



Pedagogická
fakulta
Faculty
of Education

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
PEDAGOGICKÁ FAKULTA
KATEDRA MATEMATIKY

DIDAKTICKÁ VYBAVENOST I-UČEBNIC VE VYBRANÝCH KAPITOLÁCH MATEMATIKY

DISERTAČNÍ PRÁCE

Mgr. Klára Vocetková

2021

Školitel: prof. RNDr. Pavel Tlustý, CSc.



Pedagogická
fakulta
Faculty
of Education

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

UNIVERSITY OF SOUTH BOHEMIA IN ČESKÉ BUDĚJOVICE
FACULTY OF EDUCATION
DEPARTMENT OF MATHEMATICS

DIDACTICAL EQUIPMENT OF I-TEXTBOOKS REGARDING SELECTED MATHEMATICAL TOPICS

DOCTORAL THESIS

Mgr. Klára Vocetková

2021

Supervisor: prof. RNDr. Pavel Tlustý, CSc

BIBLIOGRAFICKÁ IDENTIFIKACE

Jméno a příjmení autora: Mgr. Klára Vocetková

Název disertační práce:

Didaktická vybavenost I-učebnic ve vybraných kapitolách matematiky

Název disertační práce anglicky:

Didactical equipment of I-textbooks regarding selected mathematical topics

Studijní program: Specializace v pedagogice

Studijní obor: Teorie vzdělávání v matematice

Školitel: prof. RNDr. Pavel Tlustý, CSc.

Klíčová slova: Funkčně strukturální analýza, Khanova škola, Matematický výzkum učebnic, Preference studentů, Tištěná vs. interaktivní učebnice, Technologie ve vzdělávání

Key words: Functional structural analysis, Khan Academy, Mathematical research of textbooks, Printed vs. interaktiv learning, Student preferences, Technology of Education

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucímu disertační práce prof. RNDr. Pavlovi Tlustému, CSc. za vedení práce a cenné připomínky. Za odborné rady v oblasti didaktiky upřímně děkuji též doc. RNDr. Heleně Koldové, Ph.D. a za konzultace při zpracování kvantitativní části práce doc. RNDr. Tomášovi Mrkvičkovi, Ph.D. Děkuji i učitelům středních škol, kteří mi poskytli rozhovory a umožnili provést videostudie či dotazníková šetření ve školách.

Prohlašuji, že svoji disertační práci na téma „Didaktická vybavenost I-učebnic ve vybraných kapitolách matematiky“ jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své disertační práce, a to v nezkrácené podobě, elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 31. 10. 2021

.....

(podpis)

ABSTRAKT

Žijeme a vzděláváme studenty v 21. století, kde informační a komunikační technologie představují důležitou a nepostradatelnou součást státní podnikatelské a soukromé sféry. Tudíž je třeba si uvědomit rozdíly i v samotném vzdělávání. Stále se zrychlující vývoj technologií způsobil, že podmínky, v nichž vzdělávání probíhá, se značným způsobem proměnily. Technologie pronikly do všech oblastí života a staly se běžnou a dětem dostupnou výbavou. Změnily způsob vnímání informací a jejich následné využívání. Informace jsou všude kolem nás dostupné. Tento snadný přístup k informacím vede právem u mnoha lidí, studenty nevyjímaje, k přesvědčení, že není třeba si pamatovat tolik učiva nazpaměť. Co je ale naopak důležitější a složitější, umět si tyto informace třídit ke svým potřebám.

S učebnicemi to není jiné. Na edukačním trhu nalezneme celou řadu tištěných, elektronických, hypertextových, interaktivních učebnic a k tomu v poslední době přibývají digitální výukové portály. Studenti a učitelé mohou vybírat z pestré nabídky. O nedostatek materiálů není nouze. Problémem je spíše jejich nejednotnost, nepřehlednost, nesoulad s právě probíranou látkou, instalace podpůrných programů ke správnému fungování digitálních výukových programů a v častých případech bohužel i chybovost.

Často se zapomíná na skutečnost, že s výběrem vhodných materiálů souvisí i přístup k učení. Učitelé často zadávají úlohy bez možnosti si vybrat mezi tištěnou či digitální variantou, a opomíjejí tak různorodé požadavky studentů. Na obranu učitelů je třeba říct, že navzdory velkému množství výukových materiálů, jak tištěných tak digitálních, chybí v současné době na českém edukačním trhu pestrá nabídka hybridních učebnic.

V naší studii se zabýváme komparací tištěné a interaktivní varianty učebnice ve vybraných kapitolách matematiky. Abychom uspokojili různorodé požadavky studentů na přístup k učení, vypracovali jsme stejné výukové materiály v tištěné i v interaktivní formě. Studii jsme rozdělili do dvou částí, kvantitativní a kvalitativní.

V kvantitativní části studie jsme se zaměřili na rozdílné aspekty mezi tištěnou a interaktivní variantou učebnice pro vybrané kapitoly matematické analýzy. Sledovanými aspekty byly chybovost studenta, potřebný počet nápověd a čas potřebný k vyřešení úloh.

V kvalitativní části studie jsme se věnovali důvodům, proč studenti pracovali s tištěnou či interaktivní variantou učebnice.

ABSTRACT

We live and educate pupils in the 21st century, where information and communication technologies represent an important and indispensable part of the state and private sphere. Therefore, it is important to understand the differences between the past, when these technologies were not such an integrated part of our lives, and today. The constantly accelerating development of technologies caused that the educational environment and conditions have changed dramatically. These technologies have penetrated all areas of life and have become every-day equipment available to children. They have also caused different perceptions of information and its use. Information is everywhere around us available. This easy access to information leads us and also pupils to a justified conviction that it is not important anymore to memorize so much information. On the other hand, it is crucial and more complicated to be able to sort the information and use it in the right way.

It is the same with textbooks. There is a wide variety of printed, electronic, hyper-text, and interactive textbooks on the market and there is an increasing number of digital teaching and learning portals. Pupils, their parents, who help them, and also the teachers may choose from this varied offer. Therefore, the problem is not a lack of materials but rather their disunity, bad arrangement, discord with the structure of taught subject matter, the need to install supporting programs necessary for right running of digital educational programs, and also the fact that in many cases the materials contain errors.

On top of all that, it is also important not to forget that the choice of suitable materials is closely connected with the learning styles of particular pupils. Their teachers often omit differences between their pupils and assign work to them without a possibility of choosing either a printed or a digital version of the study materials they need. To defend teachers, it should be mentioned that despite the immense number of teaching materials available both printed and digital, there is a lack of a varied offer of hybrid textbooks in today's Czech market.

The thesis presents a comparison of university students' work with an interactive digital textbook and its printed version in selected topics of university mathematics. To satisfy the different learning approaches of the students, the same teaching and learning

materials were developed in both the printed and interactive forms. The study was divided into a quantitative and a qualitative part.

In the quantitative part, the attention is paid mainly to different aspects of the printed and interactive version of the developed textbook for the selected topics of mathematical analysis. The observed aspects were the error rate of the students, the number of used hints, and the time the students needed to solve the assigned problems.

The qualitative part presents reasons why the students prefer the printed version of the textbook to the interactive one and vice versa.

OBSAH

1	ÚVOD	12
2	CÍLE A MODEL VÝZKUMU PRÁCE	14
2.1	VÝZKUMNÉ CÍLE PRÁCE	14
2.2	MODEL VÝZKUMU PRÁCE	15
3	TEORIE UČEBNIC	16
3.1	ZÁKLADNÍ POJMY	16
3.2	FUNKCE UČEBNICE	17
3.3	STRUKTURA UČEBNICE	19
3.3.1	KATEGORIZACE STRUKTURNÍCH KOMPONENT TIŠTĚNÝCH UČEBNIC	19
3.3.2	KATEGORIZACE STRUKTURNÍCH KOMPONENT I-UČEBNIC	25
4	SYSTEMATICKÝ VÝZKUM UČEBNIC	27
4.1	INSTITUTY ZABÝVAJÍCÍ SE VÝZKUMY UČEBNIC	27
4.1.1	INSTITUTY ZABÝVAJÍCÍ SE VÝZKUMY UČEBNIC VE SVĚTĚ	27
4.1.2	VÝZKUM UČEBNIC V ČESKÉ REPUBLICE	28
4.2	OBLASTI VÝZKUMU UČEBNIC	29
4.2.1	TVORBA, SCHVALOVÁNÍ A VÝBĚR UČEBNIC	30
4.2.2	UŽÍVÁNÍ UČEBNIC	31
4.2.3	HODNOCENÍ UČEBNIC	32
5	VÝZKUMNÁ PROBLEMATIKA	36
5.1	SPECIFIKA MATEMATICKÉHO TEXTU	36
5.1.1	ANALÝZA VÝUKOVÝCH TEXTŮ	36
5.1.2	STRUKTURÁLNÍ ANALÝZA TIŠTĚNÝCH UČEBNIC	41
5.2	ICT VE VZDĚLÁVÁNÍ V MATEMATICE	44

5.2.1	DIGITÁLNÍ VÝUKOVÉ MATERIÁLY	44
5.2.2	STRUKTURÁLNÍ ANALÝZA DIGITÁLNÍCH VÝUKOVÝCH MATERIÁLŮ	49
5.2.3	POČÍTAČEM PODPOROVANÉ HODNOCENÍ	52
6	<u>PRAKTICKÁ ČÁST</u>	56
6.1	ETAPY VÝZKUMU	56
6.2	SBĚR DAT	64
6.3	KVANTITATIVNÍ ČÁST VÝZKUMU	67
6.3.1	BONFERRONIHO KOREKCE	70
6.3.2	RANDOM MIXED MODEL	74
6.4	KVALITATIVNÍ ČÁST VÝZKUMU	77
7	<u>DISKUSE A TEORETICKÉ ZÁVĚRY</u>	82
7.1	KVANTITATIVNÍ VÝZKUM – DISKUSE	82
7.2	KVALITATIVNÍ VÝZKUM – DISKUSE	88
7.3	MOŽNÉ SMĚRY DALŠÍHO VÝZKUMU	93
	<u>ZÁVĚR</u>	95
	<u>SUMMARY</u>	97
	<u>LITERATURA</u>	99
	<u>SEZNAM TABULEK</u>	107
	<u>SEZNAM OBRÁZKŮ</u>	108
	<u>SEZNAM GRAFŮ</u>	108
	<u>SEZNAM DIAGRAMŮ</u>	108
	<u>PŘÍLOHY</u>	109

1 ÚVOD

V době masivního šíření elektronických médií do škol jsme si mohli položit otázku, zda klasická učebnice, tabule a křída nebudou potlačeny nástupem nových technologií. Od doby, kdy se objevily první elektronické materiály, uběhlo již několik let. Přesto tištěné učebnice i nadále neodmyslitelně patří do vyučovacího procesu. Svědčí o tom i široká nabídka učebnic na českém trhu. Situace v zahraničí je obdobná. Otázkou nyní není, zda tištěná učebnice na edukační trh patří či nikoliv, ale hlavní a klíčovou otázkou stále zůstává, jak má taková učebnice vypadat. Tvorba a tisk učebnic jsou v současné době v České republice komerční záležitostí a existuje obrovské množství dostupných materiálů pro různé typy škol. V posledních letech k tištěným učebnicím přibývají i učebnice elektronické, a tudíž je rozhodování, jaká učebnice je vhodná pro daný věk nebo typ školy, ještě o něco složitější. Pro učitele či ředitele škol, kteří rozhodují o výběru učebnic, je to nelehký úkol. Mnohdy si kladou otázku, jaký je vlastně rozdíl mezi tištěnou a elektronickou učebnicí? Jaký může mít přínos elektronická učebnice? Jaké jsou rozdílné aspekty při používání tištěné či elektronické učebnice?

Obecně můžeme chápat učebnici jako nutnou součást edukace, do které jsou zapojeni ve školním procesu studenti a učitelé, v mimoškolním procesu občas i rodiče. Prioritními uživateli učebnic jsou ovšem studenti. Zůstává stále otázkou, jak má vypadat taková dobrá učebnice z jejich pohledu?

Jisté je, že dobrá učebnice by měla být nepostradatelným či nezastupitelným prostředkem ve vzdělávacím procesu, měla by usnadnit práci učitelům a sloužit nejen ke vzdělávání, ale i k sebevzdělávání. Měla by být psaná poutavým a srozumitelným textem, doplněna vhodně zvoleným obrazovým materiálem, smysluplnými příklady a mít schopnost transformovat získané poznatky do dalších oborů či do reálného světa. Měla by splňovat multifunkční úlohu vzhledem k rozdílnosti co do nadání pro daný předmět, tak i speciálních požadavků. Jazyk školních učebnic by měl být přirozený, neboť vyjadřování žáků je také spontánní a přirozené (Kučina, 1986). Učebnice by měly být psány stylem, jenž bude motivací k dalšímu studiu či hlubšímu přemýšlení nad probíraným učivem, udrží soustředěnost i koncentraci a bude obsahovat příklady, které souvisí s jejich každodenním životem. Taková učebnice bude bezpochyby vítaným pomocníkem.

Dnešní učebnice nás většinou na první pohled zaujmou, mají doporučující schvalovací doložku ministerstva, jsou v souladu s požadavky Rámcově vzdělávacích programů, přesto se

některé v praxi neosvědčují. Didaktická vybavenost nových učebnic není, zejména z hlediska potenciálních uživatelů, často ověřována. Studenti přijímají učebnice, které jim jsou předloženy. Přitom způsob, jakým je učivo v učebnicích didakticky transformováno, je velmi důležitý, neboť ovlivňuje metody vyučování a samotného učení.

2 CÍLE A MODEL VÝZKUMU PRÁCE

2.1 VÝZKUMNÉ CÍLE PRÁCE

Hlavním cílem našeho výzkumu, který z pohledu funkčně strukturální analýzy učebnic patří do aparátu řídicího učení, bylo komparací tištěné a interaktivní varianty učebnice analyzovat strukturní komponenty v nových médiích.

Z pohledu kvantitativního výzkumu bylo našim cílem zjistit rozdílné aspekty mezi tištěnou a interaktivní variantou učebnice pro vybrané kapitoly matematiky při osvojování učiva. Sledovanými aspekty byly chybovost studenta, použitý počet nápověd k vyřešení úloh a čas potřebný k vyřešení úloh. Položili jsme si následující výzkumné otázky:

- Ovlivňuje varianta učebnice chybovost, které se studenti dopustí během řešení úloh?
- Ovlivňuje varianta učebnice použitý počet nápověd, které potřebují studenti k vyřešení úloh?
- Ovlivňuje varianta učebnice čas, který potřebují studenti k vyřešení úloh?

Z pohledu kvalitativního výzkumu bylo našim cílem zjistit preference studentů při výběru varianty učebnice a využitelnost strukturních komponent v nových médiích při osvojování učiva.

V průběhu studie jsme splnili i několik dílčích cílů:

- Studium literatury a zařazení výzkumu do oblasti výzkumu učebnic.
- Strukturální analýza tištěných matematických učebnic s cílem zjistit nové strukturní komponenty typické pro matematický aparát.
- Strukturální analýza matematických digitálních výukových materiálů s cílem zjistit nové strukturní komponenty typické pro matematický aparát v nově vznikajících médiích.
- Dotazníková šetření se studenty a rozhovory s učiteli s cílem zjistit využitelnost digitálních výukových materiálů při osvojování učiva.
- Analýza, třídění a výběr digitálních výukových materiálů pro praktickou část práce.

2.2 MODEL VÝZKUMU PRÁCE

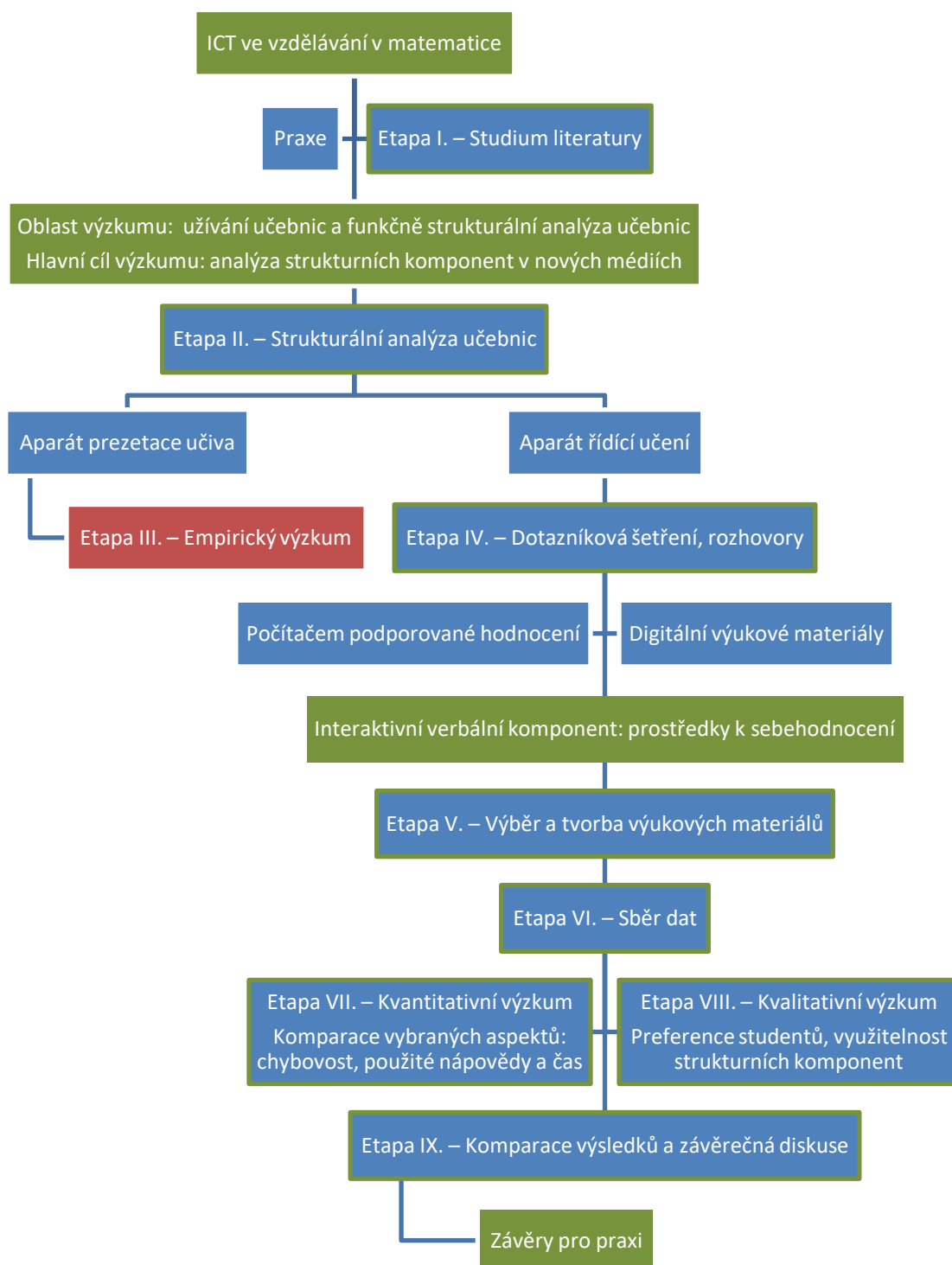


Diagram 1 – Model výzkumu

3 TEORIE UČEBNIC

3.1 ZÁKLADNÍ POJMY

Učebnice je obecně řečeno školní učební pomůcka určená k výuce. V pedagogické literatuře najdeme několik definic a různých pohledů, jak lze učebnici jako prostředek edukace chápat.

Průcha (1998, s. 13) chápe učebnici jako „edukační konstrukt, tj. výtvar vytvořený pro specifické účely edukace“, začleněný do několika systémů. Vymezení pojmu učebnice závisí na tom, do jakého systému bude učebnice zařazena. Jedná se v nejobecnějším pojetí o prvek kurikulárního projektu, jehož součástí jsou didaktické prostředky. V užším pojetí je učebnice školním didaktickým textem, který lze zařadit do systému didaktických prostředků.

Dle Průchy, Walterové a Mareše (2013, s. 323) je učebnice „druhem knižní publikace uzpůsobené k didaktické komunikaci svým obsahem a strukturou“. Doleček, Řešátko a Skoupil (1975) učebnici chápou jako prostředek učení. Dle nich je učebnice knižní učební pomůcka, která obsahuje pro žáka nové učivo, cvičení, otázky a úkoly. Je didakticky zpracovaná s ohledem na cíle výchovy a vyučování a na zvláštnosti učících se.

Pojem elektronická učebnice je velmi obecným a širokým pojmem. Z jedné strany se může jednat pouze o elektronickou verzi papírového textu, ze strany druhé může být pokročilým strukturovaným a multimediálním konstruktem, doplněným hypertextovými odkazy či interaktivními prvky.

V našem výzkumu pracujeme s tištěnými i elektronickými výukovými materiály, které jsou doplněny multimediálními prvky, hypertextovými odkazy či interaktivními prostředky k sebehodnocení. Jedná se v podstatě o „interaktivní výukový objekt a didakticky zdůvodněný soubor výukových prvků (obrázků, videí, zvuků, tabulek, grafů a textů), sestavených do jednoho celku, který umožňuje interakci s aktéry výuky (učiteli a žáky)“ (Dostál, 2009, s. 16). Takovouto interaktivní variantu učebnice nazýváme v naší práci zkráceně *I-učebnicí*.

3.2 FUNKCE UČEBNICE

Při tvorbě učebnic je důležité, aby jejich autoři vytvářeli texty, které jsou nejenom v souladu s obsahovými standardy vymezenými Rámcově vzdělávacími programy, ale zejména budou svojí koncepcí přizpůsobeny budoucím uživatelům, tedy těm, kteří s nimi budou pracovat, tzn. především studentům a učitelům.

Obsah a struktura učebnice (viz následující kapitola) do značné míry ovlivňují funkci učebnice a její účelovost. Dosud nejpodrobnější klasifikaci funkcí učebnice vypracoval ruský odborník Zujev (1986). Uplatňoval se spolupracovníky funkčně strukturální analýzu s využitím psychologické teorie učení podle Talyzinové (1978; podle Zujev, 1986, s. 61), která vytvořila klasifikaci čtyř skupin:

- učebnice jako nositel obsahu vzdělávání – zdůrazňuje přiměřenou variantu obsahu doplněnou různými pomůckami vzhledem k různým skupinám žáků,
- učebnice jako prostředek k získávání informací a k procesu osvojování,
- zavádění obsahu vzdělávání do učebního procesu, formování cílů,
- rozpracování a zavedení cvičných úloh.

Zujev (1986) navázal na výše uvedenou klasifikaci, která dle jeho názoru neměla dostatečné členění, a vytvořil dodnes používanou a citovanou taxonomii. Rozlišil osm funkcí učebnice včetně jejich charakteristik (tabulka 1).

FUNKCE	CHARAKTERISTIKA FUNKCE
Informační	Vymezuje povinný obsah informace, kterou si žáci musí osvojit
Transformační	Je spojena s přetransformováním poznatků z určité odborné, technické či jiné oblasti tak, aby transformované informace byly přístupné žákům
Systematizační	Rozčleňuje učivo podle určitého systému dle potřeb žáků
Zpeňovací a kontrolní	Umožňuje si osvojovat, upevňovat a kontrolovat si osvojení určitých poznatků a dovedností
Sebevzdělávací	Formuluje schopnost žáků k získávání poznatků samostudiem
Integrační	Poskytuje základ pro ucelený systém poznatků získaných z různých druhů činností
Koordinační	Umožňuje využívání všech učebních prostředků a odkazů, které s daným předmětem souvisí
Rozvojově výchovná	Přispívá k formování harmonického rozvoje osobnosti

Tabulka 1 – Funkce učebnice podle Zujev (1986), zdroj: vlastní zpracování

Se stejnou taxonomií pracoval u nás Průcha (1998), který rozumí funkcí učebnice roli či předpokládaný účel, který má didaktický prostředek plnit v reálném edukačním procesu. V teorii učebnic nahlíží na funkci učebnice ve vztahu k subjektům, které danou učebnicí používají. Z tohoto pohledu budou funkce učebnic pro žáky, studenty a pro učitele zcela odlišné. Pro žáky a studenty je učebnice pramenem, z něhož se učí, osvojují si nejen určité poznatky, ale i jiné složky vzdělání, např. dovednosti, hodnoty, normy, postoje aj. Pro učitele je učebnice pramenem, pomocí něhož plánují obsah učiva a přímou prezentaci obsahu učiva ve výuce. Další autoři pracovali s podobnou taxonomií, lišící se pouze v podrobném vymezení jednotlivých funkcí.

Maňák (2008, s. 24) vnáší jiný pohled na funkci učebnice, v níž je přihlíženo na nově vznikající informační technologie (digitální materiály, interaktivní tabule, elektronické učebnice aj.). Formuluje novou funkci, kterou nazývá „normativní neboli unifikující, poněvadž by měla spolu se standardy vytyčovat a sjednocovat požadavky (normy) na příslušné obory a ročníky, a to na základě ukazatelů, vytvořených zvláštními komisemi odborníků“. Reaguje tak na nejednotnost učebnic a na nesmyslnost některých údajů do nich zařazených.

Je však zřejmé, že učebnice nemůže vyhovět všem funkcím v nejvyšší možné míře, a proto je zapotřebí celé řady podpůrných didaktických prostředků k jejich naplnění. Tabulka 2 uvádí přehled funkcí a možné podpůrné didaktické prostředky k jejich naplnění (Mikk, 2007, s. 15). Autor také zdůrazňuje funkci motivační, jež představuje touhu po vědění a poznávání. Naplnění motivační funkce považuje za jeden z nejdůležitějších cílů, jakých může školní vzdělávání dosáhnout.

FUNKCE	DIDAKTICKÝ PROSTŘEDEK
Motivační	Učebnice, diapositivy, videonahrávky, počítačový software
Informační	Učebnice, slovníky, mapy, počítačový software
Systematizační	Knihy odkazů
Koordinační	Učebnice, pracovní sešity
Diferenciační	Učebnice, pracovní sešity, rozšiřující materiály
Řídící	Učebnice
Rozvíjení učební strategie	Pracovní sešity
Sebehodnotící	Učebnice, sady testů
Vzdělávání k hodnotám	Učebnice, čítanky

Tabulka 2 – Funkce učebnice podle Mikk (2007, s. 15)

Z prostudovaných materiálů jsem zjistila, že charakteristiky funkcí učebnic jednotlivých autorů se výrazně neliší, liší se pouze seznam používaných funkcí. Jednotliví autoři je upravují v závislosti na tom, jak úzké či široké vymezení funkcí zvolí. Z definovaných funkcí je patrné, že učebnice jsou zařazeny do všech fází vyučovacího procesu, přičemž v každé fázi plní učebnice jinou funkci. Mezi rozdílné fáze vyučování řadíme proces vyučování a učení, proces porozumění učivu a aplikace nových poznatků, proces fixace, proces motivace k učení a proces hodnocení.

3.3 STRUKTURA UČEBNICE

3.3.1 *Kategorizace strukturních komponent tištěných učebnic*

Analýza učebnic, zabývající se zkoumáním jednotlivých dílčích složek učebnic, je označována jako funkčně strukturální analýza učebnic. Jednotlivé složky a jejich strukturní komponenty, které se v učebnicích vyskytují, mají konkrétní funkci. Tudiž mezi pojmy „funkce učebnice“ a „struktura učebnice“ je úzká souvislost. Každý strukturní komponent má svou didaktickou funkci a realizace didaktických funkcí nemůže být efektivně splněna bez strukturních komponent, jež danou funkci rozvíjí.

Uvedené kategorizace jsou řazeny chronologicky z důvodu logické návaznosti vývoje strukturních komponent, kterou bych pro lepší orientaci shrnula v úvodu kapitoly. Mezi první autory zabývající se problematikou struktury učebnic patří Perovskij (1957; podle Zujev, 1986, s. 96). Nepoužívá ještě termín struktura, ale „metodická stavba učebnice“, kterou vnímá jako vnitřní formu obsahu učebnice a vymezuje obecně sedm prvků učebnice. V NDR se strukturou učebnic v sedmdesátých letech zabýval Meyerdorf (podle Zujev, 1986). Vyčleňuje čtyři skupiny učebnic, ale spíše z pohledu funkcí, jež budou jednotlivé skupiny plnit. U nás se v osmdesátých letech zabývali klasifikací strukturních komponent Doleček et al. (1975) a kategorizovali textové složky učebnice. Dále se již obecně v každém modelu rozlišuje textová a mimotextová složka. Bednařík (1981; podle Průcha, 1998) zmiňuje 12 komponent textové složky a nevýkladovou složku rozděluje na procesuální, orientační a obrazový aparát. Michovský (1981; podle Červenková, 2011) již k jednotlivým strukturním kategoriím, u kterých opět rozlišoval textové a mimotextové složky, definoval jejich funkce. Strukturní kategorie rozlišil obdobně i Wahla (1983). Zujev (1986) již rozdělil strukturními komponenty na dvě velké skupiny, výkladový a

nevýkladový text, ke každé skupině definoval dílčí komponenty a uvedl druh strukturního komponentu.

Poslední zmíněnou, u nás dodnes nejčastěji používanou, kategorizaci vytvořil Průcha (1998). V ní jsou předchozí členění spojena, upravena a doplněna do výsledné kategorizace strukturních komponent. Inspirován rozdělením základních strukturních skupin dle Michovského klasifikuje aparát prezentace učiva, aparát řídicí učení a aparát orientační. U každého aparátu rozlišuje verbální a neverbální složky a definuje jejich dílčí strukturní komponenty, čímž vznikl model s 36 strukturními komponenty. Nyní bych podrobněji popsala již zmíněné kategorizace.

Při analýze vnitřní formy učebnice vymezuje Perovskij (1957; podle Zujev, 1986, s. 95) následujících sedm prvků:

- úvod do učebnice,
- rozdělení obsahu do kapitol a stavba kapitol,
- stavba statí (paragrafů) učebnice,
- zobecněné závěry statí, kapitol,
- obrázek jako prvek podkapitoly,
- otázky a úkoly k statím a kapitolám,
- doplňující aparát.

V NDR v sedmdesátých letech strukturalizoval učebnice chemie Meyendorf (podle Zujev, 1986). Vyčleňuje čtyři skupiny složek učebnice: z pohledu funkcí na hodině, z hlediska grafické úpravy, z hlediska vysvětlení učiva a z hlediska obsahu. Hlavní důraz klade pouze na první složku učebnice, naopak grafickou úpravu považuje za druhotný neboli podřadný prvek učebnice. Zmiňuje pro dnešní dobu zajímavý poznatek z praxe, že učebnice se využívá více při samostudiu než na hodině, což je v rozporu s výzkumem Červenkové (2011). Ta ve své studii zjistila, že: 76 % žáků učebnice matematiky doma nikdy nepoužilo; ostatní občas, výjimečně či před testem a často ji neotvírá vůbec nikdo. Také autorův nedůraz na grafickou složku učebnice bude pramenit ze skutečnosti, jakým stylem byly psány učebnice v sedmdesátých letech.

U nás v roce 1975 vypracovali Doleček et al. ve *Výzkumném ústavu odborného školství* kategorizaci strukturních komponent textových složek učebnice, kterou podpořili empirickými nálezy. Rozlišili sedm textových komponent (viz tabulka 3).

TEXTOVÝ KOMPONENT	FUNKCE KOMPONENTU
Motivační text	Slouží v učebnici: <ul style="list-style-type: none"> • k uvedení do učiva, • k vysvětlení, proč se určité učivo probírá, • k aktivní činnosti prezentací problému, • k navázání na již dříve probrané učivo, • k seznámení s historickým vývojem objevu aj.
Výkladový text	Slouží ke sdělování poznatků, pojmů
Regulační text	Obsahuje sdělení sloužící k aktivizaci žáka při čtení textu učebnice Uděluje pokyny k provádění cvičení, k řešení problému Odkazuje se na dříve probrané učivo Regulační text je pouze pomocný text, nerozpracovává bazální text Funkce regulačního textu je čistě didaktická
Ukázky, příklady, aplikace	Ukázka může mít motivační nebo cvičnou funkci Funkce není autory přesně definována
Cvičení	Cvičení upevňuje vědomosti Žák získává dovednosti a rozvíjí schopnosti
Otázky	Má aktivizující charakter podobně jako cvičení
Zpětná vazba	Informace o postupu učení z hlediska shody s jeho předpokládaným průběhem

Tabulka 3 – Struktura učebnice podle Doleček et al. (1975), zdroj: vlastní zpracování

Strukturou učebnic se zabývali i další čeští autoři, např. Michovský, Bednařík, Wahla, či Průcha. Díky jemnější taxonomii vytvořili dokonalejší, podrobnější struktury učebnic a u jednotlivých textových komponent strukturalizovali prvky, jež daný komponent tvoří.

Michovský (1981; podle Červenková, 2011, s. 23) analyzoval učebnice dějepisu. Rozlišil 42 strukturních prvků, které rozdělil do tří základních strukturních kategorií. Definuje již pojem aparát, používající dodnes. V tabulce 4 uvádíme k jednotlivým strukturním kategoriím funkce, jež příslušný aparát plní.

STRUKTURNÍ KATEGORIE	FUNKCE
Aparát prezentace učiva	Plní funkci informační
Aparát řídicí	Plní funkci osvojování učiva
Aparát orientační	Slouží k pochopení výstavby textu

Tabulka 4 – Strukturní komponenty podle Michovský (1981; podle Červenková, 2011, s. 23)

V Bednařikově struktuře každý z prvků výkladové a nevýkladové složky plní svou odlišnou funkci (Bednařík, 1981; podle Průcha, 1998). Taxonomie vznikla na základě rozborů tehdejších československých i zahraničních učebnic fyziky a je znázorněna v tabulce 5.

VÝKLADOVÉ SLOŽKY		
Výkladový text	Doplňující text	Vysvětlující text
Výchozí text	Úvodní text	Vysvětlivky
Objasňující text	Text určený k četbě	Text k obrázkům
Popis pokusu	Dokumentační text	
Základní text		
Aplikační text		
Shrňující text		
Přehled učiva		
NEVÝKLADOVÉ SLOŽKY		
Procesuální aparát	Orientační aparát	Obrazový materiál
Otázky a úkoly k zpevnění vědomostí	Nadpisy	Obrazy nahrazující věcný obsah výkladových komponent
Otázky a úkoly vyžadující aplikaci vědomostí	Výhmaty	Obrazy rozvíjející věcný obsah výkladových komponent
Otázky a úkoly k osvojení vědomostí	Odkazy	Obrazy doplňující věcný obsah výkladových komponent
Návody k pokusům	Grafické symboly	
Pokyny k činnostem	Rejstříky	
Odpovědi a řešení	Obsah	

Tabulka 5 – Struktura učebnice podle Bednařík (1981; podle Průcha, 1998, s. 22)

Wahla (1983, s. 14) na základě rozboru učebnic zeměpisu rozlišil tři základní strukturní kategorie (tabulka 6).

