

Univerzita Karlova  
Pedagogická fakulta  
Katedra chemie a didaktiky chemie

## DIPLOMOVÁ PRÁCE

Výzkum strategií uplatňovaných žáky při řešení problémových úloh z chemie

Research on Strategies Students Use when Solving Problem Tasks

Bc. Kateřina Koreneková

Vedoucí práce: PhDr. Martin Rusek, Ph.D.

Studijní program: Učitelství pro střední školy

Studijní obor: Učitelství všeobecně vzdělávacích předmětů pro základní školy  
a střední školy chemie – matematika

Odevzdáním této diplomové práce na téma *Výzkum strategií uplatňovaných žáky při řešení problémových úloh z chemie* potvrzuji, že jsem ji vypracovala pod vedením vedoucího práce samostatně za použití v práci uvedených pramenů a literatury. Dále potvrzuji, že tato práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu.

V Praze 20. dubna 2018

Děkuji vedoucímu práce PhDr. Martinu Ruskovi, Ph.D. za spolupráci a cenné rady při sběru dat a sepsání diplomové práce. Zároveň bych ráda poděkovala všem učitelům a respondentům za ochotu podílet se na realizovaném šetření.

## **ABSTRAKT**

Tato práce se zabývá identifikací strategií, které žáci základní školy používají při řešení problémových úloh z chemie. Strategie byly zjišťovány prostřednictvím rozhovorů s žáky 9. ročníků. Rozhovory vedené metodou Think-aloud byly spojeny s řešením vybraných problémových úloh. Zjišťované strategie byly klasifikovány na strategie podporující (tj. snadno aplikovatelné na více problémů) a limitující (tj. fungující na jednoduchých příkladech, ale potenciálně selhávající u složitějších). Odděleně byly zjišťovány čtenářské strategie sloužící žákům k pochopení zadání úloh. Současně s používanými strategiemi byly zjišťovány i problémy, se kterými se žáci při řešení úloh potýkali. V průběhu šetření byly využity učební úlohy s problémovými prvky z publikace *Metodické komentáře a úlohy ke Standardům pro základní vzdělávání – chemie*. Z výsledků šetření lze vyčíst, že při řešení úloh s rozsáhlejším a složitějším zadáním žáci často využívali čtenářských strategií vícenásobného čtení zadání a čtení zadání nahlas. Z podporujících strategií se žáci pokoušeli o analogické vyvozování a logické zdůvodňování. Z limitujících strategií žáci využívali převážně strategii tipování a předpovídání odpovědi na základě struktury zadání. Zjišťování žáky používaných strategií a postupů řešení úloh s využitím metody Think-aloud zároveň umožnilo srovnat jejich myšlenkové pochody s bodovým ohodnocením řešení úloh v případě využití úloh jako testových. Bylo tudíž možné srovnat, do jaké míry bodové ohodnocení řešení uzavřených úloh odpovídá dosažení testovaných vědomostí a dovedností žáků.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

chemie, řešení problémů, strategie řešení problémů, problémové úlohy, Think-aloud

## **ABSTRACT**

The subject of this thesis is the identification of strategies, which are used by lower-secondary school students when solving problem tasks in chemistry. The strategies were identified during talks with ninth-grade students. The talks conducted by using the Think-aloud method were connected with solution of selected problem tasks. The ascertained strategies were classified as expansive strategies (such strategy can be used to solve more types of problems) and limiting strategies (such strategy can be used to solve easy task, but they can fail when solving more difficult tasks). Furthermore, reader's strategies, which help students to understand the tasks were separately identified. Also, other problems that students had to face when solving the tasks were identified. To identify problematic elements a collection of problem tasks named *Metodické komentáře a úlohy ke standardům pro základní vzdělávání – chemie* (Methodical comments and tasks for educational standards for elementary education – chemistry) were used. The results showed that when students solved the tasks, which were larger and more difficult, they often used reading strategies, which consist in multiple reading and reading aloud. Some of the expansive strategies the students used consisted in analogous deducing and logical reasoning. On the other hand, from the limiting strategies the students used the strategy of tipping and forecasting the answer on the basis of task structure. The identification of strategies used by students together with the identification of tasks solving process with use of the Think-aloud method allowed to compare the way students are contemplating with point rating of tasks solving in the case of use of the tasks. It was therefore possible to compare the point rating of tasks with the knowledge and abilities required to solve the problems.

## **KEYWORDS**

Chemistry, problem solving, problem solving strategies, problem tasks, Think-aloud

# Obsah

Úvod.....	7
1 Teoretická východiska .....	8
1.1 Řešení problémů.....	8
1.1.1 Strategie řešení problémů.....	12
1.1.2 Řešení problémů v matematice .....	15
1.1.3 Řešení problémů ve fyzice .....	17
1.1.4 Řešení problémů v chemii .....	17
1.2 Kompetence k řešení problémů.....	18
1.3 Problémové vyučování – učení řešením problémů.....	19
1.3.1 Čtenářské strategie.....	22
1.4 Schopnosti žáků řešit problémy.....	23
1.5 Metoda myšlení nahlas (Think-aloud method).....	24
2 Cíle diplomové práce .....	27
3 Metodologie výzkumu .....	28
3.1 Výběr vzorku.....	29
3.2 Výběr úloh.....	29
3.3 Průběh šetření.....	35
3.4 Fáze vyhodnocování.....	37
3.4.1 Ukázka vyhodnocování rozhovorů.....	42
4 Výsledky a diskuse výzkumu.....	47
4.1 Výsledky a diskuse dotazníkové části 1. kola .....	47
4.2 Výsledky a diskuse testovací části 1. kola.....	52
4.2.1 Úloha z tematického celku Pozorování, pokus a bezpečnost práce.....	52
4.2.2 Úloha z tematického celku Anorganické sloučeniny .....	54
4.2.3 Úloha z tematického celku Chemie a společnost .....	57
4.2.4 Celkový výsledek žáků testovací části 1. kola .....	60
4.3 Výsledky a diskuse 2. kola .....	63
4.3.1 Úloha z tematického celku Chemické reakce.....	64
4.3.2 Úloha z tematického celku Částicové složení látek a chemické prvky .....	68
4.3.3 Úloha z tematického celku Organické sloučeniny .....	72
4.3.4 Pohled na úlohy očima výzkumníka.....	76
Závěr.....	78
Seznam použitých informačních zdrojů .....	81
Seznam příloh.....	84

## Úvod

Žijeme v době, která se neustále mění a vyvíjí. Změna okolního prostředí je extrémně rychlá a k tomu, abychom byli schopni v tomto měnícím se světě žít a fungovat, musíme být připraveni na zvládání nově se objevujících problémů.

Škola má žáky vybavit takovými vědomostmi, schopnostmi, dovednostmi a návyky, které jim pomohou v budoucím životě nejen v oblasti učení, ale taktéž v oblasti personální. Žáci by se v průběhu základního vzdělávání měli naučit myslet tvořivě, logicky uvažovat, řešit problémy a mnoho dalšího. To vše by mělo žákům pomoci zvládat rozličné situace, do kterých se v životě dostanou. Na některé situace můžeme žáky ve škole připravit tím, že jim poskytneme vhodné algoritmy k jejich řešení (např. slevy a úroky). Na mnohem více situacích ale nejsme schopni žáky ve škole konkrétně připravit, již i s ohledem na to, že nejsme schopni předvídat, kam se svět v budoucnu vyvine. Jsme ale schopni žákům poskytnout jisté návody a postupy, jak se s problémovými situacemi vypořádat.

Rozvíjení schopnosti pohybovat se v měnícím se světě a čelit objevujícím se problémům by se mělo realizovat ve všech předmětech napříč, v Rámcovém vzdělávacím programu pro základní vzdělávání (2017) jsou tyto multifunkční nadpředmětové schopnosti zabudovány v pojmu klíčové kompetence. Tyto klíčové kompetence by měly v učitelích vyvolat „spor“ mezi pouhým předáváním oborového obsahu a využitím oboru k rozvoji schopností a dovedností dítěte, které využije v budoucnosti.

Fungují ale školy doopravdy tak, že je jejich cílem rozvoj schopností a dovedností žáka? Mají žáci, kteří ukončují základní vzdělávání, dostatečně rozvinutou kompetenci k řešení problémů? To vše jsou otázky, které mě motivovaly k výběru tématu žakovských strategií řešení problémových úloh.

Tato diplomová práce se zabývá řešením problémů nejen na obecné, ale i oborové úrovni, a to především v oblastech chemie, matematiky a fyziky. Oblasti řešení problémů se věnuje první kapitola, ve které je čtenář seznámen nejen s definicí pojmu problém a sousloví řešení problémů, ale taktéž s postupy a strategiemi jejich řešení. Zároveň je zmíněn přesah do školního prostředí skrze definici kompetence k řešení problémů v RVP ZV (2017) a zařazování problémových úloh do výuky.

Strategie, které žáci na konci základního vzdělávání využívají při řešení problémových úloh z chemie, byly zjišťovány skrze rozhovory s žáky vedenými metodou Think-aloud. Metodologie realizovaného šetření je uvedena ve třetí kapitole. Výsledky šetření společně s diskusí jsou uvedeny v kapitole čtvrté.

# 1 Teoretická východiska

Každý den jsme vystaveni širokému spektru situací, které vyžadují řešení. Žáci ve školách jsou těmito situacím vystavováni úmyslně ze stran učitelů. Dalo by se říci, že jednou z hlavních náplní vyučovacích hodin by pro žáky mělo být řešení předem formulovaných (didaktických) problémů a úkolů.

Jak žáci s těmito problémy a úkoly nakládají, popisují Carpenter (1980) a Lester (1980). „Většina dětí přistupuje k problémům impulzivním způsobem, přičemž se věnuje především povrchovým rysům problému, aby rozhodla, která opatření mají být přijata. Cílem dítěte je něco udělat – cokoli. Zdá se, že většina školních pokynů posiluje jejich impulzivitu, než aby povzbudily děti k tomu, aby se hluboce zaměřily na problém a zamyslely se nad tím, co problém znamená. Protože děti vidí problém jako školní úlohu místo intelektuální výzvy, která stojí za přijetí, chopí se odpovědi na útěk z úkolu co nejrychleji“ (in Elçin & Ziya, 2016, s. 17).

V další části textu je pozornost věnována řešení problému v obecné rovině. Následně je tento pohled konkretizován až do úrovně konkrétních úloh.

## 1.1 Řešení problémů

Dle *Pedagogického slovníku* (Průcha, Walterová & Mareš, 2003, s. 206) znamená řešení problémů „postup, při němž jedinec používá kognitivní, někdy i heuristické operace. Začíná rozpoznáním, uvědoměním si problému. Pokračuje analýzou problému, jeho zařazením do určité třídy, konfrontováním s dosavadními zkušenostmi při řešení obdobných problémů, formulováním hypotéz, hledáním vhodného postupu, příp. přeformulováním problému, vlastním řešením, kontrolou průběhu a výsledku řešení“.

Dle Wittmanna (1975) je problém něco, co narušuje rovnováhu, ve které žijeme. Řešením problému je poté proces, který vede k obnovení této rovnováhy (in Kopka, 1977). Dle PISA<sup>1</sup> (2012b, s. 32) je problém situace bez očividného řešení. Z didaktického hlediska k definici problému přistupuje obdobně i polský pedagog Okoń, který definuje didaktický problém jako praktickou nebo teoretickou obtíž, kterou musí žák řešit samostatně. Při překonávání obtíží žák získává nové poznatky a zkušenosti (Dostál, 2015).

Procesem řešení problému se výrazně zabýval americký filosof, psycholog a pedagog Dewey (1859–1952), zakladatel pragmatiké pedagogiky<sup>2</sup>. Pragmatiká pedagogika se ve

---

<sup>1</sup> PISA (Programme for International Student Assessment) – mezinárodní šetření v oblasti měření výsledků vzdělávání, více v kapitolách 1.2 Kompetence k řešení problémů a 1.4 Schopnosti žáků řešit problémy

<sup>2</sup> základem pragmatiké pedagogiky je čin (řecky pragma)



Spojených státech amerických zrodila jako protipól ke klasickým tradičním výukovým metodám, zejména se vymezovala proti pasivnímu učení a drilu. Snahou pragmatické pedagogiky bylo překonat formalismy tradiční školy a propojit výuku se životem skrze praktické zkušenosti žáků (Dewey, 1897; Singule, 1990; Skalková, 2007, s. 113).

Jedním z klíčových slov je pro Deweyho *myšlení*, které koriguje lidské jednání a umožňuje jedinci přizpůsobovat se neustále se měnícímu prostředí. Toto neustále se měnící prostředí uvádí jedince do situací, ve kterých předem neví, jak si počínat. Tyto situace Dewey označuje jako problémové. Úkolem myšlení je uchopit tyto problémové situace a rozklíčovat je. K nalezení správného řešení těchto problémových situací je dle Deweyho zapotřebí osobního jednání, praktické činnosti, experimentování a zkušenosti (Singule, 1990).

Souhrnně pragmatická pedagogika podporuje aktivizované učení a metody výuky založené na řešení problémů. Do amerických škol tento styl vyučování pronikl díky Kilpatrickovi, který pozvedl Deweyho metodu řešení problémů v projektovou metodu. Učitel vedený pragmatickou pedagogikou by měl pro své žáky ve škole vytvářet prostředí, které je bohaté na problémové situace a jejichž řešení žákům přináší lepší poznání sebe a okolního prostředí (Singule, 1990). Proces řešení problému se dle Deweyho skládá z pěti fází: identifikace problému, vymezení problému, návrh možných řešení, uplatnění návrhů řešení a jejich zhodnocení. Deweyho model procesu řešení problémů (též model reflektujícího myšlenkového aktu) byl rozvinut Reusserem (viz tabulka 1).

Obdobné schéma postupu řešení problémů uvádí i Sternberg (in Vágnerová, 2016, s. 194–196). Proces řešení problému dle Sternberga (2002) probíhá v šesti fázích. První fází je *identifikace problému*, tj. zjištění nestandardnosti situace. Následuje *analýza problému a vymezení jeho podstaty*. Špatné pochopení podstaty problému vede k neúspěchu řešitele. Na tuto fázi navazuje *hledání potřebných informací a jejich využití*. Dostatečné znalosti a zkušenosti jsou základem správného řešení problémů. Ve chvíli, kdy řešitel našel podstatu problému a má dostatečné znalosti a zkušenosti k jeho vyřešení, *volí účinnou strategii řešení problému*. Při řešení komplexnějších složitějších problémů je zapotřebí *průběžné kontroly správnosti řešení problému*. Průběžná kontrola umožňuje nalezení chyb a změnu strategie řešení problému. Závěrečnou fází procesu je *zhodnocení správnosti dosaženého výsledku*.

**Tabulka 1** Deweyho model reflektujícího myšlenkového aktu a jeho rozvinutí Reusserem, (in Knecht, Janík, Najvar & Najvarová, 2010, s. 45; Skalková, 2007, s. 113)

<b>Model reflektujícího myšlenkového aktu (Dewey – citováno dle Reusser, 2005)</b>	<b>Rozvinutí Deweyho modelu Reusserem (2005)</b>
1. Identifikace problému – pocit znepokojení, nevědomosti, pochybností, údivu, iritace a potřeba tyto nesnáze vyřešit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• vnímání problému, kognitivní mezera, konflikt, rozpor, nerovnováha, diskrepance mezi cíli a prostředky</li> <li>• konfrontace s problémem: první, zpravidla ještě neostré vnímání problému</li> </ul>
2. Vymezení/definice problému – určení hranic problému, vymezení skutečného problému	<ul style="list-style-type: none"> <li>• definice problému, jazykově pojmová analýza daností a cílů</li> <li>• identifikace, vymezení a precizování dílčích problémů a požadavků</li> </ul>
3. Návrh možných vysvětlení/řešení – představa o možném řešení	<ul style="list-style-type: none"> <li>• hledání přístupů k řešení, aktualizace a využití znalostí</li> <li>• generování hypotéz, vhléd, aha zážitek</li> <li>• vytváření plánu řešení a postupu</li> </ul>
4. Uplatnění/ověření návrhů řešení, logické vyvozování důsledků – rozbor vztahů, tvorba hypotéz, diskuse, hledání odpovědí	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ověřování hypotéz a domněnek, kritické promýšlení</li> <li>• syntéza kroků řešení, konkretizace, aplikace řešení</li> </ul>
5. Další pozorování a experimentace vedoucí k jejich přijetí, či odmítnutí	<ul style="list-style-type: none"> <li>• verifikace, hodnocení, odzkoušení a reflexe</li> <li>• rozhodnutí (přijetí, odmítnutí), sdělení řešení</li> </ul>

Schopnost řešit problémy je závislá na mnohých kognitivních parametrech, odvíjí se od dříve nabytých vědomostí a zkušeností s obdobnými problémovými situacemi a postupů jejich řešení, zároveň má vliv i způsob uvažování a rozhodování o výběru vhodné strategie (Vágnerová, 2016, s. 193).

Pokud bychom se chtěli zaměřit na rozvíjení schopnosti řešit problémy, je důležité si uvědomit, že problémy, se kterými se v průběhu života setkáváme, mohou mít rutinní, nebo nerutinní povahu. Rutinní problémy jsou takové problémy, se kterými jsme se již setkali, nebo jsou velice podobné těm, které jsme již řešili. Díky zkušenosti se stejnými nebo podobnými problémy známe algoritmus vhodného řešení, a proto bývá vyřešení rutinních problémů snazší. Nerutinní problémy jsou pro nás nové a k jejich vyřešení je zapotřebí objevit vhodný postup. Některé definice problémů považují nerutinnost za jeden z požadavků (například Bodner a Herron (2002) tvrdí, že pokud známe cestu k cíli, neřešíme problém, nýbrž cvičení). Zároveň je důležité brát v potaz, že míra rutinnosti jednotlivých problémů závisí na lidech. To, co se jednomu může jevit jako poměrně rutinní problém, může být pro jiného problémem zcela novým. Z odlišného vnímání rutinnosti problému se odvíjí i odlišnost ve vnímání náročnosti problému (Bransford & Stein, 1993, s. 6–7).

Řešení rutinních problémů je obecně mnohem snazší, než řešení nerutinních problémů. I přesto, že lidé často mají dostatečné znalosti na to, aby i nerutinní problém vyřešili, se během řešení problému setkávají s mnohými potížemi. Bransford a Stein (1993) vytvořili model sloužící ke zlepšení schopností a dovedností v oblasti řešení problémů. Model IDEAL byl vytvořen tak, aby pomohl řešiteli identifikovat a pochopit jednotlivé fáze řešení problémů. Každé písmeno modelu IDEAL zastupuje jednu z fází (složek) řešení problémů, jsou to tyto fáze (Bransford & Stein, 1993, s. 19–41):

- **I**dentify problems and opportunities,
- **D**efine goals,
- **E**xplore possible strategies,
- **A**nticipate outcomes and Act,
- **L**ook back and Learn.

