jedna molekula CoQH<sub>2</sub> regeneruje. Výsledkem je sumární reakce:



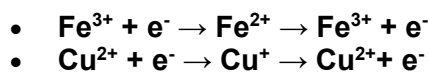
Komplex III Viz též animace / [video](https://youtu.be/AWCkKTIItSY) / youtube: <https://youtu.be/AWCkKTIItSY>.

### 4.4. Komplex IV

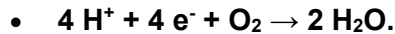
Komplex IV (neboli cytochrom-c-oxidasa) katalyzuje oxidaci čtyř po sobě redukovaných molekul cytochromu c (cyt c) za současné redukce molekuly O<sub>2</sub>. Produktem je voda:



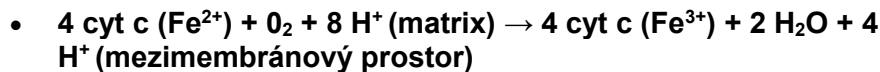
Komplex IV obsahuje **Cu<sub>A</sub> centrum**, **cytochrom a** (cyt a) a binukleární komplex **cytochromu a<sub>3</sub>** (cyt a<sub>3</sub>) a **Cu<sub>B</sub> centra**. Cytochromy a Cu centra obsahují ionty železa a mědi, které mění své oxidační stavy:



**Transport elektronů skrze komplex IV:** Molekula  $O_2$  se váže do binukleárního centra. Cyt c slouží jako pohyblivý přenašeč elektronů z komplexu III na komplex IV. Elektrony jsou přenášeny z cyt c přes  $Cu_A$  centrum, cyt a a binukleární komplex cyt  $a_3$  a  $Cu_B$  centra až na kyslík. Molekula kyslíku je postupně redukována na  $O^{2-}$  ionty, které s protony z matrix reagují za vzniku dvou molekul vody:



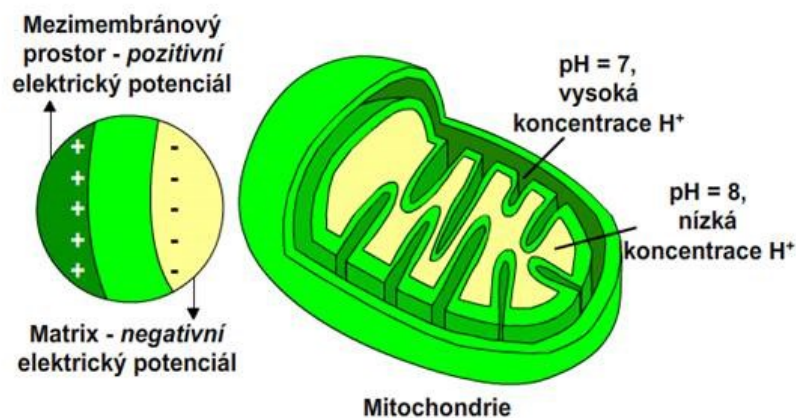
Na úplnou redukci jedné molekuly kyslíku na dvě molekuly vody je zapotřebí čtyř elektronů a čtyř protonů. Během přenosu čtyř elektronů skrze komplex IV dochází k přenosu čtyř protonů z matrix do mezimembránového prostoru:



Komplex IV Viz též animace / [video](https://youtu.be/0OVxGYofkqo) / youtube: <https://youtu.be/0OVxGYofkqo>.

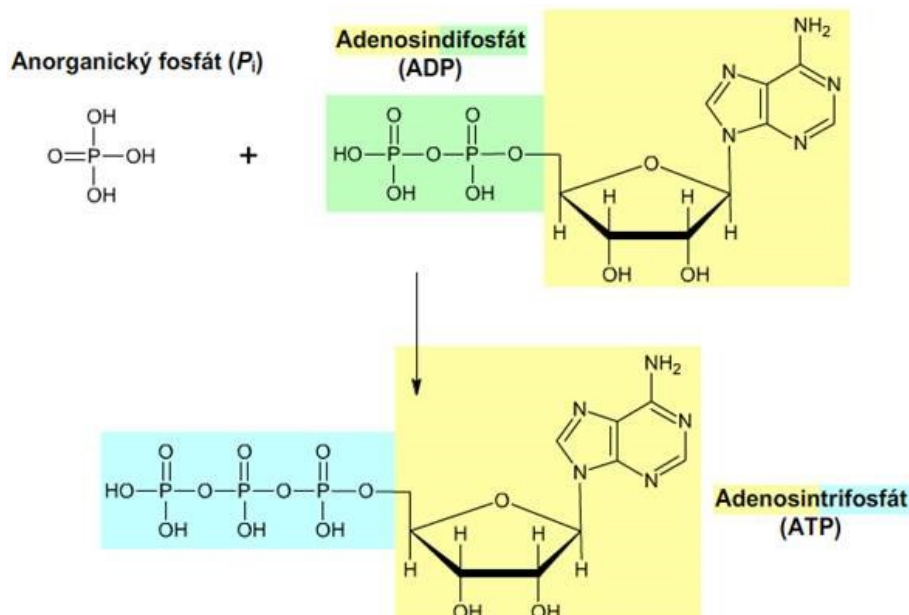
#### 4.5. Syntéza ATP (oxidační fosforylace)

Během transportu elektronů dýchacím řetězcem vzniká volná energie. Tato energie způsobuje, že komplexy I, III a IV se zúčastní translokace protonů z matrix do mezimembránového prostoru. Vytváří se elektrochemický protonový gradient (koncentrace protonů je v mezimembránovém prostoru vyšší než v matrix). Matrix je oblast nízké koncentrace protonů a negativního elektrického potenciálu. Mezimembránový prostor je oblast vysoké koncentrace protonů a pozitivního elektrického potenciálu. Výsledný elektrochemický potenciál tohoto gradientu je využit k syntéze **ATP**.



Obr. 6: pH rozdíly a elektrický potenciál v mitochondrii. Viz též animace / [video](https://youtu.be/stlvZ2urM4I) / youtube: <https://youtu.be/stlvZ2urM4I>.

Syntéza ATP je endergonický proces, při kterém vzniká ATP (**adenosintrifosfát**) z ADP (**adenosindifosfát**) a P (anorganický fosfát). Reakce je katalyzována enzymem ATP-synthasou a je poháněna transportem protonů (viz animace **pH rozdíly**). Protony přecházejí skrze ATP-synthasu z mezimembránového prostoru zpět do matrix mitochondrie. Vzniká tak energie, která je využita k syntéze ATP. Předpokládá se, že na vznik jedné molekuly ATP je zapotřebí zpětného přenosu tří až čtyř protonů. Tato syntéza ATP se nazývá oxidační fosforylace.

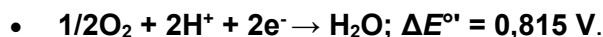


Obr. 7: ATP. Viz též animace / [video](https://youtu.be/R8-XFLjAziM) / youtube: <https://youtu.be/R8-XFLjAziM>.

## 5. Schéma redoxních potenciálů

Afinita oxidovaného substrátu k elektronům vzrůstá s jeho standardním redoxním potenciálem  $E^{\circ}$ .

Kyslík má velkou afinitu k elektronům (kyslík je silné oxidační činidlo):



NAD<sup>+</sup> má malou afinitu k elektronům (NAD<sup>+</sup> je slabé oxidační činidlo; NADH je silné redukční činidlo):



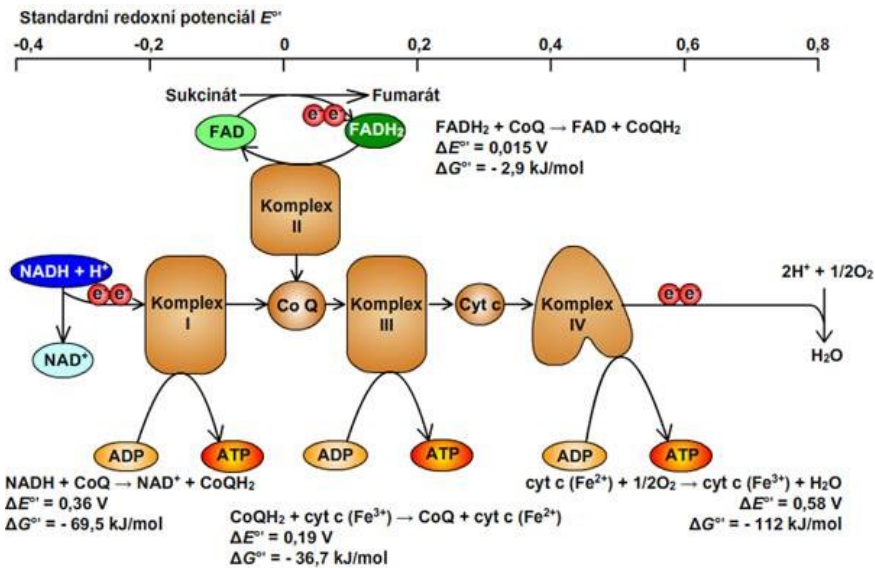
NADH je v tomto spojení donorem elektronů a O<sub>2</sub> je akceptorem elektronů. Celková reakce:



Změna standardní volné energie pro tuto reakci:

$$\Delta G^{\circ} = -nF\Delta E^{\circ} = (-2 \times 96\,485 \times 1,13) \text{ kJ/mol} = -218 \text{ kJ/mol}$$

Energie potřebná na vznik jedné molekuly ATP z ADP a fosfátu je rovna 30,5 kJ/mol (jedná se o standardní volnou energii,  $\Delta G^{\circ}$ ). Oxidace jedné molekuly **NADH** vede k syntéze ~ **2,5 molekul ATP**. Oxidace jedné molekuly **FADH<sub>2</sub>** vede k syntéze ~ **1,5 molekul ATP**.



Obr. 8: Schéma redoxních potenciálů. Viz též animace / [video](https://youtu.be/fWEaic0Pj3Q) / youtube: <https://youtu.be/fWEaic0Pj3Q>.

(Pozn. Hodnoty  $\Delta E^\circ$  a  $\Delta G^\circ$  převzaty z Voet, 2011.)

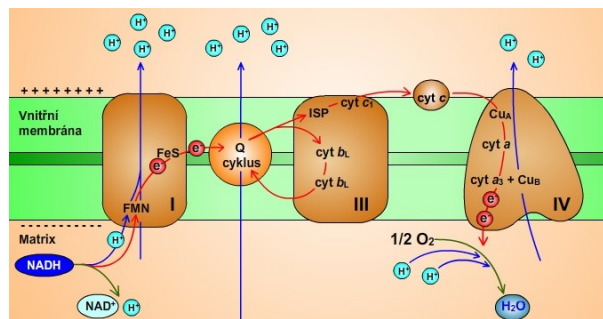
(Pozn. Standardní redoxní potenciál  $E^\circ$  je napětí generované při reakci poločlánku za standardních biochemických podmínek (při koncentraci výchozích látek a produktů rovnající se 1 mol/l a s koncentrací  $[H^+]$  definovanou jako 1 při pH = 7) vztažených ke standardní vodíkové elektrodě. Rozdíl standardního redoxního potenciálu  $\Delta E^\circ$  redoxní rovnice lze vyjádřit takto:  $\Delta E^\circ = E^\circ_{(\text{akceptor})} - E^\circ_{(\text{donor})}$ .)

(Pozn. Změna standardní volné energie může být vypočítána z rovnice:  $\Delta G^\circ = -nF\Delta E^\circ$ , kde  $F$  (Faradayova konstanta) pro elektron je 96 494 C/mol a  $n$  je počet přenesených elektronů na mol reaktantů.)

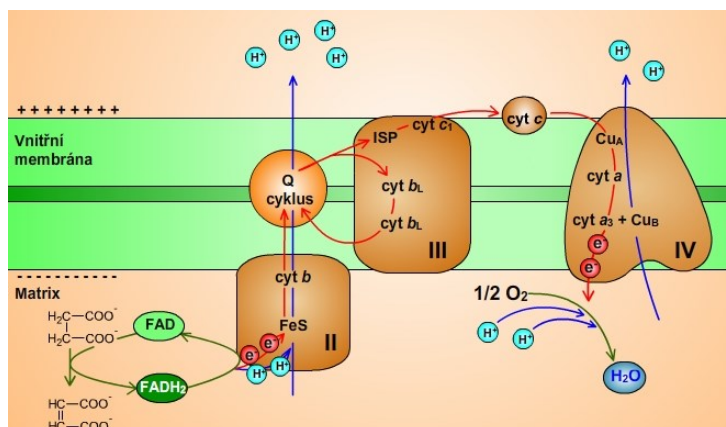
## 6. Kompletní schéma dýchacího řetězce

Viz obrázek 9 a 10 níže a též animace:

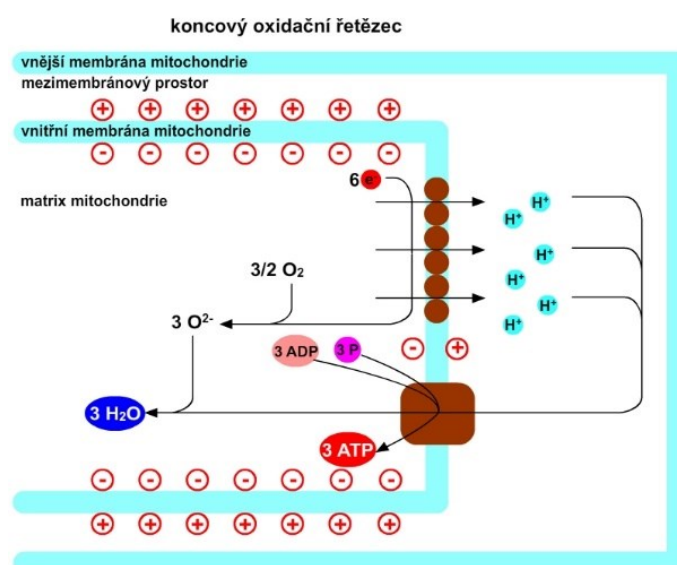
Viz též [animace](https://youtu.be/rVc5u2oKouq) / [video](https://youtu.be/rVc5u2oKouq) / youtube: <https://youtu.be/rVc5u2oKouq>.



Obr. 9: Schéma dýchacího řetězce (komplex I, III a IV): Elektrony jsou přenášeny mezi komplexem I a komplexem III v membráně rozpustným CoQ (prostřednictvím Q-cyklu) a mezi komplexem III a IV periferním membránovým proteinem - cytochromem c.

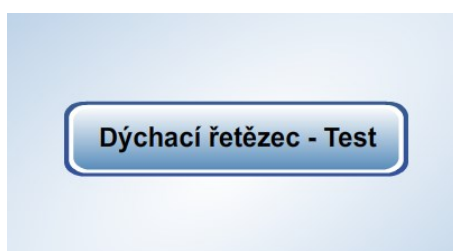


Obr. 10: **Schéma dýchacího řetězce (komplex I, III a IV):** Komplex II přenáší elektrony ze sukcinátu na CoQ. Elektrony jsou prostřednictvím Q-cyklu přeneseny na komplex III a mezi komplexem III a IV periferním membránovým proteinem - cytochromem c.



Obr. 11: **Zjednodušené schéma dýchacího řetězce.**

## 7. Kvíz



Obr. 12: Kvíz [video](https://youtu.be/hiV3jYm0w64) / <https://youtu.be/hiV3jYm0w64>

## 8. Použitá literatura

Voet, D. J.; Voet, J. G. (2011) *Biochemistry*, 4th ed.; John Wiley & Sons, Inc.: United States of America, pp 823-870.





## Příloha 7 – Post dotazník zaměřený na tradiční styl výuky

### 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 NESnažil/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 látce 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	2	3	4	5	6	7

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 <b>NE</b> 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.	<b>NE</b> 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 <b>Ne</b> 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.

## Příloha 8 – Post dotazník zaměřený na použití aplikace Corinth ve výuce

### MOTIVAČNÍ POST-DOTAZNÍK EXPERIMENTÁLNÍ SKUPINA

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 s použitím animací a 3D modelů 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 při práci s animacemi a 3D modely jsem si vedl/a dobře.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
4.	Myslím si, že používání animací a 3D modelů je užitečné pro pochopení látky probírané ve škole.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
5.	Dnešní vyučovací hodina s použitím animací a 3D modelů se mi velmi líbila.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
6.	Během práce v dnešní hodině jsem se moc NESnažil/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 používání animací a 3D modelů by pro mě mohlo mít nějakou hodnotu.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
9.	Myslím, že po dnešní vyučovací hodině probrané látce rozumím.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
10.	Myslím si, že používání animací a 3D modelů je důležité.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
11.	Dnešní vyučovací hodina s použitím animací a 3D modelů 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 je užitečné používat animace a 3D modely, protože můžou vést k lepšímu pochopení látky probírané ve škole.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
15.	Dnešní vyučovací hodina s použitím animací a 3D modelů mi připadala nudná.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím

16.	Práci v dnešní vyučovací hodině s animacemi a 3D modely 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 s využitím animací a 3D modelů, protože to pro mě bylo přínosné.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
18.	Dnešní vyučovací hodinu s použitím animací a 3D modelů 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 používání animací a 3D modelů by mi mohlo pomoci k lepšímu pochopení látky probírané ve škole.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
21.	Dnešní vyučovací hodina s použitím animací a 3D modelů 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 a 3D modely 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 a 3D modelů by mi mohlo prospět.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
25.	V dnešní vyučovací hodině při práci s animacemi a 3D modely, jsem si Nevedl/a velmi dobře.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím

26. Máte nějaký vzkaz pro tvůrce animací a 3D modelů či svého učitele/učitelku?

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

## Příloha 9 – Polostrukturovaný rozhovor pro učitele

### PRE ROZHOVOR – UČITEL

**Datum:**

**Jméno učitele, škola:**

**A) Učitel**

**1a) Jaká jsou Vaše očekávání? Čekáte nějakou změnu (jakou)?**

**2a) Ovlivní aplikace Corinth Vaší přípravu na vyučování (i ve vztahu k časovým možnostem)?**

**3a) V souvislosti se zavedením Corinth máte z něčeho obavy/strach ?**

**4a) Jaká očekáváte pozitiva / negativa?**

**5a) Využijete augmentovanou realitu ve výuce?**

**B) Žák**

**1b) Jak podle Vašeho názoru budou na aplikaci reagovat žáci?**

**2b) Předpokládáte, že se zvýší jejich motivace pro výuku?**

**3b) Předpokládáte, že aplikace přispěje k hlubšímu porozumění vzdělávacího obsahu?**

**4b) Jak předpokládáte, že žáci budou reagovat na augmentovanou realitu?**

### **C) Obsah**

**1c) Co očekáváte od vzdělávacího obsahu?**

**2c) Je podle Vás vzdělávací obsah dostatečný pro podporu výuky chemie na základní škole?**

**3c) Je podle Vás vzdělávací obsah dostatečný pro podporu výuky biologie na základní škole?**

**4c) Jak často předpokládáte, že budete vzdělávací aplikaci zařazovat do vyučovacích hodin?**

**5c) Jak předpokládáte, že budete vzdělávací aplikaci ve výuce používat?**

**D) Škola, rodič**

**1d) Jak je k používání vzdělávací aplikace ve Vaší výuce nakloněno vedení školy? Máte podporu od vedení školy?**

**2d) Ovlivní používání aplikace Corinth pozitivně vztah škola – rodič?**

**3d) Může používání aplikace celkově přispět ke zlepšení obrazu Vaší školy ve veřejném mínění? Bude používání aplikace Corinth přínosné pro vaši školu?**



## Příloha 10 – Post strukturovaný rozhovor pro učitele

### POST STRUKTUROVANÝ ROZHOVOR - UČITEL

Datum: .....  
 Jméno a příjmení: .....  
 Název školy, na které vyučujete a zároveň na ní probíhá výzkum: .....  
 Město, kde se tato škola nachází: .....

Jedná se o (zakroužkujte):  
 Základní škola / Střední odborná škola / Gymnázium / Jiný typ (specifikujte: .....) )

Počet let pedagogické praxe: .....

Předměty, které vyučujete + v jakém ročníku tyto předměty vyučujete:  
 .....

Pohlaví (zakroužkujte):                      Muž                      Žena

Jak často používáte aplikaci Corinth ve své výuce (zakroužkujte):

- používám ji poprvé či podruhé (odůvodněte:.....)
- několikrát týdně (odhadněte kolikrát:.....)
- nanejvýš několikrát měsíčně (odhadněte kolikrát:.....)
- nanejvýš několikrát ročně (odhadněte kolikrát:.....)

Pojmem „**žák**“ se rozumí průměrný žák třídy (tedy ne pouze excelentní žák či naopak pouze žák podprůměrný).  
 Pojmem „**klasický styl výuky**“ se myslí výuka, ve které učitel nepoužívá animace, 3D modely, videa a obdobný styl pomůcek.

U každého z následujících tvrzení vyjádřete míru svého souhlasu. Zakroužkujte, do jaké míry s tvrzením souhlasíte.

1.	Během <b>přípravy</b> na dnešní vyučovací hodinu jsem vynaložil/a více úsilí než při přípravě na klasický styl výuky. <i>Svoji odpověď zdůvodněte:</i>	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
2.	Během <b>práce</b> v dnešní vyučovací hodině jsem vynaložil/a více úsilí než při klasickém stylu výuky. <i>Svoji odpověď zdůvodněte:</i>	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
3.	S realizovanou hodinou jsem byl/a velmi spokojený/á. <i>Svoji odpověď zdůvodněte:</i>	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
4.	Myslím, že dnešní vyučovací hodina s použitím aplikace Corinth se žákům velmi <b>líbila</b> .	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
5.	Myslím, že dnešní vyučovací hodina s použitím aplikace Corinth byla <b>zábavná</b> .	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
6.	Myslím, že vzdělávací pomůcka aplikace Corinth vyvolává u žáků <b>zvědavost</b> .	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
7.	Myslím, že se žáci <b>zapojili</b> do výuky více než ve srovnání s klasickým stylem výuky.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
8.	Myslím, že žáci byli více <b>motivováni</b> pro výuku (ve srovnání s klasickým stylem výuky).	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
9.	Myslím, že se <b>pozornost</b> žáků zvýšila (ve srovnání s klasickým stylem výuky).	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím

10.	Myslím, že se aplikace <b>odvádí pozornost</b> žáků od probírané látky.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
11.	Myslím, že vzdělávací pomůcka aplikace Corinth je pro žáky více <b>atraktivní</b> než učebnice.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
12.	Myslím, že používání <b>3D modelů</b> je užitečné pro <b>lepší představivost</b> probíraného tématu. (Např. model znázorňuje to, co si žáci hůře dokážou představit)	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
13.	Myslím, že používání <b>animací</b> je užitečné pro <b>lepší pochopení</b> probíraného tématu. (Např. animace znázorňuje souvislosti, které si žáci musí domýšlet sami)	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
14.	Myslím, že používání <b>hloubkových zoomů</b> je užitečné pro <b>lepší pochopení</b> probíraného tématu.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
15.	Myslím, že probírané látce v dnešní vyučovací hodině žáci porozuměli lépe než ve srovnání s klasickým stylem výuky.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
16.	Myslím, že animace a 3D modely pomáhají <b>názornosti</b> .	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
17.	Myslím, že lepší by bylo učivo prezentovat <b>bez</b> použitých animací a 3D modelů.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
18.	Některé modely jsou příliš složité a tudíž nevhodné do výuky. <i>Pokud souhlasíte, prosím, vypište které:</i>	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
19.	Některé modely jsou příliš zjednodušené a tudíž nevhodné do výuky. <i>Pokud souhlasíte, prosím, vypište které:</i>	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím
20.	Obsah aplikace Corinth je zcela vhodný pro výuku na naší škole.	1 naprosto nesouhlasím	2	3	4	5	6	7 naprosto souhlasím

21. Použili jste ve výuce augmentovanou realitu? (zakroužkujte) ano ne

Pokud ano, uveďte výhody a nevýhody používání augmentované reality ve výuce

**Výhody:**

**Nevýhody:**

22. Uved'te výhody a nevýhody při implementaci aplikace Corinth do výuky

**Výhody:**

**Nevýhody:**

23. Uved'te nedostatky aplikace Corinth ve výuce a další doporučení (např. chybějící modely (které?), nefunkční hardware (co konkrétně nefunguje?), složité ovládání aplikace, nedostatečné propojení s MS office (máte nějaký návrh na vylepšení?)...).

**Nedostatky a další doporučení:**

24. Jiné sdělení. Chcete něco vzkázat tvůrcům aplikace Corinth?

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

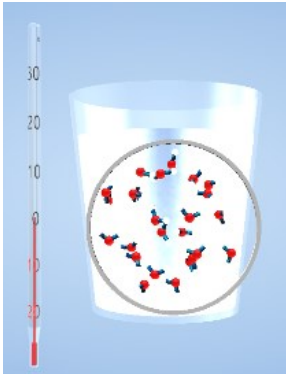
## Příloha 11 – Test z chemie v 8. ročníku


### TEST 8. ROČNÍK CHEMIE

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.

<p>1) Teplota tání je teplota, při které:</p> 	a) látka přechází z kapalného skupenství do skupenství plynného
	b) látka přechází z kapalného skupenství do skupenství pevného
	c) látka přechází z pevného skupenství do skupenství kapalného
	a) látka z plynného skupenství přechází do skupenství kapalného

<p>2) Sublimace (např. sublimace jodu) je:</p> 	a) změna skupenství, při které látka z plynného skupenství přechází do kapalného
	b) změna skupenství, při které látka z plynného skupenství přechází do pevného
	c) metoda sloužící k oddělování složek směsi na základě rozdílných teplot varu
	d) metoda sloužící k oddělování složek ze směsi, při které se rozpuštěná látka vylučuje z roztoku v podobě krystalů

3) Ze kterých částic se skládá atom? Doplň schéma:		
Atom	→	..... (záporně nabitě)
	→	..... (kladně nabitě)
	→	..... (nenabitě)

4) Atom je elektroneutralní, protože:
a) počet protonů a počet neutronů v atomu je shodný
b) počet protonů, elektronů i neutronů je vždy shodný
c) počet protonů a elektronů v atomu je shodný
d) počet neutronů a elektronů v atomu je shodný
5) Napiš z kolika elektronů, neutronů, protonů a nukleonů se skládá atom $^{13}_6\text{C}$ .
počet elektronů: .....
počet protonů: .....
počet neutronů: .....
počet nukleonů: .....