STRUKTURNÍ KATEGORIE	
Informační část	Obsahuje verbální nebo neverbální komponenty
Imperativní část	Obsahuje učební úlohy
Orientační část	Obsahuje prvky, které usnadňují práci s učebnicí

Tabulka 6 – Struktura učebnice podle Wahla (1983, s. 14)

Poměr textových a mimotextových složek byl předmětem také mnoha zahraničních výzkumů. D. D. Zujev v roce 1986 provedl analýzu 57 tehdejších ruských učebnic a vytvořil kategorizaci strukturních komponent, které rozčlenil na dvě velké skupiny, opět na výkladový text

a nevýkladové složky (tabulka 7). Jednotlivé dílčí komponenty nazývá strukturními jednotkami, které musí splňovat pět základních znaků (Zujev, 1986, s. 105):

- musí být nevyhnutelným, nepostradatelným prvkem učebnice;
- musí být ve vzájemném vztahu s jinými strukturními jednotkami, z čehož vyplývá integrace dané jednotky do celkového systému;
- má přesně vymezenou formu;
- má své funkční poslání potřebné při řešení výchovně-vzdělávacích úloh;
- plní svou didaktickou funkci pouze vlastními prostředky.

Na soupis strukturních jednotek se dívá jako na uzavřený a integrovaný systém všech strukturních komponent do stabilního systému, zdůrazňuje jejich dostatečnost a nevyhnutelnost. Naopak z pohledu konkrétních druhů strukturních komponent považuje učebnici za otevřený systém, který se může měnit vzhledem k věku, vzhledem k danému předmětu, podle typu školy, v osobitosti vyučovaného předmětu či autorovy koncepce.

VÝKLADOVÝ TEXT	DRUH STRUKTURNÍHO KOMPONENTU
Základní text	Vše, co určuje logiku způsobu podání učiva v učebnici Druhy základního textu – teoretické poznávací texty a instrumentálně praktické texty
Doplňující text	Mají osobitou úlohu – patří sem dokumenty, úryvky z vědecké literatury, epizody z historie, životopisy, svědectví, statistické informace a často materiály přesahující rámec osnov
Vysvětlující text	Tvoří informační aparát knihy, který má úzký vztah k základnímu textu – např. úvod, poznámky a vysvětlivky, slovníky, atlasy, souhrnné normy, používané symboly, seznamy zkratk, komentáře k mapám, schémátům, diagramům, grafům atd.
NEVÝKLADOVÉ SLOŽKY	DRUH STRUKTURNÍHO KOMPONENTU
Aparát řízení procesu osvojování	Otázky, úkoly, tabulky, návody, vsuvky s odkazy, zvýraznění textu, cvičení k osvojování poznatků
Ilustrační materiál	Předmětné, umělecké, technické, dekorativní ilustrace, mapy, diagramy, schémata, plány, rysy, grafiky atd.
Orientační aparát	Předmluva, obsah, písmo, znaky a symboly, bibliografie, rejstříky, seznamy, živá záhlaví

Tabulka 7 – Strukturní komponenty podle Zujev (1986), zdroj: vlastní zpracování

V současné době je u nás nejpoužívanějším modelem analýza strukturních prvků sestavená v pojetí Průcha (1998, s. 22). Vytvořil kategorizaci, kde rozlišuje 36 komponent (tabulky 8–10). Strukturní komponenty kategorizuje na verbální a neverbální komponenty a současně je zařazuje do aparátů učiva. Jinými slovy rozděluje komponenty dle funkce učebnice.

APARÁT PREZENTACE UČIVA (celkem 14 komponent)	
Verbální komponenty	Neverbální komponenty
Výkladový test prostý	Umělecká ilustrace
Výkladový test zpřehledněný	Nauková ilustrace
Doplňující text (dokumentační materiál, citace z pramenů, statistické tabulky aj.)	Obrazová prezentace barevná (použití alespoň jedné barvy odlišné od běžného textu)
Shrnutí učiva k tématům	Fotografie
Shrnutí učiva k celému ročníku	Mapy, kartogramy, plánky, grafy, diagramy aj.
Shrnutí učiva k předchozímu ročníku	
Poznámky a vysvětlivky	
Podtexty k vyobrazením	
Slovníčky pojmů, cizích slov	

Tabulka 8 – Strukturní komponenty učebnice podle Průcha, aparát prezentace učiva (1998)

APARÁT ŘÍDÍCÍ UČENÍ (celkem 18 komponent)	
Verbální komponenty	Neverbální komponenty
Předmluva (úvod do předmětu, ročníku)	Grafické symboly vyznačující určité části textu
Návod pro práci s učebnicí	Užití zvláštní barvy pro určité části textu
Stimulace celková (podněty k zamyšlení, otázky aj. před celkovým učivem ročníku)	Užití zvláštního písma (tučné písmo, kurzíva aj.) pro určité části verbálního textu
Stimulace detailní (podněty k zamyšlení, otázky aj. před nebo v průběhu lekcí, témat)	Využití přední nebo zadní obálky (předsádky) pro schémata, tabulky aj.
Odlíšení úrovní učiva	
Otázky a úkoly za témata, lekcemi	
Otázky a úkoly k celému ročníku	
Otázky a úkoly k předchozímu ročníku	
Instrukce k úkolům komplexnější povahy (návodů k pokusům, pozorováním, aj.)	
Náměty pro mimoškolní činnosti	
Explicitní vyjádření cílů učení	
Prostředky k sebehodnocení	
Výsledky úkolů a cvičení	
Odkazy na jiné zdroje informací (bibliografie, doporučená literatura aj.)	

Tabulka 9 – Strukturní komponenty učebnice podle Průcha, aparát řídicí učení (1998)

APARÁT ORIENTAČNÍ (celkem 4 komponenty)	
Verbální komponenty	Neverbální komponenty
Obsah učebnice	
Členění učebnice na tematické bloky, kapitoly	
Marginálie, živá záhlaví aj.	
Rejstřík (věcný, jmenný, smíšený)	

Tabulka 10 – Strukturní komponenty učebnice podle Průcha, aparát orientační (1998)

V této kapitole jsem shrnula několik pohledů při vytváření kategorizace strukturních komponent. Pochopitelně existuje řada dalších pedagogických odborníků, kteří by si zasloužili být citováni, nicméně cílem této práce není historicko-srovnávací analýza strukturních komponent. Domnívám se, že komparací zmíněných přístupů jsem si vytvořila dostatečnou představu k dané problematice. Na učebnici můžeme nahlížet jako na obecný systém komponent, ve kterém hledáme integrované podsystémy a jejich strukturní komponenty, které mají v učebnici jednoznačný, opakující se znak. Z tohoto důvodu se dle mého názoru struktura učebnice liší daným předmětem, věkem žáků či studentů, autorovým stylem psaní učebnice atd. Zároveň stejně jako u funkce učebnice záleží na tom, zda autoři strukturních modelů zvolí obecnější či podrobnější strukturní dělení. Po prostudování celé řady odborných článků, knih či monografií, vztahující se k této kapitole, se domnívám, že je třeba si přesně vymezit objekt strukturní analýzy, který chceme zkoumat, a sestavit si ke svým potřebám strukturu odpovídající konkrétní zkoumané problematice. Uvedené nástroje nám k tomu ale mohou být nápomocny.

3.3.2 Kategorizace strukturních komponent I-učebnic

I-učebnicemi či jejich podrobnou klasifikací se zabývala také celá řada světových autorů, např. Allison (2003); Crestani, Landoni a Melucci (2006); Chesser (2011). Strukturní komponenty elektronických učebnic na hodinách matematiky a jejich použití zkoumali například Gueudet a Trouche (2009). U nás byla přenositelnost jednotlivých aparátů mezi klasickou, tedy papírovou učebnicí, a I-učebnicí, tou interaktivní a multimediální, hlavním cílem výzkumu Krotkého (2015, s. 67–71). Analýzou I-učebnic zjistil, že všechny strukturní komponenty definované Průchou (1998) jsou s novým elektronickým médiem kompatibilní, avšak byly identifikovány i strukturní komponenty nové. Krotký uvádí, že nové strukturní komponenty přináší další možnosti a výhody při prezentaci učiva, v aparátu řídicím učením i zlepšují orientaci v učebnici. Ke komponentům jednotlivých aparátů přidává autor interaktivní komponenty a místo neverbálních komponent používá pojem multimediální komponenty, které dělí na interaktivní,

obrazové, audio či video komponenty. Zařazení nových strukturálních komponent do jednotlivých aparátů uvedeme v tabulce 11. Jedná se o rozšíření tabulek 8–10. Při vytváření kategorizace strukturálních komponent autor uvažuje I-učebnici jako tištěnou učebnici rozšířenou o multimediální a interaktivní prvky.

APARÁT PREZENTACE UČIVA (nových 7 komponent)	
Multimediální komponenty	
Obrazové komponenty	3D obrázek
	Dynamická fotografie
Video komponenty	Videozáznam
	Videoanimace
	Animace
Audio komponenty	Zvukový komentář
	Zvukový projev
APARÁT ŘÍDÍCÍ UČENÍ (nových 5 komponent)	
Verbální komponenty	
Interaktivita	Komponent „Prostředky k sebehodnocení“ je rozšířen o „Přehled výkonů“
	Mezioborové nebo mezipředmětové odkazy
Multimediální komponenty	
Audio komponenty	Průvodce učebnicí
	Doprovodný zvuk
Interaktivita	Základní a doplňkové interaktivní aktivity
	Pokročilé interaktivní aktivity
APARÁT ORIENTAČNÍ (nových 7 komponent)	
Multimediální komponenty	
Interaktivita	Vyhledávání
	Klávesové zkratky, gesta
	Přítomnost navigace
	Zažité příkazy
	Optimalizace parametrů audiovizuálních prvků a textu
	Mapa struktury učebnice
	Personifikace učebnice

Tabulka 11 – Nové strukturální komponenty I-učebnic podle Krotký (2015)

4 SYSTEMATICKÝ VÝZKUM UČEBNIC

4.1 INSTITUTY ZABÝVAJÍCÍ SE VÝZKUMY UČEBNIC

4.1.1 *Instituty zabývající se výzkumy učebnic ve světě*

Ve světě existuje několik speciálních pracovišť, kde se systematicky věnují výzkumům učebnic. Ze sousedních zemí je to například *Georg-Eckert-Institut für internationale Schulbuchforschung*¹ v Německu. Hlavní náplní jeho veškerých výzkumů a výzkumných projektů institutu jsou učebnice a školní vzdělávací média z pohledu sociálních a politických kontextů. Zvláštní pozornost směřuje k společenským vědám, náboženství, islámským studiím nebo problematice migrace. Napříč Evropou spolupracuje s několika státy, včetně České republiky.

Pravidelně každé dva roky se schází *Deutsch-Tschechische Schulbuchkommission* na konferencích. Výzkumy jsou sice zaměřeny převážně na evropské prostředí, nicméně nechybí ani srovnávací studie či spolupráce s Čínou, Japonskem, Izraelem, Palestinou a USA. V roce 1985 byl *Georg-Eckert-Institut* oceněn cenou *UNESCO* za mírové vzdělávání. Institut publikuje odborné stati, zprávy a recenze, pravidelně čtvrtletně vydává časopis *Internationale Schulbuchforschung*. V posledních letech zařadil do výzkumných projektů i témata vztahující se k elektronickým učebnicím. V letech 2012–2014 realizoval projekt *Elektronická média ve vyučování*², v letech 2014–2015 *Digitální výuka a učení: notbooky ve vyučování*³ a 2016–2018 projekt s názvem *Nové poznatky v nových médiích?*⁴. Aktuálně probíhá od roku 2016 projekt *Koncepty společnosti a budoucí očekávání ve školním kontextu*⁵ s plánovaným ukončením v roce 2022.

V Evropě je nutné zmínit výzkumy profesora Mikka z univerzity v estonském Tartu (Mikk, 2007). Dlouhodobý výzkum učebnic je prováděn v Japonsku, kde pracuje centrum *Japan Textbook Research Center*⁶. Jedná se o jedno z největších pracovišť pro výzkum učebnic na světě. Od roku 1991 sdružuje organizace *IARTEM (International Association for Research*

¹ www.gei.de

² Elektronische Medien im Unterricht

³ Digitales Lehren und Lernen: Notebooks im Unterricht

⁴ Neues Wissen in neuen Medien?

⁵ Gesellschaftsentwürfe und Zukunftserwartungen im schulischen Kontext.

⁶ http://www.textbook-rc.or.jp/eng/indexe_purpose.html

on Textbooks and Educational Media)⁷ výzkumný tým zabývající se učebnicemi. Jedná se o mezinárodní organizaci pro výzkum učebnic a edukačních medií. Hlavní výzkumné směry, kterými jsou výběr, užívání učebnic, analýzy textů a obrazových komponent, ale i další, jsou prezentovány na pravidelných konferencích.

V Německu nesmíme zapomenout institut *Volk und Wissen*⁸, který byl založen v roce 1945 v Berlíně a Lipsku a byl hlavním vydavatelem učebnic v NDR. Institut se také zabýval strukturálními komponenty a funkcemi učebnic. Prošel bouřlivým obdobím během znovusjednocení Německa. Vzhledem k tomu, že původní učebnice se již nemohly dál používat, zaznamenal největší objednávku učebnic v historii. Další klíčovou změnou byla privatizace společnosti. Od roku 1991 spolupracuje s nakladatelstvím *Cornelsen*⁹, které od roku 2015 zavedlo celou řadu matematických elektronických učebnic. V současné době má v nabídce dvě ucelené řady učebnic matematiky pro základní školy a pro střední školy zpracovanou interaktivní sbírku vzorců, včetně matematiky.

4.1.2 Výzkum učebnic v České republice

V 80. letech 20. století v bývalém Československu vzniklo při Státním pedagogickém nakladatelství Praha a SPN Bratislava *Středisko pro teorii tvorby učebnic*. Stejná situace byla v dalších evropských socialistických státech (NDR, Polsko, Jugoslávie, SSSR). Po roce 1989 začala vznikat soukromá nakladatelství. Výsledkem byla řada nových učebnic či učebních materiálů, které vykazovaly značnou nejednotnost. Vznikaly učebnice s nepřilíš uspořádanými texty a bez didaktické nadstavby.

Na tuto nepříznivou situaci po roce 1989 v oblasti učebnic reagoval Maňák a z jeho iniciativy vznikla na Pedagogické fakultě Masarykovy univerzity skupina pro výzkum učebnic, tzv. *Centrum pedagogického výzkumu*. Od roku 2011 byla skupina přejmenována na *Institut výzkumu školního vzdělávání*¹⁰.

Aktivita Institutu výzkumu školního vzdělávání směřují k systematicky koordinovanému výzkumu učebnic, který přináší výzkumně ověřené poznatky s ohledem na aktuální potřeby pedagogické teorie a praxe, vzdělávací politiky a tvorby učebnic.

⁷ <https://iartem.org/>

⁸ www.volkundwissen.de

⁹ <https://www.cornelsen.de/>

¹⁰ <http://www.ped.muni.cz/weduresearch/joomla/>

Výzkumy Institutu (Janík et al., 2011, s. 25) směřují do tří tematických oblastí:

- výzkum kurikula a jeho proměn;
 - zodpovídá obecnější otázky týkající se cílů a obsahů vzdělávání,
 - zkoumá procesy tvorby, implementace, realizace a evaluace kurikulárních dokumentů,
 - zkoumá vztahy mezi teorií kurikula, kurikulární politikou a vzdělávací praxí,
- výzkum vyučování a učení;
- výzkum učitelské přípravy a profesionalizace.

Cílem Institutu (Janík et al., 2011, s. 66) je:

- produkovat kvalitní, spolehlivé a empiricky ověřené poznatky týkající se kurikula, zejména s ohledem na potřeby teorie a praxe;
- navrhovat, rozvíjet a ověřovat možnosti empirického zkoumání kurikulárních dokumentů, zejména učebnic, včetně širšího kontextu jejich tvorby, schvalování, užívání, hodnocení aj.;
- poskytovat teoretickou a metodologickou podporu a publikační příležitosti začínajícím i zkušeným badatelům v oblasti výzkumu kurikula;
- organizovat konference a semináře, jež směřují k etablování a dalšímu rozšiřování odborné komunity, která své aktivity směřuje do oblasti výzkumu kurikulárních studií.

Institut pravidelně vydává odborné studie a publikuje je v recenzovaných monografiích a sbornících, např. *Učebnice pod lupou* (Maňák & Klapko, 2006), *Hodnocení učebnic* (Maňák & Knecht, 2007), *Učebnice z pohledu pedagogického výzkumu* (Knecht & Janík, 2008), *Kurikulum v současné škole* (Maňák et al. 2008), *Úvod do pedagogického výzkumu* (Gavora, 2010) a další.

4.2 OBLASTI VÝZKUMU UČEBNIC

Na učebnici lze nahlížet z několika pohledů. V užším kontextu lze učebnici chápat jako kurikulární projekt, v širším kontextu se lze zaměřit na proces tvorby, schvalování, užívání, hodnocení, evaluace atd. Z tohoto pohledu existuje několik oblastí výzkumu. Výzkumná témata roztrídíme do tří hlavních oblastí.

4.2.1 *Tvorba, schvalování a výběr učebnic*

Samotná tvorba učebnic je do jisté míry dílem autora či autorského kolektivu, který předloží námět na zpracování či strukturu učebnice. Dále se na vydání učebnice podílejí grafici, externí recenzenti, typografové, ilustrátoři a další. Důležitou roli hraje nakladatelství, které musí učebnici schválit. Ve většině vyspělých zemí je tato činnost komerční záležitostí. U nás momentálně existuje několik nakladatelství vydávající učebnice. Mezi největší nakladatelství patří *Albatros, Alter, Didaktis, Fortuna, Fraus, Nová škola, Prodos, Prométheus, Státní pedagogické nakladatelství* a další¹¹.

Do této kategorie řadíme i procesy spojené se schvalováním učebnic a výběrem učebnic. Některé země mají systém schvalování na úrovni státu, jiné schvalují učebnice na lokální úrovni, některé dokonce nevyžadují žádné schvalování učebnic a ponechávají výběr na škole. Častá je kombinace výše zmíněných možností.

Výběrem učebnic se u nás zabývala Sikorová (2007). Zjistila, že společně s kolegy rozhoduje o výběru učebnic až 84 % respondentů. Úloha ředitele spočívala převážně ve schvalování již vybraných učebnic. Také zmiňuje, že výběr učebnic ovlivňuje řada vedlejších faktorů, jako jsou ekonomické, sociální či vnitřní charakteristiky samotné učebnice. Mezi nejčastější faktory ovlivňující výběr učebnice patří na základních, středních školách a gymnáziích finance školy, schvalovací doložka a dostupnost informací, naopak u středních odborných učilišť jsou hlavními faktory ekonomická situace rodin a ochota rodičů.

Schvalovací doložka je u nás učebnicím základního a středního vzdělávání udělována prostřednictvím Ministerstva školství, které na svých stránkách pravidelně aktualizuje seznam učebnic se schválenou doložkou. Měla by být zárukou, že učebnice jsou v souladu s cíli vzdělávání stanovenými školským zákonem podle § 27, s Rámcově vzdělávacími programy a s právními předpisy. Obvykle se vydává na dobu 6 let a uplynutí doby platnosti však v žádném případě neznamená, že učebnici nelze již dále používat. Rozhodnutí o používání či nepoužívání jakékoliv učebnice je zcela na úvaze ředitele školy.

Učitelé mají dnes poměrně značnou možnost podílet se na výběru učebnic v předmětech, které vyučují, avšak většina z nich by uvítala pomoc při hodnocení a výběru učebnic (Sikorová, 2007). Učitel stojí mnohdy před rozhodnutím, kterou z nabízených učebnic zvolit pro

¹¹ Seřazeno abecedně.

výuku. Rozhodnutí je velmi obtížné, neboť na první pohled učebnice většinou slibují kvalitní pramen poznání a záruku účinných výsledků. Vzhledem k tomu, že učitel nemá k dispozici didaktickou analýzu učebnic, dá často přednost učebnici, ve které se dokáže relativně rychle orientovat. Bohužel důsledkem může být, že vybírá učebnici na základě svých potřeb.

4.2.2 Užívání učebnic

Rozdíly v používání učebnic souvisí se stupněm vzdělávání, na kterém učitel vyučuje. Mnohé studie v USA dokládají, že zkušení učitelé s větší délkou praxe jsou závislí na učebnicích méně než jejich začínající kolegové (Tyson, 1997; podle Greger, 2006). Zdá se, že zvláště začínajícím učitelům učebnice nabízí cestu, jakým způsobem vést vyučovací jednotku, neboť začínající učitelé většinou ještě nedisponují zkušenostmi, jak využívat svých pedagogických kompetencí a nedokážou kreativně a flexibilně přizpůsobovat výuku (Švec, 2002).

Z druhé strany tvrzení, že dobří učitelé nepoužívají učebnice, je chybné, a to zvláště v případech, kdy mají k dispozici kvalitní učebnice (Laws & Horsley, 1992; podle Mikk, 2007). V patnácti z osmnácti výzkumů se potvrdil významný vliv učebnice na výsledky učení, zatímco vliv učitele na výsledky učení se ukázal pouze ve třinácti z těchto výzkumů (Gopinathan, 1898; podle Mikk, 2007). Máme ale i výzkumy s opačným závěrem. Hypotézu, zda začínající učitelé používají učebnici ve školních činnostech častěji, si položila také I. Červenková (2011) a zjistila, že frekvence užívání učebnic se s délkou praxe neliší.

Využití učebnice ve škole závisí do velké míry na učiteli, jenž je tvůrcem vyučovací jednotky. Výzkumy v této části jsou zaměřeny částečně na učitele, který určuje práci s učebnicí ve výuce, a částečně na ty, kteří s ní pracují při přípravě na vyučování.

Na základě rozborů videostudií, které provedli Janík et al. (2008), byla zjištěna skutečnost, že učitelé používají učebnici při přípravě na realizaci výuky, nicméně v samotné výuce již s učebnicí nepracují. Zdá se, že učitelé přetváření obsah učebnice do srozumitelnější podoby. Jinými slovy učitelé nahrazují funkce učebnic, které nejsou psány srozumitelným jazykem. Zůstává ovšem otázkou, co činí učebnici zajímavou a srozumitelnou. Jak vlastně by měla vypadat dobrá učebnice?

Užíváním učebnic v činnostech na 2. stupni základních škol se u nás zabývala ve své disertační práci např. I. Červenková (2011). Zkoumala délku a frekvenci užívání učebnic, podíl

jiných textových materiálů kromě učebnic, délku užívání jednotlivých textových materiálů, využívání učebnic z hlediska forem výuky atd. Uvedla bych zde několik vybraných zjištění. Frekvence užívání učebnic ve vyučovacích hodinách byla v případě matematiky 21 %, nejvyšší frekvence byla v dějepise, a to 33 %. Z organizačních forem výuky převažuje jednoznačně hromadný rozhovor se třídou. Zajímavá a dosti alarmující je strategie učení, kdy 24 % žáků se učí memorováním textu nazpaměť a 84 % se učí pouze ze sešitu. Dívky preferují výpisky a barevné podtrhávání, zatímco chlapci užívají strategii čtení po odstavcích a opakují si hlavní informace z textu.

4.2.3 Hodnocení učebnic

Zjišťování postojů a hodnotových orientací v učebnicích

Tato kategorie výzkumu se zabývá mezinárodními výzkumnými projekty zaměřenými na prezentaci národů či osob v učebnicích. Zařadit sem můžeme i historicko-srovnávací analýzy učebnic. Zvláštní pozornost je věnována kontroverzním tématům, etnickým a rasovým předpokladům nebo multikulturnímu zadání učebnicových úloh.

Zde můžeme znovu uvést aktivity *Georg-Eckert-Institut für internationale Schulbuchforschung*, s kterým spolupracuje i Česká republika. Jedná se například výzkumy zabývající se zastoupením evropských osobností v učebnicích dějepisu.

Posuzování obtížnosti učebnic

Tuto kategorii výzkumu lze rozdělit dále na dvě velké podkategorie. Jedna využívá subjektivní metody evaluace, při níž se prostřednictvím dotazování některých skupin (učitelé, studenti, experti) posuzuje obtížnost na základě vzájemného porovnávání nebo pomocí hodnotící škály. Druhou podkategorii tvoří lingvisticko-kvantitativní metody, jejichž základem je určování obtížnosti učebnic na základě výskytů, proporcí nebo uspořádání měřitelných jednotek učebnice. Do této druhé podkategorie výzkumu učebnic bychom zařadili i výzkumy týkající se jak textových, tak mimotextových složek učebnice. V případě textových složek se jedná o měření obtížnosti textu či otázky pojmové zatíženosti. V případě mimotextových složek se jedná např. o výzkumy zabývající se proporcí stránek s ilustracemi apod.

Zejména v zahraniční literatuře existuje velký počet různých metod používaných při zjišťování obtížnosti textu učebnice. Byly vyvinuty v různých jazycích, např. anglické, americké, německé, estonské, švédské aj. Existují *Fleschova míra* (USA), *Pisarekova míra* (Polsko), *Mistriškova míra* (Slovensko), *Björnssonova míra* (Švédsko) či *Mikkova míra* (Estonsko).

V Německu se obtížnosti učebních textů nejvíce věnovala Nestlerová (1974). Vytvořila teorii, kterou u nás dále rozvíjel nejdříve Průcha (1998) a přizpůsobil ji českému jazyku. Definoval pojem *míra T*, který je určen k zjišťování obtížnosti textu učebnic, a to především pro prezentaci učiva ve výkladovém textu. Metodu později modifikoval Pluskal (1996) a vznikla dnes u nás nejčastěji používaná metoda měření obtížnosti textu, tzv. *Nestler-Průcha-Pluskal metoda*.

Funkčně strukturální analýza učebnic

Do této kategorie řadíme výzkumy zabývající se podrobným zkoumáním strukturálních komponent, verbálních či neverbálních prvků. Jednotlivé komponenty lze identifikovat, analyzovat a měřit. Na základě empirického zjištění založeného na stanoveném rozsahu zastoupených strukturálních prvků v dané učebnici byl vyvozen důležitý teoretický pojem *didaktická vybavenost učebnic*, který se s dalšími modifikacemi používá i dnes.

U nás se měřením didaktické vybavenosti učebnic zabýval Průcha (1998, s. 141). Vypracoval univerzální analytický nástroj pro měření učebnic, nazvaný *míra didaktické vybavenosti učebnice*. Rozlišil v učebnici 36 komponent. Podle didaktické funkce je rozdělil do tří skupin: aparát prezentace učiva, aparát řídicí učení a aparát orientační, přičemž první a druhou skupinu dále rozlišuje dle verbálních a neverbálních komponent. Podrobněji byly již strukturální komponenty zmíněny v kapitole „Struktura učebnice“.

Výpočet míry didaktické vybavenosti učebnice se provádí zaznamenáváním jednotlivých strukturálních komponent. Zaznamenává se pouze výskyt komponent, nikoliv jejich četnost. Vypočítává se výskyt dílčích komponent z celkových 14 komponent aparátu prezentace učiva, výskyt dílčích komponent z 18 komponent aparátu řídicího učení a stejně tak u aparátu orientačního. Dále se vypočítá výskyt verbálních komponent z celkových 27 komponent všech aparátů a 9 neverbálních (obrazových) komponent opět ze všech aparátů. Výskyty dílčích komponent se dělí celkovým počtem komponent (v případě celkové vybavenosti učebnice) či celkovým počtem komponent jednotlivých aparátů (v případě didaktické vybavenosti dílčích koeficientů).

Na základě zjištěných hodnot se vypočítává celková didaktická vybavenost učebnice (E) a několik dílčích koeficientů didaktické vybavenosti učebnice, jako jsou:

- *koeficient využití aparátu prezentace učiva (E_I),*
- *koeficient využití aparátu řídicího učení (E_{II}),*
- *koeficient využití aparátu orientačního (E_{III}),*
- *koeficient využití verbálních komponent (E_v),*
- *koeficient využití neverbálních komponent (E_n).*

Všechny koeficienty nabývají hodnot v intervalu od jedné do sta a jsou vyjádřeny v procentech. Čím je vyšší hodnota jednotlivých koeficientů, tím vyšší didaktická vybavenost daných aparátů. Hodnota 100 % znamená maximální hodnotu a představuje podle uvedeného nástroje ideální učebnici. Evaluační nástroj je poměrně snadno použitelný, není nijak časově náročný a je univerzálně aplikovatelný.

V letech 1985–1989 provedl Průcha (1998) několik výzkumů, kde analyzoval tehdejší učebnice. Ve vzorku šedesáti učebnic zjistil poměrně velké disproporce v didaktické vybavenosti používaných učebnic. Průměrná hodnota úrovně didaktické vybavenosti všech analyzovaných učebnic byla $E = 43,7 \%$. Po roce 1989 si Průcha logicky položil otázku, jakou úroveň didaktické vybavenosti mají současné české učebnice? Výsledky byly velmi překvapivé a zajímavé. Didaktická vybavenost byla opět velmi rozdílná. Některé nejnovější učebnice nedosahovaly ani úrovně didaktické vybavenosti, kterou měla v průměru učebnice z osmdesátých let. V posledních letech bylo zjištění míry didaktické vybavenosti současných učebnic (vydaných po roce 2000) předmětem řady studií a naměřené hodnoty se postupně zvyšovaly.

Domníváme se, že nejpoužívanější nástroj pro měření míry didaktické vybavenosti má svá úskalí. Nezabývá se četností ani analýzou dílčích složek jednotlivých aparátů, ale pouze výskytem dané složky v příslušné učebnici. Proto může být snadno vytvořena učebnice, která bude mít, dle výše uvedeného modelu, didaktickou vybavenost stoprocentní. Je jen na autorovi či autorském týmu, zda všechny potřebné složky do nově vzniklé učebnice zakomponuje. Součástí evaluační procedury nově vznikající učebnice může být snadno provedena kontrola jednotlivých komponent za účelem korekce, tzn. navržení úprav, které didaktickou vybavenost zvýší. To, že některé současné učebnice disponují mnohem vyšší didaktickou vybaveností než dříve, může mít vysvětlení právě zde. Pokud například vložím do učebnice jednu fotografii, jeden graf, jednu uměleckou a jednu naukovou ilustraci a nadpis udělám barevně, mám obrazové komponenty aparátu prezentace učiva splněny na 100 %. Sám autor ve své knize zmiňuje,

že „nástroj jistě není dokonalý a měl by být, zejména ve spolupráci s nakladatelskými redaktory učebnic, zdokonalen“ (Průcha, 1998, s. 101). Zároveň autor upozorňuje na skutečnost, že „atraktivní design a vnější vizuální přitažlivost učebnice ještě nezaručují, že je kvalitní i jako edukační médium“.

Jsme přesvědčeni, že právě kvalitu a didaktickou vybavenost edukačního média nelze kvantifikovat, nýbrž analyzovat. Právě důkladnou analýzou strukturních komponent můžeme zjistit jejich využitelnost a významnost. Pojem *didaktická vybavenost*, který používáme v našem výzkumu, nepředstavuje ani výskyt, ani četnost, nýbrž edukační vybavenost vybraných strukturních komponent, kterou je třeba zjistit podrobnou analýzou.

5 VÝZKUMNÁ PROBLEMATIKA

5.1 SPECIFIKA MATEMATICKÉHO TEXTU

5.1.1 Analýza výukových textů

Matematické texty mají vzhledem ke svému striktně logickému členění, zvláštní symbolice a dalším specifikům bezesporu komplikovanější strukturu než jiné texty odborného či vědeckého charakteru. Je nade vši pochybnost, že číst matematický text je proto mnohem těžší než číst například dobrodružnou knihu. Domníváme se, že s psaním matematického textu je to ještě trochu obtížnější. Autoři článků či učebnic musí ve svých textech zakomponovat do běžného jazyka výrazovou přesnost a matematickou strukturu, zohlednit jazykový styl a přiměřenou slovní zásobu, nesmí zapomenout ani na motivační charakteristiky a především musí v případě učebnic psát texty v souladu s cíli výuky vymezenými v kurikulárních materiálech. Je tedy patrné, že psaní matematických výukových materiálů vyžaduje ovládat složitý aparát, v kterém se prolínají obsahové, didaktické, pedagogické a psychologické složky, přičemž je třeba najít jejich vzájemnou harmonii.

U nás se specifičností matematického textu zabýval lingvista, básník, pedagog, matematický badatel a docent v oboru matematika Ladislav Nebeský¹², který díky svým mezioborovým znalostem dokázal propojit jazykovědné odvětví s jazykem matematiků. Je jedním z autorů časopisu *Slovo a slovesnost*¹³, kde v článku „O jazyce matematického textu“ (1982) řeší problematiku fungování přirozeného jazyka v extrémním prostředí matematických textů.

Uvádí, že vztah matematiky k matematickým textům je velmi těsný, podstatně těsnější než např. vztah biologie k biologickým textům. Pro matematiku totiž texty znamenají i to, co pro jiné vědní obory třídění empirických dat, vývoj přístrojů, experimenty apod. Dovednostem, jakými jsou v jiných oborech např. příprava preparátů nebo různá měření, odpovídá v matematice opracovávání myšlenky, a tedy vlastně práce s jazykem. Těsnost vztahu matematiky k matematickým textům se odráží v osobitosti jejich stavby, která je patrná na každé úrovni, grafematikou počínaje a globálním členěním textu konče. Na jazyk v matematických textech působí

¹² https://cs.wikipedia.org/wiki/Ladislav_Nebesk%C3%BD

¹³ *Slovo a Slovesnost* je recenzovaný vědecký časopis věnovaný otázkám teorie a kultury jazyka.

dva druhy tlaků: je nucen se vyjadřovat naprosto přesnými formulacemi a zároveň trpí konkurencí uměleckých výrazových prostředků. Ve svém článku se autor zabývá vytýčením hranice mezi přirozenými a umělými aspekty a pro přesnější vysvětlení používá termíny *jednotka strnulá* a *jednotka živá*. Jednotkám matematického textu, jejichž funkce je v jazyce přesně určena, říká strnulé. Všechny zbylé jednotky matematického textu nazývá živými. Uvádí však, že díky bohatosti českého jazyka, může být tentýž výraz užit v textu jako strnulý i jako živý, záleží vždy na jeho významu v textu. V takovém případě může být živý výraz nahrazen synonymem či lze formulovat větu jinými způsoby, naopak strnulý výraz musíme ponechat. Autor matematického textu je vždy stavěn před volbu, do jaké míry užit stručné vyjádření založené především na jednotkách živých či těžkopádné formulace opírající se hlavně o jednotky strnulé, a musí správně zvážit, zda předchozí sled myšlenek je spolehlivým klíčem k tomu, aby matematický čtenář vyčetl správný obsah.

