

Obsah

Výzkumné studie

Petr Čechák Financial relationships and dependencies in Czech secondary school mathematics textbooks ...	2
Daša Červeňová, Peter Demkanin Možnosti využitia poznania neurovied v teórii fyzikálneho vzdelávania.....	20
Petr Kovařík, Milan Kubiátko, Dominika Randáčková Představy žáků základních škol o trávicí soustavě	32

Financial relationships and dependencies in Czech secondary school mathematics textbooks

Petr Čechák^{1,*}

¹ Faculty of Education, Charles University, Prague, Czech Republic; cechakpe@gmail.com

This article analyses and compares Czech secondary school mathematics textbooks designated for vocational schools from the perspective of financial relationships and dependencies. Understanding financial relationships and dependencies, such as inflation or the relationship between the potential return of an investment and its riskiness, play an important role in financial literacy and indeed are implicitly present in the Czech Financial Literacy Standard. Functional thinking is an important prerequisite for understanding financial relationships and dependencies. Moreover, financial topics may be motivating and suitable contexts for developing such thinking. We performed a comparative analysis of four sets of Czech secondary mathematics textbooks designated for vocational schools to evaluate the extent to which their tasks may help pupils gain a deeper understanding of financial relationships and dependencies and develop their functional thinking. Our comparative analyses indicate that these mathematics textbooks do not provide teachers and pupils with opportunities to gain insights into the relationships and dependencies in financial education and fail to fully exploit the potential of the tasks with financial contexts to develop pupils' functional thinking. The importance of the study lies in its focus on the connection between financial education and functional thinking, a link which has been missing in the literature we are familiar with.

Key words:
financial literacy,
functional thinking,
relationships and
dependencies, inflation,
mathematics textbooks.

Received 9/2023

Revised 11/2023

Accepted 12/2023

1 Introduction

The current economic situation, accompanied, among other things, by strong inflationary pressure, has led Europe, including the Czech Republic, to search for an optimal way to protect money, which is losing its real value. Individuals are being approached with various investment offers to help them “beat” inflation. However, many do not adequately understand basic financial relationships, including that every investment involves risk, as indicated by the warnings on the Czech National Bank's website (CNB, 23. 5. 2023). In this context, the need to develop individuals' financial literacy as early as possible in their education so that they reach an appropriate level of financial literacy upon leaving school is all the more important. The required level of financial literacy during formal education is defined by the financial literacy standard (MoF, 2017) and is considered to be acquired by the end of secondary school.

The level of financial literacy was measured by a PISA survey in 2012. Participants from the Czech Republic achieved an average result, similar to participants from some other European countries. At the same time, it was found that financial literacy is closely related to mathematical and literacy skills and that the level of financial literacy is influenced by the socio-economic status of the individual or their family (OECD, 2014). In the Czech Republic, this was apparent in the above-average results of pupils from secondary grammar schools (usually attended by individuals from better social and economic backgrounds), in contrast to the average results of pupils from vocational secondary schools and the below-average results of the most socially and economically disadvantaged pupils from vocational schools, who achieved only a basic level of financial literacy (CSI, 2014, 2023). Taking into account the PISA definitions of basic and average levels of financial literacy (OECD, 2014), it can be assumed that pupils with this level of financial literacy, if it were their ultimate level, would have difficulty making responsible financial decisions in their future lives, especially long-term ones.

In our view, the ability to make financial decisions with long-term implications is largely dependent on a deeper understanding of the relationships and dependencies in the world of finance, including the relationship between potential returns and the riskiness of an investment and the dependencies between the inflation rate and the real value of funds. Reasoning in relations and dependencies is an integral part of mathematical literacy, and mathematics education has long been concerned with developing pupils' functional thinking as an intrinsic part of mathematical thinking that enables individuals to think in contexts and notice dependencies between variables. One of the goals of developing functional thinking in pupils is to equip them with the skills to recognise and correctly interpret the various relationships and dependencies they encounter in everyday life (Lichti & Roth, 2019). Personal finance is a good real-life example of an area where pupils should use their previously acquired functional thinking skills.

In the Czech Republic, however, Opletalová (2015) found that teachers often hesitated to teach financial education because they had limited knowledge and skills in this area; this applied to both civics and social studies teachers and mathematics teachers. Even the Czech School Inspectorate (2023), in their

thematical report on financial education, noted that teachers complain of limited methodical support for them concerning financial education. In this context, textbooks become very important as they can support the teacher when covering the not-so-popular topic of financial education. To our knowledge, however, there is currently no research that specifically addresses the content of mathematics textbooks that include financial education topics, much less research that aims to explore the extent to which such textbooks facilitate a deeper understanding of the relationships and dependencies that are essential for responsible financial decision-making.

This article aims to fill this gap, at least partially, by analysing Czech secondary school mathematics textbooks designated for vocational schools to find out to what extent textbooks support teachers in designing teaching focused on a deep understanding of financial relationships and dependencies. Secondary school textbooks are selected as Czech pupils mostly meet financial relationships and dependencies at this stage of their schooling (MoF, 2017).

We first briefly describe the theoretical background of this study and the related literature. We then present the results of the analysis of four sets of secondary school mathematics textbooks, followed by a discussion of our results and conclusion.

2 Theoretical background and literature review

In this section, we first examine the relationship between financial literacy and functional thinking. Next, we present a concept development theory and show how it may be used for task analysis. Finally, we describe what role mathematics textbooks may play in financial education and formulate our research questions.

2.1 Financial relationships and dependencies and functional thinking

In the Czech National Strategy for Financial Education 2.0, financial literacy is defined as “a set of knowledge, skills and attitudes necessary to achieve financial well-being through responsible financial decision-making” (MoF, 2019, p. 4). Similarly, the OECD (2014) defines financial literacy as

knowledge and understanding of financial concepts and risks and the skills, motivation and confidence to apply such knowledge and understanding in order to make effective decisions across a range of financial contexts, to improve the financial well-being of individuals and society, and to enable participation in economic life. (p. 33)

Both definitions above outline skills in the financial domain and rational decision-making regarding financial problems, whilst the second one adds an understanding of financial concepts. Understanding financial relationships and dependencies is part of the understanding necessary to make effective or responsible financial decisions. Inflation is a classic example. One cannot make a responsible financial decision without a sound understanding of inflation. Nevertheless, all the consequences of inflation can be read as relationships or dependencies, and inflation itself depends on the volume of money in a given economy.

Many authors emphasise the role of pupils’ functional thinking in developing their understanding of relationships and dependencies in real contexts. Functional thinking (a term first used by the mathematician F. Klein more than 100 years ago), i.e., the ability to perceive the relationships between phenomena and to reason in terms of cause and effect, can be considered one of the important goals of mathematics education that is applied in the life of every individual (Lichti & Roth, 2019). As stated by Niss (2014):

functions play crucial parts in the application of mathematics to and modelling of extra-mathematical situations and contexts, e.g., when the development of a biological population is phrased in terms of a nonnegative function of time, when competing coach company tariff schemes are compared by way of their functional representations, or when the best straight line approximating a set of experimental data points is determined by minimising the sum-of-squares function. (p. 239)

There is a two-way relationship between financial education and pupils’ functional thinking. Firstly, financial issues provide an attractive context for pupils and students to develop their functional thinking. As Eisenmann and Kopáčková (2006) state, tasks with economic assignments in financial mathematics are well tolerated by pupils in primary and secondary schools; they are intrinsically motivated to solve them. They may, therefore, be good examples (or in terms of the Theory of Generic Models (Hejný, 2012, 2014) suitable isolated models) of the concept of a function and may serve well to gain a deeper understanding of functions in general. Consider that in the financial domain, we may encounter functions that are not continuous and that do not correspond to any commonly studied function in primary or secondary school (such as linear functions, quadratic functions or exponential or logarithmic functions) (Eisenmann & Kopáčková, 2006).

Secondly, thinking more closely about relationships in finance can help pupils develop and deepen their financial literacy. In their future financial decisions, pupils will be confronted with a large amount of data, which may be presented, for example, in the form of graphs or tables, but at the same time, pupils may lack data to make rational and responsible decisions. Taking the simple example of a decision about whether to invest in a corporate bond, the pupil will likely have information about the potential return on the security. To make the right decision, however, the pupil will need to realise that the return on a security depends on its risk (i.e., that a high potential appreciation is a sign of a risky investment and, therefore, less likely to actually achieve a higher appreciation) and that the real appreciation of a security will also be affected by inflation and its expected development over the investment period.

Research on functional thinking has identified several areas where pupils display misconceptions and learning difficulties. In finance, the problem with the interpretation and meaning of functions and problems related to the representation of functions appear to be particularly crucial. Numerous studies have shown that pupils struggle to recognise functions in the real world and everyday experience and cannot interpret them correctly (e.g., O'Shea et al., 2016). Indeed, pupils may not be confronted with such practice-oriented tasks in mathematics textbooks (Mesa, 2004). This also leads them to tend to think of functions mainly in terms of the models they have encountered in mathematics classes (e.g., linear, quadratic, etc.) and thus not identify as functions relationships that do not correspond to these basic mathematical functions or that cannot be expressed simply in a single algebraic expression (Tall & Bakar, 1992). As mentioned above, relationships between variables in finance rarely correspond to simple mathematical functions from mathematics textbooks. An individual with such a limited knowledge of functions from school cannot recognise that they are confronted with a function and cannot reason about the dependent and independent variables, their relationship, etc.

Regarding interpretation, it may also be noted that reasoning about the dependent and independent variables appears problematic. Some pupils do not understand these concepts well (Sierpinska, 1992) and may confuse them, reversing the causal relationship. A typical example from the financial field is the failure to understand that when examining the relationship between potential return and riskiness of an investment, risk is an independent variable, and potential return is a dependent variable. Unlike return, this can lead to underestimating risk, which usually has no specific numerical expression.

Another fundamental problem for understanding the world of finance concerns the representation of functions. Research shows that pupils may have difficulty transitioning between different ways of expressing a function (e.g., graphically, verbally, using tables of values, or algebraically, Dubinsky & Wilson, 2013; Kopáčková, 2005), and even that some difficulties with different representations of functions may persist for teachers (Hitt, 1998). This, again, narrows the understanding of what is and is not a function (Tall & Bakar, 1992). It also makes it impossible for pupils to interpret the relationship presented to them correctly. It is, therefore, necessary to present pupils with sufficient different representations of functions (Sierpinska, 1992). After all, real financial documents also contain data presented and organised in a very different manner (mainly graphs and tables), and understanding a particular relationship between data and the ability to translate from one representation to another is crucial here.

In the next section, we discuss how the Theory of Generic Models can help overcome some difficulties in financial relationships and dependencies noted above.

2.2 Theory of generic models in teaching financial relationships and dependencies

An important premise we are making here is that we can apply theories borrowed from mathematics education to help pupils better understand financial relationships or dependencies, even though this is not how financial relationships and dependencies are usually taught. In mathematics education, concept development theories are particularly important as they allow for the description of pupils' level of understanding but can also provide the basis for designing teaching. In the Czech context, the most widely used theory is the Theory of Generic Models, developed by Hejný (2012). This theory consists of several levels of knowledge acquisition with mental shifts in between. The first is the level of motivation, which should activate pupils and awaken their interest in the subject. This is followed by the level of isolated models, where the pupil obtains enough experience with concrete examples of future knowledge. According to Hejný (2014), it is important to include not only concrete models of such knowledge but also non-models (non-examples of future knowledge), surprising models (models which one would expect not to be a model of future knowledge) and apparent models (they are not models of future knowledge, but may appear to be at first sight). Gradually, the pupil creates a generic model from these isolated models in their mind. The generic model is an example of all the previous isolated models and contains their common elements. The abstract shift then leads to the acquisition of abstract knowledge, which in mathematics is traditionally represented, for example, by algebraic formulas. The whole process is accompanied by what Hejný calls crystallisation, which consists of connecting new knowledge to existing knowledge and any knowledge in the future (Hejný, 2012).

The Theory of Generic models thus describes how pupils acquire new knowledge in mathematics, but it can also be used as a support for designing teaching aimed at deep understanding (and indeed has been, see, e.g., Hejný, 2014). Let us present an example from finance. Suppose we teach about the phenomenon of inflation. After motivation, the pupil should gradually be confronted with isolated models, that is, various manifestations of inflation, i.e., the increase in price levels (or simply price increases), but also the loss of the value of money over time. This is essential if the pupil is to realise later that inflation impacts not only prices but also funds deposited in the bank, funds in savings or investment products, etc. Such a realisation would be a generic model later abstracted into the formula for calculating inflation or its economic and statistical definition. When such knowledge is further crystallised, one can imagine that the pupil can realise, for example, why more loans or increased pensions create inflationary pressures. The teaching designed according to the stages of the Theory of Generic Models aims to reach a deep understanding of concepts and relationships in pupils.

In the next section, we discuss the role of textbooks in teaching financial education and how the previously mentioned theories and findings may be translated into them.

2.3 Role of textbooks

In teaching financial education, as well as in teaching other topics, textbooks play a major role. Teachers perceive textbooks as a curriculum translation (Chiappetta & Fillman, 2007). Textbooks influence their teaching of mathematics, what and how pupils learn, and what experience pupils take away from the lessons (Tarr et al., 2006). As Johansson (2006) demonstrated, textbooks may be used as a teacher's guide for organising mathematics lessons, including the motivational part of the lessons.

Taking into account the wide use of textbooks in mathematics lessons (Mullis et al., 2012) and a certain degree of fear of teaching financial education or self-reported lack of teaching support among Czech teachers (Opletalová, 2015; CSI, 2023), it is highly likely that textbooks and their content would also play a crucial role in teaching financial literacy in mathematics and in shaping the experience pupils take away from their lessons on financial education in mathematics.

Considering the above, we may ask to what extent textbooks support the design of teaching aimed at deep understanding. For example, Pang and Sunwoo (2022) analysed a Korean elementary mathematics textbook related to functional thinking based on the premise that specific tasks may foster functional thinking. Shield and Dole (2012) used, among others, theories of learning to explore the potential of textbooks to promote deep learning. Zenkl (2021) analysed Czech mathematics textbooks for secondary schools from the perspective of the Theory of Generic Models while investigating combinatorial concepts aimed at deep understanding.

In the context of chapters on financial education, the presence of particular isolated models in the textbooks (e.g., non-models, surprising models or apparent models) would help pupils to gain a deep understanding of financial relationships and dependencies. According to Hejný (2012), those specific models would help pupils to build their generic model and to prevent them from gaining mechanical knowledge. Likewise, some tasks presented to pupils may offer them an opportunity to look for common features and generalise their previous knowledge (and so offer them an opportunity to create a generic model).

Furthermore, as summarised by Pang and Sunwoo (2022) in relation to the role of mathematics textbooks in fostering functional thinking, it may be promoted by using real-life contexts in tasks, using various pattern tasks (numeric and geometric patterns, additive and multiplicate relationships). As also stated by the same authors, functional thinking may be fostered by using tasks that lead pupils to explore relationships by looking at the change in two quantities and using tasks that lead pupils to represent relationships symbolically.

Tasks related to the financial world are, in principle, very close to the real life of pupils. As stated above, financial documents contain much data in table and graph form, which can be analysed in terms of dependent and independent variables, during which we always need to simultaneously analyse changes in both dependent and independent variables if we want to understand a particular relationship correctly (e.g., a change in the potential return of an investment offer accompanied by a change in its riskiness, or a change in the return of a saving product in response to a change in its liquidity, etc.). Thus, there is an opportunity to foster pupils' functional thinking if confronted with well-designed mathematical tasks relating to financial relationships and dependencies in their mathematics textbooks.

2.4 Research questions

Based on the literature review above, the following research questions are formulated:

RQ1: What financial relationships and dependencies from the Financial Literacy Standard currently in force in the Czech Republic can be found in the selected textbooks?

RQ2: Which topics in the field of financial education are presented in more detail, and which are missing in the textbooks? What types of financial relationships and dependencies are included?

RQ3: Do tasks with a financial context in the textbooks allow pupils to build quality generic models of financial relationships and dependencies?

RQ4: Do tasks with a financial context in the textbooks facilitate pupils' functional thinking?

3 Methodology

In this section, data selection and analytical methods are discussed.

3.1 Data

We analysed the Czech Financial Literacy Standard (2017) and four sets of mathematics textbooks used in Czech secondary schools. These are sets of textbooks commonly available and used in schools. They are approved for teaching by the Ministry of Education, Youth and Sports of the Czech Republic.

Textbook sets that are designed exclusively for secondary grammar schools are not included in the sample, as this study does not focus on this specific segment of relatively prestigious secondary schools, bearing in mind, like Dubinsky and Wilson (2013), that relatively little research has focused on the learning needs of rather below-average pupils in relation to specific mathematical concepts. Thus, we analysed the textbooks which, according to their authors, can be used in different types of secondary schools (Tab. 1).

Tab. 1: Textbooks included in the study

Publisher	Textbook series name	Volumes included in the study	Authors	Year of publication	Code designation of the set in the study
Didactics	Matematika pro střední odborná učiliště [Mathematics for vocational schools]	Volume 1: Numbers and expressions	Marková, Siebenbürgerová, Zemek, & Macálková	2020	D
		Volume 2: Equalities, Inequalities, Functions	Marková & Macálková	2021	
		Volume 4: Stereometry, Work with Data	Květoňová, Marková, & Macálková	2021	
Prometheus	Matematika pro netechnické obory SOŠ a SOU [Mathematics for non-technical programmes of secondary and vocational school]	Volume 1	Calda	1996	P1
		Volume 2	Calda	1997	
		Volume 3	Calda	1998	
Prometheus	Matematika pro střední odborné školy a studijní obory středních odborných učilišť [Mathematics for secondary schools and selected programmes of vocational schools]	Volume 1	Calda, Petránek, & Řepová	1996	P2
		Volume 2	Odvárko, Řepová, & Skříček	2001	
		Volume 3	Odvárko & Řepová	2009	
		Volume 4	Petránek, Calda, & Hebák	2002	
		Progressions and Financial Mathematics	Odvárko	2002	
Fraus	Matematika s nadhledem od prváku k maturitě [Mathematics with an overview from freshman to high school diploma]	Volume 1: Number Fields, Sets	Fuchs & Tlustý	2019	F
		Volume 2: Algebraic Expressions	Fuchs & Koldová	2019	
		Volume 3: Equalities and Inequalities I	Zhouf	2019	
		Volume 4: Equalities and Inequalities II	Zhouf	2019	
		Volume 5: Functions	Tlustý	2019	
		Volume 9: Goniometry and Trigonometry	Tlustý & Pomykalová	2019	
		Volume 13: Combinatorics, Probabilities, Data	Tlustý	2020	
		Volume 14: Progressions	Tlustý	2020	

All the textbooks included in the study have a similar structure. Each chapter consists of an explanation of the new subject matter, sample tasks, and tasks to be solved by pupils.

The parts that deal with financial mathematics are studied from each set of textbooks. Tab. 2 presents the number of pages of such parts and shows that chapters on financial mathematics usually form a negligible part. This chapter represents less than 1% of the content in two textbooks. For the other two textbooks, the proportion is slightly higher.

Tab. 2: Size of the chapters on financial mathematics in the textbooks

Set of textbooks	Number of pages in the chapter on financial mathematics	Number of pages in the whole set of textbooks	Percentage of the textbook set devoted to the chapter on financial mathematics
D	6	408	1.5%
P1*	7	865	0.8%
P2**	45	973	4.6%
F	10	1201	0.8%

* This set of textbooks does not contain any chapter dealing directly with financial mathematics, but this topic is mostly represented in the chapter on the application of progressions.

** This set of textbooks contains only a chapter on using progressions in financial mathematics.

Next, we analyse the parts of the textbooks that might contain tasks with a financial context that potentially target pupils' functional thinking (in particular, the parts that focus on numbers and operations on numbers, expressions, equations and inequalities, functions, statistics and probability). We did not analyse any of the parts or chapters in the textbooks on plane geometry, solid geometry, or analytical geometry.

The textbooks in set D also include integrated workbooks, but they are not examined as the other textbooks have separate workbooks, and we wanted to keep the same conditions of comparison for all four sets of textbooks. Similarly, all the workbooks are prepared by the same authors as the textbooks. Thus, the type of tasks presented in the workbooks might be very similar to those in the textbooks, and further analysis of all the workbooks would not, in our opinion, change the results of this analysis significantly.

3.2 Data analysis

Following Fan et al.'s (2013) recommendations, the textbooks are analysed according to predefined criteria and then compared based on these criteria. The predefined criteria, summarised in Tab. 3 below, are based on our research questions and previous literature overview.

First, we performed a qualitative content analysis of the current Czech Financial Literacy Standard (2017) to determine the targeted financial relationships and dependencies. They became part of the analytical framework and are listed in Appendix I.

Secondly, based on the Financial Literacy Standard (2017) analysis, we analysed the chapters on financial mathematics in four textbooks. In these chapters, we examined the context of word problems in relation to the Financial Literacy Standard applicable in the Czech Republic (individual topics are listed below in Tab. 4). If the context for a task was related to the financial relationships and dependencies presented in Appendix I, we further investigated whether the task could contribute to developing a generic model of a given relationship and to developing pupils' functional thinking. For example, if we found a task asking for an interpretation of a graph representing the relationship between the inflation rate and the real value of savings, we would consider such a task as developing pupils' functional thinking and also helping them to develop a generic model of inflation (such as the phenomenon of depreciation of the real value of money).

Then, similarly, in the textbook sets studied, we considered other chapters potentially including tasks with a financial context which could be used to develop pupils' functional thinking and analysed tasks included in those chapters based on the same criteria.

4 Results

In this section, we present the main descriptive results of the analysis.

4.1 Financial relationships and dependencies in the current Czech Financial Literacy Standard (RQ1)

Appendix I presents which dependencies appear in the Czech Financial

Literacy Standard outputs. However, some are not explicitly named as such. For example, the word "influence" is used instead. In Appendix I, for each output of the Standard, we add what kind of relationship is targeted and what its basis is.

Tab. 3: Criteria for the textbook analysis

Research question	Short description	Criteria of analysis			
		Criterion 1	Criterion 2	Criterion 3	Criterion 4
RQ1	<i>Financial relationships and dependencies in the Czech Financial Literacy Standard</i>	Expected output in the Financial Literacy Standard of financial education relates to understanding the relationship between two variables (two financial phenomena)			
RQ2	<i>Financial topics and relationships and dependencies in textbook tasks</i>	A task has a financial context, so it relates to at least one topic of the Czech Financial Literacy Standard (2017)	A task deals with at least one of the financial relationships and dependencies from the Czech Financial Literacy Standard (2017)		
RQ3*	<i>Building up a generic model of a financial relationship or dependency</i>	There is a sufficient number of isolated models of a given financial relationship in textbooks.	A task presents at least one of the following models of a given financial relationship to pupils: non-model, surprising model, apparent model.	One or more tasks ask pupils to look for common features of presented isolated models.	
RQ4**	<i>Development of functional thinking</i>	Pupils are asked, based on a given graph, table or expression relating to a given financial relationship, to: <ul style="list-style-type: none"> – interpret a given relationship verbally – determine dependent and independent variable – estimate missing values 	Pupils are asked, based on a given verbal description or table of values of a given financial relationship, to express it: <ul style="list-style-type: none"> – symbolically (as an expression) – graphically 	Pupils are asked in a task relating to finance to work with an unusual functional representation (e.g., non-linear function, discontinuous function)	A task relating to finance has a strong motivational potential because it relates to real-life context, and the financial relationship in the task may be new or interesting for pupils

*The more criteria met, the higher the likelihood that pupils will create quality generic models in their minds. A sufficient number of isolated models cannot be exactly quantified, but the premise is that the more isolated models, the higher the likelihood of quality generic models.

** To conclude that a given task helps pupils foster their functional thinking, one of criteria 1,2 or 3 must be met. Criterion 4 is complimentary and relates to the motivational potential of those tasks.