6) Při vzniku molekuly fluoru $\text{F}_2$ , dochází mezi dvěma atomy fluoru ke tvorbě:	a) jednoduché nepolární vazby
	b) dvojně nepolární vazby
	c) jednoduché polární vazby
	d) dvojně iontové vazby

7) Výběr odpovědi u úlohy 6) odůvodni:
.....
.....

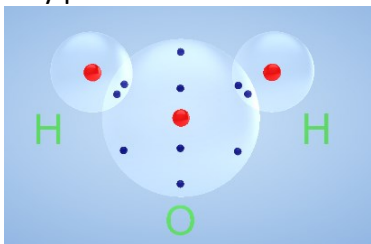
8) Při vzniku molekuly kyslíku $\text{O}_2$ , dochází mezi dvěma atomy kyslíku ke tvorbě:	a) jednoduché iontové vazby
	b) čtverné iontové vazby
	c) čtverné polární vazby
	d) dvojně nepolární vazby

9) Pro každý typ uveď vždy alespoň jeden příklad látky (uveď její název či chemický vzorec):
nepolární: .....
polární: .....
iontové: .....

10) Znázorni vznik chemické vazby mezi dvěma atomy vodíku  ${}^1_1\text{H}$ :

11) Znázorni vznik chemické vazby mezi dvěma atomy dusíku  ${}^{14}_7\text{N}$ :

12) Mezi atomem kyslíku (O) a atomy vodíku (H) jsou v molekule vody přítomné:



a) dvě rovnocenné chemické vazby, které jsou iontové

b) dvě rovnocenné chemické vazby, které jsou polární

c) dvě rovnocenné chemické vazby, které jsou nepolární

c) jedna nepolární vazba a jedna polární vazba

13) Kation  $\text{Na}^+$  v molekule  $\text{NaCl}$  vzniká tak, že:

a) atom sodíku (Na) kvůli jeho větší elektronegativitě ochotně přijímá elektron od atomu chloru (Cl), který má mnohem menší elektronegativitu

b) atom sodíku (Na) kvůli jeho větší elektronegativitě ochotně poskytuje svůj elektron atomu chloru (Cl), který má mnohem menší elektronegativitu

c) atom sodíku (Na) kvůli jeho menší elektronegativitě ochotně přijímá elektron od atomu chloru (Cl), který má mnohem větší elektronegativitu

d) atom sodíku (Na) kvůli jeho menší elektronegativitě ochotně poskytuje svůj elektron atomu chloru (Cl), který má mnohem větší elektronegativitu

14) Anion je částice ..... nábojem a vzniká ..... elektronu. Doplň vynechaná slova:

a) se záporným; odtržením

b) se záporným; přijetím

c) s kladným; odtržením

d) s kladným; přijetím

15) Vyberte **NE**správné tvrzení.

- a) Chemická reakce je děj, při kterém z původních látek (reaktantů) vznikají nové látky (produkty).
- b) V průběhu chemické reakce dochází k zániku původních chemických vazeb a vzniku nových.
- c) Chemickým dějem je např. koroze železa.
- d) Chemickým dějem je např. rozpouštění soli (NaCl) ve vodě (H<sub>2</sub>O).

16) Následující reakce (hoření uhlíku)  $C + O_2 \rightarrow CO_2$  je

- a) chemické slučování
- b) chemický rozklad
- c) chemické nahrazování
- d) chemická substituce

17) Co ovlivňují katalyzátory:

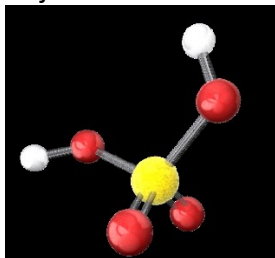
- a) složení produktů chemické reakce
- b) složení výchozích látek (reaktantů) chemické reakce
- c) množství výchozích látek (reaktantů) chemické reakce
- d) rychlost chemické reakce

18) Na obrázku je znázorněn model molekuly:



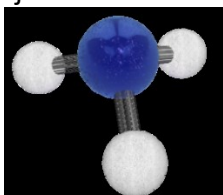
- a) oxidu uhličitého CO<sub>2</sub>
- b) oxidu uhelnatého CO
- c) oxidu siřičitého SO<sub>2</sub>
- d) oxidu křemičitého SiO<sub>2</sub>

19) Na obrázku je znázorněn model molekuly:



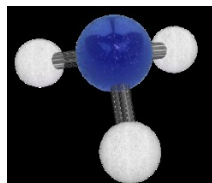
- a) kyseliny sírové
- b) kyseliny uhličitě
- c) kyseliny dusičné
- d) kyseliny fosforečné

20) Na obrázku je znázorněn model molekuly:



- a) amoniaku
- b) vody
- c) hydroxidu amonného
- d) hydroxidu sodného

21) Molekula znázorněna na obrázku má tvar:



- a) lineární
- b) rovnoramenného trojúhelníku
- c) trojboké pyramidy (čtyřstěn)
- d) čtyřboké pyramidy

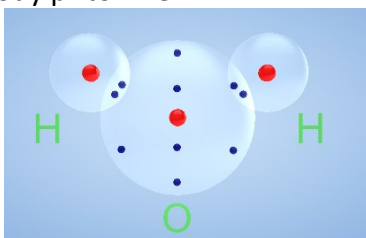
## Příloha 12 – Test z chemie v 9. ročníku

### TEST 9. ROČNÍK CHEMIE

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.

<p>1) Mezi atomem kyslíku (O) a atomy vodíku (H) jsou v molekule vody přítomné:</p> 	a) dvě rovnocenné chemické vazby, které jsou iontové
	b) dvě rovnocenné chemické vazby, které jsou polární
	c) dvě rovnocenné chemické vazby, které jsou nepolární
	c) jedna nepolární vazba a jedna polární vazba

2) Doplně schéma týkající se členění uhlovodíků:

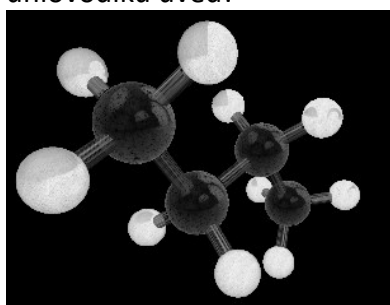
Uhlovodíky	.....	..... (jedn. vazby mezi atomy uhlíku)
	.....	..... (jedna dvojná vazba)
	.....	..... (jedna trojná vazba)
	.....	..... (benzen a odvozené sloučeniny)

3) Kolik elektronů tvoří vazbu:

jednoduchou: .....	dvojnou: .....	trojnou: .....
--------------------	----------------	----------------

4) Doplně vaznosti jednotlivých prvků. V organických sloučeninách:

je prvek vodík vždy .....	je prvek kyslík vždy .....
je prvek uhlík vždy .....	jsou halogeny vždy .....

<p>Na základě zobrazeného modelu uhlovodíku uveď:</p> 	5) Strukturální vzorec:
	6) Racionální vzorec:
	7) Sumární (molekulový) vzorec:
	8) Název:



9) Nakresli strukturální vzorec ethenu (ethylenu).

Jaký tvar má tato sloučenina v prostoru?

Vyber z nabídky:

- a) trojboká pyramida (čtyřstěn)
- b) čtyřboká pyramida
- c) planární (rovinná)
- d) lineární

10) Nakresli strukturální vzorec ethynu (acetylenu).

Jaký tvar má tato sloučenina v prostoru?

Vyber z nabídky:

- a) trojboká pyramida (čtyřstěn)
- b) čtyřboká pyramida
- c) planární (rovinná)
- d) lineární

11) Nakresli strukturální vzorec benzenu.

Jaký tvar má tato sloučenina v prostoru?

Vyber z nabídky:

- e) trojboká pyramida (čtyřstěn)
- f) čtyřboká pyramida
- g) planární (rovinná)
- h) lineární

12) Nakresli strukturální vzorec methanu.

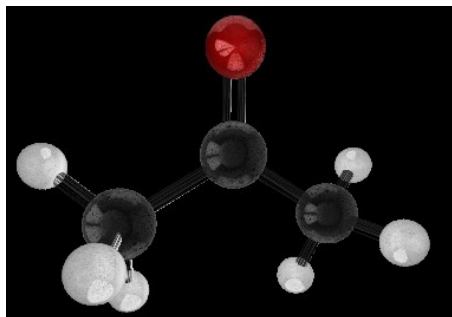
Jaký tvar má tato sloučenina v prostoru?

Vyber z nabídky:

- a) trojboká pyramida (čtyřstěn)
- b) čtyřboká pyramida
- c) planární (rovinná)
- d) lineární

13) Napiš rovnici dokonalého hoření methanu. Rovnici správně vyčísl.

Na základě zobrazeného modelu derivátu uhlovodíku uveď:



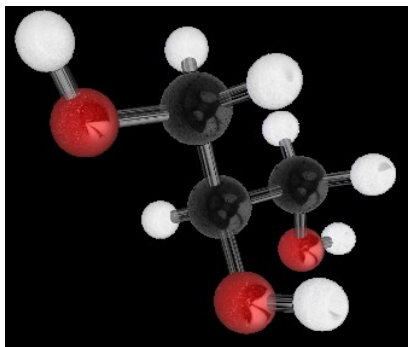
14) Strukturální vzorec:

15) Racionální vzorec:

16) Sumární (molekulový) vzorec:

17) Název:

Na základě zobrazeného modelu derivátu uhlovodíku uveď:



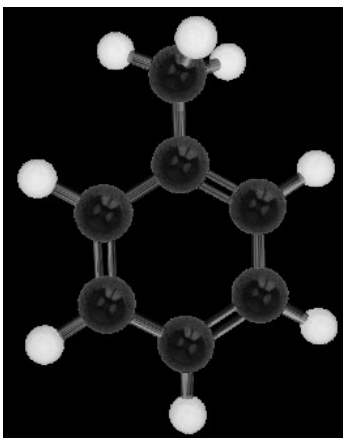
18) Strukturální vzorec:

19) Racionální vzorec:

20) Sumární (molekulový) vzorec:

21) Název:

Na základě zobrazeného modelu uhlovodíku uveď:



22) Strukturální vzorec:

23) Racionální vzorec:

24) Sumární (molekulový) vzorec:

25) Název:

26) Přiřaď k sobě látku a její vlastnosti: 1..... 2..... 3..... 4..... 5..... 6..... 7.....

1. Methan	A. Bezbarvá kapalina, která vzniká kvašením cukrů
2. Propan	B. Bezbarvá, prudce jedovatá kapalina. Při požití způsobí oslepnutí až smrt.
3. Benzen	C. Bezbarvá, olejovitá kapalina, používá se při výrobě kosmetiky (krémů). Je surovinou pro výrobu výbušnin.
4. Acetylen	D. Bezbarvý plyn, ve směsi se vzduchem výbušný, používá se ke svařování kovů.
5. Methanol	E. Bezbarvá těkavá kapalina charakteristického zápachu, používá se jako rozpouštědlo a k výrobě řady dalších organických sloučenin.
6. Ethanol	F. Bezbarvý plyn, ve směsi s dalším uhlovodíkem se používá jako náplň zapalovačů.
7. Glycerol	G. Bezbarvý plyn, nejedovatý, je hlavní součástí zemního plynu.

## Příloha 13 – Test z přírodopisu v 8. ročníku

### TEST 8. ROČNÍK PŘÍRODOPIS

Datum:  Třída:  Škola:

Kód:       Předmět:  Přírodopis 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.

1) Pod každý obrázek napiš název orgánu, který je na obrázku znázorněn.

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

2) Popiš stavbu kosti. Přiřaď čísla k odpovídajícímu popisu.

1 = Houbovitá tkáň 2 = Okostina 3 = Kostní dřeň



.....

.....

3) Doplň:

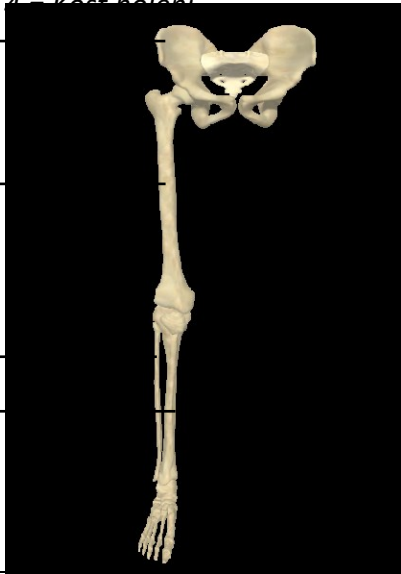
Kosti vznikají z ..... nebo ..... tkáň kostnatěním neboli .....

Povrch kosti kryje ....., která umožňuje růst kosti do **šířky/délky** (zakroužkuj správnou variantu) kost chrání a vyživuje. Je prostoupena cévami a .....

4) Popiš stavbu kosti. Přiřaď čísla k odpovídajícímu popisu.

1 = Kost pánevní; 2 = Kost stehenní; 3 = Kost lýtková; 4 = Kost holení

..... ←  
 ..... ←  
 ..... ←  
 ..... ←



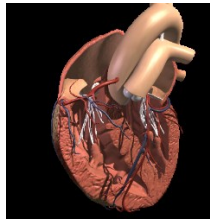
5) K čemu slouží oblouk obratle?

.....  
 .....

6) K příslušnému orgánu napiš jeho název a doplň typ svaloviny.



název orgánu: ..... typ svaloviny: .....



název orgánu: ..... typ svaloviny: .....

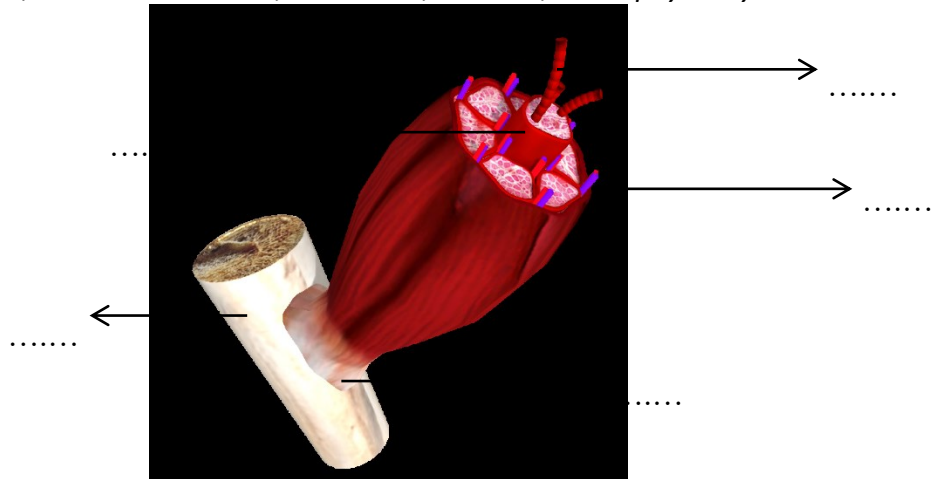


název orgánu: ..... typ svaloviny: .....



název orgánu: ..... typ svaloviny: .....

7) Popiš kosterní svalstvo lidského těla. Přiřaď čísla k odpovídajícímu popisu.  
 1 = Svalový snopec; 2 = Svalové vlákno; 3 = Šlacha; 4 = Kost; 5 = Tepny a žíly.



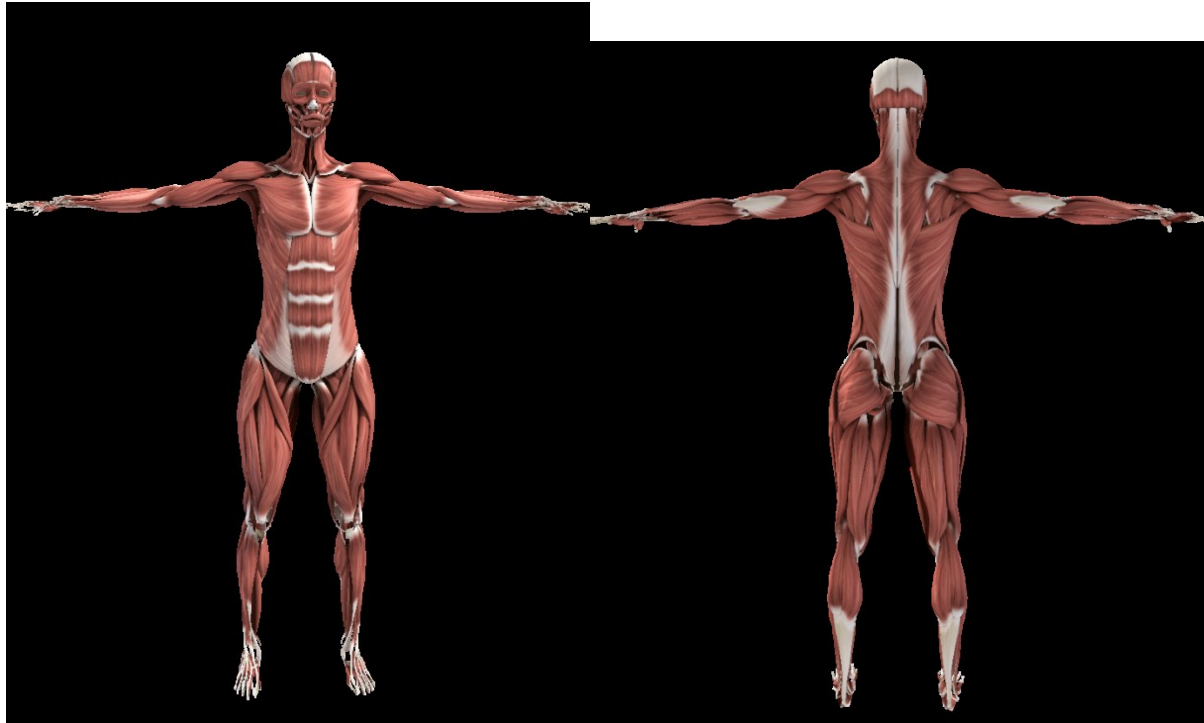
8) Vyjmenuj alespoň dva svaly dolních končetin a dva svaly horních končetin.  
 horní končetiny:


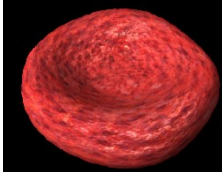

.....  
 .....

dolní končetiny:

.....  
 .....

9) Vyznač všechny vyjmenované svaly z 5. úkolu alespoň na jednom z obrázků:



10) Přiřaď k sobě složku krve a její popis: 1..... 2..... 3..... 4..... 5.....		
11) Ke třem složkám krve přiřaď jejich obrázek: Obrázek F.... Obrázek G.... Obrázek H....		
1. Krevní plazma	A. Nažloutlá tekutina, která obsahuje vodu a rozpuštěné látky.	 <p>Obrázek F</p>  <p>Obrázek G</p>  <p>Obrázek H</p>
2. Červené krvinky	B. Bezjaderné kruhovitě buňky, které přežívají průměrně 120 dní. Nové buňky vznikají v kostní dřeni. Obsahují hemoglobin.	
3. Hemoglobin	C. Krevní barvivo, které váže kyslík.	
4. Bílé krvinky	D. Průsvitné jaderné buňky. Vytvářejí se v kostní dřeni. Plní funkci obrany v lidském těle.	
5. Krevní destičky	E. Bezbarvé úlomky velkých buněk kostní dřene. Podílejí se na procesu srážení krve.	

12) Která céva vede okysličenou krev?	a) plicnice
	b) dolní dutá žíla
	c) srdečnice (aorta)
	d) horní dutá žíla

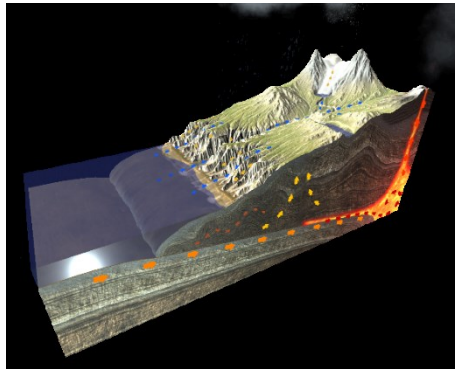
## Příloha 14 – Test z přírodopisu v 9. ročníku

### TEST 9. ROČNÍK PŘÍRODOPIS

Datum:  Třída:  Škola:

Kód:  Předmět:  Přírodopis 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.

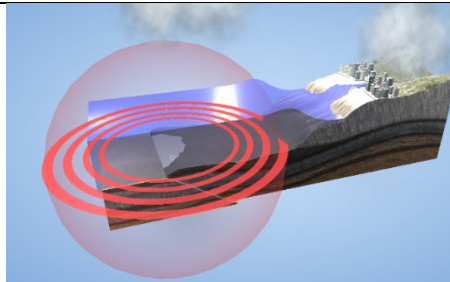


1) Co je horninový cyklus?

.....  
.....

2) Vyjmenuj tři základní typy hornin:

.....



3) Popiš, co je příčinou zemětřesení, které je znázorněno na výše uvedeném obrázku?

.....  
.....

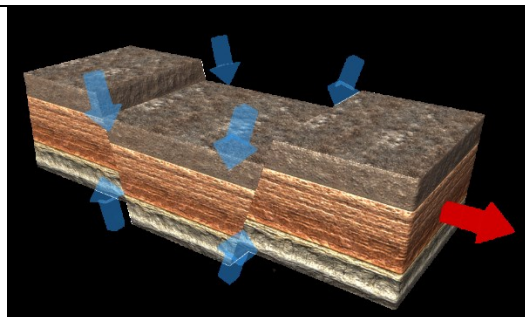
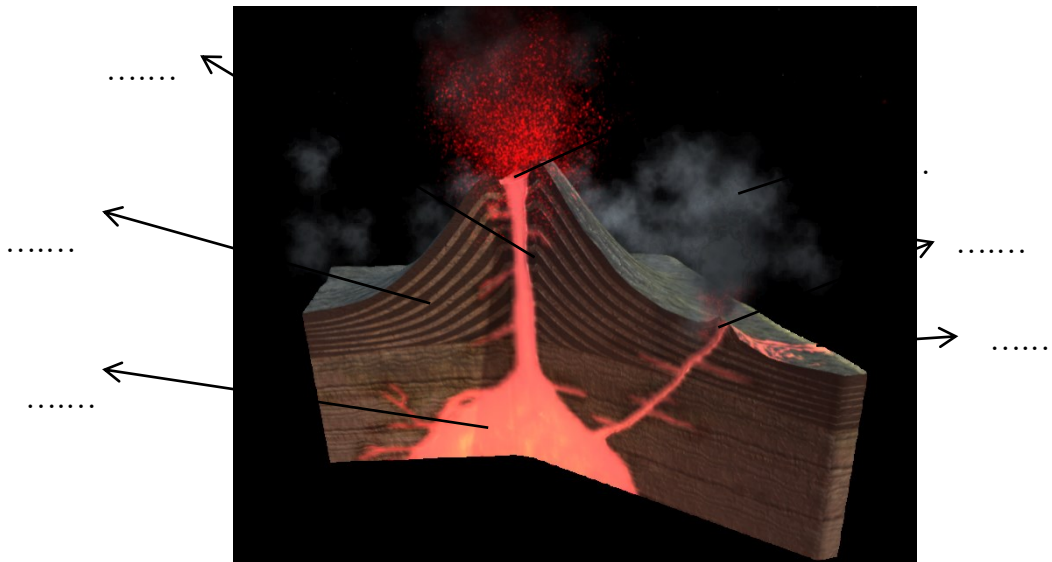
4) Co je hypocentrum: .....

5) Co je epicentrum: .....

6) Z níže vypsanych geologických dějů zakroužkuj ty, které označujeme jako vnitřní.  
*Působení větru, zemětřesení, působení tekoucích vod, činnost organismů,  
 sopečná činnost, pohyby litosférických desek*

7) Popiš obrázek. Přiřaď čísla k odpovídajícímu popisu.

1 = Hlavní sopečný sopouch, 2 = magmatický krb, 3 = sopečný kužel, 4 = boční sopka, 5 = kráter (kaldera), 6 = sopečný popel, 7 = lávový proud



8) Jak se nachází jev, který je znázorněn na obrázku? .....

9) Co značí modré šipky? .....

10) Co značí červené šipky? .....

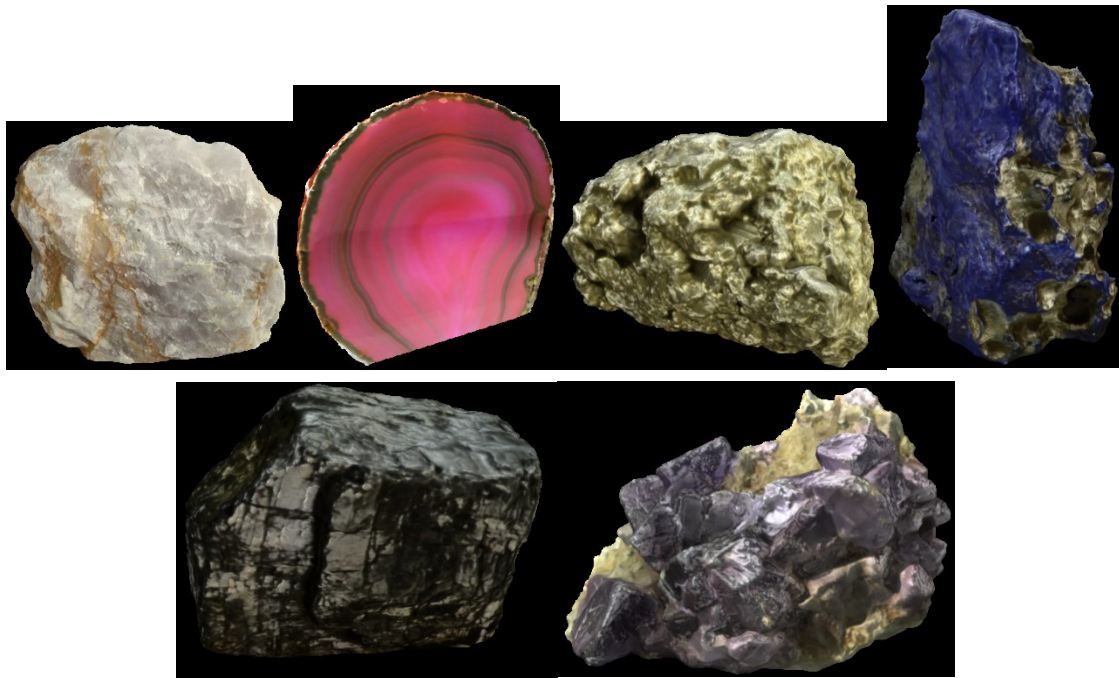
11) O jaký typ poruchy se jedná? (vyber jednu správnou odpověď)

- a) plastická porucha, ke které dochází za vysokých teplot
- b) křehká porucha, ke které dochází za nižších teplot
- c) plastická porucha, ke které dochází za nižších teplot
- d) křehká porucha, ke které dochází za vysokých teplot



12) Jak se nachází jev, který je znázorněn na obrázku?