Domníváme se, že Nebeský zde odborně popisuje námi uvedený kompromis mezi srozumitelností, matematickou strukturou a výrazovou přesností. Vystihuje naprosto přesně problematiku mateřského jazyka a jeho vnitřní stavby, která má velký vliv na samotnou výuku matematiky již na základní škole. Zde si žáci začínají uvědomovat, že struktura mateřského jazyka je jiná než například struktura jazyka anglického a není možné matematické texty překládat jen tak bez znalosti jazyka matematického, neboť může být změněn význam.

Touto problematikou se každoročně zabývá například organizační výbor mezinárodně koordinované soutěže *Matematický klokan*¹⁴, která je překládána do mateřských jazyků. Problémem je, že nelze bezmyšlenkovitě „překlopit“ příklady z jednoho jazyka do druhého bez dobré znalosti obou jazyků a zároveň bez znalosti jazyka matematického. Opět zde vidíme souvislost s teorií Nebeského. Spolehlivě zjistit, která slova a slovní spojení jsou v jazyce daného matematického textu strnulá, nelze bez základního přehledu o oboru, do něhož text patří, a bez podrobnější znalosti samotného obsahu textu.

Specifičností matematického textu v souvislosti s porozuměním se ve světě zabývali Fang a Schleppegrell (2010). Ve své studii uvádí, že k vyřešení matematických problémů musí studenti rozumět nejen odborným matematickým termínům, ale také každodenním slovům a jejich významům. Naopak dostatečná slovní zásoba každodenních slov není dostačující podmínkou k jazykovému porozumění v matematice. Technická slovní zásoba pracuje s dalšími gramatickými prvky na konstrukci matematických významů. Na rozdíl od běžného jazyka, kde

¹⁴ <https://www.matematickyklokan.net/>

jsou spojky používány vágně a nepřesně, v matematice se řídí přesnými pravidly. Tvrdí, že pochopení přirozeného jazyka k vyřešení matematického problému nestačí a že učení se číst a psát různé typy matematických textů, jako součást účelného vytváření matematických významů, podporuje vývoj matematické gramotnosti.

Ke stejnému závěru dospěli Abedi a Lord (2001), kteří provedli rozsáhlou studii testování slovních úloh, do které bylo zapojeno 1174 studentů, pro něž nebyla angličtina rodným jazykem. Studentům byly předkládány originál slovní úlohy a poté revidované texty s jednodušší slovní zásobou a jazykově kratší položky. Průměrné zlepšení bylo zaznamenáno u více než 1000 studentů, přičemž u nejlepších studentů a zdatných mluvčích angličtiny nebylo zlepšení statisticky významné, u ostatních sledovaných skupin ano. Statisticky významné zlepšení bylo zaznamenáno u studentů s horší angličtinou, u studentů s nižším socioekonomickým statutem a i u studentů s horším výsledkem z matematiky.

Z výzkumů je patrné, že úspěšnost správného vyřešení matematických úloh je spojena s jazykovou vybaveností a složitost textu hraje významnou roli při řešení matematických úloh.

Struktura a klasifikace matematického textu

Shanahan, Shanahan a Mischia (2011) uvádí, že provedli první mezioborovou hloubkovou studii čtení a navázali tak na předchozí studie, ve kterých nebylo zohledněno čtení matematiků, ale pouze historiků a vědců obecně. Účelem studie bylo identifikovat další rozdíly ve čtení mezi obory jako základ pro vývoj vhodných výukových strategií pro podporu výuky disciplinární gramotnosti. Ve své studii se konkrétně snažili odpovědět na otázku, jak se liší historici, matematici a chemici při čtení disciplinárních textů a jaké jsou mezi nimi kontrasty? Vyšetřovacími nástroji byly individuální rozhovory, protokoly expertů a schůzky cílové skupiny. Odborníci v matematice byli dva řádní profesoři, kteří byli zároveň matematickými teoretiky. S každým z nich byl po přečtení textu o délce alespoň jeden a půl stránky veden individuální pohovor, účastníci studie museli nahlas přemýšlet a jejich myšlenky byly nahrávány a později kódovány. V tabulce 12 shrneme specifika čtení matematického textu, zjištěná během studie (Shanahan et al., 2011). Protože se v práci zabýváme specifíčkostí matematických textů, uvádíme pouze část studie a hlavní rozdíly oproti zbylým sledovaným skupinám. Z výsledků studie můžeme udělat závěr, že mezi matematiky a historiky je mnohem větší rozdíl než mezi matematiky a chemiky.

SLEDOVANÉ PARAMETRY STUDIE	SPECIFIKUM MATEMATICKÉHO ČTENÍ
Zdroj: zvážení zdroje textu nebo pohledu autora	V ostrém kontrastu s historiky nezáleží matematikům, kdo článek napsal, ale co v něm je
Kontext: úvaha o tom, kdy byl text psán a vlivy na něj	Na rozdíl od přístupu historiků nezáleží matematikům na tom, kdy byl text psán Starší články v matematice obsahují stejné informace jako články aktualizované
Potvrzení: zvážení shod nebo podobností a neshod nebo rozdílů mezi texty	Historici používají potvrzení jako způsob, jak pochopit vícenásobné interpretace Matematici potvrzení využívají právě proto, aby se pokusili omezit možnost interpretačních rozdílů
Struktura textu: jak jsou informace v textu uspořádány	Historici a matematici věnují pozornost struktuře textů odlišnými způsoby Historici považují strukturální analýzu za způsob, jak určit autorovu pozici Matematici se více zaměřují na použití textové struktury, aby mohli lépe určit, jaké jsou problémy a řešení Matematici se méně zaměřují na povědomí autorů
Grafické prvky: obrázky, grafy, tabulky atd.	Matematici nerozlišují v textu, zda čtou matematickou rovnici, text či jiný grafický prvek Matematici považují tyto prvky za jednotné a jsou pro ně stejně důležité
Kritika	Matematici se zaměřují na správnost informací a jsou velmi kritičtí k textům, které čtou Matematici vždy pečlivě zváží každé slovo, zda je použito významově správně, a to včetně spojek ve větách
Opakované čtení	V základním čtení všichni prokazují „těsné“ čtení textů (tj. analyzují konkrétní slova, věty a odstavce, nikoliv pouze základní čtení) V opakovaném čtení matematici zamyšleně zvažují důsledky téměř každého slova Historici i chemici při opakovaném čtení již čtou text selektivněji
Role zájmu	Matematikům prioritně záleží na hloubce článku Některé práce mají hlubší myšlenky a jinou perspektivu, tudíž vyžadují hodně přemýšlení či seznámení se s novými technickými nástroji Perspektivou jsou zde myšleny autorovy přístupy ke kvantitativním nebo prostorovým problémům

Tabulka 12 – Specifika čtení matematiků podle Shanahan et al. (2011), zdroj: vlastní zpracování

Dostal a Robinson (2018) ve svém článku „Doing Mathematics with Purpose: Mathematical Text Types“ definují čtyři typy matematického textu, účel textu a klíčové funkce textu (jaké funkce pomáhají textu plnit svůj účel). Klasifikaci typů textu včetně účelu, klíčových funkcí a konkrétních příkladů shrneme v tabulce 13.

TYP TEXTU	ÚČEL	FUNKCE TEXTU	PŘÍKLAD
Kontrolní	Vysvětlit a dokázat čtenářům, proč je matematické tvrzení pravdivé.	Propojenost matematických myšlenek	Tvrzení: Existuje nekonečně mnoho prvočísel Důkaz Pythagorovy věty
Algoritmický	Ukázat přístup k problémům, pokud neznáme analytické řešení nebo je příliš složité pro ruční výpočet	Diagramy, výroky (jestliže, pak; dokud není, opakuj atd.)	Eukleidův algoritmus ¹⁵ Mějme dána dvě přirozená čísla, uložená v proměnných u a w . Dokud w není nulové, opakuj: <ul style="list-style-type: none"> Do r ulož zbytek po dělení čísla u číslem w, Do u ulož w, Do w ulož r. Konec algoritmu – v u je uložen největší společný dělitel původních čísel
Algebraický (symbolický)	Zobecňovat, zvyšovat úroveň abstrakce	Speciální symboly – odmocniny, absolutní hodnoty, proměnné, úhly atd.	Jednodušší varianta: $y = 2x - 5$ Abstraktnější varianta: $y = ax + b$
Vizuální	Chápat vztahy proměnných, rozvíjet matematickou intuici	Statické aspekty funkčních vztahů – základní vlastnosti funkcí Dynamické aspekty funkčních vztahů – okamžité rychlost změny, průběhy funkcí atd.	<p>Input interpretation:</p> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; display: flex; align-items: center;"> plot $\frac{1}{2}(3x^2) - 9x + 12$ $x = 1$ to 4 </div> <p>Plot:</p>

Tabulka 13 – Klasifikace matematického textu podle Dostal & Robinson (2018), zdroj: vlastní zpracování

¹⁵ https://cs.wikipedia.org/wiki/Eukleid%C5%AFv_algorithmus

5.1.2 Strukturální analýza tištěných učebnic

Dostupné učebnice vybraných kapitol v České republice

Součástí naší práce byla také důkladná analýza strukturních komponent učebnic matematiky. Pracovali jsme již se zmíněnými učebnicemi (funkce a planimetrie), kdy jsme záměrně vybrali jedno téma algebraické a jedno geometrické, protože se domníváme, že tyto oblasti jsou svým pojetím výkladu výrazně odlišné, dostatečně pokryjí matematický aparát, a tím pádem postačující k vytvoření kategorizace strukturních komponent matematických textů. Současně dostupné učebnice pro střední školy z kapitoly funkcí a planimetrie jsou:

- „Funkce“ z nakladatelství *Prometheus*,
- „Funkce“ z nakladatelství *Didaktis*,
- „Funkce I“ a „Funkce II“ z nakladatelství *Fraus*.
- „Planimetrie“ z nakladatelství *Prometheus* (matematika pro gymnázia),
- „Planimetrie“ z nakladatelství *Prometheus* (matematika pro střední odborné školy),
- „Planimetrie“ z nakladatelství *Didaktis*,
- „Planimetrie I“, „Planimetrie II“ a „Planimetrie III“ z nakladatelství *Fraus*.

Srovnání vývoje učebnic z pohledu funkčně strukturální analýzy

Strukturální analýza je poměrně složitý aparát, a tak jsme se při jejím vytváření opřeli o již vytvořený model (Průcha, 1998). Poté jsme analyzovali uvedené učebnice a porovnali strukturní komponenty z hlediska vývoje učebnic (rozdíly uvádíme v příloze 1 a 2).

- Je vidět, že zmíněné modely vznikaly v době, kdy na sebe učebnice jednotlivých ročníků plynule navazovaly. Dřívější učebnice obsahovaly otázky a shrnutí k celému i předchozímu ročníku, dnes jsou učebnice matematiky tematické¹⁶.
- Zatímco dřívější učebnice byly psány černobíle a vesměs obsahovaly text, dnes vidíme výrazné rozdíly hlavně v neverbálních strukturních komponentech.
- Ani jeden z uvedených autorů nevytvářel model strukturních komponent na základě matematických učebnic. Odlišnostmi strukturních komponent matematického textu se nyní budeme podrobně věnovat.

¹⁶ Školy dnes mají na základě Rámcově vzdělávacích programů pro daný typ vzdělávání povinnost zařadit jednotlivé tematické celky, avšak v rámci školních vzdělávacích programů je mohou zařadit do různých ročníků.

Odlišnosti strukturních komponent matematických učebnic

Aparát prezentace učiva – verbální komponenty

- Text rozdělil Průcha na výkladový text prostý, výkladový text zpřehledněný a doplňující. Zde se domníváme, že zde je třeba výkladový text zpřehledněný rozdělit na:
 - „Výkladový text nedefiniční“ – právě představení nové látky srozumitelnějším výkladem než je definice či věta snižuje obtížnost učebnice a jednodušší formulace je mnohdy klíčem k pochopení problému,
 - „Výkladový text definiční“ – věty, lemma, axiomy, tvrzení.
- Dále v aparátu prezentace učiva nacházíme další typický strukturní prvek matematického aparátu – jedná se o „Vzorově řešené příklady“.
- Shrnutí učiva k tématům se vyskytuje v učebnicích jiných předmětů, nikoliv v matematice. V učebnici *Didaktis* je pravidelně na konci každé kapitoly používán blok úloh s názvem „Co jsme se naučili“ nebo „Jak jsme na tom“. Oba prvky patří do komponentu „Otázky a úkoly za témata“.

Aparát řídicí učení – verbální komponenty

- V žádné z výše uvedených učebnic jsme nenašli testy k sebehodnocení se zpětnou vazbou, zda je test zpracován správně. Tento strukturní komponent se ale vyskytuje například v učebnicích na přijímací zkoušky, proto jsme ho v aparátu řídicím učení ponechali (vyskytuje se později i v I-učebnicích nakladatelství *Fraus*).

Aparát orientační – verbální komponenty

- Do orientačního aparátu jsme přidali další typický matematický prvek „Přehled použitých symbolů a značek“, který usnadňuje orientaci v učebnici.

Neverbální komponenty

- Všechny neverbální komponenty nacházíme i v matematických učebnicích – typický matematický prvek tzv. „Důkaz beze slov“ je dle nás naukovou ilustrací.

Na základě podrobné analýzy učebnic funkcí a planimetrie a po provedení testu shody hodnotitelů nám vznikla následující kategorizace uvedená v tabulkách 14–16. Test shody hodnotitelů provedli tři učitelé matematiky s dlouholetou pedagogickou zkušeností. Odlišnosti strukturních komponent matematických učebnic jsou znázorněny barevně.

APARÁT PREZENTACE UČIVA (celkem 13 komponent)	
Verbální komponenty	Neverbální komponenty
Výkladový test prostý	Umělecká ilustrace
Výkladový test nedefiniční	Nauková ilustrace, důkazy z naukové ilustrace
Výkladový text definiční	Obrazová prezentace barevná
Doplňující text	Fotografie
Vzorově řešené příklady	Mapy, kartogramy, plánky, grafy, diagramy aj
Poznámky a vysvětlivky	
Podtexty k vyobrazením	
Slovníček pojmů a cizích slov	

Tabulka 14 – Strukturní komponenty matematických učebnic, aparát prezentace učiva

APARÁT ŘÍDÍCÍ UČENÍ (celkem 16 komponent)	
Verbální komponenty	Neverbální komponenty
Předmluva	Grafické symboly vyznačující určité části textu
Návod pro práci s učebnicí	Užití zvláštní barvy pro text
Stimulace celková	Užití zvláštního písma pro text
Stimulace detailní	Využití přední nebo zadní obálky
Odlišení úrovní učiva	
Otázky a úkoly za témata, lekcemi	
Instrukce k úkolům komplexnější povahy	
Náměty pro mimoškolní činnost	
Explicitní vyjádření cílů učení	
Prostředky k sebehodnocení	
Výsledky úkolů a cvičení	
Odkazy na jiné zdroje informací	

Tabulka 15 – Strukturní komponenty matematických učebnic, aparát řídicí učení

APARÁT ORIENTAČNÍ (celkem 5 komponent)	
Verbální komponenty	Neverbální komponenty
Obsah	
Členění kapitol	
Marginálie, živá záhlaví	
Rejstřík	
Přehled použitých symbolů a značek	

Tabulka 16 – Strukturní komponenty matematických učebnic, aparát orientační

5.2 ICT VE VZDĚLÁVÁNÍ V MATEMATICE

Informační a komunikační technologie (ICT) ve vzdělávání jsou dnes již nepostradatelnou součástí vyučovacího procesu. Školství v posledním roce zaznamenalo obrovský nárůst poptávky v této oblasti. Zatímco dříve byla interaktivní výuka považována jako metoda, jejíž hlavním cílem bylo nabídnout zábavnější a méně stereotypní formu výuky a zvýšit motivaci k učení, dnes se stala díky distančnímu vzdělávání všudypřítomná.

Na distanční výuku museli přejít i vyučující, kteří do této doby striktně zastávali tradiční výklad výuky za pomoci tabule, papíru a tužky. Na jaře roku 2020 nabídly výukové portály po dobu nutného distančního vzdělávání jejich používání zdarma, a učitelé se začali s digitálním prostředím seznamovat. Pro mnohé to určitě nebylo jednoduché. Díky online výuce se museli vyučující naučit narychlo ovládat různé počítačové programy a aplikace. Dovednost pracovat s ICT ve vzdělávání se v průběhu tohoto roku stala nepostradatelnou součástí vyučovacího procesu a zároveň novou podmínkou, která je od každého vyučujícího požadována.

5.2.1 Digitální výukové materiály

Nabídka digitálních výukových materiálů v matematice se rozšiřuje dvojnásobem. Na jedné straně postupně přibývají nakladatelství, která kromě tištěných učebnic začali vydávat i I-učebnice. Jedná se na první pohled o stejnou verzi učebnice, která je doplněna řadou multi-mediálních a interaktivních strukturních komponent. Na straně druhé se rozrůstá nabídka samostatných interaktivních výukových portálů.

I-učebnice

První projekty I-učebnic v České republice

V roce 2009 byla spuštěna pilotní fáze projektu *VZDĚLÁNÍ21*¹⁷, v rámci kterého vyučující získávali první praktické zkušenosti s jinou formou výuky. Projekt hledal efektivní cesty zapojení žáků do procesu výuky interaktivní formou s využitím ICT nástrojů. Zároveň ověřoval a dokumentoval jejich reálný přínos pro žáky, učitele i školy samotné. Cílem projektu bylo nabídnout českým školám ověřený, ucelený systém nasazení počítačů do každodenní výuky.

¹⁷ <http://vzdelani21.cz/popis-projektu>

Pilotní fáze projektu byla koncipována jako srovnávací studie klasické výuky a výuky systémem *VZDĚLÁNÍ21*, kde každý žák měl k dispozici netbook, vybavený interaktivními učebnicemi pro práci ve škole i doma. Projekt *VZDĚLÁNÍ21* vznikl ve spolupráci partnerských firem nakladatelství *Fraus*, *AV MEDIA*, *Hewlett-Packard*, *Intel* a *Microsoft*. Odborným garantem byla Pedagogická fakulta Univerzity Karlovy Praha. Stanoveny byly především tyto hlavní cíle:

- ověřit možnosti zapojení a využití ICT ve vzdělávání na základě použití profesionálně připraveného výukového a testovacího obsahu;
- zajistit objektivní porovnání nových způsobů výuky s běžnými postupy formou testování, dále za pomoci statistického a analytického vyhodnocení;
- vytvářet metodické postupy a didaktické návody na efektivní zapojení elektronického obsahu a ICT do výuky a vzdělávání;
- zapojit do procesu učení děti samotné.

Projekt *VZDĚLÁNÍ21* byl postaven na odborně a didakticky připraveném vzdělávacím obsahu ve formě unikátního systému I-učebnic, které připravilo Nakladatelství *Fraus*. Navržený systém spojoval výhody klasických učebnic s jejich multimediální podporou. Každý žák byl vybaven sadou učebnic a pracovních sešitů a současně měli všichni žáci ve zvolených třídách k dispozici kompletní sadu interaktivních multimediálních učebnic ve svých netboocích ve formě žákovské licence. Učitelé měli k dispozici interaktivní učebnice včetně cvičení a sady odborně a metodicky připravených testovacích úloh v elektronické podobě pro využití na interaktivních tabulích. Celý systém byl vzájemně elektronicky propojen prostřednictvím internetu a umožňoval vzájemnou komunikaci mezi učitelem, žákem i rodičem nad výukovým obsahem, procvičováním, domácí přípravou i testováním.

Projekt *Flexibook 1:1*¹⁸ navazoval na projekt *VZDĚLÁNÍ21* a testoval nasazení digitálních technologií do výuky v režimu „co žák to jeden netbook“. Na rozdíl od předchozího projektu výuka *Flexibook 1:1* probíhala s plně digitálním obsahem, tudíž žáci zcela odložili tištěné učebnice, které po staletí představovaly neodmyslitelnou součást vzdělávacího procesu, a každý žák obdržel iPad. Projekt odstartoval ve školním roce 2012/2013 v 6., 7. a 8. třídách základních škol a příslušných třídách víceletých gymnázií a zúčastnilo se ho 16 škol, 528 žáků a 65 vyu-

¹⁸ <https://www.fraus.cz/cs/projekty/flexibook-11>

čujících. Měl za úkol ověřit model výuky s plně digitálním obsahem. Interaktivní učebnice zajistilo opět nakladatelství *Fraus*. Autoři učebnic uvádějí, že povýšili učebnici na multimediální zážitek, který spojením textu, obrazu a zvuku napomáhá žákům lépe si zapamatovat probíranou látku. Zmiňují, že učebnice navíc obsahují řadu videí z reálného prostředí, a tím se snaží o vytvoření moderního konceptu výuky v rámci širších mezipředmětových souvislostí. Roční zkušenosti s používáním iPadů a I-učebnic ve výuce ukázaly, že interaktivní výuka je možná, ale za splnění určitých podmínek. Nejdůležitější je bezesporu zajištění komplexní podpory učitele – od fungujícího hardware až po využívání profesionálního vzdělávacího obsahu.

V roce 2013/2014 plánovalo nakladatelství *Fraus* v projektu *Flexibook 1:1* pokračovat, počet testovaných žáků měl dokonce překročit jeden tisíc. V této fázi měly být ověřovány znalosti a dovednosti u dvou skupin žáků. Jednu skupinu měla tvořit výhradně digitalizovaná výuka a druhou skupinu výuka z klasické učebnice v rámci stejného systému učebnic. Realizaci tohoto záměru ale nakonec nakladatelství pozastavilo

V současné době je nakladatelství *Fraus* jediným nakladatelstvím na českém edukačním trhu, které vydává I-učebnice pro střední školy. Nabízí čtrnáctidílnou řadu matematiky, tematicky pokrývající středoškolské učivo potřebné ke složení povinné maturitní zkoušky.

Interaktivní výukové portály¹⁹

Geogebra²⁰

Velké množství volně dostupných materiálů, simulací, cvičení, lekcí a her na výuku matematiky a přírodních věd!

GeoGebra je počítačový program pro interaktivní geometrii, algebru i analýzu. Je určen především pro učitele a studenty. Většina verzí *GeoGebra* je k dispozici uživatelům zdarma. *GeoGebra* je určena pro všechny úrovně vzdělávání, poněvadž spojuje geometrii, algebru, tabulky, znázornění grafů, statistiku a infinitezimální počet, a to vše v jednom balíčku. Program získal četná ocenění pro vzdělávací software v Evropě a USA.

¹⁹ Vybrané interaktivní výukové portály jsou řazeny abecedně.

²⁰ <https://www.geogebra.org/> – údaje k 1. 9. 2021

NAUČÍM TĚ MATEMATIKU

Projekt *Khan Academy* začal vznikat v roce 2006 na základě pozitivní zpětné vazby od sestřenice, které zakladatel projektu Salman Khan vysvětloval probíranou látku na dálku. Nyní internetová stránka projektu disponuje více než 6 200 videolekcemi z různých vzdělávacích oblastí, má více než 450 milionů zhlédnutí a pokrývá 366 témat, doplněných příklady k procvičování s průběžným hodnocením.

Zásluhou iniciativy skupiny dobrovolníků jsou videa i cvičení od května 2011 postupně překládána do češtiny. V říjnu roku 2012 bylo založeno občanské sdružení *Khanova škola*²², jehož cílem je přeložit obsah *Khan Academy*. Zatím bylo přeloženo 3 800 videolekcí i část cvičení. Výhodou *Khan Academy* je bezesporu i přehled výkonů jak pro registrované žáky, tak i pro učitele.

Chceme[se] učit i bavit

Portál *MATH4U*, který spustila Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, nabízí originální aplikaci na procvičování nejen v počítači, ale i na mobilu nebo tabletu. Z pestré databáze otázek je možné vytvořit interaktivní testy k procvičování pro studenty (*MATH4S*) nebo za pár minut písemky pro učitele (*MATH4T*). Učitelé také mohou použít některou ze 150 připravených tréninkových her pro celou třídu (*MATH4C*). Aplikace je zdarma a dokonce v pěti jazycích – v češtině, angličtině, slovenštině, polštině a španělštině. Obsah pokrývá učivo střední školy, je rozdělen do 12 tematických oblastí, které jsou členěny do podoblastí, z nichž každá má tři části označené obtížnostmi A, B a C. Aplikace umožní vyrobit si písemku připravenou pro tisk či vytvořit interaktivní test ve formátu PDF.

²¹ <https://cs.khanacademy.org/math/> – údaje k 1. 9. 2021

²² <https://khanovaskola.cz/>

²³ <http://math4u.vsb.cz/> – údaje k 1. 9. 2021

*Škola s nadhledem*²⁴

*Tam, kde možnosti tištěných publikací s ohledem na rozsah stran končí,
možnosti portálu Škola s nadhledem začínají.*

Škola s nadhledem je další z projektů nakladatelství *Fraus*, který byl spuštěn v roce 2017 v pilotní verzi a nabízel online cvičení zaměřené i na středoškolskou matematiku. Všechna cvičení jsou přehledně rozdělena do témat a podtémat, podle kterých si může každý student vybrat právě to, co potřebuje procvičit. Některá cvičení jsou připravena v několika úrovních podle obtížnosti.

Před začátkem školního roku 2018/2019 prošel portál kompletní vizuální přeměnou a došlo k výraznému rozšíření nabízeného obsahu. Projekt byl rozšířen o nový koncept tzv. hybridních vzdělávacích materiálů, které propojují tištěnou variantu učebnice s interaktivním procvičováním. Aktuálně portál nabízí hybridní učebnice pro oba stupně základních škol a střední školy. Registrovaný uživatel má navíc k dispozici přehled splněných cvičení, historii a statistiku.

*Techambition*²⁵

Aplikace usnadňující učitelům přípravu poutavých hodin matematiky

Online aplikace *Techambition* díky využití umělé inteligence pomáhá učitelům zařadit aktivizující a zábavné učební postupy maximálně účinným způsobem. Aplikace obsahuje stovky interaktivních lekcí středoškolské matematiky. Přímo v aplikaci může učitel žákům zadávat připravené úkoly a testy a sledovat jejich aktivitu. Po testu, ve kterém uspěje jen část třídy, aplikace doporučí témata vhodná pro diskusi v malých skupinách. Umělá inteligence sestaví skupiny tak, aby si méně úspěšní studenti při debatě doplnili potřebné znalosti před další výukou. Každý student může v aplikaci také pracovat individuálně svým vlastním tempem, přičemž dostává okamžitou zpětnou vazbu, nápovědy a vysvětlení.

²⁴ <https://www.skolasnahledem.cz/> – údaje k 1. 9. 2021

²⁵ <https://cze-cs.techambition.com/>

Projekt *Umíme matiku* je součástí rozsáhlejšího projektu *Umíme to*, což je nástroj na důkladné procvičování doma i ve škole. Disponuje kvalitním obsahem a pestrou paletou cvičení od prvního stupně až po maturitu a nabízí možnost zadávat domácí úlohy, které systém sám zkontroluje. Systémy jsou postaveny a neustále vylepšovány na základě zkušeností z vědeckého výzkumu fakulty informatiky Masarykovy univerzity v Brně. Velkou pozornost ve výzkumu věnují autoři projektu analýze tzv. *míry zvládnutí*.

Další interaktivní výukové portály

Na českém trhu existuje celá řada dalších výukových portálů, jejichž shrnutí nalezneme například na stránkách *Vzdělávání #NaDálku*²⁷, což je rozcestník Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy s nástroji pro online vzdělávání. Užitečné odkazy k výuce matematiky najdeme i na stránkách *Společnosti učitelů matematiky JČMF*²⁸.

5.2.2 Strukturální analýza digitálních výukových materiálů

Protože jsme v kapitole 5.1.2 provedli strukturální analýzu tištěných matematických učebnic na základě podrobné analýzy středoškolských učebnic funkcí a planimetrie, zajímaly nás strukturální komponenty I-učebnic z vybraných kapitol pro střední školy. V nabídce jsou:

- „Planimetrie I“, „Planimetrie II“ a „Planimetrie III“ z nakladatelství *Fraus*,
- „Funkce I“ a „Funkce II“ z nakladatelství *Fraus*.

Poté jsme prostudovali interaktivní výukové portály, uvedené v předchozí kapitole, a dostáváme tak strukturální komponenty typické pro matematický aparát, jež se vyskytují v nově vznikajících médiích. Z důvodu zaměření praktické části práce se budeme dále zabývat pouze aparátem prezentace učiva a aparátem řídicím učení, nikoliv aparátem orientačním.

²⁶ <https://www.umimematiku.cz/>

²⁷ <https://nadalku.msmt.cz/cs/vzdelavaci-zdroje/matematika>

²⁸ <https://suma.jcmf.cz/uzitecne-odkazy/vyuka-matematiky/>

Důkladnou analýzou kapitol funkcí a planimetrie jsme vytvořili přehled strukturních komponent, kterými se liší I-učebnice od tištěné. Analýza učebnic byla provedena na podzim roku 2017. V té době byla I-učebnice rozšířena o 1244 strukturních komponent, konkrétně o 335 v tematickém celku funkce a o 909 v tematickém celku planimetrie (podrobněji v příloze 3 a 4). Celá čtrnáctidílná řada středoškolských matematických učebnic nakladatelství *Fraus* je psána stejným stylem, tudíž se dá předpokládat, že stejné strukturní komponenty se vyskytují i ve zbylých učebnicích. Lze také předpokládat, že struktura současných interaktivních učebnic bude již rozšířená, neboť hlavní výhodou interaktivních učebnic je bezesporu jejich snadná modifikace. Pro každý komponent používají autoři učebnic ve všech sadách učebnic stejné značky, což napomáhá orientaci v učebnicích, a všechny komponenty nalezneme čtenář u každé kapitoly v rozbalovací liště. Naším úkolem bylo zařadit vyskytující se strukturní komponenty do jednotlivých aparátů a do verbálních či neverbálních komponent.

Aparát prezentace učiva – verbální komponenty

- Poznámky a vysvětlivky,
- Překlad AJ.

Aparát prezentace učiva – neverbální komponenty

- Obrázek, fotografie,
- Videoanimace,
- Mapy, grafy, diagramy.

Aparát řídicí učení – verbální komponenty

- Odkaz z teorie do jiné kapitoly ve stejné učebnici,
- Odkaz z teorie do jiné učebnice matematiky (ze stejné řady učebnic),
- Odkaz na řešené úlohy, na cvičení nebo na výsledek/řešení,
- Mezipředmětový odkaz,
- Odkaz na web,
- Krokované řešení,
- Mezivýpočet,
- Prostředky k sebehodnocení s automatickým vyhodnocením (bez přehledu výkonů).

Aparát řídicí učení – neverbální komponenty

- Krokované konstrukce, krokovaný obrázek.

Po prostudování příloh 3 a 4 zjistíme, že I-učebnice obsahuje minimum prvků z aparátu prezentace učiva, které se vyskytují v žákovských učebnicích (překlad AJ nalezneme pouze v příručce pro učitele). Ve všech třech dílech učebnice „Planimetrie“ se celkem vyskytuje 14 prvků a v učebnicích „Funkce“ se dokonce nevyskytuje žádný, přičemž přidané neverbální komponenty jsou z našeho pohledu spíše zajímavosti, zařazené do učebnic za účelem rozšíření mezipředmětových souvislostí. Například do učebnice „Trojúhelníky“ je přidána videoanimace Bermudského trojúhelníku nebo v učebnici „Mnohoúhelníky“ najdeme fotografii Zelené hory u Žďáru nad Sázavou.

Aparát řídicí učení obsahuje celou řadu odkazů, který Krotký (2015) shrnuje do nového interaktivního verbálního komponentu aparátu řídicího učení „Mezioborové nebo mezipředmětové odkazy“ (tabulka 11). Každá učebnice obsahuje dva testy („Prostředky k sebehodnocení“), které jsou automaticky vyhodnoceny. Zbylé strukturální komponenty (krokované řešení či mezivýpočet a v případě geometrických učebnic krokovaná konstrukce nebo krokovaný obrázek) jsou typické prvky matematického aparátu, proto je nenacházíme v přehledu nových strukturálních komponent I-učebnic dle Krotkého (2015), který se zabýval přenositelností strukturálních komponent z tištěných učebnic do multimediálních forem učebnic.

V interaktivních výukových portálech se dle Krotkého (2015) vyskytují multimediální audio prvek „Doprovodný zvuk“, interaktivní multimediální komponenty „Základní a doplňkové interaktivní aktivity“ a „Pokročilé interaktivní aktivity“, které se liší přítomností dalšího média, tzn. zvuku, videa či animace. V našem případě se jedná buď o animaci (např. u derivace sklon tečny) nebo častěji o videozáznam s vysvětlením probírané látky, který mohou studenti zhlédnout, když si s příklady neví rady. Dále po důkladné analýze nacházíme další strukturální komponent typický pro matematický aparát, kterým je přiložená kalkulačka.

Závěrem této kapitoly můžeme říct, že rozbořením digitálních výukových materiálů v porovnání s Krotkým (tabulka 11) získáváme tři nové strukturální komponenty aparátu řídicího učení typické pro matematický aparát. Jedná se o:

- „Krokované nápovědy a mezivýpočty“ – verbální interaktivní komponent,
- „Kalkulačka“ – multimediální interaktivní komponent,
- „Krokované konstrukce, krokovaný obrázek“ – multimediální obrazový komponent.

5.2.3 Počítačem podporované hodnocení

Specifičností matematického textu jsme se zabývali v předchozí kapitole a nesmíme na ni zapomínat ani při zadávání testovacích úloh. Gueudet a Trouche (2009) uvádí, že je třeba vhodně při jakémkoliv testování v matematice propojit tyto tři důležité komponenty: materiální složku (papír, počítač), složku matematického obsahu (pojmy, úkoly a techniky) a didaktickou složku (organizační prvky a správné rozplánování probírané látky).

Z výzkumů, které jsme uvedli v kapitole „Analýza matematických textů“, je zřejmé, že úspěšnost správného vyřešení matematických úloh je spojena s jazykovou vybaveností a složitost textu hraje významnou roli při jejich řešení. Dále je patrné, že nepřesná či nejednoznačná otázka nebo pouze povrchní zpracování problému mohou být mnohdy problémem aktuální pedagogiky v matematice a že existuje několik ovlivňujících faktorů, které musí být zváženy i v nově vznikajících médiích.