In general, it can be summarised that two types of relationships or dependencies are implicit in the outcomes of the Financial Literacy Standard. One type relates to inflation and its causes and effects on financial resources in various forms. The second type concerns the relationships and dependencies between different characteristics of financial products (e.g., relationships between riskiness and potential return on investment, between liquidity and appreciation of funds held in saving products). Appendix I is provided to this article for more detailed information relating to this research question.

In the next section, we will answer whether these two types of relationships are included in the analysed textbooks.

Tab. 4: Financial topics covered by tasks in the financial mathematics chapters*

Topic		Shopping and paying		Economy	Household budget surplus			Household budget deficit			
Subtopic		shopping	paying	inflation	budget, income, expenses	savings	investments	insurance	security for old age	interests and loans	non-repayment
Textbook	Number of tasks	4	4	0	8	3	0	0	0	3	0
	Total number of tasks	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
	%	18.2	18.2	0	36.4	13.6	0	0	0	13.6	0
Set D	Number of tasks	0	0	0	0	7	0	0	0	1	0
	Total number of tasks**	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
	%	0	0	0	0	87.5	0	0	0	12.5	0
Set P1	Number of tasks	0	0	0	0	54	6	0	0	31	0
	Total number of tasks	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91
	%	0	0	0	0	59.3	6.6	0	0	34.1	0
Set P2	Number of tasks	0.5	0	2	0	8.5	0	0	0	4	0
	Total number of tasks	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
	%	3.3	0	13.3	0	56.7	0	0	0	26.7	0
Set F	Number of tasks	0	0	0	0	54	6	0	0	31	0
	Total number of tasks	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91
	%	0	0	0	0	59.3	6.6	0	0	34.1	0

*The table includes both sample tasks and tasks used to practise what is learned.

** This value represents the total number of tasks in financial mathematics in a broader chapter on the use of geometric progressions.

4.2 Financial topics in Czech secondary school textbooks (RQ2)

In each textbook, word problems are used in the chapter on financial mathematics. The areas of financial mathematics covered by these tasks are listed in Tab. 4.

As the table shows, some topics are not represented (e.g., insurance or consequences of non-repayment), and others are only exceptional. Only set P2 deals specifically with the issue of investments and only in 6.3% of the tasks. Only set F deals with inflation and only in 13.3% of the tasks (there are two tasks, one sample and one for pupils to practise). The dominant topic of the chapters devoted to financial mathematics in the P1, P2 and F textbooks is savings, which is dealt with in most tasks (56.7% to 87.5%). In set D only, the dominant topic is a budget and its income and expenses (especially calculations related to wages, taxes and levies), representing 36.4% of the tasks in the chapter. The second most represented topic in the P1, P2 and F textbooks is loans (interest rate, repayment calculations, etc.), covered in 12.5% to 32.6% of the tasks in the chapter. In set D alone, the subtopics of paying and shopping are more represented (18.2% each). In comparison, the issue of loans is represented in only 13.6% of the tasks (which is, however, a difference of only one task compared to shopping and paying, but this topic is still represented more than in the P1 textbook, which devotes only one task to it, representing 12.5%). The analysis also shows that only set D covers all the topics from the financial literacy standard in the chapter on financial literacy, and overall, it covers the most subtopics (5 in total) of all the textbooks analysed. Also, it cannot be said that any topic is dominant in set D (all topics have task coverage ranging from 13.6% to 36.4% of the tasks in the chapter).

The use of the financial context for the tasks in the chapters not directly dealing with financial mathematics is shown in Tab. 5.

Setting aside textbook set D, the financial context is used only anecdotally in tasks outside the financial mathematics chapters. In sets P1, P2 and F, it is identified in fewer than ten tasks, representing about 1% of all tasks examined each time. Only in textbook set D did tasks with a financial context occur in 12.5% of the tasks examined. In terms of specific financial topics covered in other subject areas of the textbooks, the topic of shopping and paying (especially calculating prices, discounts, etc.) is present in all textbooks. In sets D, P2 and F, the topic of the economy (of an individual, group or firm, i.e., calculations of take-home pay, levies, taxes, costs, etc.) also appeared to a lesser extent, and in set F, the issue of savings is also present. In sets P1 and F, tasks occur most frequently in the chapters devoted to numerical fields and expressions. In contrast, in sets D and P2, tasks occur most frequently in the chapters devoted to statistics and work with data.

Tab. 5: Financial context in tasks in other textbook chapters*

Textbook	Thematic unit	Equations, inequalities, their systems	Functions	Statistics and data	Combinatorics and probability	Number fields, percentages, expressions	Arithmetic progressions**	Total
Set D	Number of tasks	18	0	19	4	34		75
	Total number of tasks	137	120	58	37	248	unable to determine**	600
	%	13.1	0.0	32.8	10.8	13.7		12.5
Set P1	Number of tasks	3	0	0	0	4	1	8
	Total number of tasks	152	201	58	87	99	34	631
	%	2.0	0.0	0.0	0.0	4.0	2.9	1.3
Set P2	Number of tasks	2	3	3	0	0	1	9
	Total number of tasks	68	275	40	128	154	79	744
	%	2.9	1.1	7.5	0.0	0.0	1.3	1.2
Set F	Number of tasks	2	1	0	0	3	0	6
	Total number of tasks	195	281	26	106	184	85	877
	%	1.0	0.4	0.0	0.0	1.6	0.0	0.7

* The table includes both sample tasks and tasks used to practise the material. Their numbers in the table result from adding up the number of tasks related to the topic in different chapters (e.g., the numbers of tasks from the chapters on linear equations and inequalities and their systems and quadratic equations and inequalities are grouped in the table under the thematic unit of equations, inequalities, their systems).

** Progressions are not part of the vocational school curriculum and are therefore not represented in the set D textbooks.

4.3 Tasks to build a generic model of financial relationships and dependencies (RQ3)

As section 4.2 shows, inflation is covered only marginally in the textbooks studied. Only set F contains two tasks dealing with inflation (one sample task and one task to be solved). In both cases, however, the primary aim is to show, following the title of the respective chapter, the use of geometric progressions in financial mathematics. The task asks pupils to calculate the real value of CZK 1,000,000 after one year and ten years at a specified inflation rate of 3.2% (Fig. 1). The practice task asks in how many years prices will double if inflation is $a\%$. Pupils are asked to solve the task in general and then for an inflation rate of 3% (Fig. 2). None of the other tasks in the chapter on loans or savings take inflation into account.

In set F, the chapter on statistics shows the evolution of the inflation rate in the Czech Republic and demonstrates using a line graph to capture the trend over time. However, this is only an example in the theoretical part of the chapter demonstrating how to create a line chart from table data in an Excel table. It is, therefore, not captured in Tab. 5. At the same time, such an example does not provide a deeper insight into inflation put forward by the financial literacy standard for secondary school.

Section 4.2 shows that the main financial products mentioned in the textbooks are savings products and less so loan products. Only in P2 are there investment products, albeit very limited. However, all the tasks in all sets of textbooks are mainly focused on calculations, which demonstrate the use of geometric progressions or calculations of percentages (only the percentage calculation is applied in set D, as progressions are not included in the content of the framework curricula for secondary vocational schools). None of the tasks focusing on savings products includes inflation, nor do any of the tasks look at the relationship between the appreciation of savings through different savings products and their liquidity. Similarly, none of the tasks related to loan products takes into account the effects of inflation on these products (e.g., the effect that inflation may have on the interest rates offered, the fact that inflation reduces the real value of annuity payments) or the extent to which different characteristics of the borrower may affect the interest rate provided. In set P2, the potential appreciation of investment products is again calculated without considering the relationship between this potential appreciation and the riskiness of the instruments.

4.4 Developing functional thinking in tasks with a financial context (RQ4)

The chapters on financial mathematics in all the textbooks studied lack any representation of a function or dependence using a graph, table, word problem or expression.

Task 1

Calculate how much CZK 1,000,000 will be worth a) in one year if the annual inflation rate is 3.2%, b) in 10 years if the average annual inflation rate is 3.2%.

solution

a) in one year

Step 1

We will use the formula $K = K_0 \cdot \left(\frac{1}{1+r}\right)^n$.

Step 2

In this case, $K_0 = 1,000,000$, $r = 0.032$, $n = 1$.

After substitution, we get: $K = K_0 \cdot \left(\frac{1}{1+r}\right)^n = 1,000,000 \cdot \frac{1}{1.032} \doteq 968,992$

conclusion: Due to inflation, the value drops to CZK 968,992, i.e., we lose about CZK 31,000 out of a million in a year.

b) in 10 years

Step 1

Again, we start from the formula $K = K_0 \cdot \left(\frac{1}{1+r}\right)^n$.

Step 2

In this case, we substitute $K_0 = \text{CZK } 1,000,000$, $r = 0.032$, $n = 10$.

After substitution, we get: $K = K_0 \cdot \left(\frac{1}{1+r}\right)^n = 1,000,000 \cdot \left(\frac{1}{1.032}\right)^{10} \doteq 729,799$

conclusion: Due to inflation, the value will drop to CZK 729,799, i.e., we will lose about CZK 270,000 from the million over ten years.

Fig. 1: Sample task on inflation in set F (volume 14, p. 47); the original Czech version is in Appendix II

Task 6

Annual inflation is always $a\%$. In how many years will prices double? Solve in general and then for $a = 3\%$.

Fig. 2: Task on inflation to be solved in set F (volume 14, p. 52); the original Czech version is in Appendix II

The financial context is also little used in the chapters devoted to functions, as shown in Tab. 5. In the case of sets D and P1, the financial context is not used at all in the chapters devoted to functions. In contrast, it is used only minimally in the case of the P2 and F sets.

There is a limited number of tasks in the P2 set of textbooks showing how the final price of the goods or services purchased depends on the number of units purchased. The tasks either require the determination of a function expression based on a word problem or the construction of a graph of the function. These few tasks can help to develop pupils' functional thinking. For example, they include a function that is not continuous (it is a task capturing the relationship between the prices of postal parcels and their size – see Fig. 3), a useful isolated model of a function that may not match pupils' ideas about functions.

2. The charge for a parcel mailed at the post office was previously determined by weight as follows:

up to 20 g	8 CZK
over 20 g to 50 g	10 CZK
over 50 g to 200 g	12 CZK
over 200 g to 350 g	14 CZK
over 350 g to 500 g	16 CZK
over 500 g up to 1 kg	20 CZK

Determine the function that expressed the relevant dependence (i.e. the dependence of the amount of the charge on the numerical value of the parcel weight) and construct its graph.

Fig. 3: Task from textbook set P2 (part 3, p. 20); the original Czech version is in Appendix II

In Set F, the financial context is used in one task related to savings in the section on logarithmic functions (Fig. 4). However, it is an example task. Hence, the pupils receive the solution from the textbook's authors, who marked the task as a task of higher difficulty.

Example 9

Determine after how many years the amount in the account will be more than CZK 1,000,000 if CZK 500,000 is deposited at 4% per annum compound interest (for simplicity, do not consider tax on interest).

solution

Step 1

Compound interest means that the bank credits the depositor with interest at the end of each interest period, and interest is calculated on the amount accrued in the following period.

Step 2

At time $t = 0$ (at the beginning), we have CZK 500,000 deposited.

Step 3

At time $t = 1$ (at the beginning of the second year), we have deposited $500,000 \cdot 1.04 = \text{CZK}520,000$.

Step 4

At time $t = 2$ (at the beginning of the third year), we have $500,000 \cdot 1.04^2 = \text{CZK} 540,800$.

Step 5

Denote by x the number of interest periods (years) we want to find. We get the inequation:

$$500,000 \cdot 1.04^x \geq 1,000,000$$

Step 6

Adjust to the form:

$$1.04^x \geq 2$$

Step 7

Take the logarithm of the two sides of the inequality with the base 10 logarithm. Since the base 10 logarithm is an increasing function, the inequality is preserved, and we get:

$$\begin{aligned} x \cdot \log 1.04 &\geq \log 2 \\ x &\geq \frac{\log 2}{\log 1.04} \doteq 17.67 \end{aligned}$$

conclusion

After 18 years, there will be more than CZK 1,000,000 in the account.

Fig. 4: Sample task from textbook set F (part 5, p. 75); the original Czech version is in Appendix II

5 Discussion

5.1 Financial relationships and dependencies in the Czech Financial Literacy Standard (RQ1)

As stated above, the Financial Literacy Standard (2017) does not explicitly mention financial relationships or dependencies. However, our analysis demonstrates that two types of financial relationships and dependencies are included in the Standard. The first consists of relationships related to inflation and its causes and effects, and the second includes relationships existing among different characteristics of financial products. In our opinion, these financial relationships and dependencies are crucial for rational financial decision-making, and it is natural that the Standard contains them. However, it is questionable to what extent Czech teachers understand these relationships and dependencies, given their general fear of financial education and lack of a deep understanding of financial concepts (Opletalová, 2015; CSI, 2023). For this reason, the role of textbooks and their content is very important.

5.2 Space devoted to the financial relationships and dependencies in the textbooks and the potential of tasks to build a generic model of financial relationships and dependencies (RQ2 and RQ3)

Our study demonstrates that only limited space is devoted to financial relationships and dependencies related to inflation and financial products in the Czech secondary school mathematics textbooks. The main topics covered by the chapters on financial mathematics are savings and loans in three of four textbooks under analysis (P1, P2, F). However, the role of the tasks in the chapters is mainly to demonstrate how to use geometric progression rather than to make clear the relationships in question. The same applies to the two tasks related to inflation in set F. Furthermore, a brief explanation of inflation comes before the tasks. Thus, it is clear that inflation is used in set F as one of the isolated models of geometric progressions or as a simple illustration of calculation with a formula $K = K_0 \cdot [1 : (1 + r)]^n$ rather than a separate financial relationship to be studied. Only textbook set D emphasises individual budgets, including wages, expenses, and shopping and paying, but no space is devoted to inflation or the characteristics of financial

products. We find no task devoted to the representation of relationships and dependencies existing among characteristics of financial products in any of the textbooks. No task introduces any non-model, apparent model or surprising model (in terms of Hejný, 2014) of relationships relating to inflation or characteristics of financial products.

Thus, it can be concluded that none of the textbooks analysed provides pupils with enough opportunities (isolated models, Hejný, 2012) to make a quality generic model of financial relationships, thus reaching the implicit goal in the Czech Financial Literacy Standard (2017). It may also indicate that some professionals (at least the textbooks' authors and curriculum makers) share the belief that financial education should not be part of mathematics education and should not be given more space in mathematics classes at the expense of other, more traditional mathematical topics (Najvar, 2014).

More broadly, the question is to what extent textbooks on financial education are influenced by the attitudes of their authors, or society as a whole, towards financial issues, and to what extent these attitudes are transferred to the training of teachers and pupils' minds. Our study shows that the dominant topics are savings, price issues (but usually without inflation), and less so loan issues, and virtually no investment or insurance products. This may mean that a financially literate individual should, above all, save, borrow little (and judiciously) and pay attention to prices (though, somewhat paradoxically, not inflation). In the case of set D, which is intended only for secondary vocational schools whose graduates, often from low socio-economic backgrounds, are expected to work mainly in professions requiring manual labour, the dominant theme is household management, securing income and paying various (especially mandatory) expenses. It may be a deliberate intention to teach these pupils mainly to manage their own resources without considering that these pupils will ever have greater opportunities to work with a household budget surplus. The financial literacy standard addresses attitudes in financial education only marginally, mentioning, for example, that pupils live in proportion to their financial capabilities and build financial reserves but also that pupils strive to achieve financial well-being. The content of mathematics textbooks may, therefore, contradict at least some of the expected attitudes mentioned in the Financial Literacy Standard (2017).

5.3 Development of functional thinking in the textbooks and financial context (RQ4)

Many researchers highlight the importance of using different representations of functions (graphs, tables, word problems, etc.) to develop pupils' functional thinking and recommend asking pupils and students to interpret these different representations (Dubinsky & Wilson, 2013; Kopáčková, 2005; Sierpiska, 1992). Furthermore, some researchers (e.g., Eisenmann & Kopáčková, 2006) recommend using a financial context in tasks to develop pupils' functional thinking because of its motivational potential.

Our analyses show that only sets P1 and F used a financial context and only in the limited number of functions-related tasks. Such tasks in set P1 could potentially develop pupils' functional thinking. For example, authors in the P1 set work with a function that is not continuous (in a task capturing the relationship between the prices of postal parcels and their size – see Figure 3), which is a useful isolated model of a function that may not match the ideas that pupils have about functions (Eisenmann & Kopáčková, 2006). It also makes pupils switch between different ways of representing functions (e.g., graphs and algebraic expressions, descriptions in words or using a table, etc.), which is not easy for them (e.g., Hitt, 1998). On the other hand, the financial context used in these tasks is somewhat trivial for tasks intended for secondary school pupils, who can be assumed to know that the price of a good or service is based on the number of units, acts, etc. It is noteworthy that price determination is only mentioned in the primary school section, not the secondary one in the Financial Literacy Standard (MoF, 2017). Thus, the question arises whether such tasks fulfil their motivational potential for secondary pupils, as discussed by Eisenmann and Kopáčková (2006) or whether they are too trivial for them.

In Set F, the financial context is combined with the logarithmic function (see Fig. 4). Still, the essence of the task lies in the application of numerical operations and solving inequalities, not in the conceptual understanding of financial relationships. Therefore, whether this task could develop pupils' functional thinking is questionable.

6 Conclusion, limitations and further research

The importance of the study lies in its focus on the connection between financial education and functional thinking, a link which has been missing in the literature we are familiar with. Functional thinking is an important prerequisite for understanding financial relationships and dependencies, whilst financial topics may also be motivating and suitable contexts for developing functional thinking.

The results above indicate that Czech secondary mathematics textbooks do not provide teachers and pupils with opportunities to gain insights into relationships and dependencies in financial education. This could be problematic because a deeper understanding of financial relationships and dependencies is essential for rational financial decisions. If one is unaware of the impact of inflation on savings or investment products, one will hardly be able to choose appropriate products. If one does not understand the relationship between the return and risk of an investment, one can easily fall prey to misleading behaviour by various financial advisors or outright fraudsters. If one does not know how to diversify one's portfolio to mitigate the risk of its devaluation, one cannot manage the available funds rationally.

The study also has some limitations. First, some problems with a financial context might be included in the chapters not analysed in our study (e.g., chapters on plane geometry or solid geometry), even though such cases would probably be only rare, considering how few problems are devoted to the financial context in chapters where we would expect them. Similarly, we did not investigate to what extent this issue is addressed in secondary civics and social studies textbooks and how they didactically grasp the issue, given that many financial literacy topics are included in the social studies education in the framework curricula. This task remains for future research. Third, we discovered that the analysed textbooks do not provide opportunities for conceptual understanding of financial relationships. Nevertheless, we cannot say how teachers use them in lessons or whether they augment them with their own materials to fill the gaps. This also opens a possible new line of research. Finally, we focus on the tasks alone, without considering how teachers would implement them in the lessons and how pupils would solve them. Thus, we can only speak about tasks potentially promoting (or not) deep learning. The study of the use of tasks in real classrooms is a possible follow-up study.

More broadly, the question is to what extent mathematics textbooks and their components on financial education are influenced by the attitudes of their authors, or society as a whole, towards financial issues, and to what extent these attitudes are transferred to the training of teachers and pupils' minds. Our study shows that some of the topics of the Financial Literacy Standard (2017) are not covered by the textbooks at all or only in a very limited and selective way. In this respect, it would be interesting to examine them more closely from the perspective of the theory of the hidden curriculum, which deals with those aspects of education that are not formalised anywhere yet can have a major impact on pupils' value orientations and attitudes (Jackson, 1968).

Acknowledgment

We thank Naďa Vondrová for her valuable comments and insights.

References

- Carlson, M., Jacobs, S., Coe, E., Larsen, S., & Hsu, E. (2002). Applying covariational reasoning while modeling dynamic events: A framework and a study. *Journal for Research in Mathematics Education*, 33(5), 352–378. <https://doi.org/10.2307/4149958>
- Chiappetta, E. L., & Fillman, D. A. (2007). Analysis of five high school biology textbooks used in the United States for inclusion of the nature of science. *International Journal of Science Education*, 29(15), 1847–1868. <https://doi.org/10.1080/09500690601159407>
- Česká národní banka [CNB] (23. 5. 2023). *Upozornění na aktivity subjektu vystupujícího pod názvem BĚB PROFIT [Warning against activities of the company BĚB PROFIT]*. <https://www.cnb.cz/cs/dohled-financi-trh/ochrana-spotrebitele/upozorneni/Upozorneni-na-aktivity-subjektu-vystupujiciho-pod-nazvem-BB-PROFIT/>
- Česká školní inspekce [CSI] (2014). *Mezinárodní šetření PISA 2012: Finanční gramotnost patnáctiletých žáků. [International PISA study PISA 2012: Financial literacy of pupils aged 15 years]*. http://www.csicr.cz/html/PISA-FG/resources/_pdfs_/Zprava_PISA_financi_gramotnost_.pdf
- Česká školní inspekce [CSI] (2023). *Finanční gramotnost žáků základních škol a výuka finanční gramotnosti na středních školách: Tematická zpráva 2022/2023 [Financial literacy on elementary schools and teaching financial education on secondary schools: Thematic report 2022–2023]*. https://www.csicr.cz/CSICR/media/Prilohy/2023_p%c5%99%c3%adlohy/Dokumenty/TZ_Financi-gramotnost.pdf
- Dubinsky, E., & Wilson, E. T. (2013). High school students' understanding of the function concept. *Journal of Mathematical Behavior*, 32, 83–101. <https://doi.org/10.1016/j.jmathb.2012.12.001>
- Eisenmann, P., & Kopáčková, A. (2006). Rozvoj funkčního myšlení ve výuce matematiky na základní škole. [Development of functional thinking in elementary school mathematics]. In *Studijní materiály k projektu Podíl učitele matematiky ZŠ na tvorbě ŠVP*. JČMF.