Prvotní fází modelu IDEAL je identifikování problému a uchopení ho jako příležitosti ke kreativní práci a tvůrčímu myšlení. Uchopení problému jako příležitosti je zásadní pro vyvolání akce řešení. Po identifikaci problému následuje definování cílů, tj. toho, čeho chceme řešením dosáhnout. Stejný problém může vést u různých lidí k definování odlišných cílů, což souvisí i s použitím odlišných strategií řešení problému. Další součástí modelu IDEAL je

objevování alternativních strategií řešení problému, které úzce souvisí s reanalýzou nadefinovaných cílů. Lidé mívají s použitím vhodných strategií problémy, neuvědomují si, že volba vhodné strategie je podstatná k úspěšnému vyřešení problému. Zároveň lidé často používají pouze obecné strategie a malý podíl specifických. Pod obecné strategie řešení problémů řadí autoři systematickou analýzu (postupné řešení), použití externích reprezentací (náčrtek situace, tabulka, graf, Vennův diagram), cestu zpět (řešení problému od očekávaného výsledku), nebo zaměření se na jednodušší, specifickou situaci. Ne každou objevenou strategii je ale vhodné k řešení problému použít, proto je důležité taktéž zvážit, jakých výsledků použitím strategie dosáhneme a zda v průběhu nevyplýne nežádoucí důsledek. Konečnou fází modelu IDEAL je zhodnocení efektivity použité strategie a poučení se do budoucnosti (Bransford & Stein, 1993, s. 19–41).

V modelu IDEAL je zapotřebí pracovat flexibilně, tj. není bezpodmínečně nutné modelem procházet pouze lineárně, ale je žádoucí v případě potřeby přecházet mezi jednotlivými fázemi i zpětně, či cyklem projít několikrát (Bransford & Stein, 1993, s. 19–41).

Zároveň je podstatné si uvědomit, že model není nástrojem, který by stoprocentně dovedl řešitele k vytyčenému cíli. Jakýkoli model slouží jako prostředník, pomocí kterého můžeme cestu vedoucí k vyřešení problému diferenciovat a strukturovat. Ani znalost všech modelů procesů řešení problémů nás ale ke správnému řešení nedovede (Bodner & Herron, 2002).

### **1.1.1 Strategie řešení problémů**

V obecné rovině je pojmem strategie chápán dlouhodobý plán činností, který je zaměřený na dosažení určitého cíle.

V psychologii a didaktice nabývá slovo strategie více významů. Dle Dostála (2015, s. 2803) je strategie řešení problému jakýsi „*plán posloupnosti kroků sestávajících z aplikace vhodných metod a prostředků vedoucích k úspěšnému vyřešení problému*“. Strategie použité k řešení problémů volíme nejen na základě vlastních zkušeností z předchozího učení a řešení podobných problémových situací, ale také vzhledem k povaze aktuálního problému. Zatímco Dostál definuje strategii řešení problémů jakožto nadřazený pojem k jednotlivým krokům, postupům nebo způsobům řešení problému, mnoho autorů pojmem strategie označuje již samotné dílčí kroky procesu řešení problémů (srov. Elçin & Ziya, 2016; Vacínová & Langová, 2007). V této diplomové práci je pojem strategie řešení problémů chápán právě jakožto dílčí žákovské kroky uskutečňované v průběhu řešení problémové úlohy.

Vacínová a Langová (2007, s. 33) uvádějí pět základních způsobů řešení problémů, a to:

- analogii – přenos poznatků z dříve řešených problémů do nových problémů na základě podobnosti,
- postupnou analýzu a syntézu,
- pokus a chybu (omyl) – náhodné zkoušení a ověřování,
- vhled – náhlé uvědomění si řešení,
- heuristický způsob – nalézání různých cest řešení.

Detailnější dělení poskytují Posamentier a Krulik (2009), kteří se zabývali řešením problémů v matematice. Jejich seznam devíti základních strategií je využitelný i v jiných oborech. Posamentier a Krulik (2009) zmiňují tyto strategie:

- uspořádání dat – důležitý krok předcházející analýze dat, data je možné uspořádat tvorbou tabulky nebo seznamu,
- inteligentní hádání a testování – sofistikovaná strategie, testování inteligentního odhadu a jeho následná úprava v případě nesprávnosti (nový odhad vychází z výsledků předchozího),
- řešení jednoduššího, ekvivalentního problému – změnění problému na problém rovnocenný, který je ale snazší k řešení,
- simulace akce – přehrání problému, využití materiálů, modelů,
- cesta zpět – řešení od konečného výsledku, inverzními operacemi jsou nalezeny počáteční podmínky, výsledek lze zkontrolovat přímou cestou,
- vyhledání vzoru – hledání principu fungování,
- logické zdůvodňování – práce s logickým řetězcem závěrů,
- tvorba nákresu – vytvoření náčrtku, schématu problému,
- jiný pohled na věc – zkoumání problému z jiného pohledu.

Se seznamem deseti běžně používaných strategií řešení problémů přišel již mnohem dříve Dhillon (1998, s. 381–383), jsou jimi:

- analogie,
- brainstorming – navrnutí většího počtu řešení a jejich následná analýza a posuzování použitelnosti na základě zvolených kritérií,
- vize – předpovídání více možných výsledků,
- cesta vpřed – řetězení kupředu, postupná cesta z výchozího stavu přímo k cíli,
- generování a testování – postupné produkování nápadů a jejich testování, systematické zkoumání všech možných řešení,

- heuristické vyhledávání – alternativní řešení problémů založené na odhadování, uvažování, hledání zkušebních řešení apod.,
- analýza koncových bodů – posouzení rozdílu mezi výchozím a cílovým stavem problému sloužící k výběru vhodného postupu,
- problémová abstrakce – odhad prostředků a cílů, soustředění se na nejdůležitější prvky problému, ignorování drobných detailů,
- rozložení problému – rozdělení komplexního problému na menší části, kombinací dílčích řešení vzniká celkové řešení problému,
- cesta zpět – řešení od konce.

Dhillon (1998) zároveň uvádí, že většina řešitelů strategie nepoužívá izolovaně, ale kombinuje je v závislosti na povaze problému. Kombinaci více různých strategií zmiňuje i Sternberg (2002) (in Vágnerová, 2016). Ke kombinování člověk přechází ve chvíli, kdy použití základních strategií selže. Ze základních strategií Sternberg (2002) uvádí tyto čtyři strategie řešení problému:

- strategie pokusu a omylu – nesystematické (i systematické) zkoušení různých řešení vedoucí buď k správnému výsledku, nebo vyčerpání všech možností, efektivita této strategie nebývá příliš vysoká, postup bývá často zdlouhavý,
- strategie aplikace známého řešení – uplatnění algoritmu (přesně definovaný postup vedoucí ke správnému řešení), nebo analogický přístup k problému na základě podobnosti,
- heuristické, intuitivní strategie – používají se u problémů, které nemají předem jasné řešení, například strategie odhadu prostředků a cílů,
- kreativní strategie – vytvoření nové strategie řešení na základě kombinace různých strategií řešení problémů a jejich obměn.

Strategie řešení problémů klasifikují Bransford a Stein na obecné a specifické (kapitola 1.1 Řešení problémů), jinou klasifikaci volí Ogilvie (kapitola 1.1.3 Řešení problémů ve fyzice), který rozlišuje expanzivní a limitující strategie dle šíře jejich využitelnosti.

### 1.1.2 Řešení problémů v matematice

V oblasti matematiky se řešení problémů věnoval maďarský matematik Polya. V knize *How to solve it* (1973) uvádí Polya návod, jak řešit primárně matematické problémy. Řešení problémů u Polya sestává ze čtyř základních kroků (Polya, 1973).

První krok, *porozumění problému*, je základním krokem, který činí mnoha žákům obtíž. Důležité ale není pouze zadání úlohy porozumět, ale taktéž mít touhu řešení nalézt. Úloha musí být zadána tak, aby nebyla moc obtížná, ale zároveň ani moc snadná. Úloha musí být srozumitelná, žák musí být schopen nalézt problém a otázku v zadání okamžitě. Pokud žák nevidí problém ihned, Polya navrhuje, aby si položil následující otázky: Co je neznámé? Jaká jsou data? Jaké jsou podmínky? Tyto otázky by mu měly pomoci problému porozumět (Polya, 1973).

Ve druhém kroku, *vypracování plánu řešení*, je cílem nalézt vztah mezi neznámými a známými daty. Cesta od pochopení problému k vypracování plánu řešení není většinou snadná. Existuje mnoho strategií, které je možno pro řešení úlohy rozumně využít. Polya přichází i s nealgoritmickými strategiemi řešení úloh, a to heuristickými. Heuristikou bychom mohli nazvat postupy, při kterých se řešitel pokouší o různé přístupy k nalezení řešení problému. Polya v úvodu nabádá otázkou, zda jsme již daný problém řešili, nebo zda jsme jej řešili v jiné souvislosti. Znalost obdobného problému může vypracování plánu řešení usnadnit. Sám Polya uvádí, že citlivost k výběru vhodné strategie se s množstvím řešených úloh zvyšuje. Jsou však i takové heuristické strategie, které jsou použity i bez předchozí zkušenosti (např. Eisenmann, Příbyl, Novotná, Břehovský & Cihlár, 2017). Jako problém zmiňuje Polya fakt, že se často vyskytne větší množství úloh, které mají s momentálně řešenou něco společného. Je tudíž velmi náročné ze všech vybrat tu nejvhodnější. Pokud nejsme schopni na základě vlastních znalostí problém vyřešit, Polya radí řešit nejdříve částečné problémy a až následně jednotlivá dílčí řešení spojovat v celek. Následně je nutné zkontrolovat, že jsme se skrze mnohá dílčí řešení dostali doopravdy k žádoucímu cíli (Polya, 1973).

Po vypracování plánu řešení následuje již samotná *realizace* tohoto plánu, která je mnohem jednodušší. Žák by měl být schopen kontrolovat veškeré své kroky a posoudit, zda jsou korektní, tj. zda nepramení pouze z intuice. Veškeré kroky by měly být dokazatelné (Polya, 1973).

Důležitým závěrečným krokem by mělo být taktéž *zhodnocení vlastního postupu*, zjednodušení, případně zobecnění dílčích kroků nebo jejich úprava (Polya, 1973).

Kroky přibližně korespondují s pěti fázemi Deweyho modelu (viz tabulka 1), pouze první a druhá fáze Deweyho postupu řešení problémů u Polya splývají. Zásadní je taktéž rozdíl v tom, že Polya předpokládá ihned prvním krokem pochopení problému, zatímco Dewey hovoří pouze o jeho identifikaci, pochopení může nastat až po vyřešení úlohy.

### **Heuristické strategie řešení problémů**

Heuristickým strategiím při řešení matematických úloh se v České republice věnují převážně Eisenmann, Příbyl a Novotná (např. Eisenmann a kol., 2017). Užití heuristické strategie při řešení úlohy bývá spjato s neschopností vyřešit zadanou úlohu přímo, tj. použitím algoritmů a vlastních znalostí. Zároveň je ale žák použitím alternativní strategie schopen dojít ke správnému výsledku. Kopka (2013) dělí heuristické strategie do tří kategorií dle jejich obecnosti na strategie základní, obecné a specifitější matematické. Mezi heuristické strategie Kopka (2013) řadí:

- základní strategie:
  - pokus – omyl (nesystematické experimentování),
  - systematické experimentování,
  - pokus – ověření – korekce,
  - grafické znázornění,
- další obecné strategie:
  - konkretizace a zobecnění,
  - analogie,
  - přeformulování problému,
  - cesta zpět,
  - zavedení pomocného prvku,
  - vypuštění podmínek.

Jak již bylo zmíněno, některé z heuristických strategií mohou být žáky využity, aniž by se s nimi setkali před tím. Spontánnímu použití heuristických strategií při řešení matematických úloh byla věnována pozornost ve světě i v České republice. Pozornost byla věnována především strategiím cesta zpět, systematické experimentování, pokus – ověření – korekce a zavedení pomocného prvku. Tyto čtyři heuristické strategie jsou využívány žáky při řešení matematických úloh zcela spontánně (Eisenmann a kol., 2017).



### 1.1.3 Řešení problémů ve fyzice

V oblasti fyziky se problematice řešení úloh věnoval Ogilvie (2009). Ten rozdělil žákovské strategie řešení úloh do dvou kategorií – limitující a expanzivní<sup>3</sup>. Limitující strategie jsou takové strategie, které správně fungují na jednoduchých příkladech, ale u složitějších a otevřených úloh mohou selhávat. Pod tyto strategie řadí Ogilvie například zasazení úlohy do vhodného vzorečku, vypsání známých veličin, vypsání neznámých veličin a vyhledávání podobných příkladů v paměti. Expanzivní strategie jsou takové strategie, které lze snadno aplikovat na více problémů, jako například načrtnutí diagramů, poznamenání klíčových momentů, přemýšlení nad koncepty a následná analýza problému (hledání podstaty) a rozdělení úlohy na dílčí menší problémy a jejich postupné řešení. Zároveň ale Ogilvie zmiňuje, že u poslední expanzivní strategie je zapotřebí detailního plánování, aby nebyl plýtván čas na řešení dílčích problémů, které nejsou potřeba ke konečnému řešení (Ogilvie, 2009).

V České republice se problematice řešení úloh u žáků středních škol věnovaly Snětinová a Koupilová (2013) v oblasti kvantitativních fyzikálních úloh, tj. takových úloh, při kterých je využíván matematický aparát. Data byla získána skrze dotazníky a žákovské odpovědi na otevřené otázky z oblasti řešení fyzikálních problémů. Snětinová a Koupilová se ve svém výzkumu inspirovaly u Ogilvie a identifikované strategie podrobily stejnému dělení. Při řešení kvantitativních úloh dle zjištění žáci využívají převážně limitující strategie. Nejčastěji využívanou strategií je vypsání známých a neznámých veličin. Vysoká četnost této strategie je dle Snětinové a Koupilové vzhledem k stylu výuky v českých školách očekávatelná. Druhou nejčastěji uplatňovanou strategií je zasazení úlohy do vhodného vzorečku. Žáci označili za nejméně používanou strategii využití různých diagramů a nákresů.

### 1.1.4 Řešení problémů v chemii

Problémy, se kterými se setkáváme v oblasti chemie, mají dvojí podobu. Mohli bychom hovořit o kvalitativních a kvantitativních problémech. U kvantitativních problémů, jako jsou různé výpočty a vyčíslování rovnic, lze aplikovat poznatky Polyi (1973) a Ogilvie (2009). V těchto případech můžeme hovořit o algoritmických i heuristických strategiích, jako je pokus – ověření – korekce, cesta zpět a zavedení pomocného prvku, jelikož výsledkem bývá číselná hodnota. Kvalitativní problémy jsou v tomto směru mnohem náročnější. K jejich vyřešení je zapotřebí více informací.

---

<sup>3</sup> používá se též českých ekvivalentů podporujících, rozšiřujících

Výzkumně se v minulosti zkoumaly spíše strategie řešení kvantitativních chemických úloh, případně byly srovnávány postupy řešení těchto úloh začátečníky a experty, například Taasoobshirazi a Glynn (2009). Pozornost byla věnována i stechiometrii v organické chemii (např. Stieff & Raje, 2010).

Výzkum v oblasti chemických problémů (Bodner & Herron, 2002) ukázal, že nemůžeme ve školách žáky naučit, jak problémy řešit. Existují ale důkazy, že určité přístupy k výuce mohou zlepšit jejich schopnosti problémy řešit, například skupinová práce.

Chupáč (2008, s. 76) zmiňuje, že žáci mají s řešením problémových úloh z chemie problémy. Uvádí případy, kdy žáci:

- *„nemají osvojený postup řešení problémových úloh (žáci znají pouze základní algoritmus pro řešení problémů, který neumí vhodně transformovat),*
- *nemají dostatek vědomostí a dovedností, kterých by využili při řešení úloh,*
- *nejsou schopni vybrat z celkového množství informací ty, které jsou podstatné pro řešení úlohy,*
- *se naučí požadovaný obsah učiva mechanicky bez uvažování nad vztahy mezi základními pojmy a nad možnou aplikací v běžném životě“.*

## 1.2 Kompetence k řešení problémů

Problematika řešení problémů je zpracována i v Rámcových vzdělávacích programech, které definují kompetence jakožto schopnosti, kterými by měli žáci disponovat po ukončení vzdělávání. Jednou z těchto kompetencí je i kompetence k řešení problémů (RVP ZV, 2017, s. 11).

*„Na konci základního vzdělávání žák:*

- *vnímá nejrůznější problémové situace ve škole i mimo ni, rozpozná a pochopí problém, přemýšlí o nesrovnalostech a jejich příčinách, promyslí a naplánuje způsob řešení problémů a využívá k tomu vlastního úsudku a zkušeností,*
- *vyhledá informace vhodné k řešení problému, nachází jejich shodné, podobné a odlišné znaky, využívá získané vědomosti a dovednosti k objevování různých variant řešení, nenechá se odradit případným nezdarem a vytrvale hledá konečné řešení problému,*
- *samostatně řeší problémy, volí vhodné způsoby řešení, užívá při řešení problémů logické, matematické a empirické postupy,*

- *ověřuje prakticky správnost řešení problémů a osvědčené postupy aplikuje při řešení obdobných nebo nových problémových situací, sleduje vlastní pokrok při zdolávání problémů,*
- *kriticky myslí, činí uvážlivá rozhodnutí, je schopen je obhájit, uvědomuje si zodpovědnost za svá rozhodnutí a výsledky svých činů zhodnotí.“*

Celosvětové pojetí kompetence k řešení problémů je detailně popsáno například v publikaci *Koncepční rámec pro zjišťování schopnosti řešit problémy* (PISA, 2012a), na základě kterého jsou země OECD<sup>4</sup> v rámci šetření PISA srovnávány. Kompetence k řešení problémů je definována jako „*schopnost jednotlivce využívat své kognitivní dovednosti k porozumění problémové situaci a k jejímu vyřešení v případě, že způsob řešení není bezprostředně zřejmý. Její součástí je i ochota jednotlivce zabývat se takovými situacemi, aby mohl jako konstruktivní a přemýšlivý občan rozvinout vlastní potenciál*“ (PISA, 2012a, s. 6).

Učitelé by měli v rámci výuky podporovat rozvoj kompetence k řešení problémů. Rozvoj je možný skrze preferování problémového vyučování nebo podporu hledání více možných řešení úloh (Chupáč, 2011). Dále je možné rozvíjet schopnosti žáků řešit problémy badatelsky orientovaným vyučováním a projektovým vyučováním. Důležité je, aby výuka podporovala metakognitivní schopnosti žáků, učila je efektivně uvažovat v neznámých situacích a naučila je získávat informace pozorováním a zkoumáním (PISA, 2012a, s. 4).

### **1.3 Problémové vyučování – učení řešením problémů**

Jednou z nejefektivnějších vyučovacích metod umožňujících rozvoj kompetence k řešení problémů je problémové vyučování. Koncept problémového vyučování zformuloval koncem 19. století Dewey (více v kapitole 1.1 Řešení problémů).

Při problémovém vyučování se u žáků nerozvíjí pouze schopnosti řešit problémy, nýbrž i tvořivé myšlení a představivost. Žáci se v hodinách setkávají s problémovými situacemi, které je nabádají k jejich řešení. Skrze řešení těchto situací si žáci osvojují mnohé vědomosti a dovednosti, tj. učí se (Skalková, 2007. s. 156–161). Výhodou problémového vyučování je aktivní přístup žáků k výuce, možnost projevení tvořivosti žáků a jejich individuálních schopností, případně i rozvoj schopností komunikovat a spolupracovat.