V našem výzkumu jsme studentům předkládali totožné materiály v tištěné i digitální podobě, přičemž jsme tištěné materiály zpracovávali na základě digitálních. Z tohoto důvodu jsme nezohledňovali problémy přenositelnosti testovacích úloh do digitálního prostředí. Problémem je, že nelze vždy jednoduše všechny matematické úlohy přenést z tradičních tištěných materiálů do digitálního prostředí, neboť jsme omezeni charakteristikou nabízených úloh a metodami testování (Lenhard, Schroeders & Lenhard, 2017). Důsledkem toho může být jednak menší rozmanitost banky úloh, ale také povrchní řešení problému. Někteří vyučující mohou být dokonce při přípravě testů do jisté míry omezeni možnostmi, jaké testovací prostředí škola používá, a tím pádem jak jednotlivé otázky zadat.

Také Noyes a Garland (2008) zmiňují, že dosažení rovnocennosti v úlohách založených na papíře či na počítači představuje obtížný problém a vždy budou existovat úlohy, kde přenositelnost nebude možná. Naopak výsledky studie Sangwin a Köcher (2016) ukazují, že přenositelnost je proveditelná pro významnou část testovaných otázek. Jako největší překážku při používání automatického vyhodnocování testů uvádí požadavek zkoušejících, aby studenti vyučujícím doložili, že příklad opravdu spočítali správnou metodou.

Pokud se zamýšlíme nad přenositelností jednotlivých úloh z papírové do digitální podoby, je třeba si uvědomit, že naopak v digitálním prostředí budou vznikat nové typy úloh, které nepůjdou přenést do papírové podoby. Jedná se například o tzv. přetahovačky neboli „drag and

drop“. Stacey a Wiliam (2012) zmiňují, že počítače poskytují řadu příležitostí pro vývoj interaktivnějších, autentičtějších a poutavějších testů

Kromě přenositelnosti testovacích úloh z papíru do počítače je třeba zohlednit i další faktory. Mezi ty patří pochopitelně technické možnosti a kvalitní internetové připojení. Tyto dva faktory jsou dnes téměř samozřejmostí. Dalším faktorem, který je třeba zohlednit je nastavení časového rámce. Zde záleží opět na typu testovací otázky a na složitosti odpovědi, kterou je třeba do testovacího prostředí zadat. Je třeba si uvědomit, že ne všichni studenti znají rychlé klávesové zkratky na přepínání české a anglické klávesnice, aby mohli vkládat mocniny a různé závorky. Právě používání správné syntaxe je u některých typů otázek jedním z dalších důležitých faktorů při testování matematických úloh.

Výhodou digitálního testování je bezesporu rychlé vyhodnocení testu a okamžitá zpětná vazba. Bohužel systémy nepodávají studentům žádné vysvětlení, proč je odpověď špatně. Také hodnotí pouze konečný výsledek, nikoliv postup. Další výhodou je možnost opakovaného procvičování. Tato výhoda se může stát nevýhodou, pokud studenti řeší úlohy stylem „pokus-omyl“. Burch a Kuo (2010) upozorňují, že opakované vkládání odpovědi může vést k tomu, že si student místo důkladného přemýšlení osvojí strategii „pokus-omyl“. Axtell a Curran (2011) u této nevýhody zmiňují, pro hlavním problémem je, že student může získat falešný pocit porozumění látce. Tomuto problému lze zabránit při programování testovacího prostředí.

Součástí některých interaktivních výukových je „Přehled výkonů“, který nezapočítává špatně zodpovězenou otázku a student musí pokračovat znovu s nově vygenerovanými příklady. Portál *Umíme matiku* dokonce za každou špatně zodpovězenou otázku odečítá body, a student musí několikrát odpovědět správně, aby se vrátil na stejnou úroveň. Díky přehledu výkonů může také učitel sledovat aktivitu třídy, snadno a rychle zjistit typy chyb či přizpůsobit tempo výuky.

Přínosem počítačem podporovaného hodnocení²⁹ ve vysokoškolské výuce matematiky se zabývala ve své případové studii Jahodová Berková (2017). Využila metodu nestrukturovaného zúčastněného pozorování a zjišťovala dopady při zadávání domácích úkolů a zápočtových testů v systému *Maple*. Zjistila, že pozitivním efektem počítačem podporovaného hodnocení je, že je odbourána diskuze zaměřená na nespokojenost studentů s hodnocením učitele, jelikož je

²⁹ Zkráceně CAA – Computer-Aided Assessment.

zodpovědnost za hodnocení přenesena na počítač. Na druhou stranu někteří studenti začali přikládat počítači přílišný význam, a dokonce v řadě případů technologie utlumila postavení učitele ve výuce. Podrobný přehled výhod a nevýhod počítačem podporovaného hodnocení z pohledu studentů a z pohledu učitelů shrneme v následujících dvou tabulkách.

VÝHODY CAA	NEVÝHODY CAA
Psaní matematických symbolů	Prostředí v angličtině
Vyhodnocování úloh	Demotivace, když dojde k chybě kvůli syntaxi
Okamžitá zpětná vazba	Špatně naprogramované úlohy
Práce z domova	Nezkontroluje postupy
Příklady mohou obsahovat návody, postupy, atd.	Nepozná numerickou chybu od nepochopení
Rozšíří angličtinu a matematickou syntaxi	Podvádění (díky přístupu k internetu)
Naučí hlídat si chybovost	Zpětná vazba od učitele je lepší
Motivace	Papírová forma je lepší – dlouhé koukání do PC
Opakované otevření testu	Nehodí se na zápočty a zkoušky
Procvičování	Chybí ústní zkouška
Přehled o splněných úkolech	
Větší práce při podvádění v DÚ	
Velice vhodný systém pro plnění DÚ a učení	

Tabulka 17 – Výhody i nevýhody používání systémů CAA z pohledů studentů podle Jahodová Berková (2017)

VÝHODY CAA	NEVÝHODY CAA
Objektivita	Velká práce při přípravě úloh
Efektivita (zejména časová)	Nutný internet
Práce z domova	Není univerzální – problémové úlohy
Zpětná vazba	Neotestuje přehled studenta
Generování neomezeného množství úloh	Nepružný interface
Garantovaná úroveň	Stres z důvodu technických problémů
Dril pro slabé studenty	Studenti se učí nazpaměť určité typy otázek

Tabulka 18 – Výhody i nevýhody používání systémů CAA z pohledů učitelů podle Jahodová Berková (2017)

Jahodová Berková (2017) uvádí, že potenciál počítačem podporovaného hodnocení z pohledu studentů spatřuje v oblasti formativního hodnocení³⁰ a distančních forem výuky.

³⁰ Formativní testy (domácí úkoly) zjišťují výkony v jednotlivých etapách semestru, sumativní (zápočtové) testy mají za úkol diagnostikovat znalosti z celého semestru.

Tento závěr vyplynul z otevřeného kódování polostrukturovaných rozhovorů. Ti jsou přesvědčeni, že systémy by měly být využívány zejména k procvičování v průběhu semestru, nikoliv při sumativních testech.

U počítačem podporovaného hodnocení lze také obtížněji určit, kdo skutečně online úkol zpracoval a kdo podváděl. Faktor „Podvádění“ zmiňovali studenti v průběhu studie Jahodové Berkové (2017) jako výhodu i jako nevýhodu. Výhodou bylo myšleno, že pokud má každý student, díky variabilitě testů, jinou otázku, je obtížnější podvádět a musí příklad počítat sám. Naopak, díky internetovému připojení, lze snadno podvádět s podporou například matematického programu *Wolfram*³¹. Pokud ale zvolíme počítač k formativnímu testování, předpokládáme, že studenti nemají potřebu podvádět, protože získané znalosti využijí při závěrečném testování.

³¹ <https://www.wolframalpha.com/>

6 PRAKTICKÁ ČÁST

6.1 ETAPY VÝZKUMU

I. etapa – Studium potřebné literatury

V úvodu naší práce bylo potřeba prostudovat potřebnou literaturu, abychom mohli správně definovat používané pojmy či zařadit naši studii do konkrétní výzkumné oblasti. Prostudovali jsme teorii funkcí a struktury učebnice, jakožto dvou vzájemně propojených oblastí. Pochopitelně jsme si museli udělat přehled o systematickém výzkumu učebnic u nás i ve světě a o oblastech výzkumu, což nám umožnilo nahlížet na problematiku výzkumu učebnic v širším kontextu. Pokud rozdělíme oblasti výzkumu učebnic na problematiku tvorby, schvalování, výběru, užívání a analýzy učebnic, tak náš výzkum spadá do oblasti užívání učebnic a funkčně strukturální analýzy učebnic.

V našem výzkumu pracujeme s tištěnými i elektronickými výukovými materiály, které jsou doplněny multimediálními, hypertextovými či interaktivními prvky. Jedná se v podstatě o „interaktivní výukové objekty a didakticky zdůvodněné soubory výukových prvků (obrázků, videí, zvuků a textů), sestavených do jednoho celku tak, aby umožňoval interakci s aktéry výuky“ (Dostál, 2009, s. 16). Pokud zároveň vycházíme z definice pojmu učebnice dle J. Průchy (1998, s. 13), který chápe učebnici jako jakýkoliv „edukační konstrukt“, můžeme v naší práci při komparaci učebnic dále používat zjednodušeně pojem „učebnice“, a to v našem případě „tištěná varianta učebnice“ a „interaktivní varianta učebnice“.

II. etapa – Strukturální analýza učebnic pro vybrané kapitoly v matematice

Protože hlavním cílem výzkumu bylo provést analýzu strukturních komponent v nových médiích, zajímala nás strukturální analýza komponent matematických textů. Strukturální analýzou tištěných učebnic jsme se věnovali v kapitole 5.1.2 a strukturální analýzou digitálních výukových materiálů v kapitole 5.2.2.

Závěrem strukturální analýzy můžeme říct (viz rozdílné hodnoty v přílohách 1 a 2), že při každé strukturální analýze učebnic je třeba si přesně vymežit objekt strukturální analýzy, který chceme zkoumat, a sestavit si kategorizaci strukturních komponent odpovídající konkrétní zkoumané problematice. Pochopitelně se kategorizace může lišit ve vymezení užších či širších specifikací jednotlivých strukturních komponent dle citu hodnotitelů, kteří provádí test

shody. Vytvořená kategorizace strukturních komponent nám pak umožní porovnávat mezi sebou učebnice, ovšem stále pouze co do výskytu komponent v učebnici. Jedná se o rychlý evaluační nástroj, který se při komparaci učebnic často využívá, i když pouhý výskyt a dokonce ani četnost komponentů nám nedává žádnou zpětnou vazbu o jejich využitelnosti či didaktické vybavenosti.

V naší práci chápeme pojem *didaktická vybavenost* v širším kontextu. Jak jsme již uvedli, nezabýváme se pouze výskytem ani četností strukturních komponent jednotlivých aparátů, neboť se domníváme, že mnohem důležitější je jejich analýza. Zajímá nás, jak jsou jednotlivé strukturní komponenty v nových médiích ve vyučovacím procesu i v přípravě na vyučování využity jak z pohledu studentů, tak z pohledu učitele.

III. etapa – Empirický výzkum strukturních prvků I-učebnic ve výuce

Tato studie byla „slepou uličkou“, nicméně nám ukázala nástrahy a problémy, kterým musí vyučující při používání I-učebnic ve školní výuce čelit. Výsledek studie může posloužit jako shrnutí několika užitečných rad pro učitele při přípravě výuky s interaktivní učebnicí.

Studie probíhala v květnu a v červnu 2017 v jedné gymnaziální třídě na fakultní škole v Českých Budějovicích. Výuka probíhala dle I-učebnice „Planimetrie I“ z nakladatelství *Fraus* a byly probrány následující kapitoly: „Základní planimetrické pojmy a poznatky“; „Trojúhelníky a Čtyřúhelníky“. Ostatní kapitoly vyučující nestihl na rozdíl od původního ročního plánu probrat, důvodem částečně bylo pomalejší tempo při práci s I-učebnicí. Celkem bylo nahráno 13 hodin výuky planimetrie (Vocetková, 2017).

Přehled strukturních komponent celé učebnice „Planimetrie I“ uvádíme v příloze 5 (záměrně je vynechána příručka pro učitele). Vzhledem k tomu, že z učebnice „Planimetrie I“ byly probrány jen tři témata, počet možných použitých strukturních komponent byl mnohem nižší. Konkrétně se jednalo o 86 komponent, z toho 3 komponenty patřily do aparátu prezentace učiva a zbytek do aparátu řídicího učení. Je tedy patrné, že v aparátu prezentace učiva nabízí I-učebnice malé množství strukturních komponent, které mohou být ve školní výuce použity (již bylo zmíněno v kapitole 5.2.2).

Nyní bychom shrnuli jednotlivé postřehy z výuky. V průběhu jednotlivých nahrávaných hodin vyučující využíval v každé hodině obrázky, do kterých barevně dopisoval různé poznámky a na základě nich dokazoval například Pythagorovu či Eukleidovy věty. Zmíněné obrázky jsou součástí i klasické učebnice, tím pádem se nejednalo o prvek, který byl do I-učebnice

přidán. Neverbální 3 komponenty z aparátu prezentace učiva, které učebnice nabízely, jsou spíše doplňující látkou a nebyl na ně vzhledem k časové tísní probírané látky čas. Všechny ostatní komponenty spadaly do aparátu řídicího učení. Z těch se ukázaly různé hypertextové odkazy jako nevyhovující, a to hlavně z důvodu udržení pozornosti ve třídě. Při podrobné analýze videostudií bylo zjištěno, že každý „překlik“ avizoval pokyn k volnosti či nesoustředěnosti, a trvalo cca tři minuty, než vyučující zklidnil třídu a mohl dále pracovat. Při každém „překliku“ musel také vyučující znovu nastavit lupu, protože se vždy zobrazila celá strana učebnice. I tyto situace dávaly podnět studentům k volnosti. Poslední možný komponent se týkal krokovaných řešení či mezivýpočtů. Zde se ukázalo, že pokud chce vyučující aktivně zapojit celou třídu, musí úlohu krokovat celá třída a vyučující postup jen koriguje. V tomto případě vyučující používal program *GeoGebra*, kterou velmi dobře ovládal.

Závěrem dvouměsíční studie na českobudějovickém gymnáziu jsme s vyučujícím dospěli k závěru, že testovaná učebnice není vyhovující pro školní výuku. Aparát prezentace učiva, který má plnit funkci informační, obsahuje minimální počet strukturních prvků a aparát řídicí učení se ve školní výuce neosvědčil. To je hlavní důvod, proč z této empirické studie, jejímž cílem bylo zjistit využitelnost strukturních komponent v nových médiích ve výuce, nemáme žádná relevantní data pro náš výzkum.

Během studie jsme dále zjistili, že bezpochyby nejdůležitější stránkou pro učitele, zda použít I-učebnici či nikoliv, by mělo být dostatečné technické zázemí školy a správně fungující technologie. V případě malého počtu učeben s dataprojektorem dochází k neustálému stěhování. Důležité je také osvětlení třídy a možné používání žaluzií z důvodu, aby studenti dostatečně viděli na psaní a naopak neměli moc osvětlené plátno. Ve třídě by měla být také umístěna tabule na přední stěně, která nebude překryta promítacím plátnem. Ukázalo se, že je vhodné promítat na bílou tabuli, nikoliv na zeď či na plátno, protože umožňuje dopisování do obrázků, do textů či zvýrazňování.

Kromě videostudií zahrnovala studie na českobudějovickém gymnáziu i focení sešitů s cílem kontroly zápisu poznámek při práci s I-učebnicí. Na závěr studenti vyplnili dotazník, kde byli dotazováni na práci s učebnicí (podrobněji bude rozepsáno v následující etapě). Nyní uvedeme zajímavé závěry, které vplynuly z kontroly sešitů při práci s I-učebnicí.

- 18 % studentů uvádí, že dostatečně neviděli na texty, stejní studenti neviděli ani na vzorce. Obrázky viděli všichni.

- 23 % se zdál výklad rychlejší, 18 % pomalejší, ostatním srovnatelný. Zajímavé bylo, že pomalejší výklad se zdál studentům s horším prospěchem a rychlejší výklad studentům s výborným či chvalitebným prospěchem.
- Při kontrole sešitů bylo zjištěno, že někteří studenti neměli v sešitech dostatečné poznámky a někteří si nepsali vůbec. Učitel zde zmínil, že studenti jsou při běžné výuce zvyklí psát to, co napíše na tabuli či ve výkladu zdůrazní „zapište si“. Pokud během výuky s I-učebnicí vyučující na tabuli nepsal, ale pouze zvýrazňoval určité pasáže v promítaném textu či dopisoval do obrázků, někteří studenti si nepsali nic (z dotazníkového šetření vyplynulo to samé – 41 % studentů uvedlo, že si zapisují jen poznámky, které jsou na tabuli nebo které vyučující ve svém výkladu zdůrazní). V případě I-učebnice se jednalo o jinou formu výkladu, učebnice byla promítána, tudíž studenti s lepším prospěchem se snažili si udělat co nejvíce poznámek a nestihali opisovat, naopak studenti s horším prospěchem si napsali poznámek málo nebo někteří dokonce nepsali vůbec.

IV. etapa – Dotazníková šetření studentů a rozhovory s učiteli

Během empirické studie na českobudějovickém gymnáziu jsme s vyučujícím dospěli k závěru, že I-učebnice není vhodná pro výklad učiva ve školní výuce, ale může posloužit jako dobrý pomocník při doplňování chybějící látky nebo při osvojování učiva. V dotazníku, kde jsme zjišťovali spokojenost studentů s učebnicí, jsme se dotazovali, jak se připravují na vyučování nebo na hlášené testy. Zajímalo nás, zda by studenti takovou učebnicí rádi využívali při osvojování učiva. Uvedeme vybrané závěry dotazníkového šetření:

- Na dotaz, z jakých materiálů se připravují na hlášený test, uvedli, že 70 % se připravuje ze sešitu, 41 % vyhledává na internetu a 35 % si dohledává informace v učebnicích. Někteří studenti kombinují více variant domácí přípravy na test.
- Podobně odpovídali na dotaz, jak se připravuje na hlášený test jejich nejlepší kamarád.
- Na jednotlivé vyučovací hodiny se dle odpovědí někteří studenti nepřipravují vůbec, většina si před hodinou přečte poznámky v sešitě a pouhých 17 % se připravuje na každou hodinu a v případě nejasností vyhledává materiály na internetu.
- V případě doplnění chybějící látky volí v 82 % dopsání od spolužáků.

Dotazníkového šetření ohledně přípravy na vyučování a rozhovor s učiteli jsme provedli pro srovnání ještě na jedné budějovické škole, která se zaměřuje na výuku pomocí technologií. Vyučující na škole vkládají studentům do e-learningového prostředí odkazy na doporučené výukové portály nebo videa. Důvodem, který zmiňují, je častý problém dlouhých textů. Z toho důvodu vyučující materiály pečlivě selektují a vkládají jen potřebné. Toto může být právě důvodem, proč se na test ze sešitu připravuje pouze 45 % studentů, při doplňování chybějící látky používá 44 % studentů internet místo toho, aby si látku dopsali od spolužáků, a při doplňování nejasné látky se učí 48 % studentů z internetu. Ve škole se vyučující snaží na doporučené výukové materiály studenty pouze navést, ale nepoužívají je. Důvodem jsou problémy s technikou či internetovým připojením, na které se dle jejich zkušeností nelze spolehnout, proto musí vyučující mít na danou hodinu dvojitou přípravu. Vyučující také uvádí, že na promítání na tabuli se nedá dívat celý den a že interaktivní výuka má smysl pouze pro domácí přípravu.

V. etapa – Výběr výzkumného vzorku a příprava výukových materiálů pro výzkumnou část

Výsledky dotazníkových šetření a rozhovorů na obou školách přinesly výsledky, že studenti digitální výukové materiály při přípravě na vyučování vyhledávají, využívají a mohou být jejich dobrým pomocníkem při přípravě na vyučování. Rozhodli jsme se tedy, že hlavní výzkum zaměříme na komparaci klasické a interaktivní varianty učebnice při osvojování učiva, přičemž budeme analyzovat strukturní komponenty v nových médiích. Následovalo studium relevantních výzkumů a průzkum dostupných digitálních výukových materiálů.

Hlavní výzkum jsme zrealizovali v letním semestru roku 2019/2020 na Ekonomické fakultě Jihočeské univerzity a do výzkumu jsme zapojili všechny studenty prvního ročníku, kteří v letním semestru probírali diferenciální a integrální počet. V našem výzkumu si studenti osvojovali a procvičovali získané poznatky z distanční výuky, kde kromě teorie bylo spočítáno i pár vzorových příkladů. Zajímalo nás, jak zvládají na základě vysvětlené látky samostatně spočítat příklady, proto jsme do výzkumu zahrnuli aspekt „**použitý počet nápověd**“. K tomuto aspektu se nám nepodařilo dohledat žádný relevantní výzkum, který bychom v práci mohli uvést. Jedná se totiž o strukturní komponent „Krokované nápovědy“, což je specifický verbální interaktivní strukturní komponent matematického aparátu patřícího do aparátu řídicího učení.

Při realizaci studie jsme se chtěli opírat o již vytvořené digitální výukové materiály, neboť obsahují pestrou škálu nabízených úloh. Zaměřili jsme se na verbální interaktivní strukturální komponent „Prostředky k sebehodnocení“ s automatickým vyhodnocením testů a digitální výukové materiály selektovali na základě těchto požadavků:

- digitální výukové materiály budou v češtině,
- digitální výukové materiály budou obsahovat krokované nápovědy,
- digitální výukové materiály budou obsahovat testy s automatickým vyhodnocením,
- digitální výukové materiály budou pokrývat látku letního semestru.

Po prostudování digitálních výukových materiálů (kapitola 5.2.1) jsme zjistili:

- I-učebnice nakladatelství *Fraus* obsahovaly v každé učebnici dva testy s automatickým vyhodnocením, ovšem bez krokovaných nápověd.
- *Khanova škola* neobsahovala v době naší studie kapitolu integrálů, ostatní požadavky interaktivní výukový portál splňoval.
- Portál *MATH4U* umožňuje vygenerovat celou řadu interaktivních úloh, nesplnil ale podmínku krokovaných nápověd.
- Portál *Škola s nadhledem* také nesplňoval podmínku krokovaných nápověd.
- Portál *Techambition* sice krokované nápovědy obsahoval, ale v době naší studie neobsahoval kapitoly, které jsme potřebovali.
- Portál *Umíme matiku* obsahoval nejpestřejší škálu základních a doplňkových interaktivních aktivit, ke kterým ale chyběly krokované nápovědy.

Komparace nabízených digitálních výukových materiálů byla jednoduchá. Všechny materiály splňovaly požadavek češtiny a automatického vyhodnocování úloh, ale krokované nápovědy nabízely pouze *Techambition* a *Khanova škola*. Zatímco *Khanova škola* neobsahovala jen kapitolu integrálů, *Techambition* neobsahovala žádnou z potřebných kapitol. *Khanova škola* obsahovala navíc i multimediální interaktivní prvek „Kalkulačka“ a obsahovala videa s vysvětlením probírané látky (multimediální interaktivní prvek „Pokročilé interaktivní aktivity“).

Jednotlivé sady úloh byly tedy převzaty z *Khanovy školy*, včetně všech krokovaných nápověd. Schwartz (2013) ve svém článku uvádí, že díky pedagogickým zkušenostem autora Khana je výukový portál *Khan Academy* vhodným základem autentického porozumění, které je stabilizováno praktickými příklady, obsahuje smysluplnou relevantní zpětnou vazbu, je citlivé na kontext a znalosti jsou hierarchicky uspořádány.

V našem výzkumu jsme studentům předkládali totožné materiály v tištěné či digitální podobě a tištěné materiály jsme zpracovávali na základě digitálních. Tudíž jsme se nezohledňovali problémy přenositelnosti testovacích úloh do digitálního prostředí (Lenhard et al., 2017; Noyes a Garland, 2008).

Příklady, které jsme pro studenty vybrali, byly typu Multiple Choice Question³², kdy student vybíral z předem nabízených odpovědí, z nichž je jedna nebo více odpovědí správně. Tento typ testovací úlohy má své pro i proti. Z jedné strany je právě kladena důležitost na správně označenou odpověď, zatímco hlubší pochopení testované látky není ověřováno (Sangwin, 2013). Autor také zmiňuje, že strategický student neodpovídá na zadanou otázku, ale kontroluje každou odpověď obráceně. Toto zkreslení dle něj podvrací záměr učitele při stanovení otázky, takže nehodnotí dovednost, kterou chtěl posoudit. Z druhé strany MCQ vyloučí případy, kdy student příklad spočítá správně, ale program s jeho odpovědí nesouhlasí, neboť právě MCQ vyloučí problémy spojené se správnou syntaxí.

Dostal and Robinson (2018) definovali čtyři typy matematických textů (tabulka 13). Z výzkumu, který provedli Shanahan et al. (2011) ale vyplynulo, že matematici nerozlišují v textu, zda čtou matematickou rovnici, text či jiný grafický prvek, ale považují tyto prvky za jednotné a stejně důležité. V našem výzkumu považujeme všechny typy matematického textu v testovacích úlohách též za jednotné a ve statistickém zpracování nebudeme rozlišovat, zda bylo zadání úlohy algebraické nebo vizuální.

Jahodová Berková (2017) uvádí, že u počítačem podporovaného hodnocení lze obtížně určit, kdo skutečně online úkol zpracoval a kdo podváděl. Pokud ale zvolíme počítačem podporované testování k osvojování učiva, předpokládáme, že studenti nebudou mít potřebu podvádět, protože získané znalosti využijí při závěrečném zkoušení. Autorka také uvádí, že potenciál počítačem podporovaného hodnocení z pohledu studentů spatřuje v oblasti formativního hodnocení a distančních forem výuky.

V případě sumativního testování je ale oproti formativnímu dalším důležitým faktorem nastavení správného časového rámce, a pokud mají sumativní testy prověřit znalosti a být klasifikovány, zcela jistě nás musí zajímat chybovost studentů. Toto jsou důvody, proč jsme se rozhodli aspektem „čas“ a „chybovost“ při komparaci tištěné a interaktivní varianty zabývat.

³² Označované také jako MCQ (Multiple Choice Question).

VI. etapa – Sběr dat

Hlavní výzkum probíhal během distanční výuky v letním semestru 2019/2020 a zapojilo se do něj 157 studentů Ekonomické fakulty Jihočeské univerzity, konkrétně 67 mužů a 90 žen. Studentům bylo předloženo k procvičování 111 testovacích úloh, rozdělených do 27 sad a pokrývaly čtyři oblasti diferenciálního počtu – limity graficky, limity algebraicky, průběhy funkcí a aplikace derivací.

Každý student se mohl rozhodnout dle svého přístupu k učení pro tištěnou či interaktivní variantu. Kapitola limity graficky obsahovala sedm sad úloh, limity algebraicky obsahovaly šest sad úloh, průběhy funkcí devět sad úloh a kapitola aplikace derivací pět sad úloh. Každá sada zpravidla obsahovala čtyři úlohy, v jednom případě se jednalo o sedm úloh.

Procvičování úloh bylo zcela dobrovolné, sloužilo k osvojení učiva a nemělo vliv na výslednou známku. Výsledky studenti zaznamenávali do záznamových archů, které vkládali do prostředí *LMS Moodle*. Součástí záznamových archů byl i přesný návod k jejich vyplňování (příloha 6). Podrobnější informace nalezne čtenář v kapitole „Sběr dat“.

VII. etapa – Kvantitativní výzkum

Vyplněné formuláře jsme nejdříve vyhodnotili v programu *Excel*. Pro statistické zpracování dat jsme použili programy *Statistica* a *R-studio*. V programu *Statistica* jsme provedli logistickou regreci a následně *Bonferroniho korekci*, v programu *R-studio* jsme použili náhodný smíšený model (tzv. *Random mixed model*).

Během testování jsme se zaměřili na následující aspekty: chybovost, použitý počet návodů a čas potřebný k vyřešení úloh. Podrobněji je kvantitativní část výzkumu popsána v kapitole „Kvantitativní výzkum“.

VIII. etapa – Kvalitativní výzkum

V kvalitativním výzkumu jsme nás zajímaly preference výběru příslušné varianty učebnice. Podrobněji je kvalitativní část výzkumu popsána v kapitole „Kvalitativní výzkum“.

IX. etapa – Komparace výsledků výzkumu a závěrečná diskuse

Na závěr práce bylo třeba dohledat relevantní literaturu, pro srovnání pročíst desítky světových studií a provést závěrečnou diskusi. Součástí diskuse jsou také uvedeny možné směry dalších výzkumů.

6.2 SBĚR DAT

Jak jsme zmínili, že studenti si v rámci osvojování učiva mohli vybrat mezi tištěnou a interaktivní variantou učebnice, vyplňovali záznamové archy, které jsme následně zpracovali jak kvantitativně, tak kvalitativně. V případě tištěné varianty obdrželi tři samostatné soubory. V prvním měli zadání všech úloh, v druhém souboru krokované nápovědy ke všem úlohám a ve třetím souboru si mohli zkontrolovat správnost výpočtů. V případě interaktivní varianty učebnice studenti obdrželi odkaz na interaktivní cvičení, kde kromě zadání mohli na stejné stránce zažádat o nápovědy a na závěr si nechali výsledek automaticky zkontrolovat. V případě interaktivní varianty mohli studenti při nepochopení látky též zhlédnout video a u některých příkladů rozkliknout i tzv. mezivýpočty. Na obrázku 1³³ vidíme zadání jedné úlohy.

Je zadán graf funkce f . Přerušované čáry představují asymptoty.

Která tvrzení o limitách odpovídají zadanému grafu?

Vyber všechny správné odpovědi.

$\lim_{x \rightarrow -4} f(x)$ je nevlastní.

$\lim_{x \rightarrow -4} f(x) = -6$

$\lim_{x \rightarrow 4^-} f(x) = 3$

Žádná z uvedených možností.

Obrázek 1 – Ukázka úlohy, zdroj: Khanova škola

³³ Zdroj: <https://cs.khanacademy.org/math/differential-calculus/dc-limits/dc-limits-from-graphs/e/two-sided-limits-from-graphs?modal=1>

Jak studenti postupovali při řešení úloh? Pokud student znal postup, odpověděl a v případě správné odpovědi mohl pokračovat další úlohou. V tomto kroku v případě tištěné varianty musel zkontrolovat správnost ve výsledcích, v případě interaktivní varianty byly testy vyhodnoceny automaticky a student byl odměněn vítěznou zvukovou hláškou a nápisy „Správně!“, „Je to tak!“, „Jen tak dál!“ či „Ano!“. V obou případech studenti uvedli čas potřebný pro vyřešení celé sady úloh. Ukazatel „čas“ jsme zaznamenávali v sekundách.

Pokud student nepotřeboval žádnou nápovědu, protože znal postup, ale přesto se při výpočtu dopustil nějaké chyby, počítal úlohu znovu. V obou variantách učebnic zaznamenávali studenti svou „chybovost“. V rámci jedné úlohy mohli studenti chybovat i vícekrát. V případě interaktivní varianty se při špatné odpovědi objevilo hlášení: „To ne. Zkus to znovu: zobraz nápovědu nebo pokračuj dále.“

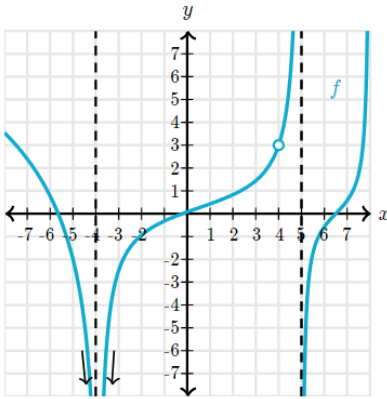
Pokud si student nevěděl s výpočtem opravdu rady, mohl využít nápovědu. Ukázku krokovaných nápověd vidíme na obrázku 2. U jednotlivých úloh bylo možné využít dvě až pět nápověd. V případě tištěné varianty nahlédl do zpracovaných krokovaných postupů, v případě interaktivní varianty žádal o nápovědu. V tomto kroku se objevila poznámka: „Nevíš jak dál? Podívej se na video nebo použij nápovědu“ a zároveň byl student upozorněn: „Pozor, při použití nápovědy se příklad nepočítá jako úspěšně vyřešený! Nejprve se to snaž vyřešit bez ní“. Pokud student opravdu potřeboval nápovědu, musel žádost o nápovědu ještě jednou potvrdit: „Získat nápovědu“. Teprve po těchto dvou krocích se studentovi objevila první nápověda. V obou případech studenti zaznamenávali počet nápověd potřebných k vyřešení úlohy, a tím pádem jsme mohli u každého studenta a každé sady úloh evidovat „**použitý počet nápověd**“. Vzhledem k tomu, že každá sada měla jiný počet nápověd, byly použité nápovědy vyděleny celkovým počtem nápověd celé sady. Získali jsme tak ukazatel, s kterým dále pracujeme. Námi dále používaný pojem „použitý počet nápověd“ představuje právě tento podíl.

Student také mohl úlohu úplně přeskočit (kliknutím na „Pokračuj dále“) a úlohu neřešit. Zrovna tak i u tištěné varianty byly případy, kdy studenti nepochopili úlohu ani po přečtení všech nápověd. V tomto případě uváděli, že si s úlohou neví rady a nevyřešili ji. Abychom mohli mezi sebou porovnávat použitý počet nápověd tištěné a interaktivní varianty, neuvažovali jsme v kvantitativním výzkumu případy, kdy student vyčerpал všechny dostupné nápovědy, ale stále si s příkladem nevěděl rady, tak si pustil k pochopení příkladu video. Také jsme neuvažovali v kvantitativním výzkumu případy, kdy student použil k výpočtu nějaký mezivýpočet, který k tištěné variantě nebyl přiložen.

1 / 4 $\lim_{x \rightarrow -4} f(x)$ je limita hodnot funkce f pro x blíží se k -4 , zatímco $\lim_{x \rightarrow -4^-} f(x)$ představuje limitu hodnot f pro x blíží se k -4 zleva.

Existují obě limity? A pokud ano, čemu se rovnají?

2 / 4



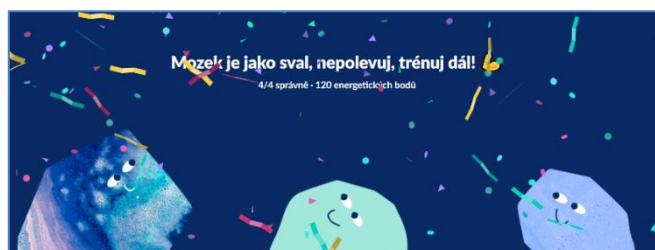
$\lim_{x \rightarrow -4^-} f(x)$ se zdá být rovna zápornému nekonečnu, takže je nevlastní (a není tudíž rovna -6).

Protože $\lim_{x \rightarrow -4^+} f(x)$ se také rovná zápornému nekonečnu, $\lim_{x \rightarrow -4} f(x)$ je nevlastní.