1 = galenit, 2 = sfalerit, 3 = křemen, 4 = pyrit, 5 = azurit, 6 = achát



## Příloha 15 – Korelační analýza – Předvýzkum

**Korelace mezi škálami pre dotazníku** (tab. I): Všechny škály v pre dotazníku mezi sebou signifikantně korelují. Velmi silná korelace je mezi škálami Intrinsic\_motivation a Self\_efficacy ( $r = 0,722$ ), dále mezi Intrinsic\_motivation a Control\_beliefs ( $r = 0,614$ ) a též mezi Self\_efficacy a Control\_beliefs ( $r = 0,555$ ). Z toho vyplývá, že vnitřní cílová motivace (Intrinsic\_motivation) úzce souvisí se zodpovědností žáků při učení se (Control\_beliefs) a též s ochotou naučit se probíranou látku či se ji snažit porozumět (sebeúčinnost v učení, Extrinsic\_motivation). Nejméně se zbylými škálami koreluje škála Extrinsic\_motivation, což je v pořádku, protože škála Extrinsic\_motivation představuje vnější motivaci, ostatní škály představují složky vnitřní motivace.

Tabulka I: Korelace mezi položkami z pre dotazníku.

		Self_efficacy	Extrinsic_motivation	Control_beliefs
Intrinsic_motivation	Pearsonův korelační koeficient	,722**	,483**	,614**
	Sig. (oboustranná)	,000	,000	,000
	<i>N</i>	57	57	57
Self_efficacy	Pearsonův korelační koeficient		,401**	,555**
	Sig. (oboustranná)		,002	,000
	<i>N</i>		57	57
Extrinsic_motivation	Pearsonův korelační koeficient			,385**
	Sig. (oboustranná)			,003
	<i>N</i>			57

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

**Korelace mezi škálami post dotazníku\_kla** (tab. II): Všechny korelace mezi škálami post dotazníku\_kla jsou signifikantní. Silně spolu korelují škály Interest\_kla a Value\_kla ( $r > 0,6$ ) a dále Interest\_kla a Effort\_kla ( $r > 0,5$ ). Silně spolu korelují též Competence\_kla a Value\_kla ( $r = 0,516$ , pokud jsou oba předměty sloučené). Má-li žák zájem o probíranou látku (Interest\_kla) zároveň pociťuje význam probírané látky (Value\_kla) a je ochotný vynakládat mnohem větší úsilí během výuky (Effort\_kla). Též, pokud žák pociťuje význam probírané látky (Value\_kla), zároveň mnohem lépe zvládá práci během výuky (pociťuje úspěch při výuce, Competence\_kla). Ostatní korelace jsou středně silné.

Tabulka II: Korelace mezi položkami z post dotazníku\_kla (první řádek v buňce: chemie ( $N=55$ ), druhý řádek: přírodopis ( $N=55$ ), třetí řádek: oba předměty sloučené ( $N=50$ )).

		Effort_kla	Competence_kla	Value_kla
Interest_kla	Pearsonův korelační koeficient (chemie)	,521**	,455**	,654**
	Pearsonův korelační koeficient (přírodopis)	,520**	,396**	,638**
	Pearsonův korelační koeficient (oba předměty sloučené)	,545**	,392**	,686**
Effort_kla	Pearsonův korelační koeficient (chemie)		,344*	,300*
	Pearsonův korelační koeficient (přírodopis)		,443**	,347**
	Pearsonův korelační koeficient (oba předměty sloučené)		,310*	,364**
Competence_kla	Pearsonův korelační koeficient (chemie)			,494**
	Pearsonův korelační koeficient (přírodopis)			,404**
	Pearsonův korelační koeficient (oba předměty sloučené)			,516*

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

**Korelace škál pre dotazníku se škálami post dotazníku\_kla (tab. III):** Korelace nejsou tak silné jako v rámci samotného pre dotazníku či samotného post dotazníku\_kla, nicméně i zde lze nalézt silné korelace. Pro zjednodušení budou dále interpretována pouze sloučená data (bez ohledu na vyučovaný předmět). Nejsilněji spolu korelují Self\_efficacy s Competence\_kla ( $r = 0,538$ ), což je očekávaná korelace: žák, který má snahu se učit (Self\_efficacy), si zároveň uvědomuje své schopnosti (Competence\_kla). Další ze silných korelací je korelace mezi Extrinsic\_motivation a Value\_kla ( $r = 0,503$ ), což je zajímavé zjištění, neboť koreluje vnější motivace (Extrinsic\_motivation) s pocitem užitečnosti probírané látky (Value\_kla). Další korelace jsou středně silné (např. žák, který je zodpovědný za své učení (Control\_beliefs), pociťuje zároveň zájem o probíranou látku (Interest\_kla) a vnímá její užitečnost (Value\_kla)) či dokonce slabé.

Tabulka III: Korelace mezi položkami z pre dotazníku a post dotazníku\_kla (první řádek v buňce: chemie ( $N=49$ ), druhý řádek: přírodopis ( $N=48$ ), třetí řádek: oba předměty sloučené ( $N=44$ )).

		Interest_kla	Effort_kla	Competence_kla	Value_kla
Intrinsic_motivation	Pearsonův korelační koeficient (chemie)	,148	,185	,403**	,182
	Pearsonův korelační koeficient (přírodopis)	,425**	,033	,185	,502**
	Pearsonův korelační koeficient (oba předměty sloučené)	,360	,227	,457**	,400**
Self_efficacy	Pearsonův korelační koeficient (chemie)	,160	-,010	,470**	,177
	Pearsonův korelační koeficient (přírodopis)	,218	,049	,256	,525**
	Pearsonův korelační koeficient (oba předměty sloučené)	,214	,096	,538**	,410**
Extrinsic_motivation	Pearsonův korelační koeficient (chemie)	,339*	,404**	,540**	,405**
	Pearsonův korelační koeficient (přírodopis)	,263	,082	,208	,395**
	Pearsonův korelační koeficient (oba předměty sloučené)	,426**	,376*	,490**	,503**
Control_beliefs	Pearsonův korelační koeficient (chemie)	,299*	,010	,318*	,243
	Pearsonův korelační koeficient (přírodopis)	,439**	,224	,082	,554**
	Pearsonův korelační koeficient (oba předměty sloučené)	,458**	,154	,258	,456**

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

**Korelace mezi škálami post dotazníku\_exp\_1** (tab. IV): Téměř všechny korelace mezi škálami post dotazníku\_exp\_1 jsou signifikantní (vyjma Effort\_exp\_1 s Interest\_exp\_1 a s Value\_exp\_1 v hodinách přírodopisu, kde vložené úsilí žáků do výuky ne zcela souvisí se zájmem o probíranou látku a s vnímáním užitečnosti této látky). Velmi silně spolu korelují škály Interest\_exp\_1 a Value\_exp\_1 ( $\rho > 0,90$ ). To lze interpretovat tak, že zájem o probíranou látku v experimentální hodině (Interest\_exp\_1) velmi silně souvisel s pocíťováním užitečnosti této látky (Value\_exp\_1). Tento vztah zde byl mnohem silnější než v klasické hodině. Velmi silná korelace byla naměřena mezi Effort\_exp\_1 a Competence\_exp\_1 ( $\rho > 0,8$ ). To znamená, že žáci byli ochotni vkládat úsilí v průběhu vyučování (Effort\_exp\_1), právě když mají pocit, že učivo zvládají (Competence\_exp\_1). Tento vztah zde byl opět mnohem silnější než v klasické hodině. Silně spolu korelují též Interest\_exp\_1 a Competence\_exp\_1 ( $\rho = 0,738$ , pokud jsou oba předměty sloučené). Z toho vyplývá, že žáci projevují zájem o probíranou látku (Interest\_exp\_1), právě když pocíťují, že jsou schopni danému učivu porozumět (Competence\_exp\_1). Opět byl tento vztah silnější než u klasické hodiny. Silná korelace byla nalezena i mezi Competence\_exp\_1 a Value\_exp\_1 ( $\rho = 0,685$ , pokud jsou oba předměty sloučené). Tuto korelaci lze interpretovat tak, že žáci pocíťují užitečnost probírané látky (Value\_exp\_1), právě když jsou schopni probíranému učivu porozumět (Competence\_exp\_1). Opět byl tento vztah silnější než u klasické hodiny.

Tabulka IV: Korelace mezi položkami z post dotazníku\_exp\_1 (první řádek v buňce: chemie ( $N = 23$ ), druhý řádek: přírodopis ( $N = 21$ ), třetí řádek: oba předměty sloučené ( $N = 16$ )).

		Effort_exp_1	Competence_exp_1	Value_exp_1
Interest_exp_1	Spearmanův korelační koeficient (chemie)	,335	,631**	,895**
	Spearmanův korelační koeficient (přírodopis)	,555**	,788**	,960**
	Spearmanův korelační koeficient (oba předměty sloučené)	,435	,738**	,918**
Effort_exp_1	Spearmanův korelační koeficient (chemie)		,829**	,228
	Spearmanův korelační koeficient (přírodopis)		,861**	,489*
	Spearmanův korelační koeficient (oba předměty sloučené)		,839**	,341
Competence_exp_1	Spearmanův korelační koeficient (chemie)			,507*
	Spearmanův korelační koeficient (přírodopis)			,750**
	Spearmanův korelační koeficient (oba předměty sloučené)			,685**

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

**Korelace škál pre dotazníku se škálami post dotazníku\_exp\_1** (tab. V): Korelace nejsou tak silné jako v rámci samotného pre dotazníku či samotného post dotazníku\_exp\_1, nicméně i zde lze nalézt silné korelace. I v tomto případě se pro zjednodušení zaměříme pouze na sloučená data. Silně spolu korelovaly škály Intrinsic\_motivation a Value\_exp\_1 ( $\rho = 0,638$ ) a též mezi Intrinsic\_motivation a Interest\_exp\_1 ( $\rho = 0,613$ ). To znamená, že žáci jsou vnitřně motivováni o probíranou látku, právě když je tato látka zajímavá, a právě když pocíťují její užitečnost. Silná

korelace byla naměřena mezi Self\_efficacy a Value\_exp\_1 ( $\rho = 0,624$ ). Tuto korelaci lze interpretovat tak, že pokud žáci jsou schopni učivu porozumět (Self\_efficacy), též pocítují jeho význam (Value\_exp\_1). Další silná korelace byla mezi Extrinsic\_motivation a Interest\_exp\_1 ( $\rho = 0,542$ ). Tato korelace je překvapivá, neboť spolu koreluje vnější motivace (učím se pro známky) a zájem žáka o probíranou látku. Všechny zde uvedené 4 vztahy byly silnější než vztahy zaznamenané po klasické vyučovací hodině (tedy bez používání aplikace Corinth).

Tabulka V: Korelace mezi položkami pre dotazníku a post dotazníku\_exp\_1 (první řádek v buňce: chemie ( $N = 19$ ), druhý řádek: přírodopis ( $N = 19$ ), třetí řádek: oba předměty sloučené ( $N = 14$ )).

		Interest_exp_1	Effort_exp_1	Competence_exp_1	Value_exp_1
Intrinsic_motivation	Spearmanův korelační koeficient (chemie)	,542*	,137	,316	,513*
	Spearmanův korelační koeficient (přírodopis)	,451	,010	,250	,474*
	Spearmanův korelační koeficient (oba předměty sloučené)	,613*	,145	,315	,638*
Self_efficacy	Spearmanův korelační koeficient (chemie)	,508*	,007	,351	,434
	Spearmanův korelační koeficient (přírodopis)	,379	-,312	,052	,460*
	Spearmanův korelační koeficient (oba předměty sloučené)	,532	-,286	,044	,634*
Extrinsic_motivation	Spearmanův korelační koeficient (chemie)	,418	,168	,356	,161
	Spearmanův korelační koeficient (přírodopis)	,634**	,240	,560*	,547*
	Spearmanův korelační koeficient (oba předměty sloučené)	,542*	,008	,312	,413
Control_beliefs	Spearmanův korelační koeficient (chemie)	,519*	,287	,346	,344
	Spearmanův korelační koeficient (přírodopis)	,653**	,462*	,554*	,587**
	Spearmanův korelační koeficient (oba předměty sloučené)	,503	,334	,284	,334

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

**Korelace mezi škálami post dotazníku\_kla a post dotazníku\_exp\_1 (tab. VI):** Mezi škálami post dotazníku\_kla (z klasické vyučovací hodiny) se škálami post dotazníku\_exp\_1 (z první experimentální vyučovací hodiny) byly naměřeny převážně velmi slabé korelace. Navíc vyjma dvou výjimek se jednalo o nesignifikantní korelace. Některé korelace byly i záporné. Toto zjištění je překvapivé, protože se očekávaly pozitivní vztahy alespoň mezi stejnými škálami mezi klasickou a první experimentální vyučovací hodinou (tj. na diagonále v tab. 5.12). Nejsilnější (středně silná) korelace byla nalezena mezi Effort\_kla a Effort\_exp\_1.

Tabulka VI: Korelace mezi položkami post dotazníku\_kla a post dotazníku\_exp\_1 (první řádek v buňce: chemie ( $N = 22$ ), druhý řádek: přírodopis ( $N = 19$ ), třetí řádek: oba předměty sloučené ( $N = 15$ )).

		Interest_exp_1	Effort_exp_1	Competence_exp_1	Value_exp_1
Interest_kla	Spearmanův korelační koeficient (chemie)	,143	,254	,304	-,130
	Spearmanův korelační koeficient (přírodopis)	,090	-,041	,110	,047
	Spearmanův korelační koeficient (oba předměty sloučené)	,295	,181	,367	,196
Effort_kla	Spearmanův korelační koeficient (chemie)	-,155	,402	,165	-,210
	Spearmanův korelační koeficient (přírodopis)	,295	,567*	,573*	,199
	Spearmanův korelační koeficient (oba předměty sloučené)	,073	,461	,436	,061
Competence_kla	Spearmanův korelační koeficient (chemie)	,219	,119	,267	,205
	Spearmanův korelační koeficient (přírodopis)	,196	,036	,226	,249
	Spearmanův korelační koeficient (oba předměty sloučené)	,046	-,411	-,116	,179
Value_kla	Spearmanův korelační koeficient (chemie)	,369	,139	,342	,369
	Spearmanův korelační koeficient (přírodopis)	,153	-,319	-,055	,114
	Spearmanův korelační koeficient (oba předměty sloučené)	,119	-,261	,036	,168

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

**Korelace mezi škálami post dotazníku\_exp\_2** (tab. VII): Všechny korelace mezi škálami post dotazníku\_exp\_2 byly silnější než u klasické vyučovací hodiny (u Post Dotazníku\_kla). Stejně jako u post dotazníku\_exp\_1 i u post dotazníku\_exp\_2 jsou téměř všechny korelace mezi škálami signifikantní a zároveň velmi silné (opět vyjma Interest\_exp\_2 a Effort\_exp\_2 v hodinách přírodopisu, kde zájem ne zcela prokazatelně souvisí s vloženým úsilím žáků do výuky). I zde spolu velmi silně korelují škály Interest\_exp\_2 a Value\_exp\_2 ( $\rho = 0,869$ , pokud jsou oba předměty sloučené). To lze interpretovat tak, že zájem o probíranou látku v experimentální hodině na konci předvýzkumu velmi silně souvisel s pociťováním užitečnosti této látky. Velmi silná korelace byla též naměřena mezi Effort\_exp\_1 a Competence\_exp\_1 ( $\rho = 0,837$ , pokud jsou oba předměty sloučené). To znamená, že žáci byli ochotni vkládat úsilí za účelem porozumění probíraného učiva, právě když mají pocit, že toto učivo zvládají. Velmi silná korelace byla naměřena mezi Competence\_exp\_1 a Value\_exp\_1 ( $\rho = 0,817$ , pokud jsou oba předměty sloučené). Tuto korelaci lze interpretovat tak, že žáci pociťují užitečnost probírané látky, právě když jsou schopni probíranému učivu porozumět (vztah byl silnější než u první experimentální hodiny). Velmi silná korelace byla též naměřena mezi Interest\_exp\_1 a Competence\_exp\_1 ( $\rho = 0,793$ , pokud jsou oba předměty sloučené). Z toho vyplývá, že žák projevuje zájem o probíranou látku, právě když pociťuje, že je schopen danému učivu porozumět (vztah byl silnější než u první experimentální hodiny). Silné korelace byly nalezeny

i mezi ostatními škálami tohoto dotazníku (mezi ochotou vkládat úsilí do porozumění probírané látky a zájmem o probíranou látku či pocíťováním významu probírané látky).

Tabulka VII: Korelace mezi položkami z post dotazníku\_exp\_2 (první řádek v buňce: chemie ( $N = 24$ ), druhý řádek: přírodopis ( $N = 22$ ), třetí řádek: oba předměty sloučené ( $N = 19$ )).

		Effort_exp_2	Competence_exp_2	Value_exp_2
Interest_exp_2	Spearmanův korelační koeficient (chemie)	,694**	,839**	,806**
	Spearmanův korelační koeficient (přírodopis)	,345	,825**	,709**
	Spearmanův korelační koeficient (oba předměty sloučené)	,632**	,793**	,869**
Effort_exp_2	Spearmanův korelační koeficient (chemie)		,846**	,627**
	Spearmanův korelační koeficient (přírodopis)		,552**	,664**
	Spearmanův korelační koeficient (oba předměty sloučené)		,837**	,615**
Competence_exp_2	Spearmanův korelační koeficient (chemie)			,777*
	Spearmanův korelační koeficient (přírodopis)			,742**
	Spearmanův korelační koeficient (oba předměty sloučené)			,817**

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

**Korelace škál pre dotazníku se škálami post dotazníku\_exp\_2 (tab. VIII):** Pro zjednodušení jsou uvedena pouze sloučená data za oba předměty. Opět korelace nejsou tak silné jako v rámci samotného pre dotazníku či samotného post dotazníku\_exp\_2. Velmi silně a těž statisticky signifikantně korelovala škála Extrinsic\_motivation (vnější motivace) se všemi škálami post dotazníku 3, což může znamenat jistou ambicióznost žáků, a tedy i snaživost žáků. Dále spolu korelovaly škála Control\_beliefs (žákova zodpovědnost za své učení) s Effort\_exp\_2 (vnímání zájmu o probíranou látku) a Competence\_exp\_2 (žák si uvědomuje své schopnosti).

Tabulka VIII: Korelace mezi položkami pre dotazníku a post dotazníku\_exp\_2 (oba předměty sloučené).

		Interest_exp_2	Effort_exp_2	Competence_exp_2	Value_exp_2
Intrinsic_motivation	Spearmanův korelační koeficient (oba předměty sloučené)	,144	,298	,422	,396
	$p$ hodnota (oboustranná)	,581	,246	,091	,115
	$N$ (počet porovnání)	17	17	17	17
Self_efficacy	Spearmanův korelační koeficient (oba předměty sloučené)	,102	-,095	,154	,279
	$p$ hodnota (oboustranná)	,698	,716	,555	,278
	$N$ (počet porovnání)	17	17	17	17
Extrinsic_motivation	Spearmanův korelační koeficient (oba předměty sloučené)	,595**	,521**	,629**	,572**
	$p$ hodnota (oboustranná)	,012	,032	,007	,016
	$N$ (počet porovnání)	17	17	17	17
Control_beliefs	Spearmanův korelační koeficient (oba předměty sloučené)	,151	,530*	,487*	,230
	$p$ hodnota (oboustranná)	,562	,029	,047	,376
	$N$ (počet porovnání)	17	17	17	17

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

**Korelace škál post dotazníku\_kla se škálami post dotazníku\_exp\_2 (tab. IX):** Pro zjednodušení jsou uvedena pouze sloučená data za oba předměty. Byly nalezeny pouze tři

statisticky signifikantní korelace, všechny tři byly poměrně silné. Jednalo se o korelace mezi Interest\_kla s Effort\_exp\_2: zájem žáka o probíranou látku v normálních hodinách souvisí s větší ochotou vkládat úsilí do experimentální výuky. Významná korelace byla nalezena i mezi Value\_kla a Competence\_exp\_2: zájem o probíranou látku v první experimentální hodině souvisel s pocitem zvládnání učiva na konci předvýzkumu. Významná korelace byla nalezena též mezi Value\_kla a Value\_exp\_2: pociťovali-li žáci význam probírané látky v klasické hodině, pociťovali ho zároveň v experimentální hodině na konci předvýzkumu.

Tabulka IX: Korelace mezi položkami post dotazníku\_kla a post dotazníku\_exp\_2 (oba předměty sloučené).

		Interest_exp_2	Effort_exp_2	Competence_exp_2	Value_exp_2
Interest_kla	Spearmanův korelační koeficient (oba předměty sloučené)	,226	,532*	,414	,264
	<i>p</i> hodnota (oboustranná)	,418	,041	,125	,342
	<i>N</i> (počet porovnání)	15	15	15	15
Effort_kla	Spearmanův korelační koeficient (oba předměty sloučené)	-,027	,423	,359	,039
	<i>p</i> hodnota (oboustranná)	,924	,116	,188	,889
	<i>N</i> (počet porovnání)	15	15	15	15
Competence_kla	Spearmanův korelační koeficient (oba předměty sloučené)	,376	-,092	,360	,338
	<i>p</i> hodnota (oboustranná)	,167	,744	,187	,218
	<i>N</i> (počet porovnání)	15	15	15	15
Value_kla	Spearmanův korelační koeficient (oba předměty sloučené)	,557*	,318	,657**	,771**
	<i>p</i> hodnota (oboustranná)	,031	,247	,008	,001
	<i>N</i> (počet porovnání)	15	15	15	15

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

**Korelace škál post dotazníku\_exp\_1 se škálami post dotazníku\_exp\_2 (tab. X):** Mezi škálami post dotazníku\_exp\_1 a post dotazníku\_exp\_2 bylo nalezeno několik statisticky signifikantních korelací. V hodinách chemie se jednalo o korelace mezi Interest\_exp\_1 (zájem o probíranou látku) se všemi položkami post dotazníku\_exp\_2. V hodinách přírodopisu byly významné korelace této škály pouze s Effort\_exp\_2 (vkládané úsilí do výuky) a Competence\_exp\_2 (uvědomění si svých schopností / pocit zvládnání učiva). Další významná korelace byla nalezena mezi Competence\_exp\_1 s Competence\_exp\_2, tj. vnímali-li žáci, že učivo zvládali v první experimentální hodině chemie/přírodopisu zároveň měli tento pocit i na konci předvýzkumu a též Competence\_exp\_1 s Effort\_exp\_2 (vkládané úsilí do výuky) – vnímali-li žáci, že učivo zvládali v první experimentální hodině chemie/přírodopisu, byli ochotni vkládat úsilí do výuky. Významná korelace byla nalezena i mezi Value\_exp\_1 a Competence\_exp\_2 v hodinách chemie i přírodopisu (zájem o probíranou látku v první experimentální hodině souvisel s pocitem zvládnání učiva na konci předvýzkumu). Významná korelace byla nalezena též mezi Value\_exp\_1 a Value\_exp\_2 v hodinách chemie (pociťovali-li žáci význam probírané látky v první experimentální hodině, pociťovali ho zároveň v experimentální hodině na konci předvýzkumu).



Tabulka X: Korelace mezi položkami post dotazníku\_exp\_1 a post dotazníku\_exp\_2 (první řádek v buňce: chemie ( $N = 18$ ), druhý řádek: přírodopis ( $N = 17$ ), třetí řádek: oba předměty sloučené ( $N = 12$ )).

		Interest_exp_2	Effort_exp_2	Competence_exp_2	Value_exp_2
Interest_exp_1	Spearmanův korelační koeficient (chemie)	,694**	,839*	,806**	,667**
	Spearmanův korelační koeficient (přírodopis)	,223	,590*	,540*	,427
	Spearmanův korelační koeficient (oba předměty sloučené)	,567	,540	,670*	,698*
Effort_exp_1	Spearmanův korelační koeficient (chemie)	,085	,603**	,389	,197
	Spearmanův korelační koeficient (přírodopis)	-,047	,404	,254	-,047
	Spearmanův korelační koeficient (oba předměty sloučené)	-,102	,442	,316	,037
Competence_exp_1	Spearmanův korelační koeficient (chemie)	,317	,504*	,577**	,336
	Spearmanův korelační koeficient (přírodopis)	,107	,566*	,535*	,234
	Spearmanův korelační koeficient (oba předměty sloučené)	,169	,550	,557	,319
Value_exp_1	Spearmanův korelační koeficient (chemie)	,551*	,228	,523*	,594**
	Spearmanův korelační koeficient (přírodopis)	,247	,527*	,550*	,423
	Spearmanův korelační koeficient (oba předměty sloučené)	,565	,467	,668*	,657*

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

## Příloha 16 – Analýza dat: Vliv na vnitřní motivaci – Předvýzkum

### 1) Rozdíl mezi kontrolní a experimentální skupinou na počátku předvýzkumu v klasicky pojaté výuce ve vztahu k vnitřní motivaci žáků

V rámci předvýzkumu bylo důležité nejprve zjistit, zda jsou skupiny na počátku výzkumného šetření dostatečně reprezentativní a srovnatelné ve vztahu k motivační orientaci žáků. Byla tedy hledána odpověď na otázku VO1\_1: *Existuje statisticky významný rozdíl mezi kontrolní a experimentální skupinou ve vztahu k vnitřní motivaci žáků v tradiční výuce přírodovědných předmětů bez implementace experimentální výuky? Je tento rozdíl věcně významný?*

V části 1A) byla porovnávána získaná data z pre dotazníku; v části 1B) pak data z post dotazníku\_kla.

#### 1A) Existence statisticky významného rozdílu mezi kontrolní a experimentální skupinou ve vztahu k odpovědím na položky z pre dotazníku:

Stanovení nulové a alternativní hypotézy:

- $H_0$ : Odpovědi žáků experimentální a kontrolní skupiny na položky pre dotazníku se v průměru neliší.
- $H_1$ : Odpovědi žáků experimentální a kontrolní skupiny na položky pre dotazníku se v průměru liší.