- Fan, L., Zhu, Y., & Miao, Z. (2013). Textbook research in mathematics education: development status and directions. *ZDM – Mathematics Education*, 45(5), 633–646. <https://doi.org/10.1007/s11858-013-0539-x>
- Hejný, M. (2012). Exploring the cognitive dimension of teaching mathematics through scheme-oriented approach to education. *Orbis scholae*, 6(2), 41–55. <https://doi.org/10.14712/23363177.2015.39>
- Hejný, M. (2014). *Vyučování matematice orientované na budování schémat: Aritmetika 1. stupně [Teaching mathematics oriented to building schemes: Elementary arithmetic]*. PedF UK.
- Hitt, F. (1998). Difficulties in the articulation of different representations linked to the concept of function. *The Journal of Mathematical Behavior*, 17(1), 123–134. [https://doi.org/10.1016/S0732-3123\(99\)80064-9](https://doi.org/10.1016/S0732-3123(99)80064-9)
- Jackson, P. (1968). *Life in classrooms*. Rinehart and Winston.
- Johansson, M. (2006). Textbooks as instruments: Three teachers' ways to organise their mathematics lessons. *Nordic Studies in Mathematics Education*, 11(3), 5–30. https://ncm.gu.se/wp-content/uploads/2020/06/11_3_005030_johansson.pdf
- Kopáčková, A. (2005). Podpora funkčního myšlení žáků 2 [Supporting functional thinking of pupils 2]. *Učitel matematiky*, 13(4), 193–203.
- Lichti, M., & Roth, J. (2019). Functional thinking—A three-dimensional construct? *Journal für Mathematik-Didaktik*, 40, 169–195. <https://doi.org/10.1007/s13138-019-00141-3>
- Mesa, V. (2004). Characterising practices associated with functions in middle school textbooks: An empirical approach. *Educational Studies in Mathematics*, 56(2), 255–286. <https://doi.org/10.1023/B:EDUC.0000040409.63571.56>
- Ministerstvo financí České republiky [MoF] (2017). *Standard finanční gramotnosti 2017 [Standard of financial literacy 2017.]*. <https://financnigramotnost.mfcr.cz/cs/pro-odborniky/strategicke-dokumenty#standard>
- Ministerstvo financí České republiky [MoF] (2019). *Národní strategie finančního vzdělávání 2.0. Změnou chování k převzetí odpovědnosti za svou finanční prosperitu. [National strategy of financial education 2.0. With the change of behaviour towards responsibility for one's financial prosperity.]* <https://financnigramotnost.mfcr.cz/cs/pro-odborniky/strategicke-dokumenty#standard>
- Mullis, I. V., Martin, M. O., Foy, P., & Arora, A. (2012). *TIMSS 2011 international results in mathematics*. TIMSS & PIRLS International Study Center. https://timss.bc.edu/timss2011/downloads/T11_IR_Mathematics_FullBook.pdf
- Najvar, P. (2014). Filipika proti finanční gramotnosti aneb o dvou (ne)souvisejících jevech [Argument against financial literacy or talking about two (un)related phenomena]. *Pedagogická orientace*, 24(5), 811–817. <https://doi.org/10.5817/PedOr2014-5-811>
- Niss, M. A. (2014). Functions learning and teaching. In S. Lerman (Ed.), *Encyclopedia of mathematics education* (pp. 238–241). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4978-8_96
- OECD (2014). *PISA 2012 Results: Students and money: Financial literacy skills for the 21st century (Volume VI)*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264208094-en>
- Opletalová, A. (2015). Financial education and financial literacy in the Czech education system. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 171, 1176–1184. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.01.229>
- O'Shea, A., Breen, S., & Jaworski, B. (2016). The development of a function concept inventory. *International Journal of Research in Undergraduate Mathematics Education*, 2(3), 279–296. <https://doi.org/10.1007/s40753-016-0030-5>
- Pang, J. S., & Sunwoo, J. (2022). Design of a pattern and correspondence unit to foster functional thinking in an elementary mathematics textbook. *ZDM – Mathematics Education*, 54(6), 1315–1331. <https://doi.org/10.1007/s11858-022-01411-0>
- Shield, M., & Dole, S. (2012). Assessing the potential of mathematics textbooks to promote deep learning. *Education Studies in Mathematics*, 82(2), 183–199. <https://doi.org/10.1007/s10649-012-9415-9>
- Sierpinska, A. (1992). On understanding the notion of function. In G. Harel, & E. Dubinsky (Eds.), *The concept of functions: Aspects of epistemology and pedagogy* (pp. 25–58). The Mathematical Association of America.
- Tall, D., & Bakar, M. (1992). Students' mental prototypes for functions and graphs. *International Journal of Mathematical Education in Science & Technology*, 23(1), 39–50. <https://doi.org/10.1080/0020739920230105>
- Tarr, J. E., Chávez, O., Reys, R. E., & Reys, B. J. (2006). From the written to the enacted curricula: The intermediary role of middle school mathematics teachers in shaping students' opportunity to learn. *School Science and Mathematics*, 106(4), 191–201. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2006.tb18075.x>
- Zenk, D. (2021). Presentation of combinatorial concepts in mathematics textbooks and its compliance with a concept development theory. *Scientia in education*, 12(1), 37–52. <https://doi.org/10.14712/18047106.1938>

Textbooks

- Calda, E., Petránek, O., & Řepová, J. (1996). *Matematika pro střední odborné školy a studijní obory středních odborných učilišť: 1. část* [Mathematics for secondary schools and selected programmes of vocational schools: Volume 1]. Prometheus.
- Calda, E. (1996). *Matematika pro netechnické obory SOŠ a SOU: 1. díl* [Mathematics for non-technical programmes of secondary and vocational school: Volume 1]. Prometheus.
- Calda, E. (1997). *Matematika pro netechnické obory SOŠ a SOU: 2. díl* [Mathematics for non-technical programmes of secondary and vocational school: Volume 2]. Prometheus.
- Calda, E. (1998). *Matematika pro netechnické obory SOŠ a SOU: 3. díl* [Mathematics for non-technical programmes of secondary and vocational school: Volume 3]. Prometheus.
- Fuchs, E., & Tlustý, P. (2019). *Matematika s nadhledem od prváku k maturitě: 1. díl: Číselné obory, množiny* [Mathematics with an overview from freshman to high school diploma: Part 1: Number fields, sets]. Fraus.
- Fuchs, E., & Koldová, H. (2019). *Matematika s nadhledem od prváku k maturitě: 2. díl: Algebraické výrazy* [Mathematics with an overview from freshman to high school diploma: Part 2: Algebraic expressions]. Fraus.
- Květoňová, M., Marková, K., & Macálková, L. (2021). *Matematika 4 pro střední odborná učiliště: Stereometrie, práce s daty* [Mathematics for vocational schools. Vol. 4: Stereometry, work with data]. Didaktis.
- Marková, K., Siebenbürgerová, P., Zemek, V., & Macálková, L. (2020). *Matematika 1 pro střední odborná učiliště: Čísla, výrazy a počítání s nimi* [Mathematics for vocational schools. Vol. 1: Numbers, expressions]. Didaktis.
- Marková, K., & Macálková, L. (2021). *Matematika 2 pro střední odborná učiliště: Rovnice a nerovnice, funkce* [Mathematics for vocational schools. Vol. 2: Equations and inequations, functions]. Didaktis.
- Odvárko, O., Řepová, J., & Skříček, L. (2001). *Matematika pro střední odborné školy a studijní obory středních odborných učilišť: 2. část* [Mathematics for secondary schools and selected programmes of vocational schools: Volume 2]. Prometheus.
- Odvárko, O., & Řepová, J. (2009). *Matematika pro střední odborné školy a studijní obory středních odborných učilišť: 3. část* [Mathematics for secondary schools and selected programmes of vocational schools: Volume 3]. Prometheus.
- Odvárko, O. (2002). *Matematika pro střední odborné školy a studijní obory středních odborných učilišť: Posloupnosti a finanční matematika*. [Mathematics for secondary schools and selected programmes of vocational schools: Progressions and financial mathematics]. Prometheus.
- Petránek, O., Calda, E., & Hebák, P. (1992). *Matematika pro střední odborné školy a studijní obory středních odborných učilišť: 4. část* [Mathematics for secondary schools and selected programmes of vocational schools: Volume 4]. Prometheus.
- Tlustý, P. (2019). *Matematika s nadhledem od prváku k maturitě: 5. díl: Funkce* [Mathematics with an overview from freshman to high school diploma: Part 5: Functions]. Fraus.
- Tlustý, P., & Pomykalová, E. (2019). *Matematika s nadhledem od prváku k maturitě: 9. díl: Goniometrie a trigonometrie* [Mathematics with an overview from freshman to high school diploma: Part 9: Goniometry and trigonometry]. Fraus.
- Tlustý, P. (2020). *Matematika s nadhledem od prváku k maturitě: 13. díl: Kombinatorika, pravděpodobnost a statistika* [Mathematics with an overview from freshman to high school diploma: Part 13: Combinatorics, probability and statistics]. Fraus.
- Tlustý, P. (2020). *Matematika s nadhledem od prváku k maturitě: 14. díl: Posloupnosti a řady* [Mathematics with an overview from freshman to high school diploma: Part 14: Progressions]. Fraus.
- Zhouf, J. (2019). *Matematika s nadhledem od prváku k maturitě: 3. díl: Rovnice a nerovnice I* [Mathematics with an overview from freshman to high school diploma: Part 3: Equations and inequations I]. Fraus.
- Zhouf, J. (2019). *Matematika s nadhledem od prváku k maturitě: 4. díl: Rovnice a nerovnice II* [Mathematics with an overview from freshman to high school diploma: Part 4: Equations and inequations II]. Fraus.

Appendix I: Financial Literacy Standard (2017) outcomes assuming mastery of relationships and dependencies

Thematic area of financial education	Education level	Topic	Output according to Standard	The relationship, the understanding of which is assumed by the output
Shopping and paying	lower secondary school	shopping	[pupil] describes the effect of inflation on the value of money	the relationship between the inflation rate and the real value (the higher the inflation rate, the lower the real value of money)
	s upper secondary school	Inflation	[pupil] explains the effect of inflation on income, deposits, loans	the relationship between the inflation rate and real incomes the relationship between the inflation rate and the real appreciation of funds in savings products or current bank accounts the relationship between the inflation rate and the interest rate on a loan the relationship between the inflation rate and the real value of repayments
			inflation	[pupil] suggests how a citizen can protect themselves against moderate and high inflation
Household economy	lower secondary school	introduction to financial services	compares financial products, particularly in terms of risk, return and liquidity	the relationship between the potential return on an investment and its potential riskiness the relationship between the potential appreciation of the funds saved and its liquidity
		planning	identifies risks to the achievement of financial goals and proposes ways to mitigate them	the relationship between the inflation rate and the real value of savings the relationship between the inflation rate and the real appreciation of the investment product
	upper secondary school		to deepen the level of mastery	all previous
Household budget surplus	upper secondary school	savings	[pupil] selects the appropriate savings product	the relationship between the inflation rate and the real value of savings the relationship between the potential appreciation of savings and liquidity
			[pupil] calculates how long to save for a certain purpose	the relationship between the inflation rate and the real value of savings
		investment	[pupil] assesses different types of investments, including investments in property	the relationship between the potential return on an investment and its potential riskiness the relationship between the inflation rate and the real appreciation of an investment

			[pupil] uses an example to show the necessity of spreading the risk	the relationship between the number of different investment instruments held in the portfolio and the risk of impairment of the investment portfolio
		security for old age	[pupil] describes the options for security in old age	the relationship between the inflation rate and the real appreciation of savings
Household budget deficit	upper secondary school	interests, loans	[pupil] explains the methods of determining interest rates and the use of APRC	the relationship between the inflation rate and the level of interest rates the relationship between various variables (characteristics of the borrower and the loan itself) and the level of the interest rate
			[pupil] selects the most suitable loan in the example	see above
			[pupil] estimates or finds the normal interest rate and APRC of common types of loans	see above

Appendix II: Original versions of tasks

Příklad 1

Vypočítejte, jakou hodnotu bude mít 1 000 000 Kč a) za rok, pokud bude roční inflace ve výši 3,2 %, b) za 10 let, pokud bude průměrná roční inflace ve výši 3,2 %.

řešení

a) za rok

1. krok

Využijeme vzorec $K = K_0 \cdot \left(\frac{1}{1+r}\right)^n$.

2. krok

V tomto případě je $K_0 = 1\,000\,000$, $r = 0,032$, $n = 1$.

Po dosazení dostáváme: $K = K_0 \cdot \frac{1}{1+r} = 1\,000\,000 \cdot \frac{1}{1,032} \doteq 968\,992$

závěr: Vlivem inflace klesne hodnota na 968 992 Kč, tj. během roku ztratíme z miliónu asi 31 000 Kč.

b) za 10 let

1. krok

Opět vyjdeme ze vzorce $K = K_0 \cdot \left(\frac{1}{1+r}\right)^n$.

2. krok

V tomto případě dosadíme za $K_0 = 1\,000\,000$ Kč, $r = 0,032$, $n = 10$.

Po dosazení dostáváme: $K = K_0 \cdot \left(\frac{1}{1+r}\right)^n = 1\,000\,000 \cdot \left(\frac{1}{1,032}\right)^{10} \doteq 729\,799$

závěr: Vlivem inflace klesne hodnota na 729 799 Kč, tj. během 10 let ztratíme z miliónu asi 270 000 Kč.

Fig. 5: Task in Figure 1

Roční inflace je vždy a %. Za kolik let se ceny zdvojnásobí? Řešte obecně a pak pro $a = 3$ %.

Fig. 6: Task in Figure 2

2. Poplatek za psaní podané na poště byl dříve určován podle hmotnosti takto:

do 20 g	8 Kč
přes 20 g do 50 g	10 Kč
přes 50 g do 200 g	12 Kč
přes 200 g do 350 g	14 Kč
přes 350 g do 500 g	16 Kč
přes 500 g do 1 kg	20 Kč

Určete funkci, která vyjadřovala příslušnou závislost (tj. závislost výše poplatku na číselné hodnotě hmotnosti psaní) a sestrojte její graf.

Fig. 7: Task in Figure 3

Příklad 9

Určete, po kolika letech bude na účtu částka vyšší než 1 000 000 Kč, jestliže si uložíme částku 500 000 Kč na 4% úrok p.a. při složeném úrokování (pro jednoduchost neuvažujte daň z úroků).

řešení

1. krok

Při složeném úrokování připisuje banka na konci každého úrokovacího období vkladateli úrok a v následujícím období se úrok vypočítává z takto navýšené částky.

2. krok

V čase $t = 0$ (na začátku) máme uloženo 500 000 Kč.

3. krok

V čase $t = 1$ (na začátku druhého roku) máme uloženo $500\,000 \cdot 1,04 = 520\,000$ Kč.

4. krok

V čase $t = 2$ (na začátku třetího roku) máme uloženo $500\,000 \cdot 1,04^2 = 540\,800$ Kč.

5. krok

Označme x hledaný počet úrokovacích období (let). Dostáváme tak nerovnici:

$$500\,000 \cdot 1,04^x \geq 1\,000\,000$$

6. krok

Upravíme na tvar:

$$1,04^x \geq 2$$

7. krok

Zlogaritmuje obě strany nerovnice logaritmem o základu 10. Vzhledem k tomu, že logaritmus o základu 10 je rostoucí funkce, zůstane nerovnost zachována a dostaneme:

$$x \cdot \log 1,04 \geq \log 2$$

$$x \geq \frac{\log 2}{\log 1,04} \approx 17,67$$

závěr

Po 18 letech bude na účtu více než 1 000 000 Kč.

Fig. 8: Task in Figure 4

Možnosti využitia poznania neurovied v teórii fyzikálneho vzdelávania

Opportunities for the use of neuroscience knowledge in the theory of physics education

Daša Červeňová¹,  Peter Demkanin^{1,*}

¹Fakulta matematiky, fyziky a informatiky, Univerzita Komenského v Bratislave, Mlynská dolina F1, 842 48 Bratislava, Slovensko; peter.demkanin@uniba.sk

V 20. storočí teóriu vyučovania fyziky, podobne ako iné odborové didaktiky, významným spôsobom ovplyvnili výsledky práce empirických psychológov. Takmer určite každý učiteľ pozná mená ako Piaget, Bruner, Maslow a každý učiteľ pozná Bloomovu taxonómiu. V súčasnosti začína byť celkom zrejmé, že časť teoretického pozadia procesov dejúcich sa v rámci učenia sa fyziky sa presúva do novej oblasti nazývanej neurovedy, vedy o učení sa, vedy nazývanej aj veda o myslení, mozgu a učení sa. Tímy neurovedcov vybavené kvalitnými medicínskymi zobrazovacími metódami pátrajú po tom, v ktorých častiach mozgu prebiehajú ktoré operácie, ako tieto časti navzájom spolupracujú a ako možno vysvetliť, spresniť a doplniť zistenia psychológov 20. storočia. Prípadne upozorňujú na závery, ktoré sa javia ako nepodložené. Príspevok podrobne rozpracúva jednu z teórií súvisiacu s fungovaním našej mysle. Teória klasifikuje spôsoby uvažovania do piatich kategórií, symboly, vzory, usporiadania, kategórie a vzťahy. Pilotné vedomé používanie týchto kategórií vo fyzikálnom vzdelávaní sa javí ako sľubné a zdá sa, že má potenciál ho skvalitniť prostredníctvom zapracovania do učebníc, ako aj do práce učiteľa.

Klíčovú slova:
neurovedy vo vzdelávaní, myslenie, fyzikálne vzdelávanie, vedy o učení sa.

Zasláno 4/2023
Revidováno 10/2023
Přijato 11/2023

In the 20th century, the theory of physics education, like other subject didactics, was significantly influenced by results of the empirical work of psychologists. Certainly, almost every teacher knows names like Piaget, Bruner, Maslow, and every teacher knows Bloom's taxonomy. Nowadays, it is becoming quite obvious that the theoretical background of the processes taking place while learning physics is moving into the new field called neuroscience, the science of learning, sometimes called the science of mind, brain and education. Teams of neuroscientists equipped with high-quality medical imaging methods seek for the parts of the brain that are undergoing certain operations, how these parts cooperate with each other, and how the findings of psychologists of the 20th century can be explained and refined, or they draw attention to conclusions that appear to be unfounded. This paper elaborates on one of the hypotheses about how our mind works. The hypothesis classifies ways of thinking into five categories, symbols, patterns, ordering, categories, and relationships. Piloting the conscious use of these categories in physics education appears promising and seems to have the potential to improve it through incorporation into textbooks as well as teachers daily work.

Key words:
neurosciences in education, mind, physics education, the learning sciences.

Received 4/2023
Revised 10/2023
Accepted 11/2023

1 Úvod

Teória vyučovania fyziky sa venuje okrem iného aj procesom súvisiacim s fyzikálnym poznávaním, procesom, ktoré prebiehajú keď sa žiak učí, napríklad keď sa učí druhý Newtonov zákon. Žiak ako súčasť rovesníckej skupiny – skupiny žiakov v rámci školskej triedy, vo vhodne dizajnovanom prostredí pre vzdelávanie, je neustále obklopený nespočetným množstvom podnetov, ktoré sa jeho mozog snaží priebežne spracovávať. Informácie získavané zmyslami sú procesmi v mozgu (procesmi mysle) selektované, prechádzajú filtrom predchádzajúcich vedomostí a skúseností a niektoré z nich sú ďalej spracovávané. V rámci vyučovania zámerne vytvárame určité situácie slúžiace ako zdroje podnetov, ktoré majú potenciál rezonovať v súbore vedomostí jednotlivých žiakov. Fyzikálne vzdelávanie na základných a stredných školách na Slovensku sa najčastejšie opiera o individuálny kognitívny konštruktivizmus J. Piageta, sociálny konštruktivizmus J. Deweyho a L. S. Vygotského, prípadne o ich kombináciu. V školskej praxi sa však uplatňujú aj ďalšie prístupy. Ako uvádza Petty (2014), v druhej polovici 20. storočia sa vyprofilovalo niekoľko hlavných prúdov nazerania na procesy učenia sa. Prístup nazývaný kognitívny konštruktivizmus je založený na myšlienke, že učiaci sa konštruujú svoje vnímanie sveta, pričom nové poznanie je konštruované z predchádzajúceho. Pravdepodobne najznámejšou súčasťou tohto prístupu je Bloomova taxonómia, pojmy povrchné a hĺbkové učenie sa a pojem miskoncepce. Druhým prístupom, ktorý uvádza Petty (2014), je prístup behavioristický, založený na myšlienke odmienu, motivácie a posilnenia požadovaného správania učiaceho sa. Dôležitou myšlienkou tohto prístupu je, že učenie sa nastáva postupne

a je posilňované opakovaným úspechom. Podľa tohto prístupu si pamätáme najmä to, čo zažívame často a tiež to, čo sme zažili nedávno. Tretím prístupom je prístup humanistický, založený na myšlienke, že učiteľ má plniť emocionálne potreby učiacich sa. Dôležitou myšlienkou tohto prístupu je, že vyučujúci majú v učiacich sa posilňovať ich vlastné sebariadenie, že učiaci sa majú brať zodpovednosť za vlastné učenie sa. Petty samostatne uvádza aj učenie sa, ktoré nie je vyvolané vyučovaním a toto nazýva sociálne učenie sa. Podrobnejší prehľad psychológov 20. storočia, ktorí ovplyvnili teóriu vyučovania fyziky, možno nájsť napríklad v učebnici Didaktika fyziky (Demkanin, 2018, s. 9).

Vzdelávanie si spravidla dáva za cieľ naučiť čo najviac, čo najvhodnejšie vybraných poznatkov, rozvinúť žiaka čo najlepšie, rozvinúť hlboké a použiteľné vedomosti, rozvinúť postoje, zručnosti, spôsobilosti súvisiace s tímovou prácou, spôsobilosti vnímať aj širšie súvislosti svojej činnosti. V tomto článku sa nejdeme prioritne venovať výberu obsahu pre fyzikálne vzdelávanie, teda tomu, čo v rámci fyzikálneho vzdelávania učíť. Venujeme sa činnostiam, procesom, ktoré vedú k učeniu sa, procesom súvisiacim s učením sa a aplikovaním poznania na optimalizáciu fyzikálneho vzdelávania. Článok predstavuje časť teoretického pozadia pre dizajn pripravovanej série učebníc fyziky.

1.1 Zameranie príspevku

Príspevok si kladie za cieľ priblížiť niektoré spôsoby využitia nedávnych výsledkov neurovied do teórie fyzikálneho vzdelávania. Je všeobecne známe, že učenie sa niečoho nového prechádza filtrom predchádzajúcich skúseností. Menej známym je však fakt, že toto platí aj v prípade, ak sa žiak učí niečo celkom vzdialené jeho predchádzajúcim skúsenostiam. Aj v tomto prípade jeho mozog hľadá referenčný bod, niečo, o čo sa môže oprieť, bez čoho by sa dostal do zacykľenej slučky. Jeho mozog prirodzene hľadá niečo, čo by ho mohlo navigovať učením sa niečoho nového. Vytvára základnú sieť predchádzajúcich vedomostí, na ktorých môže postaviť nové poznanie. Táto sieť môže viesť k skvelému vhľadu do riešenej problému, alebo tiež k alternatívnemu konceptu hlboko sa líšiacemu sa od normatívneho. Čo vieme o tom, ako mozog žiaka pri učení pracuje? Čo z toho, čo o fungovaní mozgu vedia odborníci zameraní na túto oblasť, môže prehĺbiť poznanie didaktikov fyziky? Väčšia časť tohto príspevku rozpracováva jednu z teórií, teóriu piatich pilierov mysle, pričom ju rozpracováva pre použitie v didaktike fyziky.

2 Vedy o učení sa, rozhranie minulého a tohto storočia

Začiatkom 90. rokov minulého storočia vznikla veda v angličtine nazývaná „The Learning Sciences“, za jej počiatok možno pokladať vznik časopisu *Journal of the Learning Sciences* vo vydavateľstve Routledge. Časopis má pevné miesto v prvom kvartile Scimago v kategóriách vzdelávanie aj edukačná psychológia. V období vzniku tohto časopisu sa začali organizovať tiež konferencie zamerané na vedy o vzdelávaní a postupne vznikli vysokoškolské učebnice. Pravdepodobne najznámejšou je učebnica R. K. Sawyera, *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences* (Sawyer, 2014). Inšpirovaní touto učebnicou sme v teórii vyučovania fyziky zrealizovali niekoľko výskumov a vytvorili sme učebnicu Didaktika fyziky (Demkanin, 2018). Podstatne viac, než bolo v literatúre predtým zvyčajné, sme sa venovali skefoldingu, a to v oboch významoch, skefolding interakcie učiteľ–žiak (Van de Pol et al., 2010), i skefolding rozložený v prostredí pre učenie sa (Puntambekar, 2021), napríklad štruktúrou textov pre žiaka a digitálnymi nástrojmi. Prístupy vied o učení sa spomenuté v tejto časti sme aplikovali v článkoch (Demkanin, 2019, 2021).