+ Získat další nápovědu (2/4)

Obrázek 2 – Ukázka nápovědy, zdroj: Khanova škola

V prostředí *Khanova škola* se při registraci po každém splnění úkolu objeví přehled s novým ziskem energetických bodů. Celkový přehled nalezne student pod záložkou „Můj pokrok“.



Obrázek 3 – Přehled výkonů, zdroj: Khanova škola

Jsme si plně vědomi toho, že výsledky naší studie může ovlivnit mnoho faktorů a že není možné zobecnit závěry. Protože studenti pracovali doma bez jakéhokoliv dohledu, nemůžeme zaručit, že zaznamenali všechny požadované položky. Naše zjištění jsou založena čistě na důkazech poskytnutých našimi studenty.

Při sběru dat jsme se pochopitelně zamýšleli i nad relevantností vyplněných dotazníkových archů. V případě aspektu čas si uvědomujeme, že v interaktivní variantě si musí studenti přepsat zadání na papír. V aspektu použitý počet nápověd v případě tištěné varianty mohou studenti snadněji nakouknout do dalších nápověd. To samé v případě chybovosti při kontrole výsledků.

6.3 KVANTITATIVNÍ ČÁST VÝZKUMU

Jak jsme již uvedli, celkem se výzkumu zúčastnilo 157 studentů. Vypracovávání a odevzdávání úloh bylo zcela dobrovolné, nemělo vliv na výslednou známku a také bylo na každém studentovi, jakou zvolí k procvičování variantu učebnice. Proto se také stalo, že někteří studenti některou kapitolu nevyplnili. Vzhledem k tomu, že celá kapitola byla zadávána najednou, nenastal případ, že by student měnil variantu učebnice v rámci jedné kapitoly. V tabulce 19 je uvedeno, kolik studentů zvolilo pro výpočet úloh jednotlivých kapitol tištěnou či interaktivní variantu. Výběru učebnice se budeme podrobně věnovat v následující kapitole „Kvalitativní výzkum“. Zatím jen uvedeme, že ve výsledku jsme studenty z pohledu kvalitativního výzkumu nerozdělili pouze do dvou skupin (tištěná a interaktivní varianta učebnice), protože jsme zaznamenali vyšší počet studentů používající obě varianty současně či studenty, kteří raději pracovali s tištěnou variantou, ale k pochopení látky používali videa.

V kapitole „Kvantitativní výzkum“ pracujeme jen s odpověďmi studentů, kteří používali pouze tištěnou či interaktivní variantu učebnice. Důvodem je malý počet studentů, kteří používali obě varianty nebo kombinaci tištěné varianty a videí.

Kapitola – počet sad úloh	Tištěná	Interaktivní	Obě varianty	Tištěná + video
Limity graficky (LG) – 7	70	53	7	2
Limity algebraicky (LA) – 6	75	51	3	5
Průběhy funkcí (PR) – 9	83	55	2	5
Aplikace derivací (APL) – 5	80	44	1	2

Tabulka 19 – Preference výběru varianty učebnice

Prvním sledovaným aspektem byla **chybovost**. Myslíme tím, že studenti v zásadě znali postup řešení a nepotřebovali žádnou potřebnou nápovědu, ale úlohu vyřešili špatně, neboť se při výpočtu dopustili nějaké chyby. V tabulce 20 je uvedena ve sloupci „Chybovost celkem“ průměrná hodnota celkového počtu chyb všech studentů dané úlohy. Ve sloupcích „Chybovost T“ a „Chybovost I“ jsou spočteny průměrné hodnoty celkové chybovosti tištěné či interaktivní varianty. Ve sloupcích „Rozdíl T“ a „Rozdíl I“ jsou uvedeny rozdíly mezi průměrnou hodnotou celkové chybovosti a průměrnou hodnotou tištěné či interaktivní varianty. Pokud vychází hodnota v těchto sloupcích kladná, znamená to vyšší chybovost proti celkové chybovosti. Naopak záporné hodnoty představují nižší chybovost oproti celkové chybovosti.

Z tabulky 20 je patrné, že chybovost studentů, používajících interaktivní variantu, je vyšší. Celkově tomu tak bylo ve 26 z 27 úloh. V příloze 7 nalezneme přehled všech sad úloh.

Sada	Chybovost celkem	Chybovost T	Chybovost I	Rozdíl T	Rozdíl I
1	0,430	0,294	0,604	-0,136	0,174
2	0,392	0,239	0,585	-0,153	0,193
3	0,345	0,250	0,462	-0,095	0,117
4	0,670	0,600	0,760	-0,070	0,090
5	0,798	0,657	0,981	-0,141	0,183
⋮			⋮		
⋮			⋮		
⋮			⋮		
23	0,521	0,370	0,773	-0,151	0,252
24	0,425	0,403	0,465	-0,022	0,040
25	0,729	0,605	0,952	-0,124	0,223
26	0,600	0,452	0,857	-0,148	0,257
27	0,400	0,312	0,558	-0,088	0,158

Tabulka 20 – Průměrná hodnota chybovosti a rozdíl variant T a I

Druhým sledovaným aspektem byl **použitý počet nápověd**. Počítáme zde s hodnotou, kterou jsme získali podílem použitého počtu nápověd k maximálnímu počtu nápověd v každé sadě. Jednotlivé hodnoty použitého počtu nápověd mohou nabývat hodnot z intervalu od nuly do jedné, přičemž nula znamená výpočet úloh bez použití jakékoliv nápovědy, naopak hodnota jedna znamená použití všech dostupných nápověd v rámci sady úloh. V tabulce 21 ve sloupci „Počet nápověd celkem“ je uvedena průměrná hodnota použitého počtu nápověd, ve sloupcích „Počet nápověd T“ a „Počet nápověd I“ jsou uvedeny průměrné hodnoty použitého počtu nápověd tištěné a interaktivní varianty učebnice. Ve sloupcích „Rozdíl T“ a „Rozdíl I“ uvádíme opět rozdíl mezi průměrnou hodnotou celkového použitého počtu nápověd a průměrnou hodnotou počtu nápověd tištěné či interaktivní varianty. Kladné hodnoty znamenají vyšší použitý počet nápověd oproti celkovému použitému počtu nápověd, záporné hodnoty naopak nižší.

Ve všech 27 sadách úloh bylo zjištěno, že střední hodnota použitého počtu nápověd je pro interaktivní variantu nižší. Znamená to, že studenti využívající interaktivní variantu nevyužívají tolik nápověd při řešení úloh a snaží se úlohy vyřešit spíše bez nich. V tabulce 21 uvádíme část hodnot, příloze 8 je opět přehled všech sad úloh.

Sada	Počet nápověd celkem	Počet nápověd T	Počet nápověd I	Rozdíl T	Rozdíl I
1	0,129	0,148	0,102	0,019	-0,027
2	0,083	0,104	0,056	0,021	-0,027
3	0,121	0,148	0,085	0,027	-0,036
4	0,109	0,134	0,074	0,025	-0,035
5	0,151	0,198	0,088	0,047	-0,063
⋮			⋮		
⋮			⋮		
⋮			⋮		
23	0,173	0,187	0,146	0,014	-0,027
24	0,133	0,142	0,118	0,009	-0,015
25	0,223	0,268	0,134	0,045	-0,089
26	0,150	0,162	0,127	0,012	-0,023
27	0,126	0,151	0,079	0,025	-0,047

Tabulka 21 – Průměrná hodnota použitého počtu nápověd a rozdíly variant T a I

Třetím sledovaným aspektem byl čas potřebný k vyřešení úloh. Čas byl měřený v sekundách. V tabulce 22 vidíme průměrné hodnoty času potřebného k vyřešení sady úloh („Čas celkem“) a průměrné hodnoty času potřebného k vyřešení sady úloh pro tištěnou a interaktivní variantu („Čas T“ a „Čas I“). Analogicky, jako v předchozím testování, sloupce „Rozdíl T“ a „Rozdíl I“ představují rozdíly časů tištěné či interaktivní varianty a celkového času.

Sada	Čas celkem	Čas T	Čas I	Rozdíl T	Rozdíl I
1	239	242	235	3	-4
2	192	219	157	28	-35
3	216	269	150	53	-66
4	310	371	230	61	-80
5	350	423	257	73	-94
⋮			⋮		
⋮			⋮		
⋮			⋮		
23	389	388	392	-1	3
24	400	422	362	22	-38
25	397	397	395	0	-2
26	516	534	485	18	-31
27	555	600	475	45	-80

Tabulka 22 – Průměrná hodnota času potřebného k vyřešení úloh a rozdíly variant T a I

Ve 23 sadách úloh bylo zjištěno, že studentům používajícím interaktivní variantu učebnice stačí k vyřešení sad úloh méně času. V příloze 9 nalezneme opět přehled všech sad úloh.

Všechny zjištěné výsledky jsme ověřili i statisticky, k čemuž jsme zvolili dva odlišné statistické přístupy:

- logistickou regresi, ve které jsme provedli Bonferroniho korekci,
- náhodný smíšený model, tzn. Random mixed model.

6.3.1 Bonferroniho korekce

Nejprve jsme ke statistickému zpracování dat použili logistickou regresi. Jedná se o variantu zobecněného lineárního modelu, kdy závislá proměnná má binomické nebo multinomické rozdělení. V případě, že se v celkové statistice sledované skupiny liší, je dobré si položit otázku, zda se liší i mezi jednotlivými podskupinami.

Při testování statistických hypotéz vždy porovnáваме dvě hypotézy (nulovou a alternativní) a výsledkem testování je rozhodnutí o nulové hypotéze. S narůstajícím počtem statistických hypotéz ale roste také pravděpodobnost toho, že ukážeme statistickou významnost tam, kde ve skutečnosti žádná neexistuje, a tím získáme falešně pozitivní výsledek ve prospěch nulové hypotézy. Aby se předešlo právě tomuto problému násobeného testování hypotéz, používají se korekční procedury, které zohledňují celkový počet provedených testů. Nejznámější korekční procedurou je Bonferroniho korekce, která zamítá nulovou hypotézu ve chvíli, kdy hodnota p -value je menší nebo rovna hodnotě $\frac{\alpha}{m}$, kde α je zvolená hladina významnosti a m je počet provedených testů. V naší statistice máme nastavenou hladinu významnosti $\alpha = 0,05$ a m je počet sad úloh, tzn. $m = 27$.

V případě logistické regrese jsme použili všechny sady úloh, kde studenti používali pouze tištěnou či interaktivní variantu učebnice. Sady úloh, při kterých studenti používali obě varianty učebnice či používali tištěnou variantu v kombinaci s videi, jsme kvůli nízkému výskytu v této statistice nezpracovávali.

V následujících tabulkách uvádíme pouze sady úloh, kde bylo spočtené p -value menší než hladina významnosti $\alpha = 0,05$ a barevně jsou zvýrazněné sady, kde je spočtené p -value po provedení Bonferroniho korekce nižší než stejná hladina významnosti. Přehled výpočtů všech sad pro naše tři sledované aspekty nalezne čtenář v přílohách 10–12.

Pro statistické ověření, zda nám varianta učebnice ovlivňuje **chybovost**, jsme použili Poissonovo rozdělení. Poissonovo rozdělení je nazýváno též rozdělení řídkých jevů a popisuje náhodnou veličinu, která udává počet výskytů sledovaného jevu v určitém časovém intervalu. Sledovaný aspekt „chybovost“, který představuje počet chyb, kterých se studenti dopustí v průběhu testování, splňuje podmínky Poissonova rozdělení.

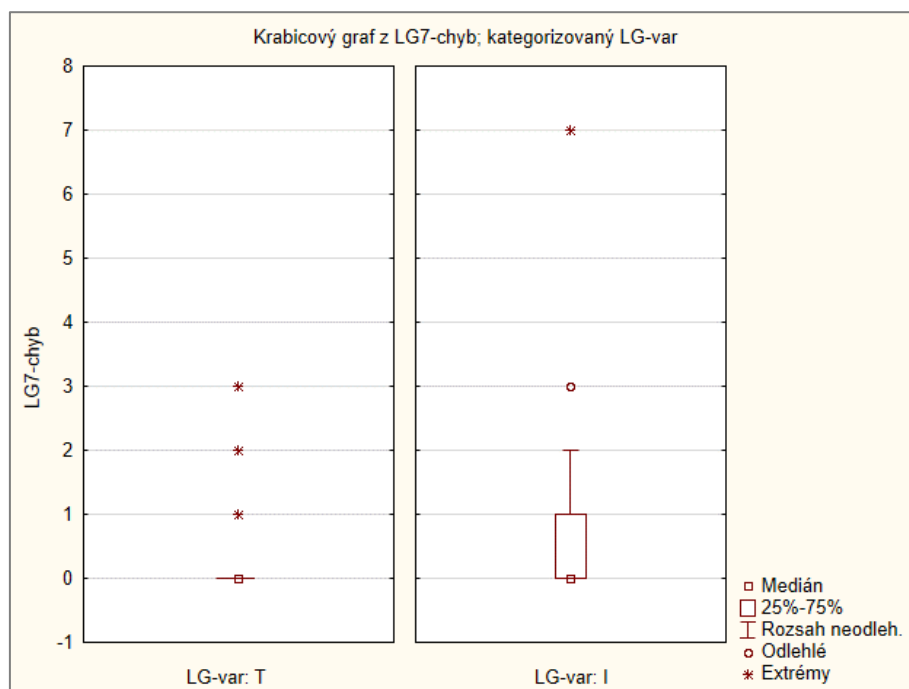
V tabulce 23 máme spočítaný logaritmus funkce věrohodnosti, p -value pomocí Poissonova rozdělení a výpočet p -value po provedení Bonferroniho korekce. Uvádíme zde pouze sady úloh, kde vychází p -value menší než 0,05. Červeně jsou zvýrazněné **statisticky významné** sady úloh i po provedení Bonferroniho korekce. Výpočet všech sad úloh včetně chí-kvadrátu uvádíme v příloze 10.

Sada	Ln funkce věrohodnosti	p -value	p -value Bonferroniho korekce
1	-108.986	0.011	0.285
2	-108.305	0.010	0.257
6	-135.072	0.003	0.079
7	-116.529	0.002	0.042
8	-68.578	0.040	1.092
10	-114.882	0.017	0.455
12	-104.931	0.018	0.485
15	-135.762	0.038	1.021
17	-124.024	0.001	0.039
18	-126.532	0.002	0.060
23	-114.242	0.006	0.158
25	-143.007	0.040	1.089
26	-123.608	0.010	0.262

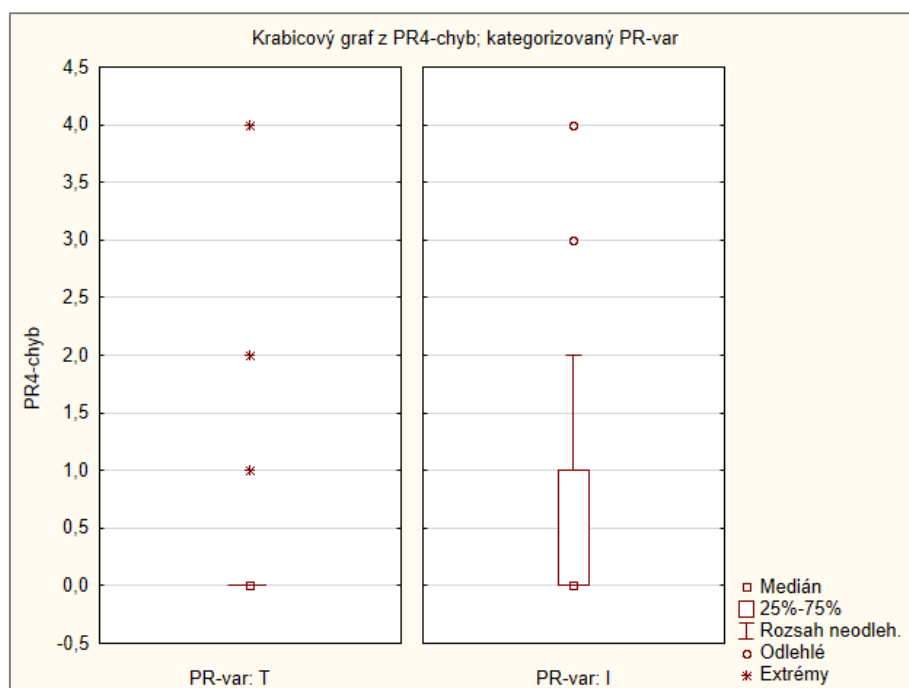
Tabulka 23 – Poissonovo rozdělení a Bonferroniho korekce – aspekt chybovost (pouze sady statisticky významné)

Vidíme, že statisticky významné po provedení Bonferroniho korekce jsou dvě sady úloh. Jedná se o sadu úloh 7 (úlohu z kapitoly limity graficky, dále značenou v grafu LG7) a sadu úloh 17 (úloha z kapitoly průběhy funkcí, dále značená PR4).

Nyní znázorníme kategorizované krabicové grafy těchto dvou statisticky významných sad úloh. Z důvodu lepší vizualizace hodnot jsme kategorizované krabicové grafy znázornili na bázi kvartilů.



Graf 1 – Kategorizovaný krabicový graf – sada LG7, aspekt chybovost



Graf 2 – Kategorizovaný krabicový graf – sada PR4, aspekt chybovost

Pro statistické ověření, zda nám varianta učebnice ovlivňuje **použitý počet nápověd** nebo **čas** potřebný k vyřešení úloh, jsme použili normální rozdělení. V následujících dvou tabulkách jsou vždy uvedeny součty čtverců, p -value a p -value po provedení Bonferroniho korekce. V tabulkách jsou opět znázorněny jen statisticky významné sady, z toho červeně zvýrazněné sady úloh představují úlohy **statisticky významné** i po provedení Bonferroniho korekce.

Podrobnější přehled výpočtů nalezneme v přílohách 11–12, kde kromě p -value a p -value po provedení Bonferroniho korekce uvádíme tyto dílčí proměnné:

S_A – skupinový součet čtverců, který charakterizuje variabilitu mezi jednotlivými výběry

f_A – počet stupňů volnosti

S_E – reziduální součet čtverců, který charakterizuje variabilitu uvnitř jednotlivých výběrů

f_E – počet stupňů volnosti chyby

F – poměr průměrů čtverců, který spočítáme: $F = \frac{S_A/f_A}{S_E/f_E}$

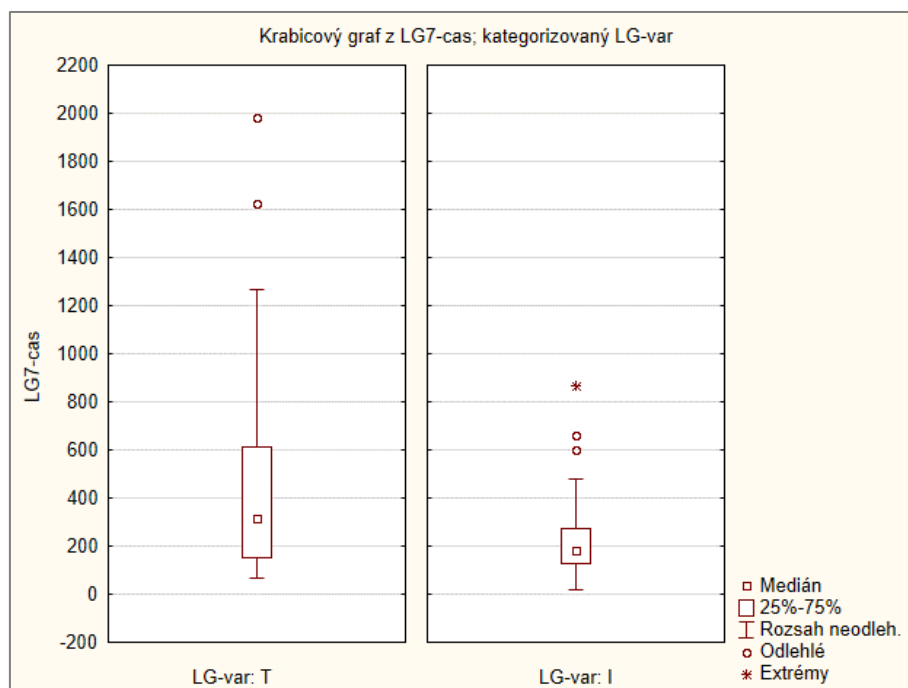
Sada	Součet čtverců S_A	p -value	p -value Bonferroniho korekce
5	0.310	0.009	0.234
6	0.353	0.003	0.072
7	0.215	0.035	0.936
11	0.267	0.030	0.803
12	0.505	0.010	0.277
14	0.215	0.035	0.936
18	0.210	0.043	1.151
25	0.466	0.013	0.358

Tabulka 24 – Analýza rozptylu a Bonferroniho korekce – aspekt počet nápořád (pouze sady statisticky významné)

Sada	Součet čtverců S_A	p -value	p -value Bonferroniho korekce
3	411363	0.003	0.080
4	548998	0.016	0.435
5	770430	0.009	0.240
6	408754	0.023	0.612
7	1137909	0.001	0.015
9	240267	0.017	0.458
13	2066570	0.042	1.127

Tabulka 25 – Analýza rozptylu a Bonferroniho korekce – aspekt čas (pouze sady statisticky významné)

Po provedení Bonferroniho korekce nám žádná sada úloh pro aspekt použitý počet nápověd nevyšla statisticky významná. Pro aspekt čas potřebný k vyřešení úloh nám vyšla statisticky významná sada číslo 7 (jedná se o úlohu z kapitoly limity graficky, dále značenou v grafu LG7). Výsledek graficky interpretujeme v následujícím obrázku.



Graf 3 – Kategorizovaný krabicový graf – sada LG7, aspekt čas

6.3.2 *Random mixed model*

Random mixed model, nazývaný též zobecněný lineární smíšený model nebo model se smíšenou složkou chyby, je statistický model obsahující jak fixní, tak náhodné efekty. Používá se v prostředí, kde se provádějí měření na stejných statistických jednotkách (longitudinální studie). Rozdíl proti zobecněným lineárním modelům je v tom, že mixováním mohou modelovat všechny levely (v našem případě sady úloh) s rozdílnou variabilitou. Díky použitému modelu mohou prokázat významnost skrz náhodný posun v rámci sady úloh.

V naší statistice je varianta učebnice, kterou označujeme dále v modelu zjednodušeně “TYP”, pevným efektem. Sada úloh (dále v modelu “SADA”) a student (dále v modelu “STUDENT”) jsou v Random Mixed modelu náhodné efekty. Ke všem sledovaným aspektům jsme si položili stejnou otázku. Ovlivňuje typ úlohy (tištěná či interaktivní varianta) chybovost, použitý počet nápověd či potřebný čas na vyřešení jednotlivých sad úloh? V Random Mixed Modelu používáme pro tyto proměnné zkráceně: „CHYB“, „NAP“ a „CAS“.

V případě použití Random mixed modelu jsme mohli použít pouze studenty, kteří neměnili v průběhu celého testování variantu učebnice. Jednalo se o 119 studentů, z toho 69 studentů používalo tištěnou variantu a 50 interaktivní variantu.

Pro zjištění, zda varianta učebnice („TYP“) ovlivňuje chybovost (dále v modelu „CHYB“), bylo v Random mixed modelu použito Poissonovo rozdělení. Náhodným efektem pro nás byla jedna ze sad úloh („SADA“) a student („STUDENT“). Pevným efektem je použitá varianta učebnice („TYP“). Tím říkáme, že v každé z 27 sad úloh mohou být úlohy s nižší a vyšší chybovostí a stejně tak každý student může mít nižší či vyšší chybovost. Díky náhodnému efektu dáváme posunu chybovosti v rámci sady úloh a posunu chybovosti v rámci studenta náhodný vliv. Některá sada úloh totiž může být jednodušší a některá obtížnější, zrovna tak máme lepší a slabší studenty. Pokud pro modelování dat použijeme Random mixed model, prokážeme významnost skrze náhodný posun v rámci sady úloh i v rámci studenta. Sestavený model „*model.glmer1*“ je popsán níže. Z tabulky 26 můžeme vyčíst rozptyl a směrodatnou odchylku. Jak již jsme uvedli, každá sada úloh má nějaký level obtížnosti. A rozdíly mezi levely mohou modelovat náhodnou veličinou, jejíž směrodatná odchylka je 0,269. Rozdíly mezi studenty jsou větší, směrodatná odchylka nám vyšla 1,444. V tabulce 27 vidíme spočtené *p*-value, které nám říká, že rozdíl chybovosti vzhledem k variantě učebnice je **statisticky významný**, a to dokonce s velmi nízkou hladinou významnosti. Potvrdilo se, že studenti používající interaktivní variantu učebnice mají výrazně vyšší chybovost než studenti používající tištěnou variantu.

```
> model.glmer1
```

```
< -glmer(CHYB~1 + TYP + (1|STUDENT) + (1|SADA), +data
= M, family = poisson(link = "log"))
```

```
> summary(model.glmer1)
```

Náhodný efekt	Rozptyl	Směrodatná odchylka
STUDENT	2,08526	1,444
SADA	0,07236	0,269

Tabulka 26 – Random mixed model, náhodné efekty – aspekt chybovost

Pevný efekt	<i>p</i> -value
VAR	<2·10 ⁻¹⁶ ***

Tabulka 27 – Random mixed model, pevný efekt – aspekt chybovost

Pro zjištění, zda typ učebnice ovlivňuje použití nápověd (v modelu „NAP“), jsme použili normální rozdělení. Náhodným efektem pro nás opět byla jedna ze sad úloh („SADA“) a student („STUDENT“), pevným efektem je použitá varianta učebnice („TYP“). Sestavený model „*model.glmer2*“ je popsán níže. Z tabulky 28 můžeme vyčíst rozptyl a směrodatnou odchylku vzhledem ke studentovi či k sadě úloh. Protože pomocí modelu „*model.glmer2*“ spočítáme pouze rozptyl a směrodatnou odchylku, nikoliv *p*-value, sestavili jsme ještě model „*model.glmer21*“ (viz níže) a pomocí *F*-testu porovnáme tyto dva modely. Spočtené *p*-value v tabulce 29 nám říká, že rozdíl použitých nápověd mezi tištěnou a interaktivní variantou je **statisticky významný**. Studenti používající interaktivní variantu používají méně nápověd než studenti pracující s tištěnou variantou.

```
> model.glmer2 <- lmer(NAP~1 + TYP + (1|STUDENT) + (1|SADA), +data = M)
```

```
> summary(model.glmer2)
```

```
> model.glmer21 <- lmer(NAP~1 + (1|STUDENT) + (1|SADA), +data = M)
```

```
> anova(model.glmer2, model.glmer21)
```

Náhodný efekt	Rozptyl	Směrodatná odchylka
STUDENT	0,028002	0,16734
SADA	0,001962	0,04429

Tabulka 28 – Random mixed model, náhodné efekty – aspekt počet nápověd

Pevný efekt	<i>p</i> -value
TYP	0,0238*

Tabulka 29 – Random mixed model, pevná efekt – aspekt počet nápověd

Pro zjištění, zda typ učebnice (v modelu „VAR“) ovlivňuje čas potřebný na vyřešení úlohy, jsme použili normální rozdělení. V Random mixed modelu jsme porovnávali opět náhodný efekt (STUDENT a SADA) i pevný efekt (VAR). Modely jsme sestavili stejným způsobem jako předchozí modely „*model.glmer2*“ a „*model.glmer21*“, jen místo „NAP“ jsme testovali „CAS“.

```
> model.glmer3 <- lmer(CAS~1 + TYP + (1|STUDENT) + (1|SADA), +data = M)
```

```
> summary(model.glmer3)
```

```
> model.glmer31 <- lmer(CAS~1 + (1|STUDENT) + (1|SADA), +data = M)
```

```
> anova(model.glmer3, model.glmer31)
```

V tabulce 30 máme spočítaný rozptyl a směrodatnou odchylku, v tabulce 31 p -value. Vidíme, že spočtené p -value zde není statisticky významné.

Náhodný efekt	Rozptyl	Směrodatná odchylka
STUDENT	73171	270,5
SADA	19802	140,7

Tabulka 30 – Random mixed model, náhodné efekty – aspekt čas

Pevný efekt	p -value
TYP	0,1367

Tabulka 31 – Random mixed model, pevný efekt – aspekt čas

6.4 KVALITATIVNÍ ČÁST VÝZKUMU

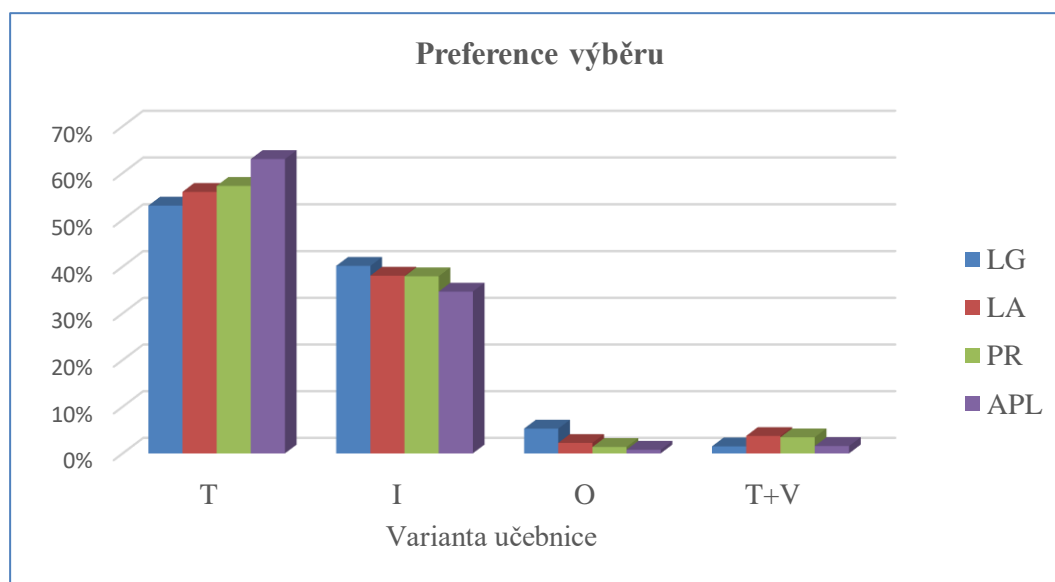
Druhým hlavním cílem našeho výzkumu bylo zjistit preference při výběru varianty učebnice. Jak již bylo uvedeno, studentům jsme nabídli tištěnou nebo interaktivní variantu, aby si mohli vybrat variantu na základě svého přístupu k učení. Tištěná varianta obsahovala tři PDF soubory: zadání, nápovědy a výsledky. Studenti pracující s interaktivní variantou obdrželi odkaz na webovou stránku, kde měli zadání, krokované nápovědy, mezivýpočty, videa i kontrolu výsledků na jedné stránce. Pro výpočet mohli použít i přiloženou kalkulačku.

Při zadávání úloh jsme se domnívali, že si studenti vyberou tištěnou či interaktivní variantu učebnice a na základě svého výběru vyplní formulář pro zaznamenávání výsledků. Při zpracovávání dat jsme ale zjistili, že nemálo studentů volilo další přístup k práci s výukovými materiály. Někteří studenti totiž kombinovali obě varianty učebnice, někteří preferovali tištěnou variantu, ale z různých důvodů nakonec použili i interaktivní variantu a poslední část studentů preferovala sice také tištěnou variantu, ale nestačily jim k pochopení látky nápovědy, tak použili videa přiložená k interaktivní variantě učebnice. Tudíž jsme preference studentů rozdělili do následujících skupin: tištěná varianta, interaktivní varianta, obě varianty a tištěná varianta + video.

Tabulka 32 a graf 4 uvádí preference studentů při výběru učebnice. Hodnoty jsou uvedeny v procentech, které je počítáno u každé kapitoly z vyplněných a odevzdaných formulářů, nikoliv z celkového počtu studentů, kteří se zapojili do výzkumu. Z dat vidíme, že v průběhu celého testování rostl zájem o tištěnou variantu učebnice na úkor interaktivní varianty.

Kapitola – počet sad úloh	Tištěná	Interaktivní	Obě varianty	Tištěná + video
Limity graficky (LG) – 7	53,0	40,2	5,3	1,5
Limity algebraicky (LA) – 6	56,0	38,1	2,2	3,7
Průběhy funkcí (PR) – 9	57,2	37,9	1,4	3,4
Aplikace derivací (APL) – 5	63,0	34,6	0,8	1,6

Tabulka 32 – Preference výběru varianty učebnice (v procentech)



Graf 4 – Preference výběru varianty učebnice v průběhu testování

Nyní si uvedeme odůvodnění studentů, proč se rozhodli pracovat s vybranou učebnicí. Každý student napsal svůj osobní názor, přičemž mohl uvést i více důvodů. V tabulce 33 shrneme důvody výběru tištěné varianty učebnice, které jsou seřazeny sestupně. V tabulce 34 pak uvádíme konkrétní komentáře studentů. Nejvíce studenti jako důvod výběru učebnice uváděli lepší orientaci v učebnici a přehlednost. Druhým nejčastějším důvodem byla možnost si do vytištěných materiálů rozepsat dle potřeby podrobněji postup, dopisovat si vlastní poznámky a zvýrazňovat je. Třetím nejčastějším důvodem jsou osobní preference pracovat s papírem či tištěným materiálem. Z důvodu, že byl předmět, v kterém probíhalo testování, ukončen zkouškou, poměrně velká část studentů myslela i na dobře připravené materiály kvůli opakování látky před zkouškou.