---

<sup>4</sup> Organisation for Economic Co-operation and Development

Účinnost problémového vyučování závisí na struktuře vzdělávacího prostředí a také na přístupu k řešení problémů. Výuka založená na problémovém vyučování může v mnohých případech selhat. Důvodů k selhání může být několik, problémy nemusí být pro žáky dostatečně zajímavé a motivující, případně nejsou problémy dostatečně motivačně prezentovány. Předkládané problémy taktéž mohou být pro žáky příliš snadné, nebo naopak enormně obtížné. Problémové vyučování může taktéž selhat ve chvíli, kdy žáky nevedeme k systematickému přístupu k řešení problémů a k pečlivému zhodnocování prováděných činností. Zpočátku je samozřejmé, že žáci nemají s výukou založenou na řešení problémů zkušenosti a že neví, jak řešit úlohy, ve kterých není jasně určen cíl a strategie řešení. V těchto situacích je vhodné žáky podpořit například modelem IDEAL, který jim může pomoci problém strukturovat a lépe se v něm orientovat (Bransford & Stein, 1993, s. 208–209).

Všechny výše uvedené problémy nezohledňují osobnostní charakteristiky žáků, které jsou v procesu řešení problémové úlohy taktéž velice zásadní. Osobnostní charakteristiky žáků totiž ovlivní, zda vůbec žák úlohu (buď sebelépe vymyšlenou a formulovanou) řešit začne. Cesta od seznámení se s problémovou situací v podobě problémové úlohy k řešení úlohy žákem je dlouhá. Zprvu musí problémová situace/úloha vyvolat v žácích problém vyžadující řešení. K tomu, aby žák identifikoval v problémové situaci problém, musí mít dostatečně rozvinutou schopnost vnímat problém. Žák, který nemá dostatečně rozvinutou schopnost vnímat problém, nedokáže v úloze správně identifikovat onu bariéru, která stojí mezi současným a cílovým stavem. Není proto v jeho silách tuto bariéru odstranit. Na schopnost vnímání problému navazuje ochota se problémem zabývat, kterou můžeme podpořit vhodnou motivací. Ochota zabývat se problémem ne vždy znamená i ochotu problém řešit. Strohé zadání úlohy neobsahující návody k jejímu řešení může žáka od řešení odradit. Stejným způsobem může fungovat i to, když žák nevidí možnost dosažení v úloze požadovaného cíle (Dostál, 2015).

Vhodná problémová úloha by měla žáky úspěšně dovést přes všechny osobnostní problémy k procesu řešení problému. Lze využít například aktualizaci poznávacích potřeb žáků.

Které parametry by měla splňovat problémová úloha, aby byla považována za vhodnou, se snaží definovat PISA. Základem je definice kompetence k řešení problémů, na které jsou vybudovány tři základní charakteristiky, které jsou důležité pro tvorbu a hodnocení efektivní problémové úlohy. Problémy, které jsou žákům v hodinách předkládány, musí být skutečné. Mělo by se jednat o takové situace, které se v životě žáků mohou vyskytnout nebo mohou být žáky považovány za důležité. Problém s reálným základem žáky podporuje k řešení a aktivizuje je. Nutnost propojení úloh s reálným životem je zmiňována již v pragmatické pedagogice:

„škola by měla využívat situací ze skutečného života a nepracovat jen s uměle zkonstruovaným učivem“ (Singule, 1990, str. 36). Druhou charakteristikou problémové úlohy by měla být její novost a neřešitelnost aplikací naučeného postupu ze školy a z toho vyplývající nutnost využití kreativity a flexibility žákova myšlení k tvorbě „nového“ řešení. Poslední charakteristikou efektivní problémové úlohy je její komplexnost a přesah do více oblastí (OECD, 2004, s. 26–27). Bransford a Stein (1993) dále uvádějí, že je důležité vybrat takové problémy, které vycházejí z poznatků z předchozích zkušeností s učením.

Problémové úlohy je možné klasifikovat dle několika parametrů (Dostál, 2015, s. 2800; Skalková, 2007, s. 157–161):

a) určitost a neurčitost

- určité problémové úlohy – problém je zřetelný; jsou jasně dány všechny podstatné okolnosti problému (současný stav, cílový stav, dostupné operátory),
- neurčité problémové úlohy – problém není zcela zřetelný; v úloze se vyskytuje nedostatek informací,

b) statická a dynamická

- statické problémové úlohy – stabilní podmínky problému,
- dynamické problémové úlohy – změna podmínek ovlivňujících vlastnosti problému v závislosti na čase,

c) postupy řešení

- algoritmičké postupy – postup řešení problému je stanoven jasným sledem kroků (operací), dodržení algoritmičkého postupu žáka dovede ke správnému řešení,
- heuristické postupy – postup řešení problému není jasně stanoven, je podporováno tvořivé myšlení žáků (viz kapitola 1.1.2 Řešení problémů v matematice),
- intuice jako metoda řešení problémů – bezprostřední poznání.

Vhodné formulování problémové úlohy, která by žáka dostatečně motivovala a zároveň byla optimálně náročná, je pro učitele velice namáhavé.

### 1.3.1 Čtenářské strategie

Ve školách bývá řešení problémů spjato s písemným zadáním problémové situace. Vzhledem k tomu, že řešení problému je zahájeno jeho identifikací a vymezením (1. a 2. fáze Deweyho modelu reflektujícího myšlení, viz tabulka 1), znamená to pro žáky nutnost porozumění textu. Schopnost interpretovat a porozumět textu úzce souvisí s problematikou čtenářské gramotnosti. Čtení s porozuměním je zásadní pro pochopení významu textu (Najvarová, 2008). Porozumění textu a jeho zpracování závisí na použití čtenářských dovedností a strategií žákem. Čtenářskými strategiemi jsou pro Najvarovou (2008) záměrné postupy směřující a kontrolující snahu porozumět textu. Najvarová uvádí několik klasifikací čtenářských strategií, jsou jimi například:

- a) třídění strategií dle typu čtení – na základě důkladnosti čtení textu (Schnotze (1996) in Najvarová, 2008)

mikrostrategie (porozumění slovům a větám) se uplatňují při:

- studijním čtení – důkladné zpracování textu s cílem pochopit a zapamatovat si jej,
- statarickém<sup>5</sup> čtení – důkladné čtení textu,

makrostrategie (pochopení textu jako celku, hledání podstaty textu) se uplatňují při:

- kurzorickém čtení – zběžné rychlé čtení celého textu, zachycení hlavní myšlenky,
- selektivním<sup>6</sup> čtení – zaměření na předem stanovené prvky v textu, vyhledávání dle stanovených kritérií,
- kontrolním čtení – rychlé čtení, orientace ve skocích (dle odstavců, kapitol, zvýrazněných pojmů),

---

<sup>5</sup> status = zastavení, stav

<sup>6</sup> selectio = výběr

b) třídění strategií dle fází čtenářského procesu (Paris, Wasiková a Turnerová (1996) in Najvarová, 2008)

- příprava ke čtení (před čtením) – aktivizace předchozích znalostí,
- vytváření významů (během čtení) – vyvozování významů, předvídání v textu, pozorování souvislostí,
- reflektující shrnutí (po přečtení).

Najvarová (2008) ve své práci odkazuje na osm základních čtenářských strategií provázejících žáky při čtení textu definovaných Tomkinsonovou (2006):

- předpovídání,
- propojování informací – zobecňování, vyvozování závěrů, využívání předchozích znalostí,
- vizualizace (vytváření mentálních obrazů) – orientace v textu, využití představivosti a fantazie,
- kladení otázek – kladení relevantních otázek,
- identifikace hlavních myšlenek – výběr podstatných informací, tvorba výpisků,
- vytváření souhrnů – schopnost přeformulování textu a shrnutí bez ztráty významu,
- kontrolování – zpomalení, opakování, ukazování si v případě nepochopení textu, podtrhávání si, odškrťování,
- hodnocení – hodnocení formy a informací v textu.

#### 1.4 Schopnosti žáků řešit problémy

Program pro mezinárodní hodnocení žáků (PISA) se zabývá otázkou znalostí a dovedností žáků, kteří opouštějí povinnou školní docházku. Mezinárodní šetření PISA jednou za tři roky hodnotí, do jaké míry si žáci po ukončení základního vzdělávání osvojili klíčové znalosti a dovednosti, které mohou využít v budoucím životě. Konkrétně se PISA zabývá oblastí matematiky, čtení, přírodních věd a řešení problémů. Důležité je, že cílem šetření není pouze kontrola znalostí, ale taktéž zkoumání schopností jejich aplikace.

V roce 2012 bylo realizováno šetření PISA, které se primárně zaměřovalo na oblast matematiky, oblast řešení problémů byla vedlejším tématem zkoumání. „*Výzkum schopnosti řešit problémy v PISA 2012 byl zaměřen na obecnou schopnost žáků uvažovat a regulovat postupy při řešení problémů a na jejich vůli problém vyřešit*“ (PISA, 2012b, s. 35). Vzhledem

k zaměření na obecné schopnosti žáků v oblasti řešení problémů, byly žákům zadány úlohy nevyžadující k jejich vyřešení odborné znalosti. Zásadním parametrem všech úloh bylo jejich reálné propojení se životem.

Šetření ukázalo, že co se průměrného skóre týče, jsou výsledky žáků v oblasti řešení problémů ve srovnání s ostatními státy lehce nadprůměrné. Čeští žáci spíše dominují v oblastech plánování, provádění, sledování a posuzování. Horších výsledků dosahují v oblastech zkoumání, porozumění, znázorňování a formulování (PISA, 2012b, s. 106). Zároveň ale z výsledků vyplývá, že téměř pětina žáků dokáže řešit nanejvýš velmi jednoduché problémové situace.

V roce 2015 byla do šetření PISA zařazena oblast schopností týmového řešení problémů. Důvodem zařazení této oblasti je její klíčovost pro úspěšné a produktivní zapojení žáků do společnosti. „*Spolupráce je při řešení problému výhodná, protože umožňuje efektivní dělbu práce, využití informací z různých zdrojů znalostí a různých náhledů a zkušeností a vyšší kreativitu i lepší kvalitu řešení díky nápadům všech členů skupiny. Práce v týmu na společném díle vyžaduje zvládnutí dalších dovedností, jako jsou spolupráce a komunikace*“ (Blažek & Boudová, 2017, s. 10). Výsledky českých žáků v této oblasti byly ve srovnání s ostatními zeměmi účastnicími se šetření průměrné. Rozvoj schopností řešit problémy skrze podporu skupinové práce zmiňovali již Bodner a Herron (2002).

## 1.5 Metoda myšlení nahlas (Think-aloud method)

Není pochyb o tom, že řešení problémů je jedním ze základních stavebních prvků každodenního života. Je tudíž více než zřejmé, že je lákavé zkoumat, jak se lidé k problémovým situacím staví a které strategie a postupy k jejich vyřešení volí.

Jednou z možných metod zkoumání postupu řešení problémových situací je *metoda myšlení nahlas* (Hendl, 2005; Švaříček & Šedřová, 2007). Tato metoda je známější pod anglickým názvem *Think-aloud method*. Metoda se dá vyhledat taktéž pod označením in-akční metoda verbalizace (Janík, 2005) nebo analýza verbálního protokolu (Švaříček & Šedřová, 2007).

Metodu Think-aloud podrobně popsali ve své knize *THE THINK ALOUD METHOD: A practical guide to modelling cognitive processes* van Someren, Barnard a Sandberg (1994). Metoda Think-aloud je dle nich jedinečnou metodou, která poskytuje informace o kognitivních procesech. Metoda umožňuje získat informace o znalostech a postupech řešení lidských problémů. Zkráceně je respondent požádán, aby hovořil při řešení



úloh nahlas. Výkon dotazovaného, a tím i výzkumné zjištění, je vhodné podpořit opakováním této žádosti v průběhu interakce. Cílem metody Think-aloud je získat informace o tom, jaké postupy dotazovaný při řešení úlohy používá a jakých využívá znalostí. Cílem není získat informace o tom, proč dotazovaný při řešení úloh dané postupy používá (van Someren a kol., 1994).

Při zjišťování informací metodou Think-aloud je důležité si uvědomit, že dotazovaný pravděpodobně neřekne nahlas vše, a proto nejsou informace získané touto metodou zcela kompletní. Neposkytnutí všech postupů a myšlenek může, ale nemusí být záměrné. Verbalizace myšlenek je často velice obtížná a dotazovaní s tím mohou mít problém. K objasnění požadavku zadavatele je možné dotazovaného vytrénovat na jednoduché a zřejmé úloze, případně mu na ní ukázat, co se od něj očekává (van Someren a kol., 1994).

V průběhu řešení úlohy by neměl být dotazovaný rušen, role zadavatele je téměř nulová. Zadavatel by měl zasáhnout, pouze pokud dotazovaný přestane mluvit. Adekvátním zásahem je vybidnutí dotazovaného k pokračování v myšlení nahlas. K zaznamenávání myšlenek dotazovaného je vhodné využít audio-techniku a celý proces nahrát, buď na kameru, nebo na diktafon. Nahrávka se následně přepisuje buď zcela, případně se přepisují pouze klíčové momenty. Analyzovat nahrávky v hlasové podobě je velice náročné (Hendl, 2005; van Someren a kol., 1994).

Metodu Think-aloud využil již mezi lety 1938 a 1943 holandský šachista a kognitivní psycholog de Groot. Ten studoval kognitivní požadavky a myšlenkové procesy spojené s přesunem šachové figurky u hráčů na různé úrovni. Účastníci experimentu měli vyjadřovat všechny myšlenkové procesy nahlas, tj. byla po nich vyžadována metoda Think-aloud. De Groot se ve svých experimentech snažil zodpovědět otázku výjimečnosti v myšlenkovém procesu šikovného šachisty a důvod prozíravosti šachových mistrů oproti začátečníkům. Metoda Think-aloud se v tomto případě ukázala jako velice smysluplná a účinná (de Groot, 2008; Mudrák, 2015, s. 37–38).

V České republice byla využita metoda Think-aloud ke zjištění procesu řešení matematických problémů (Vondrová & Rendl, 2015). Procesy řešení byly zkoumány skrze hloubkové rozhovory vedené s žáky při řešení matematických úloh. Autoři uvádějí, že k získání co nejvíce informací o postupu řešení úlohy žákem není dostatečné pouze písemné zaznamenání v podobě řešení úlohy, jelikož tento zápis postrádá způsob myšlení žáka a kroky, kterými se při řešení ubíral (Vondrová & Rendl, 2015, s. 14). Informace, které poskytují hloubkové rozhovory vedené metodou Think-aloud, jsou proto podstatné. Cílem výzkumu bylo prostřednictvím hloubkových rozhovorů zjistit, jak žáci nad vybranými matematickými úlohami přemýšlejí,

které kroky volí k jejich vyřešení a se kterými problémy se v průběhu řešení úloh setkávají. Výzkum se taktéž zaměřoval na to, jaká pomoc může žáky dovést k úspěšnému vyřešení úloh (Vondrová & Rendl, 2015, s. 17).

Metoda byla u nás taktéž využita v oblasti výzkumu čtenářských strategií žáků 1. stupně základní školy (Najvarová, 2008). Cílem výzkumu bylo zodpovědět otázky odlišnosti úspěšných a neúspěšných čtenářů z pohledu čtenářských charakteristik. V každé třídě byli zkoumáni dva žáci s extrémními výsledky. Výběr žáků byl podložen kvantitativním šetřením v oblasti čtenářské gramotnosti v daných třídách. Žákům byla zadána sada šesti odlišných úloh. Při řešení byli žáci pozorováni a byli požádáni o řešení úloh nahlas.

## 2 Cíle diplomové práce

Problematicke řešení problémů jak v každodenním životě, tak i ve školním prostředí se v minulosti věnovalo velké množství pedagogů a psychologů. Nejpropracovanější poznatky lze nalézt v oblasti matematiky. Problematicke řešení matematických problémů se věnovali například Polya (1973) a Posamentier s Krulikem (2009). Poznatky z matematiky lze přenést do řešení kvantitativních úloh ve fyzice a v chemii. Problematika řešení kvalitativních chemických úloh se nejen u nás, ale i ve světě, příliš nerozvíjela. Z dostupných zdrojů je obtížné nalézt výzkumy, které by se právě touto problematikou, řešením kvalitativních chemických úloh, zabývaly.

Hlavním cílem této diplomové práce je zmapování strategií, které žáci využívají při řešení problémových úloh z chemie. Důraz je kladen taktéž na jejich propojení s již definovanými strategiemi řešení problémů v jiných oblastech. Zjištění způsobu řešení problémových úloh žáky může současným i budoucím učitelům pomoci při plánování výuky.

K dosažení cíle práce byly stanoveny dílčí cíle:

- zmapování oblasti řešení problémů v České republice a ve světě,
- vytvoření seznamu strategií řešení problémů,
- realizace šetření se zaměřením na strategie řešení problémových úloh z chemie.

Vzhledem k formulovaným cílům diplomové práce byly položeny následující výzkumné otázky:

- Které strategie používají žáci 9. ročníků při řešení problémových úloh z chemie?
- Se kterými problémy se žáci potýkají při řešení těchto úloh?

### 3 Metodologie výzkumu

Zkoumat strategie uplatňované žáky při řešení problémových úloh z chemie lze různými způsoby. Z kvantitativních výzkumných metod je možné využít například dotazník, z kvalitativních výzkumných metod je možné využít různých podob rozhovorů. V této diplomové práci byl za hlavní výzkumnou metodu vybrán rozhovor vedený metodou Think-aloud.

Dle Vondrové a Rendla (2015) se použití metody Think-aloud pro zkoumání žákovských strategií řešení úloh a problémů, se kterými se žáci při řešení setkávají, ukázalo jako smysluplné. Základní struktura výzkumu byla proto převzata i pro tuto diplomovou práci.

Ke strukturovanějšímu výběru žáků vhodných pro rozhovory bylo zapotřebí jejich diferenciací. Vondrová a Rendl (2015) zmiňují problémy s výběrem žáků založeném na názoru učitele (učitelé mají tendenci posílat na rozhovory úspěšnější žáky, než je požadováno). Inspirovala jsem se proto výzkumem Najvarové (2008), která volila pro výběr vhodných respondentů dvoukolové šetření nejdříve kvantitativní a následně kvalitativní povahy. V prvním kole mého šetření byli žáci požádáni o řešení chemických úloh s problémovými prvky. Na základě úspěšnosti žáků v úlohách ve srovnání se zbytkem třídy byli do druhého kola k rozhovorům vybíráni žáci s průměrným výsledkem. Volba průměrného výsledku byla zvolena s ohledem na širší působnost poznatků zjištěných výzkumem.

Vzhledem k tomu, jak jsou formulovány očekávané výstupy v Rámcovém vzdělávacím programu pro základní vzdělávání, byli jako cílová skupina vybráni žáci 9. ročníků základních škol. Výzkum byl prováděn koncem školního roku 2016/2017 v době, kdy již na školách proběhla výuka všech testovaných témat.