Posun vo vnímaní fyzikálneho vzdelávania aplikovaním poznatkov vied o učení sa sme ilustrovali na konferencii DIDFYZ 2019, v príspevku (Demkanin & Kováč, 2019). Hlavný prístup k fyzikálnemu vzdelávaniu v druhej polovici 20. storočia bol založený na všeobecne prijímanom predpoklade, že vedomosti sú množinou faktov a spôsobov práce, napríklad faktov súvisiacich s Lenzovým zákonom a spôsobov práce súvisiacich s meraním elektrického napätia voltmetrom, a že cieľom fyzikálneho vzdelávania je dostať tieto fakty a spôsoby práce do hláv žiakov. Učiteľia, podľa (Demkanin & Kováč, 2019), tieto fakty a spôsoby práce ovládajú a ich úlohou je preniesť ich k žiakom, napríklad inštruovaním žiakov pri experimentoch. Jednoduchšie fakty bolo, podľa vtedajších prístupov, vhodné učiť skôr ako fakty komplexnejšie. Úspešnosť vzdelávania bola posudzovaná na základe toho, koľko faktov a spôsobov práce žiaci zvládli. Inštrukcionizmus kvalitne pripravoval žiakov na život v industriálnej spoločnosti a v druhej polovici 20. storočia sa javil ako optimálny prístup k fyzikálnemu vzdelávaniu. Ako píše Sawyer (2014), v súčasnosti (teda pred 10 rokmi, keď vznikala citovaná kniha), absolventi povinného vzdelávania pracujú s komplexnými pojmami. Potrebujú byť schopní spolupracovať s inými, vyjadrovať sa smerom k iným jasne, a to hovoreným slovom i písomne, majú mať rozvinuté prírodovedné, matematické, inžinierske i podnikateľské myslenie. Vedomosti majú mať navzájom integrované a použiteľné, nestačí mať súbor faktov podporených inštrukciami učiteľa, nenaviazaných na kontexty. Potrebujú byť zodpovední za svoje vlastné učenie sa. V tomto období, v rámci vied o učení sa, sa zvýrazňovali dva prístupy k vyučovaniu fyziky, učenie

sa žiakov o fyzike a robenie fyziky žiakmi, pričom oba tieto prístupy sa mali navzájom dopĺňať, a to na každom stupni vzdelávania.

3 Začiatky využívania výsledkov neurovied v teórii učenia sa

Pokrok, či revolúcia, v možnostiach medicínskeho zobrazovania činnosti mozgu priam ponúka hľadanie činností mozgu súvisiacich s učením sa. Dekáda 1990 až 2000 bola, najmä v USA, nazývaná dekadou mozgu a masívne investície do výskumu priniesli významný pokrok najmä v možnostiach hľadať miesta v mozgu, v ktorých prebiehajú činnosti súvisiace s myslením. Poznanie neurovied dospelo do štádia, že viaceré výsledky tejto oblasti je možné uplatniť vo vedách o učení sa, najmä pri vysvetľovaní poznatkov vied o učení sa. Vedy o učení sa získavajú poznatky spravidla pozorovaním učiacich sa v rôznych situáciách, či už v situáciách reálnych, alebo v situáciách laboratórnych. Neurovedy pracujú s dátami získanými zobrazovaním činností mozgu. Experimenty s použitím týchto zobrazovacích metód viac pripomínajú výskum v prírodných, než v sociálnych či edukačných vedách.

3.1 Časopisy venujúce sa neurovedám v teóriách učenia sa

Významným medzníkom v hľadaní prepojení medzi neurovedami a vedami o učení sa bolo založenie časopisu *Mind, Brain, and Education*, vydavateľom Wiley, v roku 2007. V roku 2015 bol skupinou Springer Nature založený časopis *Npj science of learning*, ktorý sa v podstate okamžite etabloval v 1. kvartile rebríčka Scimago. Ako príklad prístupov využívajúcich zobrazovanie mozgu funkčnou magnetickou rezonanciou (fMRI) môžeme uviesť článok S. Fynes-Clintona a kol. (2022), v ktorom zobrazovali mozgy učiteľov v rámci emočnej regulácie v súvislosti s vyhorením učiteľa. Objavujú sa štúdie argumentujúce, že neurovedy nemôžu priamo ovplyvniť prax vo vzdelávaní (Bowers, 2016) a že mnohé staršie programy prezentujúce svoje prístupy ako programy založené na poznaní mozgu nepreukázali svoje opodstatnenie. Mnohé iné štúdie však jasne ukazujú, že poznanie mozgu je pre vzdelávanie dôležité, môže prehĺbiť poznanie vo vzdelávaní a tiež skvalitniť prax (Donoghue & Horvath, 2016). Clement a Lovat (2012) vo svojej štúdií idú ešte ďalej, riešia pojmový rámec pre aplikovanie informácií z neurovied do vzdelávania, včítane aplikovania do tvorby kurikula. Súčasný prehľad možností aplikovania neurovied do vzdelávania predstavili Gkintoni a Dimakos (2022). Upozorňujú, že napriek skutočnosti, že viaceré výskumy úspešne aplikujú neurovedy do vzdelávania žiakov s poruchami (napr. dyslexia, ADHD, sociálne a emočné poruchy), aplikovanie poznania neurovied je možné a potenciálne prínosné aj do vzdelávania všeobecne. Sirois a kol. (2008) na príkladoch ukazujú možnosti využitia poznatkov neurovied pri vysvetľovaní vybraných záležitostí týkajúcich sa učenia, pričom rozoberajú najmä učenie sa malých detí, napr. počiatky vizuálnej percepcie a súvis neurovied s vysvetľovaním vývojových porúch, napr. ADHD. Význam neurovied pri transformácii vzdelávania na školách podrobne opisujú Carew a Magsamen (2010). Vyzdvihujú možnosti aplikovania poznania neurovied do tvorby metód vyučovania a učenia sa ako aj do tvorby kurikula. Elouafi, Lotfi a Talbi (2021) aplikovali poznanie neurovied na štyri metódy vyučovania, hranie rolí, študent-expert, poskytnutie informácií viacerými spôsobmi a mapa mysle. Ukázali, že využitím neurovied tieto štyri metódy obohatili a na vzorke 239 žiakov získali nárast v meraných aspektoch pozornosti, angažovanosti, práca s chybou a zapamätanie si slov. Zaujímavý pohľad prinášajú Owens a Tanner (2017). Poznanie neurovied aplikujú na jednoduchý typ aktivity Premysli si – Prediskutuj – Podel sa s informáciami s celou triedou (Think-Pair-Share) a ukazujú význam tohto typu aktivít z pohľadu nazerania na procesy učenia sa dejúce sa v mozgu. Zároveň však upozorňujú, že niektoré pojmy vied o učení sa, ako napríklad metakognícia, alebo organizácia poznania, stále nevieme prepojiť s poznaním mozgu. Immordino-Yang (2011) sa v svojej práci venuje súvislostiam kognície a afektívnej a sociálnej stránky poznávania a upozorňuje, že neurovedy ponúkajú celkom nový pohľad na tieto oblasti. Navrhuje, aby neurovedci a pedagógovia navzájom spolupracovali a vytvorili nové spôsoby pochopenia rozvoja žiaka, také, ktoré sú prakticky použiteľné pri návrhu prostredia pre učenie sa.

3.2 Konštruktivizmus vo vyučovaní a neurokonštruktivizmus

Pojem z vied o učení sa, ktorý sme v tomto článku spomenuli v úvode, konštruktivizmus, je silne prepojený s neurovedami. Westermann s kolektívom (2007) zaviedli pojem neurokonštruktivizmus, ktorý rozvíja predchádzajúce verzie konštruktivizmu a podstatné detaily tohto pojmu vysvetľuje na základe poznania činností mozgu. Zároveň upozorňujú na možnosti počítačového modelovania pri skúmaní procesov poznávania a pri prehlbovaní poznania zákonitostí neurokonštruktivizmu. Pomerne rozšíreným pojmom kognitívneho konštruktivizmu v prírodovednom vzdelávaní je pojem miskoncepce. Desaťročia sme sa snažili nájsť spôsoby odstraňovania miskonceptí, spôsoby, ako fyzikálnym vzdelávaním zabezpečiť, aby žiaci miskoncepce nemali. Pochopili sme, že miskoncepce sa odstrániť nedajú, aj keď by to často bolo žiadúce.

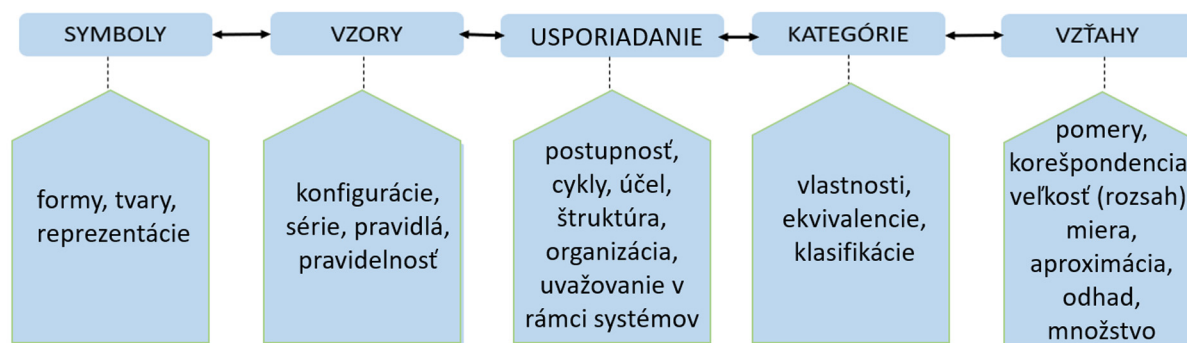
Ak žiak niečo vie, tak mu to nevieme zobrať, vieme iba navodiť situácie, v ktorých žiak získa nové skúsenosti, ktoré doplnia chýbajúce detaily. Renouard a Mazabraud (2018) navrhli používať namiesto pojmu miskoncepce pojem alternatívne koncepcie a na základe viacerých poznatkov neurovied navrhujú spôsoby, ako dizajnovať prostredie pre učenie sa podporujúce inhibíciu alternatívnych konceptov a podporujúce tvorbu normatívnych konceptov. Komplexný súčasný pohľad na neurokonštruktivizmus s odkazmi na čiastkové výsledky výskumu v oblasti učenia sa matematiky a jazyka čitateľ nájde v Tokuhama-Espinosa a Borja (2023).

3.3 Interakcia neurónov v mozgu a sociálne vzťahy žiaka v skupine

Jednou z príčin nesúladu názorov na miesto neurovied v edukačných vedách má nesúlad v hĺbke analýzy situácií. Je zrejme, že učenie sa človeka je principiálne založené na vzájomnej interakcii neurónov, a tiež je celkom zrejme, že učenie sa je socio-kultúrna záležitosť. Ďalej v článku sa venujeme teórii piatich pilierov mysle a článok stavíme do úrovne učenia sa jednotlivca. Aplikácie, samozrejme, predpokladajú učenie sa v sociálnom priestore, v priestore pre učenie sa. Pri aplikovaní súčasného poznania neurovied je tiež potrebné brať do úvahy silnú a dôležitú zotrvačnosť vo vnímaní vzdelávania učiteľmi (Lomba-Portela et al., 2022). Komplexná história názorov na využívanie poznania mozgu vo vzdelávaní, zahrňujúca obdobie 3 000 rokov pred našim letopočtom až po súčasnosť, je dostupná v monografii *Crossing Mind, Brain, and Education Boundaries* (Nouri et al., 2023).

4 Teória piatich pilierov mysle

Zobrazovanie mozgu počas jeho činnosti nám umožňuje skúmať miesta, ktoré sú aktivované počas rôznorodých činností, napríklad počas istých foriem rozmyšľania. Ako príklad môžeme uviesť výskum Masona, Schumachera a Justa (2021) v ktorom porovnávali oblasti mozgu aktivované pri iniciovaní fyzikálnych pojmov rôzneho typu. Tím okolo profesorky z Harvardovej univerzity T. Tokuhama-Espinosa preštudoval okolo tisíc štúdií neurovied zaoberajúcich sa procesmi v mozgu pri učení sa matematiky a jazyka a snažili sa nájsť kategorizáciu týchto procesov z hľadiska miest v mozgu, ktoré sú počas týchto činností aktivované. Výsledkom tohto snaženia je teória piatich základných kategórií, piatich základných typoch uvažovania súvisiacich s aktivovanými oblasťami mozgu. Týchto päť kategórií T. Tokuhama-Espinosa nazvala symboly (symbols), vzory (patterns), usporiadania (order), kategórie (categories) a vzťahy (relationships). Na obr. 1 sú predstavené aj ich podpiliere. Na Slovensku sme sa tejto teórii začali venovať v práci (Červeňová, 2022).



Obr. 1: Piliere mysle podľa T. Tokuhama-Espinosa (2019), upravené

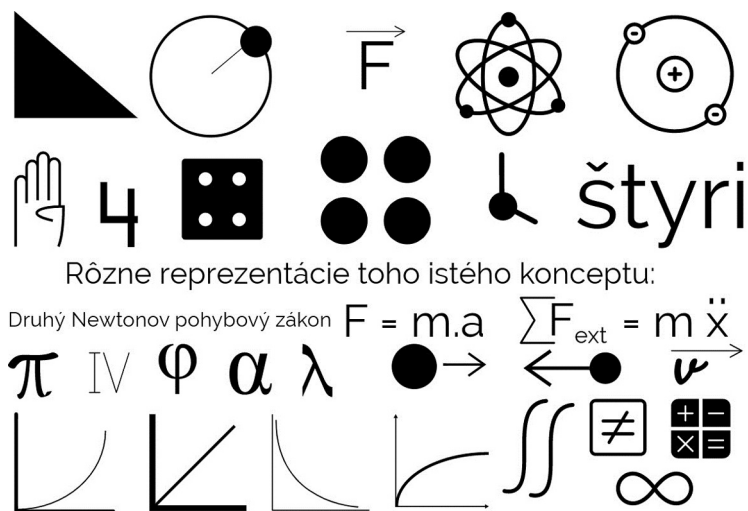
Piliere sú vzájomne závislé a nemusia byť nevyhnutne regulované hierarchiou. Napríklad kategórie závisia od vzorov, vzory sa naopak opierajú o symboly, usporiadanie závisí od vzťahov, a pod. Piliere nemusia byť vždy aktivované spolu, avšak keď áno, navzájom sa dopĺňajú. Následne tento tím skúmal ďalších vyše dvetisíc štúdií neurovied týkajúcich sa procesov učenia. Výsledkom bol záver, že všetko, čo sa ľudia učia, je buď symbol a/alebo, vzor, a/alebo usporiadanie, a/alebo kategória, a/alebo vzťah. Týchto päť pilierov nielenže ponúka organizujúci koncept pre už existujúce teórie o učení, ale tiež navrhuje spôsoby riešenia mnohých výziev týkajúcich vzdelávania, ktoré existujú mnoho desaťročí, počnúc riešením problémov pri navrhovaní inštrukcií pre kvalitné učenie sa až po zlepšenie diagnostiky porúch učenia (Tokuhama-Espinosa, 2019, s. 8–9). V ďalšej časti priblížime tieto piliere a predstavíme vybrané výsledky nášho teoretického výskumu zameraného na aplikovanie tejto teórie na fyzikálne vzdelávanie.

4.1 Symboly

Uvedme, ako autorka teórie piatich pilierov vníma symboly. Súčasťou piliera symboly sú podpiliere *formy, tvary a reprezentácie*.

Symboly sú znaky, ktoré nahrádzajú bežne používané reprezentácie a označujú významy, funkcie, procesy, pocity alebo objekty, vrátane slov. Symboly môžu byť znaky alebo písmená, ale tiež aj emodži alebo ideogramy, všetko, čo niečo reprezentuje, vrátane emblémov, dopravných značiek, lôg spoločností a ďalších značení. Symboly tiež môžu byť nehmotné, ako napríklad v literárnom symbolizme, zahrňujúc javy alebo jednoduché hovorené slová, ktoré môžu byť použité na úplne odlišné vyjadrenie špecifického kontextu (Tokuhamu-Espinosa, 2019, s. 28).

V našom teoretickom výskume sme analyzovali vybrané časti obsahu fyzikálneho vzdelávania na základnej a strednej škole a snažili sme sa identifikovať *symboly*, ktoré vo fyzike rozvíjame – ktorými zároveň rozvíjame schopnosti žiakov súvisiace s týmto pilierom mysle. Jedny z najdôležitejších symbolov sú písmená latinskej abecedy, aj fyzika je sprostredkovaná pomocou jazyka. Vo fyzike využívame niektoré písmená a skupiny písmen na symbolizovanie fyzikálnych veličín a ich jednotiek. Ak napíšeme F (N), v kontexte fyziky základnej školy si mnohí predstavia veličinu sila a jednotku Newton. Heuristika, skratka, vybudovaný zvyk, žiakovi umožní, bez vynaloženia väčšej námahy identifikovať veličinu silu uvedenú v texte, v matematickom vzťahu, na obrázku. Náš mozog, podobne ako iné systémy, sa snaží spracovávať podnety efektívne, snaží sa šetriť energiou všade, kde to je možné. Takto vybudované heuristiky môžu však tiež spôsobiť skreslenosť informácie, zaujatosť, môžu viesť k chybným reprezentáciám symbolu. Napríklad, ak rukou napíšeme 12 ms a niekde inde $2,2 \text{ ms}^{-1}$, pokojne môžeme prvú informáciu vnímať ako 12 milisekúnd, a druhú ako 2,2 metrov za sekundu, ale tiež ako $2,2 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ čo je 2,2 mHz, alebo tiež, pri interpretácii $2,2 (\text{ms})^{-1}$ $2,2 \cdot 10^3 \text{ s}^{-1}$ čo je 2,2 kHz. Heuristiky založené na symboloch nám v školskej fyzike iste pomáhajú, a pomáhajú tiež našim absolventom základnej školy, avšak žiaci i učitelia by si mali byť vedomí limitov spojených s vyžívaním symbolov. V našom príklade vnímame jednotky veličín ako symboly, ktoré môžu viesť k nejednoznačnej a často aj chybným interpretáciám a je preto dôležité rozvíjať prácu s jednotkami aj na úrovni piliera vzťahu. Ako píše Tokuhamu-Espinosa (2021, s. 20), náš mozog vytvára pri tvorbe rozhodnutí skratky založené na opakovanej skúsenosti. Zámerné rozvíjanie spôsobilostí pracovať so symbolmi (teda s formami, tvarmi a reprezentáciami) v školskej fyzike bežne realizujeme, aj bez poznania teórie piatich pilierov mysle. Na obr. 2 je uvedených niekoľko typických príkladov rôznych symbolov a rôznych reprezentácií napríklad počtu štyri, alebo Druhého Newtonovho zákona.



Obr. 2: Príklady symbolov v školskej fyzike (autori)

Na obrázku si môžeme všimnúť tiež riziká spojené s nevhodným používaním symbolov žiakmi. Jeden z grafov môže za istých predpokladov predstavovať graf priamej úmery. Ak si žiak vybuduje predstavu, že priamka prechádzajúca počiatkom súradnicového systému je grafom rovnomerne zrýchleného pohybu (a teda vidí tam závislosť rýchlosti od času napriek skutočnosti, že žiadne veličiny na osiach uvedené nie sú) môže to pre učiteľa znamenať, že si žiak dobre rozvíja pilier symboly, avšak graf je potrebné vnímať tiež ako vzťah medzi dvoma veličinami, ktoré by mali byť reprezentované na osiach grafu. Tiež by mal žiak hľadať informácie o tom, či v tvare grafu (vnímanom ako symbol) počiatok súradníc odpovedá nulovým hodnotám veličín zobrazených na osiach, teda napríklad či symbol grafu na prvý pohľad odpovedajúci

priamej úmery je naozaj grafom priamej úmery, alebo iba inej lineárnej závislosti. Pri Druhom Newtonovom zákone sme na obrázku dali reprezentácie, v ktorých nevystupuje čas. V školskej fyzike chceme dosiahnuť stav, kedy si žiak pri veličine zrýchlenie predstaví rýchlosť zmeny rýchlosti v čase, a tiež stav, keď si žiak predstaví výslednicu pôsobiacich síl ako rýchlosť zmeny hybnosti v čase.

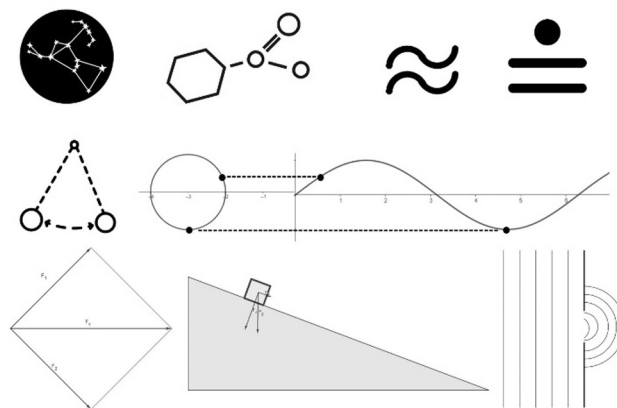
4.2 Vzory

Uvedme, ako autorka teórie piatich pilierov vníma *vzory*. Súčasťou piliera vzory sú podpiliere *konfigurácie, série, pravidlá a pravidelnosti*.

Vzory sú modely, opakujúce sa návrhy alebo organizačné postupy a iné rutiny. Vzory taktiež vytvárajú očakávania či predpovede. Vzory sa vyskytujú v prírode, v rastlinách, zvieratách, ale aj v neživej prírode, napr. piesok, vrchy, oblaky či oceán. Sociálne vzorce ponúkajú vysvetlenie, prečo niektorí ľudia robia nelogické rozhodnutia, ako napríklad čo jesť, kedy ísť spať, koľko cvičiť. Ich rozhodnutia sú založené na desaťročia sa opakujúcom vzorci správania v ich komunite a nie na vyhodnocovaní informácií. Tvorba a využívanie vzorov (patterning) je synonymom pre modelovanie, kopírovanie alebo napodobňovanie. Vo slovesnej forme má slovo vzor významy modelovať, napodobňovať, zdobiť. Štruktúry môžu byť vyjadrené pomocou konfigurácií, sérií, pravidiel, pravidelností alebo očakávaných myšlienkových vzorcov (Tokuhama-Espinosa, 2019, s. 46).

V obsahu fyzikálneho vzdelávania na základnej a strednej škole sme identifikovali vzory, ktoré vo fyzike rozvíjame – ktorými zároveň rozvíjame schopnosti žiakov súvisiace s týmto pilierom mysle. Príkladom konfigurácie je súhvezdie – nemenná relatívna poloha hviezd na nočnej oblohe. Inou zaužívanou konfiguráciou sú vlnoplochy v okolí bodového zdroja vlnenia. Na gymnáziu použijeme aj dve rovnaké konfigurácie – vlnoplochy z dvoch zdrojov – pre odvodenie zákonitostí interferencie svetla. Farby dúhy tvoria konfiguráciu – stále usporiadanie, a to aj pri rozklade svetla na spektrum iným spôsobom než je rozklad na kvapkách vody pri vzniku dúhy. Ku vzorom zaraďujeme aj série – série vytvárajú očakávania. Keď nastane prerušenie zvyčajnej série, vzniká nesúlad. Napríklad ak počujeme konkrétnu hudobnú stupnicu v sérii a zaznie neočakávaná nota, dochádza k aktivovaniu systému pozornosti. Vzory sú dôležité pre učenie, ktoré je založené na očakávaní – mozog vyhľadáva opakujúce sa vzory a je upozornený na špecifické situácie vymykajúce sa týmto vzorom. Séria je kľúčom k mnohým matematickým postupom, vrátane postupov matematickej analýzy a štatistiky. *Pravidlá* sú tiež príkladmi vzorov, napríklad pravidlá zaokrúhľovania desiatinných čísel alebo pravidlo zaokrúhľovať na platný počet číslic výsledku. Zámerné rozvíjanie spôsobilostí pracovať s vzormi (teda s konfiguráciami, sériami, pravidlami a pravidelnosťami) v školskej fyzike bežne realizujeme, aj bez poznania teórie piatich pilierov mysle.