Médium	Důvod výběru	Počet
Tištěné	Lepší orientace, přehlednost	28
	Rozepsaný postup, možnost dopisování poznámek	24
	Osobní preference – práce s papírem	14
	Tištěný materiál poslouží jako materiál k učení, ke zkoušce	8
	Zadání všech příkladů vidím před sebou	4
	Nemusím si zadání příkladů přepisovat	4
	Nepotřebuji připojení k internetu, neřeším technické problémy	2
	Zvyk ze školy	1
	Nevím	4

Tabulka 33 – Důvody výběru tištěné varianty učebnice

Důvod výběru	Komentáře studentů
Přehlednost	„Lepší orientace ve výpočtech a tak.“
Poznámky	„Tištěnou variantu jsem zvolila z důvodu, že mám raději si daný materiál vytisknout a vpisovat si do něj své poznámky a poznatky z výpočtů, které si následně mohu barevně zvýraznit.“
Osobní preference	„Lépe se mi učí z tištěných materiálů a raději s nimi pracuji v tištěné formě.“
Materiál ke zkoušce	„Až si budu chtít látku zopakovat před testem či zkouškou, budu mít dobře zpracované a přehledné poznámky.“
Zadání před sebou	„U tištěné varianty vím příklady dopředu a vidím, co je přede mnou a za mnou za cvičení.“
Není třeba nic přepisovat	„Tištěnou variantu jsem si vybrala, jelikož si ráda vše píšu. Je to pro mě lepší na počítání a nemusím si to opisovat.“
Technika	„Z důvodů možných problémů s připojením k internetu jsem si vybrala tištěnou variantu.“
Zvyk	„Na univerzitě také počítáme v tištěné formě.“
Nevím	„Nevím, bylo to první.“

Tabulka 34 – Komentáře studentů k výběru tištěné varianty učebnice

Pokud se podíváme na tabulku 35, ve které máme shrnuty preference výběru interaktivní varianty učebnice, vidíme, že studenti nejvíce preferují tuto variantu z důvodu snazší manipulace, lepší přehlednosti a z důvodu, že je vše na jednom místě. Dostupnost videí a odkazů k dalším materiálům je na druhém místě, na třetím pak výhoda jednoduchého způsobu korekce díky automatickému vyhodnocování testů. Poměrně velká část studentů uvádí, že je práce s interaktivním médiem rychlejší, což potvrdily i výsledky výzkumu. Za zmínku stojí i zbytečné plýtvání papírem a stejně jako v případě tištěné varianty učebnice část studentů volí interaktivní variantu z důvodu osobních preferencí. Přiloženou kalkulačku u interaktivní varianty učebnice, na jejíž

použití jsme se ve formuláři také dotazovali, použili studenti ze všech sad úloh ve 43 případech. Nejedná se o zanedbatelné číslo a je vidět, že dostupnost všech studijních materiálů na jednom místě včetně kalkulačky má u studentů své využití. V tabulce 36 opět uvádíme ke každému důvodu výběru konkrétní komentář studentů.

Médium	Důvod výběru	Počet
Interaktivní	Přehlednější, vše na jednom místě, snazší manipulace	19
	Dostupné odkazy k dalším materiálům, k videím	18
	Jednodušší, jednoduchý způsob korekce	14
	Rychlejší	12
	Šetření papírem	8
	Osobní preference – práce s PC	8
	Dostupnější, nepotřebuji tiskárnu	4
	Nemusím nic psát	2
	Nemám možnost se předem dívat do výsledků	1

Tabulka 35 – Důvody výběru interaktivní varianty učebnice

Důvod výběru	Komentáře studentů
Přehlednost	<i>„Elektronická varianta je pro mě mnohem lepší z důvodu, že nemusím mít u sebe mnoho papírů a mám vše uložené v jedné složce a vždy to najdu.“</i>
Odkazy + videa	<i>„Hned poté, co jsem si pustila odkazy na Moodle, všimla jsem si, že ne této stránce jsou také jiná cvičení, videa a spousty dalších pomůcek k pochopení látky. Rovnou jsem tedy u elektronické varianty zůstala a neměla důvod použít tištěnou variantu.“</i>
Kontrola výsledků	<i>„Jednodušší. Líbí se mi, že každé cvičení vyhodnotí sám program.“</i>
Rychlost	<i>„Vybral jsem si elektronickou variantu z důvodu rychlejšího přístupu k videím a nápovědám.“</i>
Úspora papíru	<i>„Nechci zbytečně tisknout papíry, když můžu mít materiál elektronicky.“</i>
Osobní preference	<i>„Raději pracuji v online prostředí než na papíře, je to pro mě pohodlnější.“</i>
Dostupnost	<i>„Nemám momentálně přístup k tištěné verzi.“</i>
Není nutné psát	<i>„Použití elektronické varianty je pro mě lepší, protože nemusím nic psát.“</i>
Poctivost v počítání	<i>„Nemám možnost se dívat do výsledků předem, takže musím pracovat poctivě.“</i>

Tabulka 36 – Komentáře studentů k výběru interaktivní varianty učebnice

Další skupinou studentů dle přístupu k učení byli studenti, kteří používali obě učebnice. Používali je ale z jiné příčiny než pouze kvůli dostupným videím. Skupinu studentů používající

tištěnou variantu z důvodu jakýchkoliv preferencí v kombinaci s videi pro lepší pochopení látky máme zvlášť.

V tabulce 37 shrnujeme důvody, proč studenti pracovali s tištěnou a zároveň s interaktivní variantou. V tabulce 38 uvádíme opět konkrétní komentáře, včetně skupinky studentů používající interaktivní variantu jen kvůli videím. Nejčastější odpovědí bylo zdůvodnění, že interaktivní varianta je velmi dobře zpracovaná, snadno se v ní orientuje, ale neposlouží jako materiál k závěrečné zkoušce. Právě kvůli opakování si tito studenti materiály vytiskli a vyplnili. Tři studenti uvádí nedostatečnou čitelnost znamének v případě jednostranných limit.

Médium	Důvod výběru	Počet
Obě	Testy jsou lepší elektronicky, tištěný materiál poslouží k učení	4
	U kapitoly limit jsou zde čitelnější znaménka	3
	Čím více opakování, tím lépe	2
	Zvědavost	2

Tabulka 37 – Důvody používání obou variant učebnice

Důvod výběru	Komentáře studentů
Výhoda obou variant	<i>„Elektronická varianta je velmi dobře zpracovaná a dobře se mi v ní orientuje. Tištěnou verzi jsem si také vyplnila a založila, abych měla studijní materiál pro zkoušku.“</i>
Nečitelnost	<i>„Preferuji tištěnou verzi, ale musela jsem použít i elektronickou kvůli znaménkům v indexech (zleva, zprava). V tištěné verzi jsou rozpoznat hůře.“</i>
Více opakování	<i>„Používám obojí pro lepší procvičení.“</i>
Zvědavost	<i>„Chtěl jsem vyzkoušet obě varianty.“</i>
Tištěná + video	<i>„Používám tištěnou variantu, protože je mi tento způsob příjemnější. Avšak pokud mi i přes nápovědy není příklad jasný, použiji odkaz na přiložené video.“</i>

Tabulka 38 – Komentáře studentů k výběru obou variant učebnice

7 DISKUSE A TEORETICKÉ ZÁVĚRY

7.1 KVANTITATIVNÍ VÝZKUM – DISKUSE

Provedený výzkum odhalil, že studenti, kteří pracují s interaktivní variantou, mají statisticky výrazně vyšší chybovost než ti, kteří pracují s tištěnou verzí. Výsledek potvrdily i obě statistické metody a vyvolává několik otázek. Rozptylují interaktivní výukové materiály koncentraci a pozornost studentů? Čtou studenti úkoly v interaktivních materiálech méně opatrně, což vede k vyšší chybovosti?

Dalším sledovaným aspektem byl použitý počet nápověd. Zde jsme zjistili, že u interaktivní varianty učebnice nižší než u tištěné varianty, což statisticky potvrdil i Random mixed model. Jak již bylo v kapitole „Metody výzkumu“ zmíněno, studenti využívající interaktivní variantu musí před zobrazením nápovědy odkliknout „Nevíš jak dál? Použij nápovědu.“ a následně ještě „Pořád nevíš jak dál?“. Teprve poté se jim zobrazí první nápověda. Celá aplikace je na stránkách *Khanovy školy* nastavena tak, že pokud student požádá, byť jen o jedinou nápovědu v rámci celé sady úloh, nemůže sadu úloh splnit již na sto procent. Naše interaktivní varianta učebnice je strukturním komponentem „Prostředky k sebehodnocení“, jenž kromě automaticky vyhodnocených testů obsahuje i přehled výkonu (Krotký, 2015), který na stránkách *Khanovy školy* zůstává zaznamenán, pokud je student přihlášen například pomocí *Google* účtu. Pokud by chtěl mít student ve svém přehledu výkonu stoprocentní výsledek, musel by úlohy plnit znovu bezchybně. Nabízí se zde otázka, zda se student před použitím nápověd raději předem pořádně zamyslí?

Posledním sledovaným aspektem byla celková doba nutná k řešení předložených matematických úloh. I když dle průměrných hodnot potřebného času k vyřešení úloh se potvrdilo ve 23 sadách, že studentům používajícím interaktivní variantu učebnice stačí k vyřešení úloh méně času, statisticky se nám tento rozdíl potvrdil pouze v případě Bonferroniho korekce. Zde se pochopitelně nabízí otázka, zda méně času potřebného k vyřešení úloh u interaktivní varianty nejde ruku v ruce s vyšší chybovostí a menším počtem používaných nápověd, kterou jsme právě u interaktivní varianty prokázali?

Bohužel jsme nenarazili na žádný relevantní výzkum zabývající se srovnáním elektronických a tištěných učebnic matematiky týkajících se výkonu studentů. Existují však výzkumy zabývající se komparací tištěných a elektronických učebnic zaměřené především na orientaci

v učebnici, na porozumění a rychlost čtení jednotlivců, přičemž respondenti přistupují k textovému obsahu většinou prostřednictvím samostatného počítače, notebooku či multifunkčního tabletu.

Platformou pro čtení z obrazovky a porozumění textu se zabývá celá řada odborníků a výsledky nejsou konzistentní vzhledem času ani k porozumění textu. Je třeba ale zmínit, že vstupní parametry jednotlivých výzkumů jsou vždy odlišné. V některých studiích si studenti například vybírali formát, s kterým chtěli pracovat. V jiných studiích byli studenti náhodně rozděleni do dvou skupin, tudíž mohli pracovat s formátem, který jim nevyhovoval. Dále je třeba zmínit délku textu. Ve většině výzkumů jde o čtení narativních či delších studijních textů, což je velký rozdíl oproti našemu výzkumu, kde pracujeme s krátkými texty, se vzorci či s grafy. Výrazný rozdíl oproti našemu výzkumu vidíme také v tom, že většina výzkumů byla provedena na pasivním čtení textu, kdy studenti obdrželi různé formáty textu v různých prostředích a na různých zařízeních. Porozumění textu bylo testováno většinou doprovodným dotazníkem či pohovorem. Matematickou gramotností se ve svém výzkumu zabývají Dostal a Robinson (2018). Dle nich zahrnuje učení se číst a psát různé typy matematických textů, které rozdělují na kontrolní, algoritmický, algebraický (symbolický) a vizuální text. Většina níže uvedených výzkumů, které se zabývají porozuměním a rychlostí čtení, byly provedeny na čtení klasického, tzn. kontrolního textu. Testované sady úloh v našem výzkumu obsahovaly spíše text algebraický či vizuální a kontrolní text byl pouze částí jednotlivých úloh.

Z matematických výzkumů můžeme zmínit studii, ve které Green et al. (2010) zkoumali rozdíly v porozumění mezi numerickými daty ilustrovanými grafy a tabulkami ve srovnání s písemnými odstavci na papíře a obrazovce. Bylo zjištěno, že při prezentaci číselných informací ve formátu tabulky nebo interaktivního grafu je stejná informace v elektronickém dokumentu srozumitelnější a rychlejší než stejná informace uvedená v odstavci textu. Zdá se, že jednou z výhod elektronického dokumentu oproti tištěnému je schopnost poskytnout vizuální vylepšení grafů, tabulek, map či obrázků.

Nyní uvedeme nedávnou studii, ve které autoři (Lenhard et al., 2017) také pracovali s pojmem míra chybovosti a dospěli ke stejnému závěru. Ve své studii definovali míru chybovosti jako počet chyb dělený počtem dokončených položek. Žáci (1. – 6. třída) pracující s digitálním materiálem fungovali rychleji, ale na úkor přesnosti, a to ve všech třech testovacích částech (slova, věty, celé texty). Vyšší chybovost souvisela také s věkem, mladší žáci chybovali více. Autoři zmiňují důvody, které mohou vyšší chybovost u digitálních materiálů způsobit.

První odůvodnění souvisí s hraním jednoduchých počítačových her, kde k vítězství je často důležitější rychlost než přesnost. Druhým důvodem špatné odpovědi může být práce s myší. Zatímco označení odpovědi tužkou vyžaduje pohyb celé ruky nebo dokonce paže, myš potřebuje jen nepatrný pohyb prstu. V souladu s tím může být snadno označená jiná odpověď než zamýšlená. Stejně tak v případě změny odpovědi. Zastavení zahájeného špatného pohybu a označení alternativní odpovědi je u tištěných materiálů oproti digitálním snadné.

Nyní bychom shrnuli studie, které se týkají výkonu a porozumění čtení za pomoci odlišných médií a jejichž závěry jsou odlišné.

Zajímavá je studie Ackermana a Goldsmitha (2011). Ve srovnání výkonu čtení z učení na obrazovce a z učení na papíře autoři zjistili, že při dané době studia se výkonnost testu významně nelišila. Když však byla doba studia samoregulační, byl horší výkon pozorován při čtení na obrazovce než při čtení na papíře. Nižší testovací výkon při čtení na obrazovce byl doprovázen významnou přehnanou sebejistotou (kratší doba čtení + nižší úroveň skutečného učení). Ackerman a Goldsmith (2011) dospěli k závěru, že elektronické médium (v tomto případě počítač) je vhodnější pro „rychlé a mělké“ čtení krátkých textů, jako jsou novinky, e-maily a poznámky na fóru atd. Běžné vnímání prezentace na obrazovce jako zdroje informací určených pro mělké zprávy může snížit mobilizaci kognitivních zdrojů, které jsou nezbytně nutné pro účinnou samoregulaci. Dále uvedli, že v jejich studii neměřili dobu čtení, a tudíž nemohou říct, zda kolik času která skupina strávila čtením. Ackerman na výsledky předchozí studie navázal společně s dalším autory (Sidi et al., 2017), zohlednili dobu čtení, a zjistili, že pokud byl student pod časovým tlakem, míra úspěšnosti byla podstatně nižší při práci s počítačem oproti situaci, kdy si mohl práci samoregulovat. Opět se zde projevila nadměrná sebedůvěra v lepší výsledek. Při práci s tištěnými materiály nebyly shledány statisticky významné rozdíly. Ackerman je spoluautorem ještě jedné dlouholeté komparace (2000–2017) čtení na papíře a čtení na obrazovce (Delgado et al., 2018). Zjistili, že výhoda čtení na papíře se v průběhu let zvyšovala, a to hlavně při čtení informačních textů nebo kombinací informačních a narativních textů.

Çinar, Doğan a Seferoğlu (2019) ve své studii zkoumali účinky, které má čtení na obrazovkách (pomocí digitálních zařízení s různými velikostmi obrazovek) a na papíře na dobu čtení či na porozumění. Studijní skupinu tvořilo 126 středoškoláků ze soukromé školy, kteří byli rozděleni do testovacích skupin sestavených podle velikosti čtecího zařízení. Textu byl poskytován na papíře a třech digitálních zařízeních (mobilní telefon, tablet a stolní počítač). Po přečtení textu, který nebyl časově omezen, dostali účastníci testy porozumění, které se skládaly

z dvaceti otázek s výběrem odpovědí. Bylo zjištěno, že skóre porozumění účastníků, kteří četli z obrazovky, bylo relativně vyšší. S rostoucí velikostí obrazovky se zlepšovalo skóre.

Naopak Sun, Shien, a Huang (2013) ve svém výzkumu testovali studenty středního věku (45–54 let) a jejich porozumění textu. Zjistili, že rozdíly ve výkonech čtení s porozuměním u studentů, kteří se zabývají počítačem, jsou v tisku i na obrazovce nevýznamné. Individuální rozdíly v pohlaví, věkové skupině či úrovni vzdělávání však zaznamenali. Upozorňují na to, že většina vědců při provádění experimentů týkajících se srovnání dvou prezentačních formátů nezhledňuje určitou míru individuální počítačové gramotnosti. S tímto názorem musíme souhlasit. Respondenti by měli být testováni na médiu, které si sami vyberou a které vyhovuje jejich individuálnímu přístupu k učení.

V následujících výzkumech se budeme zabývat problematikou digitálního čtení v souvislosti s hlubokým čtením a porozuměním textu. Zde se vesměs autoři shodují na tom, že při digitálním čtení je charakterizováno jako nelineární čtení, kdy má digitální čtenář tendenci skákat z místa na místo, vyhledávat klíčová slova a selektovat obsah. Díky tomuto stylu čtení nedochází k soustředěnému a hloubkovému čtení.

Singer a Alexander (2017) provedli studii, které se zúčastnilo 90 vysokoškolských studentů zapsaných do testů lidského rozvoje a pedagogické psychologie. Během testování porozumění zjistili, že pokud se dotazovali na hlavní myšlenky či klíčové body, médium nebylo podstatné. Při dotazování se na konkrétnější informace dosahovali studenti, používající tištěné médium, vyššího skóre.

Durant a Horava (2015) ve svém výzkumu zkoumali důsledky posunu od tisku k digitálnímu čtení a ve své práci navazují na celou řadu výzkumu, ve kterých se uvádí, že digitální čtení je oproti tisku pouze povrchní. Ve své práci autoři zmiňují například studii vědců z University of California z roku 2009, kteří dospěli k závěru, že hledání na internetu aktivuje mnohem více mozku než čtení z tištěné stránky, což se na první pohled jeví jako bod ve prospěch elektronického čtení. Místo toho ale zvýšená mozková aktivita odráží stimulační, rozptýlenou povahu čtení obrazovky. Výzkum uvádí, že čtení na elektronických čtečkách je pro oči snadné, vede k hlubokému čtení a může být způsobem, jak nabídnout přístup k elektronickému materiálu bez rušivých vyskakovacích oken a reklam. Problémem je ale, že elektronické čtečky jsou ve statické, lineární formě a nenabízí nic kromě přenositelnosti tištěného materiálu na elektronický, tudíž ztrácí elektrické materiály svou interaktivitu. Dále ale uvádí, že studenti stejně

místo elektronických čteček čtou raději elektronické materiály na multimediálních tabletech, laptotech a počítačích.

Mangen, Walgermo a Brønnick (2013) uvádí, že účinek rozlišení obrazovky, podsvícení a osvětlovací účinek LCD obrazovky může ovlivnit vizuální zpracování textu, a tedy i porozumění. Výsledky jejich studie naznačují, že čtení lineárních a výkladových textů na obrazovce počítače vede k horšímu čtení s porozuměním než čtení stejných textů na papíře.

Stejně tak Stoop, Kreutzer a Kircz (2013a) i Cull (2011) se domnívají, že kvůli multifunkčním schopnostem tabletů mohou být uživatelé náchylní k rozptýlení a rušivá vyskakovací okna mohou být překážkou koncentrovaného čtení z osobních počítačů a notebooků, což ovlivňuje porozumění a uchování informací. V případě výzkumu, který provedli Stoop et al. (2013a), se jednalo o čtení dlouhého textu ve formátu RTF. Výzkum byl proveden u osob, které ve své práci čtou dlouhé informativní texty a informačně husté texty, cca 100 stránek týdně.

Četné studie, od vědeckého výzkumu sledování očí až po analýzu efektivitu čtení zpochybňují vliv digitálního čtení v souvislosti s dovedností hlubokého čtení, potřebného pro porozumění a rozvoj dlouhodobých znalostí. Studie ukazují, že lidé čtoucí v digitálním formátu mnohem pravděpodobněji čtou povrchně, než aby četli do hloubky. Průkopník v oblasti použitelnosti webu dánský webový designér Jakob Nielsen (2006) zjistil, že uživatelé nečtou web stránky lineárně, ale spíše ji skenují pomocí "tvaru F". Neurolog, který se rozsáhle věnuje kognitivním procesům čtení, je přesvědčen, že hluboké čtení je nedílnou součástí podpory porozumění, deduktivního uvažování a kritického myšlení (Wolf, 2010). Cull (2011) navrhuje, aby rozvoj dovedností hlubokého čtení byl důležitou součástí vzdělávání, a vzhledem k častějšímu čtení na obrazovce je třeba jej podporovat.

Závěry výzkumů týkající se porozumění textu či zapamatování si obsahu můžeme shrnout tak, že při čtení souvislých textů ve dvou formátech jsou výsledky v zásadě srovnatelné (Ackerman a Goldsmith, 2011; Çınar, Doğan a Seferoğlu, 2019; Daniel a Woody, 2013; Rockinson-Szapkiw et al., 2013; Singer a Alexander, 2017; Sun et al., 2013). Statisticky významné rozdíly se projeví až při změně vstupních podmínek, např. při samoregulačním čtení (Ackerman a Goldsmith, 2011) nebo při testování hlubokého čtení (Singer a Alexander, 2017; Durrant a Horava, 2015; Mangen et al., 2013).

Nesmíme zapomenout ani na výzkumy, kde se autoři zabývají výkonem studentů v souvislosti s orientací se v učebnici.

Stoop, Kreutzer a Kircz (2013b) provedli výzkum, do kterého se zapojilo 196 studentů, kteří byli rozděleni do dvou skupin, a s 31 studenty byl následně proveden rozhovor. Při výzkumu vycházeli z diskusí vyučujících, že studenti mají tendenci číst a učit se na zkoušky pouze tu část knihy, kterou jim učitel předepisuje. Ve výzkumu byly zpracovány dvě verze materiálů, obě obsahovaly pouze formální minimum požadavků na zkoušku. Polovina studentů pracovala s papírovou verzí, zatímco druhá polovina používala počítač. Papírová verze obsahovala několik odstavců z knihy, samostatný slovník a samostatný seznam zkuškových otázek. Druhá skupina studovala přesně stejný text, ale byl prezentován ve formě sedmi po sobě jdoucích webových stránek s možností využít překladu slovíček při kliku myši a zkuškové otázky byly součástí textu jednotlivých webových stránek. Závěrem výzkumu bylo, že úspěšnost studentů pracujících s elektronickou verzí spočívala v lepší orientaci v materiálech – slovník byl povolen přeletem myši a zkuškové otázky byly na stejné stránce jako text, tudíž nemuseli listovat. Studenti si nejdříve přečetli otázku a poté četli text, což vedlo k lepšímu porozumění textu. Studentům pracujícím s tištěnou verzí na práci se slovníkem nezbyval většinou čas a otázky četli až po přečtení textu.

Mangen et al. (2013) naopak uvádí, že nutnost rolovat a nedostatek časoprostorových značek v digitálních textech, které by napomáhaly porozumění textu a orientaci v něm, mohou znemožnit úspěšné čtení, obzvláště pokud jsou texty delší než stránka.

Z jiného úhlu pohledu porovnávali výuku za pomoci tištěných či digitálních materiálů Rockinson-Szapkiw et al. (2013), když zkoumali vztah mezi formátem učebnice a vnímanými výsledky učení. Výsledky studie ukazují, že mezi oběma skupinami nebyl žádný rozdíl v kognitivním učení a známkách, což naznačuje, že elektronická učebnice je pro učení stejně účinná jako tradiční učebnice. Průměrné skóre však naznačovalo, že studenti, kteří si pro své vzdělávací kurzy zvolili elektronické učebnice, měli výrazně vyšší vnímané afektivní učení a psychomotorické učení než studenti, kteří se rozhodli používat tradiční tištěné učebnice. Studie se zúčastnilo 538 studentů na soukromé univerzitě na východě Spojených států.

Autoři studie Eden a Eshet-Alkalai (2013) naznačují, že rozdíly v rychlosti mezi médii jsou nevýznamné. Protože velká část předešlých studií byla zaměřena na čtení různých formátů za pasivních podmínek, provedli svou studii, která komparovala čtení tištěných a digitálních formátů za aktivních podmínek. Uvádí, že právě toto srovnání má stále větší význam. Ve své studii zkoumali schopnosti aktivního čtení studentů, kteří byli požádáni číst, upravovat, rozpoznávat chyby a zlepšovat kvalitu krátkých článků v tisku i v digitálním formátu. Výzkumu se

účastnilo 93 vysokoškolských studentů sociálních věd. Všichni měli vlastní počítače a používali je během studia intenzivně. Každý student četl a upravoval jeden článek tištěný a jeden digitální, poté vyplňovali dotazníky. Překvapivě, a na rozdíl od ostatních studií tisk versus digitální čtení, žádné významné rozdíly zjištěny nebyly. Autoři zjistili, že digitální čtenáři dokončili své úkoly dříve než čtenáři tisku, ale jejich výkon nebyl nižší.

Na závěr této kapitoly uvedeme dva výzkumy s rozdílnými výsledky, ve kterých byla testována doba čtení. V prvním případě byla doba čtení elektronických formátů výrazně vyšší, v druhém případě naopak nižší.

Daniel a Woody (2013) ve své studii zkoumali čas a výkon studentů jednak v různých tištěných (tištěná učebnice, textové stránky, rukopis) a elektronických formátech (pdf soubor, elektronická učebnice), jednak v školních i domácích podmínkách. Došli k závěru, že doba čtení elektronických formátů byla výrazně vyšší, přičemž významný rozdíl byl zaznamenán v domácích podmínkách. Rozdíl ve výkonu studentů zaznamenán nebyl.

Účinností výukového procesu za pomoci integrace multimédií se zabýval Najjar, který ve své publikované rešerši výzkumů naopak zmiňuje, že celá řada studií potvrdila, že výuka pomocí multimédií významně zkracuje dobu učení. Uvádí, že interaktivita má silný pozitivní vliv na učení, studenti se učí rychleji a získávají lepší postoje k učení (Najjar, 1996).

7.2 KVALITATIVNÍ VÝZKUM – DISKUSE

Důkladnou analýzou kvalitativní části výzkumu, proč právě studenti volili tu či onu variantu jsme došli k závěru, že tištěná a elektronická varianta učebnice jsou dvě neoddělitelné složky. Velká část studentů, kteří pracovali s elektronickou variantou, si tištěnou variantu vytiskla k následnému procvičování. Naopak celá řada studentů volila tištěnou variantu, ale zároveň používala dostupná videa. Výběrem formátu učebnice se zabývalo i několik dalších autorů.

Studie preferencí digitálního čtení, kterou provedli Ackerman a Goldsmith (2011) naznačuje, že většina čtenářů dává přednost čtení dlouhého akademického textu v tištěné podobě. Také Baron, Calixte a Havewala (2017) ve své studii, během které se dotazovali 429 studentů vysokých škol z 5 zemí (USA, Japonsko, Německo, Slovensko a Indie), odhalili nesrovnatelně

vyšší poptávku na tištěné knihy a výukové materiály. Téměř 92 % uvedlo, že se soustředí nejlépe při čtení v tisku. Více než čtyři pětiny uvedly, že pokud budou náklady stejné, upřednostní tisk jak pro školní, tak pro zábavné čtení.

Sharma (2020) provedl studii, do které bylo zařazeno 126 studentů prvního ročníku bakalářského studia v Makawanpur Multiple Campus v Nepálu. Hlavním účelem tohoto výzkumného článku bylo zkoumat preferované médium pro čtení (tištěné či elektronické), sekundárním pak zdroje těchto médií (knihy, průvodce, sbírky či materiály od učitelů) a denní čas vhodný k přípravě na výuku. Procentuální statistiky ukazují, že 89 studentů (70,6 %) preferovalo tištěné médium. Hlavní body, kterými studenti odůvodnili svůj výběr učebnice, jsou shrnuty v následující tabulce.

MÉDIUM	POČET	DŮVOD VÝBĚRU	POČET
Tištěné	89	Nezpůsobuje poškození očí	35
		Snadné podtrhávání	33
		Méně rozptýlení v průběhu čtení	21
Elektronické	37	Zajímavější čtení	29
		Není třeba kupovat samotné knihy	4
		Snadné kopírování hlavních bodů	2
		Čitelné	2

Tabulka 39 – Preference formátu učebnice podle Sharma (2020), zdroj: vlastní zpracování

Již jsme zmínili studii od Baron, Calixte a Havewala (2017), během které se 92 % studentů rozhodlo pro tištěné čtení. Ze studie vyplynulo, že jedním z rozhodujících faktorů pro výběr formátu je cena učebnice. Pokud se studenti zamýšlí nad dalšími výhodami či nevýhodami formátů učebnic, tak v případě tištěné varianty je nevýhodou velká spotřeba papíru, která je špatná pro životní prostředí, či horší vyhledávání, které je u digitálních textů snadné. Mezi nevýhody digitálního čtení patří únava očí či rozptýlení. Naopak mezi výhody digitálního čtení uvádí možnost si změnit textové písmo, mít více knih na jednom místě či možnost využít hypertextové odkazy, které mohou vést k dalším užitečným informacím. K závěru, že cena je primárním hlediskem při rozhodování, zda si pořídit tištěnou nebo digitální verzi akademického čtení, dospěl ve svém výzkumu i Rockinson-Szapkiw et al. (2013).

Daniel a Woody (2013) ve svém výzkumu zmiňují, že i když prodej elektronických knih stále roste, elektronické učebnice nejsou mezi studenty vysokých škol příliš oblíbené. Uvádí, že to může být způsobeno skutečností, že elektronické učebnice se čtou z různých důvodů a

s jinými strategiemi než e-knihy. Na rozdíl od běžných e-knih, které čtenáři čtou kvůli osobním cílům, u elektronických učebnic mají čtenáři další cíle: naučit se, dokonce si zapamatovat části textu.

Woody, Daniel a Baker (2010) provedli studii, které se zúčastnilo 91 studentů, z nichž 54 používalo e-knihu v předešlém kurzu. Během studie vyplňovali devítibodovou stupnici k několika otázkám, aby hodnotili svou spokojenost s e-knihami. K hodnocení svých preferencí pro elektronické a tištěné knihy byly sestaveny další otázky s devítibodovou stupnicí. Výsledky studie uvádí, že studenti budou číst titulky a grafy v tištěných knihách častěji než studenti pracující s digitálními knihami a zároveň jsou s těmito knihami více spokojeni. Dále bylo zjištěno, že i když mohou uživatelé e-knih zkoumat snadněji online obsah pomocí vložených odkazů, zatímco uživatelé tištěných knih mají odkazy na webové aktivity vložené stranou, nevyužívají tyto aktivity více. Autoři v závěru své studie uvádí, že mezi počtem účastníků, kteří dříve používali e-knihu, a celkovou preferencí ve prospěch elektronických knih neexistovala žádná významná korelace. Účastníci, kteří e-knihu dříve používali, měli stejné preference výběru učebnice jako studenti, kteří s e-knihou dříve v žádném kurzu nepracovali.

Davy (2007) se ve své studii zabýval tím, proč studenti, vzhledem k obrovskému pokroku v oblasti informačních technologií za posledních 20 let, stále používají učebnice a utrácejí za ně, když existují mnohem lepší digitální výukové programy, které jsou bezplatné? Článek krátce pojednává i o ekonomice vydávání učebnic a končí zvýrazněním příležitostí, některých inovací, rozptýlením a dilematy pro vydavatele, pedagogy a knihovníky. Závěrem studie pro vydavatele učebnic je informace, že tradiční učebnice jen tak nevymřou, ale je třeba myslet i digitálně a vytvářet digitální výukové materiály. Uvádí, že pouhá digitalizace učebnic sama o sobě nenabízí lepší cestu k učení. Pedagogům či vedení univerzit je doporučeno nabízet digitální výukové programy a zapracovat kompletní potřebné výukové zdroje do poplatků za studium a od knihovníků se očekává proaktivnější přístup k marketingu. Autor uvádí, že digitální učebnice mají několik dobrých vlastností a pokud je veškerý digitální obsah správně propojený a dobře prezentovaný, stává se mnohem jednodušším. Dobře sestavený online učební zdroj nabízí studentům vzdělávací zážitek, který je mnohem bohatší, hlubší, poutavější a efektivnější než kterákoliv učebnice. Relativní výhody a nevýhody tisku oproti digitálním materiálům jsou uvedeny v tabulce 40. Z tabulky je patrné, že autor, na rozdíl od studentů (dle výsledků předchozích výzkumů), nenachází žádnou nevýhodu digitální učebnice.

TIŠTĚNÁ UČEBNICE	DIGITÁLNÍ UČEBNICE
Snadno přenosné (+)	Snadno přenosné – iPad, mobilní telefon (+)
Dotykové, hmatové (+)	Dotykové, hmatové – iPad, mobilní telefon (+)
Není potřeba žádné vybavení (+)	Potřebné všudypřítomné vybavení (+)
Lepší text na papíře (+)	Tisk na vyžádání (+)
Daný organizační rámec (+)	Rámec si organizují studenti (+)
Lineární (-)	Interaktivní (+)
Jedno médium (-)	Více médií (+)
Příliš mnoho nebo příliš málo (-)	Tolik, kolik potřebujete (+)
Jeden styl učení (-)	Individuální styl učení (+)

Tabulka 40 – Relativní výhody (+) a nevýhody (-) tisku oproti digitálním učebnicím podle Davy (2007), zdroj: vlastní zpracování

Durant a Horava (2015) ve svém výzkumu zkoumali důsledky posunu od tisku k digitálnímu čtení. Závěrem jejich práce je doporučení pro akademické knihovny, které by se měly místo vytváření digitálních knihoven nebo knihoven bez tištěných knih zaměřit na udržování hybridních sbírek obsahujících jak tištěné, tak digitální materiály. Výhodou hybridních sbírek je bezesporu to, že podporují celou škálu stylů učení a nabízí více formátů pro různorodé požadavky studentů.

Stejnou problematiku přechodu k digitálním materiálům zmiňují vzhledem k výsledkům mezinárodní studie Baron, Calixte a Havewala (2017). Administrátoři a jednotliví členové fakulty často předpokládají, že studenti by raději četli digitálně, což je předpoklad jejich výzkumných výzev vzhledem k současnému digitálnímu světu. Jako jednu z hlavních výhod vidí, že se studenti nemusí obávat ztráty svých materiálů pro čtení, protože knihovny a materiály ke kurzům jsou k dispozici nepřetržitě. Vzhledem k výsledkům řady studií si autoři kladou otázku, proč tolik fakult a správců stále více podporuje přechod od tisku k digitálním materiálům.

Gilbert a Fister (2015) provedli studii, ve které zjistili, že studenti, kteří pro výzkumné účely používali elektronickou knihu, pocházeli převážně z výtvarného umění a z přírodovědných fakult. Výzkum probíhal formou webového dotazníkového šetření a zúčastnilo se ho 417 studentů. Podobných výsledků dosáhla i studie mezi studenty vysokých škol, ve které bylo zjištěno, že elektronickou knihu pro akademické účely používali častěji studenti přírodovědných a technických oborů oproti studentům veterinární medicíny, biomedicíny a aplikovaným lidským službám (McLure & Hoseth, 2012). Výsledky výzkumů spolu mohou souviset. Texty, s kterými studenti pracují v medicíně, jsou jiného charakteru než texty přírodovědných či technických

oborů. V případě medicíny se jedná o dlouhé akademické odborné texty, oproti tomu přírodovědné či technické obory obsahují pasáže algebraického, algoritmického či vizuálního textu.