### 3.1 Výběr vzorku

S ohledem na povahu prováděného šetření byl volen nižší základní soubor respondentů. Z pohledu pedagogického výzkumu se jedná o vzorek dostupný (Gavora, 2000). Výběr základních škol nebyl nijak strukturován, školy byly vybrány na základě ochoty podílet se na šetření. Školy byly oslovovány na základě vlastní zkušenosti a doporučení od kolegů. Šetření probíhalo celkem na pěti pražských základních školách. Výzkumný vzorek tvoří následující školy:

- ZŠ Jiřího Gutha-Jarkovského (Praha 1),
- Malostranská ZŠ (Praha 1),
- ZŠ Jílovská (Praha 4),
- ZŠ Bílá (Praha 6),
- ZŠ Litvínovská 500 (Praha 9).

Celkem se na šetření podílelo 160 žáků 9. ročníků z osmi tříd. V prvním kole šetření se jednalo o všechny žáky, kteří byli v den testování přítomni ve škole. Celkem museli být vzhledem ke stylu vyplňování dotazníku a odpovídání na úlohy tři žáci z šetření vyřazeni, s těmi není dále nikde počítáno. Výzkumný vzorek kvantitativní fáze šetření tudíž tvořilo 157 žáků.

Z těchto žáků byli k rozhovorům vybráni vždy dva žáci z každé třídy. Výběr byl založen na srovnání relativní úspěšnosti žáků vůči celkové relativní úspěšnosti třídy v jednotlivých úlohách. Byli vybráni dva žáci s úspěšností přibližně odpovídající průměru celé třídy. Pokud průměrnému výsledku odpovídalo více žáků ve třídě, byli žáci voleni na základě přítomnosti ve škole v den konání rozhovorů. Celkem tak v kvalitativní fázi šetření výzkumný vzorek tvořilo 16 žáků.

### 3.2 Výběr úloh

Úlohy použité v rámci šetření byly převzaty z publikace Metodické komentáře a úlohy ke Standardům pro základní vzdělávání – chemie (Holec & Rusek, 2016). Východiska tvorby a ověřování úloh byly náplní diplomové práce Vojíře (2017) obhájené na Pedagogické fakultě Univerzity Karlovy. V tomto ohledu tato diplomová práce navazuje na uvedenou diplomovou práci a dále rozvíjí poznání této problematiky.

Publikace Metodické komentáře a úlohy ke Standardům pro základní vzdělávání – chemie (Holec & Rusek, 2016) byla vytvořena v letech 2015 a 2016 na základě požadavku Národního ústavu pro vzdělávání jako doplňující materiál ke Standardům pro základní

vzdělávání – chemie<sup>7</sup>. Úlohy v publikaci byly vytvořeny za účelem zjišťování plnění očekávaných výstupů oboru chemie. Publikace je volně dostupná na internetových stránkách Národního ústavu pro vzdělávání.

Úlohy v publikaci byly vytvořeny na třech úrovních obtížnosti – minimální, optimální a excelentní. Úrovně obtížnosti úloh reflektují kognitivní požadavky potřebné na jejich úspěšné vyřešení. Při tvorbě úloh autoři vycházeli z taxonomie učebních úloh Tollingerové (1970) (in Vojíř, 2017). Všechny úlohy jsou doplněny o metodické komentáře, které popisují cíl úlohy, požadavky na správné vyřešení a jejich řešení. Úlohy jsou obsahově blízké s každodenním životem.

Pro toto šetření bylo použito šest úloh na optimální úrovni obtížnosti (viz Holec & Rusek, 2016) z tematických celků Pozorování, pokus a bezpečnost práce, Částicové složení látek a chemické prvky, Chemické reakce, Anorganické sloučeniny, Organické sloučeniny a Chemie a společnost (všechna zadání úloh jsou součástí přílohy 1). V tabulce 2 jsou uvedeny očekávané výstupy, které vybrané úlohy kontrolují. Autoři úloh uvádějí, že: *„Řešení úloh na optimální úrovni vyžaduje nejen reprodukci poznatků, ale především jednoduché myšlenkové operace s drobným přesahem do operací složitějších. Úroveň předpokládá hlubší porozumění přírodovědným pojmům z oblasti oboru i porozumění některým přírodovědným postupům v interdisciplinárních souvislostech.“* (Vojíř, Holec & Rusek, 2017, s. 223).

Na základě hodnot ukazatele náročnosti (Vojíř, 2017) u jednotlivých úloh byly vybrané úlohy rozděleny do dvou bloků po třech úlohách o přibližně stejné celkové náročnosti, jejich rozdělení je uvedeno v tabulce 3.

Vzhledem k povaze šetření a detailnějšímu zabývání se strategiemi řešení úloh bloku 2 jsou v této práci uvedena zadání těchto tří úloh společně s indikátory a metodickými komentáři autorů úloh.

---

<sup>7</sup> materiál, kterým jsou konkretizovány očekávané výstupy RVP ZV ve formě indikátorů

**Tabulka 2** Očekávané výstupy obsažené ve vybraných úlohách

<b>Tematický celek</b>	<b>Očekávaný výstup</b>
Pozorování, pokus a bezpečnost práce	CH-9-1-02 pracuje bezpečně s vybranými dostupnými a běžně používanými látkami a hodnotí jejich rizikovost; posoudí nebezpečnost vybraných dostupných látek, se kterými zatím pracovat nesmí
Částicové složení látek a chemické prvky	CH-9-3-03 orientuje se v periodické soustavě chemických prvků, rozpozná vybrané kovy a nekovy a usuzuje na jejich možné vlastnosti
Chemické reakce	CH-9-4-03 aplikuje poznatky o faktorech ovlivňujících průběh chemických reakcí v praxi a při předcházení jejich nebezpečnému průběhu
Anorganické sloučeniny	CH-9-5-02 vysvětlí vznik kyselých dešťů, uvede jejich vliv na životní prostředí a uvede opatření, kterými jim lze předcházet
Organické sloučeniny	CH-9-6-01 rozliší nejjednodušší uhlovodíky, uvede jejich zdroje, vlastnosti a použití
Chemie a společnost	CH-9-7-02 aplikuje znalosti o principech hašení požárů na řešení modelových situací z praxe

**Tabulka 3** Rozdělení úloh do dvou bloků o přibližně stejné náročnosti, zdroj: (Vojíš, 2017)

	<b>Tematický celek</b>	<b>Hodnota ukazatele náročnosti</b>	<b>Celkový ukazatel náročnosti</b>
Blok 1	Pozorování, pokus a bezpečnost práce	3,1	8,4
	Anorganické sloučeniny	3,1	
	Chemie a společnost	2,2	
Blok 2	Částicové složení látek a chemické prvky	3,0	8,6
	Chemické reakce	3,1	
	Organické sloučeniny	2,5	

## Úloha z tematického celku Částicové složení látek a chemické prvky

### Indikátor:

Žák rozliší periody a skupiny v periodické soustavě chemických prvků a vyhledá známé prvky s podobnými vlastnostmi.

### Zadání:

Dva kamarádi chemici čekají, než se vydestiluje produkt jejich celodenního snažení. Čas si krátí hrou, která je podobná klasické přebíjené s kartami. V případě chemiků nevítězí karta s vyšší hodnotou, ale vyšší číslo získané různými matematickými operacemi s počtem prvků či protonovými čísly. Celou hru vyhraje ten, komu se podaří zvítězit ve větším počtu tahů.

Takto vypadala jejich hra:

I. tah

Karel: Součet protonových čísel všech kovů ve 2. periodě.

Tomáš: Součin protonových čísel dvou prvků s největší elektronegativitou.

II. tah

Tomáš: Počet prvků třetí periody, které vedou elektrický proud.

Karel: Počet plyných prvků druhé periody.

III. tah

Karel: Rozdíl protonových čísel posledního a prvního prvku 13. skupiny vedoucího teplo.

Tomáš: Součet protonových čísel prvků 15. skupiny nevedoucího elektrický proud.

Zakroužkujte možnost zachycující výsledek hry. Při řešení využijte periodickou tabulku prvků.

- a) vyhrál Karel
- b) vyhrál Tomáš
- c) výsledek je nerozhodný



[2]

**Obrázek 1** Zadání úlohy z tematického celku Částicové složení látek a chemické prvky, zdroj: (Holec & Rusek, 2016, s. 48)

### Metodický komentář:

Úloha je zaměřena na ověření orientace žáků v periodické tabulce prvků, osvojení pojmů skupina a perioda a na základní rozdělení prvků na kovy, nekovy a polokovy včetně znalosti jejich vlastností. Při řešení jednotlivých úloh jsou zapotřebí jednoduché myšlenkové operace. Zároveň je zapotřebí porovnání dvou číselných údajů – výsledků jednotlivých tahů chemiků. Z tohoto důvodu je úloha na optimální úrovni obtížnosti.

zdroj: (Holec & Rusek, 2016)




## Úloha z tematického celku Chemické reakce

### Indikátor:

Žák popíše vliv teploty, plošného obsahu povrchu, koncentrace reaktantů a katalyzátorů na rychlost chemické reakce.

### Zadání:




Profesor Zátka vyvíjí ve své laboratoři nový typ baterie. Jednou ze složek této baterie je i chlorid manganatý. S přihlédnutím k dostupným surovinám zvolil jako nejvhodnější postup pro jeho přípravu reakci manganu s kyselinou chlorovodíkovou za vzniku vodíku.

[2]

$$\text{Mn} + 2 \text{HCl} \rightarrow \text{MnCl}_2 + \text{H}_2$$

Prohlédněte si níže uvedený graf závislosti reakční rychlosti na čase. K jednotlivým úsekům grafu přiřadte kroky postupu prof. Zátky při přípravě  $\text{MnCl}_2$ . Řešení zaznamenejte vepsáním písmen do částí grafu.



čas	rychlost chemické reakce
0 - 1	Nedochází k žádným reakčním změnám
1 - 2	Reakce začala probíhat. Uvolňuje se vznikající $\text{H}_2$
2 - 3	Množství vznikajícího $\text{H}_2$ postupně narůstá.
3 - 4	Rychlost vzniku $\text{H}_2$ se prudce zvýšila.

A. Reakční směs postupně mírně zahřival.  
B. Do reakční směsi přilil 10 ml 25% kyseliny chlorovodíkové.  
C. Do reakční baňky nalil 30 ml 10% kyseliny chlorovodíkové.  
D. Do reakční baňky přidal kousek manganu o hmotnosti 4,2 g.

*Zdůvodněte své řešení:*

**Obrázek 2** Zadání úlohy z tematického celku Chemické reakce, zdroj: (Holec & Rusek, 2016, s. 64)

### Metodický komentář:

Úloha je zařazena na optimální úroveň obtížnosti, neboť její vyřešení vyžaduje jednoduché myšlenkové operace vyžadující analýzu teoretických znalostí o vlivu jednotlivých

faktorů na rychlost reakce a rozpoznání jejich projevu. Daná úloha je založena především na žákovské znalosti vlivu teploty a koncentrace výchozích látek na průběh reakce. Pro vyřešení úlohy je podstatné porozumění grafu zachycujícího závislost rychlosti reakce na čase a rozlišení vlivu jednotlivých faktorů způsobených konkrétním úkonem, tedy myšlenkové propojení fyzického úkonu a projevu tohoto jednání zachyceného fyzikálními veličinami. Důležité je také důkladné čtení zadání, které napomůže identifikovat první krok.

*zdroj: (Holec & Rusek, 2016)*

### Úloha z tematického celku Organické sloučeniny

Indikátor:

*Žák popíše vlastnosti nejjednodušších uhlovodíků.*

Zadání:

chemická látka	teplota tání / °C	teplota varu / °C	hustota / g/cm <sup>3</sup>
methan	-182,5	-161,5	0,676
toluen	-93,0	110,6	0,867
benzen	5,5	80,1	0,877
isooktan	-107,38	99,3	0,688
naftalen	80,0	218,0	1,140

Na základě informací v tabulce rozhodněte o pravdivosti následujících tvrzení pro uvedené látky za laboratorních podmínek. Odpověď zakroužkujte (ANO – tvrzení je pravdivé, NE – tvrzení není pravdivé).

Benzen je plynná látka.	ANO	NE
Isooktan je kapalná látka.	ANO	NE
Naftalen je pevná látka.	ANO	NE
Toluen je plynná látka.	ANO	NE

**Obrázek 3** Zadání úlohy z tematického celku Organické sloučeniny, zdroj: (Holec & Rusek, 2016, s. 75)

Metodický komentář:

*Úloha je zaměřena na porozumění informacím v tabulce a jejich uplatnění při ověřování pravdivosti uvedených tvrzení. Jedná se o optimální úroveň obtížnosti, protože správné vyřešení*

úlohy předpokládá využití jednoduchých myšlenkových operací. Těmito operacemi se myslí zejména zjišťování vztahů informací v tabulce s obsahem jednotlivých sdělení.

Pro řešení úlohy je zásadní znalost laboratorních podmínek (teplota 20 °C a tlak 101,325 kPa). Dále se předpokládá znalost významu pojmů teplota tání a teplota varu. Žáci z dat v tabulce vyčtou teploty, při kterých u dané látky dochází ke změně skupenství. Jednoduchou myšlenkovou operací je odvození skupenství při teplotě 20 °C.

*zdroj: (Holec & Rusek, 2016)*

### **3.3 Průběh šetření**

K naplnění cíle diplomové práce bylo zapotřebí dvoukolového šetření. Cílem prvního kola šetření bylo zjištění žáky uplatňovaných strategií a preferencí při řešení chemických úloh z pohledu žáků. Výzkumným nástrojem byl zvolen dotazník. Druhé kolo šetření cílilo na zjištění konkrétních strategií, které žáci při řešení úloh používají. K identifikaci konkrétních strategií bylo realizováno celkem 16 rozhovorů s žáky, které byly vedeny metodou Think-aloud. Náplní rozhovorů bylo řešení tří problémových úloh. Při rozhovorech byly taktéž identifikovány problémy, kterým žáci při řešení úloh čelili.

#### **1. kolo – kvantitativní přístup**

V rámci prvního kola šetření byly žákům zadány dotazníky společně s úlohami bloku 1. Dotazník byl rozdělen do dvou částí.

V první části dotazníku byly zjišťovány názory žáků na obtížnost předložených úloh. Žáci pomocí počtu bodů na škále 1–5 (1: úloha byla velice snadná, 3: úloha byla optimální, 5: úloha byla velice obtížná) určovali, jaké obtížnosti byly dle jejich názoru předložené úlohy. Žáci byli taktéž vyzváni, aby připojili důvod obtížnosti a problémy, kterým při řešení úloh čelili.

Ve druhé části dotazníku byly zjišťovány strategie, které žáci uplatňují při řešení chemických úloh, pomůcky, které žáci při řešení chemických úloh používají, problémy, se kterými se žáci při řešení chemických úloh setkávají, a zdroj, kde hledají žáci pomoc, pokud si neví při řešení chemických úloh rady. Žáci byli taktéž dotázáni, zda řeší v hodinách chemie podobné úlohy. V této části byl volen dotazník vlastní konstrukce se slovní škálou odpovědí s možností dopsání dalších variant.

Vzhledem k tomu, že výsledky dotazníkového šetření slouží spíše informativně, nebyl dotazník předem ověřován. Konkrétní podoba dotazníku je v příloze 2.

Testovací část prvního kola šetření (řešení úloh) sloužila primárně k výběru vhodných kandidátů pro druhé kolo šetření. Zároveň výsledky žáků umožnily srovnávání s výsledky pilotního šetření (Vojíš, 2017).

Prvního kola šetření se účastnilo ve všech školách dohromady 157 žáků 9. ročníků. Šetření probíhalo v průběhu dubna a května roku 2017. Časový limit k vyplnění dotazníku a vyřešení úloh nebyl žákům stanoven, vždy ale byla vyhrazena jedna vyučovací hodina. Žádný z žáků nepotřeboval k vyplnění dotazníku a vyřešení úloh delší čas. Ve všech třídách bylo vyučujícím chemie potvrzeno, že testované učivo bylo v rámci výuky chemie s žáky probráno. V průběhu vyplňování dotazníku a řešení úloh byly žákům zodpovídaný dotazy pouze ohledně způsobu vyplňování dotazníků. K úlohám nebyly žádné odpovědi poskytovány. Pokud měli žáci k úloze dotaz, byli vyzváni, aby své otázky a problémy formulovali do příslušných kolonek v dotaznících.

V tabulce 4 jsou uvedeny školy, na kterých šetření probíhalo. Taktéž je uvedeno, zda a jaké zaměření dané třídy mají a kolik žáků dotazník s úlohami vyplnilo.

**Tabulka 4** Školy účastníci se šetření

Název školy	Zaměření	Kód školy	Počet žáků
ZŠ Jiřího Gutha-Jarkovského	bez zaměření	T	22
Malostranská ZŠ	bez zaměření	M	14
ZŠ Jílovská	bez zaměření	J	23
	rozšířená výuka cizích jazyků	JJ	25
	rozšířená výuka matematiky a přírodovědných předmětů se zaměřením na informatiku	JM	21
ZŠ Bílá	bez zaměření	B	21
ZŠ Litvínovská 500	bez zaměření	LA	15
	bez zaměření	LB	16

## 2. kolo – kvalitativní přístup

Na základě výsledků testovací části prvního kola šetření byli z každé třídy vybráni dva žáci, kteří dosáhli průměrného výsledku. S těmi byl následně veden rozhovor metodou Think-aloud nad třemi úlohami optimální úrovně z bloku úloh 2. Výběr žáků byl založen na srovnání relativní úspěšnosti celé třídy v jednotlivých úlohách a relativní úspěšnosti vybraných

dvou žáků, ve všech případech bylo nutné volit nejbližší možné hodnoty. Rozhovory byly realizovány s odstupem 9–35 dnů od prvního kola šetření.

Všem šestnácti žákům byly zadány stejné úlohy a byly jim poskytnuty stejné pomůcky, tj. papír, tužka a dvě různé periodické tabulky prvků. Žákům nebyl určen časový limit na řešení úloh, ani nebylo určeno pořadí řešení jednotlivých úloh. Na začátku každého rozhovoru byl žákům vysvětlen účel rozhovoru, žáci byli ujištěni o anonymitě a byli požádáni o souhlas se zachycením celého rozhovoru. Aby si žáci lépe představili průběh rozhovoru vedeného metodou Think-aloud, byla jim výzkumníkem metoda ukázána skrze komentované řešení jednoduché lineární rovnice, dle doporučení van Somerena a kol. (1994).

Délka rozhovorů s žáky byla v rozmezí od 6 do 28 minut. Většina rozhovorů trvala přibližně 20 minut.

Celkem bylo realizováno 16 rozhovorů. Průběh rozhovorů byl buď nahráván, nebo podrobně zapisován, dle rozhodnutí žáků. Všechny rozhovory byly přepsány do elektronické podoby a doplněny o komentáře výzkumníka z pohledu chování žáků a popisu jejich činností v průběhu řešení úloh (Hendl, 2005). Komentované transkripty rozhovorů s žáky jsou součástí přílohy 3.

### 3.4 Fáze vyhodnocování

Dotazníkové a testovací části prvního kola šetření byly vyhodnocovány odděleně.