Na obr. 3 je uvedených niekoľko typických príkladov rôznych vzorov. Konfiguráciami môžu byť napríklad usporiadania atómov v molekule. Pravidlá zaokrúhľovania a používania vhodného počtu platných čísel (alebo desiatinných číslic), používania vedeckého zápisu čísla, patria tiež ku vzorom. Na základnej škole rozvíjame žiakov v schopnosti využívať vektorové reprezentácie síl na naklonenej rovine – žiaci sa učia pravidlá, ako nájsť výslednicu síl pôsobiacich na teleso. Pohyb matematického kyvadla môže pre žiaka predstavovať pravidelnosť a túto môže školská fyzika rozvinúť do schopnosti zakresliť napríklad graf závislosti vodorovnej polohy od času – teda konfiguráciu odpovedajúcu harmonickej funkcii. Na obrázku sme tiež naznačili sériu vlnoplôch na vodnej hladine, rozvíjanú v témach vlnenie a vlnová optika,



Obr. 3: Príklady vzorov v školskej fyzike (autori)

ktoré tradične majú svoje miesto v školskej fyzike. Tiež na tomto mieste chceme zvýrazniť rozdiel medzi fyzikálnym vzorcom a fyzikálnym vzťahom. Napríklad pravidlo pre výpočet elektrického prúdu prechádzajúceho rezistorom pripojeným na zdroj s istým elektrickým napätím pokladáme za vzorec (používanie má charakter piliera mysle vzory), ak ho žiak používa spôsobom: do vzorca dosadím hodnotu napätia v jednotkách volt a hodnotu odporu v jednotkách ohm, a po výpočte dostanem hodnotu prúdu v jednotkách ampér. Ak žiak vníma vzájomnú závislosť medzi prúdom a napätím na vodiči s konštantným odporom, potom žiak pracuje so vzťahom (pilier vzťahu).

4.3 Usporiadania

Uvedme, ako autorka teórie piatich pilierov vníma *usporiadania*. Súčasťou piliera sú podpiliere *postupnosti, cykly, štruktúry, organizácie, hierarchie, uvažovanie v rámci systémov*.

Usporiadanie predstavuje organizáciu alebo rozmiestnenie vecí alebo ľudí, ktorí sú vo vzájomnom vzťahu a to na základe špecifického usporiadania, metódy, smeru alebo štruktúry. Usporiadanie môže naznačovať polohu predmetov v priestore alebo čase a v postupnosti alebo sekvencii. Usporiadanie môže tiež predstavovať podstatu niečoho, alebo harmonické podmienky, podľa ktorých sú veci zoradené tak, aby dávali zmysel na základe vhodnosti ich umiestnenia. Ako sloveso slovo usporiadať (to order) môže znamenať usmerňovať, riadiť, regulovať, viesť alebo vhodne metodicky zaraďovať (Tokuhama-Espinosa, 2019, s. 60).

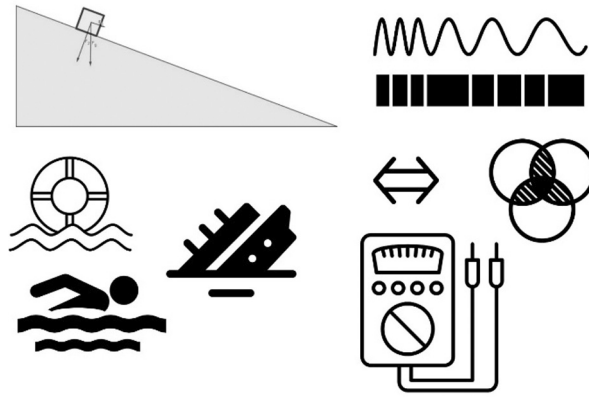
V obsahu fyzikálneho vzdelávania na základnej a strednej škole sme identifikovali usporiadania, ktoré vo fyzike rozvíjame – ktorými zároveň rozvíjame schopnosti žiakov súvisiace s týmto pilierom mysle. *Postupnosť* je konkrétne vyjadrenie poradia objektov, udalostí alebo krokov s určitým účelom. Typickou postupnosťou v učive fyziky je postupnosť stavov matematického kyvadla – kmitajúceho závažia zaveseného na niti. Pri každom periodickom deji vieme identifikovať cyklus, v ktorom sa dej periodicky opakuje. Usporiadanie je tiež poradie fáz pri zmene skupenstva – žiaci si vytvárajú predstavy, že kvapalné skupenstvo je vždy medzi pevným a plynným (aj keď, samozrejme, poznáme aj sublimáciu a desublimáciu). Ako postupnosť môžeme uviesť proces topenia ľadu, postupnosť od zohrievania ľadu, cez topenie pri teplote topenia, po zohrievanie vody, ktorá vznikla roztopením ľadu. Zámerné rozvíjanie spôsobilostí pracovať s usporiadaniami (teda s postupnosťami, cyklami, kauzalitami, štruktúrami a hierarchiami) v školskej fyzike bežne realizujeme, aj bez poznania teórie piatich pilierov mysle. Ako príklad môžeme uviesť usporiadanie planét v Slnecnej sústave, prípadne aj aplikovaním Keplerových zákonov.

4.4 Kategórie

Uvedme, ako autorka teórie piatich pilierov vníma *kategórie*. Súčasťou piliera sú podpiliere *vlastnosti, ekvivalencie a klasifikácie*.

Kategórie sú roztriedenia a klasifikácie vecí, ktoré zdieľajú určité kvality. Kategórie sa vytvárajú na základe kvalít a ekvivalencií predmetov, ľudí, miest, časov, žánrov, formátov, štýlov, typov, konceptov alebo schém, ktoré sú určené vlastnosťami alebo vzhľadom, vyjadrujúce podobnosť. Väčšina vecí na svete sa dá zoskupiť do viacerých kategórií. Veci, ktoré sú zaradené do rovnakej kategórie, zdieľajú aspoň jednu spoločnú charakteristiku. V slovesnom tvare kategorizovať znamená zaradiť veci alebo ľudí do skupín a roztriediť ich, alebo klasifikovať na základe podobnosti ich vlastností (Tokuhama-Espinosa, 2019, s. 72).

V obsahu fyzikálneho vzdelávania na základnej a strednej škole je pomerne jednoduché identifikovať kategórie. Kategorizovanie objektov a javov na základe ich vlastností vo fyzike používame často – a tým zároveň rozvíjame schopnosti žiakov súvisiace s týmto pilierom mysle. Jednou z prvých zručností, ktoré učíme deti v predškolskom veku, je identifikovať, ako sú si veci podobné a ako sa navzájom líšia. Keď sú deti o niečo staršie, môžeme ich povzbudiť, aby používali vizuálne diagramy podobností a rozdielov, ktoré im pomôžu „uvidieť“, ako môžu byť veci podobné a rozdielne zároveň. Telesá delíme na homogénne a nehomogénne, napríklad podľa hustoty v rôznych častiach telesa, alebo na izotropné a anizotropné, podľa rýchlosti svetla v rôznych smeroch v priehľadných materiáloch. V predchádzajúcej vete sme spomenuli viac pojmov, ktoré môžu viesť u čitateľa k predstave, že vo fyzike chceme zavádzať množstvo pojmov, možno až encyklopedickým spôsobom. Žiakov učíme klasifikovať veci a javy na základe ich vlastností, a aj vlastnosť, aj triedu klasifikácie je dobré pomenovať. Myslenie prebieha v pojmoch. Napríklad žiakovi je zrejmé, aký je rozdiel medzi zvukom a svetlom – avšak tento rozdiel môže byť založený na rôznych vlastnostiach – podľa úrovne vzdelania žiaka, podľa toho, aké pojmy má žiak vybudované.



Obr. 4: Príklady kategórií v školskej fyzike (autori)

Zámerné rozvíjanie spôsobilostí pracovať s kategóriami (s vlastnosťami, ekvivalenciami a klasifikáciami) v školskej fyzike bežne realizujeme, aj bez poznania teórie piatich pilierov mysle. Na obr. 4 je uvedených niekoľko príkladov, na ktorých rozvíjame pilier kategórie.

Rozklad síl pôsobiacich na naklonenej rovine, alebo presnejšie, zložky síl, môžeme považovať za kategorizáciu síl na základe ich smeru, napríklad zložky vo vodorovnom smere a v zvislom smere. Pri vzoroch sme príklad s naklonenou rovinou uviedli v súvislosti s pravidlami použiteľnými pri skladaní síl, pri hľadaní výslednice pôsobiacich síl, pri rozklade síl na dve navzájom kolmé zložky. Na tomto mieste používame príklad s naklonenou rovinou na ilustráciu kategorizácie zložiek síl. V školskej fyzike pri naklonenej rovine spravidla používame zložky síl v smere naklonenej roviny a v smere kolmom na naklonenú rovinu, avšak v niektorých situáciách má zmysel používať inú kategorizáciu – v smere vodorovnom a v smere zvislom (napríklad pri pohybe telesa naklonenou zákrutou, kde výslednica síl predstavuje dostredivú silu smerujúcu do stredu kružnice, teda zvyčajne vodorovne). Telesá môžeme na základnej škole kategorizovať napríklad podľa toho, či sa vo vode ponárajú, vznášajú, alebo plávajú na vodnej hladine. Elektromagnetické vlnenia klasifikujeme do skupín podľa vlnovej dĺžky, napríklad rádiové vlny, svetlo, röntgenové žiarenie a ďalšie. Meracie prístroje kategorizujeme napríklad podľa veličiny, ktorú nimi meriame.

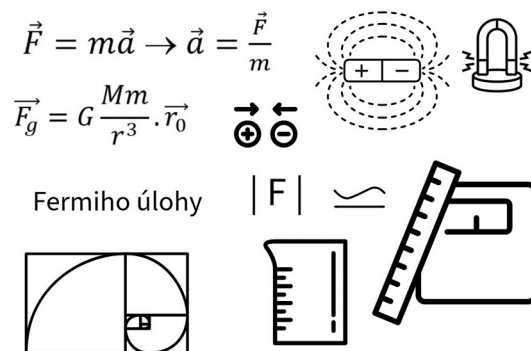
4.5 Vzťahy

Uvedme, ako autorka teórie piatich pilierov vníma pilier *vzťahy*. Súčasťou piliera sú podpiliere *pomery*, *korešpondencia*, *miera*, *aproximácia*, *odhad* a *množstvo*.

Vzťahy sú spôsoby, akým sú dva alebo viac predmetov, ľudí alebo konceptov prepojené, ako spolu súvisia, alebo je to tiež stav, ktorým sú dve alebo viac vecí prepojené. Vzťahy môžu zahŕňať aj závislosti, podobnosti a afinity medzi pojmami alebo ľuďmi, ktoré môžu byť často vzájomne závislé. Vzťahy medzi entitami často vysvetľujú hierarchické asociácie alebo pracovné usporiadanie. Vzťahy môžu byť prirodzené alebo vymyslené (Tokuhamu-Espinosa, 2019, s. 86).

Pomer je podiel alebo časť popísaná vzťahom k celku. Podiel hmotnosti telesa a jeho objemu predstavuje vo fyzike základnej školy hustotu telesa, respektíve hustotu materiálu, z ktorého je teleso vytvorené (ak hovoríme o homogénnom telese). Proporcie šošovky sú v optike dôležité a závisí od nich napríklad aj ohnisková vzdialenosť, respektíve skutočnosť, či sa teleso s danými proporciami správa ako šošovka. Fyzikálne vzťahy, vzťahy medzi vlastnosťami objektov alebo javov, vyjadrujú vzájomnú korešpondenciu medzi fyzikálnymi veličinami vyjadrujúcimi tieto vlastnosti. Spravidla nás na fyzike zaujímajú kauzálne vzťahy. Z hľadiska mysle sú dôležité tiež analógie. Napríklad svetlo a zvuk sú fyzikálne celkom rozdielne javy, avšak skutočnosť, že obe sú vlneniami, nám umožňuje používať analógiu, dokonca aj analógiu s vlnením na vodnej hladine (napríklad pri zavádzaní pojmu interferencia vlnení). Použitie analógií je jedným z najlepších spôsobov výučby, keď študent má malé alebo žiadne predchádzajúce skúsenosti súvisiace s vyučovaným pojmom. Vzťahy môžu byť vyjadrené z hľadiska *kontextu*, okolností alebo miesta. Kontext je formovaný sociálnymi a emocionálnymi konštruktmi a ovplyvňuje všetky ľudské interakcie. V procese vyučovania a učenia sa je kontext dôležitý.

Zámerné rozvíjanie spôsobilostí pracovať so vzťahmi (s pomermi, korešpondenciami, s veľkosťou, mierou, aproximáciou, odhadom) v školskej fyzike bežne realizujeme, aj bez poznania teórie piatich pilierov mysle. Na obr. 5 je uvedených niekoľko príkladov, ktorými rozvíjame pilier vzťahy.



Obr. 5: Príklady vzťahov v školskej fyzike (autori)

Ako príklad vzťahu medzi vzdialenosťou dvoch hmotných bodov veľkosťou gravitačnej sily, ktorou na seba tieto body pôsobia. Vzťahom je samotná kauzalita, ak vzdialenosť zväčším na dvojnásobok, veľkosť sily klesne na štvrtinu. Podobne, žiakov učíme, že zrýchlenie telesa je priamo úmerné výslednici síl ktoré pôsobia na teleso. Iným typom vzťahu je zlatý rez, pomer známy z matematiky.

5 Vybrané spôsoby implementácie čiastkových výsledkov neurovied do fyzikálneho vzdelávania

V toto článku sa venujeme najmä teoretickým možnostiam aplikácie poznania neurovied do fyzikálneho vzdelávania. Vráťme sa však na chvíľu o pár rokov späť, k teórii ktorá sa neodvoláva na výsledky neurovedcov, a snaží sa o niečo podobné ako teória piatich pilierov mysle.

5.1 Teória Knowledge-in-Pieces a jej súvis s teóriou piatich pilierov mysle

O modelovanie kognitívnych štruktúr a procesov súvisiacich s učením sa, najmä v oblasti učenia sa fyziky a matematiky, sa dlhodobo a systematicky pokúša A. di Sessa (2014, 2018). Svoju teóriu nazval Knowledge-in-Pieces, a pracuje v nej so zrnkami múdrosti (voľný preklad autora), ktoré nazýva primitive phenomenologies a označuje skratkou p-prims. Odhaduje, že počas rozmýšľania sú aktívované niektoré p-prims a že celkovo existuje okolo tisíc p-prims. Jeho teória vysvetľuje, že chybné úsudky sú spravidla tvorené tým, že pri rozmýšľaní sa u žiaka neaktivujú vhodné p-prims, prípadne vhodné p-prims nie sú u žiaka dobre rozvinuté. Teóriu spomíname aj v učebnici Didaktika fyziky (Demkanin, 2018). Autor predpokladá, že teória by mohla nájsť svoje uplatnenie pri použití digitálnych nástrojov spracovávajúcich veľké množstvá dát, pričom tieto dáta by obsahovali nielen stav predstáv žiaka, ale aj ich vývoj v čase. Tieto predstavy, ktoré sa v období vzniku tejto teórie, teda v pred viac než 40 rokmi (diSessa, 1983) mohli javiť ako nerealizovateľné, môžeme konfrontovať so snahami súčasnosti, napríklad s prípravou monotematického čísla časopisu *Npj science of learning* zameraného na využívanie umelej inteligencie pri výskume učenia sa. V tomto článku sa nám javí využívanie piatich skupín spôsobov myslenia ako lepší podklad pre praktické aplikácie, avšak teória Knowledge-in-Pieces sa javí ako teória, ktorá nie je v rozpore s teóriou piatich pilierov mysle.

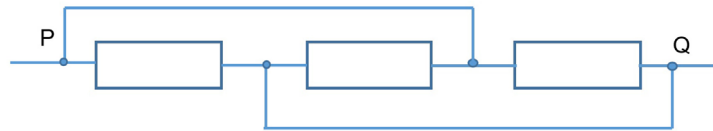
5.2 Aplikácie neurovied ako evolúcia alebo revolúcia pohľadov na vzdelávanie

Hlbšie poznanie procesov stojacich za učením sa môže evokovať viacero možných scenárov vývoja vzdelávania – obsahu, metód, i samotnej štruktúry kurikula. Za extrém považujeme myšlienky, že kurikulum by sa malo prispôbiť poznaniu neurovied a že vzdelávanie by bolo tréningom mysle, v ktorom by bol obsah vzdelávania celkom podriadený spôsobom rozmýšľania. Tento príspevok sa venuje fyzikálnemu vzdelávaniu a teórii piatich pilierov mysle. Teória piatich pilierov myslenia ponúka viacero možností aplikovania do fyzikálneho vzdelávania. Jednou z možností je použiť ju pri dizajne klasického fyzikálneho vzdelávania, prípadne klasického prírodovedného vzdelávania. Pri tomto použití je základom dizajnu rozvoj fyzikálnych (prírodovedných) pojmov, spôsobilostí a postojov. Teóriu pilierov mysle pri tomto prístupe použijeme pri dizajne detailov vyučovacieho procesu, rozvíjame tie spôsoby myslenia, ktoré odpovedajú obsahu (pojmom, spôsobilostiam a postojom) plánovaným na danú učebnú jednotku. Iným prístupom k využitiu tejto teórie je jej aplikovanie v rámci reagovania na aktuálnu situáciu učiacich sa. Fyzikálne (alebo prírodovedné) vzdelávanie máme naplánované na úrovni obsahu iba rámcovo (máme naplánované

rozvíjané pojmy, spôsobilosti a postoje iba rámcovo) a konkrétne aktivity vyučovacej jednotky prispôbujeme stavu učiacich sa tak, že vedome používame teóriu pilierov na plnenie rámcových cieľov. Niektoré prístupy celostného rozvoja žiaka môžu uvažovať aj o využití teórie pilierov mysle ako základu tvorby kurikula. Pri takomto sa môžu stierať rozdiely medzi vyučovacími predmetmi a učivo sa môže dizajnovať tak, aby rozvíjalo myslenie žiakov optimálne podľa tejto teórie, včítane rozvoja medzipredmetových a nadpredmetových cieľov. Autori tohto príspevku sa v súčasnosti prikláňajú k prvej zo spomenutých možností.

Pre ilustráciu prístupu uvádzame jednu úlohu s rezistormi, obr. 6.

Tri rezistory, každý s odporom $6\ \Omega$, sú zapojené podľa obrázka.



Určte odpor medzi bodmi P a Q.

Obr. 6: Príklad fyzikálnej úlohy pre ilustráciu analýzy myslenia žiaka (autori)

V diskusii so skúsenými učiteľmi fyziky sa väčšina zhodla, že úloha nie je štandardná, že je pre žiakov náročná a že iba málo žiakov gymnázia správne určí výsledný odpor $2\ \Omega$. V ďalšej diskusii s týmito učiteľmi sme identifikovali možné problémy. Žiaci si v téme jednosmerný elektrický prúd rozvíjajú najmä pilier symboly, čo je prirodzené, rôzne typy telies, ktorých význačnou vlastnosťou v danom kontexte je elektrický odpor, chceme reprezentovať rovnako – rovnakým symbolom. Avšak aktivovanie piliera symboly pri identifikácii vzájomného prepojenia rezistorov v schéme môže viesť k chybnému záveru. Rezistory sú nakreslené za sebou, koniec jedného je pripojený k začiatku druhého, koniec druhého k začiatku tretieho. Toto evokuje usporiadanie (postupnosť), ktorú žiaci poznajú ako sériové zapojenie rezistorov (kategória bežných zapojení rezistorov). Žiaci, ktorí neignorujú dva vodiče zapojené v porovnaní so sériovým zapojením navyše, identifikujú usporiadanie (organizáciu), v ktorej je jeden koniec každého z rezistorov spojený s bodom P a druhý koniec s bodom Q. Teda správne identifikujú paralelné zapojenie rezistorov (kategória bežných zapojení rezistorov), použijú im známy vzor (pravidlo, vzorec), a určia hodnotu $6/3\ \Omega = 2\ \Omega$.

V časti 3 tohto článku sme spomenuli, že snahou je pochopiť kauzalitu poznania procesov učenia sa na úrovni mozgu. Teda aplikovanie do praktického vzdelávania predstavuje skôr pochopenie procesov stojacich za bežnými metódami, ktoré boli vyvinuté v predchádzajúcich desaťročiach. Predpokladáme však, že na základe poznatkov z neurovied budú niektoré z metód spresnené, prípadne aj upravené. V časti 3 sme spomenuli výskumy snažiace sa hlbšie pochopiť metódy hranie rolí, študent–expert, poskytnutie informácií viacerými spôsobmi, práca s chybou, typ aktivity Think-Pair-Share a práca s alternatívnymi konceptami.

6 Záver

Teóriu piatich pilierov myslenia pokladáme v súčasnosti za najprepracovanejšie aplikovanie neurovied do vzdelávania. Pilotné vedomé používanie teórie piatich pilierov mysle vo fyzikálnom vzdelávaní sa javí ako sľubné a zdá sa, že má potenciál ho skvalitniť prostredníctvom zapracovania do učebníc, ako aj do práce učiteľa. Príprava série učebníc využívajúcej tento rozmer spracovania aktivít pre žiakov si vyžaduje tím skúsených didaktikov a niekoľkoročné overovanie v praxi na niekoľkých školách, teda v tomto článku neprinášame výsledky nášho empirického výskumu, ale skôr teoretický pohľad a argumenty podporujúce zahájenie dlhodobého výskumu, ktorého základom bude séria učebníc. Túto chceme tvoriť na základe súčasného poznania nielen učebníc fyziky (a spojenej prírodovedy), ale tiež poznania učebníc matematiky, včítane učebníc tvorených v súlade s Hejného metódou (Hejný et al., 2006; Kvasz, 2019). Zaujímavé porovnanie dvoch spôsobov matematizácie úlohy základnej školy, vizuálny model a analytický model, prináša spolu s dobrým prehľadom literatúry Shahbari (2020). Toto porovnanie pekne podporuje teóriu piatich pilierov a ukazuje, že žiaci môžu riešiť rovnakú matematickú úlohu rôznymi spôsobmi myslenia. Podobne, z pohľadu dizajnu učebníc matematiky, sa vizualizácii pojmov z kombinatoriky venuje Zenkl (2021) a prináša zaujímavé zistenie, že v analyzovaných učebniciach matematiky je veľmi málo výziev na to, aby žiaci vizualizovali zadania úloh a procesy riešenia týchto úloh.

Podobne, ako sme pred desaťročiami zvyrazňovali popri fyzikálnom obsahu rozvoj spôsobilostí vedeckej práce, teraz máme nástroj – teóriu na to, aby sme skvalitnili učenie sa fyzikálneho obsahu a spôsobov

vedeckej práce tým, že v rámci fyzikálneho vzdelávania vedome rozvíjame myseľ a zároveň vedome využívame rozvinuté myslenie žiakov na hĺbkové učenie sa fyzikálneho obsahu a spôsobov vedeckej práce. Uvedomujeme si, že niektoré štúdie sú k téme tréningu mysle pesimistické (Melby-Lervåg & Hulme, 2013), (Redick et. al., 2013), avšak viaceré štúdie jasne preukazujú opodstatnenosť výskumu v tejto oblasti a veľký potenciál pre zefektívnenie procesov ľudského učenia sa (Merzenich, 2013). Ako sme spomenuli v úvode článku, cieľom teórie fyzikálneho vzdelávania je, okrem iných cieľov, aj hľadanie spôsobov, ako naučiť žiaka viac a kvalitnejšie. Článok predstavil jednu z možností, ako štruktúrovať toto snaženie na základe súčasného poznania činnosti mozgu. V závere časti 3 tohto článku sme sa vymedzili na použitie neurovied pri skúmaní učenia sa jednotlivca, a zároveň sme povedali, že pokladáme za úplne samozrejmé, že učenie sa prebieha v sociálnom priestore. Komplexný prístup k aplikáciám neurovied do práce učiteľa, mentora, tútora, kouča, na úrovni praktických odporúčaní, prináša monografia autorov O'Connor a Leges (2019). Kapitoly venované mysleniu, myslí, sú spracované prístupnejším, jednoduchším spôsobom, než v teórii piatich pilierov mysle, avšak sú doplnené kapitolami venovanými procesom rozhodovania, úlohe odmienu, empatii a ďalším záležitostiam v medziľudských vzťahoch pri učení sa, identite učiaceho sa.

Poďakovanie

Práca bola podporená Ministerstvom školstva, projekt KEGA, 013UK-4/2021, Metodické materiály zamerané na systematický rozvoj kritického myslenia. Ďakujeme recenzentom za ich trpezlivú prácu, ktorá významným spôsobom skvalitnila tento príspevok.