Použitelností a užitečností e-knih se zabývali ve svém kvalitativní studii Lam et al. (2009) prostřednictvím dvoufázového výzkumu. Z hlediska použitelnosti zkoumali nastavení, funkce k učení a funkce k používání. Z hlediska užitečnosti porozumění digitálnímu textu zkoumali, zda je práce s učebnicí baví a zda budou chtít i nadále digitální formáty používat. V první fázi bylo šest studentů z různých oborů pozváno k účasti na několika sezeních (úvod do technologie, školení softwaru s průvodcem atd.), poté následoval týden nebo dva domácího čtení. Ve druhé fázi bylo dalších šest studentů ze stejných oborů vyzváno, aby si svobodně vybrali akademické knihy související s jejich vlastními disciplínami a čtení si rovnoměrně rozložili do čtyř měsíců. Cílem v této fázi studie bylo prozkoumat skutečné využití technologického nástroje pro učení. Postoje studentů během čtení byly zaznamenány výzkumníky a později kódovány tak, aby byla zjištěna použitelnost, užitečnost a aby byly zjištěny momenty obtíží. Mnoho studentů v první fázi bylo novou technologií přitahováno, zejména po prvním kontaktu s e-knihou, a považovali digitální technologii za pozitivnější než ti, kteří s ní strávili více času, což byli studenti druhé fáze. Bylo také zjištěno, že chápání digitálního textu je náročné a že překonat malé technické výzvy dokázali lépe studenti z inženýrských oborů. Zkušenosti obou skupin studentů obecně potvrdily, že tato technologie má potenciál zlepšit výuku a učení.

I v našem výzkumu jsme se setkali s několika případy, kdy studenti potřebovali čas na zorientování se v interaktivní učebnici. Z některých komentářů je patrné, že studenti dokonce otevřeli interaktivní variantu učebnice a pokud hned neviděli nápovědy, přešli na tištěnou.

- „Elektronická je jednodušší, dobře přehledná (ačkoliv jsem se musel orientovat).“
- „Vybrala jsem si tištěnou variantu, protože mi přišla přehlednější, lépe jsem se orientovala ve správných odpovědích.“
- „Vybrala jsem si tuto variantu, protože jsem mohla využít nápovědy. Dle nich jsem pak viděla, jak se má postupovat u některých příkladů.“
- „Tištěná varianta mi více vyhovuje, ohledně nápověd atd.“
- „V tištěné variantě jsou nápovědy.“
- „Lépe se mi pracuje, když mám nápovědy.“
- „Tištěnou variantu jsem vybrala z důvodu, že k ní jsou i nápovědy, ve kterých jsem se hezky vyznala, a hodně mi pomohly, když jsem nevěděla, jak dál.“

V případě tištěné varianty učebnice měli studenti jednotlivé nápovědy k příkladům stejně jako u interaktivní varianty, ale u interaktivní byla navíc u některých příkladů možnost využít mezivýpočtů. Jednalo se o látku, kterou měli studenti již z předchozího studia znát, například přepis kvadratické rovnice z obecného do součinnového tvaru. Z některých komentářů je patrné, že studenti očekávali od zpracovaného PDF souboru „nápovědy“ možnost odkazu na další materiál.

- „U tištěné varianty nelze rozkliknout odkaz na další nápovědy.“
- „U tištěné varianty v nápovědách nešlo rozkliknout: prosím ukažte mi toto zjednodušení.“
- „Nejde mi rozkliknout odkaz na zjednodušení výrazu.“

Z výsledků naší kvalitativní studie je patrné, že nepřevažuje zájem o interaktivní variantu učebnice, což bychom vzhledem k současnému digitálnímu světu očekávali. Naopak v průběhu výzkumu přecházelo stále více studentů od interaktivní k tištěné variantě. Tištěnou variantu volili studenti hlavně z důvodu, že si mohli materiál vytisknout, vpisovat si do něj poznámky z výpočtů, barevně ho zvýrazňovat, a tím pádem si vytvářet vhodný materiál jako přípravu pro následnou zkoušku. Stejný závěr studie zdůrazňuje i Axtell a Curran (2011). Pokud si studenti nenechají své poznámky z řešení úloh, nejsou pak schopni použít domácí úkoly coby nástroj, který jim pomůže při studiu.

7.3 MOŽNÉ SMĚRY DALŠÍHO VÝZKUMU

I když od prvních výzkumů učebnic, které se zabývaly komparací tištěného či digitálního média, uběhlo několik let, stále se naskytá celá řada výzkumných otázek. Domníváme se, že je zcela na místě zabývat se problematikou metodologie výzkumu učebnic, neboť se zde neustále objevuje množství otázek týkajících se objektivnosti, spolehlivosti a variability dat, které vznikají s rozvojem informačních a komunikačních technologií a rozšiřují se se zaváděním moderních trendů do vyučovacího procesu. Je třeba empiricky navazovat na výsledky proběhlých výzkumů ve variabilních podmínkách a zjišťovat kdy, kde, pro koho a za jakých podmínek jsou jednotlivá média či jejich kombinace vhodné. Domníváme se, že je svým pojetím náš výzkum úplně prvním výzkumem, kde byly zároveň testovány všechny tři aspekty, tudíž by bylo třeba jednotlivé dílčí výsledky ověřit dalšími výzkumy.

Možné směry dalších výzkumů bychom měli rozdělit, stejně tak jako hlavní cíle práce, na kvantitativní a kvalitativní část. Z jedné strany bychom si měli položit otázky vztahující se k závěrům našeho kvantitativního výzkumu a ze strany druhé se zamyslet nad tím, zda existují nějaké limity rozhodující o výběru varianty učebnice.

Počítačem podporované hodnocení jsme v našem výzkumu využili k formativnímu testování, které bylo zcela dobrovolné a nebylo klasifikované. Otázkou je, zda by studenti v případě sumativního testování nevyužili nastaveného časového rámce, počítali soustředěněji a s nižší chybovostí?

V případě interaktivní varianty učebnice jsou testy s automatickým vyhodnocením většinou rozšířeny o „Přehled výkonů“ a o multimediální audio komponent „Doprovodný zvuk“. Otázkou může být, do jaké míry motivují tyto dva strukturní komponenty v nově vznikajících médiích studenty k nižšímu využití nápověd?

V našem výzkumu jsme věnovali minimální pozornost aparátu orientace. Na základě výsledků kvalitativního výzkumu jsme dospěli k závěru, že stejný interaktivní výukový materiál je pro někoho přehlednější a pro někoho není přehledný vůbec. Otázkou je, jaké aspekty způsobují nepřehlednost interaktivních materiálů? Souvisí nepřehlednost interaktivních výukových materiálů s počítačovou gramotností studentů?

Mimo náš výzkum jsme pro sestavení interaktivních úloh ke kapitole integrálů vygenerovali studentům interaktivní test ve formátu PDF z prostředí *MATH4Y*, a pro jehož spuštění byla potřebná instalace *Adobe flash player*. Přibližně polovina studentů si plnou verzi interaktivního testu nespustila. Podobnou zkušenost měla i na začátku distanční výuky řada kolegů ze středních škol. Z této zkušenosti je jednoznačně patrná překážka při zadávání materiálů s nutnou instalací podpůrných programů pro správné fungování. Otázkou je, zda počítačová gramotnost může být jeden z rozhodujících faktorů při výběru tištěné či interaktivní varianty učebnice? Dá se ale předpokládat, že po roční distanční výuce pomocí informačních technologií bude počítačová gramotnost studentů výrazně vyšší než v době našeho výzkumu.

Celá řada interaktivních výukových portálů je připravena vícejazyčně. Hraje roli při výběru materiálů a při orientaci ve výukových digitálních materiálech i jazyková vybavenost?

ZÁVĚR

Je třeba si uvědomit, že matematika je součástí mnoha oblastí života. Zasahuje do péče, zemědělství, medicíny, ekonomiky, dopravy a mnoha dalších oborů lidské činnosti. Aby člověk mohl porozumět těmto oborům, musí rozumět matematice. Rozvíjení matematické gramotnosti vede k prohloubení schopnosti argumentace, kritického myšlení a řešení reálných situací. Bohužel si také musíme přiznat, že matematika stejně jako další přírodní vědy dnes nepatří k oblíbeným předmětům a zájem o tyto předměty dramaticky klesá (Stuchlíková, Janík et al., 2015). Tudíž je třeba žákům předložit takový způsob výuky, který je zaujme, bude správně motivovat a zároveň jim předá potřebné kompetence, a tím posílí jejich flexibilitu a adaptabilitu na trhu práce. K tomu je potřeba mít dostatečnou oporu v kvalitních vyučujících a vhodných výukových materiálech.

Učebnice jsou dlouhodobě a stabilně předmětem zájmu pedagogického výzkumu. Po liberalizaci trhu učebnic v 90. letech 20. století se učebnice staly atraktivním zbožím pro neustále se rozšiřující síť učebnicových nakladatelství. To je jeden z důvodů, proč je třeba výzkumu učebnic věnovat významnou pozornost.

Současně s učebnicemi poskytuje edukační trh rozsáhlou škálu digitálních výukových portálů, které nabízejí celou řadu dalších materiálů, včetně počítačem podporovaného hodnocení. Díky okamžité zpětné vazbě a možnostem opakovaného procvičování z pohledu studentů či díky rychlému vyhodnocení a snadné variabilnosti při vytváření úloh z pohledu učitelů je počítačem podporované hodnocení stále více aktuální.

Počítačem podporované hodnocení však představuje oproti testování na papíře složitější systém. Vždy je třeba zajistit technologickou vybavenost, instalaci podpůrných programů a dostatečné internetové připojení. Učitelé musí dále v matematice skloubit přesnost a jednoduchost při zadávání úloh a požadovat jednoznačnou syntaxi. Pokud chceme počítačem podporované hodnocení využít zároveň k testování na známky a nikoliv jen k samotnému procvičování úloh, musíme přizpůsobit testu správný časový rámec.

Naší studii řadíme do oblastí užívání učebnic a funkčně strukturální analýzy učebnic. Na základě vybraných tištěných učebnic matematiky jsme vytvořili kategorizaci strukturálních komponent pro matematický aparát a dále se věnovali strukturálním komponentům v nově vznikajících médiích, konkrétně prvkům „Prostředky k sebehodnocení“, které jsou díky interakti-

vitě automaticky vyhodnocovány, a „Krokované nápovědy a mezivýpočty“, které by měly studenta postupně navést k vyřešení úloh při osvojování učiva. Na základě těchto dvou strukturálních prvků jsme seletovali i digitální výukové materiály k praktické části práce. Dalšími požadavky byla dostupnost digitálních materiálů v češtině a požadavek konkrétních kapitol matematické analýzy. Tyto požadavky splnil nejlépe interaktivní výukový portál *Khanova škola*, v němž jsme vybrali úlohy typu multiple-choice a tištěné materiály jsme zpracovali na základě digitálních.

Počítačem podporovaného hodnocení jsme v naší studii využili k formativnímu testování a zajímala nás využitelnost a rozdílnost strukturálních komponent v nově vznikajících médiích. Studenti si vybírali dle individuálního přístupu k učení variantu učebnice, s kterou chtěli pracovat. Z pohledu kvantitativního výzkumu byly sledovanými aspekty chybovost, použitý počet nápověd a čas potřebný k vyřešení úloh. Oba dva statistické přístupy (Random mixed model a Bonferroniho korekce) nám potvrdily statistickou významnost ve větší chybovosti studentů, kteří používají interaktivní variantu učebnice. Cílem kvalitativního výzkumu práce bylo zjistit preference studentů dle přístupu k učení. Tato část výzkumu potvrdila výsledek z kvantitativní části práce. Studenti označují práci s interaktivní variantou učebnice jako rychlejší, což se nám v případě Bonferroniho korekce potvrdilo i statisticky. Studenti používající digitální výukové materiály pracují rychleji, ale na úrok chybovosti.

Závěrem můžeme říct, že tištěné a interaktivní učebnice umožňují dva velmi odlišné způsoby učení. Každému studentovi vyhovuje jiný přístup k výuce, jiná varianta učebnice. Důvody jsou různé. Proto se domníváme, že nelze jednoznačně vyzdvihnout, která varianta učebnice je lepší či přínosnější, ale jediným řešením, jak uspokojit širokou škálu studentů, je hybridní učebnice, která podporuje odlišné přístupy k učení a nabízí více formátů pro různorodé požadavky studentů. V hybridních učebnicích v matematice by neměly chybět prostředky k sebehodnocení, krokované nápovědy, kalkulačky a doprovodné videozáznamy, neboť tyto strukturální komponenty se v distanční formě výuky osvědčily, jsou studenty využívány a určitě didaktickou vybavenost I-učebnic zvyšují.

SUMMARY

Mathematics is a part of many areas of our life. You can find it in banking, medicine, economics, transport, and other fields of human activities. To understand these fields well, it is necessary to understand also mathematics. The development of mathematics literacy leads to deeper argumentation capability, critical thinking, and solving real situations and problems. However, we must admit that mathematics, together with other natural sciences, is not a very popular school subject among students, and the interest in it decreases dramatically (Stuchlíková, Janík et al., 2015). Therefore, it is necessary to teach students in a way they find interesting, exciting, and sufficiently motivating. This right way should give them all required competencies to be educated and flexible enough to succeed in the labour market. This is not possible without good teachers and suitable teaching materials.

Researchers have been, for a long time, interested in textbooks. After the liberalization of the textbook market in the 1990s, textbooks became interesting goods for a gradually increasing network of textbook publishers. And this is one of the reasons why it is crucial to pay attention to research focused on textbooks. At the same time, the textbook market offers besides textbooks also a variety of other teaching materials, including digital materials and materials with computer-assisted assessment. Thanks to the instant feedback and assessment, together with the possibility of repeated revision, which students mainly value, and the instant assessment and easiness of preparing revision tests, which teachers primarily appreciate, the computer-assisted assessment is becoming more and more topical.

However, the computer assessment represents a more complex system requiring appropriate technical background, installation of supportive programs, and the Internet connection when compared with paper-based tests. Mathematics teachers must combine the accuracy and easiness of mathematics problem assignments with unambiguous syntax. If we want to use the computer assessment also for grading students and not only for revision, it is essential to adjust the time framework for particular evaluation tests.

Our study belongs to the research field of textbook usage and the functional structure analysis of textbooks. We based our study on analyzing selected printed mathematics textbooks and consequent classification of structural components for the mathematics apparatus. Moreover, we also dealt with structural components of newly created media, particularly with

”Means of self-assessment of students“, which are automatically assessed thanks to its interactivity. We paid attention also to “Step-by-step hints and partial calculations“, which should lead students to the correct solution of assigned problems. These two aspects serve us to select also digital teaching materials used in our study. Other aspects were the availability of these digital materials in the Czech language and the coverage of particular calculus topics. These criteria were met best by the teaching portal of *Khan Academy*. The chosen problems with multiple-choice answers afterward proceeded into paper-based form.

We used the computer-assisted assessment for formative testing, and we were interested in the applicability and differences of the structural components in newly created digital teaching media. The participating students could choose between the paper-based or digital textbook with respect to their learning style. The quantitative research focused on the error rate, the number of used hints, and the time necessary for solving particular mathematics problems. Both statistical approaches we used in our analysis, the Random-mixed model and the Bonferroni correction, confirmed a statistically higher error rate of students using the digital version of the mathematics textbook. The goal of the qualitative research was to identify students’ preferences for learning. This part of the research confirmed the outcome of the quantitative analysis. The students declared that the work with the interactive version of the textbook is faster, which was also proved by the Bonferroni correction. The students using digital teaching and learning materials work faster but at the expense of errors.

We may conclude that paper-based and digital textbooks enable students two very different approaches to learning styles. Every student prefers a different approach to learning and different versions of textbooks. The reasons are various. Therefore, we think it is not possible to say which version of textbooks is better and more beneficial for students. However, the only way to please students with learning style would be hybrid textbook which supports these different approaches and offers several formats for different students’ requirements. Hybrid mathematics textbooks should contain tools for self-assessment of students, step-by-step hints, calculators and accompanying videos, as these structural components proved to be effective in the distant form of study. Students used them to a great extent, and they increase the didactical equipment of textbooks.

LITERATURA

Abedi, J., & Lord, C. (2001). The Language Factor in Mathematics Tests. *Applied Measurement in Education*, 14(3), 219–234. Dostupné z: https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1207/s15324818ame1403_2

Ackerman, R., & Goldsmith, M. (2011). Metacognitive regulation of text learning: On screen versus on paper. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 17(1), 18–32. Dostupné z: [https://iipdm.haifa.ac.il/images/publications/Morre_Goldsmith/Ackerman%20&%20Goldsmith%20\(2011%20JEP%20Applied\)Metacognitive%20Regulation%20of%20Text%20Learning%20on%20Screen%20vs%20on%20Paper.pdf](https://iipdm.haifa.ac.il/images/publications/Morre_Goldsmith/Ackerman%20&%20Goldsmith%20(2011%20JEP%20Applied)Metacognitive%20Regulation%20of%20Text%20Learning%20on%20Screen%20vs%20on%20Paper.pdf)

Allison, K. J. (2003). *Rhetoric and Hypermedia in Electronic Textbooks*. A PhD dissertation. Texas Woman's University. Dostupné z: <https://www.learntechlib.org/p/123488/>

Axtell, M.; & Curran, E. (2011) The effects of online homework in a university finite mathematics course. In: *Proceedings of the 14th Annual Conference on Research in Undergraduate Mathematics Education*, 1, 16–25. Dostupné z: http://sig-maa.maa.org/rume/RUME_XIV_Proceedings_Volume_1.pdf

Baron, N. S., Calixte R. M., & Havewala, M. (2017). The persistence of print among university students: An exploratory study. *Telematics and Informatics*, 34(5), 590–604. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0736585316305378>

Burch, K. J. & Kuo, Y. J. (2010). Traditional vs. online homework in college algebra. *Mathematics and Computer education*, 44(1), 53–63. Dostupné z: <http://media.web.britanica.com/ebSCO/pdf/058/48082058.pdf>

Çınar, M., Doğan, D., & Seferoğlu, S. S. (2019). The effects of reading on pixel vs. paper: a comparative study. *Behaviour & Information Technology*. Dostupné z: https://www.researchgate.net/profile/Dilek_Dogan2/publication/337021348_The_effects_of_reading_on_pixel_vs_paper_a_comparative_study/links/5dc10b704585151435e91216/The-effects-of-reading-on-pixel-vs-paper-a-comparative-study.pdf

Crestani, F., Landoni, M., & Melucci, M. (2006). Appearance and functionality of electronic books. *International Journal on Digital Libraries*, 6(2), 192–209. Dostupné z: https://doc.rero.ch/record/21815/files/creatani_IJDL_2006.pdf

Cull, B. (2011). Reading revolutions: Online digital text and implications for reading in academe. *First Monday*, 16(6). Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/220166872_Reading_revolutions_Online_digital_text_and_implications_for_reading_in_academe

Červenková, I. (2011). *Užívání učebnic v činnostech žáků na 2. stupni základních škol*. Disertační práce. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. Dostupné z: http://theses.cz/id/sreuts/Disertan_prce_Iva_ervenkov.pdf

Daniel, D. B., & Woody, W. D. (2013). E-textbooks at what cost? Performance and use of electronic v. print texts. *Computers & Education*, 62, 18–23. Dostupné z: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360131512002448?casa_token=5pro83NMyRoAAAAA:q-CRdNPAf3HRtP2umeVyuiHDJA9z7WfyN_IjaYREgH3jee8tiKN7SfMaQua8pp-8BChz-FK8Ezg

Davy, T. (2007). E-textbooks: Opportunities, innovations, distractions, and dilemmas. *Serials*, 20(2), 98–102. Dostupné z: https://www.researchgate.net/profile/Jason-Price/publication/250061024_How_Many_Journals_Do_We_Have_An_Alternative_Approach_to_Journal_Collection_Evaluation_through_Local_Cited_Article_Analysis/links/57214c6a08aea92aff8b29bb/How-Many-Journals-Do-We-Have-An-Alternative-Approach-to-Journal-Collection-Evaluation-through-Local-Cited-Article-Analysis.pdf

Delgado P., Vargas C., Ackerman R., & Salmerón L. (2018). Don't throw away your printed books: A meta-analysis on the effects of reading media on reading comprehension. *Educational Research Review*, 25(11), 23–38. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1747938X18300101>

Doleček, J., Řešátko, M., & Skoupil, Z. (1975). *Teorie tvorby a hodnocení učebnic pro odborné školství*. Praha: Výzkumný ústav odborného školství.

Dostal, H. M., & Robinson, R. (2018). Doing Mathematics with Purpose: Mathematical Text Types. *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas*, 91(1), 21–28. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/319499932_Doing_Mathematics_with_Purpose_Mathematical_Text_Types

- Dostál, J. (2009). Interaktivní tabule ve výuce. *Journal of Technology and Information Education, 1*(3). Olomouc: Univerzita Palackého. Dostupné z: <https://jtie.upol.cz/pdfs/jti/2009/03/02.pdf>
- Durant, D. M., & Horava, T. (2015). The future of reading and academic libraries. *Libraries and the Academy, 15*(1), 5–27. Dostupné z: <https://thescholarship.ecu.edu/bitstream/handle/10342/4594/15.1.durant.pdf?sequence=6&isAllowed=y>
- Eden, S., & Eshet-Alkalai, Y. (2013). The effect of format on performance: Editing text in print versus digital formats. *British Journal of Educational Technology, 44*(5), 846–856. Dostupné z: https://www.openu.ac.il/innovation/chais2012/downloads/c-Eden-Eshet-Alkalai-63_eng.pdf
- Fang, Z., & Schleppegrell, M. (2010). Disciplinary literacies Across content areas: Supporting secondary reading through functional language analysis. *Journal of Adolescent & Adult Literacy, 53*(7), 587–597. Dostupné z: <https://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/handle/2027.42/88105/JAAL.53.7.6.pdf?sequence=1>
- Gavora, P. (2010). *Úvod do pedagogického výzkumu*. Brno: Paido.
- Gilbert, J., & Fister, B. (2015). The perceived impact of e-books on student reading practices: A local study. *College and Research Libraries, 76*(4), 469–489. Dostupné z: <https://crl.acrl.org/index.php/crl/article/viewFile/16438/17884>
- Green, T. D., Perera, R. A., Dance, L. A., & Myers, E. A. (2010). Impact of presentation mode on recall of written text and numerical information: Hard copy versus electronic. *North American Journal of Psychology, 12*, 233–242. Dostupné z: <http://arturo.ozunaeducators.com/wp-content/uploads/2011/10/50614008.pdf>
- Greger, D. (2006). Přehled výzkumů učebnic v zahraničí. In *Učebnice pod Lupou, 23–32*. Brno: Paido.
- Gueudet, G., & Trouche, L. (2009). Towards new documentation systems for mathematics teachers? *Educational Studies in Mathematics, 71*, 199–218. Dostupné z: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10649-008-9159-8>

Chesser, W. D. (2011). The E-textbook Revolution. *ALA TechSource*, - 47(8), 28–40. Dostupné z: <http://journals.ala.org/ltr/article/view/4426/5143>

Hošpesová, A. (2012). *Kvalitativní a akční výzkum*. Hradec Králové: Gaudeamus.

Jahodová Berková, A. (2017). *Přínos systému počítačem podporovaného hodnocení pro výuku vysokoškolské matematiky*. Disertační práce. Hradec Králové: Univerzita Hradec Králové, Pedagogická fakulta. Dostupné z: <https://theses.cz/id/pubo3m/>

Janík, T., Janíková, M., Najvar, P., & Najvarová, V. (2008). Pohledy na výuku fyziky na 2. stupni základní školy: souhrnné výsledky CPV videostudie fyziky. *Orbis scholae*, 2(1), 29–52. Dostupné z: http://www.orbisscholae.cz/archiv/2008/2008_1_02.pdf

Janík, T., Knecht, P., Najvar, P., Pišová, M., & Šebestová, S. (2011). *Institut výzkumu školního vzdělávání Pedagogické fakulty Masarykovy univerzity*. Brno: Masarykova univerzita. Dostupné z: http://www.ped.muni.cz/weduresearch/texty/publikaceivsv/0_celapublikace.pdf

Knecht, P., & Janík, T. (2008). *Učebnice z pohledu pedagogického výzkumu*. Brno: Paido.

Krotký, J. (2015). *Nové formy tvorby multimediálních učebnic*. Disertační práce. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni. Dostupné z: <https://dspace5.zcu.cz/handle/11025/20694>

Kuřina, F. (1986). O jazycích školské matematiky. *Pokroky matematiky, fyziky a astronomie*, 31(5), 277–281. Dostupné z: http://dml.cz/bitstream/handle/10338.dmlcz/138960/PokrokyMFA_31-1986-5_7.pdf

Lam, P., Lam, S. L., Lam J., & McNaught, C. (2009). Usability and usefulness of eBooks on PPCs: How students' opinions vary over time. *Australasian Journal of Educational Technology*, 25(1), 30–44. Dostupné z: <https://ajet.org.au/index.php/AJET/article/view/1179/407>

Lenhard W., Schroeders U., & Lenhard A. (2017). Equivalence of Screen Versus Print Reading Comprehension Depends on Task Complexity and Proficiency. *Discourse Processes*, 54(5–6), 427–445, Dostupné z: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/0163853X.2017.1319653>

- Mangen, A., Walgermo, B. R., & Brønnick, K. (2013). Reading linear texts on paper versus computer screen: Effects on reading comprehension. *International Journal of Educational Research*, 58, 61–68. Dostupné z: https://educacion.udd.cl/files/2017/05/MI_MAngen-et-al-2012-Reading-linear-texts-on-paper-versus-computer-screen-effects-on-reading.pdf
- Maňák, J., & Klapko, D. (2006). *Učebnice pod lupou*. Brno: Paido.
- Maňák, J., & Knecht, P. (2007). *Hodnocení učebnic*. Brno: Paido.
- Maňák, J. (2008). Funkce učebnice v moderní škole. In *Učebnice z pohledu pedagogického výzkumu*, 19–26. Brno: Paido.
- Mareš, J. (1998). *Styly učení žáků a studentů*. Praha: Portál.
- McLure, M., & Hoseth, A. (2012). Patron-driven e-book use and users' e-book perceptions: A snapshot. *Collection Building*, 31(4), 136–147. Dostupné z: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/01604951211274043/full/html>
- Mikk, J. (2007). Učebnice: budoucnost národa. In *Hodnocení učebnic*, 11–23. Brno: Paido.
- Miller, R. G. (1966). *Simultaneous Statistical Inference*. Springer.
- Molnár, J., Schubertová, S., & Vaněk, V. (2007). *Konstruktivismus ve vyučování matematice*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. Dostupné z WWW: http://esfmodyly.upol.cz/texty/konstr_m.pdf
- Mrkvička, T., & Petrášková, V. (2006). *Úvod do statistiky*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.
- Najjar, L. J. (1996). Multimedia information and learning. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 5, 129–150. Dostupné z: http://www.lawrence-najjar.com/papers/Multimedia_information_and_learning.html
- Nebeský, L. (1982). O jazyce matematického textu. *Slovo a slovesnost*, 43(2), 88–92. Dostupné z: http://sas.ujc.cas.cz/archiv.php?art=2815#_ftnref1
- Nielsen, J. (2006). F-Shaped Pattern for Reading Web Content. *Jakob Nielsen's Alertbox*, April 16. Dostupné z: <https://www.nngroup.com/articles/f-shaped-pattern-reading-web-content-discovered/>

- Noyes J. M., & Garland K. J. (2008). Computer vs. paper-based tasks: Are they equivalent? *Ergonomics*, 51(9), 1352–1375. Dostupné z: <https://www.notis-consulting.net/wp-content/uploads/2015/04/computer-vs-paper.pdf>
- Pluskal, M. (1996). Zdokonalení metody pro měření obtížnosti didaktických textů. *Pedagogika*, 46(1), 62–76.
- Průcha, J. (1998). *Učebnice teorie a analýzy edukačního média: příručka pro studenty, učitele, autory a výzkumné pracovníky*. Brno: Paido.
- Průcha, J. (2006). Učebnice: Teorie, výzkum a potřeby praxe. In *Učebnice pod lupou*, 9–22. Brno: Paido.
- Průcha, J., Walterová, E., & Mareš, J. (2013). *Pedagogický slovník*. Praha: Portál.
- Rockinson-Szapkiw, A., Courduff, J., Carter, K., & Bennett, D. (2013). Electronic versus traditional print textbooks: A comparison study on the influence of university students' learning. *Computers and Education*, 63, 259–266. Dostupné z: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360131512002953?casa_token=R_CXwj9951kAAAAA:Lqk1In0E92INAcvPQCPGbr3B1BWPHWfliaHXg-MXJY_SxSEPd1QiWiRtX6r9DmrSxV2D6vUhqFDY
- Sangwin, Ch. J. (2013). *Computer aided assessment of mathematics*. Oxford University Press.
- Sangwin, Ch. J. & Köcher N. (2016). Automation of mathematics examinations. *Computers & Education*, 94, 215–227. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360131515300865>
- Shanahan, C., Shanahan, T., & Misischia, C. (2011). Analysis of expert readers in three disciplines history, mathematics, and chemistry. *Journal of Literacy Research*, 43(4), 393–429. Dostupné z: <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/1086296X11424071>
- Sharma, L. R. (2020). Examining Education Students' Preference for Reading Medium, Resource and Time. *International Research Journal of MMC*, 1(1), 2717–4980. Dostupné z: <https://mmchetauda.edu.np/wp-content/uploads/2020/08/Lok-Raj-Sharma.pdf>
- Schwartz, M. (2013). Academy: The Illusion of Understanding. *Online Learning Journal*, 17(4). Dostupné z: <https://www.learntechlib.org/p/183760/>.

Sidi Y., Shpigelman M., Zalmanov H., & Ackerman R. (2017). Understanding metacognitive inferiority on screen by exposing cues for depth of processing. *Learning and Instruction*, 51(11), 61–73, Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959475217300178>

Sikorová, Z. (2007). *Hodnocení a výběr učebnic v praxi*. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/40363171_Hodnoceni_a_vyber_ucebnic_v_praxi

Singer, L. M., & Alexander, P. A. (2017). Reading across mediums: Effects of reading digital and print texts on comprehension and calibration. *The Journal of Experimental Education*, 85(1), 155–172, Dostupné z: https://www.researchgate.net/profile/Patricia-Alexander-6/publication/297716778_Reading_Across_Mediums_Effects_of_Reading_Digital_and_Print_Texts_on_Comprehension_and_Calibration/links/5a01e94faca2720df3c6893a/Reading-Across-Mediums-Effects-of-Reading-Digital-and-Print-Texts-on-Comprehension-and-Calibration.pdf

Stacey, K. & Wiliam, D. (2012). Technology and assessment in mathematic, In *Springer International Handbooks of Education*, 27, 721–751, New York: Springer.

Stoop, J., Kreutzer, P., & Kircz, J. (2013a). Reading and learning from screen versus print: A study in changing habits. Part 1 – Reading long information rich texts. *New Library World*, 114, 284–300. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/263378070_Reading_and_learning_from_screens_versus_print_A_study_in_changing_habits_Part_1_-_reading_long_information_rich_texts

Stoop, J., Kreutzer, P., & Kircz, J. (2013b). Reading and learning from screen versus print: A study in changing habits. Part 2 – Comparing different text structures on paper and on screen. *New Library World*, 114, 371–383. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/262918447_Reading_and_learning_from_screens_versus_print_a_study_in_changing_habits

Stuchlíková, I., Janík, T., et al. (2015). *Oborové didaktiky: vývoj – stav – perspektivy*. Brno: Masarykova univerzita.

Sun, S. Y., Shien Ch. J., & Huang K. P. (2013). A research on comprehension differences between print and screen reading. *South African Journal of Economic and Management*

Sciences, 16(5), 87–101. Dostupné z: <https://sajems.org/index.php/sajems/article/view/640/286>

Švaříček, R., & Šedřová, K. (2007). *Kvalitativní výzkum v pedagogických vědách*. Praha: Portál.

Švec, V. (Ed.). (2002). *Cesty k učitelské profesi: utváření a rozvíjení pedagogických dovedností*. Brno: Paido.

Vocetková, K. (2017). Využití strukturních komponent interaktivních učebnic v hodinách matematiky na základě videostudií. In *Sborník příspěvků 8. konference Užití počítačů ve výuce matematiky*, 159–166. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.

Vocetková, K., & Šulista, M. (2021). Differences in the use of electronic and printed versions of a university mathematics workbook. *Mathematics in Education, Research and Applications*, 7(1), 33–49. Dostupné z: <http://meraa.uniag.sk/docs/2021-01/vocetkova-sulista.pdf>

Wahla, A. (1983). *Strukturní složky učebnic geografie*. Praha: SPN.

Wolf, M. (2010). Our ‘deep reading’ brain: Its digital evolution poses questions. *Nieman Reports*, 64(2), 7–8. Dostupné z: <https://niemanreports.org/wp-content/uploads/2014/03/summer2010.pdf>

Woody, W. D., Daniel, D. B., & Baker, C. A. (2010). E-books or textbooks: Students prefer textbooks. *Computers & Education*, 55, 945–948. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360131510001120>

Zujev, D. D. (1986). *Ako tvorit učebnice*. Bratislava: SPN.