Dotazníková část byla postavena tak, aby byly u žáků zjištěny preference v používaných strategiích řešení úloh a postupy, jak žáci čelí problémům, se kterými se v rámci řešení chemických úloh setkají. Z dotazníků byly zjišťovány absolutní četnosti jednotlivých odpovědí. Zároveň byla určena obtížnost úloh z pohledu žáků, která byla taktéž vyvozena z absolutních četností odpovědí. Odpovědi žáků na otevřené otázky ohledně důvodu náročnosti úloh a problémů, se kterými se žáci při řešení setkávali, sloužily k identifikaci žakovských obtíží a doplňují hodnoty četností. Výčet žakovských problémů a důvodů obtížností nelze považovat za úplný, jelikož žáci mohli mít s jejich formulací problém, nebo je mohli neuvést záměrně. Přesto ale výroky žáků slouží jako podnětné dokreslení číselných výsledků.

Testovací část šetření cílila na výběr vhodných kandidátů z každé třídy k následným rozhovorům. Řešení úloh byla obodována dle Vojíře (2017), který použil upraveného vzoru

PISA a TIMSS<sup>8</sup> (tabulka 5) a pro další potřeby diplomové práce striktně odlišil případy chybného řešení a neřešení úlohy.

Relativní úspěšnost žáků a tříd v řešených úlohách odpovídá procentuálnímu podílu dosaženého bodového ohodnocení z maximálního možného. Při výpočtu relativní úspěšnosti bylo neřešení úlohy počítáno za 0 bodů.

**Tabulka 5** Bodové ohodnocení jednotlivých řešení úloh

<b>Řešení úloh</b>	<b>Bodové ohodnocení</b>
Správné řešení	2
Částečně správné řešení	1
Chybné řešení	0
Neřešení úlohy	N

Výstupem druhého kola šetření bylo celkem 16 rozhovorů. Všechny realizované rozhovory byly přepsány a podrobně rozebrány. Byly identifikovány uplatňované strategie řešení úloh a problémy, se kterými se žáci v průběhu řešení setkali.

Uplatňované strategie byly dále rozděleny v návaznosti na Ogilvie (2009) do dvou kategorií na strategie podporující (zkratka SP) a strategie limitující (zkratka SL). Základní seznam strategií vycházel ze strategií uvedených v teoretických východiscích práce (kapitola 1.1.1 Strategie řešení problémů). Odděleně byly řešeny čtenářské strategie na úrovni kontrolování (Najvarová, 2008). Problémy žáků byly rozděleny dle Najvarové (2008) a Chupáče (2008) taktéž do dvou kategorií, na problémy pramenící z nepochopení a špatného pochopení zadání (zkratka PZ) a na problémy pramenící z neznalostí (zkratka PN). Seznam strategií a problémů byl upravován s přibývajícemi transkripty rozhovorů. Potřeba kategorizace strategií a problémů vyplynula z jejich počtu a slouží k lepší orientaci a k širšímu zpracování dat (Hendl, 2005, str. 211). Výsledkem analýzy rozhovorů s žáky jsou následující identifikované strategie a problémy shrnuté v tabulkách 6–9, ve kterých je uveden i jejich detailní popis. Identifikované kategorie jsou dále spojovány s kategoriemi používanými autory zabývajícimi se touto problematikou.

Šíře seznamu strategií a problémů je závislá na typech řešených úloh.

<sup>8</sup> TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study) – mezinárodní šetření zjišťující úroveň znalostí a dovedností žáků 4. a/nebo 8. ročníku základní školy v matematice a v přírodovědných předmětech

**Tabulka 6** Podporující strategie řešení problémů

Název	Kód	Popis	Zdroj
analogie, vyvození neznámého ze známého	SP1	žák přenese poznatky z dříve řešených problémů do nových problémů žák využije znalosti o některých látkách k vyvození vlastností o jiných na základě jejich podobnosti	Dhillon (1998) Vacínová a Langová (2007)
rozložení problému	SP2	žák rozdělí problém do menších celků a ty řeší postupně (dle různých kritérií – chronologicky, na základě obtížnosti) žák v úloze nalezne podtémata, která jsou pro něj lehčí k řešení, a těmi se zabývá prvně	Polya (1973) Dhillon (1998) Ogilvie (2009)
logické zdůvodňování	SP3	žák postup řešení logicky odůvodňuje	Posamentier a Krulik (2009)
sebereflexe	SP4	žák si nalezne vlastní chybu a pracuje s ní	Dewey – 5. fáze (verifikace, hodnocení, reflexe)
aplikace poznatků z hodin (aplikace známého řešení)	SP5	žák se odkazuje na probrané učivo a znalosti přímo aplikuje na řešení úlohy	Sternberg (2002)
propojení s realitou (simulace akce)	SP6	žák si dopomáhá v řešení úloh představením si daného problému (situace, látky)	Posamentier a Krulik (2009)
práce se zadáním	SP7	žák pracuje s údaji poskytnutými v zadání úlohy	
práce s periodickou tabulkou prvků	SP8	žák si pomáhá při řešení úlohy použitím periodické tabulky prvků	

**Tabulka 7** Limitující strategie řešení problémů

Název	Kód	Popis	Zdroj
tipnutí výsledku	SL1	žák výsledek tipuje (nevyskytuje se kontrola tipu)	
prostě si to myslím (intuice)	SL2	žák argumentuje větou: „ <i>prostě si to myslím</i> “	Skalková (2007)
předpovídání odpovědi na základě struktury zadání	SL3	žák vyvozuje odpověď na základě struktury zadání (žák se v danou chvíli nezabývá obsahem úlohy, nýbrž pouze její strukturou)	
rozhodování na základě náročnosti	SL4	žák se rozhoduje na základě náročnosti postupů – nepodložená volba snazšího postupu	
pamětné podložení řešení	SL5	žák volí výsledek na základě zapamatování	Chupáč (2008)

**Tabulka 8** Čtenářské strategie kontrolování

Název	Kód	Popis	Zdroj
čtení zadání nahlas	SC1	žák si pomáhá čtením zadání nahlas	Najvarová (2008)
dvojnásobné čtení zadání	SC2	pro pochopení (ověření pochopení) zadání žák čte zadání podruhé	Najvarová (2008)
vícenásobné čtení zadání	SC3	pro pochopení (ověření pochopení) zadání žák čte zadání poněkolikáté	Najvarová (2008)



**Tabulka 9** Problémy žáků

Název	Kód	Popis	Zdroj
<b>se zadáním</b>		žák má problémy již v 1. fázi řešení problému, tj. s porozuměním problému	Dewey – 1. a 2. fáze (identifikace, definice, vymezení problému)
nepochopení zadání	PZ1	žák tvrdí, že vůbec nepochopil zadání úlohy žák odpověděl zcela v rozporu se zadáním úlohy	
problém s pochopením zadání	PZ2	žák tvrdí, že má problémy s pochopením zadání	
poupravení zadání	PZ3	žák pochopil smysl úlohy, ale zadání pozměnil (například z důvodu nepozornosti)	
ověření pochopení zadání	PZ4	žák položil dotaz cílený na pochopení zadání	
<b>se znalostmi</b>		žák tvrdí, že úlohu nemůže vyřešit kvůli neznalosti učiva	Chupáč (2008)
neprobrané učivo	PN1	žák tvrdí, že nemůže úlohu vyřešit, jelikož se s učivem ve výuce nesetkal	
neznalost	PN2	žák neumí správně vyřešit úlohu, jelikož si dané učivo nepamatuje žák pracuje v periodické tabulce prvků s jinými prvky, jelikož si nepamatuje význam některých pojmů	

Pro snazší orientaci v identifikovaných strategiích a problémech byly dílčí strategie a problémy spojeny s barevným značením. V následující kapitole je na jednom vybraném rozhovoru ukázáno, jak byly strategie řešení úloh a problémy žáků při řešení úloh rozpoznávány a značeny. Zbylé rozebrané komentované transkripty rozhovorů s žáky jsou součástí přílohy 3, ve které je i uvedeno barevné značení.

### 3.4.1 Ukázka vyhodnocování rozhovorů

K ukázání způsobu zaznamenávání a vyhodnocování rozhovorů byl vybrán rozhovor s žákyní Malostranské ZŠ. Žákyně byla vybrána z důvodu její otevřenosti při řešení úloh. Žákyně se snažila všechny své kroky zdůvodňovat a popisovat sama. Žákyně taktéž při řešení využívala ojedinělých postupů. Rozhovor byl nahráván a trval 22:27 minut. Žákyně v prvním kole šetření dosáhla celkem jednoho bodu, a to z úlohy z tematického celku Pozorování, pokus a bezpečnost práce. Ve druhém kole šetření volila pořadí řešení úloh Chemické reakce, Organické sloučeniny a Částicové složení látek a chemické prvky. Ve druhém kole šetření dosáhla výsledku 2 body. První úlohu vyřešila zcela správně, zbylé dvě úlohy vyřešila špatně.

V následující pasáži jsou uvedeny transkripty jednotlivých řešení úloh doplněné o identifikované strategie a problémy. Závěrem je každá úloha zhodnocena z pohledu šíře a efektivity využitých strategií. Zadání úloh bylo uvedeno výše na obrázcích 1–3.

V transkriptech je použito toto značení:

Ž_M2	proslov žákyně,
V	proslov výzkumníka,
<i>kurzíva</i>	komentáře výzkumníka (popis chování žáka, komentování výpočtů a situací),
...	odmlka žáka.

#### Úloha z tematického celku Chemické reakce

Transkript řešení	Identifikované strategie a problémy
Čte zadání.	
Ž_M2 Tak jsem to přečetla a to mám jako seřadit, nebo přiřadit k těm ...	ověření pochopení zadání
V Já ti radit nemohu.	

Ž_M2	Jo aha, dobře. <i>Znovu si čte zadání, tentokrát si jej šeptem přeřikává, při čtení si ukazuje prstem na řádek. Čtení ukončuje hlasitějším, hm.</i>	<u>dvojnásobné čtení zadání</u> <u>čtení zadání nahlas</u>
Ž_M2	Áčko bude u tý, množství vznikajícího H <sub>2</sub> postupně narůstá.	
V	Proč zrovna tam?	
Ž_M2	Hm. Podle mě to je, protože tak, že <u>když něco zahříváme, tak ono to postupně nějak ...</u>	<u>logické zdůvodňování</u>
Ž_M2	Béčko ...	
V	Na základě čeho se momentálně rozhoduješ, na co se soustředíš?	
Ž_M2	<u>Na ty zbylý tři.</u> Nevím, nemůžu najít mezi tím spojitost nějakou. 15% kyselina, ..., mangan. Hm. Podle ... <u>to béčko a céčko</u> bude, teď ale nevím u který, myslím, že <u>béčko bude u toho posledního. Rychlost se prudce zvýšila. Sice je to jenom 10 ml tý kyseliny, ale je hodně, jako 30%.</u> Céčko u tý reakce začala probíhat, takže u toho druhého. A to <u>déčko</u> teda bude u tý první.	<u>rozložení problému</u> <u>logické zdůvodňování</u>

Při řešení úlohy žákyně prošla čtyřmi fázemi procesu řešení problémů (dle Sternberga (2002)). Žákyně měla problém s první fází procesu (identifikací problému), ale při použití vhodných čtenářských strategií nakonec problém identifikovala a vymezila jeho podstatu. Ze čtenářských strategií žákyně využila dvojnásobné čtení zadání, které podpořila čtením zadání nahlas. Následně žákyně v zadání úlohy vyhledala potřebné informace a využila je k vyřešení problému. Pořadí řešení jednotlivých kroků žákyně volila na základě jejich obtížnosti, zvolila tudíž cestu od snazšího k těžšímu. Všechny své kroky a tvrzení se žákyně snažila logicky zdůvodňovat. Žákyně se během řešení úlohy nedostala do páté a šesté fáze procesu řešení problémů, tj. nekontrolovala průběžně své řešení, ani nezhodnotila správnost dosaženého výsledku. I přes absenci závěrečných fází procesu řešení problémů žákyně jako jedna ze dvou úlohu vyřešila správně.

## Úloha z tematického celku Organické sloučeniny

Transkript řešení	Identifikované strategie a problémy
<i>Čte zadání.</i>	
Ž_M2 Nevím, ale plyn se může taky vařit? Hm.	
Ž_M2 Naftalen podle mě není pevná látka. Takže ne. Ale <b>nevím, jak to vyčíst z té tabulky.</b> Jen osobní to ...	<b>neznalost</b>
Ž_M2 Benzen, plynná látka ... hm ... asi ano.	
V Jak jsi na to přišla?	
Ž_M2 Já jsem si právě. Tady v té tabulce, má nejnižší tu hustotu.	
Ž_M2 Ten isooktan to bude podle mě ano. A toluen jsem ještě neřešila. Plynná látka. Já <u>bych dala zase ano, ale něco taky</u> ... Plynná látka, toluen má taky hodně nízkou hustotu, tak bych dala ano jako plynná.	<u>předpovídání odpovědi na základě struktury zadání</u>

U této úlohy si byla žákyně vědoma vlastní neznalosti, a proto se rozhodla uvést řešení na základě vlastního pocitu. Ve chvíli, kdy žákyni vycházela třikrát za sebou odpověď ano, zapochybovala o svém řešení. Nakonec ale i přes pochybnosti o tom, že by mohlo být správným řešením třikrát ano a jedenkrát ne, se pro tuto kombinaci rozhodla.

Řečnická otázka žákyně položená ihned po přečtení zadání indikuje hlubokou neznalost skupenských stavů. Pozitivně lze hodnotit pouze to, že si žákyně uvědomovala význam uvedení tabulky a věděla, že by výsledek měl jít z tabulky vyčíst. Ve chvíli, kdy se o nějaké vyčtení pokusila, pracovala s hodnotou hustoty, která byla v zadání uvedena pravděpodobně z důvodu zmatení řešitele.

Z pohledu zhodnocení průběhu procesu řešení problémů žákyně skončila v první fázi, tj. zjistila, že má rozhodnout o skupenství daných látek. Nebyla ale schopná vyhledat v zadání potřebné informace k vyřešení úlohy, proto se rozhodovala pouze na základě intuice.

## Úloha z tematického celku Částicové složení látek a chemické prvky

Transkript řešení	Identifikované strategie a problémy
<p><i>Čte si šeptem zadání, pousměje se.</i></p>	<p><u>čtení zadání nahlas</u></p>
<p>Ž_M2 Hm. <u>Součet protonových čísel v 2. periodě. 2. A. skupina</u>, myslím. Součet ...</p> <p><i>Vypisuje jednotlivá protonová čísla a počítá, nad počítáním vzdychá.</i></p>	<p><u>čtení zadání nahlas</u></p> <p><b>neznalost</b></p>
<p>Ž_M2 218. To je ten Karel. A Tomáš ... elektronegativitu ... největší ... protonových čísel s největší elektronegativitou.</p>	
<p><u>Kouká na tabulku, kde nalezne hodnotu elektronegativity.</u></p>	<p><u>práce s periodickou tabulkou prvků</u></p>
<p>Ž_M2 9 * 7. Ještě 3,5, aha.</p>	<p><u>tabulkou prvků</u></p>
<p><b>Počítá <math>9 * 7 * 8 = 504</math>.</b></p>	<p><b>poupravení zadání</b></p>
<p>Ž_M2 504, to je Tomáš v prvním tahu. <u>Počet prvků 3. periody, které vedou elektrický proud</u> ... ale já <b>nevím, jestli to je A nebo B</b> (odkazuje se na A, B skupiny) ... asi A ... a co vede elektrický proud teďka ... hliník ... hm.</p>	<p><u>čtení zadání nahlas</u></p> <p><b>neznalost</b></p>
<p>Ž_M2 Dva tady podle mě vedou. Bor a hliník a potom, jo ten asi taky. <u>Počet prvků 3. periody, které vedou elektrický proud.</u> Takže Tomáš má teďkon 2. <u>Počet plynných prvků 2. periody.</u></p>	<p><u>dvojnásobné čtení zadání</u></p> <p><u>čtení zadání nahlas</u></p>
<p>Ž_M2 To nevím. <b>Počet prvků, to nevím.</b></p>	<p><b>problém s pochopením zadání</b></p>
<p>Ž_M2 A třetí tah. Rozdíl protonových čísel ... <i>Kouká různě po tabulce a hledá.</i> ... 13. skupiny.</p>	<p><b>zadání</b></p>
<p>V A co právě hledáš?</p>	
<p>Ž_M2 <u>Rozdíl protonových čísel posledního a prvního prvku 13. skupiny vedoucího teplo.</u></p>	<p><u>čtení zadání nahlas</u></p>
<p>V A kde je problém?</p>	
<p>Ž_M2 <b>Já už si nepamatuju, co je 13. skupina, no. Periody jsou tohle (ukazuje na skupiny).</b> A Tomáš. <u>Koukne na druhou tabulku.</u> Aha, už vím. Tady, už to mám.</p>	<p><b>neznalost</b></p> <p><u>práce s periodickou tabulkou prvků</u></p>

Ž_M2	Hm. Vedoucí teplo. Hm. Vedoucí elektrický proud. Nevím, co z 15. skupiny vede elektrický proud. Dusík určitě ne. Nevím.
V	Pokud nevíš, tak se nic neděje. Budeš chtít ještě něco řešit?
Ž_M2	Ještě kouknu, tak podle toho prvního kola to vypadá, že vyhrál ... Tomáš. Ale ono to mohlo bejt i jinak. Ale <u>zkusila bych si tipnout</u> toho Tomáše, že vyhrál. <u>tipnutí výsledku</u>

Žákyně se při řešení úlohy potýkala s několika problémy. Prvním problémem byla neznalost významů pojmů perioda a skupina. Druhým zásadním problémem bylo dle žákyně nepochopení významu sousloví „počet prvků“. Zajímavé je, že krok před tím počet prvků určit dokázala. Dále žákyně taktéž nevěděla, jak rozhodnout o elektrické a tepelné vodivosti prvků. Jedenkrát žákyně taktéž během řešení upravila zadání, díky čemuž došla k nesprávnému výsledku, ačkoli pracovala se správnými hodnotami.

Ze čtenářských strategií žákyně využívala čtení zadání nahlas i vícenásobné čtení zadání. Velmi kladně hodnotím, že při hledání elektronegativity prvků si žákyně v periodické tabulce prvků nejprve vyhledala, které číslo hodnotu elektronegativity uvádí. Taktéž jako jediná využila při řešení úlohy obě dvě poskytnuté periodické tabulky prvků.

Vzhledem k tomu, že žákyně dokázala dopočítat hodnoty pouze u prvního tahu, rozhodla se na základě jeho výsledku určit (tipnout) i celkový výsledek hry. Zároveň si ale uvědomovala, že výsledek prvního tahu není pro určení celkového výsledku dostatečný.

Z pohledu zhodnocení průběhu procesu řešení problémů žákyně identifikovala problém a snažila se vymezit jeho podstatu. Taktéž se žákyně snažila o vyhledání potřebných informací k vyřešení úlohy, čemuž nasvědčuje efektivní práce s periodickou tabulkou prvků. Vzhledem k tomu, že žákyně neměla dostatečné znalosti k vyřešení úlohy, nemohla volit k vyřešení úlohy účinné strategie. Pokud by žákyně průběžně kontrolovala správnost svého výsledku, mohla by zamezit případu poupravení zadání v prvním tahu Tomáše. Závěrem řešení žákyně zhodnotila svůj výsledek konstatováním „*podle toho prvního kola to vypadá, že vyhrál ... Tomáš. Ale ono to mohlo bejt i jinak*“.