Vzhledem k povaze dat byl použit dvojvýběrový  $t$ -test, který byl aplikován na získaná data z pre dotazníku. Výsledky testu nezamítly nulovou hypotézu. Prostřednictvím dvojvýběrového  $t$ -testu se tedy zjistilo (resp. zvoleným testem se nevyvrátilo), že mezi žáky experimentálních a kontrolních tříd neexistuje na počátku výzkumu ani u jedné sledované škály pre dotazníku statisticky významný rozdíl (vnitřní cílová motivace:  $t = 1,451$ ,  $df = 55$ ,  $p = 0,153$ ,  $M_{\text{kontrolní}} = 3,83$ ,  $SD = 1,059$ ,  $M_{\text{experimentální}} = 3,38$ ,  $SD = 1,259$ , Cohenovo  $d = 0,386829$ ; vnější cílová motivace:  $t = 0,582$ ,  $df = 55$ ,  $p = 0,563$ ,  $M_{\text{kontrolní}} = 3,61$ ,  $SD = 1,225$ ,  $M_{\text{experimentální}} = 3,41$ ,  $SD = 1,383$ , Cohenovo  $d = 0,153094$ ; sebeúčinnost v učení:  $t = -0,282$ ,  $df = 55$ ,  $p = 0,779$ ,  $M_{\text{kontrolní}} = 4,63$ ,  $SD = 1,427$ ,  $M_{\text{experimentální}} = 4,74$ ,  $SD = 1,415$ , Cohenovo  $d = 0,07741$ ; uvědomění vlastní zodpovědnosti při učení se:  $t = -0,107$ ,  $df = 55$ ,  $p = 0,915$ ,  $M_{\text{kontrolní}} = 3,71$ ,  $SD = 1,349$ ,  $M_{\text{experimentální}} = 3,75$ ,  $SD = 1,161$ , Cohenovo  $d = 0,031783$ ), viz též tabulka XI.

Tabulka XI: Dvojvýběrový *t*-test mezi kontrolní a experimentální skupinou u pre dotazníku.

		Leveneův test pro shodnost rozptylů		<i>t</i> -test shodnost průměrů						
		<i>F</i>	Sig. ( <i>p</i> -hodnota)	<i>t</i>	<i>Df</i> (stupně volnosti)	Sig. (dvoustranná) ( <i>p</i> -hodnota)	Rozdíl mezi průměry	Standardní chyba rozdílu	95% konfidenční interval	
									spodní	horní
Intrinsic_ motivation	Rozptyly jsou shodné	2,207	,143	1,451	55	,153	,446	,307	-,170	1,061
	Rozptyly nejsou shodné			1,420	46,814	,162	,446	,314	-,186	1,077
Self_ efficacy	Rozptyly jsou shodné	1,614	,209	,582	55	,563	,201	,346	-,492	,895
	Rozptyly nejsou shodné			,573	48,365	,569	,201	,351	-,505	,908
Extrinsic_ motivation	Rozptyly jsou shodné	,728	,397	-,282	55	,779	-,107	,380	-,868	,653
	Rozptyly nejsou shodné			-,283	51,914	,779	-,107	,379	-,868	,654
Control_ beliefs	Rozptyly jsou shodné	,780	,381	-,107	55	,915	-,036	,339	-,716	,643
	Rozptyly nejsou shodné			-,110	54,438	,913	-,036	,333	-,704	,631

**1B) Existence statisticky významného rozdílu mezi kontrolní a experimentální skupinou ve vztahu k odpovědím na položky z post dotazníku\_kla (dotazníku zaměřeného na klasický styl výuky):**

Stanovení nulové a alternativní hypotézy:

- $H_0$ : Odpovědi žáků experimentální a kontrolní skupiny na položky z post dotazníku\_kla se v průměru neliší.
- $H_1$ : Odpovědi žáků experimentální a kontrolní skupiny na položky z post dotazníku\_kla se v průměru liší.

Vzhledem k povaze dat byl opět použit dvojvýběrový *t*-test, který byl aplikován na získaná data z post dotazníku\_kla. Výsledky testu též nezamítly nulovou hypotézu. Prostřednictvím dvojvýběrového *t*-testu se zjistilo (resp. zvoleným testem se nevyvrátilo), že mezi žáky experimentálních a kontrolních tříd neexistuje na počátku výzkumu ani u jedné sledované škály post dotazníku\_kla statisticky významný rozdíl (zájem/potěšení:  $t = -1,719$ ,  $df = 48$ ,  $p = 0,092$ ,  $M_{kontrolní} = 3,37$ ,  $SD = 1,14$ ,  $M_{experimentální} = 3,9$ ,  $SD = 1,004$ , Cohenovo  $d = 0,4934$ ; úsilí/důležitost:  $t = -1,439$ ,  $df = 48$ ,  $p = 0,157$ ,  $M_{kontrolní} = 3,66$ ,  $SD = 1,066$ ,  $M_{experimentální} = 4,09$ ,  $SD = 1,046$ , Cohenovo  $d = 0,4072$ ; uvědomění si svých schopností:  $t = -0,158$ ,  $df = 48$ ,  $p = 0,875$ ,  $M_{kontrolní} = 4,37$ ,  $SD = 1,028$ ,  $M_{experimentální} = 4,42$ ,  $SD = 1,043$ , Cohenovo  $d = 0,0483$ ; hodnota/užitečnost:  $t = -0,887$ ,  $df = 48$ ,  $p = 0,380$ ,  $M_{kontrolní} = 3,50$ ,  $SD = 1,13$ ,  $M_{experimentální} = 3,76$ ,  $SD = 0,913$ , Cohenovo  $d = 0,2531$ ), viz tabulka XII.

Tabulka XII: Dvojvýběrový *t*-test mezi kontrolní a experimentální skupinou u post dotazníku\_kla.

		Leveneův test pro shodnost rozptylů		<i>t</i> -test shodnost průměrů						
		<i>F</i>	Sig. ( <i>p</i> -hodnota)	<i>t</i>	<i>Df</i> (stupně volnosti)	Sig. (dvoustranná) ( <i>p</i> -hodnota)	Rozdíl mezi průměry	Standard ní chyba rozdílu	95% konfidenční interval	
									spodní	horní
Interest_kla	Rozptyly jsou shodné	<b>,091</b>	<b>,764</b>	<b>-1,719</b>	<b>48</b>	<b>,092</b>	<b>-,530</b>	<b>,308</b>	<b>-1,150</b>	<b>,090</b>
	Rozptyly nejsou shodné			-1,746	47,319	,087	-,530	,304	-1,141	,081
Effort_kla	Rozptyly jsou shodné	<b>,028</b>	<b>,868</b>	<b>-1,439</b>	<b>48</b>	<b>,157</b>	<b>-,434</b>	<b>,301</b>	<b>-1,040</b>	<b>,172</b>
	Rozptyly nejsou shodné			-1,443	45,626	,156	-,434	,301	-1,039	,172
Competence_kla	Rozptyly jsou shodné	<b>,078</b>	<b>,781</b>	<b>-,158</b>	<b>48</b>	<b>,875</b>	<b>-,047</b>	<b>,295</b>	<b>-,639</b>	<b>,546</b>
	Rozptyly nejsou shodné			-,158	44,943	,875	-,047	,295	-,641	,548
Value_kla	Rozptyly jsou shodné	<b>1,608</b>	<b>,211</b>	<b>-,887</b>	<b>48</b>	<b>,380</b>	<b>-,263</b>	<b>,296</b>	<b>-,859</b>	<b>,333</b>
	Rozptyly nejsou shodné			-,910	47,949	,368	-,263	,289	-,844	,318

## 2) Rozdíl mezi tradiční a experimentální výukou ve vztahu k vnitřní motivaci žáků

Vzhledem k tomu, že žáci kontrolní i experimentální skupiny byly ve vztahu ke zkoumané vnitřní motivaci a motivačním orientacím na počátku předvýzkumného šetření vyrovnání, byl následně zkoumán vliv experimentální výuky na žáky experimentální skupiny. Byla hledána odpověď na otázku VO1\_2: *Existuje statisticky významný rozdíl u žáků experimentální skupiny mezi kontrolní vyučovací hodinou a první experimentální vyučovací hodinou ve vztahu k vnitřní motivaci žáků? Je tento rozdíl věcně významný?*

Stanovení nulové a alternativní hypotézy:

- $H_0$ : Odpovědi žáků na položky z post dotazníku\_kla a post dotazníku\_exp\_1 se neliší (medián diferencí je roven nule).
- $H_1$ : Odpovědi žáků na položky z post dotazníku\_kla a post dotazníku\_exp\_1 se liší (medián diferencí je různý od nuly).

Protože některá data z post dotazníku\_exp\_1 neměla distribuci normálního rozdělení, nemohly být použity parametrické testy, v tomto případě párový  $t$ -test, ale byl použit neparametrický párový Wilcoxonův test. Výsledky párového Wilcoxonova testu zamítly nulovou hypotézu. Porovnáním dat získaných vyplněním post dotazníku\_kla a post dotazníku\_exp\_1 u žáků obou experimentálních tříd se zjistilo, že u všech sledovaných škál existuje statisticky významný rozdíl mezi odpověďmi sesbíranými po skončení tradiční vyučovací hodiny a odpověďmi sesbíranými po skončení experimentální vyučovací hodiny s podporou aplikace Corinth (zájem/potěšení:  $Z = -3,408$ ,  $N = 30$  (15+15),  $p = 0,001$ ,  $Md_{tradiční} = 3,50$ ,  $Md_{experimentální} = 6,68$ ,  $r = 0,62$ , Cohenovo  $d = 1,58$ ; úsilí/důležitost:  $Z = -3,012$ ,  $N = 30$  (15+15),  $p = 0,003$ ,  $Md_{tradiční} = 3,90$ ,  $Md_{experimentální} = 5,26$ ,  $r = 0,55$ , Cohenovo  $d = 1,32$ ; uvědomění si svých schopností:  $Z = -2,415$ ,  $N = 30$  (15+15),  $p = 0,003$ ,  $Md_{tradiční} = 4,29$ ,  $Md_{experimentální} = 5,88$ ,  $r = 0,44$ ; hodnota/užitečnost:  $Z = 3,408$ ,  $N = 30$  (15+15),  $p = 0,001$ ,  $Md_{tradiční} = 3,71$ ,  $Md_{experimentální} = 6,68$ ,  $r = 0,62$ , Cohenovo  $d = 1,58$ ), viz tabulka XIII.

Tabulka XIII: Párový Wilcoxonův test (Wilcoxon Signed Ranks Test) – porovnání dat mezi post dotazníkem\_kla a post dotazníkem\_exp\_1.

	Interest_exp_1 – Interest_kla (zájem/potěšení o probíranou látku)	Effort_exp_1 – Effort_kla (úsilí/důležitost probírané látky)	Competence_exp_1 – Competence_kla (uvědomění si svých schopností)	Value_exp_1 – Value_kla (hodnota/užitečnost probírané látky)
<i>Md<sub>tradiční</sub></i> (medián klasická vyuč. hodina)	3,50	3,90	4,29	3,71
<i>SD</i> (směrod. odch. <i>Md<sub>tradiční</sub></i> )	1,104	1,069	1,024	1,038
<i>Md<sub>experimentální</sub></i> (medián 1. experim. vyuč. hodina)	6,68	5,26	5,88	6,68
<i>SD</i> (směrod. odch. <i>Md<sub>experimentální</sub></i> )	,679	1,298	1,024	,694
<i>N<sub>tradiční</sub></i> (počet validních dotazníků z klasické vyuč. hodiny)	50	50	50	50
<i>N<sub>experimentální</sub></i> (počet validních dotazníků z 1. experim. vyuč. hodiny)	16	16	16	16
<i>N počet porovnání</i>	15	15	15	15
<i>Z</i>	-3,408b	-3,012b	-2,415b	-3,408b
<i>p</i> -hodota (oboustranná)	,001	,003	,016	,001
<i>r</i> ( $r = Z / \sqrt{N}$ )	,62	,55	,44	,62
$\eta^2 = Z^2 / (N - 1)$	,400	,313	,201	,400
Cohenovo <i>d</i>	1,58	1,32	,98	1,58

b. založeno na záporné diferenci.

### 3) Vliv experimentální výuky s časovým odstupem

Mezi kontrolní vyučovací hodinou a první experimentální vyučovací hodinou byl sice v rámci předvýzkumu zaznamenán statisticky významný rozdíl, nicméně je vhodné zkoumat též, jak se tento vliv experimentální výuky mění s časovým odstupem (ve výuce delší působení zkoumané pomůcky). Byla hledána odpověď na otázku VO1\_3: *Existuje statisticky významný rozdíl u žáků experimentální skupiny mezi první experimentální vyučovací hodinou a poslední experimentální vyučovací hodinou ve vztahu k vnitřní motivaci žáků? Je tento rozdíl věcně významný?*

Stanovení nulové a alternativní hypotézy:

- $H_0$ : Odpovědi žáků na položky z post dotazníku\_exp\_1 a post dotazníku\_exp\_2 se nelišily (medián diferencí je roven nule).
- $H_1$ : Odpovědi žáků na položky z post dotazníku\_exp\_1 a post dotazníku\_exp\_2 se lišily (medián diferencí je různý od nuly).

Zda pozitivní vliv aplikace klesá s frekvencí jejího užívání v průběhu delšího časové období, bylo posuzováno u žáků obou experimentálních tříd předvýzkumu vzhledem k povaze dat prostřednictvím neparametrického párového Wilcoxonova testu. Tento test porovnával sesbíraná data získaná z post dotazníku\_exp zadaného na začátku předvýzkumu (post dotazník\_exp\_1) s daty získanými ze stejného dotazníku avšak zadaného na konci předvýzkumu (post dotazník\_exp\_2). Výsledky párového Wilcoxonova testu nezamítly nulovou hypotézu (zájem/potěšení:  $Z = -1,785$ ,  $N = 24$  (12+12),  $p = 0,074$ ,  $Md_{\text{začátek}} = 6,68$ ,  $Md_{\text{konec předvýzkumu}} = 6,14$ ,  $r = 0,364$ , Cohenovo  $d = 0,782$ ; úsilí/důležitost:  $Z = -0,353$ ,  $N = 24$  (12+12),  $p = 0,724$ ,  $Md_{\text{začátek}} = 5,26$ ,  $Md_{\text{konec předvýzkumu}} = 5,7$ ,  $r = 0,072$ , Cohenovo  $d = 0,144$ ; uvědomění si svých schopností:  $Z = -0,267$ ,  $N = 24$  (12+12),  $p = 0,789$ ,  $Md_{\text{začátek}} = 5,88$ ,  $Md_{\text{konec předvýzkumu}} = 5,75$ ,  $r = 0,055$ ; Cohenovo  $d = 0,110$ , hodnota/užitečnost:  $Z = -1,782$ ,  $N = 24$  (12+12),  $p = 0,075$ ,  $Md_{\text{začátek}} = 6,68$ ,  $Md_{\text{konec předvýzkumu}} = 6,14$ ,  $r = 0,364$ , Cohenovo  $d = 0,782$ ), viz tabulka XIV.

Tabulka XIV: Párový Wilcoxonův test (Wilcoxon Signed Ranks Test) – porovnání dat mezi post dotazníkem\_exp\_1 a post dotazníkem\_exp\_2.

	Interest_exp_2 – Interest_exp_1 (zájem/potěšení o probíranou látku)	Effort_exp_2 – Effort_exp_1 (úsilí/důležitost probírané látky)	Competence_exp_2 – Competence_exp_1 (uvědomění si svých schopností)	Value_exp_2 – Value_exp_1 (hodnota/užitečnost probírané látky)
<i>Md</i> <sub>začátek</sub> (medián první experim. vyuč. hodina)	6,68	5,26	5,88	6,68
<i>SD</i> (směrod. odch. <i>Md</i> <sub>začátek</sub> )	,679	1,298	1,024	,694
<i>Md</i> <sub>konec předvýzkumu</sub> (medián poslední experim. vyuč. hodina)	6,14	5,70	5,75	6,14
<i>SD</i> (směrod. odch. <i>Md</i> <sub>konec předvýzkumu</sub> )	1,104	1,069	1,024	1,104
<i>N</i> <sub>začátek</sub> (počet validních dotazníků z první experim. vyuč. hodiny)	16	16	16	16
<i>N</i> <sub>konec předvýzkumu</sub> (počet validních dotazníků z poslední experim. vyuč. hodiny)	19	19	19	19
Počet porovnání	12	12	12	12
<i>Z</i>	-1,785b	-0,353b	-0,267b	-1,782b
<i>p</i> -hodota (oboustranná)	,074	,724	,789	,075
<i>r</i> ( $r = Z / \sqrt{N}$ )	,364	,072	,055	,364
$\eta^2 = Z^2 / (N - 1)$	,139	,0054	,0031	,138
Cohenovo <i>d</i>	,782	,144	,110	,782

b. založeno na záporné diferenci.



#### 4) Vliv různých faktorů (pohlaví žáka, předmět, ročník, učitel) na vnímání experimentální výuky ve vztahu k vnitřní motivační orientaci

V rámci předvýzkumu se zkoumal vliv potenciálních moderujících proměnných na vnitřní motivaci žáka tedy, zda tento vliv není výrazně odlišný v závislosti na různých faktorech. Konkrétně byla hledána odpověď na otázku VO2\_1: *Jaký je vliv faktorů (pohlaví žáka, vyučovaný předmět, studovaný ročník) na vnímání experimentální výuky ve vztahu k vnitřní motivaci žáků?* (Otázká zkoumá vliv potenciálních moderujících proměnných.)

Vlivy potenciálních moderujících proměnných jsou rozepsány v části 4A až 4C.

##### 4A) Vliv pohlaví žáka

Stanovení nulové a alternativní hypotézy:

- $H_0$ : Odpovědi žáků na položky z post dotazníků se nelišily v závislosti na tom, zda žákem byla dívka či chlapec. (medián diferencí je roven nule)
- $H_1$ : Odpovědi žáků na položky z post dotazníků se lišily v závislosti na tom, zda žákem byla dívka či chlapec. (medián diferencí je různý od nuly)

Vzhledem k povaze některých dat byl použit neparametrický dvojitý Mannův Whitneyův  $U$  test. Nulová hypotéza byla testem zamítnuta pouze u jediné sledované škály z dvanácti. Jednalo se o škálu úsilí/důležitost, která se vztahovala k poslední experimentální vyučovací hodině (Effort\_exp\_2) ( $p$  hodnota je nižší než 0,5, viz tabulka XV), což znamená, že v rámci předvýzkumu nebylo zjištěno, že by pohlaví žáka mělo statisticky signifikantní vliv na zájem žáka o probíranou látku, na ochotě vkládat do porozumění úsilí, uvědomění si svých nabytých schopností ve vztahu k probírané látce a vnímání významu probírané látky jak v klasické vyučovací hodině, tak v hodinách experimentálních (vyjma výše uvedeného rozdílu).

Nicméně, je vhodné se vzhledem k počtu žáků zaměřit spíše na věcnou významnost.

Zjistilo se, že vzhledem k věcné významnosti, dívky v **klasické vyučovací hodině** byly více ochotné vkládat úsilí do průběhu výuky než chlapci (tento rozdíl je středně veliký,  $d = 0,5$ ). Na druhou stranu chlapci si v klasické vyučovací hodině mnohem více uvědomovali své schopnosti (pocit zvládnutí učiva) než dívky (tento rozdíl je středně veliký,  $d = 0,5$ ).

V **první experimentální hodině** dívky opět byly více ochotné vkládat úsilí do průběhu výuky (tento rozdíl je středně veliký,  $d = 0,43$ ) a taktéž si dívky mnohem více uvědomovaly své schopnosti než chlapci (nicméně tento rozdíl je spíše malý,  $d = 0,32$ ), což bylo v kontrastu s výsledky z klasické vyučovací hodiny.

V **poslední experimentální hodině** dívky byly mnohem více ochotné vkládat úsilí do průběhu výuky než chlapci (tento rozdíl je velmi veliký,  $d = 1,2$ ) a zároveň dívky si více uvědomovaly hodnotu probírané látky (tento rozdíl je však spíše malý,  $d = 0,28$ ).

Nicméně počty porovnání v rámci předvýzkumu byly malé, což snižuje statistickou sílu výsledků.

Tabulka XV: Dvojvýběrový Mannův Whitneyův  $U$  test (Výsledky z post dotazníků v závislosti na proměnné pohlaví žáka).

	Interest _kla	Effort _kla	Competence _kla	Value _kla	Interest _exp_1	Effort _exp_1	Competence _exp_1	Value _exp_1	Interest _exp_2	Effort _exp_2	Competence _exp_2	Value _exp_2
$Md_{dívky}$ (medián dívky)	3,68	4,10	4,25	3,82	6,68	5,91	6,21	6,39	6,14	6,10	5,83	6,21
$SD$ (směrod. odch. $Md_{dívky}$ )	1,052	,896	,867	,904	,620	1,033	,838	,695	1,203	1,163	1,106	1,035
$Md_{chlapani}$ (medián chlapani)	3,25	3,45	4,83	3,61	6,57	4,55	5,54	6,71	6,25	3,90	5,275	5,82
$SD$ (směrod. odch. $Md_{chlapani}$ )	1,168	1,177	1,105	1,164	,775	1,475	1,180	,740	,840	1,072	,834	,822
$N_{dívky}$ (počet validních dotazníků od dívek)	24	24	24	24	8	8	8	8	13	13	13	13
$N_{chlapani}$ (počet validních dotazníků od chlapečů)	26	26	26	26	8	8	8	8	6	6	6	6
Mann-Whitney $U$	292,500	225,000	226,000	279,000	31,000	20,500	23,500	30,500	37,000	13,000	29,500	32,000
Wilcoxon $W$	643,500	576,000	526,000	630,000	67,000	56,500	59,500	66,500	58,000	34,000	50,500	53,000
$Z$ (hodnota testové statistiky)	-,379b	-1,691b	-1,671c	-,641b	-,107b	-1,209b	-,893b	-,158c	-,177c	-2,283b	-,835b	-,616b
$p$ -hodnota (oboustranná)	,705	,091	,095	,521	,915	,227	,372	,874	,859	<b>,022</b>	,404	,538
$r$ ( $r = Z / \sqrt{N}$ )	,05	,24	,24	,09	,02	,21	,16	,028	,04	,52	,19	,14
Cohenovo $d$	,1	<b>,50</b>	<b>-,50</b>	,18	,04	<b>,43</b>	<b>,32</b>	,056	,08	<b>1,2</b>	<b>,39</b>	<b>,28</b>

b. založeno na záporné diferenci. c. založeno na pozitivní diferenci.

#### 4B) Vliv předmětu (přírodopis/chemie)

Stanovení nulové a alternativní hypotézy:

- $H_0$ : Odpovědi žáků na položky z post dotazníků se nelišily v závislosti na vyučovaném předmětu (přírodopis/chemie). (medián diferencí je roven nule)
- $H_1$ : Odpovědi žáků na položky z post dotazníků se lišily v závislosti na vyučovaném předmětu (přírodopis/chemie). (medián diferencí je různý od nuly)

Opět byl použit neparametrický párový Wilcoxonův test, který zamítnul platnost nulové hypotézy pouze u jedné sledované škály z dvanácti (Competence\_exp\_2). Prostřednictvím testu se zjistilo, že předmět (chemie a přírodopis) nemá statisticky významný vliv na výsledky post dotazníků (viz též tabulka XVI). Konkrétně na zájem žáka o probíranou látku, na ochotě vkládat do porozumění úsilí, uvědomění si svých nabytých schopností ve vztahu k probírané látce a vnímání významu probírané látky nemělo statisticky signifikantní vliv, ve kterém předmětu (přírodopis/chemie) byl předvýzkum realizován.

Nicméně i zde, je vhodné se vzhledem k počtu žáků zaměřit spíše na věcnou významnost.

Zjistilo se, že vzhledem k věcné významnosti, žáci lépe hodnotili **klasičnou vyučovací hodinu** předmětu přírodopis než předmětu chemie, a to ve dvou sledovaných škálách: zájem žáků o probíranou látku a ochotě vkládat úsilí do průběhu výuky (nicméně tento rozdíl je spíše malý až střední,  $d = 0,305$ , resp.  $0,387$ ).

**V první experimentální hodině** byli žáci opět více ochotní vkládat úsilí do průběhu výuky předmětu přírodopis než předmětu chemie, avšak v předmětu chemie si více uvědomovali význam probírané látky než v předmětu přírodopis (rozdíly byly spíše malé až střední,  $d = 0,366$ , resp.  $d = 0,324$ ).

Obdobné trendy se projeví též **v poslední experimentální hodině**, při které žáci o něco lépe hodnotili zájem o probíranou látku v předmětu přírodopis (opět je rozdíl spíše malý, resp.  $0,389$ ), poměrně více byli žáci ochotni vkládat úsilí do průběhu výuky (tento rozdíl je malý až středně veliký,  $d = 0,579$ ) a zároveň si mnohem více uvědomovali své schopnosti (tento rozdíl je veliký,  $d = 0,814$ ) v předmětu přírodopis než v předmětu chemie. Rozdíl může být dávat větší abstraktností chemie oproti přírodopisu a též všeobecné (ne)oblíbenosti předmětu chemie jako takového.

Nicméně počty porovnání v rámci předvýzkumu byly malé, což snižuje statistickou sílu výsledků.

Tabulka XVI: Párový Wilcoxonův test (Výsledky z post dotazníků v závislosti na proměnné předmět).

	Interest _kla	Effort _kla	Competence _kla	Value _kla	Interest _exp_1	Effort _exp_1	Competence _exp_1	Value _exp_1	Interest _exp_2	Effort _exp_2	Competence _exp_2	Value _exp_2
$Md_{biologie}$ (medián předmět přírodopis)	4,00	3,80	4,67	3,86	6,14	5,40	6,00	6,14	6,64	6,10	6,00	6,21
$SD$ (směrod. odch. $Md_{biologie}$ )	1,163	1,164	1,306	1,156	,806	1,453	1,243	,811	1,220	1,534	1,146	,909
$Md_{chemie}$ (medián předmět chemie)	3,29	3,80	4,33	3,71	6,43	4,60	5,50	6,57	6,21	5,30	5,00	6,00
$SD$ (směrod. odch. $Md_{chemie}$ )	1,454	1,448	1,355	1,210	,713	1,454	1,243	,832	1,24718	1,506	1,248	1,076
$N_{biologie}$ (počet validních dotazníků z předmětu přírodopis)	55	55	55	55	21	21	21	21	22	22	22	22
$N_{chemie}$ (počet validních dotazníků z předmětu chemie)	55	55	55	55	23	23	23	23	24	24	24	24
Počet porovnání	50	50	50	50	16	16	16	16	19	19	19	19
$Z$	-1,509b	-,689b	-1,897b	-,648b	-,717c	-,491b	-1,017b	-,906c	-1,179b	-1,711b	-2,326b	-,485b
$p$ -hodota (oboustranná)	,131	,491	,058	,517	,474	,623	,309	,365	,238	,087	<b>,020</b>	,628
$r$	,151	,069	,19	,065	,127	,087	,180	,160	,191	,278	,377	,079
Cohenovo $d$	<b>,305</b>	,138	<b>,387</b>	,130	-,256	,175	<b>,366</b>	<b>-,324</b>	<b>,389</b>	<b>,579</b>	<b>,814</b>	,158

b. založeno na záporné diferenci.

c. založeno na pozitivní diferenci.