SEZNAM TABULEK

TABULKA 1 – FUNKCE UČEBNICE PODLE ZUJEV (1986), ZDROJ: VLASTNÍ ZPRACOVÁNÍ _____	17
TABULKA 2 – FUNKCE UČEBNICE PODLE MIKK (2007, S. 15) _____	18
TABULKA 3 – STRUKTURA UČEBNICE PODLE DOLEČEK ET AL. (1975), ZDROJ: VLASTNÍ ZPRACOVÁNÍ _____	21
TABULKA 4 – STRUKTURNÍ KOMPONENTY PODLE MICHOVSKÝ (1981; PODLE ČERVENKOVÁ, 2011, S. 23) _____	21
TABULKA 5 – STRUKTURA UČEBNICE PODLE BEDNAŘÍK (1981; PODLE PRŮCHA, 1998, S. 22) _____	22
TABULKA 6 – STRUKTURA UČEBNICE PODLE WAHLA (1983, S. 14) _____	22
TABULKA 7 – STRUKTURNÍ KOMPONENTY PODLE ZUJEV (1986), ZDROJ: VLASTNÍ ZPRACOVÁNÍ _____	23
TABULKA 8 – STRUKTURNÍ KOMPONENTY UČEBNICE PODLE PRŮCHA, APARÁT PREZENTACE UČIVA (1998) _____	24
TABULKA 9 – STRUKTURNÍ KOMPONENTY UČEBNICE PODLE PRŮCHA, APARÁT ŘÍDÍCÍ UČENÍ (1998) _____	24
TABULKA 10 – STRUKTURNÍ KOMPONENTY UČEBNICE PODLE PRŮCHA, APARÁT ORIENTAČNÍ (1998) _____	25
TABULKA 11 – NOVÉ STRUKTURNÍ KOMPONENTY I-UČEBNIC PODLE KROTKÝ (2015) _____	26
TABULKA 12 – SPECIFIKA ČTENÍ MATEMATIKŮ PODLE SHANAHAN ET AL. (2011), ZDROJ: VLASTNÍ ZPRACOVÁNÍ _____	39
TABULKA 13 – KLASIFIKACE MATEMATICKÉHO TEXTU PODLE DOSTAL & ROBINSON (2018), ZDROJ: VLASTNÍ ZPRACOVÁNÍ _____	40
TABULKA 14 – STRUKTURNÍ KOMPONENTY MATEMATICKÝCH UČEBNIC, APARÁT PREZENTACE UČIVA _____	43
TABULKA 15 – STRUKTURNÍ KOMPONENTY MATEMATICKÝCH UČEBNIC, APARÁT ŘÍDÍCÍ UČENÍ _____	43
TABULKA 16 – STRUKTURNÍ KOMPONENTY MATEMATICKÝCH UČEBNIC, APARÁT ORIENTAČNÍ _____	43
TABULKA 17 – VÝHODY I NEVÝHODY POUŽÍVÁNÍ SYSTÉMŮ CAA Z POHLEDŮ STUDENTŮ PODLE JAHODOVÁ BERKOVÁ (2017) _____	54
TABULKA 18 – VÝHODY I NEVÝHODY POUŽÍVÁNÍ SYSTÉMŮ CAA Z POHLEDŮ UČITELŮ PODLE JAHODOVÁ BERKOVÁ (2017) _____	54
TABULKA 19 – PREFERENCE VÝBĚRU VARIANTY UČEBNICE _____	67
TABULKA 20 – PRŮMĚRNÁ HODNOTA CHYBOVOSTI A ROZDÍLY VARIANT T A I _____	68
TABULKA 21 – PRŮMĚRNÁ HODNOTA POUŽITÉHO POČTU NÁPOVĚD A ROZDÍLY VARIANT T A I _____	69
TABULKA 22 – PRŮMĚRNÁ HODNOTA ČASU POTŘEBNÉHO K VYŘEŠENÍ ÚLOH A ROZDÍLY VARIANT T A I _____	69
TABULKA 23 – POISSONOVO ROZDĚLENÍ A BONFERRONIHO KOREKCE – ASPEKT CHYBOVOST (POUZE SADY STATISTICKY VÝZNAMNÉ) _____	71
TABULKA 24 – ANALÝZA ROZPTYLU A BONFERRONIHO KOREKCE – ASPEKT POČET NÁPOVĚD (POUZE SADY STATISTICKY VÝZNAMNÉ) _____	73
TABULKA 25 – ANALÝZA ROZPTYLU A BONFERRONIHO KOREKCE – ASPEKT ČAS (POUZE SADY STATISTICKY VÝZNAMNÉ) _____	73
TABULKA 26 – RANDOM MIXED MODEL, NÁHODNÉ EFEKTY – ASPEKT CHYBOVOST _____	75
TABULKA 27 – RANDOM MIXED MODEL, PEVNÝ EFEKT – ASPEKT CHYBOVOST _____	75
TABULKA 28 – RANDOM MIXED MODEL, NÁHODNÉ EFEKTY – ASPEKT POČET NÁPOVĚD _____	76
TABULKA 29 – RANDOM MIXED MODEL, PEVMÁ EFELT – ASPEKT POČET NÁPOVĚD _____	76

TABULKA 30 – RANDOM MIXED MODEL, NÁHODNÉ EFEKTY – ASPEKT ČAS	77
TABULKA 31 – RANDOM MIXED MODEL, PEVNÝ EFEKT – ASPEKT ČAS	77
TABULKA 32 – PREFERENCE VÝBĚRU VARIANTY UČEBNICE (V PROCENTECH)	78
TABULKA 33 – DŮVODY VÝBĚRU TIŠTĚNÉ VARIANTY UČEBNICE	79
TABULKA 34 – KOMENTÁŘE STUDENTŮ K VÝBĚRU TIŠTĚNÉ VARIANTY UČEBNICE	79
TABULKA 35 – DŮVODY VÝBĚRU INTERAKTIVNÍ VARIANTY UČEBNICE	80
TABULKA 36 – KOMENTÁŘE STUDENTŮ K VÝBĚRU INTERAKTIVNÍ VARIANTY UČEBNICE	80
TABULKA 37 – DŮVODY POUŽÍVÁNÍ OBOU VARIANT UČEBNICE	81
TABULKA 38 – KOMENTÁŘE STUDENTŮ K VÝBĚRU OBOU VARIANT UČEBNICE	81
TABULKA 39 – PREFERENCE FORMÁTU UČEBNICE PODLE SHARMA (2020), ZDROJ: VLASTNÍ ZPRACOVÁNÍ	89
TABULKA 40 – RELATIVNÍ VÝHODY (+) A NEVÝHODY (-) TISKU OPROTI DIGITÁLNÍM UČEBNÍM PODLE DAVY (2007), ZDROJ: VLASTNÍ ZPRACOVÁNÍ	91

SEZNAM OBRÁZKŮ

OBRÁZEK 1 – UKÁZKA ÚLOHY, ZDROJ: KHANOVA ŠKOLA.....	64
OBRÁZEK 2 – UKÁZKA NÁPOVĚDY, ZDROJ: KHANOVA ŠKOLA	66
OBRÁZEK 3 – PŘEHLED VÝKONŮ, ZDROJ: KHANOVA ŠKOLA.....	66

SEZNAM GRAFŮ

GRAF 1 – KATEGORIZOVANÝ KRABICOVÝ GRAF – SADA LG7, ASPEKT CHYBOVOST	72
GRAF 2 – KATEGORIZOVANÝ KRABICOVÝ GRAF – SADA PR4, ASPEKT CHYBOVOST	72
GRAF 3 – KATEGORIZOVANÝ KRABICOVÝ GRAF – SADA LG7, ASPEKT ČAS	74
GRAF 4 – PREFERENCE VÝBĚRU VARIANTY UČEBNICE V PRŮBĚHU TESTOVÁNÍ.....	78

SEZNAM DIAGRAMŮ

DIAGRAM 1 – MODEL VÝZKUMU.....	15
--------------------------------	----

PŘÍLOHY

PŘÍLOHA 1 – VÝPOČET MÍRY DIDAKTICKÉ VYBAVENOSTI PODLE PRŮCHA (1998)	110
PŘÍLOHA 2 – KOMPARACE MÍRY DIDAKTICKÉ VYBAVENOSTI VYBRANÝCH MATEMATICKÝCH UČEBNIC	112
PŘÍLOHA 3 – PŘEHLED STRUKTURNÍCH KOMPONENT I-UČEBNICE (FUNKCE)	114
PŘÍLOHA 4 – PŘEHLED STRUKTURNÍCH KOMPONENT I-UČEBNICE (PLANIMETRIE)	115
PŘÍLOHA 5 – PŘEHLED STRUKTURNÍCH KOMPONENT I-UČEBNICE „PLANIMETRIE I“	116
PŘÍLOHA 6 – PRŮMĚRNÁ HODNOTA CHYBOVOSTI A ROZDÍLY VARIANT T A I	118
PŘÍLOHA 7 – PRŮMĚRNÁ HODNOTA POUŽITÉHO POČTU NÁPOVĚD A ROZDÍLY VARIANT T A I	119
PŘÍLOHA 8 – PRŮMĚRNÁ HODNOTA ČASU POTŘEBNÉHO K VYŘEŠENÍ ÚLOH A ROZDÍLY VARIANT T A I	120
PŘÍLOHA 9 – POISSONOVO ROZDĚLENÍ A BONFERRONIHO KOREKCE, ASPEKT CHYBOVOST	121
PŘÍLOHA 10 – NORMÁLNÍ ROZDĚLENÍ A BONFERRONIHO KOREKCE, ASPEKT POČET NÁPOVĚD	122
PŘÍLOHA 11 – NORMÁLNÍ ROZDĚLENÍ A BONFERRONIHO KOREKCE, ASPEKT ČAS	123

Příloha 1 – Výpočet míry didaktické vybavenosti podle Průcha (1998)

Strukturní komponent/učebnice	Planimetrie Prometheus	Planimetrie SOŠ Prometheus	Planimetrie Didaktis	Planimetrie Fraus	Funkce Prometheus	Funkce Didaktis	Funkce Fraus
Aparát prezentace učiva (celkem 14 komponent)							
A) Verbální (celkem 9 komponent)							
Výkladový text prostý	1	1	1	1	1	1	1
Výkladový text zpráhledněný	1	1	1	1	1	1	1
Doplňující text	1	1	1	1	1	1	1
Shrnutí učiva k tématům	0	0	0	0	0	0	0
Shrnutí učiva k celému ročníku	0	0	0	0	0	0	0
Shrnutí učiva k předchozímu ročníku	0	0	0	0	0	0	0
Poznámky a vysvětlivky	1	1	1	1	1	1	1
Podtexty k vyobrazením	1	1	1	1	1	1	1
Slovníčky pojmů, cizích slov	0	0	0	1	0	0	1
Aparát prezentace – celkem verbálních komponent	5	5	5	6	5	5	6
B) Neverbální (celkem 5 komponent)							
Umělecké ilustrace	0	1	1	1	0	1	1
Naukové ilustrace	1	1	1	1	1	1	1
Obrazová prezentace barevná	0	1	1	1	0	1	1
Fotografie	0	1	1	1	0	1	1
Mapy, kartogramy, plánky, grafy, diagramy aj.	0	1	1	1	1	1	1
Aparát prezentace – celkem neverbálních komponent	1	5	5	5	2	5	5
Aparát řídicí učení (celkem 18 komponent)							
A) Verbální (celkem 14 komponent)							
Předmluva	1	1	1	1	1	1	1
Návod pro práci s učebnicí	0	0	1	1	0	1	1
Simulace celková	0	0	1	1	0	1	1
Simulace detailní	0	1	1	1	0	1	1
Odlišení úrovně učiva	1	1	1	1	1	1	1
Otázky a úkoly za témata, lekce	1	1	1	1	1	1	1
Otázky a úkoly za celému ročníku	0	0	0	0	0	0	0
Otázky a úkoly k předchozímu ročníku	0	0	0	0	0	0	0
Instrukce k úkolům komplexnější povahy	0	1	1	1	0	1	1
Náměty pro mimoškolní činnost	0	1	1	1	0	1	1
Explicitní vyjádření cílů učení	1	0	1	1	1	1	1
Prostředky k sebehodnocení	0	0	0	0	0	0	0

Výsledky úkolů a cvičení	1	1	1	1	1	1	1
Odkazy na jiné zdroje informací	1	1	1	1	1	1	1
Aparát řídicí učení – celkem verbálních komponent	6	8	11	11	6	11	11
B) Neverbální (celkem 4 komponenty)							
Grafické symboly vyznačující určité části textu	1	1	1	1	1	1	1
Užití zvláštní barvy pro určité části textu	0	1	1	1	0	1	1
Užití zvláštního písma	1	1	1	1	1	1	1
Využití přední nebo zadní obálky	1	1	1	1	1	1	1
Aparát řídicí – celkem neverbálních komponent	3	4	4	4	3	4	4
Aparát orientační (celkem 4 komponenty)							
A) Verbální							
Obsah učebnice	1	1	1	1	1	1	1
Členění učebnice na tematické bloky, kapitoly aj.	1	1	1	1	1	1	1
Marginálie, živá záhlaví aj.	0	1	1	1	0	1	1
Rejstřík	1	1	1	1	1	1	1
Aparát orientační – celkem verbálních komponent	3	4	4	4	3	4	4
SHRNUTÍ							
Aparát prezentace – celkem komponent z 14	6	10	10	11	7	10	11
E_I – koeficient využití aparátu prezentace učiva	42,9	71,4	71,4	78,6	50	71,4	78,6
Aparát řídicí učení – celkem komponent 18	9	12	15	15	9	15	15
E_{II} – koeficient využití aparátu řídicího učení	50	66,7	83,3	83,3	50	83,3	83,3
Aparát orientační – celkem komponent ze 4	3	4	4	4	3	4	4
E_{III} – koeficient využití aparátu orientačního	75	100	100	100	75	100	100
Verbální komponenty – celkem z 27	14	17	20	21	14	20	21
E_V – koeficient využití verbálních komponent	51,9	63,0	74,1	77,8	51,9	74,1	77,8
Neverbální komponenty – celkem z 9	4	9	9	9	5	9	9
E_N – koeficient využití neverbálních komponent	44,4	100	100	100	55,6	100	100
Strukturní komponenty – celkem z 36	18	26	29	30	19	29	30
E – míra didaktické vybavenosti	50,0	72,2	80,6	83,3	52,8	80,6	83,3

Příloha 2 – Komparace míry didaktické vybavenosti vybraných matematických učebnic

Strukturní komponent/učebnice	Planimetrie Prometheus	Planimetrie SOŠ Prometheus	Planimetrie Didaktis	Planimetrie Fraus	Funkce Prometheus	Funkce Didaktis	Funkce Fraus
Aparát prezentace učiva (celkem 13 komponent)							
A) Verbální (celkem 8 komponent)							
Výkladový text prostý	1	1	1	1	1	1	1
Výkladový text nedefiniční	1	1	1	1	1	1	1
Výkladový text definiční	1	1	1	1	1	1	1
Doplňující text	1	1	1	1	1	1	1
Vzorově řešené příklady	1	1	1	1	1	1	1
Poznámky a vysvětlivky	1	1	1	1	1	1	1
Podtexty k vyobrazením	1	1	1	1	1	1	1
Slovníčky pojmů, cizích slov	0	0	0	1	0	0	1
Aparát prezentace – celkem verbálních komponent	7	7	7	8	7	7	8
B) Neverbální (celkem 5 komponent)							
Umělecké ilustrace	0	1	1	1	0	1	1
Naukové ilustrace, důkazy z naukové ilustrace	1	1	1	1	1	1	1
Obrazová prezentace barevná	0	1	1	1	0	1	1
Fotografie	0	1	1	1	0	1	1
Mapy, kartogramy, diagramy	0	1	1	1	1	1	1
Aparát prezentace – celkem neverbálních komponent	1	5	5	5	2	5	5
Aparát řídicí učení (celkem 16 komponent)							
A) Verbální (celkem 12 komponent)							
Předmluva	1	1	1	1	1	1	1
Návod k práci s učebnicí	0	0	1	1	0	1	1
Simulace celková	0	0	1	1	0	1	1
Simulace detailní	0	1	1	1	0	1	1
Odlišení úrovně učiva	1	1	1	1	1	1	1
Otázky a úkoly za témata, lekcemi	1	1	1	1	1	1	1
Instrukce k úkolům komplexnější povahy	0	1	1	1	0	1	1
Náměty pro mimoškolní činnost	0	1	1	1	0	1	1
Explicitní vyjádření cílů učení	1	1	1	1	1	1	1
Prostředky k sebehodnocení	0	0	0	0	0	0	0
Výsledky úkolů a cvičení	1	1	1	1	1	1	1
Odkazy na jiné zdroje informací	1	1	1	1	1	1	1
Aparát řídicí – celkem verbálních komponent	6	9	11	11	6	11	11

B) neverbální (celkem 4 komponenty)							
Grafické symboly vyznačující určité části textu	1	1	1	1	1	1	1
Užití zvláštní barvy pro text	0	1	1	1	0	1	1
Užití zvláštního písma pro text	1	1	1	1	1	1	1
Využití přední nebo zadní obálky	1	1	1	1	1	1	1
Aparát řídicí učení – celkem neverbálních komponent	3	4	4	4	3	4	4
Aparát orientační (celkem 5 komponent)							
A) Verbální							
Obsah	1	1	1	1	1	1	1
Členění kapitol	1	1	1	1	1	1	1
Marginálie, živá záhlaví	0	1	1	1	0	1	1
Rejstřík	1	1	1	1	1	1	1
Přehled použitých symbolů a značek	1	1	0	0	1	0	0
Aparát orientační – celkem verbálních komponent	4	5	4	4	4	4	4
SHRNUTÍ							
Aparát prezentace – celkem komponent z 13	8	12	12	13	9	12	13
E_I – koeficient využití aparátu prezentace učiva	61,5	92,3	92,3	100,0	69,2	92,3	100,0
Aparát řídicí učení – celkem komponent z 16	9	13	15	15	9	15	15
E_{II} – koeficient využití aparátu řídicího učení	56,3	81,3	93,8	93,8	56,3	93,8	93,8
Aparát orientační – celkem komponent z 5	4	5	4	4	4	4	4
E_{III} – koeficient využití aparátu orientačního	80	100	80	80	80	80	80
Verbální komponenty – celkem z 25	17	21	22	23	17	22	23
E_V – koeficient využití verbálních komponent	68,0	84,0	88,0	92,0	68,0	88,0	92,0
Neverbální komponenty – celkem z 9	4	9	9	9	5	9	9
E_N – koeficient využití neverbálních komponent	44,4	100,0	100,0	100,0	55,6	100,0	100,0
Strukturní komponenty – celkem z 34	21	30	31	32	22	31	32
E – míra didaktické vybavenosti	61,8	88,2	91,2	94,1	64,7	91,2	94,1

Příloha 3 – Přehled strukturních komponent I-učebnice (funkce)

Kapitola učebnice/ strukturní kompo- nent I-učebnice	Učebnice funkce 1 (F1), funkce 2 (F2)	Poznámky a vysvětlivky aparát prezentace verbální	Překlad AJ aparát prezentace verbální	Obrázek, fotografie aparát prezentace neverbální	Videoanimace aparát prezentace neverbální	Mapy, grafy, diagramy aparát prezentace neverbální	Odkaz teorie stejná učebnice aparát řídicí verbální	Odkaz teorie jiná matematika aparát řídicí verbální	Odkaz řešené úlohy aparát řídicí verbální	Odkaz cvičení aparát řídicí verbální	Odkaz výsledek/řešení aparát řídicí verbální	Mezipředmětový odkaz aparát řídicí verbální	Odkaz na web aparát řídicí verbální	Krokové řešení aparát řídicí verbální	Mezivýpočet aparát řídicí verbální	Prostředky k sebehodnocení aparát řídicí verbální	Krokové konstrukce, obrázky aparát řídicí neverbální	Celkem
Teorie	F1	0	0	0	0	0	30	5	10	2	0	0	0	0	0	0	0	47
Teorie	F2	0	0	0	0	0	16	1	13	4	0	0	8	0	0	0	0	42
Řešené úlohy	F1	0	0	0	0	0	14	8	0	0	0	0	2	30	3	0	0	57
Řešené úlohy	F2	0	0	0	0	0	14	2	0	0	0	1	0	31	0	0	0	48
Cvičení	F1	0	0	0	0	0	6	9	3	0	35	0	0	0	0	0	0	53
Cvičení	F2	0	0	0	0	0	6	2	1	0	31	0	0	0	0	0	0	40
Testy	F1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	10
Testy	F2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	8
Příručka pro učitele	F1	0	5	0	0	0	11	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18
Příručka pro učitele	F2	0	4	0	0	0	0	3	4	1	0	0	0	0	0	0	0	12
Celkem		0	9	0	0	0	97	32	31	7	66	1	10	61	3	18	0	335

Příloha 4 – Přehled strukturních komponent I-učebnice (planimetrie)

Kapitola učebnice/ strukturní kompo- nent I-učebnice	Učebnice funkce 1 (F1), funkce 2 (F2)	Poznámky a vysvětlivky aparát prezentace verbální	Překlad AJ aparát prezentace verbální	Obrázek, fotografie aparát prezentace neverbální	Videoanimace aparát prezentace neverbální	Mapy, grafy, diagramy aparát prezentace neverbální	Odkaz teorie stejná učebnice aparát řídicí verbální	Odkaz teorie jiná matematika aparát řídicí verbální	Odkaz řešené úlohy aparát řídicí verbální	Odkaz cvičení aparát řídicí verbální	Odkaz výsledek/řešení aparát řídicí verbální	Mezipředmětový odkaz aparát řídicí verbální	Odkaz na web aparát řídicí verbální	Krokové řešení aparát řídicí verbální	Mezivýpočet aparát řídicí verbální	Prostředky k sebehodnocení aparát řídicí verbální	Krokové konstrukce, obrázky aparát řídicí neverbální	Celkem
Teorie	P1	1	0	4	2	0	9	4	33	0	0	0	13	0	0	0	6	72
Teorie	P2	2	0	0	0	0	34	0	58	0	0	0	16	0	0	0	16	126
Teorie	P3	0	0	0	0	0	20	0	76	0	0	0	10	1	0	0	1	108
Řešené úlohy	P1	0	0	0	0	0	4	6	0	0	0	0	0	34	0	0	6	50
Řešené úlohy	P2	0	0	0	0	0	6	1	0	0	0	0	0	52	0	0	2	61
Řešené úlohy	P3	0	0	0	0	0	13	0	3	3	0	0	0	75	0	0	3	97
Cvičení	P1	0	0	3	0	1	10	3	1	0	67	0	1	0	0	0	4	90
Cvičení	P2	0	0	1	0	0	10	0	2	0	78	0	0	0	0	0	4	95
Cvičení	P3	0	0	0	0	0	17	0	2	1	105	1	0	0	0	0	0	126
Testy	P1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	12
Testy	P2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	10
Testy	P3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	12
Příručka pro učitele	P1	0	4	0	0	0	1	1	0	4	0	0	0	0	0	0	0	10
Příručka pro učitele	P2	0	4	0	0	0	12	1	0	0	0	0	5	0	0	0	0	22
Příručka pro učitele	P3	0	6	0	0	0	5	0	5	1	0	0	0	0	1	0	0	18
Celkem		3	14	8	2	1	141	16	180	9	250	1	45	162	1	34	42	909

Příloha 5 – Přehled strukturních komponent učebnice „Planimetrie I“

Kapitola učebnice/ strukturní kompo- nent I-učebnice	Poznámky a vysvětlivky aparát prezentace verbální	Obrázky, fotografie aparát prezentace neverbální	Videoanimace aparát prezentace neverbální	Mapy, grafy, diagramy aparát prezentace neverbální	Odkaz teorie stejná kapitola aparát řídicí verbální	Odkaz teorie jiná matematika aparát řídicí verbální	Odkaz řešené úlohy aparát řídicí verbální	Odkaz výsledek/řešení aparát řídicí verbální	Odkaz na web aparát řídicí verbální	Krokované řešení aparát řídicí verbální	Prostředky k sebehodnocení aparát řídicí verbální	Krokované konstrukce aparát řídicí neverbální	Celkem
Teorie	1	4	2	0	9	4	33	0	13	0	0	6	72
Řešené úlohy	0	0	0	0	4	6	0	0	0	34	0	6	50
Cvičení	0	3	0	1	10	3	1	67	1	0	0	4	90
Testy	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	12
Celkem	1	7	2	1	23	13	34	67	14	34	12	16	224

Příloha 6 – Pokyny k vyplňování záznamového archu

Vážení studenti,

v předložené sadě jsou pro Vás připraveny čtyři příklady. Doporučená časová dotace na sadu 4 příkladů je vždy 4–6 minut. Zajímalo by nás, kolik času zabere počítání Vám. Dále by nás zajímalo, zda příklad vyřešíte sami či s nápovědou. Posledním parametrem, který nás zajímá, zda příklad počítáte bezchybně nebo se dopouštíte v průběhu počítání nějakých chyb.

Ke každému dílčímu příkladu napište, kolik sekund jste daný příklad počítali.

Do kolonky nápověda napište: číslo před lomítkem je vždy použitý počet nápověd a číslo za lomítkem je počet chyb, kterých jste se v průběhu počítání dopustili.

0 – Vyřešeno bez nápovědy napoprvé.

0/1 – Vyřešeno bez nápovědy, ale s jednou chybou. (0/3 znamená počítání bez nápovědy s třemi chybami, 2/1 znamená počítání s dvěma nápovědami a jednou chybou).

V případě použití nápovědy napište číslo nápovědy takové, jak jsou u jednotlivých příkladů nápovědy číslovány. Zapište až číslo nápovědy, které Vám opravdu pomohlo. V případě, že u jednotlivých nápověd používáte ještě odkazy na mezivýpočty (týká se pouze interaktivní varianty učebnice), uveďte k číslu nápovědy ještě „MEZIVÝ-POČET“. V případě, že Vám nápovědy nepomohou a pomůže Vám až video, napište místo čísla nápovědy „VIDEO“ (opět se týká pouze internetové varianty učebnice).

888 – Napište v případě, že jste úlohu nevyřešili (nebo Vám nebyla jasná) ani po všech nápovědách (včetně mezivýpočtů a videa). Z důvodu konzultací můžete připsat i konkrétněji, co Vám není jasné.

JMÉNO:

VARIANTA: tištěná nebo interaktivní (zakroužkujte Vámi použitou variantu)

DŮVOD VÝBĚRU tištěné nebo interaktivní varianty (Váš názor):

V případě interaktivní varianty nám ještě napište, zda používáte přiloženou kalkulačku? Ano Ne

Kapitola: **Úvod do limit**

PŘÍKLAD	ČAS	NÁPOVĚDA / CHYBOVOST
1		
2		
3		
4		

Děkujeme za vyplnění záznamového archu.

Příloha 7 – Průměrná hodnota chybovosti a rozdíly mezi variantami T a I

Sada	Chybovost celkem	Chybovost T	Chybovost I	Rozdíl T	Rozdíl I
1	0,430	0,294	0,604	-0,136	0,174
2	0,392	0,239	0,585	-0,153	0,193
3	0,345	0,250	0,462	-0,095	0,117
4	0,670	0,600	0,760	-0,070	0,090
5	0,798	0,657	0,981	-0,141	0,183
6	0,661	0,453	0,922	-0,208	0,261
7	0,509	0,323	0,745	-0,186	0,236
8	0,190	0,107	0,314	-0,083	0,124
9	0,226	0,200	0,265	-0,026	0,039
10	0,509	0,359	0,708	-0,150	0,199
11	0,444	0,362	0,563	-0,082	0,119
12	0,462	0,353	0,612	-0,109	0,150
13	0,773	0,714	0,857	-0,059	0,084
14	0,480	0,453	0,519	-0,027	0,039
15	0,500	0,392	0,655	-0,108	0,155
16	0,469	0,381	0,580	-0,088	0,111
17	0,433	0,278	0,655	-0,155	0,222
18	0,500	0,338	0,750	-0,162	0,250
19	0,508	0,563	0,436	0,055	-0,072
20	0,520	0,443	0,623	-0,077	0,103
21	0,478	0,458	0,509	-0,020	0,031
22	0,481	0,410	0,585	-0,071	0,104
23	0,521	0,370	0,773	-0,151	0,252
24	0,425	0,403	0,465	-0,022	0,040
25	0,729	0,605	0,952	-0,124	0,223
26	0,600	0,452	0,857	-0,148	0,257
27	0,400	0,312	0,558	-0,088	0,158

Příloha 8 – Průměrná hodnota použitého počtu nápověd a rozdíly mezi variantami T a I

Sada	Počet nápověd celkem	Počet nápověd T	Počet nápověd I	Rozdíl T	Rozdíl I
1	0,129	0,148	0,102	0,019	-0,027
2	0,083	0,104	0,056	0,021	-0,027
3	0,121	0,148	0,085	0,027	-0,036
4	0,109	0,134	0,074	0,025	-0,035
5	0,151	0,198	0,088	0,047	-0,063
6	0,142	0,190	0,075	0,048	-0,067
7	0,228	0,283	0,151	0,055	-0,077
8	0,050	0,068	0,024	0,018	-0,026
9	0,048	0,064	0,023	0,016	-0,025
10	0,188	0,204	0,164	0,016	-0,024
11	0,221	0,263	0,158	0,042	-0,063
12	0,223	0,284	0,126	0,061	-0,097
13	0,122	0,143	0,090	0,021	-0,032
14	0,183	0,220	0,123	0,037	-0,060
15	0,160	0,183	0,125	0,023	-0,035
16	0,231	0,257	0,194	0,026	-0,037
17	0,160	0,171	0,142	0,011	-0,018
18	0,156	0,186	0,107	0,030	-0,049
19	0,152	0,163	0,136	0,011	-0,016
20	0,192	0,204	0,175	0,012	-0,017
21	0,173	0,190	0,146	0,017	-0,027
22	0,156	0,173	0,129	0,017	-0,027
23	0,173	0,187	0,146	0,014	-0,027
24	0,133	0,142	0,118	0,009	-0,015
25	0,223	0,268	0,134	0,045	-0,089
26	0,150	0,162	0,127	0,012	-0,023
27	0,126	0,151	0,079	0,025	-0,047

Příloha 9 – Průměrná hodnota času potřebného k vyřešení úloh a rozdíly mezi variantami T a I

Sada	Čas celkem	Čas T	Čas I	Rozdíl T	Rozdíl I
1	239	242	235	3	-4
2	192	219	157	28	-35
3	216	269	150	53	-66
4	310	371	230	61	-80
5	350	423	257	73	-94
6	313	365	247	52	-66
7	337	424	226	87	-111
8	179	190	162	11	-17
9	173	208	119	35	-54
10	508	521	491	13	-17
11	599	645	534	46	-65
12	519	563	458	44	-61
13	616	730	452	114	-164
14	289	296	278	8	-11
15	278	287	264	9	-13
16	500	486	518	-14	17
17	521	512	535	-9	13
18	489	525	434	36	-56
19	541	535	549	-6	8
20	605	613	595	8	-10
21	242	258	217	16	-25
22	493	520	454	27	-39
23	389	388	392	-1	3
24	400	422	362	22	-38
25	397	397	395	0	-2
26	516	534	485	18	-31
27	555	600	475	45	-80

Příloha 10 – Poissonovo rozdělení a Bonferroniho korekce pro aspekt chybovost

Sada	Ln funkce věrohodnosti	Chi-kvadrát	<i>p</i> -value	<i>p</i> -value Bonferroniho korekce
1	-108,986	6,537	0,011	0,285
2	-108,305	6,722	0,010	0,257
3	-91,300	2,516	0,113	3,042
4	-133,764	1,183	0,277	7,473
5	-157,589	3,145	0,076	2,056
6	-135,072	8,854	0,003	0,079
7	-116,529	10,012	0,002	0,042
8	-68,578	4,198	0,040	1,092
9	-78,020	0,248	0,619	16,705
10	-114,882	5,710	0,017	0,455
11	-109,074	2,316	0,128	3,457
12	-104,931	5,598	0,018	0,485
13	-161,712	0,098	0,754	20,353
14	-135,609	0,156	0,693	18,708
15	-135,762	4,314	0,038	1,021
16	-110,142	3,134	0,077	2,070
17	-124,024	10,156	0,001	0,039
18	-126,532	9,369	0,002	0,060
19	-127,076	1,081	0,298	8,058
20	-122,873	2,623	0,105	2,843
21	-123,587	0,463	0,496	13,398
22	-127,577	1,750	0,186	5,018
23	-114,242	7,596	0,006	0,158
24	-103,767	0,257	0,612	16,528
25	-143,007	4,203	0,040	1,089
26	-123,608	6,688	0,010	0,262
27	-98,683	3,648	0,056	1,515

Příloha 11 – Normální rozdělení a Bonferroniho korekce pro aspekt počet nápověd

Sada	Součet čtverců S_A	Stupně volnosti f_A	Součet čtverců S_E	Stupně volnosti f_E	F	p -value	p -value Bonferroniho korekce
1	0,086	1	3,660	113	2,641	0,107	2,887
2	0,084	1	3,572	116	2,721	0,102	2,747
3	0,128	1	4,203	109	3,312	0,072	1,931
4	0,104	1	3,694	110	3,086	0,082	2,207
5	0,310	1	4,954	114	7,135	0,009	0,234
6	0,353	1	3,992	107	9,456	0,003	0,072
7	0,215	1	5,545	118	4,566	0,035	0,936
8	0,066	1	2,429	121	3,291	0,072	1,947
9	0,063	1	2,064	120	3,671	0,058	1,559
10	0,029	1	6,501	103	0,456	0,501	13,529
11	0,267	1	6,172	112	4,847	0,030	0,803
12	0,505	1	7,991	108	6,830	0,010	0,277
13	0,064	1	4,366	111	1,634	0,204	5,503
14	0,215	1	5,545	118	4,566	0,035	0,936
15	0,095	1	5,400	127	2,234	0,137	3,712
16	0,101	1	6,628	106	1,618	0,206	5,564
17	0,029	1	6,319	125	0,583	0,447	12,062
18	0,210	1	6,294	126	4,194	0,043	1,151
19	0,018	1	5,912	119	0,355	0,552	14,915
20	0,021	1	6,770	119	0,369	0,545	14,708
21	0,052	1	9,517	133	0,732	0,394	10,635
22	0,081	1	7,249	126	1,413	0,237	6,393
23	0,033	1	5,217	110	0,695	0,406	10,968
24	0,014	1	4,708	115	0,343	0,559	15,101
25	0,466	1	8,163	111	6,337	0,013	0,358
26	0,032	1	3,231	106	1,051	0,308	8,303
27	0,133	1	4,830	116	3,205	0,076	2,053

Příloha 12 – Normální rozdělení a Bonferroniho korekce pro aspekt čas

Sada	Součet čtverců S_A	Stupně volnosti f_A	Součet čtverců S_E	Stupně volnosti f_E	F	p -value	p -value Bonferroniho korekce
1	412	1	15637837	118	0,003	0,956	25,802
2	132900	1	5693810	117	2,731	0,101	2,730
3	411363	1	5041718	113	9,220	0,003	0,080
4	548998	1	10300212	112	5,970	0,016	0,435
5	770430	1	12621351	116	7,081	0,009	0,240
6	408754	1	8572397	112	5,340	0,023	0,612
7	1137909	1	10235866	113	12,562	0,001	0,015
8	36319	1	4722150	123	0,946	0,333	8,981
9	240267	1	4959999	121	5,861	0,017	0,458
10	33906	1	22326253	109	0,166	0,685	18,493
11	256256	1	31447422	114	0,929	0,337	9,104
12	236422	1	13083243	114	2,060	0,154	4,156
13	2066570	1	56557528	116	4,239	0,042	1,127
14	16404	1	24128968	124	0,084	0,772	20,845
15	21826	1	17062126	131	0,168	0,683	18,439
16	23236	1	17010103	110	0,150	0,699	18,874
17	21161	1	25598204	131	0,108	0,743	20,051
18	261535	1	10489265	129	3,216	0,075	2,032
19	8317	1	14887974	123	0,069	0,794	21,429
20	227	1	20265750	120	0,001	0,971	26,212
21	44838	1	10562605	133	0,565	0,454	12,251
22	108657	1	12338899	128	1,127	0,290	7,840
23	2008	1	11795505	114	0,019	0,889	24,015
24	86693	1	15633706	117	0,649	0,422	11,399
25	1109	1	24027718	115	0,005	0,942	25,436
26	61472	1	20187710	112	0,341	0,560	15,131
27	367088	1	17775500	117	2,416	0,123	3,315