## 4 Výsledky a diskuse výzkumu

### 4.1 Výsledky a diskuse dotazníkové části 1. kola

#### 1. otázka dotazníkového šetření – Pokud si nevím při řešení chemické úlohy rady, ...

Z výsledků žákovských dotazníků vyplývá, že pokud mohou žáci při řešení chemických úloh volit možnost pomoci, obrací se nejčastěji na své spolužáky. Pomoc spolužáků využívá často více než 75 % respondentů. Ochota zeptat se spolužáků indikuje pozitivní třídní klima. Stejně tak ochota zeptat se učitelky vypovídá hodně o jejich vzájemném vztahu. Vztahy mezi spolužáky a žáky a učiteli ve třídě se mohou zjišťovat například sociometrickým dotazníkem *Naše třída* (Mareš & Ježek, 2012).

Zajímavé je, že se žáci mnohem raději podívají do učebnice, než aby pomoc vyhledali na internetu. Zarážející je neochota žáků zeptat se doma, za kterou může stát několik různých důvodů. Pozitivně se ukazuje, že žáci řešení úlohy ve většině případů nevzdávají. Z dalších často používaných pomocí žáci dopsali možnosti podívání se do sešitu a položení dotazu na doučování. Dále také žáci uvedli možnost opsání výsledku a vyčkání na vyřešení úlohy na tabuli.

Četnosti jednotlivých žáky zmíněných variant jsou uvedeny v tabulce 10.

#### 2. otázka dotazníkového šetření – Pokud si nevím při řešení chemické úlohy rady a musím se spolehnout pouze na sebe (např. při testu), ...

Jednou z velmi často používaných strategií řešení chemických úloh je vícenásobné čtení zadání. Téměř 90 % respondentů uvedlo, že tuto strategii využívají často, nebo většinou. Vícenásobné čtení zadání žákům pomáhá s identifikací a vymezením problému/otázky. Strategie vícenásobného čtení zadání je jednou z čtenářských strategií na úrovni kontrolování (Najvarová, 2008).

Dále taktéž žáci využívají povolené pomůcky. Podrobnější diskuse ohledně využití periodické tabulky prvků a Matematicko-fyzikálně-chemických tabulek je uvedena u výsledků a diskuse 4. otázky dotazníkového šetření.

V některých případech volí žáci možnost tipování. Zřídka kdy ale úlohu vzdají a nesnaží se ji vyřešit. Příjemně mě překvapily dopsané možnosti „*zkusím si vzpomenout na něco, co s tím souvisí*“ a „*nejdříve udělám to, co vím, a potom to, co nevím*“.

Četnosti jednotlivých žáky zmíněných variant jsou uvedeny v tabulce 11.

### 3. otázka dotazníkového šetření – Při řešení chemických úloh mívám problém s ...

Žáci v dotaznících uvedli, že jim spíš nedělá problém pochopit zadání chemických úloh. Pochopení zadání úlohy je zásadní pro její správné vyřešení. Žáci mají naopak velké problémy se sestavováním rovnic, někteří žáci taktéž doplnili, že mají problémy s chemickými výpočty, tvorbou vzorců, vzorečky (zapamatování si vzorce pro výpočet) a určením vlastností látek. Naopak jim dle jejich názoru nedělá často problém názvosloví. Všechny výše jmenované oblasti učitelé chemie řadí mezi základní specifické chemické dovednosti a věnují jejich systematickému procvičování mnoho času (Řezníčková a kol., 2013). Všechny výše zmíněné oblasti jsou taktéž na sobě často v úlohách závislé. Vytvoření vzorce bývá předpokladem pro správné sestavení a vyčíslení rovnice, která může sloužit jako základ pro chemický výpočet.

Respondenti taktéž uvedli, že se často potýkají s vlastní zapomnětlivostí, a proto nemohou úlohu vyřešit. Pouze jeden žák uvedl, že se mu to nikdy nestalo.

Četnosti jednotlivých žáky zmíněných variant jsou uvedeny v tabulce 12.

### 4. otázka dotazníkového šetření – Při řešení chemických úloh mi pomáhá ...

Z pomůcek žáci využívají častěji periodickou tabulku prvků. Využívání periodické tabulky prvků při řešení chemických úloh je žádoucí. Její správné využívání rozvíjí logické myšlení žáků. Kladné stanovisko respondentů ohledně používání periodické tabulky prvků je mnohem významnější v souvislosti s výsledky šetření, ve kterém někteří učitelé základních škol periodickou tabulku jako možný zdroj informací odmítli (Řezníčková a kol., 2013, s. 200). Žáci při řešení chemických úloh spíše nevyužívají Matematicko-fyzikálně-chemické tabulky. Školní úlohy často obsahují údaje potřebné k jejich vyřešení přímo v zadání, žáci tudíž nemají důvod údaje v Matematicko-fyzikálně-chemických tabulkách vyhledávat. Vyhledávání a zpracování dat je zahrnuto v Rámcových vzdělávacích programech nejen v oblasti matematiky a její aplikace, ale taktéž v definici kompetence k učení (RVP ZV, 2017). Učitelé chemie mohou využitím Matematicko-fyzikálně-chemických tabulek ve výuce rozvíjet u žáků schopnosti vyhledávat a zpracovávat data. Důvodem nízkého využívání Matematicko-fyzikálně-chemických tabulek může být taktéž jejich odmítání učiteli. Ti totiž řadí chemické tabulky společně s periodickou tabulkou prvků mezi nejméně užitečné informační zdroje (Řezníčková a kol., 2013, s. 191). Přibližně dvě třetiny žáků taktéž uvedly, že při řešení chemických úloh nevyužívají kalkulačky.

Ačkoli u druhé otázky dotazníkového šetření téměř 90 % respondentů uvedlo, že využívají při samostatném řešení chemických úloh strategii vícenásobného čtení zadání, pouze



necelým 75 % všech respondentů vícenásobné čtení zadání pomůže často. Vzhledem k rozložení všech odpovědí se ale využití této strategie vyplatí.

U problémových úloh je kladen požadavek na to, aby byly zasazeny do reálných situací každodenního života. Zasazení úloh do reálného kontextu žáky motivuje k jejich řešení (PISA, 2012a; Singule, 1990; Skalková, 2007). Respondenti se ale vyjádřili, že jim zasazení úlohy do reálného kontextu pomáhá pouze zřídka kdy. Zde se může projevit odlišnost v řešení úlohy zasazené do reálného kontextu a vlastní zasazení obecné úlohy do reálného kontextu. Problém žáků zasadit teoretické učivo do reálných kontextů zmiňuje již Chupáč (2008), který uvádí, že se žáci učí „požadovaný obsah učiva mechanicky bez uvažování nad vztahy mezi základními pojmy a nad možnou aplikací v běžném životě“ (Chupáč, 2008, s. 76).

Četnosti jednotlivých žáky zmíněných variant jsou uvedeny v tabulce 13.

**Tabulka 10** Výsledky 1. otázky dotazníkového šetření

Pokud si nevím při řešení chemické úlohy rady,

	Většinou	Často	Zřídka kdy	Nikdy	Neodpověděl/a
podívám se do učebnice.	36	51	47	23	0
podívám se na internet.	34	42	53	27	1
neřeším to (úlohu nevyřeším).	12	42	81	19	3
zeptám se učitelky.	24	56	58	18	1
zeptám se spolužáků.	60	58	32	6	1
zeptám se doma.	8	17	56	74	2
jiné: podívám se do sešitu	3	4	-	-	
típnu výsledek	-	-	3	-	
opíšu to	1	-	-	1	
zeptám se na doučování	1	1	-	-	
podívám se do pracovního sešitu	-	-	1	-	
nechám to na jindy	-	-	1	-	
čekám, až se úloha vypočítá na tabuli	-	1	-	-	

**Tabulka 11** Výsledky 2. otázky dotazníkového šetření

Pokud si nevím při řešení chemické úlohy rady a musím se spolehnout pouze na sebe (např. při testu),

	Většinou	Často	Zřídka kdy	Nikdy	Neodpověděl/a
tipuji.	31	69	51	2	4
použiji povolené pomůcky (periodická tabulka prvků, M-F-Ch tabulky, ...).	55	60	32	9	1
znovu si přečtu zadání a snažím se přijít úloze na kloub.	74	65	16	2	0
úlohu neřeším.	8	30	102	17	0
jiné: opíšu to	-	1	3	2	
zkusím si vzpomenout na něco, co s tím souvisí	1	-	-	-	
nejdříve udělám to, co vím, a potom to, co nevím	1	-	-	-	
podvádím	-	-	1	-	

**Tabulka 12** Výsledky 3. otázky dotazníkového šetření

Při řešení chemických úloh mívám problém s

	Většinou	Často	Zřídka kdy	Nikdy	Neodpověděl/a
pochopením zadání.	18	41	81	17	0
tím, že si nepamatuji učivo.	33	64	59	1	0
sestavením rovnice.	39	64	44	8	2
názvoslovím.	20	40	74	21	2
jiné: vytvořením vzorce	-	2	-	-	
chemickými výpočty	1	1	-	-	
vzorečky	-	1	-	-	
vlastnostmi	1	-	-	-	

**Tabulka 13** Výsledky 4. otázky dotazníkového šetření

Při řešení chemických úloh mi pomáhá (věci, či postupy)					
	Většinou	Často	Zřídka kdy	Nikdy	Neodpověděl/a
periodická tabulka prvků.	27	67	54	8	1
M-F-Ch tabulky.	7	31	68	48	3
kalkulačka.	21	30	54	48	4
přečíst si vícekrát zadání.	40	76	33	5	3
zasazení úlohy do reálného kontextu.	13	25	80	34	5
jiné: vzpomenout si na podobný typ úlohy	-	-	1	-	

### 5. otázka dotazníkového šetření – V hodinách řešíme obdobné úlohy těm, které byly v testu sestaveného z úloh bloku 1 ...

Přibližně dvě třetiny žáků se vyjádřily, že obdobné úlohy, jako byly součástí dotazníku, řeší v hodinách chemie zřídka kdy až nikdy (viz tabulka 14). Názory žáků korespondují s výsledky pilotního šetření (Vojíš, 2017, s. 93), kde přes 70 % žáků uvedlo, že jsou pro ně takovéto úlohy nové a v hodinách chemie se s nimi moc neseťkávají. Z rozhovorů s učiteli vyplynulo, že s žáky obdobné úlohy v hodinách chemie doopravdy neřeší. Taktéž informovanost učitelů o publikaci Metodické komentáře a úlohy ke Standardům pro základní vzdělávání – chemie byla nulová.

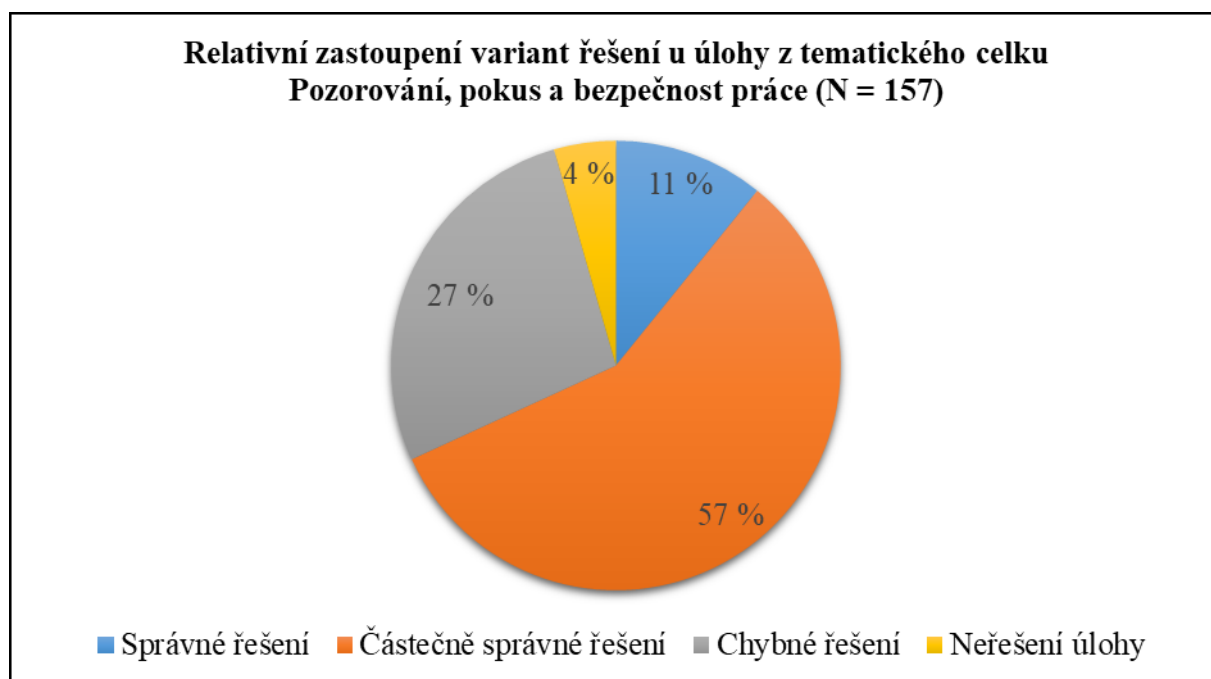
**Tabulka 14** Výsledky 5. otázky dotazníkového šetření

Řešíte v hodinách chemie úlohy podobné těm, které byly v tomto testu?					
	Většinou	Často	Zřídka kdy	Nikdy	Neodpověděl/a
V hodinách chemie řešíme podobné úlohy	9	27	78	27	16

## 4.2 Výsledky a diskuse testovací části 1. kola

### 4.2.1 Úloha z tematického celku Pozorování, pokus a bezpečnost práce

Úlohu z tematického celku Pozorování, pokus a bezpečnost práce vyřešilo správně celkem 17 žáků, částečně správně 90 žáků a chybně 43 žáků. Zbylých 7 žáků úlohu neřešilo, tj. u úlohy nebyla uvedena žádná odpověď. Relativní zastoupení variant řešení úloh je uvedeno na grafu 1.



**Graf 1** Relativní zastoupení variant řešení u úlohy z tematického celku Pozorování, pokus a bezpečnost práce

Z hodnot lze vyčíst, že více než dvě třetiny žáků vyřešily úlohu alespoň částečně správně. Pouhých 5 % žáků úlohu neřešilo. Poměr alespoň částečně správných a nesprávných řešení koresponduje s výsledky pilotního šetření (Vojíš, 2017, s. 77–78).

Odpovědi žáků v dotaznících poskytují další informace. Žáci (přes 90 %) celkově tuto úlohu hodnotili spíše jako snazší až optimálně náročnou. Snadnost úlohy někteří žáci přisuzovali poskytnuté nápovědě (nabídce výstražných symbolů s jejich označením). Na základě nápovědy se mohlo dle žáků řešení odvodit. Z trendu výrazně vyčnívají 4 žáci ze základní školy Jiřího Gutha-Jarkovského (T), kteří měli s pochopením zadání problému. Hodnocení obtížnosti úlohy žáky je uvedeno v tabulce 15.

**Tabulka 15** Četnosti známek odpovídající obtížnosti úlohy z tematického celku Pozorování, pokus a bezpečnost práce (škála: 1 – úloha byla velice snadná, 3 – úloha byla optimální, 5 – úloha byla velice obtížná)

Škola	Známka									
	1	1–2	2	2–3	3	3–4	4	4–5	5	Neuvedeno
T	7	0	3	3	3	0	1	0	4	1
M	4	1	4	0	4	1	0	0	0	0
J	3	0	4	0	14	0	1	0	1	0
JJ	10	0	9	0	6	0	0	0	0	0
JM	6	1	10	0	4	0	0	0	0	0
B	3	0	9	1	7	0	0	0	0	1
LA	8	0	6	0	1	0	0	0	0	0
LB	6	0	6	0	3	0	0	0	0	1
<b>celkově</b>	<b>47</b>	<b>2</b>	<b>51</b>	<b>4</b>	<b>42</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>3</b>

Problém žákům dělala délka a složitost zadání, žáci taktéž zmiňovali vysokou náročnost úlohy na pozornost.

Někteří žáci zadání úlohy nepochopili, nebo s pochopením měli problémy. To dokládají následující vybrané komentáře: „Trochu matoucí zadání.“, „Úplně přesně jsem nechápal, proč tam byly ty znaky nebezpečí a věty, kde bylo nebezpečí.“ Mnohem častěji se vyskytl komentář, že zadání žák vůbec nepochopil. Žáci také často zmiňovali, že si svým řešením nejsou jisti.

V odpovědích žáků se objevily další důvody obtížnosti zadání, jako: „Ze zadání nebylo poznat, co je to za látku.“, „Popis přípravku je málo informující.“ a „Trošku jsem nevěděl, co od přípravku očekávat.“. Zde se objevila fixace žáků na konkrétní látku/přípravky a ukázala se problémovost situace v případě práce s obecně popsanou látkou.

Několikrát taktéž žáci zmiňovali problém s pochopením, jak zaznamenat výsledek. Tento problém byl identifikován již při kontrolování výsledků. Žáci nevyužívali vždy k zaznamenání odpovědi příslušnou kolonku. Pokud ale žáci dosáhli správného řešení, které bylo zaznamenáno jinde, než bylo požadováno, byl výsledek žákům uznán.

Názory žáků na obtížnost úlohy ve většině případů korespondovaly s výsledkem. Žáci, kteří hodnotili úlohu jako velice obtížnou, nepoznámali do zadání žádnou odpověď, zatímco žáci, kteří hodnotili úlohu jako velice snadnou, dosáhli alespoň částečně správného řešení.

Relativní úspěšnosti jednotlivých tříd účastnících se šetření jsou uvedeny v tabulce 16. Taktéž je uvedena celková relativní úspěšnost a srovnání s výsledkem pilotního šetření. Celková relativní úspěšnost žáků přibližně odpovídá výsledkům pilotního šetření (Vojíř, 2017). Z relativních výsledků jednotlivých tříd významně negativně vyčnívají třídy základních škol Jiřího Gutha-Jarkovského (T) a Jílovská bez zaměření (J), které nedosáhly ani 20 % úspěšnosti. Ostatní třídy se pohybovaly kolem 50 % úspěšnosti.