#### 4C) Vliv ročníku (8./9. ročník ZŠ)

Stanovení nulové a alternativní hypotézy:

- $H_0$ : Odpovědi žáků 8. a 9. ročníku na položky z post dotazníků se nelišily. (medián diferencí je roven nule)
- $H_1$ : Odpovědi žáků 8. a 9. ročníku na položky z post dotazníků se lišily. (medián diferencí je různý od nuly)

Vzhledem k povaze některých dat byl použit neparametrický dvojvýběrový Mannův Whitneyův  $U$  test. Nulová hypotéza byla opět testem zamítnuta pouze u jediné sledované škály z dvanácti. Jednalo se o škálu úsilí/důležitost, která se vztahovala k poslední experimentální vyučovací hodině (Value\_exp\_2) ( $p$  hodnota je nižší než 0,5, viz tabulka XVII), což znamená, že studovaný ročník žáka nemá **statisticky signifikantní** vliv na zájem žáka o probíranou látku, na ochotě vkládat do porozumění úsilí, uvědomění si svých nabytých schopností ve vztahu k probírané látce a vnímání významu probírané látky jak v klasické vyučovací hodině, tak v hodinách experimentálních (vyjma výše uvedeného rozdílu).

Nicméně, opět je vhodné se vzhledem k počtu žáků zaměřit na věcnou významnost.

Zjistilo se, že vzhledem k věcné významnosti, žáci 9. ročníku **v klasické vyučovací hodině** projevovali větší zájem o probíranou látku (tento rozdíl je středně veliký,  $d = 0,54$ ), více si uvědomovali své schopnosti (pocit zvládnutí učiva) (tento rozdíl je malý až středně silný,  $d = 0,41$ ) a více si uvědomovali hodnotu probírané látky (rozdíl je středně veliký,  $d = 0,5$ ) než žáci 8. ročníku.

**V první experimentální hodině** žáci 9. ročníku projevovali mnohem větší zájem o probíranou látku (tento rozdíl je veliký,  $d = 0,93$ ) a mnohem více si uvědomovali hodnotu probírané látky (tento rozdíl je veliký,  $d = 0,94$ ) než žáci 8. ročníku.

**V poslední experimentální hodině** žáci 9. ročníku projevovali mnohem větší zájem o probíranou látku (tento rozdíl je veliký,  $d = 0,85$ ), více si uvědomovali své schopnosti (pocit zvládnutí učiva) (tento rozdíl je středně velký,  $d = 0,63$ ) a mnohem více si uvědomovali hodnotu probírané látky (rozdíl je velmi veliký,  $d = 1,09$ ) než žáci 8. ročníku.

Z výsledků je patrné, že žáci 9. ročníku všechny hodnocené vyučovací hodiny (klasické i experimentální) hodnotili lépe než žáci 8. ročníku.

Nicméně počty porovnání v rámci předvýzkumu byly malé, což snižuje statistickou sílu výsledků.

Tabulka XVII: Dvojvýběrový Mannův Whitneyův  $U$  test (Výsledky z post dotazníků v závislosti na studovaném ročníku).

	Interest _kla	Effort _kla	Competence _kla	Value _kla	Interest _exp_1	Effort _exp_1	Competence _exp_1	Value _exp_1	Interest _exp_2	Effort _exp_2	Competence _exp_2	Value _exp_2
$Md_{8, \text{ročník}}$ (medián 8. ročník)	3,18	3,80	4,17	3,57	6,07	5,43	5,58	6,00	6,14	4,90	5,00	5,07
$SD$ (směrod. odch. $Md_{8, \text{ročník}}$ )	1,088	1,092	1,024	1,007	,775	1,318	1,290	,703	1,307	1,325	1,188	1,082
$Md_{9, \text{ročník}}$ (medián 9. ročník)	3,96	3,95	4,63	3,93	6,86	4,60	5,92	6,79	6,64	5,75	5,75	6,39
$SD$ (směrod. odch. $Md_{9, \text{ročník}}$ )	1,071	1,061	,982	1,037	,526	1,350	,816	,607	,591	1,376	,770	,490
$N_{8, \text{ročník}}$ (počet validních dotazníků z 8. ročníku)	28	28	28	28	7	7	7	7	9	9	9	9
$N_{9, \text{ročník}}$ (počet validních dotazníků z 9. ročníku)	22	22	22	22	9	9	9	9	10	10	10	10
Mann-Whitney $U$	215,000	295,500	236,500	210,500	16,000	26,500	28,500	15,500	24,500	45,000	29,000	19,500
Wilcoxon $W$	621,000	701,500	642,500	616,500	44,000	71,500	56,500	43,500	69,500	100,000	74,000	64,500
$Z$ (hodnota testové statistiky)	-1,818c	-,245c	-1,398c	-1,908c	-1,665c	-,530b	-,318c	-1,701c	-1,690c	,000b	-1,309c	-2,089c
$p$ -hodnota (oboustranná)	,069	,807	,162	,056	,096	,596	,751	,089	,091	1,000	,191	,037
$r$ ( $r = Z / \sqrt{N}$ )	,26	,035	,20	,27	,42	,13	,08	,425	,39	0	,30	,48
Cohenovo $d$	<b>-,54</b>	-,07	<b>-,41</b>	<b>-,56</b>	<b>-,93</b>	,26	-,16	<b>-,94</b>	<b>-,85</b>	0	<b>-,63</b>	<b>-1,09</b>

b. založeno na záporné diferenci.

c. založeno na pozitivní diferenci.

## Příloha 17 – Analýza pretestů a posttestů

### 1) Rozdíl mezi kontrolní a experimentální skupinou na počátku předvýzkumu ve vztahu ke vstupním znalostem

Nejprve bylo zapotřebí zjistit, jaký je **výchozí stav sledovaných žáků** ve vztahu k jejich znalostem v oblasti aktuálně probírané látky. Byla hledána odpověď na výzkumnou otázku *VO3\_1: Existuje statisticky významný rozdíl mezi žáky kontrolní a experimentální skupiny ve výsledcích z pretestu, tedy před započítáním výzkumného šetření? Je tento rozdíl věcně významný?*

Byla stanovena nulová a alternativní hypotéza:

- $H_0$ : Rozdíl výsledků dosažených v rámci pretestů se mezi žáky kontrolní a experimentální skupiny v průměru neliší.
- $H_1$ : Rozdíl výsledků dosažených v rámci pretestů se mezi žáky kontrolní a experimentální skupiny v průměru liší.

Vzhledem k povaze dat byl použit dvojbýřerový *t*-test, prostřednictvím kterého bylo zjiřtěno, že mezi žáky kontrolní a experimentální skupiny nebyl zjiřtěn statisticky významný rozdíl ve výsledcích znalostních pretestů, nulová hypotéza nebyla zamítnuta (pretest chemie:  $t = -0,192$ ,  $df = 54$ ,  $p = 0,848$ ,  $M_{\text{kontrolní}} = 4,29$ ,  $SD = 2,532$ ,  $M_{\text{experimentální}} = 4,44$ ,  $SD = 3,292$ , Cohenovo  $d = 0,051$ ; pretest přírodopis:  $t = -1,283$ ,  $df = 54$ ,  $p = 0,205$ ,  $M_{\text{kontrolní}} = 15,55$ ,  $SD = 5,954$ ,  $M_{\text{experimentální}} = 17,52$ ,  $SD = 5,402$ , Cohenovo  $d = 0,35$ ), viz tabulka XVIII.

Tabulka XVIII: Dvojbýřerový *t*-test mezi kontrolní a experimentální skupinou u pretestu z chemie a přírodopisu.

		Leveneův test pro shodnost rozptylů		<i>t</i> -test shodnost průměrů						
		<i>F</i>	Sig. ( <i>p</i> -hodnota)	<i>t</i>	<i>Df</i> (stupně volnosti)	Sig. (dvoustranná) ( <i>p</i> -hodnota)	Rozdíl mezi průměry	Standardní chyba rozdílu	95% konfidenční interval	
Pretest									spodní	horní
Pretest chemie	Rozptyly jsou shodné	1,544	,219	-,192	54	<b>,848</b>	-,150	,778	-1,710	1,410
	Rozptyly nejsou shodné			-,187	44,297	,852	-,150	,800	-1,762	1,463
Pretest přírodopis	Rozptyly jsou shodné	,113	,738	-1,283	54	<b>,205</b>	-1,972	1,536	-5,052	1,109
	Rozptyly nejsou shodné			-1,297	53,209	,200	-1,972	1,520	-5,020	1,077

## 2) Posun ve znalostech žáků

Následně bylo zjišťováno, jaký byl rozdíl v dosažených výsledcích mezi pretesty a posttesty. Jinými slovy se sledovalo, jak se změnil analyzované znalosti žáků mezi začátkem a koncem předvýzkumu jak v kontrolní, tak též v experimentální skupině. Byla hledána odpověď na výzkumnou otázku VO3\_2: *Existuje statisticky významný rozdíl mezi pretesty a posttesty? Je tento rozdíl věcně významný?*

Byla stanovena nulová a alternativní hypotéza:

- $H_0$ : Rozdíly mezi výsledky dosaženými v rámci pretestu a posttestu se v průměru neliší.
- $H_1$ : Rozdíly mezi výsledky dosaženými v rámci pretestu a posttestu se v průměru liší.

Zcela očekávaně, žáci kontrolní i experimentální skupiny dosáhli na konci předvýzkumu statisticky významně lepších výsledků než na jeho začátku, což potvrdil párový  $t$ -test, který zamítnul nulovou hypotézu (Kontrolní skupina: pretest chemie:  $t = -10,059$ ,  $df = 28$ ,  $p = 0,000$ ,  $M_{\text{začátek}} = 4,52$ ,  $SD = 2,444$ ,  $M_{\text{konec}} = 16,483$ ,  $SD = 7,44$ , Cohenovo  $d = 2,16$ ; pretest přírodopis:  $t = -5,607$ ,  $df = 20$ ,  $p = 0,000$ ,  $M_{\text{začátek}} = 15,86$ ,  $SD = 6,247$ ,  $M_{\text{konec}} = 26,05$ ,  $SD = 11,205$ , **Cohenovo  $d = 1,12$** ; Experimentální skupina: pretest chemie:  $t = -11,709$ ,  $df = 22$ ,  $p = 0,000$ ,  $M_{\text{začátek}} = 4,74$ ,  $SD = 3,264$ ,  $M_{\text{konec}} = 25,717$ ,  $SD = 7,536$ , **Cohenovo  $d = 3,61$** ; pretest přírodopis:  $t = -8,243$ ,  $df = 22$ ,  $p = 0,000$ ,  $M_{\text{začátek}} = 17,43$ ,  $SD = 5,467$ ,  $M_{\text{konec}} = 29,22$ ;  $SD = 8,474$ , **Cohenovo  $d = 1,65$** ), viz tabulka XIX.

Tabulka XIX: Párový  $t$ -test mezi pretesty a posttesty (rozděleno na experimentální a kontrolní skupinu).

Skupina			Párový test				$t$	$df$	Sig. dvoustranná ( $p$ -hodnota)	
			Rozdíl mezi průměry	Standardní odchylka	Standardní chyba	95% konfidenční interval				
						spodní				spodní
kontrolní	Pár 1	Pretest chemie vs. Posttest chemie	-11,966	6,406	1,190	-14,402	-9,529	-10,059	28	,000
	Pár 2	Pretest přírodopis vs. Posttest přírodopis	-10,190	8,328	1,817	-13,982	-6,399	-5,607	20	,000
experimentální	Pár 1	Pretest chemie vs. Posttest chemie	-20,978	8,592	1,792	-24,694	-17,263	-11,709	22	,000
	Pár 2	Pretest přírodopis vs. Posttest přírodopis	-11,783	6,855	1,429	-14,747	-8,818	-8,243	22	,000



### 3) Rozdíl mezi kontrolní a experimentální skupinou po realizaci předvýzkumu ve vztahu k výstupním znalostem

Polední (třetí) krok vedl ke zjištění, zda účinnější metoda výuky byla zvolena v kontrolní či experimentální skupině. Zjišťovalo se, zda po realizaci předvýzkumu existuje mezi žáky kontrolní a experimentální skupiny rozdíl mezi dosaženými znalostmi – tedy ve výsledcích z posttestů. Konkrétně byla hledána odpověď na výzkumnou otázku *VO3\_3: Existuje statisticky významný rozdíl mezi žáky kontrolní a experimentální skupiny ve výsledcích z posttestu, tedy po realizaci výzkumného šetření? Je tento rozdíl věcně významný?*

Následovalo srovnání výsledků posttestů mezi žáky kontrolní a experimentální skupiny. K tomu účelu byla stanovena nulová a alternativní hypotéza:

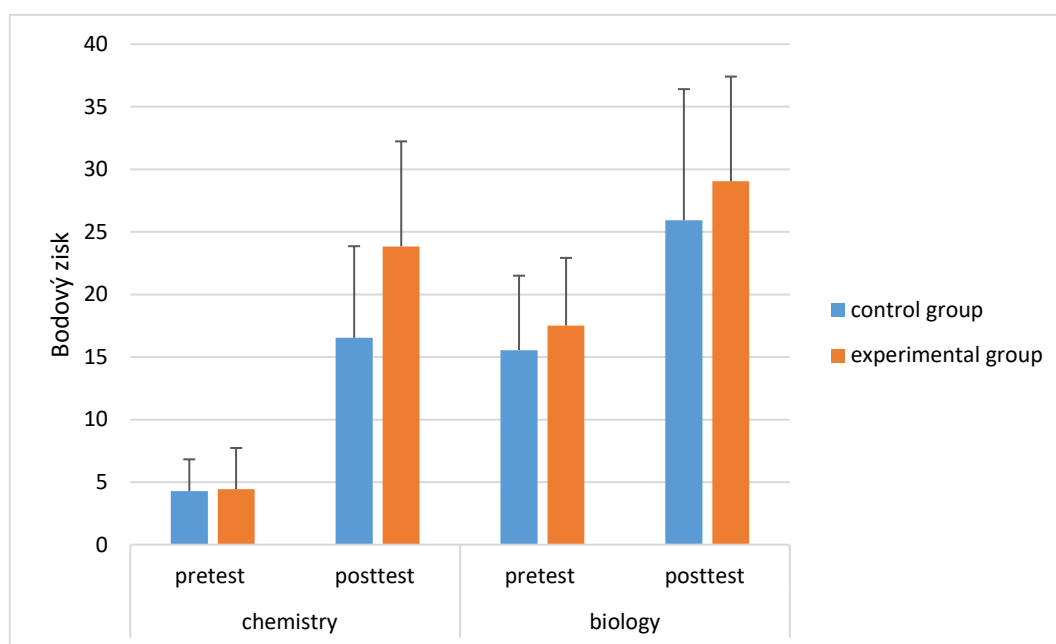
- $H_0$ : Rozdíl výsledků dosažených v rámci posttestů se mezi žáky kontrolní a experimentální skupiny v průměru neliší.
- $H_1$ : Rozdíl výsledků dosažených v rámci posttestů se mezi žáky kontrolní a experimentální skupiny v průměru liší.

Znalostní testy pro předmět chemie byly sloučeny, sloučení bylo uděláno i u znalostních testů z přírodopisu. Prostřednictvím dvojvýběrového  $t$ -testu se zjistilo, že v testech zaměřených na chemii byla nulová hypotéza zamítnuta, avšak v testech zaměřených na přírodopis nulová hypotéza zamítnuta nebyla (posttest chemie:  $t = -3,601$ ,  $df = 58$ ,  $p = \mathbf{0,001}$ ,  $M_{\text{kontrolní}} = 16,531$ ,  $SD = 7,326$ ,  $M_{\text{experimentální}} = 23,839$ ,  $SD = 8,394$ , **Cohenovo  $d = 0,928$** ; posttest přírodopis:  $t = -1,189$ ,  $df = 50$ ,  $p = \mathbf{0,240}$ ,  $M_{\text{kontrolní}} = 25,92$ ,  $SD = 10,488$ ,  $M_{\text{experimentální}} = 29,04$ ,  $SD = 8,373$ , **Cohenovo  $d = 0,327$** , viz tab. XX).

Tabulka XX: Dvojvýběrový  $t$ -test mezi kontrolní a experimentální skupinou u posttestu z chemie a přírodopisu.

Posttest		Leveneův test pro shodnost rozptylů		t-test shodnost průměrů						
		F	Sig. (p-hodnota)	t	df (stupně volnosti)	Sig. (dvoustranná) (p-hodnota)	Rozdíl mezi průměry	Standardní chyba rozdílu	95% konfidenční interval	
									spodní	horní
Posttest chemie	Rozptyly jsou shodné	,071	,791	-3,601	58	<b>,001</b>	-7,308	2,029	-11,370	-3,246
	Rozptyly nejsou shodné			-3,569	54,067	,001	-7,308	2,048	-11,414	-3,202
Posttest přírodopis	Rozptyly jsou shodné	1,087	,302	-1,189	50	<b>,240</b>	-3,117	2,622	-8,384	2,150
	Rozptyly nejsou shodné			-1,178	45,924	,245	-3,117	2,645	-8,442	2,208

Výsledky ze znalostních pretestů i posttestů z obou předmětů jsou shrnuty v grafu zobrazeném na obrázku I. V grafu jsou zobrazeny krabicové diagramy výsledků 4 testů (2 pretestů a 2 posttestů) s tím, že výsledky jsou rozděleny do dvou skupin – zvlášť pro předmět chemie a zvlášť pro předmět přírodopis. Modře jsou vždy uvedeny výsledky kontrolní skupiny, oranžově skupiny experimentální. Ze srovnání krabicových diagramů je patrné, že mezi kontrolní a experimentální skupinou nejsou významné rozdíly u znalostních pretestů (především patrné pro předmět chemie), avšak u znalostních posttestů jsou rozdíly patrnější (opět patrné především v chemii).



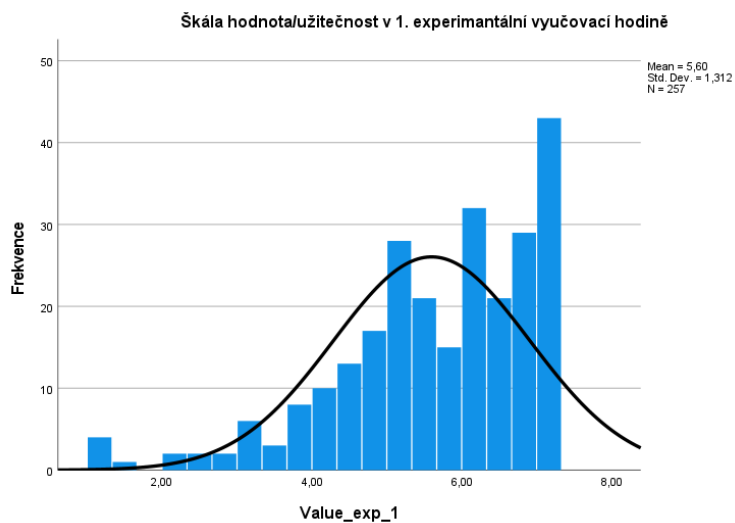
Obrázek I: Krabicové diagramy výsledků pretestů a posttestů.

## Příloha 18 – Histogramy (určování normality dat) – Hlavní výzkumné šetření

### Post dotazník\_exp\_1

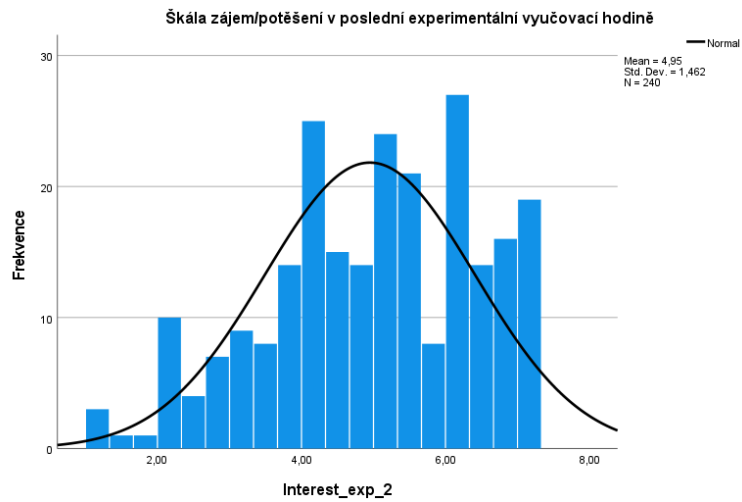


Obrázek II: Histogram proměnné Interest\_exp\_1, která znázorňuje zájem žáka o probíranou látku v první experimentální hodině.

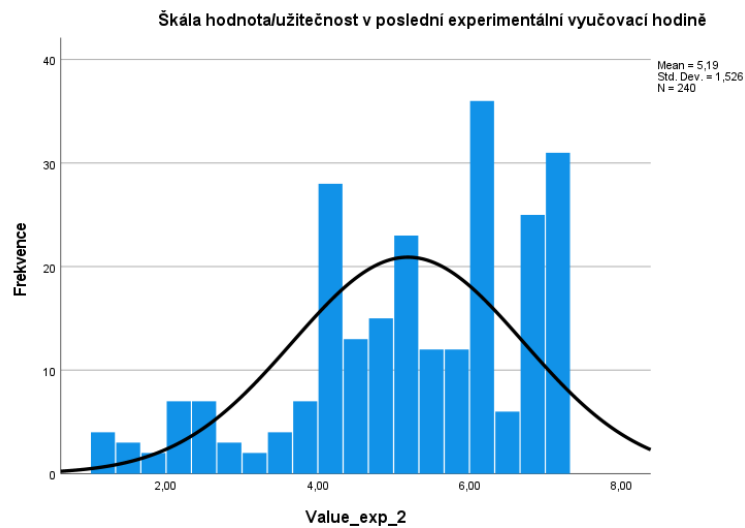


Obrázek III: Histogram proměnné Value\_exp\_1, která představuje žákovo vnímání hodnoty probírané látky v první experimentální hodině.

## Post dotazník\_exp\_2



Obrázek IV: Histogram proměnné Interest\_exp\_2, která znázorňuje zájem žáka o probíranou látku v poslední experimentální hodině.



Obrázek V: Histogram proměnné Value\_exp\_2, která znázorňuje žákovo vnímání hodnoty probírané látky v poslední experimentální hodině.

## Příloha 19 – Korelační analýza – Hlavní výzkumné šetření

**Korelace mezi škálami pre dotazníku** (tab. XXI): Všechny škály v pre dotazníku mezi sebou středně silně signifikantně korelují. Nejsilnější korelace je mezi škálami *Intrinsic\_motivation* a *Self\_efficacy* ( $\rho(478) = 0,588$ ). Z toho vyplývá, že vnitřní cílová motivace úzce souvisí s ochotou naučit se probíranou látku či se ji snažit porozumět (sebeúčinnost v učení). Druhá nejsilnější korelace byla naměřena mezi *Intrinsic\_motivation* a *Extrinsic\_motivation* ( $\rho(478) = 0,551$ ). Z toho vyplývá, že u žáků, kteří byli do výzkumu zapojeni, překvapivě koreluje vnitřní složka motivace (chci se něco naučit nejen pro známky, *Intrinsic\_motivation*), s vnější složkou motivace (učím se to pro známky, *Extrinsic\_motivation*). Žáci zapojení do výzkumného šetření byli motivováni jak vnitřně, tak též vnějšími vlivy (např. známkami).

Tabulka XXI: Korelace mezi položkami z pre dotazníku (tučně jsou zvýrazněné signifikantní korelace).

		<i>Self_efficacy</i>	<i>Extrinsic_motivation</i>	<i>Control_beliefs</i>
<i>Intrinsic_motivation</i>	Spearmanův korelační koeficient	<b>,588**</b>	<b>,551**</b>	<b>,485**</b>
	Sig. (oboustranná)	,000	,000	,000
	<i>N</i>	478	478	478
<i>Self_efficacy</i>	Spearmanův korelační koeficient		<b>,471**</b>	<b>,357**</b>
	Sig. (oboustranná)		,000	,000
	<i>N</i>		478	478
<i>Extrinsic_motivation</i>	Spearmanův korelační koeficient			<b>,427**</b>
	Sig. (oboustranná)			,000
	<i>N</i>			478

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

**Korelace mezi škálami post dotazníku\_kla** (tab. XXII): Všechny korelace mezi škálami post dotazníku\_kla, tedy v klasické vyučovací hodině, jsou signifikantní a velmi silné. Z toho vyplývá, že všechny škály (zájem žáka / úsilí žáka / uvědomění si svých schopností / hodnota probírané látky) v tradičních hodinách spolu velmi úzce souvisí. Nejsilnější korelace je mezi proměnnými *Interest\_kla* a *Value\_kla* ( $\rho(462) = 0,744$ ), což indikuje, že zájem žáka o probíranou látku velmi silně souvisí s pocíťováním významu této látky. Druhá nejsilnější korelace je mezi škálami *Effort\_kla* a *Competence\_kla* ( $\rho(462) = 0,697$ ). To lze interpretovat tak, že žákova ochota vynakládat úsilí během výuky úzce souvisí s tím, zdali má žák dobrý pocit ze svého výkonu. Třetí nejsilnější korelace je mezi škálami *Interest\_kla* a *Competence\_kla* ( $\rho(462) = 0,641$ ). Tato korelace říká, že pokud žák pocíťuje význam probírané látky, zároveň mnohem lépe zvládá práci během výuky (pocíťuje úspěch při výuce).

Tabulka XXII: Korelace mezi položkami z post dotazníku\_kla.