Literatúra

- Bowers, J. S. (2016). The practical and principled problems with educational neuroscience. *Psychological Review*, 123(5), 600–612. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26938449/>
- Carew, T., & Magsamen, S. (2010). Neuroscience and education: An ideal partnership for producing evidence-based solutions to guide 21st century learning. *Neuron*, 67(5), 685–688. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2010.08.028>
- Clement, N., & Lovat, T. (2012). Neuroscience and education: Issues and challenges for curriculum. *Curriculum Inquiry*, 42(4), 534–557. <https://doi.org/10.1111/j.1467-873X.2012.00602.x>
- Červeňová, D. (2022). *Aplikácia teórie piatich pilierov mysle v kontexte naklonenej roviny* [Bakalárska práca, Univerzita Komenského] <https://opac.czup.sk/?fn=detailBiblioForm&sid=CCC58BA4FA4903AAF32D52375785>
- Demkanin, P. (2021). Žiacke bádanie vo vyučovaní fyziky a paródia na bádanie – hľadanie hraníc. In M. Kireš (Ed.), *Tvorivý učiteľ fyziky XII* (s. 25–30). Slovenská fyzikálna spoločnosť. <https://conf.ccvapp.upjs.sk/tuf/pages/archiv/tvorivy-ucitel-fyziky-xii/prispevky/>
- Demkanin, P. (2019). Skefolding budúceho učiteľa fyziky v rámci predmetu Didaktika fyziky. In B. Jaslovská & E. Tóblová (Eds.), *Súčasnosť a perspektívy pregraduálnej prípravy učiteľov* (s. 6–12). Univerzita Komenského. <https://www.researchgate.net/publication/339022767>
- Demkanin, P. (2018). *Didaktika fyziky pre študentov magisterského štúdia a učiteľov v praxi*. Univerzita Komenského. <https://www.researchgate.net/publication/328614725>
- Demkanin, P., & Kováč, M. (2019). Effective individual work of pupils within physics education in the light of the learning sciences. *AIP Conference Proceedings* 2152, 020002. <https://doi.org/10.1063/1.5124742>
- Donoghue, G. M., & Horvath, J. C. (2016). Translating neuroscience, psychology and education: An abstracted conceptual framework for the learning sciences. *Cogent Education*, 3(1), 1267422. <https://doi.org/10.1080/2331186X.2016.1267422>
- diSessa, A. (2014). The construction of causal schemes: Learning mechanisms at the knowledge level. *Cognitive Science*, 28, 795–850. <https://doi.org/10.1111/cogs.12131>
- diSessa, A. (2018). A friendly introduction to “knowledge in pieces”: Modeling types of knowledge and their roles in learning. In G. Kaiser, H. Forgasz, M. Graven, A. Kuzniak, E. Simmt, & B. Xu (Eds.), *Invited Lectures from the 13th International Congress on Mathematical Education* (pp. 65–84). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-72170-5_5
- diSessa (1983). Phenomenology and the evolution of intuition. In D. Gentner & A. Stevens (Eds.), *Mental models* (pp. 15–33). Erlbaum Associates. <https://doi.org/10.4324/9781315802725>
- Elouafi, L., Lotfi, S., & Talbi, M. (2021). Progress report in neuroscience and education: Experiment of four neuropsychological methods. *Education Sciences*, 11(8), 373. <https://doi.org/10.3390/educsci11080373>

- Fynes-Clinton, S., Sherwell, C., Ziaei, M., York, S., O'Connor, E. S., Forrest, K., Flynn, L., Bower, J., Reutens, D., & Carroll, A. (2022). Neural activation during emotional interference corresponds to emotion dysregulation in stressed teachers. *Npj Science of Learning*, 7(5). <https://doi.org/10.1038/s41539-022-00123-0>
- Gkintoni, E., & Dimakos, I. (2022). An overview of cognitive neuroscience in education. In *14th International Conference on Education and New Learning Technologies*, 5698–5707. <https://doi.org/10.21125/edulearn.2022.1343>
- Hejny, M., Jirotkova, D., & Kratochvilova, J. (2006). Early conceptual thinking. In *PME 30: Proceedings of the 30th conference of the international group for the psychology of mathematics education* (pp. 289–296). Charles University in Prague, Faculty of Education. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED496933.pdf>
- Immordino-Yang, M. (2011). Implication of affective and social neuroscience for educational theory. *Educational Philosophy and Theory*, 43(1), 98–103. <https://doi.org/10.1111/j.1469-5812.2010.00713.x>
- Kvasz, L. (2019). How can abstract objects of mathematics be known? *Philosophia Mathematica*, 27(3), 316–334. <https://doi.org/10.1093/phimat/nkz011>
- Lomba-Portela, L., Domínguez-Lloria, S., & Pino-Juste, M. R. (2022). Resistances to educational change: Teachers' perceptions. *Education Sciences*, 12(5), 359. <https://doi.org/10.3390/educsci12050359>
- Mason, R. A., Schumacher, R. A., & Just, M. A. (2021). The neuroscience of advanced scientific concepts. *Npj Science of Learning*, 6(29). <https://doi.org/10.1038/s41539-021-00107-6>
- Melby-Lervåg, M., & Hulme, C. (2013). Is working memory training effective? A meta-analytic review. *Developmental Psychology*, 49(2), 270–291. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22612437/>
- Merzanich, M. (2013). *Soft-wired: How the new science of brain plasticity can change your life*. Parnassus Publishing.
- Nouri, A., Tokuhama-Espinosa, T., & Borja, C. (2023). *Crossing mind, brain, and education boundaries*. Cambridge scholars publishing.
- O'Connor, J. & Lages, A. (2019). *Coaching the brain*. Routledge.
- Owens, M., & Tanner, K. (2017). Teaching as brain changing: Exploring connections between neuroscience and innovative teaching. *CBE-Life Sciences Education*, 16(2). <https://doi.org/10.1187/cbe.17-01-0005>
- Petty, G. (2014). *Teaching today* (5th ed.). Oxford University Press.
- Puntambekar, S. (2021). Distributed scaffolding: Scaffolding students in classroom environments. *Educational Psychology Review*, 34, 451–472. <https://doi.org/10.1007/s10648-021-09636-3>
- Redick, T. S., Shipstead, Z., Harrison, T. L., Kenny, L., Hicks, K. L., Fried, D. E., David, Z., Hambrick, D. Z., Michael, J., Kane, M. J., & Engle, R. W. (2013). No evidence of intelligence improvement after working memory training: A randomized, placebo-controlled study. *Journal of Experimental Psychology: General*, 142(2), 359–379. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22708717>
- Renouard, A., & Mazabraud, Y. (2018). Context-based learning for inhibition of alternative conceptions: The next step forward in science education. *Npj Science of Learning*, 3(1). <https://doi.org/10.1038/s41539-018-0026-9>
- Sawyer, R. K. (2014). *The Cambridge handbook of the learning sciences* (2nd ed.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139519526>
- Shahbari, J. A. (2020). Mathematical thinking styles and the features of modeling process. *Scientia in educatione*, 11(1), 59–68. <https://doi.org/10.14712/18047106.1579>
- Sirois, S., Spratling, M., Thomas, M. S., Westermann, G., Mareschal, D., & Johnson, M. H. (2008). Precis of neuroconstructivism: How the brain constructs cognition. *Behavioral and Brain Sciences*, 31(03), 321–331. <https://doi.org/10.1017/S0140525X0800407X>
- Tokuhama-Espinosa, T. (2019). *Five pillars of the mind*. W. W. Norton. <https://wnorton.com/books/9780393713213>
- Tokuhama-Espinosa, T., & Borja, C. (2023). Radical neuroconstructivism: A framework to combine the how and what of teaching and learning? *Frontiers in Education*, 8:1215510. <https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1215510>
- Tokuhama-Espinosa, T. (2021). *Bringing the neuroscience of learning to online teaching*. Teachers College Press. <https://www.tcpres.com/bringing-the-neuroscience-of-learning-to-online-teaching-9780807765524>
- Van de Pol, J., Voman, M., & Beishuizen, J. (2010). Scaffolding in teacher-student interaction: A decade of research. *Educational Psychology Review*, 22, 271–296. <https://doi.org/10.1007/s10648-010-9127-6>
- Westermann, G., Mareschal, D., Johnson, M. H., Sirois, S., Michael, W., Spratling, M. W., & Thomas, M. S. C. (2007). Neuroconstructivism. *Developmental Science*, 10(1), 71–83. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2007.00567.x>
- Zenkl, D. (2021). Presentation of combinatorial concepts in mathematics textbooks and its compliance with a concept development theory. *Scientia in educatione*, 12(1), 37–52. <https://doi.org/10.14712/18047106.1938>

Představy žáků základních škol o trávicí soustavě

Elementary school pupils' concepts about digestive system

Petr Kovařík¹,  Milan Kubiátko^{1,*}, Dominika Randáčková²

¹ Pedagogická fakulta, Univerzita J. E. Purkyně, Pasteurova 1, 400 96 Ústí nad Labem; mkubiátko@gmail.com

² Základní a mateřská škola Duhová cesta, s. r. o., Havlíčkova 3675, 430 03 Chomutov

Představy o jakémkoliv jevu či fenoménu se vyvíjejí od raného věku dítěte zejména vlivem působení vnějších faktorů. Hlavním cílem výzkumu bylo zjistit představy žáků prvního stupně základní školy o trávicí soustavě a stanovit vliv různých faktorů ovlivňujících úroveň představ o trávicí soustavě, zejména se zaměřením na konceptuální změnu s ohledem na přechod na druhý stupeň. Respondenty výzkumu byli žáci prvního i druhého stupně základních škol ($n = 193$). Výzkumný nástroj byl tvořen třemi částmi. První část tvořily demografické proměnné, druhá část byla zaměřena na vnímání vlastní zranitelnosti. Poslední část byla zaměřena na představy respondentů o trávicí soustavě, které byly identifikovány prostřednictvím dětské kresby. Pro analýzu dat byly využity metody deskriptivní a induktivní statistiky. Žáci pátého ročníku dosáhli nejvyššího skóre, nejnižší skóre bylo dosaženo žáky prvního a devátého ročníku. Slinivka břišní byla nejvíce absentujícím orgánem trávicí soustavy v kresbách žáků. V závěru jsou navrženy možnosti pro aplikaci do pedagogické praxe.

Klíčová slova:

dětská kresba,
dětské pojetí učiva,
trávicí soustava,
žáci základní školy.

Zasláno 11/2022

Revidováno 7/2023

Přijato 8/2023

The concepts about any kind of phenomena are developing from the early age of child with the influence of external factors. The main aim of the diploma thesis was to find out primary school pupils' concepts about digestive system, and to determine the effect of different factors. The most important factor is the transition of pupils from the primary to secondary level of elementary schools. The sample size was created by elementary school pupils ($n = 193$). The research tool was divided into three parts, the first one was focused demographical variables, the second one was focused on the perception of perceived vulnerability. The last part of research tool was focused on the concepts of pupils about digestive system through methods of children's drawings. The methods of descriptive and inductive statistics were used for the data analysis. The 5th grade pupils achieved the highest score, the pupils of 1st and 9th grades achieved the lowest one. The pancreas was the most missing organ in the drawings. The implications for pedagogical practice are suggested in the conclusion.

Key words:

children's drawing,
children's concepts,
digestive system,
elementary school pupils.

Received 11/2022

Revised 7/2023

Accepted 8/2023

1 Úvod

Jedním z klíčových předmětů, které pomáhají jednotlivcům dovědět se něco o sobě a svém těle, je biologie, resp. přírodopis. Poznání lidského těla by mělo patřit mezi základní znalosti každého z nás, protože bez správných a podstatných informací o sobě samém se o sebe nedokážeme náležitě postarat, proto by v zájmu celé společnosti, nejen těch, kteří se věnují vzdělávání ostatních, mělo být seznamování dětí se základními znalostmi o lidském těle již od útlého věku, na které se s přibývajícím věkem nabalují další a další informace. Tyto informace pak dětem utváří představu o fungování lidského těla. S ohledem na věk respondentů v prezentované studii bylo cílem identifikovat představy žáků prvního stupně základních škol o trávicí soustavě. Trávicí soustava byla vybraná z toho důvodu, že patří mezi ty, které jsou pro žáky prvního stupně nejkonkrétnější. Ve výzkumném vzorku jsou zastoupeni i žáci druhého stupně základních škol, jejichž odpověď slouží k porovnání, zdali dochází ke změně představ či nikoliv. Testování bylo realizováno na konci školního roku. Z tohoto důvodu bylo veškeré učivo související s danou problematikou v jednotlivých ročnících s žáky probráno dle platného ŠVP.

2 Vymezení základních pojmů

V rámci prezentované studie se pracuje zejména s pojmem dětská představa, jejíž definice je obtížná, protože každý autor ji vymezuje s určitými odlišnostmi ve srovnání s jinými autory. Souhrnně je možné říct, že dětské představy vznikají na základě vědomých či nevědomých zkušeností a také jsou ovlivněny vlastními prožitky. Vznikají spontánně v konkrétních situacích a tvoří jednu z hlavních osobnostních vlastností každého jedince v procesu vzdělávání. Dětské představy mají vliv na individuální učební styly a strategii učení (Škoda & Doulík, 2010). Dle Žoldošové (2004) jsou dětské představy přísně individuální a každý jedinec si vytváří vlastní specifickou strukturu poznatků. Při popisu určitého jevu poskytuje

různá vysvětlení. Jednou z jejich vlastností je také to, že podléhají změnám a může nastat stav, kdy se stanou nesprávnými a stávají se z nich miskoncepce. Ty mohou přetrvávat i poté, kdy se dítě nebo žák seznámí se skutečností, které je vyvracejí (Larkin, 2012). Žáci si často ponechávají svou původní představu proto, že ignorují nové skutečnosti nebo si skutečnost přizpůsobí své přetrvávající nesprávné představě (Caleon & Subramaniam, 2010; Taber, 1995). Cestu k jejich odstranění lze nalézt, pokud si žák uvědomí rozpor mezi svou nesprávnou představou a skutečností (Tawde et al., 2017).

3 Současný stav poznání

Zaměříme-li se na studie týkající se lidského těla, tvoří určitou část výzkumného portfolia, ale nejsou zastoupeny tak výrazně jako lákavější témata, zejména genetika (Carver et al., 2017) či fyziologie rostlin (Skribe Dimec & Strgar, 2017). Níže jsou uvedeny výzkumné práce zaměřené na představy v oblasti anatomie lidského těla, především pak trávicí soustavy se zaměřením na věkovou skupinu reprezentující žáky prvního stupně základních škol.

3.1 Výzkumné studie zaměřené na představy žáků o trávicí soustavě v obecné rovině

Reiss et al. (2002) dali za úkol žákům nakreslit, co si myslí, že mají uvnitř svého těla. Výzkumný vzorek tvořili žáci základních škol prvního a druhého stupně z jedenácti zemí. K vyhodnocení byl použit sedmi-bodový kategoriální systém dle úplnosti a přesnosti kreseb. Kromě jiného autoři konstatovali různorodé zastoupení jednotlivých soustav, přičemž trávicí soustava byla zastoupená ve většině kreseb, ne však s korektním umístěním orgánů, a ani nebyly přítomny všechny orgány. Docházelo také k uvedení orgánů trávicí soustavy do jiných soustav lidského těla, nejčastěji do soustavy oběhové. Cakici (2005) se snažil identifikovat prostřednictvím interview a testů, co se dle žáků prvního stupně základní školy (dále jen ZŠ) (věk 10 a 11 let) děje s potravou po jejím příjmu a následně přes které orgány pak potrava prochází. Autor konstatoval, že žáci nespojovali orgány do jednoho celku, ale považovali je za oddělené. Dále se vyskytovala slangová pojmenování jednotlivých orgánů, což bylo považováno za vliv prostředí, ve kterém žáci vyrůstali. Havu-Nuutinen a Keinonen (2010) prostřednictvím kresby zjišťovali schopnost žáků prvního stupně základních škol nakreslit a pojmenovat orgány lidského těla. Výsledkem bylo, že existuje množství mylných představ, ale nejlépe byly kresleny a pojmenovány orgány nervové a trávicí soustavy. Garcia-Barros et al. (2011) se zaměřili na předškolní děti a žáky prvního stupně základních škol ve věku 4 až 7 let, a zajímalo je, co tyto děti vědí o trávicí a dýchací soustavě člověka a vybraných zvířat před tím, než toto učivo proberou ve škole. Jako zástupci obratlovců byli vybráni: pes, kachna a ryba. Sběr dat probíhal pomocí dotazníkového šetření a analýzy dětské kresby. Zjištění ukázala, že děti ve svém těle rozpoznávaly specifické orgány, které si spojovaly s příjmem potravy a vzduchu. Navíc obvykle extrapolovaly tyto orgány na jiná zvířata, která znali. Jejich představy o trávicím systému byly přesnější než představy o dýchacím systému. Pettersson et al. (2021) se prostřednictvím testu snažili determinovat propojenost jednotlivých orgánových soustav u žáků na konci prvního a na začátku druhého stupně základních škol. Na základě výsledků testů uvedli, že žáci měli problém chápat propojenost jednotlivých soustav lidského těla, většinou je brali separátně. Za pozitivní zjištění bylo možné považovat, že nejčastěji byla uváděna propojenost mezi oběhovou a trávicí soustavou. Jednotlivé orgánové soustavy a představy o nich byly zjišťovány prostřednictvím kresby i v další studii. Následné zařazení kreseb do kategoriálního systému identifikovalo úroveň mylných představ u žáků základních škol o jednotlivých soustavách. Jako i v předchozích výzkumných pracích, i tady byl zjištěn problém se správným nakreslením orgánů jednotlivých soustav a taky jejich vzájemné propojení (Fančovičová & Prokop, 2019; Prokop et al., 2009). Podobná zjištění bylo možné nalézt i v práci od autorů Andariana et al. (2020).

3.2 Výzkumné studie zaměřené na představy žáků o trávicí soustavě s ohledem na intervenující proměnné

Jak již bylo naznačeno v předchozí podkapitole, výzkumné studie se zaměřují především na celkové zhodnocení pojetí žáků o trávicí soustavě. Nicméně některé výzkumy také zmiňují vliv vybraných proměnných na vznik mylných představ. Například Reiss et al. (2002) porovnávali ve své studii dvě skupiny žáků (7 a 15letých) z jedenácti zemí. Autoři uvedli, že podle očekávání dosahovaly patnáctileté děti téměř ve všech zemích lepších výsledků než děti sedmileté. Také se zaměřili na pohlaví respondentů s konstatováním, že mezi dívkami a chlapci nedocházelo k významným rozdílům. Podobně Garcia-Barros et al. (2011) vyhodnocovali vliv věku na úroveň mylných představ žáků prvního stupně o trávicí soustavě. Autoři konstatovali, že se představy s přibývajícím věkem zlepšovaly, především pak ty, které se týkaly trávicího systému (v rámci tohoto výzkumu byla hodnocena i dýchací soustava). Ahi (2017) prostřednictvím rozhovorů s žáky mateřských škol a prvního stupně zjišťoval, jak žáci chápou trávicí soustavu,

její propojení s jinými soustavami a které orgány tam dle nich patří. V rámci této studie se pak zaměřil zejména na vliv věku. Autor konstatoval pozitivní vliv věku s tím, že starší žáci dosahovali lepších výsledků než žáci mladší. Podle dostupné literatury je tedy zřejmé, že nejčastěji používané metody pro zjišťování mylných představ u žáků zahrnují kresbu, rozhovor a v některých případech také didaktický test. Z výzkumů vyplývá, že žáci často projevují obtíže s přesným umístěním jednotlivých orgánů v trávicí soustavě, s jejich vzájemným propojením a také s propojením s ostatními soustavami. Výzkumné studie navíc naznačují, že věk respondentů je významnou proměnnou. Rešeršní činnost týkající se konceptuální úrovně žáků či studentů o lidském těle ukázala, že tyto témata nepatří mezi „mainstream“, ale jsou spíše marginálního rázu. Z obecného hlediska je možné zmínit studii od autorů Doulík a Škoda (2003), která se týkala možnosti diagnostiky a způsobu vyhodnocování představ žáků o různých jevech v oblasti přírodovědného vzdělávání. Okrajově je možné najít zmínky i ve výzkumné práci od autorů Hejnová a Hejna (2018), která byla zaměřena zejména na představy žáků druhého stupně ZŠ o atomu. Možnosti, jak odstranit mylné představy u žáků, prezentoval ve své teoretické práci Trna (2011). Janoušková et al. (2014) se v studii věnovali tomu, jak zlepšit postoje žáků k přírodovědným předmětům, a tím zvýšit i úroveň přírodovědné gramotnosti u žáků a s tím související i menší počet mylných představ na straně žáků.

4 Trávicí soustava v kurikulárních dokumentech

Oblast lidského těla je dle Rámcově vzdělávacího programu pro základní vzdělávání (RVP ZV) zařazena mezi vzdělávací oblast Člověk a jeho svět a oblast Člověk a příroda. Vzdělávací oblast Člověk a jeho svět je pak vzdělávací oblastí RVP ZV, která je koncipována pouze pro 1. stupeň základního vzdělávání. Vzdělávací obsah vzdělávacího oboru Člověk a jeho svět je členěn do pěti tematických okruhů. Propojováním tematických okruhů je možné vytvářet ve školním vzdělávacím programu (ŠVP) různé varianty vyučovacích předmětů a jejich vzdělávacího obsahu. V tematickém okruhu Člověk a jeho zdraví žáci poznávají především sebe na základě poznávání člověka jako živé bytosti, která má své biologické a fyziologické funkce a potřeby, setkávají se s učivem o lidském těle (RVP, 2021).

Na rádcích níže nalezneme vybrané výstupy z ŠVP školy, na které probíhalo výzkumné šetření. Vzdělávací oblast Člověk a jeho svět se realizuje na této škole v předmětech prvouka, přírodověda a vlastivěda. Vyučovací předmět prvouka je vyučován v prvních třech ročnících prvního stupně, a to po dvou hodinách týdně. Předměty přírodověda a vlastivěda jsou vyučovány ve čtvrtém a pátém ročníku v časové dotaci dvou hodin týdně v každém předmětu. S ohledem na cíle studie je očekávaným výstupem v prvním ročníku vyjmenovat části lidského těla, ve druhém ročníku vyjmenovat alespoň tři soustavy potřebné pro fungování lidského těla. Ve třetím ročníku by měl žák umět například popsat proces trávení, ve čtvrtém dokázat popsat činnost jednotlivých soustav lidského těla a dokázat rozlišit období lidského života, v pátém ročníku pak popsat funkci jednotlivých orgánů a soustav lidského těla. Protože dochází k porovnání i s druhým stupněm základní školy, tak je zde uvedena i stručná informace o výstupech v ŠVP na základní škole, kde byl výzkum realizován. Biologii člověka, jejím jednotlivým soustavám, teda i trávicí, je věnován 8. ročník. Žáci se v rámci svého studia zaměřují nejen na jednotlivé orgány tělesných soustav, ale také na vzájemné propojení orgánů a vztahy mezi jednotlivými soustavami lidského těla.

5 Metodika

5.1 Cíle výzkumu

Hlavním cílem výzkumu bylo zjistit úroveň představ u žáků prvního a druhého stupně základní školy o trávicí soustavě.

Vedlejší cíle výzkumu byly:

- stanovit rozdíly v úrovni představ s ohledem na navštěvovaný ročník,
- určit rozdíly v představách s ohledem na pohlaví.