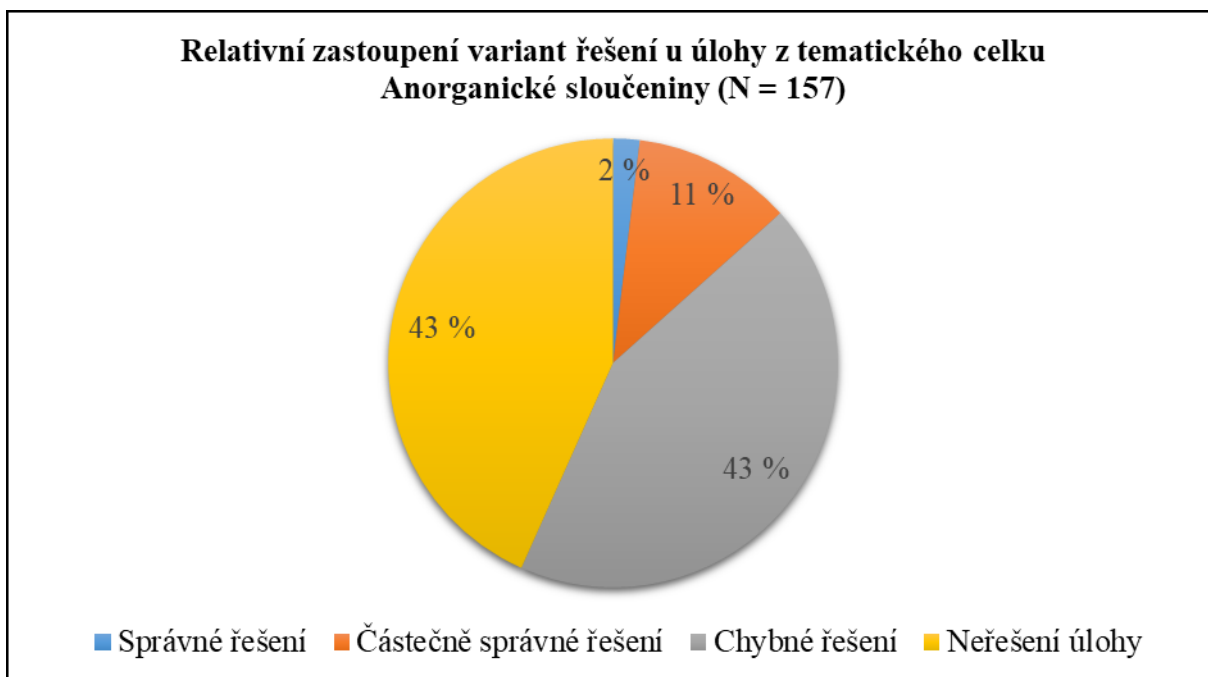
**Tabulka 16** Relativní úspěšnosti žáků tříd při řešení úlohy z tematického celku Pozorování, pokus a bezpečnost práce

Škola	Počet žáků	Relativní úspěšnost
T	22	18,18 %
M	14	39,29 %
J	23	13,04 %
JJ	25	48,00 %
JM	21	52,38 %
B	21	50,00 %
LA	15	50,00 %
LB	16	53,13 %
<b>celkově</b>	<b>157</b>	<b>39,49 %</b>
<b>výsledek pilotního šetření</b>	<b>20</b>	<b>38 %</b>

#### 4.2.2 Úloha z tematického celku Anorganické sloučeniny

Úlohu z tematického celku Anorganické sloučeniny vyřešili správně pouze 3 žáci, částečně správně 18 žáků, chybně 68 žáků. Zbýlých 68 žáků úlohu neřešilo, tj. nebyla uvedena žádná odpověď. Relativní zastoupení variant řešení úloh je uvedeno na grafu 2.

Pouze necelých 15 % žáků vyřešilo úlohu alespoň částečně správně. Dva z žáků, kteří vyřešili úlohu správně, navštěvovali základní školu Jílovská s rozšířenou výukou matematiky a přírodovědných předmětů (JM), třetí žák základní školu Jílovská s rozšířenou výukou cizích jazyků (JJ). Zbýlé řešitele lze rozdělit do dvou stejně početných skupin, jedna ze skupin odpověděla chybně, u druhé skupiny nebyla u úlohy žádná odpověď zaznamenána. Ve srovnání s pilotním šetřením (Vojíř, 2017, s. 83–84) se vyskytlo výrazně méně (o 24 procentních bodů) alespoň částečně správných řešení a významně vzrostl podíl neřešení úlohy.



**Graf 2** Relativní zastoupení variant řešení u úlohy z tematického celku Anorganické sloučeniny

Žáci hodnotili úlohu jako velice obtížnou (viz tabulka 17). Obtížnost úlohy žáci viděli nejen ve složitosti zadání: „*Nechápu to.*“, „*Nesrozumitelné.*“, „*Absolutně jsem nevěděl, co mám dělat.*“, ale taktéž ve vlastních nedostatečných znalostech: „*Nevím, co reaguje s vápencem.*“, „*I přesto, že znám látky či sloučeniny nalezené ve vzduchu, nemám tušení, která z látek může reagovat s vápníkem a způsobovat jeho rozpad.*“, „*Nepamatuji si to.*“, „*Pochopil jsem, že se po mně chce chemická rovnice oxidace vápence, ale tyto rovnice neumím.*“, „*Nepamatovala jsem si, jak se jmenují vzorce.*“, „*Nebyla jsem si jistá se vzorci, ani co by mohlo být ve vzduchu škodlivého.*“. U žákovských výroků vnímám jako jeden z vážných problémů ztotožňování vápence a vápníku.

Celková relativní úspěšnost žáků (viz tabulka 18) ve srovnání s pilotním šetřením je nižší o necelých 14 procentních bodů. Ani nejúspěšnější třídy se k výsledku pilotního šetření nepřiblížily. Nízká úspěšnost koresponduje s názorem žáků na obtížnost úlohy.

Relativní úspěšnost třídy ze základní školy Jílovska bez zaměření (J) byla 0 %, v čemž se tato třída od ostatních vymykala. V ostatních třídách vždy alespoň jeden žák bodu dosáhl. Ve třídě ze základní školy Jílovska bez zaměření (J) 7 žáků na úlohu vůbec neodpovědělo, zbylých 16 žáků odpovědělo špatně. Nejlépe dopadli žáci ze základních škol Jílovska se zaměřením na výuku cizích jazyků (JJ) a Jílovska se zaměřením na výuku matematiky a přírodovědných předmětů (JM), což odpovídá i tomu, že pouze v těchto dvou třídách se

vyskytli úspěšní řešitelé úlohy. Zajímavé je, že všechny tyto třídy vyučuje na chemii stejná učitelka.

**Tabulka 17** Četnosti známek odpovídající obtížnosti úlohy z tematického celku Anorganické sloučeniny (škála: 1 – úloha byla velice snadná, 3 – úloha byla optimální, 5 – úloha byla velice obtížná)

Škola	Známka									
	1	1–2	2	2–3	3	3–4	4	4–5	5	Neuvedeno
T	0	0	2	0	1	1	1	1	15	1
M	1	0	0	0	3	1	1	0	8	0
J	0	0	1	0	2	1	5	0	14	0
JJ	0	0	2	0	2	0	11	1	9	0
JM	0	0	1	0	5	0	5	0	10	0
B	0	0	1	0	1	1	8	1	9	0
LA	0	0	0	0	2	0	0	0	13	0
LB	0	0	0	0	1	0	0	1	13	1
<b>celkově</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>7</b>	<b>0</b>	<b>17</b>	<b>4</b>	<b>31</b>	<b>4</b>	<b>91</b>	<b>2</b>

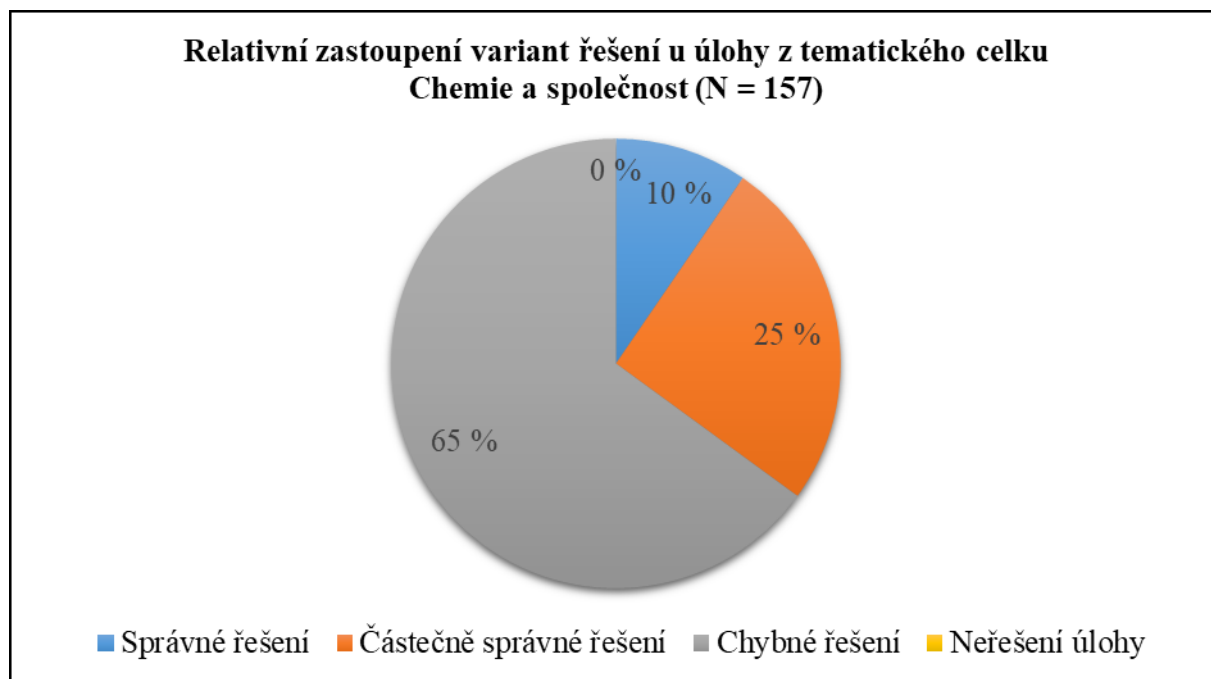
**Tabulka 18** Relativní úspěšnosti žáků tříd při řešení úlohy z tematického celku Anorganické sloučeniny

Škola	Počet žáků	Relativní úspěšnost
T	22	2,27 %
M	14	7,14 %
J	23	0,00 %
JJ	25	16,00 %
JM	21	16,67 %
B	21	4,76 %
LA	15	6,67 %
LB	16	6,25 %
<b>celkově</b>	<b>157</b>	<b>7,64 %</b>
<b>výsledek pilotního šetření</b>	<b>21</b>	<b>21 %</b>



### 4.2.3 Úloha z tematického celku Chemie a společnost

Úlohu z tematického celku Chemie a společnost vyřešilo správně celkem 15 žáků, částečně správně 40 žáků, chybně 102 žáků. Ve výzkumném vzorku se nenašel žádný žák, který by úlohu neřešil (viz graf 3).



**Graf 3** Relativní zastoupení variant řešení u úlohy z tematického celku Chemie a společnost

Pouhá třetina žáků vyřešila úlohu alespoň částečně správně. Zbytek žáků volil chybné řešení. Pozitivní je, že se všichni žáci o odpověď alespoň pokusili. Důvodem částečně správných řešení byla nevhodná, nebo žádná argumentace při výběru správné možnosti. Důvodem chybného řešení byl výběr špatné možnosti, často taktéž podložený nevhodnou argumentací. Někteří žáci taktéž neodpovídali, proč zbylé kandidáty nevybrali, nýbrž proč danou možnost vybrali. Ve srovnání s pilotním šetřením se vyskytl opačný trend v poměru správných a částečně správných řešení (Vojíř, 2017, s. 86–87).

Necelých 25 % žáků považuje úlohu za optimální. Přes 70 % žáků považuje úlohu za snazší. Žáků, kteří považovali úlohu za obtížnější, bylo pouze 7. Žáci uváděli, že měli problém zdůvodnit, proč nějaké řešení neplatí. Hodnocení obtížnosti úlohy je uvedeno v tabulce 19.

**Tabulka 19** Četnosti známek odpovídající obtížnosti úlohy z tematického celku Chemie a společnost (škála: 1 – úloha byla velice snadná, 3 – úloha byla optimální, 5 – úloha byla velice obtížná)

Škola	Známka									
	1	1–2	2	2–3	3	3–4	4	4–5	5	Neuvedeno
T	12	1	3	1	5	0	0	0	0	0
M	6	0	4	1	1	0	2	0	0	0
J	6	0	8	0	8	0	1	0	0	0
JJ	8	0	10	0	5	0	2	0	0	0
JM	5	0	8	0	7	0	1	0	0	0
B	3	2	8	0	7	1	0	0	0	0
LA	6	0	8	0	1	0	0	0	0	0
LB	7	0	4	0	4	0	0	0	0	1
<b>celkově</b>	<b>53</b>	<b>3</b>	<b>53</b>	<b>2</b>	<b>38</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>

Dalším často zmiňovaným důvodem obtížnosti byla neznalost situace kontaktu rozpáleného oleje s vodou: „*Nemohla jsem se rozhodnout, která varianta je lepší, protože jsem nevěděla, co dělá voda s olejem.*“ a „*Nedokážu si plně představit, jak by fungovala reakce hořícího oleje a vody.*“. Z formulace druhého komentáře by se taktéž dalo usoudit, že žák předpokládá v případě kontaktu hořícího oleje s vodou průběh chemické reakce. Důvodem tohoto žákova předpokladu by mohla být například představa chemie jakožto vědy o chemických reakcích.

Mnoho žáků se ale kladně odkazovalo na zkušenost z vaření a úloha se jim jevila zajímavá. Objevil se i odkaz na rodinnou situaci: „*Úloha nebyla těžká, neboť na stejné téma jsem se bavil s rodiči.*“.

Taktéž u této úlohy byla celková relativní úspěšnost žáků oproti pilotnímu šetření nižší (viz tabulka 20), tentokrát o více než 20 procentních bodů. Stejně jako u předchozí úlohy výsledku pilotního šetření nedosáhla žádná třída, razantní rozdíl byl zaznamenán u třídy základní školy Litvínovská 500 B (LB), kde pouze jeden žák dosáhl částečně správného řešení. Nejlepších výsledků znovu dosáhly třídy ze základních škol Jílovská se zaměřením na výuku cizích jazyků (JJ) a Jílovská se zaměřením na výuku matematiky a přírodovědných předmětů (JM).

**Tabulka 20** Relativní úspěšnosti žáků tříd při řešení úlohy z tematického celku Chemie a společnost

<b>Škola</b>	<b>Počet žáků</b>	<b>Relativní úspěšnost</b>
T	22	15,91 %
M	14	25,00 %
J	23	19,57 %
JJ	25	32,00 %
JM	21	33,33 %
B	21	21,43 %
LA	15	23,33 %
LB	16	3,13 %
<b>celkově</b>	<b>157</b>	<b>22,29 %</b>
<b>výsledek pilotního šetření</b>	<b>21</b>	<b>43 %</b>

Ve srovnání názoru žáků na obtížnost úlohy s jimi dosaženým výsledkem lze pozorovat významný nesoulad. Žákům se úloha jevila spíše snazší, ačkoli úspěšnost nebyla nikterak vysoká. Důvodem by mohlo být často pevné přesvědčení žáků o správnosti jejich řešení vedoucí k pocitu snadnosti úlohy. Problémem ale je, že žáci byli často přesvědčeni o správnosti nesprávného řešení.

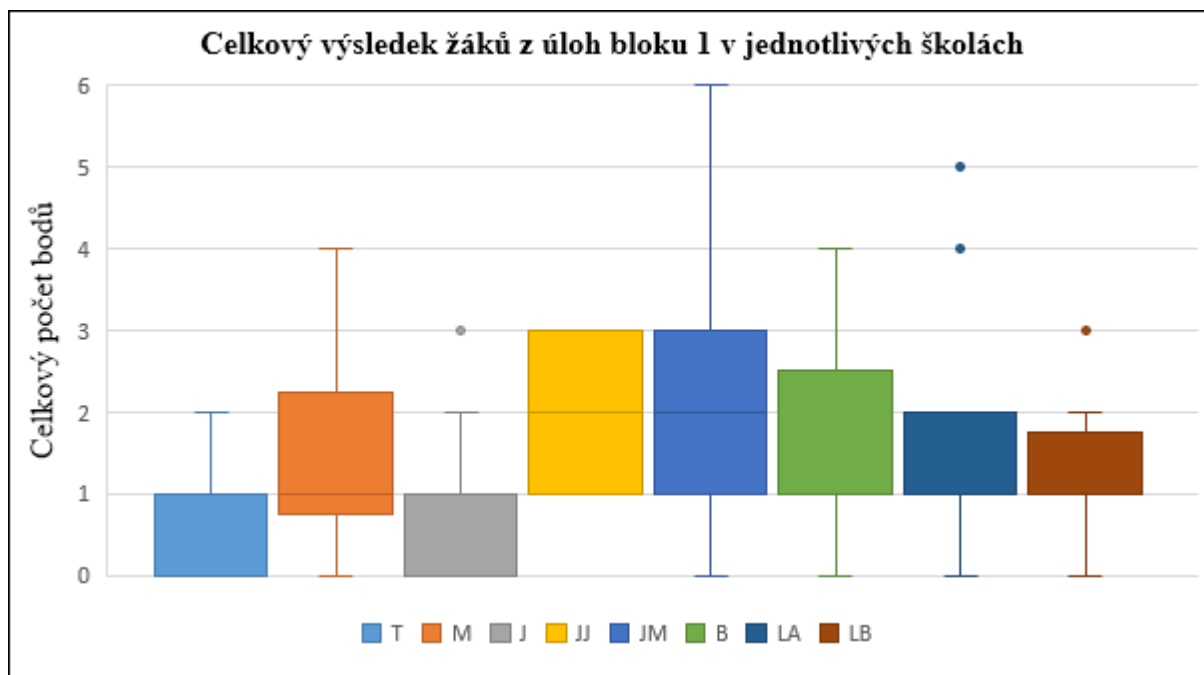
#### 4.2.4 Celkový výsledek žáků testovací části 1. kola

Celkový výsledek žáků odpovídá součtu dosažených bodů ve všech třech úlohách, které žáci v rámci prvního kola šetření řešili. Maximální počet bodů, kterého mohli žáci dosáhnout, činí 6 bodů. Plného počtu bodů dosáhl pouze jeden žák, a to žák základní školy Jílovska se zaměřením na výuku matematiky a přírodovědných předmětů (JM). Nadpolovičního počtu bodů dále dosáhli dva žáci ze základní školy Malostranská (M), jeden žák ze základní školy Bílá (B) a dva žáci ze základní školy Litvínovská 500 A (LA). Celkem tedy nadpolovičního počtu bodů dosáhlo pouze 6 žáků, což odpovídá necelým 4 % ze všech žáků, kteří úlohy řešili. Nejvíce žáků (přibližně 43 %) dosáhlo celkově 1 bodu, což znamená, že ze všech tří úloh vyřešili pouze jednu částečně správně. Přibližně pětina žáků nezískala z úloh ani jeden bod, tj. buď žáci vyřešili všechny úlohy špatně, nebo některé neřešili. Díky úloze z tematického celku Chemie a společnost nebyl žádný žák, který by neřešil ani jednu z úloh. Počty žáků dosahujících jednotlivých celkových výsledků jsou uvedeny v tabulce 21.