		Effort_kla	Competence_kla	Value_kla
Interest_kla	Spearmanův korelační koeficient	,578**	,641**	,744**
	Sig. (oboustranná)	,000	,000	,000
	N	462	462	462
Effort_kla	Spearmanův korelační koeficient		,697**	,474**
	Sig. (oboustranná)		,000	,000
	N		462	462
Competence_kla	Spearmanův korelační koeficient			,588**
	Sig. (oboustranná)			,000
	N			462

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

**Korelace škál pre dotazníku se škálami post dotazníku\_kla** (tab. XXIII): Korelace nejsou tak silné jako v rámci samotného pre dotazníku či samotného post dotazníku\_kla, nicméně i zde všechny sledované škály pre dotazníku signifikantně korelují se všemi škálami post dotazníku z klasické vyučovací hodiny. Středně silně až silně spolu koreluje vnitřní motivace žáka (Intrinsic\_motivation) s pocíťováním významu probírané látky (Value\_kla) a zájmem o probíranou látku (Interest\_kla): jsem ochotný/á se učit, pokud mě látka zajímá a cítím-li význam probíraného učiva. Dále středně silně koreluje proměnná Self\_efficacy se všemi škálami post dotazníku\_kla: žák, který má snahu se učit (Self\_efficacy), pocíťuje zájem o probíranou látku (Interest\_kla), je ochoten vkládat úsilí do probírané látky (Effort\_kla), zároveň si uvědomuje své schopnosti (Competence\_kla) a pocíťuje význam probírané látky (Value\_kla). Další korelace viz tab. XXIII.

Tabulka XXIII: Korelace mezi položkami z pre dotazníku a post dotazníku\_kla.

		Interest_kla	Effort_kla	Competence_kla	Value_kla
Intrinsic_motivation	Spearmanův korelační koeficient	,427**	,274**	,342**	,476**
	Sig. (oboustranná)	,000	,000	,000	,000
	N	408	408	408	408
Self_efficacy	Spearmanův korelační koeficient	,426**	,344**	,421**	,421**
	Sig. (oboustranná)	,000	,000	,000	,000
	N	408	408	408	408
Extrinsic_motivation	Spearmanův korelační koeficient	,322**	,266**	,335**	,439**
	Sig. (oboustranná)	,000	,000	,000	,000
	N	408	408	408	408
Control_beliefs	Spearmanův korelační koeficient	,269**	,099*	,176**	,351**
	Sig. (oboustranná)	,000	,046	,000	,000
	N	408	408	408	408

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

**Korelace mezi škálami post dotazníku\_exp\_1** (tab. XXIV): I v tomto případě stejně jako u post dotazníku\_kla (z klasické hodiny) i u post dotazníku\_exp\_1 (z první experimentální hodiny) jsou všechny korelace mezi škálami post dotazníku\_exp\_1 signifikantní a velmi silné. Z toho vyplývá, že všechny škály (zájem žáka / úsilí žáka / uvědomění si svých schopností / hodnota probírané látky) v první experimentální hodině, stejně jako v klasické hodině, spolu velmi úzce souvisí. Nejsilnější korelace byla naměřena mezi proměnnými Interest\_exp\_1 a Value\_exp\_1 ( $\rho(257) = 0,806$ ): zájem o probíranou látku v experimentální hodině velmi silně souvisel s pocíťováním užitečnosti této látky (tento vztah zde byl silnější než v klasické hodině). Druhá nejsilnější korelace byla naměřena mezi proměnnými Interest\_exp\_1 a Competence\_exp\_1 ( $\rho(257) = 0,625$ ): žáci projevují zájem o probíranou látku, právě když pocíťují, že jsou schopni danému učivu porozumět. Velmi silná korelace byla naměřena i mezi proměnnými Effort\_exp\_1 a Competence\_exp\_1 ( $\rho(257) = 0,617$ ): žáci byli ochotni vkládat úsilí do průběhu vyučování, právě když mají pocit, že učivo zvládají (tento vztah zde byl však o trochu slabší než v klasické hodině). Obdobně silný vztah byl naměřen i mezi proměnnými Competence\_exp\_1 a Value\_exp\_1 ( $\rho(257) = 0,612$ ): žáci pocíťují užitečnost probírané látky, právě když jsou schopni probíranému učivu porozumět.

Tabulka XXIV: Korelace mezi položkami z post dotazníku\_exp\_1.

		Effort_exp_1	Competence_exp_1	Value_exp_1
Interest_exp_1	Spearmanův korelační koeficient	,462**	,625**	,806**
	Sig. (oboustranná)	,000	,000	,000
	N	257	257	257
Effort_exp_1	Spearmanův korelační koeficient		,617**	,467**
	Sig. (oboustranná)		,000	,000
	N		257	257
Competence_exp_1	Spearmanův korelační koeficient			,612**
	Sig. (oboustranná)			,000
	N			257

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

**Korelace škál pre dotazníku se škálami post dotazníku\_exp\_1** (tab. XXV): Korelace opět nejsou tak silné jako v rámci samotného pre dotazníku či samotného post dotazníku\_exp\_1, nicméně i zde všechny sledované škály pre dotazníku signifikantně korelují se všemi škálami post dotazníku z první experimentální vyučovací hodiny. Nejsilněji spolu korelují Self\_efficacy s Competence\_exp\_1 ( $r(221) = 0,478$ ), což je očekávaná korelace: žák, který má snahu se učit si zároveň uvědomuje své schopnosti (obdobně silná korelace byla nalezena mezi stejnými položkami Self\_efficacy a Competence\_kla). Ostatní korelace jsou slabé až středně silné.

Tabulka XXV: Korelace mezi položkami z pre dotazníku a post dotazníku\_exp\_1.

		Interest_exp_1	Effort_exp_1	Competence_exp_1	Value_exp_1
Intrinsic_motivation	Spearmanův korelační koeficient	,361**	,224**	,344**	,282**
	Sig. (oboustranná)	,000	,001	,000	,000
	N	221	221	221	221
Self_efficacy	Spearmanův korelační koeficient	,313**	,276**	,478**	,226**
	Sig. (oboustranná)	,000	,000	,000	,001
	N	221	221	221	221
Extrinsic_motivation	Spearmanův korelační koeficient	,253**	,190**	,249**	,260**
	Sig. (oboustranná)	,000	,005	,000	,000
	N	221	221	221	221
Control_beliefs	Spearmanův korelační koeficient	,228**	,147*	,265**	,256**
	Sig. (oboustranná)	,001	,028	,000	,000
	N	221	221	221	221

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

**Korelace mezi škálami post dotazníku\_kla a post dotazníku\_exp\_1 (tab. XXVI):** Všechny sledované škály post dotazníku\_kla (z klasické vyučovací hodiny) signifikantně korelují se všemi škálami post dotazníku\_exp\_1 (z první experimentální vyučovací hodiny). Jedná se převážně o středně silné korelace.

Tabulka XXVI: Korelace mezi položkami z post dotazníku\_kla a post dotazníku\_exp\_1.

		Interest_exp_1	Effort_exp_1	Competence_exp_1	Value_exp_1
Interest_kla	Spearmanův korelační koeficient	,412**	,359**	,502**	,328**
	Sig. (oboustranná)	,000	,000	,000	,000
	N	220	220	220	220
Effort_kla	Spearmanův korelační koeficient	,205**	,452**	,421**	,156*
	Sig. (oboustranná)	,002	,000	,000	,021
	N	220	220	220	220
Competence_kla	Spearmanův korelační koeficient	,252**	,298**	,516**	,225**
	Sig. (oboustranná)	,000	,000	,000	,001
	N	220	220	220	220
Value_kla	Spearmanův korelační koeficient	,347**	,331**	,500**	,343**
	Sig. (oboustranná)	,000	,000	,000	,000
	N	220	220	220	220

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

**Korelace mezi škálami post dotazníku\_exp\_2 (tab. XXVII):** Taktéž v tomto případě stejně jako u předchozího post dotazníku\_kla a post dotazníku\_exp\_1 (z klasické hodiny a z první experimentální hodiny) jsou všechny korelace mezi škálami post dotazníku\_exp\_2 (z experimentální hodiny na konci výzkumného šetření) signifikantní a velmi silné. Z toho vyplývá, že všechny škály (zájem žáka / úsilí žáka / uvědomění si svých schopností / hodnota probírané látky) v experimentální hodině na konci výzkumného šetření (tedy po cca tříměsíční experimentální výuce) spolu velmi úzce souvisí. Opět spolu velmi silně korelují škály



Interest\_exp\_2 a Value\_exp\_2 ( $\rho(240) = 0,861$ ). To lze interpretovat tak, že zájem o probíranou látku v experimentální hodině na konci výzkumného šetření velmi silně souvisel s pocíťováním užitečnosti této látky (vztah byl silnější než u klasické a též první experimentální hodiny). Velmi silná korelace byla též naměřena mezi Effort\_exp\_2 a Competence\_exp\_2 ( $\rho(240) = 0,740$ ). To znamená, že žáci byli ochotni vkládat úsilí za účelem porozumění probíraného učiva, právě když mají pocit, že toto učivo zvládají (opět byl vztah silnější než u klasické a též první experimentální hodiny). Velmi silná korelace byla též naměřena mezi Interest\_exp\_2 a Competence\_exp\_2 ( $\rho(240) = 0,698$ ). Z toho vyplývá, že žáci projevují zájem o probíranou látku, právě když pocíťují, že jsou schopni danému učivu porozumět (opět byl vztah silnější než u klasické a též první experimentální hodiny). Velmi silná korelace byla též naměřena mezi Competence\_exp\_2 a Value\_exp\_2 ( $\rho(240) = 0,637$ ). Tuto korelaci lze interpretovat tak, že žáci pocíťují užitečnost probírané látky, právě když jsou schopni probíranému učivu porozumět (vztah byl opět silnější než u klasické a též první experimentální hodiny).

Tabulka XXVII: Korelace mezi položkami z post dotazníku\_exp\_2.

		Effort_exp_2	Competence_exp_2	Value_exp_2
Interest_exp_2	Spearmanův korelační koeficient	,577**	,698**	,861**
	Sig. (oboustranná)	,000	,000	,000
	N	240	240	240
Effort_exp_2	Spearmanův korelační koeficient		,740**	,471**
	Sig. (oboustranná)		,000	,000
	N		240	240
Competence_exp_2	Spearmanův korelační koeficient			,637**
	Sig. (oboustranná)			,000
	N			240

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

**Korelace škál pre dotazníku se škálami post dotazníku\_exp\_2** (tab. XXVIII): Korelace opět nejsou tak silné jako v rámci samotného pre dotazníku či samotného post dotazníku\_exp\_2, nicméně i zde všechny sledované škály pre dotazníku signifikantně korelují se všemi škálami post dotazníku z poslední experimentální vyučovací hodiny. Opět spolu korelují Self\_efficacy s Competence\_exp\_2 ( $r(207) = 0,385$ ), což je očekávaná korelace: žák, který má snahu se učit si zároveň uvědomuje své schopnosti (korelace byla nalezena mezi stejnými položkami Self\_efficacy a Competence\_kla a taktéž mezi Self\_efficacy a Competence\_exp\_1, avšak byla o něco silnější). Obdobně silné korelace byly nalezeny mezi Intrinsic\_motivation a Interest\_exp\_2 ( $r(207) = 0,381$ ) a mezi Self\_efficacy a Effort\_exp\_2 ( $r(207) = 0,386$ ), tzn., že vnitřní motivace (neučím se pro známky) souvisí s pocíťováním zájmu o probíranou látku a snaha porozumět probírané látce (sebeúčinnost v učení) souvisí s ochotou vkládat úsilí do výuky. Ostatní korelace jsou slabé až středně silné.

Tabulka XXVIII: Korelace mezi položkami z pre dotazníku a post dotazníku\_exp\_2.

		Interest_exp_2	Effort_exp_2	Competence_exp_2	Value_exp_2
Intrinsic_motivation	Spearmanův korelační koeficient	,381**	,342**	,329**	,313**
	Sig. (oboustranná)	,000	,000	,000	,000
	N	207	207	207	207
Self_efficacy	Spearmanův korelační koeficient	,265**	,386**	,385**	,209**
	Sig. (oboustranná)	,000	,000	,000	,002
	N	207	207	207	207
Extrinsic_motivation	Spearmanův korelační koeficient	,295*	,324**	,305**	,257**
	Sig. (oboustranná)	,000	,000	,000	,000
	N	207	207	207	207
Control_beliefs	Spearmanův korelační koeficient	,297**	,212**	,254**	,205**
	Sig. (oboustranná)	,000	,002	,000	,003
	N	207	207	207	207

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

**Korelace škál post dotazníku\_kla se škálami post dotazníku\_exp\_2** (tab. XXIX): Všechny sledované škály post dotazníku\_kla (z klasické vyučovací hodiny) signifikantně korelují se všemi škálami post dotazníku\_exp\_2 (z poslední experimentální vyučovací hodiny). Jedná se převážně o středně silné korelace (obdobné jako mezi post dotazníkem\_kla a post dotazníkem\_exp\_1).

Tabulka XXIX: Korelace mezi položkami z post dotazníku\_kla a post dotazníku\_exp\_2.

		Interest_exp_2	Effort_exp_2	Competence_exp_2	Value_exp_2
Interest_kla	Spearmanův korelační koeficient	,353**	,513**	,425**	,295**
	Sig. (oboustranná)	,000	,000	,000	,000
	N	205	205	205	205
Effort_kla	Spearmanův korelační koeficient	,238**	,589**	,399**	,227**
	Sig. (oboustranná)	,001	,000	,000	,001
	N	205	205	205	205
Competence_kla	Spearmanův korelační koeficient	,321**	,485**	,480**	,341**
	Sig. (oboustranná)	,000	,000	,000	,000
	N	205	205	205	205
Value_kla	Spearmanův korelační koeficient	,395**	,445**	,435**	,338**
	Sig. (oboustranná)	,000	,000	,000	,000
	N	205	205	205	205

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

**Korelace škál post dotazníku\_exp\_1 a post dotazníku\_exp\_2** (tab. XXX): Téměř mezi všemi škálami post dotazníku\_exp\_1 a post dotazníku\_exp\_2 (tedy mezi první a poslední experimentální vyučovací hodinou) byly nalezeny silnější korelace než mezi škálami post dotazníku\_kla a post dotazníku\_exp\_1 (resp. exp\_2). Všechny vypočítané korelace byly statisticky signifikantní, avšak nebyly tak silné jako u samotného dotazníku\_exp\_1

či dotazníku\_exp\_2. Jednalo se převážně o středně silné až silné korelace. Nejsilnější korelace byly nalezeny na diagonále, tj. při porovnávání stejných škál. Velmi silná a zároveň nejsilnější korelace byla nalezena mezi mezi Competence\_exp\_1 a Competence\_exp\_2 ( $\rho(203) = 0,663$ ): pocit žáků, jak si vedli v první experimentální hodině, úzce souvisel s pocitem žáků, jak si vedli v poslední experimentální hodině. Silná korelace byla též nalezena mezi Value\_exp\_1 a Value\_exp\_2 ( $\rho(203) = 0,594$ ): vnímání významu probírané látky žáky v první experimentální hodině souvisí s vnímáním významu probírané látky žáky v poslední experimentální hodině. Obdobně silná korelace byla nalezena i mezi Interest\_exp\_1 a Interest\_exp\_2 ( $\rho(203) = 0,588$ ): projevování zájmu žáků o probíranou látku v 1. experimentální vyučovací hodině souvisí s projevováním zájmu žáků o probíranou látku v poslední experimentální vyučovací hodině. Taktéž obdobně silná korelace byla nalezena i mezi Effort\_exp\_1 a Effort\_exp\_2 ( $\rho(203) = 0,578$ ): žáci byli obdobně ochotní vkládat úsilí do výuky jak u první experimentální hodiny, tak též u poslední experimentální hodiny.

Poměrně silná korelace byla též nalezena mezi Competence\_exp\_1 a Effort\_exp\_2 ( $\rho(203) = 0,551$ ): pocit žáků, jak si vedli v první experimentální hodině, úzce souvisel s ochotou žáků vkládat úsilí do průběhu vyučování v rámci poslední experimentální hodiny. Více korelací – viz tab. XXX.

Tabulka XXX: Korelace mezi položkami z post dotazníku\_exp\_1 a post dotazníku\_exp\_2.

		Interest_exp_2	Effort_exp_2	Competence_exp_2	Value_exp_2
Interest_exp_1	Spearmanův korelační koeficient	,588**	,435**	,471**	,521**
	Sig. (oboustranná)	,000	,000	,000	,000
	N	203	203	203	203
Effort_exp_1	Spearmanův korelační koeficient	,368**	,578**	,430**	,291**
	Sig. (oboustranná)	,000	,000	,000	,000
	N	203	203	203	203
Competence_exp_1	Spearmanův korelační koeficient	,456**	,551**	,663**	,408**
	Sig. (oboustranná)	,000	,000	,000	,000
	N	203	203	203	203
Value_exp_1	Spearmanův korelační koeficient	,524**	,357**	,417**	,594**
	Sig. (oboustranná)	,000	,000	,000	,000
	N	203	203	203	203

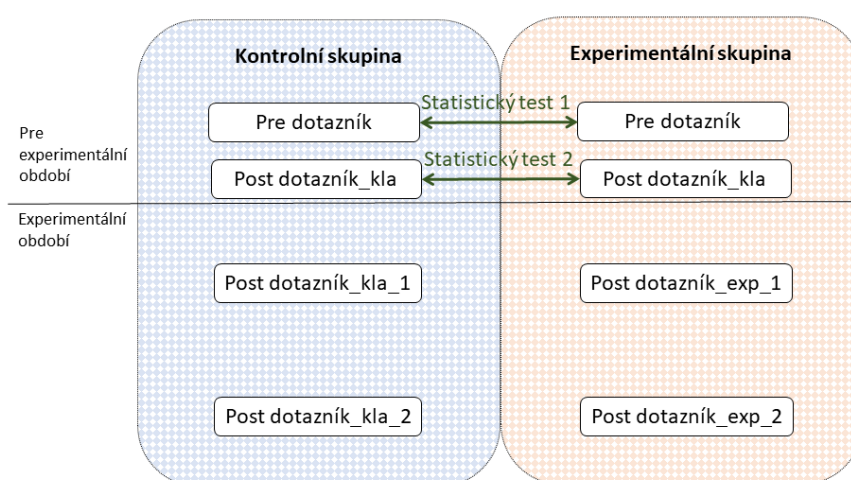
\*\* - Korelace je signifikantní na hladině významnosti 0,01 (oboustranná); \* - Korelace je signifikantní na hladině významnosti 0,05 (oboustranná)

## Příloha 20 – Analýza dat: Vliv na vnitřní motivaci – Hlavní výzkumné šetření

### 1) Rozdíl mezi kontrolní a experimentální skupinou na počátku výzkumu v klasicky pojaté výuce ve vztahu k vnitřní motivaci žáků

Byla hledána odpověď na otázku VO1\_1: *Existuje statisticky významný rozdíl mezi kontrolní a experimentální skupinou ve vztahu k vnitřní motivaci žáků v tradiční výuce přírodovědných předmětů bez implementace experimentální výuky? Je tento rozdíl věcně významný?*

V **části 1A)** byla porovnávána získaná data z pre dotazníku (na obr. VI schematicky znázorněno jako **Statistický test 1**); v **části 1B)** pak data z post dotazníku\_kla (na obr. VI schematicky znázorněno jako **Statistický test 2**).



Obrázek VI: Schématické znázornění Statistického testu 1 a 2 – hledání odpovědi na výzkumnou otázku VO1\_1.

### 1A) Existence statisticky významného rozdílu mezi kontrolní a experimentální skupinou ve vztahu k odpovědím na položky z pre dotazníku (Statistický test 1):

Stanovení nulové a alternativní hypotézy:

- $H_0$ : Odpovědi žáků experimentální a kontrolní skupiny na položky pre dotazníku se neliší (medián diferencí je roven nule).
- $H_1$ : Odpovědi žáků experimentální a kontrolní skupiny na položky pre dotazníku se liší (medián diferencí je různý od nuly).

Jako vhodná statistická metoda byla vzhledem k povaze dat použita neparametrická alternativa dvojitě výběrového  $t$ -testu a to konkrétně dvojitě výběrový Mannův Whitneyův  $U$  test. Výsledky testu nezamítly nulovou hypotézu u tří škál: Intrinsic\_motivation, Extrinsic\_motivation a Control\_beliefs ( $p$  hodnota je u těchto škál vyšší než 0,05, více viz tabulka XXXI). Výjimkou je škála Self\_efficacy ( $p = 0,013$ ). Žáci experimentální skupiny ( $Md = 4,25$ ) přiřazovali této škále nižší počet bodů než žáci kontrolní skupiny ( $Md = 4,50$ ), nicméně vzhledem k věcné významnosti je tento efekt nízký (Cohenovo  $d = 0,23$ ).

Tabulka XXXI: Dvojitě výběrový Mannův Whitneyův  $U$  test (Výsledky z pre dotazníku v závislosti na proměnné skupina: experimentální/ kontrolní).

	Intrinsic motivation (vnitřní cílová motivace)	Self efficacy (sebeúčinnost v učení)	Extrinsic motivation (vnější cílová motivace)	Control beliefs (uvědomění vlastní zodpovědnosti při učení se)
$Md_{kontrolní}$ (medián kontrolní skupina)	4,25	4,50	5,50	4,50
$SD$ (směrod. odch. $Md_{kontrolní}$ )	1,104	1,159	1,200	1,139
$Md_{experimentální}$ (medián experimentální skupina)	4,25	4,25	5,25	4,50
$SD$ (směrod. odch. $Md_{experimentální}$ )	1,214	1,356	1,284	1,180
$N_{kontrolní}$ (počet validních dotazníků v kontrol. skupině)	213	213	213	213
$N_{experimentální}$ (počet validních dotazníků v exper. skupině)	265	265	265	265
Mann-Whitney $U$	25345,0	24482,5	26683,5	27226,0
Wilcoxon $W$	60590,0	59727,5	61928,5	62471,0
$Z$ (hodnota testové statistiky)	-1,921	-2,496	-1,028	-,665
$p$ -hodnota (oboustranná)	,055	,013	,304	,506
$r$ ( $r = Z / \sqrt{N}$ ), $N = 478$	,088	,114	,047	,030
$\eta^2 = Z^2 / (N - 1)$	,0077	,013	,0022	,00093
Cohenovo $d$	,177	,23	,094	,06

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

**1B) Existence statisticky významného rozdílu mezi kontrolní a experimentální skupinou ve vztahu k odpovědím na položky z post dotazníku\_kla (Statistický test 2):**

Stanovení nulové a alternativní hypotézy:

- $H_0$ : Odpovědi žáků experimentální a kontrolní skupiny na položky z post dotazníku\_kla se neliší (medián diferencí je roven nule).
- $H_1$ : Odpovědi žáků experimentální a kontrolní skupiny na položky z post dotazníku\_kla se liší (medián diferencí je různý od nuly).

Jako vhodnou statistickou metodu byl použit neparametrický dvojbýřový Mannův Whitneyův  $U$  test. Výsledky testu nezamítly nulovou hypotézu u všech sledovaných škál ( $p$  hodnoty jsou vyšší než 0,05). Prostřednictvím testu se zjistilo, že mezi žáky experimentálních a kontrolních tříd neexistuje na počátku výzkumu ani u jedné sledované škály post dotazníku\_kla statisticky významný rozdíl, více viz tabulka XXXII.

Tabulka XXXII: Dvojbýřový Mannův Whitneyův  $U$  test (Výsledky z post dotazníku\_kla v závislosti na proměnné skupina: experimentální / kontrolní).

	Interest_kla (zájem/potěšení o probíranou látku)	Effort_kla (úsilí/důležitost probírané látky)	Competence_kla (uvědomění si svých schopností)	Value_kla (hodnota/užitečnost probírané látky)
$Md_{kontrolní}$ (medián kontrolní skupina)	4,29	4,20	4,50	4,43
$SD$ (směrod. odch. $Md_{kontrolní}$ )	1,351	1,163	1,213	1,272
$Md_{experimentální}$ (medián experimentální skupina)	4,57	4,00	4,50	4,52
$SD$ (směrod. odch. $Md_{experimentální}$ )	1,503	1,391	1,259	1,316
$N_{kontrolní}$ (počet validních dotazníků v kontrol. skupině)	195	195	195	195
$N_{experimentální}$ (počet validních dotazníků v exper. skupině)	267	267	267	267
Mann-Whitney $U$	25648,5	24852,5	25558,5	25764,0
Wilcoxon $W$	44758,5	60630,5	44668,5	61542,0
$Z$ (hodnota testové statistiky)	-,271	-,834	-,335	-,190
$p$ -hodnota (oboustranná)	,786	,405	,738	,850
$r$ ( $r = Z / \sqrt{N}$ )	,013	,039	,016	,009
$\eta^2 = Z^2 / (N - 1)$	,00016	,0015	,00024	,000078
Cohenovo $d$	,026	,078	,032	,018
Proměnná: skupina (1 = kontrolní, 2 = experimentální)				

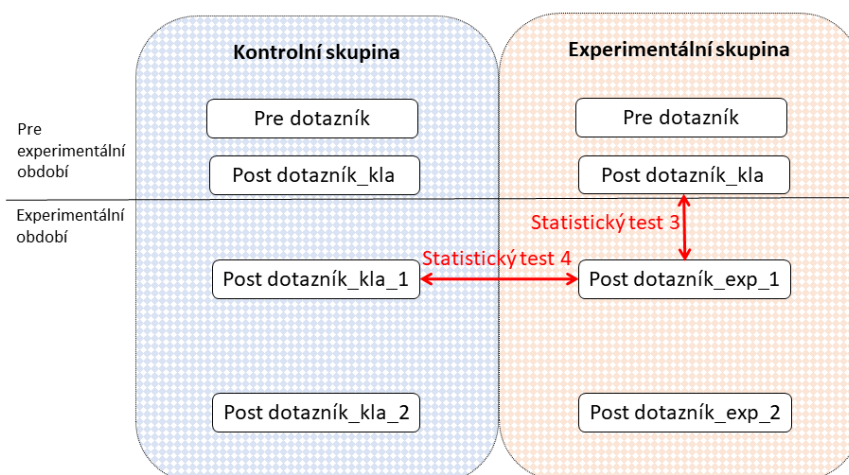
## 2) Rozdíl mezi tradiční a experimentální výukou ve vztahu k vnitřní motivaci žáků

Byla hledána odpověď na otázku VO1\_2:

A) Existuje statisticky významný rozdíl u žáků experimentální skupiny mezi kontrolní vyučovací hodinou a první experimentální vyučovací hodinou ve vztahu k vnitřní motivaci žáků? Je tento rozdíl věcně významný?