5.2 Výzkumný vzorek

Výzkumu se účastnilo celkem 193 žáků z celkového počtu 310 (62,30 % z celkového počtu žáků) ze základní školy vybraných dostupným výběrem. Jedná se o soukromou základní školu, která se nachází v Ústeckém kraji (okr. Chomutov). Žáci jsou ve škole vyučováni bez použití alternativních forem výuky a ani školní výuka není zaměřena jedním konkrétním směrem. Při výuce prvouky a přírodovědy jsou používány učebnice nakladatelství Nová škola – DUHA, s. r. o., na druhém stupni pak učebnice přírodopisu od nakladatelství FRAUS. S ohledem na design výzkumu byla nutná přítomnost alespoň jednoho z výzkumníků při vyplňování výzkumného nástroje žáky. Proto bylo osloveno více škol s respektem k jejich charakteristikám (škola bez zaměření, nepřítomnost alternativních forem výuky), ale z důvodu časové náročnosti při vyplňování výzkumného nástroje odmítl značný počet škol participaci na výzkumném šetření. Dotazník

vyplnilo 33 (17,10 %) žáků prvního ročníku, 27 (13,99 %) žáků druhého ročníku, 28 (14,51 %) žáků třetího ročníku, 32 (16,58 %) žáků čtvrtého ročníku a 30 (15,54 %) žáků pátého ročníku. Na druhém stupni se vyplnění dotazníku účastnilo celkem 43 žáků, a to 13 (6,74 %) žáků osmého ročníku a 30 (15,54 %) žáků devátého ročníku. Dotazník vyplnilo celkem 92 dívek a 101 chlapců.

5.3 Charakteristika výzkumného nástroje

Výzkumný nástroj byl rozdělen do dvou částí. První z nich byla tvořena demografickými proměnnými, které jsou blíže charakterizovány v předchozí části. Druhá část výzkumného nástroje byla zaměřena na znalosti respondentů o trávicí soustavě lidského těla. Dětská kresba byla použita jako výzkumná metoda na zjištění úrovně znalostí o uvedené soustavě. Žáci základních škol měli předkreslený obrys těla člověka a jejich úkolem bylo nakreslit a popsat trávicí soustavu. Kresby byly vyhodnoceny na základě šesti úrovní podle šesti bodů stupnice, která slouží pro vyhodnocování orgánových soustav člověka (Kubiatko, 2017; Prokop et al., 2009). V následující kapitole jsou uvedeny úrovně (kategorie) pro vyhodnocování úrovně znalostí o trávicí soustavě (tab. 1).

Tab. 1: Charakteristika jednotlivých úrovní kreseb trávicí soustavy

	Charakteristika úrovně
Úroveň 1	žádné zastoupení orgánů trávicí soustavy
Úroveň 2	jeden nebo více orgánů trávicí soustavy umístěných náhodně
Úroveň 3	jeden orgán trávicí soustavy ve správné poloze
Úroveň 4	dva až čtyři orgány trávicí soustavy ve správné poloze
Úroveň 5	5 až 8 orgánů trávicí soustavy ve správné poloze
Úroveň 6	každý z devíti orgánů trávicí soustavy ve správné poloze

5.4 Analýza dat

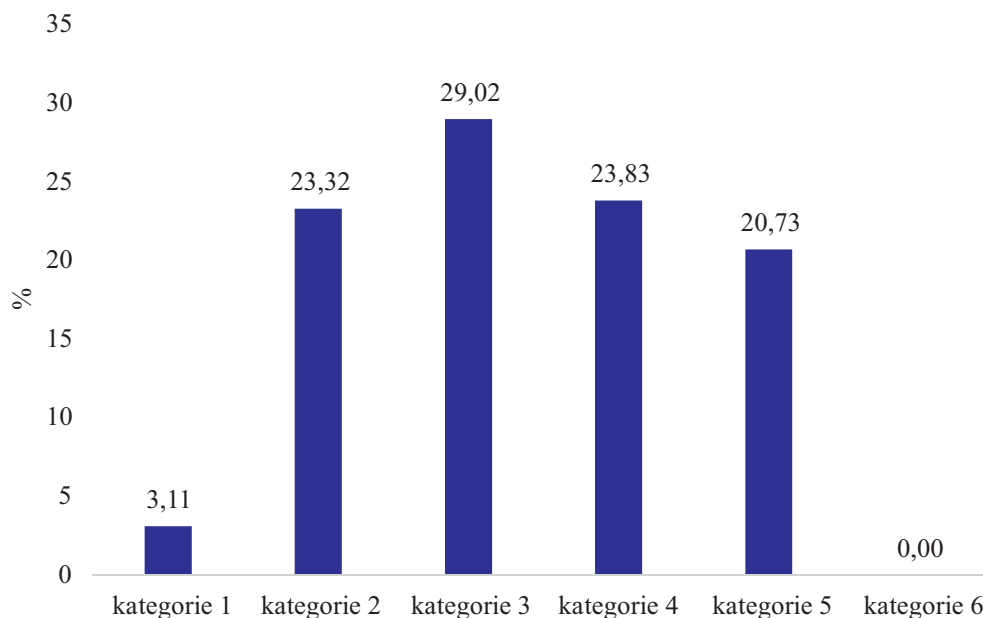
Pro účely splnění stanovených cílů proběhlo vyhodnocení získaných dat různými způsoby. Prvním z nich bylo procentuální stanovení zastoupení jednotlivých kategorií a dále procentuální zastoupení jednotlivých orgánů s ohledem na jednotlivé demografické proměnné, jako jsou ročník a pohlaví. Jednotlivé kategorie (úrovně) jsou uvedeny v tab. 1.

S ohledem na uvedené proměnné a zastoupení jednotlivých kategorií byl použit chí-kvadrát test pro nezávislé výběry (χ^2), který určil, zdali jsou zjištěné četnosti statisticky významné oproti očekávání nebo ne. Porovnání mezi pozorovanými a očekávanými hodnotami vychází z teoretického modelu, který využívá kontingenční tabulku. Tímto způsobem lze identifikovat, zda se pozorovaná četnost v jednotlivých skupinách proměnné významně liší od očekávané frekvence zastoupení (Chráska & Kočvarová, 2014; Ingster, 2000; Satorra & Bentler, 2001). Protože v našem případě existovaly více jak dvě skupiny proměnných, bylo nutné použít z-skóre (z), což je nadstavba chí-kvadrát testu, která určuje, zdali je v rámci skupin zjištěn rozdíl u pozorovaných četností s ohledem na očekávané. V případě, že se hodnota z-skóre pohybovala v intervalu $(1,96; 2,58)$, byl statisticky významný rozdíl na hladině významnosti $p < 0,05$, pokud byla hodnota v intervalu $(2,58; 3,30)$, byl statisticky významný rozdíl na hladině významnosti $p < 0,01$ a jestliže byla hodnota z-skóre vyšší než 3,30, statisticky významný rozdíl byl na hladině významnosti $p < 0,001$ (Chráska, 2007; Cowles & Davis, 1982).

V analýze dat byly dále použity další metody induktivní statistiky, konkrétně Kruskal-Wallisův test (H), který byl použit pro výpočet statisticky významných rozdílů mezi nezávislou proměnnou (ročník) s ohledem na závislou proměnnou, kterou byly jednotlivé kategorie znalostí o trávicí soustavě. Protože ročník obsahoval více než dvě skupiny, bylo použito z-skóre, které stanovuje meziskupinové rozdíly v rámci Kruskal-Wallisova testu. Kromě statistické významnosti byla použita i věcná významnost, která dokáže zhodnotit důležitost a užitečnost výsledku výzkumu.

6 Výsledky

V této kapitole jsou popsána základní zjištění, která sledují stanovené výzkumné cíle. Dále jsou zde prezentovány doplňující výsledky, které poukazují na schopnost žáků správně umístit a pojmenovat orgány trávicí soustavy. Obrázek 1 je věnován procentuálnímu zastoupení jednotlivých kategorií reprezentující schopnost správně zakreslit jednotlivé orgány trávicí soustavy. Kategorie 6 žádný z respondentů nedosáhl, proto není v grafu uvedena. Nejvíce kreseb dosahovalo úrovně 3, téměř 1/3 dotazovaných. Úrovně 2 a 4 dosáhlo takřka stejné procento žáků. Kategorie 1, která znázorňuje kresby, jež neobsahovaly žádný orgán trávicí soustavy, dosáhlo 3 % respondentů.



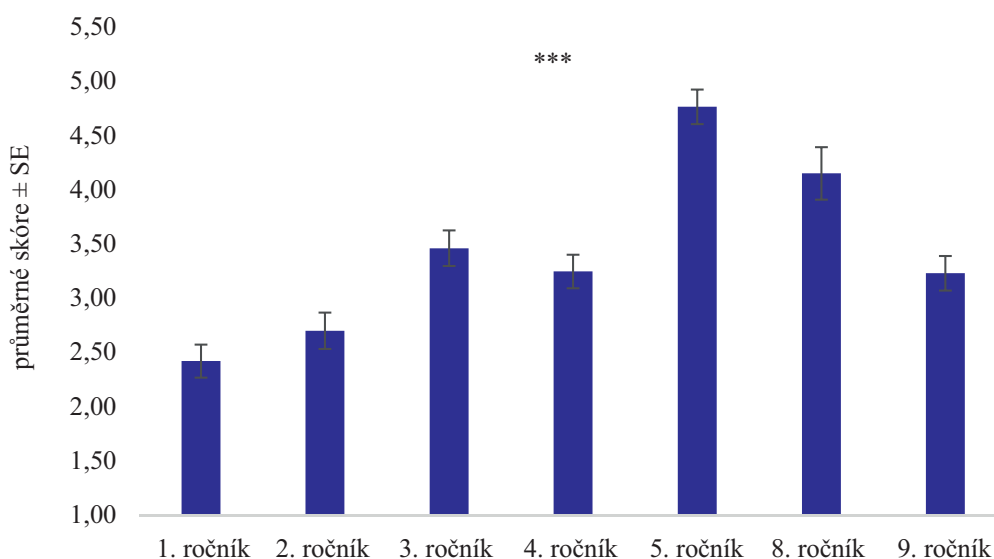
Obr. 1: Procentuální zastoupení jednotlivých kategorií

S ohledem na navštěvovaný ročník byl následně zjišťován rozdíl v jednotlivých kategoriích. Použitím Kruskal-Wallisova testu byl identifikován statisticky významný rozdíl ($H = 82,47$; $p < 0,001$; $\eta_p^2 = 0,43$). V dalším kroku bylo použito z-skóre pro zjištění meziskupinového efektu, jeho hodnoty jsou uvedeny v tab. 2. Jak je patrné z ní patrné, žáci pátého ročníku dosahovali významně vyššího skóre v porovnání s ostatními ročníky s výjimkou osmého. Také žáci prvního ročníku dosahovali významně nižšího skóre v porovnání se žáky třetího a osmého ročníku.

Tab. 2: Hodnoty z-skóre při vícenásobném porovnání s ohledem na ročník

	2. ročník	3. ročník	4. ročník	5. ročník	8. ročník	9. ročník
1. ročník	0,71	3,31	2,70	7,75	4,40	2,65
2. ročník		2,47	1,85	6,67	3,72	1,82
3. ročník			0,70	4,20	1,75	0,70
4. ročník				5,06	2,36	0,00
5. ročník					1,55	4,98
8. ročník						2,32

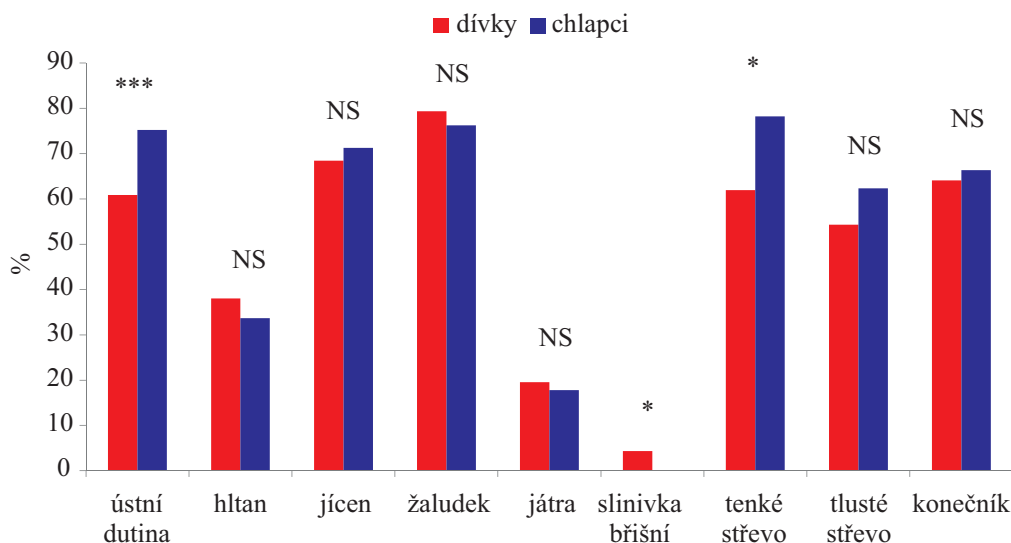
Pro lepší přehled o distribuci skóre s ohledem na ročník je možné na obr. 2 vidět, že žáci 5. ročníku byly nejuspěšnější, co se týče kresby orgánů trávicí soustavy. U žáků druhého stupně dochází k poklesu úspěšnosti kreseb. Konkrétní rozdíly mezi jednotlivými ročníky jsou uvedeny v tab. 2.



Vysvětlivky: SE – střední chyba průměru; *** $p < 0,001$

Obr. 2: Distribuce skóre kresby trávicí soustavy s ohledem na ročník

Chlapci dosáhli u kresby pěti orgánů trávicí soustavy vyšších výsledků než dívky. Srovnatelných výsledků dosáhla obě pohlaví u těchto orgánů: jícen, játra, konečník. Statisticky významný rozdíl ve výsledcích u dutiny ústní ($\chi^2 = 25,10$; $p < 0,001$; $\varphi = 0,36$), kdy bylo zjištěno, že chlapci dosáhli významně vyšších výsledků než dívky, i když předpoklad byl opačný. Další statisticky významný rozdíl je možné pozorovat u slinivky břišní ($\chi^2 = 4,53$; $p < 0,05$; $\varphi = 0,15$), kterou do svých kreseb zahrnuly pouze dívky. Poslední statisticky významný rozdíl je patrný v souvislosti s tenkým střevem ($\chi^2 = 6,12$; $p < 0,05$; $\varphi = 0,18$).



Vysvětlivky: NS – nesignifikantní rozdíl; * $p < 0,05$; *** $p < 0,001$

Obř. 3: Procentuální zastoupení jednotlivých orgánů trávicí soustavy v závislosti na pohlaví

Jak již bylo zmiňováno na začátku kapitoly, v další části jsou uvedeny dodatečné výsledky, které poukazují na úspěšnost žáků s ohledem na jednotlivé orgány trávicí soustavy. Ve velké většině kreseb byla zahrnuta ústní dutina. V druhém, třetím, čtvrtém, pátém a osmém ročníku se jedná o více jak polovinu prací. Rozdíl ve výsledcích byl statisticky významný ($\chi^2 = 44,82$; $p < 0,001$; $V = 0,20$). Použitím z-skóre bylo zjištěno, že žáci prvního ročníku kreslili ústní dutinu významně méně často, než bylo očekáváno ($z = 3,36$; $p < 0,001$). Podobně tomu bylo u nejstarších žáků, kde byl zjištěn stejný trend. Zde byl počet kreseb ústní dutiny nižší v porovnání s očekávaným počtem ($z = 2,50$; $p < 0,05$). Žáci devátého ročníku dosahovali srovnatelných výsledků s žáky 1. ročníku. Z-skóre dále ukázalo významný výsledek u žáků pátého ročníku, kde byl počet kreseb daného orgánu významně vyšší v porovnání s očekávanými ($z = 2,21$; $p < 0,05$).

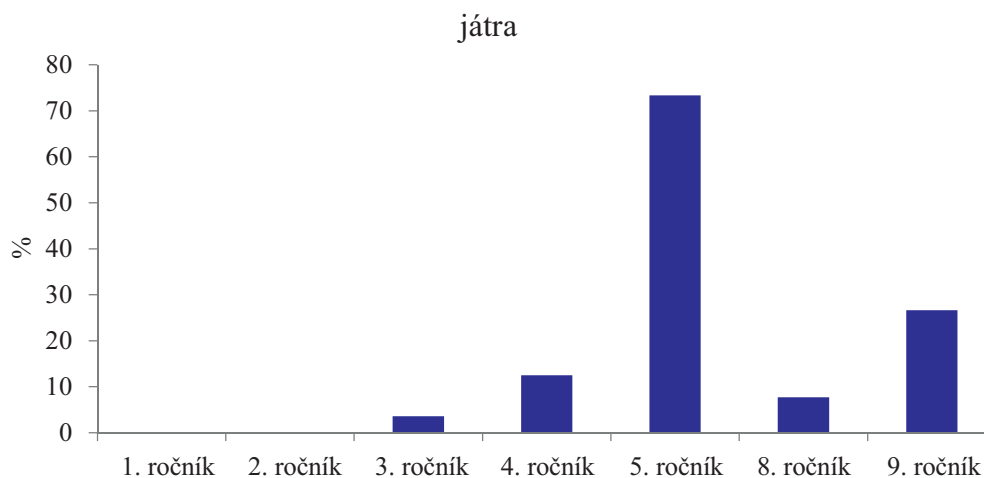
V případě hltanu měla frekvence zobrazovaného orgánu vzestupnou tendenci. Značný pokles nastal u žáků devátých tříd. Výsledky byly statisticky významné ($\chi^2 = 36,86$; $p < 0,001$; $V = 0,18$), dle z-skóre žáci 1. a 2. ročníku tento orgán do svých kreseb zahrnuli méně často, než bylo předpokládáno ($z = 2,25$, resp. $z = 2,20$; $p < 0,05$). Aplikace z-skóre ukázala významný výsledek u žáků osmého a devátého ročníku, počet kreseb hltanu byl významně vyšší v porovnání s očekávanými počty ($z = 2,04$, resp. $z = 1,97$; $p < 0,05$). V osmém ročníku tento orgán zakreslilo více než 2/3 žáků, v devátém ročníku jej uvedlo 3/5 z dotazovaných.

Jícen se v kresbách respondentů objevoval velmi často. Srovnatelných výsledků dosahovali žáci 1., 2. a 3. ročníku. Ve všech těchto ročnících zakreslilo jícen 3/4 žáků. V pátém ročníku zakreslilo zmiňovaný orgán 90 % žáků, tento výsledek je považován za statisticky významný ($\chi^2 = 28,83$; $p < 0,001$; $V = 0,16$). Použitím z-skóre bylo zjištěno, že žáci 5. ročníku tento orgán zakreslovali významně více, než bylo předpokládáno ($z = 2,05$; $p < 0,05$). Nejnižší výsledky je možné vidět u žáků 9. tříd, kde z-skóre ukázalo, že počet kreseb daného orgánu byl významně nižší v porovnání s nakreslenými ($z = 3,75$; $p < 0,001$).

Za nejčastěji zobrazovaný orgán lze považovat žaludek. Nejvyšších výsledků dosáhli žáci 5. ročníku a následovali je žáci osmého ročníku. Srovnatelných výsledků dosáhli žáci 2. a 9. ročníku. Výsledky byly statisticky významné ($\chi^2 = 21,93$; $p < 0,01$; $V = 0,14$). Použití z-skóre ukázalo, že žáci prvního ročníku zakreslili tento orgán méně často, než bylo předpokládáno ($z = 3,25$; $p < 0,01$). Žaludek uvedla ve své kresbě přesně polovina žáků.

Játra do svých kreseb zařadilo 2/5 žáků. Povědomí o této žláze se objevuje až ve třetím ročníku. Jednalo se o výsledky statisticky významné ($\chi^2 = 80,17$; $p < 0,001$; $V = 0,26$). Nejvyšších výsledků

dosáhli žáci pátého ročníku, kde bylo pomocí z -skóre zjištěno, že žáci tento orgán ve svých kresbách uváděli častěji, než bylo předpokládáno ($z = 7,03$; $p < 0,001$), 3/4 žáků játra zahrnulo do svých kreseb. Žáci čtvrtého ročníku dosáhli vyšších výsledků než žáci osmého ročníku. U žáků 1. a 2. ročníku bylo zjištěno že, počet kreseb jater byl nižší v porovnání s očekávaným počtem ($z = 2,52$ resp. $z = 2,27$; $p < 0,05$), nikdo z žáků tuto žlázu do své kresby nenakreslil (obr. 4).



Obr. 4: Procentuální zastoupení jater v kresbách dle jednotlivých ročníků

Slinivka břišní měla pak v kresbách nejnižší zastoupení. Ve svých kresbách ji uvedli pouze žáci vyšších ročníků. Ačkoliv dle ŠVP byli žáci s trávicí soustavou seznámeni již ve třetím ročníku, dle výsledků nemají žáci o tomto orgánu povědomí. Tento rozdíl ve výsledcích není statisticky významný ($\chi^2 = 8,08$; $p = 0,23$) (obr. 5).



Obr. 5: Procentuální zastoupení slinivky břišní v kresbách dle jednotlivých ročníků

Tenké střevo bylo druhý nejčastěji zobrazovaný orgán, více jak 2/3 žáků neopomnělo tento orgán zobrazit. Žáci 4. a 9. ročníku dosáhli srovnatelných výsledků. Rozdíl ve výsledcích byl statisticky významný ($\chi^2 = 30,90$; $p < 0,01$; $V = 0,16$). Použitím z -skóre bylo zjištěno, že žáci pátého ročníku kreslili tenké střevo významně více, než bylo očekáváno ($z = 3,04$; $p < 0,01$). Ve své kresbě tento orgán uvedli všichni žáci. Dále následovali žáci osmého ročníku, když jej nezakreslil pouze jeden žák. Z -skóre dále ukázalo významný výsledek u žáků prvního ročníku, kde byl počet kreseb daného orgánu významně nižší než bylo očekáváno ($z = 2,71$; $p < 0,01$), více jak polovina žáků tento orgán ve své kresbě vynechala.

Tlusté střevo patří k těm častěji zobrazovaným, téměř 3/5 žáků zahrnulo tlusté střevo do své kresby. Četnost zakreslení orgánu se od prvního do pátého ročníku zvyšovala. K poklesu došlo v osmém a devátém ročníku. Žáci čtvrtého a devátého ročníku dosahovali srovnatelných výsledků. Výsledky byly statisticky významné ($\chi^2 = 32,95$; $p < 0,001$; $V = 0,17$). Z -skóre ukázalo významný výsledek u nejmladších žáků, kde podobně jako u tenkého střeva byl počet kreseb tlustého střeva významně nižší, než bylo očekáváno ($z = 2,33$; $p < 0,05$). Naopak u žáků pátého ročníku byl počet kreseb daného orgánu vyšší v porovnání s očekávaným počtem ($z = 2,61$; $p < 0,01$), orgán zakreslilo více jak 90 % žáků tohoto ročníku.

Konečník ve své kresbě označilo téměř 2/3 žáků. Žáci prvního a druhého ročníku dosáhli totožných výsledků. Žáci čtvrtého ročníku dosáhli vyšších výsledků než žáci v ročníku osmém, ale v porovnání se třetím ročníkem jsou jejich výsledky poměrně nízké. Rozdíl ve výsledcích byl statisticky významný ($\chi^2 = 49,30$; $p < 0,001$; $V = 0,21$). Pomocí z -skóre bylo zjištěno, že žáci třetího ročníku dosahovali významně vyšších výsledků, než bylo očekáváno ($z = 2,54$; $p < 0,05$), orgán zakreslilo více jak 90 % žáků. Podobně tomu bylo u žáků pátého ročníku, počet kreseb byl vyšší v porovnání s očekávaným počtem ($z = 2,48$; $p < 0,05$), nechyběl ani v jedné kresbě. Dále z -skóre ukázalo významný výsledek u nejstarších žáků, kde počet kreseb byl výrazně nižší v porovnání s ostatními ročníky ($z = 3,37$; $p < 0,001$).