B) Existuje statisticky významný rozdíl mezi první vyučovací hodinou shodného tématu (učiva) zařazenou ihned na začátek experimentálního období, která byla vedena klasicky (žáci kontrolní skupiny) a experimentálně (žáci kontrolní skupiny) ve vztahu k vnitřní motivaci žáků? Je tento rozdíl věcně významný?

V **části 2A)** byla porovnávána získaná data z post dotazníku\_exp\_1 s daty z post dotazníku\_kla (na obr. VII schematicky znázorněno jako **Statistický test 3**); v **části 2B)** pak data z post dotazníku\_exp\_1 s daty z post dotazníku\_kla\_1 (na obr. VII schematicky znázorněno jako **Statistický test 4**).



Obrázek VII: Schématické znázornění Statistického testu 3 a 4 – hledání odpovědi na výzkumnou otázku VO1\_2.

**2A) Existence statisticky významného rozdílu mezi daty z post dotazníku\_kla a daty z post dotazníku\_exp\_1 u žáků experimentální skupiny (Statistický test 3):**

Byla hledána odpověď na otázku: *A) Existuje statisticky významný rozdíl u žáků experimentální skupiny mezi kontrolní vyučovací hodinou a první experimentální vyučovací hodinou ve vztahu k vnitřní motivaci žáků? Je tento rozdíl věcně významný?*

Stanovení nulové a alternativní hypotézy:

- $H_0$ : Odpovědi žáků na položky z post dotazníku\_kla a post dotazníku\_exp\_1 se neliší (medián diferencí je roven nule).
- $H_1$ : Odpovědi žáků na položky z post dotazníku\_kla a post dotazníku\_exp\_1 se liší (medián diferencí je různý od nuly).

Protože některá data z post dotazníku\_kla i post dotazníku\_exp\_1 neměla distribuci normálního rozdělení, nemohly být použity parametrické testy, v tomto případě párový *t*-test, ale byl použit neparametrický párový Wilcoxonův test (viz tabulka XXXIII).

Tabulka XXXIII: Párový Wilcoxonův test (Wilcoxon Signed Ranks Test) – porovnání dat mezi post dotazníkem\_kla a post dotazníkem\_exp\_1.

	Interest_exp_1 – Interest_kla (zájem/potěšení o probíranou látku)	Effort_exp_1 – Effort_kla (úsilí/důležitost probírané látky)	Competence_exp_1 – Competence_kla (uvědomění si svých schopností)	Value_exp_1 – Value_kla (hodnota/užitečnost probírané látky)
$Md_{tradiční}$ (medián klasická VH)	4,57	4,00	4,50	4,57
$SD$ (směrod. odch. $Md_{tradiční}$ )	1,503	1,391	1,259	1,316
$Md_{experimentální}$ (medián 1. experim. VH)	5,86	4,20	4,83	5,86
$SD$ (směrod. odch. $Md_{experimentální}$ )	1,237	1,270	1,088	1,312
$N_{tradiční}$ (počet validních dotazníků z klasické VH)	267	267	267	267
$N_{experimentální}$ (počet validních dotazníků z 1. experim. VH)	257	257	257	257
$N$ počet porovnání	220	220	220	220
$Z$	-9,750b	-2,822b	-4,189b	-9,559b
$p$ -hodota (oboustranná)	,000	,005	,000	,000
$r$ ( $r = Z / \sqrt{N}$ )	,465	,135	,200	,456
$\eta^2 = Z^2 / (N - 1)$	,217	,0181	,040	,208
Cohenovo $d$	1,051	,273	,408	1,025

b. založeno na záporné diferencí.

Výsledky párového Wilcoxonova testu zamítly nulovou hypotézu. Porovnáním dat získaných vyplněním Post-dotazníku\_kla a post dotazníku\_exp\_1 u žáků experimentální skupiny se zjistilo, že u všech sledovaných škál existuje statisticky významný rozdíl mezi odpověďmi sesbíranými po skončení tradiční (klasicky vedené) vyučovací hodiny a odpověďmi sesbíranými po skončení první experimentální vyučovací hodiny. Bylo zjištěno, že dynamická vizualizace (především animace a 3D modely) zapojená do první experimentální vyučovací hodiny má veliký pozitivní efekt na žáky ve vztahu k pocíťování zájmu/potěšení ve výuce



(Cohenovo  $d = 1,05$ ) a též na pocitování hodnoty/užitečnost probírané látky (Cohenovo  $d = 1,02$ ), středně pozitivní vliv na uvědomění si svých schopností (žák má pocit, že si vede dobře) (Cohenovo  $d = 0,408$ ) a slabý, avšak stále pozitivní, vliv na ochotu vkládat úsilí (snaha uspět) do výuky (Cohenovo  $d = 0,273$ ).

Pro lepší představivost výše prezentovaných výsledků inferenční statistiky jsou níže uvedeny též výsledky znázorněné popisnou statistikou:

- ve vztahu k zájmu o probíranou látku: 79,1 % (174) žáků experimentální hodinu hodnotilo lépe než hodinu tradiční, 16,4 % (36) žáků ji hodnotilo hůře a 4,5 % (10) žáků obě vyučovací hodiny hodnotili shodně.
- ve vztahu k pocitování významu probírané látky: 77,7 % (171) žáků experimentální hodinu hodnotilo lépe než hodinu tradiční, 16,8 % (37) žáků ji hodnotilo hůře a 5,5 % (12) žáků obě vyučovací hodiny hodnotili shodně.
- ve vztahu k uvědomění si svých schopností (žák má pocit, že si vede dobře): 55,5 % (122) žáků experimentální hodinu hodnotilo lépe než hodinu tradiční, 34,1 % (75) žáků ji hodnotilo hůře a 10,5 % (23) žáků obě vyučovací hodiny hodnotili shodně.
- ve vztahu k vynaloženému úsilí: 55,0 % (121) žáků experimentální hodinu hodnotilo lépe než hodinu tradiční, 37,7 % (83) žáků ji hodnotilo hůře a 7,3 % (16) žáků obě vyučovací hodiny hodnotili shodně.

Tabulka XXXIV pak shrnuje naměřené průměrné hodnoty sledovaných škál.

Tabulka XXXIV: Průměrné hodnoty sledovaných škál v tradiční a první experimentální hodině.

	Tradiční vyučovací hodina				První experimentální vyučovací hodina			
	zájem	vkládané úsilí	uvědomění si svých schopností	pocit významu	zájem	vkládané úsilí	uvědomění si svých schopností	pocit významu
N (počet žáků)	462	462	462	462	257	257	257	257
Příměr	4,45	4,07	4,53	4,55	5,52	4,30	4,86	5,60
Směrodatná odchylka	1,434	1,30	1,24	1,30	1,24	1,27	1,09	1,31

**2B) Existence statisticky významného rozdílu mezi daty z post dotazníku\_kla\_1 a daty z post dotazníku\_exp\_1 u žáků experimentální skupiny (Statistický test 4):**

Byla hledána odpověď na otázku: *B) Existuje statisticky významný rozdíl mezi první vyučovací hodinou shodného tématu (učiva) zařazenou ihned na začátek experimentálního období, která byla vedena klasicky (žáci kontrolní skupiny) a experimentálně (žáci kontrolní skupiny) ve vztahu k vnitřní motivaci žáků? Je tento rozdíl věcně významný?*

Stanovení nulové a alternativní hypotézy:

- $H_0$ : Odpovědi žáků na položky z post dotazníku\_kla\_1 a post dotazníku\_exp\_1 se neliší (medián diferencí je roven nule).
- $H_1$ : Odpovědi žáků na položky z post dotazníku\_kla\_1 a post dotazníku\_exp\_1 se liší (medián diferencí je různý od nuly).

Protože některá data z post dotazníku\_kla\_1 a především z post dotazníku\_exp\_1 neměla distribuci normálního rozdělení, byl použit neparametrický dvojvýběrový Mann-Whitney  $U$  test, který porovnával data získaná z obou post dotazníků získaných z první VH v experimentálním období, tedy byla porovnávána data získaná od žáků kontrolní skupiny s daty získanými od žáků experimentální skupiny. V obou VH bylo vyučováno zcela totožné učivo (shodný tematický celek).

Výsledky dvojvýběrového Mann-Whitney  $U$  testu zamítly nulovou hypotézu u tří proměnných (zájem/potěšení o probíranou látku; uvědomění si svých schopností; hodnota/užitečnost probírané látky), u proměnné úsilí/důležitost probírané látky, nebyla nulová hypotéza zamítnuta (více viz tab. XXXV). Konkrétně se zjistilo, že i při tomto porovnání má dynamická vizualizace (především animace a 3D modely) zapojená do první experimentální vyučovací hodiny veliký pozitivní efekt na pocíťování hodnoty/užitečnost probírané látky (Cohenovo  $d = 0,883$ ) a též na pocíťování zájmu/potěšení ve výuce (Cohenovo  $d = 0,665$ ), slabší až středně silný pozitivní vliv na uvědomění si žákova schopností (žák má pocit, že si vede dobře) (Cohenovo  $d = 0,355$ ) a opět slabý, avšak stále pozitivní, vliv na ochotu vkládat úsilí (snaha uspět) do výuky (Cohenovo  $d = 0,225$ ).

Při tomto porovnání byl zaznamenán vliv dynamické vizualizace na vnitřní motivaci žáků (statisticky signifikantně na pocíťování zájmu/potěšení ve výuce, na uvědomění si svých schopností a na pocíťování hodnoty/užitečnost probírané látky a statisticky nesignifikantně na ochotu vkládat úsilí) se středně velikou průměrnou velikostí účinku  $d = 0,52$ .

Tabulka XXXV: Dvojvýběrový Mannův Whitneyův  $U$  test (Výsledky z post dotazníku zadaného v 1. VH experimentálního období v závislosti na proměnné skupina: experimentální / kontrolní).

	Interest (zájem/potěšení o probíranou látku)	Effort (úsilí/důležitost probírané látky)	Competence (uvědomění si svých schopností)	Value (hodnota/užitečnost probírané látky)
$Md_{kontrolní}$ (medián kontrolní skupina)	4,286	4,000	4,333	4,357
$SD$ (směrod. odch. $Md_{kontrolní}$ )	1,450	1,241	1,220	1,428
$Md_{experimentální}$ (medián experimentální skupina)	5,429	4,200	4,833	5,643
$SD$ (směrod. odch. $Md_{experimentální}$ )	1,275	1,318	1,132	1,354
$N_{kontrolní}$ (počet validních dotazníků v kontrol. skupině)	104	104	104	104
$N_{experimentální}$ (počet validních dotazníků v exper. skupině)	166	170	170	170
Mann-Whitney $U$	5395,500	7665,000	7000,000	4795,500
Wilcoxon $W$	10855,500	13125,000	12460,000	10255,500
$Z$ (hodnota testové statistiky)	-5,187	-1,849	-2,894	-6,362
$p$ -hodnota (oboustranná)	,000	,065	,004	,000
$r$ ( $r = Z / \sqrt{N}$ )	,316	,112	,175	,384
$\eta^2 = Z^2 / (N - 1)$	,100	,0125	,031	,148
Cohenovo $d$	,665	,225	,355	,833
Proměnná: skupina (1 = kontrolní, 2 = experimentální)				

### 3) Vliv experimentální výuky s časovým odstupem

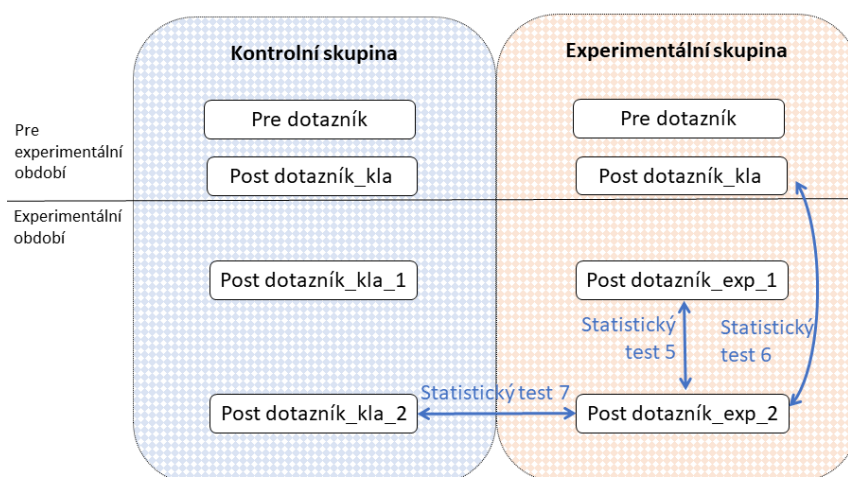
Byla hledána odpověď na otázku VO1\_3:

A) Existuje statisticky významný rozdíl u žáků experimentální skupiny mezi první experimentální vyučovací hodinou a poslední experimentální vyučovací hodinou ve vztahu k vnitřní motivaci žáků? Je tento rozdíl věcně významný?

B) Existuje statisticky významný rozdíl mezi klasicky vedenou vyučovací hodinou a poslední experimentální vyučovací hodinou týchž žáků ve vztahu k vnitřní motivaci žáků? Je tento rozdíl věcně významný?

C) Existuje statisticky významný rozdíl mezi vyučovací hodinou shodného tématu (učiva) zařazenou na konci experimentálního období, která byla vedena klasicky (žáci kontrolní skupiny) a experimentálně (žáci experimentální skupiny) ve vztahu k vnitřní motivaci žáků? Je tento rozdíl věcně významný?

V části 3A) byla porovnávána získaná data z post dotazníku\_exp\_2 s daty získanými z post dotazníku\_exp\_1 (na obr. VIII schematicky znázorněno jako **Statistický test 5**). V části 3B) byla porovnávána data z post dotazníku\_exp\_2 s daty z post dotazníku\_kla (na obr. VIII schematicky znázorněno jako **Statistický test 6**). V části 3C) byla porovnávána získaná data z post dotazníku\_exp\_2 s daty získanými z post dotazníku\_kla\_2 (na obr. VIII schematicky znázorněno jako **Statistický test 7**).



Obrázek VIII: Schématické znázornění Statistického testu 5 až 7 – hledání odpovědi na výzkumnou otázku VO1\_3.

V části A) je předpokládán pokles vlivu dynamické vizualizace; v části B i C) pak existence rozdílu mezi klasicky vedenou vyučovací hodinou a experimentální vyučovací hodinou i po třech měsících působení experimentální výuky.

### 3A) Existence statisticky významného rozdílu mezi získanými daty z post dotazníku\_exp\_2 a daty získanými z post dotazníku\_exp\_1 (Statistický test 5):

Byla hledána odpověď na otázku: *A) Existuje statisticky významný rozdíl u žáků experimentální skupiny mezi první experimentální vyučovací hodinou a poslední experimentální vyučovací hodinou ve vztahu k vnitřní motivaci žáků? Je tento rozdíl věcně významný?*

Stanovení nulové a alternativní hypotézy:

- $H_0$ : Odpovědi žáků na položky z post dotazníku\_exp\_1 a post dotazníku\_exp\_2 se nelišily (medián diferencí je roven nule).
- $H_1$ : Odpovědi žáků na položky z post dotazníku\_exp\_1 a post dotazník\_exp\_2 se lišily (medián diferencí je různý od nuly).

Zda pozitivní vliv aplikace klesá s frekvencí jejího užívání v průběhu delšího časového období, bylo posuzováno u žáků experimentálních tříd vzhledem k povaze dat prostřednictvím neparametrického párového Wilcoxonova testu. Tento test porovnával sesbíraná data získaná z post dotazníku\_exp\_1 zadaného v první experimentální vyučovací hodině s daty získanými ze stejného dotazníku, avšak zadaného v poslední experimentální vyučovací hodině (tedy post dotazníku\_exp\_2). Výsledky párového Wilcoxonova testu zamítly nulovou hypotézu u tří škál vyjma škály Effort. U této škály nedošlo s časovým odstupem tří měsíců k poklesu. U zbývajících tří škál došlo k statisticky významnému poklesu. Vzhledem k porovnání velikosti účinku byl tento pokles u škály uvědomění si svých schopností a u škály hodnota/užitečnost probírané látky mírný až středně silný ( $d = 0,38$ ; resp.  $d = 0,415$ ) a u škály zájem o probíranou látku byl středně silný až silný ( $d = 0,597$ ). Výsledky viz tabulka XXXVI.

Pro lepší představivost výše prezentovaných výsledků inferenční statistiky jsou níže uvedeny též výsledky znázorněné popisnou statistikou:

- ve vztahu k vynaloženému úsilí: 47,3 % (96) žáků experimentální hodinu po 3 měsíční výuce hodnotilo lépe než první experimentální hodinu, 43,3 % (88) žáků ji hodnotilo hůře a 9,4 % (19) žáků obě experimentální hodiny hodnotili shodně.
- ve vztahu k uvědomění si svých schopností (žák má pocit, že si vede dobře): 35,0 % (71) žáků experimentální hodinu po 3 měsíční výuce hodnotilo lépe než první experimentální hodinu, 55,2 % (112) žáků ji hodnotilo hůře a 9,9 % (20) žáků obě experimentální hodiny hodnotili shodně.
- ve vztahu k pocíťování významu probírané látky: 32,5 % (66) žáků experimentální hodinu po 3 měsíční výuce hodnotilo lépe než první experimentální hodinu, 54,7 % (111) žáků ji hodnotilo hůře a 12,8 % (26) žáků obě experimentální hodiny hodnotili shodně.

- ve vztahu k zájmu o probíranou látku: 29,1 % (59) žáků experimentální hodinu po 3 měsíční výuce hodnotilo lépe než první experimentální hodinu, 61,6 % (125) žáků ji hodnotilo hůře a 9,4 % (19) žáků obě experimentální hodiny hodnotili shodně.

Tabulka XXXVI: Párový Wilcoxonův test (Wilcoxon Signed Ranks Test) – porovnání dat mezi post dotazníkem\_exp\_1 a post dotazníkem\_exp\_2.

	Interest_exp_2 – Interest_exp_1 (zájem/potěšení o probíranou látku)	Effort_exp_2 – Effort_exp_1 (úsilí/důležitost probírané látky)	Competence_exp_2 – Competence_exp_1 (uvědomění si svých schopností)	Value_exp_2 – Value_exp_1 (hodnota/užitečnost probírané látky)
<i>M</i> <sub>začátek</sub> (medián první experim. vyuč. hodina)	5,86	4,20	4,83	5,86
<i>SD</i> (směrod. odch. <i>M</i> <sub>začátek</sub> )	1,237	1,270	1,088	1,312
<i>M</i> <sub>konec výzkumu</sub> (medián poslední experim. vyuč. hodina)	5,14	4,20	4,50	5,43
<i>SD</i> (směrod. odch. <i>M</i> <sub>konec výzkumu</sub> )	1,462	1,462	1,265	1,526
<i>N</i> <sub>začátek</sub> (počet validních dotazníků z první experim. vyuč. hodiny)	257	257	257	257
<i>N</i> <sub>konec výzkumu</sub> (počet validních dotazníků z poslední experim. vyuč. hodiny)	240	240	240	240
Počet porovnání	203	203	203	203
<i>Z</i>	-5,772b	-,391b	-,3158b	-,4086b
<i>p</i> -hodota (oboustranná)	,000	,696	,002	,000
<i>r</i> ( $r = Z / \sqrt{N}$ )	,286	,019	,157	,203
$\eta^2 = Z^2 / (N - 1)$	,0823	,000377	,0247	,0412
Cohenovo <i>d</i>	,597	,038	,318	,415
b. založeno na záporné diferenci.				

Tabulka XXXVII pak shrnuje naměřené průměrné hodnoty sledovaných škál.

Tabulka XXXVII: Průměrné hodnoty sledovaných škál v první a poslední experimentální hodině.

	První experimentální vyučovací hodina				Poslední experimentální vyučovací hodina			
	zájem	vkkládané úsilí	uvědomění si svých schopností	pocit významu	zájem	vkkládané úsilí	uvědomění si svých schopností	pocit významu
N (počet žáků)	257	257	257	257	240	240	240	240
Příměr	5,52	4,30	4,86	5,60	4,95	4,29	4,58	5,19
Směrodatná odchylka	1,24	1,27	1,09	1,31	1,46	1,46	1,27	1,53

### 3B) Existence statisticky významného rozdílu mezi získanými daty z post dotazníku\_exp\_2 a daty získanými z post dotazníku\_kla (Statistický test 6):

Byla hledána odpověď na otázku: *B) Existuje statisticky významný rozdíl mezi klasicky vedenou vyučovací hodinou a poslední experimentální vyučovací hodinou týchž žáků ve vztahu k vnitřní motivaci žáků? Je tento rozdíl věcně významný?*

Stanovení nulové a alternativní hypotézy:

- $H_0$ : Odpovědi žáků na položky z post dotazníku\_kla a post dotazníku\_exp\_2 se nelišily (medián diferencí je roven nule).
- $H_1$ : Odpovědi žáků na položky z post dotazníku\_kla a post dotazníku\_exp\_2 se lišily (medián diferencí je různý od nuly).

Vzhledem k povaze dat byl taktéž použit neparametrický párový Wilcoxonův test. Tento test porovnával sesbíraná data získaná z klasicky vedené vyučovací hodiny uskutečněné v předexperimentálním období (post dotazník\_kla) s daty získanými z poslední experimentální hodiny (post dotazníku\_exp\_2, zadaného ke konci výzkumu). Výsledky párového Wilcoxonova testu zamítly nulovou hypotézu u tří škál vyjma 3. škály (Competence: uvědomění si svých schopností). U tří škál (Interest, Effort a Value) ze čtyř mezi daty sesbíranými v rámci post dotazníku\_kla a daty post dotazníku\_exp\_2 existuje i přes uplynutí tři měsíců významný statisticky signifikantní rozdíl ( $p$  hodnota je menší než 0,05). Silný pozitivní vliv přetrvává nejvíce u pocíťování významu probírané látky ( $d = 0,643$ ), následně je zaznamenán střední pozitivní vliv u zájmu žáků o probíranou látku ( $d = 0,494$ ) a slabý avšak stále pozitivní vliv též u ochoty žáků vkládat úsilí do výuky ( $d = 0,262$ ), viz tabulka XXXVIII.

Po třech měsících působení experimentální výuky na žáky byl zaznamenán vliv dynamické vizualizace na vnitřní motivaci žáků (statisticky signifikantně na pocíťování zájmu/potěšení ve výuce; na ochotu vkládat úsilí a na pocíťování hodnoty/užitečnost probírané látky a statisticky nesignifikantně na uvědomění si svých schopností) s nízkou až středně velikou velikostí účinku  $d = 0,38$ .

Pro lepší představivost výše prezentovaných výsledků inferenční statistiky jsou níže uvedeny též výsledky znázorněné popisnou statistikou:

- ve vztahu k pocíťování významu probírané látky: 65,4 % (134) žáků experimentální hodinu po 3 měsíční výuce hodnotilo lépe než tradiční výukovou hodinu, 26,8 % (55) žáků ji hodnotilo hůře a 7,8 % (16) žáků obě vyučovací hodiny hodnotili shodně.
- ve vztahu k zájmu o probíranou látku: 62,4 % (128) žáků experimentální hodinu po 3 měsíční výuce hodnotilo lépe než tradiční výukovou hodinu, 33,2 % (68) žáků ji hodnotilo hůře a 4,4 % (9) žáků obě vyučovací hodiny hodnotili shodně.

- ve vztahu k vynaloženému úsilí: 52,2 % (107) žáků experimentální hodinu po 3 měsíční výuce hodnotilo lépe než tradiční výukovou hodinu, 39,0 % (80) žáků ji hodnotilo hůře a 8,8 % (18) žáků obě vyučovací hodiny hodnotili shodně.
- ve vztahu k uvědomění si svých schopností (žák má pocit, že si vede dobře): 50,2 % (103) žáků experimentální hodinu po 3 měsíční výuce hodnotilo lépe než tradiční výukovou hodinu, 41,5 % (85) žáků ji hodnotilo hůře a 8,3 % (17) žáků obě vyučovací hodiny hodnotili shodně.

Tabulka XXXVIII: Párový Wilcoxonův test (Wilcoxon Signed Ranks Test) – porovnání dat mezi post dotazníkem\_kla a post dotazníkem\_exp\_2.

	Interest_exp_2 – Interest_kla (zájem/potěšení o probíranou látku)	Effort_exp_2 – Effort_kla (úsilí/důležitost probírané látky)	Competence_exp_2 – Competence_kla (uvědomění si svých schopností)	Value_exp_2 – Value_kla (hodnota/užitečnost probírané látky)
$Md_{tradiční}$ (medián tradiční vyuč. hodina)	4,57	4,00	4,50	4,57
$SD$ (směrod. odch. $Md_{tradiční}$ )	1,503	1,391	1,259	1,316
$Md_{konec}$ výzkumu (medián poslední experim. vyuč. hodina)	5,14	4,20	4,50	5,43
$SD$ (směrod. odch. $Md_{konec}$ výzkumu)	1,462	1,462	1,265	1,526
$N_{tradiční}$ (počet validních dotazníků z klasické vyuč. hodiny)	462	462	462	462
$N_{konec}$ výzkumu (počet validních dotazníků z poslední experim. vyuč. hodiny)	240	240	240	240
Počet porovnání	205	205	205	205
$Z$	-4,850b	-2,642b	-1,252b	-6,188b
$p$ -hodota (oboustranná)	,000	,008	,211	,000
$r$ ( $r = Z / \sqrt{N}$ )	,240	,130	,062	,306
$\eta^2 = Z^2 / (N - 1)$	,0575	,0171	,00383	,083
Cohenovo $d$	,494	,262	,124	,643

b. založeno na záporné diferenci.

Tabulka XXXIX shrnuje naměřené průměrné hodnoty sledovaných škál.

Tabulka XXXIX: Průměrné hodnoty sledovaných škál v klasické vyučovací hodině a poslední experimentální hodině.

	Tradiční vyučovací hodina				Poslední experimentální vyučovací hodina			
	zájem	vkkládané úsilí	uvědomění si svých schopností	pocit významu	zájem	vkkládané úsilí	uvědomění si svých schopností	pocit významu
N (počet žáků)	462	462	462	462	240	240	240	240
Příměr	4,45	4,07	4,53	4,55	4,95	4,29	4,58	5,19
Směrodatná odchylka	1,434	1,30	1,24	1,30	1,46	1,46	1,27	1,53



### 3C) Existence statisticky významného rozdílu mezi získanými daty z post dotazníku\_exp\_2 a daty získanými z post dotazníku\_kla\_2 (Statistický test 7):

Byla hledána odpověď na otázku: *C) Existuje statisticky významný rozdíl mezi vyučovací hodinou shodného tématu (učiva) zařazenou na konci experimentálního období, která byla vedena klasicky (žáci kontrolní skupiny) a experimentálně (žáci experimentální skupiny) ve vztahu k vnitřní motivaci žáků? Je tento rozdíl věcně významný?*

Stanovení nulové a alternativní hypotézy:

- $H_0$ : Odpovědi žáků na položky z post dotazníku\_kla\_2 a post dotazníku\_exp\_2 se nelišily (medián diferencí je roven nule).
- $H_1$ : Odpovědi žáků na položky z post dotazníku\_kla\_2 a post dotazníku\_exp\_2 se lišily (medián diferencí je různý od nuly).

Protože některá data z post dotazníku\_kla\_2 a především z post dotazníku\_exp\_2 neměla distribuci normálního rozdělení, byl stejně jako v části B) předchozí kapitoly použit neparametrický dvojitý Mann-Whitney  $U$  test, který porovnával data získaná z obou post dotazníků získaných z poslední VH v experimentálním období, tedy byla porovnávána data získaná od žáků kontrolní skupiny s daty získanými od žáků experimentální skupiny. V obou VH bylo vyučováno zcela totožné učivo (shodný tematický celek) a učitel používal shodné výukové metody.

Výsledky dvojitý Mann-Whitney  $U$  testu zamítly nulovou hypotézu u dvou proměnných (zájem/potěšení o probíranou látku a hodnota/užitečnost probírané látky), u proměnných úsilí/důležitost probírané látky a uvědomění si svých schopností nebyla nulová hypotéza zamítnuta (více viz tab. XL). Konkrétně se zjistilo, že při porovnání kontrolní výuky a experimentální výuky v poslední VH výzkumného šetření má dynamická vizualizace (především animace a 3D modely) veliký pozitivní efekt na pocíťování hodnoty/užitečnost probírané látky (Cohenovo  $d = 0,819$ ), středně silný na pocíťování zájmu/potěšení ve výuce ( $d = 0,503$ ), a slabý, avšak stále pozitivní, vliv na ochotu vkládat úsilí (snaha uspět) do výuky ( $d = 0,213$ ) a na uvědomění si žákova schopností (žák má pocit, že si vede dobře) ( $d = 0,202$ ).

Při tomto porovnání byl zaznamenán vliv dynamické vizualizace na vnitřní motivaci žáků (statisticky signifikantně na pocíťování zájmu/potěšení ve výuce a na ochotu vkládat úsilí a statisticky nesignifikantně na uvědomění si svých schopností a na pocíťování hodnoty/užitečnost probírané látky) se středně velikou průměrnou velikostí účinku  $d = 0,43$ .

Tabulka XL: Dvojvýběrový Mannův Whitneyův  $U$  test (Výsledky z post dotazníku zadaného v poslední VH experimentálního období v závislosti na proměnné skupina: experimentální / kontrolní).

	Interest (zájem/potěšení o probíranou látku)	Effort (úsilí/důležitost probírané látky)	Competence (uvědomění si svých schopností)	Value (hodnota/užitečnost probírané látky)
$Md_{kontrolní}$ (medián kontrolní skupina)	4,1429	4,0000	4,1667	4,1429
$SD$ (směrod. odch. $Md_{kontrolní}$ )	1,43658	1,22647	1,44512	1,45950
$Md_{experimentální}$ (medián experimentální skupina)	5,1429	4,4000	4,5000	5,7143
$SD$ (směrod. odch. $Md_{experimentální}$ )	1,45555	1,50999	1,27702	1,44228
$N_{kontrolní}$ (počet validních dotazníků v kontrol. skupině)	99	99	99	98
$N_{experimentální}$ (počet validních dotazníků v exper. skupině)	147	147	147	147
Mann-Whitney $U$	5183,500	6369,500	6413,500	3984,000
Wilcoxon $W$	10133,500	11319,500	11363,500	8835,000
$Z$ (hodnota testové statistiky)	-3,827	-1,659	-1,578	-5,930
$p$ -hodnota (oboustranná)	,000	,097	,114	,000
$r$ ( $r = Z / \sqrt{N}$ )	,244	,106	,101	,380
$\eta^2 = Z^2 / (N - 1)$	,060	,011	,010	,144
Cohenovo $d$	,503	,213	,202	,819
Proměnná: skupina (1 = kontrolní, 2 = experimentální)				

#### 4) Vliv potenciálních moderujících proměnných na vnímání experimentální výuky ve vztahu k vnitřní motivační orientaci

Byla hledána odpověď na otázku VO2\_1: *Jaký je vliv faktorů (pohlaví žáka, vyučovaný předmět, stupeň vzdělávání, věk žáka, osobnost učitele) na vnímání experimentální výuky ve vztahu k vnitřní motivaci žáků?*

Vlivy potenciálních moderujících proměnných jsou rozepsány v části A) až E) s tím, že **vliv pohlaví** (4A), **vliv předmětu** (4B) a **osobnost učitele** (4C) byl sledován v klasické, první a poslední vyučovací hodině, **vliv stupně vzdělávání** (4D) a **věk žáka** (4E) pouze v první experimentální vyučovací hodině.

##### 4A) Vliv pohlaví žáka

Byl zkoumán vliv pohlaví žáka (chlapci / dívky) na vnímání klasické vyučovací hodiny, první i poslední experimentální vyučovací hodiny ve vztahu k vnitřní motivaci žáků. Klasické vyučovací hodiny se zúčastnilo 321 dívek a 238 chlapců. První experimentální vyučovací hodiny se zúčastnilo 151 dívek a 104 chlapců. Poslední experimentální hodiny se zúčastnilo 148 dívek a 90 chlapců.

Stanovení nulové a alternativní hypotézy pro klasickou, první i poslední vyučovací hodinu:

- $H_0$ : Odpovědi žáků na položky z post dotazníku\_kla (resp. post dotazníku\_exp\_1, resp. post dotazníku\_exp\_2) se nelišily v závislosti na tom, zda žákem byla dívka či chlapec (medián diferencí je roven nule).
- $H_1$ : Odpovědi žáků na položky z post dotazníku\_kla (resp. post dotazníku\_exp\_1, resp. post dotazníku\_exp\_2) se lišily v závislosti na tom, zda žákem byla dívka či chlapec (medián diferencí je různý od nuly).

Byl použit dvojitý Mannův Whitneyův  $U$  test, který ani u jedné složky nezamítnul platnost nulové hypotézy v klasické, první i poslední experimentální vyučovací hodině ( $p$  hodnota byla vyšší než 0,05). Co se týče věcné významnosti, vliv pohlaví žáka na výsledky testu je nízký až zanedbatelný (Cohenovo  $d$  je u všech sledovaných škál u všech hodin nižší než hodnota 0,2). Více viz tabulka XLI.

Obdobných výsledků se dospěje též porovnáním dat z klasické vyučovací hodiny s daty z první experimentální zvlášť pro dívky a zvlášť pro chlapce s využitím Wilcoxonova testu. Výsledky ukázaly, že experimentální výuka má na dívky vliv s průměrnou velikostí Cohenova  $d = 0,689$  a na chlapce s průměrnou velikostí Cohenova  $d = 0,686$ .

Tabulka XLI: Dvojitý Mannův Whitneyův  $U$  test (Výsledky z post dotazníku\_kla, z post dotazníku\_exp\_1 a z post dotazníku\_exp\_2 v závislosti na proměnné pohlaví žáka).

	Interest_kla	Effort_kla	Competence_kla	Value_kla	Interest_exp_1	Effort_exp_1	Competence_exp_1	Value_exp_1	Interest_exp_2	Effort_exp_2	Competence_exp_2	Value_exp_2
$Md_{divky}$ (medián dívky)	4,57	5,86	5,29	4,00	4,20	4,40	4,50	4,83	4,67	4,43	5,86	5,71
$SD$ (směrod. odch. $Md_{divky}$ )	1,431	1,195	1,449	1,307	1,329	1,582	1,217	1,038	1,260	1,262	1,201	1,478
$Md_{chlapani}$ (medián chlapci)	4,57	5,86	5,00	4,00	4,40	4,00	4,50	4,92	4,33	4,57	5,93	5,14
$SD$ (směrod. odch. $Md_{chlapani}$ )	1,429	1,308	1,476	1,263	1,174	1,248	1,255	1,158	1,273	1,334	1,460	1,567
$N_{divky}$ (počet validních dotazníků od dívek)	268	268	268	268	151	151	151	151	148	148	148	148
$N_{chlapani}$ (počet validních dotazníků od chlapců)	191	191	191	191	104	104	104	104	90	90	90	90
Mann-Whitney $U$	24985,5	24142,0	24828,5	24747,0	7765,5	6850,5	7161,0	7848,5	5692,0	6088,0	5764,0	5742,5
Wilcoxon $W$	43321,5	60188,0	60874,5	60793,0	13225,5	18326,5	18637,0	19324,5	9787,0	10183,0	9859,0	9837,5
$Z$ (hodnota testové statistiky)	-,435	-1,038	-,547	-,605	-,150	-1,733	-1,195	-,006	-1,881	-1,112	-1,741	-1,784
$p$ -hodnota (oboustranná)	,664	,299	,584	,545	,881	,083	,232	,995	,060	,266	,082	,074
$r$ ( $r = Z / \sqrt{N}$ )	,020	,048	,027	,028	,007	,081	,056	,000	,088	,052	,081	,083
Cohenovo $d$	,04	,096	,054	,056	,014	,1625	,11	,00	,18	,10	,16	,17

#### 4B) Vliv předmětu

Byl zkoumán vliv předmětu na vnímání klasické vyučovací hodiny, první i poslední experimentální vyučovací hodiny ve vztahu k vnitřní motivaci žáků. V rámci klasické vyučovací hodiny bylo v předmětech přírodopis/biologie sledováno 288 žáků, v předmětu chemie 111 žáků v předmětu zeměpis/geologie 63 žáků. První experimentální hodina proběhla u 154 žáků v předmětu přírodopis/biologie, u 64 v předmětu chemie a u 39 žáků v předmětu zeměpis/geologie. Poslední experimentální hodina proběhla u 149 žáků v předmětu přírodopis/biologie, u 61 v předmětu chemie a u 30 žáků v předmětu geologie.

Stanovení nulové a alternativní hypotézy pro klasickou, první i poslední vyučovací hodinu:

- $H_0$ : Odpovědi žáků na položky z post dotazníku\_kla (resp. post dotazníku\_exp\_1, resp. post dotazníku\_exp\_2) se nelišily v závislosti na vyučovaném předmětu (medián diferencí je roven nule).
- $H_1$ : Odpovědi žáků na položky z post dotazníku\_kla (resp. post dotazníku\_exp\_1, resp. post dotazníku\_exp\_2) se lišily v závislosti na vyučovaném předmětu (medián diferencí je různý od nuly).

Vzhledem k povaze dat byl použit Kruskalův Wallisův test (výsledky viz tabulka XLII). Prostřednictvím testu se zjistilo, že vyučovaný předmět měl statisticky významný vliv:

- v klasické vyučovací hodině na tři zkoumané složky vnitřní motivace: zájem/potěšení (Interest\_kla), uvědomění si svých schopností (Competence\_kla) a význam/užitečnost (Value\_kla);
- v první experimentální hodině na dvě zkoumané složky vnitřní motivace: zájem/potěšení (Interest\_exp\_1) a význam/užitečnost (Value\_exp\_1) a
- v poslední experimentální hodině na jednu zkoumanou složku vnitřní motivace: uvědomění si svých schopností (Competence\_exp\_2).

Další podrobnou analýzou se zjistilo, že v **klasické vyučovací hodině** žáci hodnotili: složku **zájem/potěšení** nejlépe v předmětu biologie/přírodopis, nejhůře v předmětu chemie (v předmětu biologie/přírodopis byla složka hodnocena statisticky signifikantně lépe než ve zbylých dvou předmětech); složku **uvědomění si svých schopností** nejlépe v předmětu zeměpis/geologie, nejhůře v předmětu chemie (v předmětu zeměpis/geologie byla složka hodnocena statisticky signifikantně lépe než v předmětu chemie); složku **význam/užitečnost** nejlépe v předmětu biologie/přírodopis, nejhůře v předmětu zeměpis/geologie (v předmětu biologie/přírodopis byla složka hodnocena statisticky signifikantně lépe než ve zbylých dvou předmětech).

V klasické vyučovací hodině lze pozorovat, že mezi všemi předměty byly zaznamenány statisticky signifikantní rozdíly (v závislosti na pozorované škále). Nejnižší hodnocení vlivu klasicky pojaté výuky na vnitřní motivaci žáků bylo zaznamenáno v předmětu chemie, nejvyšší v předmětu biologie/přírodopis.

V **první experimentální vyučovací hodině** bylo nalezeno rozdílné hodnocení u dvou škál, konkrétně žáci hodnotili: složku **zájem/potěšení** nejlépe v předmětu biologie/přírodopis, nejhůře v předmětu zeměpis/geologie (v předmětu biologie/přírodopis byla složka hodnocena statisticky signifikantně lépe než v předmětu zeměpis/geologie; mezi předměty biologie/přírodopis a chemie již nebyl zaznamenán statisticky signifikantní rozdíl); složku **význam/užitečnost** nejlépe v předmětu biologie/přírodopis, nejhůře v předmětu zeměpis/geologie (v předmětu biologie/přírodopis byla složka hodnocena statisticky signifikantně lépe než v předmětu zeměpis/geologie; mezi předměty biologie/přírodopis a chemie již nebyl zaznamenán statisticky signifikantní rozdíl).

Obdobných výsledků se dospělo též prostřednictvím porovnáním dat z klasické vyučovací hodiny s daty z první experimentální pro každý předmět zvlášť s využitím Wilcoxonova testu. Výsledky ukázaly, že experimentální výuka má na žáky největší pozitivní vliv v předmětech chemie ( $d = 0,744$ ) a přírodopis/biologie ( $d = 0,725$ ), v předmětu zeměpis/geologie ( $d = 0,457$ ) je vliv dynamické vizualizace výrazně nižší.

V **poslední experimentální vyučovací hodině** bylo nalezeno rozdílné hodnocení pouze u jedné škály, konkrétně žáci hodnotili složku **uvědomění si svých schopností** nejlépe v předmětu zeměpis/geologie, nejhůře v předmětu chemie (v předmětu zeměpis/geologie byla složka hodnocena statisticky signifikantně lépe než v předmětu chemie); v ostatních složkách nebyly zaznamenány statisticky signifikantní rozdíly.

Je důležité upozornit na sníženou statistickou sílu testů v experimentálních hodinách. V experimentálních hodinách bylo do statistického zpracování zahrnuto pouze 39 (v první experimentální hodině) a 30 (v poslední experimentální hodině) dotazníků z předmětu zeměpis/geologie. Co se týče předmětu chemie, bylo do statistického zpracování zahrnuto 64 (v první experimentální hodině) a 61 (v poslední experimentální hodině) dotazníků.

Tabulka XLII Kruskalův Wallisův test (Výsledky z post dotazníku\_kla, z post dotazníku\_exp\_1 a z post dotazníku\_exp\_2 v závislosti na proměnné předmět).

	Interest_kla	Effort_kla	Competence_kla	Value_kla	Interest_exp_1	Effort_exp_1	Competence_exp_1	Value_exp_1	Interest_exp_2	Effort_exp_2	Competence_exp_2	Value_exp_2
<i>Md<sub>biologie</sub></i> (medián předmět biologie/přírodopis)	4,71	4,00	4,50	4,71	6,00	4,40	4,83	6,07	5,29	4,40	4,50	5,43
<i>SD</i> (směrod. odch. <i>Md<sub>biologie</sub></i> )	1,383	1,279	1,237	1,256	1,095	1,279	1,063	1,062	1,411	1,425	1,252	1,526
<i>Md<sub>zeměpis</sub></i> (medián předmět zeměpis/geologie)	4,43	4,40	5,00	4,00	5,14	4,20	5,17	5,14	5,07	4,10	5,00	5,57
<i>SD</i> (směrod. odch. <i>Md<sub>zeměpis</sub></i> )	1,553	1,348	1,183	1,416	1,308	1,329	1,185	1,686	1,566	1,601	1,223	1,469
<i>Md<sub>chemie</sub></i> (medián předmět chemie)	4,29	4,00	4,33	4,29	5,71	4,00	4,67	5,64	5,00	4,00	4,33	5,14
<i>SD</i> (směrod. odch. <i>Md<sub>chemie</sub></i> )	1,397	1,296	1,232	1,215	1,336	1,196	1,076	1,442	1,548	1,482	1,275	1,578
<i>N<sub>biologie</sub></i> (počet validních dotazníků z předmětu biologie/přírodopis)	288	288	288	288	154	154	154	154	149	149	149	149
<i>N<sub>zeměpis</sub></i> (počet validních dotazníků z předmětu zeměpis/geologie)	63	63	63	63	39	39	39	39	30	30	30	30
<i>N<sub>chemie</sub></i> (počet validních dotazníků z předmětu chemie)	111	111	111	111	64	64	64	64	61	61	61	61
Kruskal-Wallis <i>H</i>	18,184	5,739	9,256	19,745	18,180	2,973	3,218	10,371	,414	2,054	6,510	,102
<i>df</i> (stupně volnosti)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
<i>p</i> -hodnota (oboustranná)	,000	,057	,010	,000	,000	,226	,200	,006	,813	,358	,039	,950

#### 4C) Vliv učitele

Byl zkoumán vliv učitele na žákovo vnímání klasické, první i poslední experimentální vyučovací hodiny. Výzkumu se zúčastnilo 11 učitelů (9 žen a 2 muži), jejichž průměrná doba praxe byla 17 let.

Stanovení nulové a alternativní hypotézy pro všechny sledované vyučovací hodiny:

- $H_0$ : Odpovědi žáků na položky z post dotazníku\_kla (resp. post dotazníku\_exp\_1, resp. post dotazníku\_exp\_2) se nelišily v závislosti na učiteli (medián diferencí je roven nule).
- $H_1$ : Odpovědi žáků na položky z post dotazníku\_kla (resp. post dotazníku\_exp\_1, resp. post dotazníku\_exp\_2) se lišily v závislosti na učiteli (medián diferencí je různý od nuly).

Opět byl vzhledem k povaze dat použit Kruskalův Wallisův test. Prostřednictvím testu se zjistilo, že vliv učitele na žákovo vnímání vyučovací hodiny ve vztahu k jeho vnitřní motivaci je statisticky signifikantně významný jak v klasických hodinách, tak v experimentálních hodinách, viz tabulka XLIII (celkem 11 škál z 12, jedná se o škály, u nichž  $p$  hodnota je nižší než 0,05,  $\eta^2$  byla naměřena mezi 0,070 a 0,132).

Tabulka XLIII: Kruskalův Wallisův test (Výsledky z post dotazníku\_kla, z post dotazníku\_exp\_1 a z post dotazníku\_exp\_2 v závislosti na proměnné učitel).

	Interest_kla	Effort_kla	Competence_kla	Value_kla	Interest_exp_1	Effort_exp_1	Competence_exp_1	Value_exp_1	Interest_exp_2	Effort_exp_2	Competence_exp_2	Value_exp_2
Kruskal-Wallis $H$	57,092	18,718	26,872	42,212	41,042	17,370	32,166	23,240	37,053	33,991	48,268	20,244
$df$ (stupně volnosti)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
$p$ -hodnota (oboustranná)	,000	,044	,003	,000	,000	,067	,000	,010	,000	,000	,000	,027

Souhrnný vliv experimentální výuky na vnitřní motivaci žáka v závislosti na učiteli byl zjišťován též porovnáním dat z klasické vyučovací hodiny s daty z první experimentální vyučovací hodiny s využitím Wilcoxonova testu. Vypočtené hodnoty průměrné velikosti účinku znázorněné prostřednictvím Cohenova  $d$  byly naměřeny mezi 0,398 a 1,208. Mezi učiteli byly zaznamenány největší výkyvy ve vztahu k působení na velikost účinku.

Vzhledem k počtu zpracovaných dotazníků v experimentálních hodinách je statistická síla testů snížena.



#### 4D) Vliv stupně vzdělávání žáků

Byl zkoumán vliv stupně vzdělávání (základní škola vs. střední škola) na žákovo vnímání první experimentální vyučovací hodiny, které se zúčastnilo 108 žáků základní školy a 112 žáků školy střední (školu střední se nemyslí nižší ročníky víceletých gymnázií).

Stanovení nulové a alternativní hypotézy pro:

- $H_0$ : Odpovědi žáků na položky z post dotazníku\_exp\_1 se nelišily v závislosti na stupni školy (medián diferencí je roven nule).
- $H_1$ : Odpovědi žáků na položky z post dotazníku\_exp\_1 se lišily v závislosti na stupni školy (medián diferencí je různý od nuly).

Prostřednictvím dvojvýběrového Mann Whitney  $U$  testu nebylo zjištěno, že by stupeň vzdělávání měl vliv na naměřené výsledky ( $d = 0,131$ ).

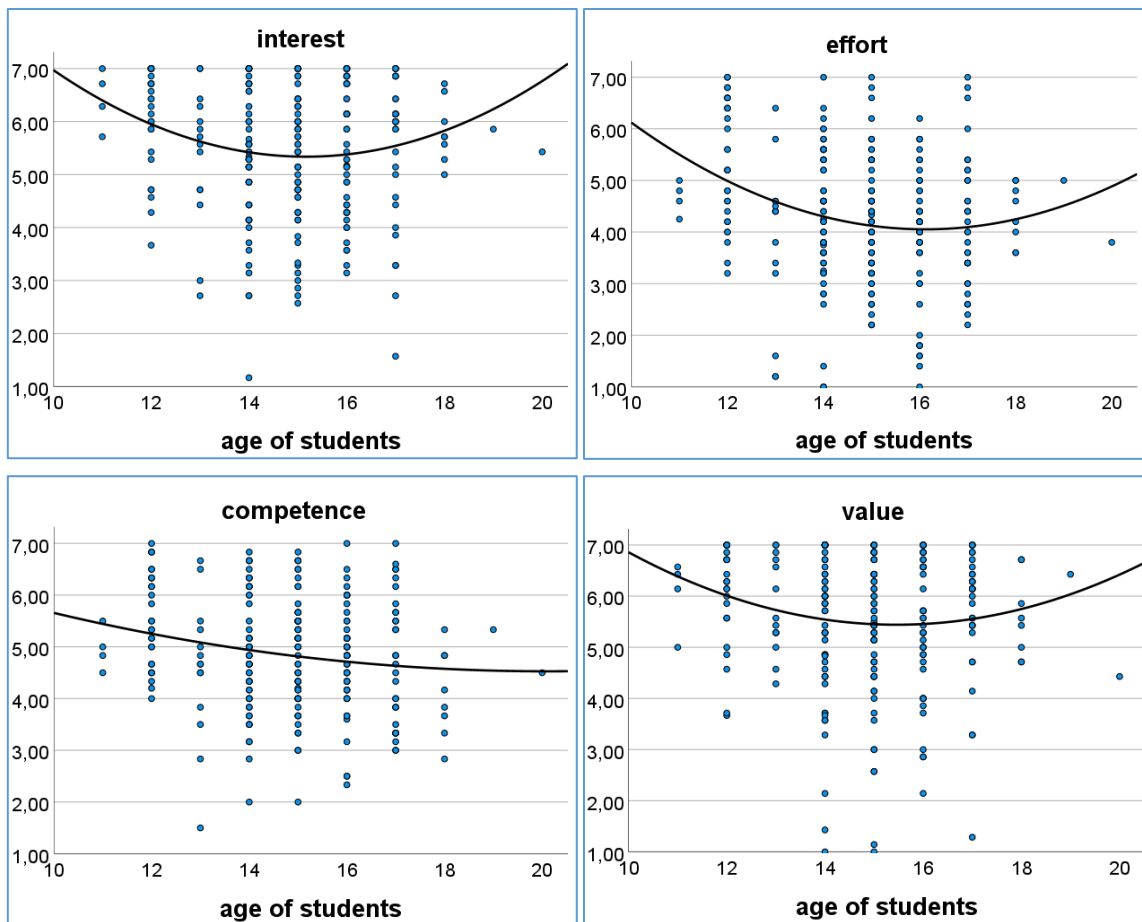
Shodných výsledků se dospělo porovnáním dat z klasické vyučovací hodiny s daty z první experimentální zvlášť pro žáky základních škol a zvlášť pro žáky středních škol s využitím Wilcoxonova testu. Výsledky ukázaly, že experimentální výuka má na žáky základní školy vliv s průměrnou velikostí Cohena  $d = 0,677$  a na žáky střední školy s průměrnou velikostí Cohena  $d = 0,702$ .

#### 4E) Vliv věku žáka

Byl zkoumán vliv věku žáka na jeho vnímání první experimentální vyučovací hodiny, které se zúčastnilo 257 studentů ve věkovém rozpětí 11 až 20 let. Mezi proměnnou věk žáka a všemi složkami vnitřní motivace byla nalezena statisticky signifikantní kvadratická závislost (zájem/potěšení:  $F(255) = 5,067$ ,  $p = 0,007$ ; úsilí/důležitost:  $F(255) = 9,081$ ,  $p = 0,000$ , uvědomění si svých schopností  $F(255) = 4,596$ ,  $p = 0,011$ ; hodnota/užitečnost:  $F(255) = 3,338$ ,  $p = 0,037$ , viz obrázek IX).

Odlíšný trend lze pozorovat u proměnné uvědomění si svých schopností, kde nebyly nalezeny přílišné rozdíly v hodnocení experimentální výuky v souvislosti s věkem. Nicméně lze pozorovat, že nejmladší žáci si nejvíce uvědomují své schopnosti (mají pocit, že dané látce rozumí) a následně dochází k poklesu (starší žáci si své schopnosti uvědomují méně).

Nicméně i u těchto výsledků je zapotřebí upozornit, že u nízké (11 let) a naopak též u vysoké věkové kategorii (19-20 let) se jednalo o malé počty žáků, což snížilo statistickou sílu výsledků.



Obrázek IX: Proložení křivky u kvadratického modelu pro znázornění vztahu mezi věkem žáka (age of students) a všemi zkoumanými složkami vnitřní motivace (zájem=interest, úsilím=effort, uvědoměním si svých schopností=competence a významem=value).