7 Diskuse

První cíl byl zaměřen na zjištění úrovně představ u žáků 1. stupně. Bylo zjištěno, že žáci nejčastěji dosahovali úrovně tři. Což znamená, že se jim podařilo zakreslit právě jeden orgán trávicí soustavy ve správné poloze a správně jej pojmenovat. Tímto správně zobrazovaným orgánem byl žaludek, který dobře zakreslilo a označilo téměř 80 % respondentů. Podobné výsledky zjistili Garcia-Barros et al. (2011). Také v jejich výzkumu byl nejčastěji zobrazovaným orgánem právě žaludek, který zakreslili i ti nejmladší žáci, kteří ještě nechodí do školy. V dalších výzkumech, například Cucin et al. (2020), bylo možné sledovat trend začleňování žaludku do orgánů trávicí soustavy. Na opačném konci úspěšného zakreslování žáků se nacházela slinivka břišní, která byla zastoupena pouze v minimálním počtu kreseb. Dále byl zaznamenán problém se zakreslením konečníku a dalších orgánů trávicí soustavy u žáků napříč všemi ročníky.

Časté nesprávné představy se týkaly pozic jednotlivých orgánů. Játra byla kreslena na opačné straně, než se správně nacházejí, žaludek byl zakreslován do vrchní části hrudníku, do oblasti plic, střeva byla zobrazována okolo žaludku. Tyto výsledky mohou být způsobeny tím, že se žáci při výuce nesetkali s dostatečným důrazem na názornou ukázkou či jim byly orgány představeny jen ve zjednodušené podobě. Do úvahy také přichází i stranová převrácenost, když učitel představuje orgány trávicí soustavy v již zmíněné zjednodušené podobě a nedostatečně upozorní na zrcadlový obraz. Tím může u žáků vzniknout mylná představa o tom, kde je umístěn nepárový orgán trávicí soustavy. Také výzkum, který prováděl Ozgur (2008, 2013), zjistil, že nesprávné představy vyplývají ze způsobu výuky učitelů a jejich rozdílných přístupů. Někdy může nastat i tzv. zrcadlení obrazů, když dle odrazu v zrcadle zakreslí jedinec orgán na opačné straně, než by měl být, netýká se to však jen orgánů trávicí soustavy, ale také jiných orgánů tělesných soustav. Například častokrát dochází k nesprávnému zakreslení srdce jako orgánu oběhové soustavy (Bahar et al., 2008).

Druhý cíl sledoval vliv ročníku, který žáci navštěvují, na představy o trávicí soustavě. Z výsledků bylo zjištěno, že nejlepších výsledků dosahovali žáci pátého ročníku, následovali je žáci osmého ročníku. Dále byli úspěšní žáci třetího ročníku. Žáci devátého ročníku dosahovali stejných výsledků jako žáci čtvrtého ročníku. Nejhorších výsledků dosahovali žáci druhého a prvního ročníku. V rámci prvního ročníku bylo možné pozorovat vzestupnou tendenci úspěšnosti, což bylo také očekáváno. Podobné výsledky zmiňuje ve svém výzkumu také Reiss et al. (2002), který uvádí, že starší žáci dosahují lepších výsledků než mladší žáci. Zmiňovaný výzkum se věnoval obecné anatomii lidského těla. Starší žáci dosahovali lepších výsledků také ve výzkumu, který uvádí Oren (2011). Ten se ve své práci zaměřil na kresby trávicí soustavy učitelů přírodovědných a technických věd předškolního vzdělávání. Dle autora se s přibývajícím věkem úroveň znalostí zvyšuje. O to překvapující byly výsledky žáků druhého stupně, u kterých došlo k poklesu úspěšnosti kreseb. Výzkumné šetření bylo realizováno na konci školního roku v každé třídě. Na základě tohoto faktu je možné určit, proč žáci pátých ročníků dosahovali nejvyššího skóre. U žáků osmých ročníků však již docházelo ke zvýšenému výskytu mylných představ. Tento jev mohl být způsobený tím, že mezi průzkumem a dobou, kdy byla probírána trávicí soustava, uplynulo více času a mohlo být také vyučováno jiné učivo.

Třetí cíl zkoumal rozdíly v představách o trávicí soustavě s ohledem na pohlaví. Z výsledků nelze jednoznačně určit, která skupina si vedla lépe. O něco lepších výsledků dosáhli chlapci, kteří byli mírně úspěšnější u pěti z devíti orgánů. Nicméně statisticky významný rozdíl lze pozorovat u slinivky břišní, kterou ve svých kresbách uvedly pouze dívky. Statisticky významné rozdíly byly také u dutiny ústní a tenkého střeva, kde významně vyšších výsledků dosáhli chlapci. Podobné výsledky ve svém výzkumu zmiňují Oren (2011) a Reiss a Tunnicliffe (2001), kteří také neshledali rozdíl ve znalostech o trávicí soustavě s ohledem na pohlaví. Byly pozorovány nepatrné rozdíly, případně rozdíly pouze u některých orgánů, které však vykazovaly nekonzistentní trend. V některých případech byly úspěšnější dívky, zatímco v jiných převažovali chlapci, jak již bylo zmíněno výše. Důvodem nekonzistentnosti může být to, že jak chlapci, tak dívky se během základní školy neorientují jednoznačně v konkrétních oblastech předmětů a jejich zájem o budoucí kariéru je spíše okrajový. V různých výzkumných pracích je zaznamenán efekt, který naznačuje, že když žák začne projevovat zájem a vyvíjí určitou představu o svém budoucím

směřování, má to vliv na jeho úspěšnost v daném předmětu. V obecné rovině se tímto jevem zabývali Kang et al. (2019). Obdobně Punzalan (2022) zaznamenal, že když žáci mají jasnou představu o svém zájmu, dochází k poklesu mylných představ. Autor se zaměřil na přírodovědné předměty, zjištění jsou tedy vázaná na uvedenou skupinu předmětů.

Schopnost žáků zakreslit jednotlivé orgány a propojit je navzájem nezávisí pouze na znalostech trávicí soustavy, ale také na jejich kreativitě. V některých literárních zdrojích je možné najít, že právě kreativita má významný pozitivní vliv nejen na úroveň mluvení, ale i na úroveň kreslení (např. Angell et al., 2015). Co se týče biologie, konkrétně anatomie člověka, existuje jen omezený počet výzkumných šetření, například Beavington (2016) poukázal na pozitivní vztah mezi schopností přesněji a detailněji nakreslit jednotlivé orgány lidského těla s úrovní jejich kreativity. Proto je možné, že se uvedenou proměnnou s ohledem na schopnost správně nakreslit orgány lidského těla, v budoucnu bude zabývat.

7.1 Limity výzkumného šetření

Výzkumné šetření má určitá omezení, zejména v oblasti výběru vzorku. Autoři studie si jsou vědomi, že diverzifikovanější skupina žáků by mohla poskytnout objektivnější data. Je však nutné brát v úvahu náročnost při vyhledávání vhodného výzkumného vzorku, kterou ovlivňuje i charakter výzkumného nástroje, což může být důvodem, proč se některé školy nebyly ochotny zapojit. Mezi další možná omezení patří také omezení výběru intervenujících proměnných, které mohou ovlivňovat představy žáků o trávicí soustavě. Studie se omezila pouze na konstatování obsažené ve Školním vzdělávacím programu (ŠVP), který předpokládá, že žáci již mají dostatečnou znalost o stavbě lidského těla, ale nezkoumalo se to mezi samotnými učiteli. V rámci studie jsou prezentována pouze některá omezení, z nichž některá nemají pevný teoretický základ. Možnosti, jak v určité míře eliminovat výše zmíněná omezení, jsou diskutovány v podkapitole 8.2 s návrhy pro další výzkum.

8 Závěr

8.1 Implikace do pedagogické praxe

Prezentované výsledky výzkumného šetření mohou být užitečné, nejen pro vědecké pracovníky, ale také pro učitele prvního i druhého stupně. Zjištěné představy mohou pomoci učitelům ke změně v uchopení učiva. Učitelé se mohou zaměřit právě na tyto představy, které by měly být odstraněny a přetvořeny na správné koncepty, na něž navazují další učební témata. Učitelé se tak mohou na hodinu lépe připravit, použít více názorného materiálu (obrázky, videa, modely), zvolit jiné metody výuky a pokusit se mylným představám předejít. Použitý výzkumný nástroj ukázal, jak je možné zjistit, jak žáci vnímají své tělo a jaký postoj žáci ke svému tělu mají. Výzkumným nástrojem je možné rozpoznat, zda žáci mají zájem se dané problematice věnovat a jak ji vnímají. Nástroj je možné použít k jakémkoliv orgánové soustavě, nejlépe ještě před probíráním daného učiva. Následně je možné navázat na zjištěné představy žáků a mylné odstranit. Pro probírání učiva by bylo dobré výzkumný nástroj použít znovu jako kontrolu, zda se podařilo mylné představy odstranit a zda si žáci učivo správně osvojili. Literární teorie může sloužit jako studijní opora, souhrn literatury může být dobrým podkladem pro další vědecké práce.

8.2 Návrhy pro další výzkum

Výsledky nabízí možnosti pro další výzkum, kde by se budoucí autoři mohli zaměřit na rozšíření výzkumného vzorku respondentů, neboť prací s podobným zaměřením, které by se zabývaly žáky prvního stupně, je velmi málo. Také je možné výzkum provést u starších respondentů (žáků středních a studentů vysokých škol) a porovnat úroveň představ. Další možností výzkumu je provést výzkum na stejné skupině v jiném časovém období, kde by zejména u starších žáků mohlo dojít k odlišným výsledkům. S tímto návrhem souvisí i realizace kvazi-experimentálního designu i s retenčním testem, aby byla možnost stanovit rychlost zapomínání u žáků. Také přidání dalších proměnných, jako je například vnímání vlastního zdraví, vztah k biologii, klima třídy mohou přiblížit problematiku vytváření představ a jejich eliminace nejen o trávicí soustavě.

Poděkování

Výzkum byl podpořen grantem UJEP-SGS-2022-43-003-2.

Literatura

- Ahi, B. (2017). Thinking about digestive system in early childhood: A comparative study about biological knowledge. *Cogent Education*, 4(1), 1278650. <https://doi.org/10.1080/2331186X.2017.1278650>
- Andariana, A., Zubaidah, S., Mahanal, S., & Suarsini, E. (2020). Identification of biology students' misconceptions in human anatomy and physiology course through three-tier diagnostic test. *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*, 8(3), 1071–1085. <https://doi.org/10.17478/jegys.752438>
- Angell, C., Alexander, J., & Hunt, J. A. (2015). 'Draw, write and tell': A literature review and methodological development on the 'draw and write' research method. *Journal of Early Childhood Research*, 13(1), 17–28. <https://doi.org/10.1177/1476718X14538592>
- Bahar, M., Ozel, M., Prokop, P., & Uşak, M. (2008). Science student teachers' ideas of the heart. *Journal of Baltic Science Education*. 7(2), 78–85.
- Beavington, L. (2016). A creative approach: Teaching biology labs through arts-based learning. *Proceedings of the Association for Biology Laboratory Education*, 37, article 26.
- Cakici, Y. (2005). Exploring Turkish upper primary level pupils' understanding of digestion. *International Journal of Science Education*, 27(1), 79–100. <https://doi.org/10.1080/0950069032000052036>
- Caleon, I. S., & Subramaniam, R. (2010). Do students know what they know and what they don't know? Using a four-tier diagnostic test to assess the nature of students' alternative conceptions. *Research in Science Education*, 40, 313–337. <https://doi.org/10.1007/s11165-009-9122-4>
- Carver, R. B., Castera, J., Gericke, N., Evangelista, N. A. M., & El-Hani, C. N. (2017). Young adults' belief in genetic determinism, and knowledge and attitudes towards modern genetics and genomics: The PUGGS questionnaire. *PloS One*, 12(1), e0169808. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0169808>
- Chráška, M. (2007). *Metody pedagogického výzkumu*. Grada Publishing, a. s.
- Chráška, M., & Kočvarová, I. (2014). *Kvantitativní design v pedagogických výzkumech začínajících akademických pracovníků*. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta humanitních studií.
- Cowles, M., & Davis, C. (1982). On the origins of the .05 level of statistical significance. *American Psychologist*, 37(5), 553–558. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.37.5.553>
- Cucin, A., Ozgur, S., & Gungor, B. (2020). Comparison of misconceptions about human digestive system of Turkish, Albanian and Bosnian 12th grade high school students. *World Journal of Education*, 10(3), 148–159. <https://doi.org/10.5430/wje.v10n3p148>
- Doulík, P., & Škoda, J. (2003). Tvorba a ověření nástrojů kvantitativní diagnostiky prekonceptů a možnosti jejího vyhodnocení. *Pedagogika*, 53(2), 177–189.
- Fančovičová, J., & Prokop, P. (2019). Examining secondary school students' misconceptions about the human body: Correlations between the methods of drawing and open-ended questions. *Journal of Baltic Science Education*, 18(4), 549–557. <https://doi.org/10.33225/jbse/19.18.549>
- Garcia-Barros, S., Martínez-Losada, C., & Garrido, M. (2011). What do children aged four to seven know about the digestive system and the respiratory system of the human being and of other animals? *International Journal of Science Education*, 33(15), 2095–2122. <https://doi.org/10.1080/09500693.2010.541528>
- Havu-Nuutinen, S., & Keinonen, T. (2010). The changes in pupils' conceptions of human body based on science, technology and society based teaching. *Journal of Baltic Science Education*, 9(3), 212–223.
- Hejnová, E., & Hejna, D. (2018). Miskoncepce žáků o atomech v kontextu představ starověkých myslitelů o stavbě hmoty. *Scientia in educatione*, 9(2), 22–43. <https://doi.org/10.14712/18047106.1176>
- Ingster, Y. I. (2000). Adaptive chi-square tests. *Journal of Mathematical Sciences*, 99, 1110–1119. <https://doi.org/10.1007/BF02673632>
- Janoušková, S., Hubáčková, L., Pumpr, V., & Maršák, J. (2014). Přírodovědná gramotnost v preprimárním a raném období primárního vzdělávání jako prostředek zvýšení zájmu o studium přírodovědných a technických oborů. *Scientia in educatione*, 5(1), 36–49. <https://doi.org/10.14712/18047106.67>
- Kang, J., Hense, J., Scheersoi, A., & Keinonen, T. (2019). Gender study on the relationships between science interest and future career perspectives. *International Journal of Science Education*, 41(1), 80–101. <https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1534021>
- Kubiátko, M. (2017). Představy žiaků o vylučovacej a endokrinnej sústave. *Scientia in educatione*, 8(2), 70–83. <https://doi.org/10.14712/18047106.989>
- Larkin, D. (2012). Misconceptions about "misconceptions": Preservice secondary science teachers' views on the value and role of student ideas. *Science Education*, 96(5), 927–959. <https://doi.org/10.1002/sc.21022>

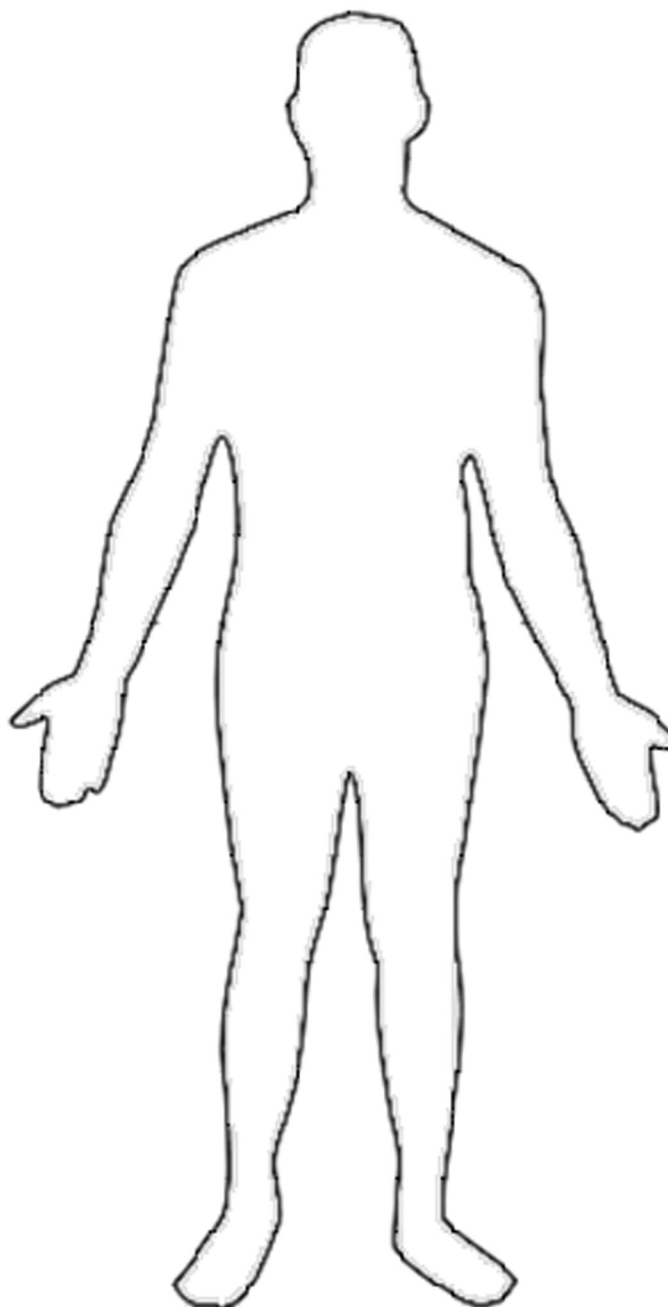
- Oren, F. S. (2011). An analysis of pre-service teachers' drawings about the digestive system in terms of their gender, grade levels, and opinions about the method and subject. *International Journal of Biology Education*, 1(1), 1–22.
- Ozgur, S. (2008). The investigation of 6th grade student misconceptions originated from didactic about the “Digestive System” subject. *Educational Sciences: Theory & Practice*, 8(1), 149–159.
- Ozgur, S. (2013). The persistence of misconceptions about the human blood circulatory system among students in different grade levels. *International Journal of Environmental and Science Education*, 8(2), 255–268. <https://doi.org/10.12973/ijese.2013.206a>
- Pettersson, A. J., Tibell, L. A., & Löfgren, R. (2021). ‘The brain needs nutrition’: Pupils’ connections between organizational levels. *Nordic Studies in Science Education*, 17(1), 48–63. <https://doi.org/10.5617/nordina.7930>
- Prokop, P., Fančovičová, J., & Tunnicliffe, S. D. (2009). The effect of type of instruction on expression of children’s knowledge: How do children see the endocrine and urinary system? *International Journal of Environmental and Science Education*, 4(1), 75–93.
- Punzalan, C. H. (2022). STEM interests and future career perspectives of junior high school students: A gender study. *International Journal of Research in Education and Science*, 8(1), 93–102. <https://doi.org/10.46328/ijres.2537>
- Reiss, M. J., & Tunnicliffe, S. D. (2001). Students’ understandings of human organs and organ systems. *Research in Science Education*, 31(3), 383–399. <https://doi.org/10.1023/A:1013116228261>
- Reiss, M. J., Tunnicliffe, S. D., Andersen, A. M., Bartoszeck, A., Carvalho, G. S., Chen, S. Y., & Van Roy, W. (2002). An international study of young peoples’ drawings of what is inside themselves. *Journal of Biological Education*, 36(2), 58–64. <https://doi.org/10.1080/00219266.2002.9655802>
- RVP (2021). Praha: MŠMT (cit. 2021–7–15). Dostupné z <http://www.nuv.cz/t/rvp-pro-zakladni-vzdelavani>
- Satorra, A., & Bentler, P. M. (2001). A scaled difference chi-square test statistic for moment structure analysis. *Psychometrika*, 66(4), 507–514. <https://doi.org/10.1007/BF02296192>
- Skribe Dimec, D., & Strgar, J. (2017). Scientific conceptions of photosynthesis among primary school pupils and student teachers of biology. *CEPS Journal*, 7(1), 49–68. <https://doi.org/10.25656/01:12958>
- Škoda, J., & Doulák, P. (2010). *Prekoncepce a miskoncepce v oborových didaktikách*. Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem.
- Taber, K. S. (1995). Development of student understanding: A case study of stability and lability in cognitive structure. *Research in Science & Technological Education*, 13(1), 89–99. <https://doi.org/10.1080/0263514950130108>
- Tawde, M., Boccio, D., & Kolack, K. (2017). Resolving misconceptions through student reflections. *Journal of College Science Teaching*, 47(1), 12–17.
- Trna, J. (2011). Konstruktivní výzkum (design-based research) v přírodovědných didaktikách. *Scientia in educatione*, 2(1), 3–14. <https://doi.org/10.14712/18047106.11>
- Žoldošová, K. (2004). Detské predstavy o prírodných javoch. *Acta Facultatis Paedagogicae Universitatis Tyrnaviensis*, 8(séria D), 66–75.

Příloha I

Výzkumný nástroj zaměřený na zkoumání představ žáků o trávicí soustavě

Jsem: chlapec dívka **Věk:** **Třída:**

Nakresli a popiš trávicí soustavu



Scientia in educatione

*Vědecký recenzovaný časopis pro oborové didaktiky
přirodovědných předmětů a matematiky
Scientific Journal for Science and Mathematics Educational Research*

Vydává nakladatelství Karolinum – <http://www.scied.cz>

Vedoucí redaktorka (Pedagogická fakulta, Univerzita Karlova)

prof. RNDr. Naďa Vondrová, Ph.D.

Redakce (Univerzita Karlova)

doc. RNDr. Svatava Janoušková, Ph.D.

RNDr. Martina Kekule, Ph.D.

prof. RNDr. Jarmila Novotná, CSc.

RNDr. Lenka Pavlasová, Ph.D.

doc. PhDr. Martin Rusek, Ph.D.

Mezinárodní redakční rada

Dr. John Carroll (Nottingham Trent University, Great Britain)

prof. RNDr. Hana Čtrnáctová, CSc. (Univerzita Karlova)

assoc. prof. Robert Harry Evans (University of Copenhagen, Denmark)

RNDr. Eva Hejnová, Ph.D. (Univerzita J. E. Purkyně, Ústí nad Labem)

doc. PhDr. Alena Hošpesová, Ph.D. (Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích)

Dr. Paola Iannone (University of East Anglia, Norwich, Great Britain)

prof. Dr. Rainer Kaenders (Rheinische Friedrich-Wilhelms-Uni. Bonn, Germany)

RNDr. Alena Kopáčková, Ph.D. (Technická univerzita v Liberci)

PhDr. Magdalena Krátká, Ph.D. (Univerzita J. E. Purkyně, Ústí nad Labem)

prof. RNDr. Ladislav Kvasz, DSc. (Univerzita Karlova)

prof. Dr. Martin Lindner (Martin Luther University Halle-Wittenberg, Germany)

dr. hab. Małgorzata Nodzyńska (Uniwersytet Pedagogiczny, Krakow, Poland)

dr. Samet Okumus (Recep Tayyip Erdogan University, Turkey)

prof. Dr. Gorazd Planinšič, Ph.D. (Univerza v Ljubljani, Slovinsko)

doc. RNDr. Jarmila Robová, CSc. (Univerzita Karlova)

prof. Bernard Sarrazy (Université Bordeaux, France)

dr. hab. prof. UR Ewa Swoboda (Uniwersytet Rzeszowski, Poland)

doc. RNDr. Petr Šmejkal, Ph.D. (Univerzita Karlova)

prof. Dr. Andrej Šorgo (University in Maribor, Slovenia)

doc. RNDr. Vasilis Teodoridis, Ph.D. (Univerzita Karlova)

Adresa redakce

Pedagogická fakulta, Univerzita Karlova, Magdalény Rettigové 4, 116 39 Praha 1

e-mail: scied@pedf.cuni.cz

Pokyny pro autory jsou uvedeny na

<http://ojs.pedf.cuni.cz/index.php/scied/about/submissions#authorGuidelines>.

Sazbu v systému L^AT_EX zpracoval Ing. Miloš Brejcha, Vydavatelský servis, Plzeň.

Logo navrhl Ivan Špírk.

Redaktorka a jazyková korektorka Mgr. Zdeňka Janušová