**Tabulka 21** Celkový výsledek žáků z úloh bloku 1

Škola	Celkový výsledek						
	0	1	2	3	4	5	6
T	10	8	4	0	0	0	0
M	3	7	1	1	2	0	0
J	13	6	3	1	0	0	0
JJ	0	10	7	8	0	0	0
JM	1	7	6	6	0	0	1
B	3	10	3	4	1	0	0
LA	1	9	3	0	1	1	0
LB	1	11	3	1	0	0	0
<b>celkově</b>	<b>32</b>	<b>68</b>	<b>30</b>	<b>21</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>1</b>

Rozložení žáků dosahujících jednotlivých celkových výsledků je znázorněno také krabicovými grafy (graf 4). V grafu jsou zachyceny celkové výsledky žáků jednotlivých škol izolovaně. Krabicový graf umožňuje zobrazení datového souboru pomocí kvartilů, které rozdělují soubor na čtvrtiny. V krabicovém grafu jsou lépe patrné rozdíly v datových souborech. Z krabicového grafu lze vyčíst minimální a maximální hodnoty, hodnoty 1. a 3. kvartilu a hodnotu mediánu.



**Graf 4** Celkový výsledek žáků z úloh bloku 1 v jednotlivých školách

Nejkompaktněji dopadli žáci základní školy Jílovská se zaměřením na výuku cizích jazyků (JJ), kteří dosáhli z úloh 1–3 bodů. Pouze v této třídě každý z žáků získal alespoň 1 bod, v ostatních třídách byli žáci, kteří nedosáhli bodu žádného. Rozložení počtu bodů bylo poměrně rovnoměrné.

Nejširšího rozptylu výsledků dosáhli žáci základní školy Jílovská se zaměřením na výuku matematiky a přírodovědných předmětů (JM). Výsledek je způsoben jediným žákem, který dosáhl plného počtu bodů a zároveň jedním žákem, který nedosáhl ani jednoho bodu. Výsledky zbytku třídy se taktéž (jako žáci JJ) pohybovaly v rozmezí 1–3 bodů.

Výsledky žáků ze tříd základních škol Jílovská se zaměřením na výuku cizích jazyků (JJ) a Jílovská se zaměřením na výuku matematiky a přírodovědných předmětů (JM) se od výsledků ostatních tříd výrazně odlišují. Nejen, že tyto třídy dosahovaly pravidelně jedněch z nejlepších relativních úspěšností v jednotlivých úlohách, zároveň jako jediné třídy mají hodnotu mediánu v počtu 2 dosažených bodů. Vzhledem k tomu, že jsou tyto dvě třídy ze vzorku jediné, jejichž výuka je nějak zaměřena, dalo by se polemizovat o tom, zda jsou v průběhu studia lépe vedeni k řešení problémů, či zda jsou výsledky ovlivněny pouze výběrovostí daných tříd. Zodpovězení této otázky je však nad rámec této práce. Pro další výzkumníky však zapojení základní školy Jílovská do výzkumného souboru představuje zajímavý výzkumný potenciál.

Nejhorších celkových výsledků dosáhly třídy základních škol Jiřího Gutha-Jarkovského (T) a Jílovská bez zaměření (J), ve které dokonce více než polovina žáků dosáhla 0 bodů.

Relativní úspěšnost tříd v jednotlivých úlohách a celková relativní úspěšnost tříd ve všech úlohách bloku 1 jsou souhrnně uvedeny v tabulce 22. Hodnoty celkových relativních úspěšností tříd korespondují s výstupy krabicových grafů. Celková relativní úspěšnost žáků ve všech třech úlohách bloku 1 činila 23,14 %.

**Tabulka 22** Relativní úspěšnost tříd v jednotlivých úlohách bloku 1 a celková relativní úspěšnost tříd v úlohách bloku 1

Škola	Relativní úspěšnost v úloze z tematického celku			Celková relativní úspěšnost v úlohách bloku 1
	Pozorování, pokus a bezpečnost práce	Anorganické sloučeniny	Chemie a společnost	
T	18,18 %	2,27 %	15,91 %	12,12 %
M	39,29 %	7,14 %	25,00 %	23,81 %
J	13,04 %	0,00 %	19,57 %	10,87 %
JJ	48,00 %	16,00 %	32,00 %	32,00 %
JM	52,38 %	16,67 %	33,33 %	34,13 %
B	50,00 %	4,76 %	21,43 %	25,40 %
LA	50,00 %	6,67 %	23,33 %	26,67 %
LB	53,13 %	6,25 %	3,13 %	20,83 %
<b>celkově</b>	<b>39,49 %</b>	<b>7,64 %</b>	<b>22,29 %</b>	<b>23,14 %</b>

### 4.3 Výsledky a diskuse 2. kola

Celkem bylo realizováno 16 rozhovorů s žáky 9. ročníků nad úlohami bloku 2. Každý rozhovor byl podrobně přepsán a okomentován a byly v něm vyhledávány použité strategie a problémy, kterým žáci při řešení úloh čelili. U každé úlohy zvlášť byly zjišťovány četnosti použitých strategií u každého žáka.

V tabulce 23 je uvedena specifikace rozhovorů s žáky a odpovědi žáků na jednotlivé úlohy.

**Tabulka 23** Specifikace rozhovorů s žáky a jejich odpovědi

Kód žáka	Pohlaví	Délka rozhovoru	Odpovědi v tematických celcích <sup>9</sup>		
			Chemické reakce správně: DCAB i CDAB, zdůvodnění	Částicové složení látek a chemické prvky správně: c)	Organické sloučeniny správně: NAAN
T1	žena	16:21	ABCD, důvod (0)	a) (0)	NNAN (1)
T2	muž	15:50	_ (N)	a) (0)	NAAN (2)
M1	muž	18:00	DACB, důvod (0)	b) (0)	NNAA (1)
M2	žena	22:27	DCAB, důvod (2)	b) (0)	AANA (0)
J1	muž	6:11	_ (N)	b) (0)	NAAN (2)
J2	žena	6:23	CDBA (0)	b) (0)	NAAN (2)
JJ1	žena	11:15	DBAC, důvod (0)	a) (0)	AANN (1)
JJ2	muž	11:35	ABDC, důvod (0)	b) (0)	N_AN (1)
JM1	muž	11:53	A (0)	a) (0)	NNAN (1)
JM2	muž	20:43	CDAB, důvod (2)	b) (0)	NNAN (1)
B1	muž	11:31	B (0)	a) (0)	NANN (1)
B2	žena	28:00	_ (N)	a) (0)	NAAN (2)
LA1	muž	20:44	ACBD, důvod (0)	a) (0)	ANAA (0)
LA2	muž	20:38	ADBC (0)	a) (0)	AANN (1)
LB1	muž	19:00	DBCA, důvod (0)	b) (0)	NAAA (1)
LB2	žena	9:18	A (0)	b) (0)	ANAN (1)

V následujících kapitolách jsou rozebrány postupně úlohy bloku 2.

<sup>9</sup> číselné údaje v závorkách odpovídají bodovému ohodnocení dle tabulky 5

### 4.3.1 Úloha z tematického celku Chemické reakce

Cílem úlohy z tematického celku Chemické reakce bylo přiřadit kroky postupu přípravy chloridu manganatého k úsekům grafu závislosti reakční rychlosti na čase. Zároveň měli žáci své řešení zdůvodnit. Žáci měli v zadání k dispozici rovnici reakce, která zachycovala průběh přípravy chloridu manganatého. V metodickém komentáři k úloze je zmiňována možnost správného přiřazení některých kroků na základě větné stavby jednotlivých kroků.

Správně úlohu vyřešili pouze dva žáci, tj. uvedli správné pořadí kroků a své řešení vhodně zdůvodnili. Žádný žák nedosáhl částečně správného řešení. Tři žáci na úlohu neodpověděli, zbylých jedenáct žáků se o odpověď pokusilo neúspěšně. Z těchto jedenácti žáků tři žáci odpověděli zcela nesprávně, tj. neurčovali pořadí kroků, nýbrž pracovali se zadáním jako s uzavřenou úlohou s výběrem z více odpovědí (místo seřazení kroků vybrali jeden, který odpovídal zadanému grafu, například žák JM1: „*Já myslím, že to je asi A, myslím, že se k tomu hodí. Že když se zvedá vznik toho vodíku, tak je to to zahřívání.*“), dva žáci své řešení nezdůvodnili, zbytek se o zdůvodnění pokusil.

Relativní úspěšnost žáků v této úloze byla 12,5 %. V porovnání s pilotním šetřením, ve kterém byla relativní úspěšnost žáků 30 % (Vojíš, 2017), se jedná o značný rozdíl. Vzhledem k formulaci zadání úlohy obsahující taktéž zdůvodnění vlastní odpovědi nebylo očekáváno velké zkreslování výsledků.

Úspěšní řešitelé využili při řešení úlohy podporující strategie rozložení problému a logické zdůvodňování. Ze čtenářských strategií využili čtení zadání nahlas a dvojnásobné čtení zadání. Ani jeden z úspěšných řešitelů nevyužil při řešení úlohy limitující strategii.

První úspěšnou řešitelkou byla žákyně M2, která jako jediná využila strategii rozložení problému. Dále žákyně použila dvakrát strategii logické zdůvodňování, zároveň její zdůvodnění bylo adekvátní. Ze čtenářských strategií žákyně uplatnila čtení zadání nahlas a dvojnásobné čtení zadání. V průběhu řešení úlohy žákyně položila jednu otázku ohledně pochopení zadání. Řešení této žákyně bylo rozebráno v kapitole 3.4.1 Ukázka vyhodnocování rozhovorů.

Druhým úspěšným řešitelem úlohy byl žák JM2, který využil strategii čtení zadání nahlas a logické zdůvodňování. Žák se při řešení úlohy zaměřil na způsob formulace jednotlivých kroků v zadání. Na základě větné stavby žák určil pořadí prvních dvou kroků. Znalosti z chemie využil až při rozhodování u zbylých dvou. Žák popsal své řešení takto: „*No, tak zaprvé bych dal, že do reakční baňky nalil, takže C. Protože tady je nalil, zatímco u D přidal. A u B je už reakční směs, kterou zatím nemám. Pak bych teda dal to D, že tam přidal ten mangan.*“



... *Ted'ka bych dal A, že když zahřival, tak to bude postupně. No a pak to B, těch 10 ml*". Autoři úlohy v metodickém komentáři uvádějí možnost identifikování prvního kroku na základě důkladného čtení textu. Žák svým řešením dokázal, že důkladné čtení textu může být nápomocno ještě víc.

Žáci, kteří neuvodili řešení úlohy, nevyužili při jejím řešení žádnou strategii. Tito žáci nedokázali vyřešit úlohu, jelikož měli problémy s pochopením zadání, nebo zadání úlohy vůbec nepochopili. Jeden žák se odkazoval na neprobrané učivo (J1: „*Tady vůbec nevím, tohle jsme vůbec nedělali. Kdyby to bylo na á bé cé dé, tak bych aspoň něco tipnul, ale takhle, takhle ani nevím co.*“). Jeden žák si taktéž pomáhal čtením zadání podruhé.

Zbylí řešitelé dosáhli bodového ohodnocení 0 bodů. Tito žáci využívali při řešení jak podporující strategie, tak i limitující strategie řešení problémů. Z podporujících strategií využilo pět žáků strategii logické zdůvodňování. Z limitujících strategií využili čtyři žáci strategii „prostě si to myslím“ a jeden žák výsledek tipnul. Ze čtenářských strategií dva žáci využili strategii dvojnásobného čtení zadání. Jeden žák (LA2) využil při řešení úlohy všechny tři definované čtenářské strategie. Tento žák při prvotním nepochopení zadání řešení úlohy odložil a k řešení se vrátil po vyřešení zbylých dvou úloh. Ačkoli po návratu k úloze žák pochopil zadání úlohy, tj. požadavek na seřazení písmen, nakonec se nad svým řešením téměř nezamýšlel a svoji čtveřici argumentoval větou: „*Přijde mi to tak správné*“.

Z problémů žáků stojí za zmínku komentář žákyně JJ1: „*No, přemýšlím, jak to bude za sebou. Vlastně tady nevidím otázku. Hm. Zda to A, B, C, D je pořadí nebo ne*“, která měla potíže s identifikací a vymezením problému, jelikož úkol nebyl zadán s využitím věty tázací.

Zajímavý je taktéž názor dvou žáků, že iniciačním krokem každé chemické reakce je zvýšení teploty. Žák M1 považuje zahřívání za důvod průběhu reakce: „*pak až to zahřál, tak pak až byla ta reakce*“, zatímco žákyně T1 se ve svém řešení rozhodla zahřívát prázdnou baňku: „*No tak první, postupně zahřival. Tak to je takový jako začátečný*“.

Na základě rozhovorů lze usoudit, že k úspěšnému vyřešení úlohy je možné dojít vícero cestami. Jednou možnou cestou je důkladné čtení zadání spojené s jednoduchými myšlenkovými operacemi v oblasti chemie (které ale nejsou nutné). V metodickém komentáři k úloze je uvedeno, že „*pro vyřešení úlohy je podstatné porozumění grafu zachycujícího závislost rychlosti reakce na čase*“ (Holec & Rusek, 2016). Cesta řešení založená na důkladném čtení zadání může být od porozumění grafu závislosti rychlosti reakce na čase zcela odtržena. Domnívám se, že při řešení úlohy touto cestou není úlohou kontrolováno dosažení požadovaného indikátoru. Při použití této cesty ale žák prokazuje obecné schopnosti řešit problémy, a to i takové, u kterých nemá dostatek vědomostí a znalostí. Druhou možnou cestou

k vyřešení úlohy je rozložení problému na dílčí části a jejich postupné řešení na základě obtížnosti. Tato cesta musí být podpořena vhodnou logickou argumentací.

Neúspěšní řešitelé měli obecně větší problémy s pochopením zadání a taktéž na rozdíl od úspěšných řešitelů využili při řešení úlohy limitující strategie. Neúspěch žáků při použití strategie tipnutí výsledku a „prostě si to myslím“ podporuje moji myšlenku, že nelze očekávat velké zkreslování výsledků.

Vzhledem k využívání čtenářských strategií úspěšnými i neúspěšnými žáky, nelze tvrdit, že využití čtenářských strategií vede u této úlohy k úspěchu.

Četnosti jednotlivých strategií řešení úlohy a problémů, se kterými se žáci při řešení úlohy z tematického celku Chemické reakce setkali, jsou uvedeny v tabulce 24. Značení strategií a problémů odpovídá značení v tabulkách 6–9. U každého žáka je uvedeno i bodové ohodnocení (počet bodů), kterého v dané úloze dosáhl. Sytost podbarvení odpovídá počtu dosažených bodů.

**Tabulka 24** Četnosti použití strategií a výskytu problémů při řešení úlohy z tematického celku Chemické reakce

Žák	Počet bodů	Podporující strategie								Limitující strategie					Čtenářské strategie			Problémy					
		SP1	SP2	SP3	SP4	SP5	SP6	SP7	SP8	SL1	SL2	SL3	SL4	SL5	SC1	SC2	SC3	PZ1	PZ2	PZ3	PZ4	PN1	PN2
T1	0		-	-						-	2				-	-	-	-	-		1	-	
T2	N		-	-						-	-				-	1	-	-	1		-	-	
M1	0		-	1						-	-				-	-	-	-	-		-	-	
M2	2		1	2						-	-				1	1	-	-	-		1	-	
J1	N		-	-						-	-				-	-	-	-	1		-	1	
J2	0		-	1						-	1				-	-	-	-	-		-	-	
JJ1	0		-	1						-	1				-	1	-	-	1		1	-	
JJ2	0		-	1						-	-				-	-	-	-	-		-	-	
JM1	0		-	-						-	-				-	-	-	1	-		-	-	
JM2	2		-	1						-	-				1	-	-	-	-		-	-	
B1	0		-	-						-	-				-	-	-	1	-		1	-	
B2	N		-	-						-	-				-	-	-	1	-		-	-	
LA1	0		-	-						-	-				-	-	-	-	-		1	-	
LA2	0		-	-						-	1				1	1	1	-	-		-	-	
LB1	0		-	1						-	-				-	-	-	-	-		-	-	
LB2	0		-	-						1	-				-	-	-	1	1		-	-	

#### 4.3.2 Úloha z tematického celku Částicové složení látek a chemické prvky

Cílem úlohy z tematického celku Částicové složení látek a chemické prvky bylo rozhodnout o výsledku hry sestávající ze tří tahů. Každý tah byl tvořen matematickou operací s číselnými údaji o určitých prvcích. U žáků bylo prověřováno pochopení pojmů *perioda*, *skupina*, *protonové číslo*, *elektronegativita* a *vlastnosti prvků* (kovový charakter, skupenství, elektrická a tepelná vodivost). K řešení úlohy žáci mohli využít periodickou tabulku prvků. Na základě výsledků jednotlivých tahů měli žáci vybrat jednu ze tří nabízených možností zachycujících výsledek hry.

Ačkoli u úlohy každý žák zvolil odpověď, nikdo neodpověděl správně. Varianty částečně správného řešení nebylo možné při této formě úlohy dosáhnout. Při pilotním šetření byla zjištěna relativní úspěšnost žáků 27 % (Vojír, 2017). Zajímavé je, že by tuto úlohu na základě teorie pravděpodobnosti měla zodpovědět správně přibližně třetina žáků. Této úspěšnosti pilotní šetření téměř dosáhlo. Snaha o dosažení výsledku skrze vlastní schopnosti a vědomosti se u respondentů provedeného šetření jeví jako kontraproduktivní.

Při řešení úlohy žáci využili velké množství jak podporujících, tak limitujících strategií. Vzhledem k povaze zadání by se dalo předpokládat využití strategie práce s periodickou tabulkou prvků. Tato strategie byla identifikována pouze u čtyř žáků, ačkoli hodnoty z periodické tabulky prvků čerpal více žáků. Tito čtyři žáci periodickou tabulku využili smysluplně, tj. využívali informací v tabulce na základě srovnání s legendou (B2: „*Ted'ka si najdu tu elektronegativitu (ukazuje si prstem na tabulce, které číslo značí elektronegativitu) a podle toho to najdu.*“, LA1: „*A pak jsem tady kouknul, že žlutá (žluté podbarvení v dané periodické tabulce prvků značí kovy) jsou kovy.*“).

Nejčastěji použitou podporující strategií byla strategie sebereflexe, tj. žáci si v průběhu řešení úlohy uvědomili vlastní chybu a snažili se ji napravit. Schopnost sebereflexe a zamýšlení se kriticky nad výsledkem hodnotím velice pozitivně. Dále žáci využívali logické zdůvodňování a analogii (JM2: „*Snažím se najít prvky, o kterých vím, že vedou a dle těch čísel najít nějakou spojitost.*“). Jedna žákyně (T1) se při zdůvodňování svého výsledku dopustila zásadní chyby, když ztotožnila nekovy a plyny: „*ten druhý, ten má 5, protože je tam 5 těch nekovů, takže jsou plynný*“. Vnímání nekovů a plynů jakožto označení téhož považuji za hlubokou neznalost a nepochopení základních klasifikací prvků. Někteří žáci taktéž využívali při rozhodování vzhled prvků a jejich použití (JM2: „*Neon je určitě plyn, protože je v neonových zářivkách.*“).

Z limitujících strategií převládalo tipování. Čtyři žáci se přiznali k tipnutí závěrečného výsledku, stejný počet žáků tipoval u jednotlivých tahů. Objevilo se i použití strategií volba snazší alternativy (T1: „*Ted' jsem zapomněla, jestli je perioda dolů, nebo jako řádek. No, tak to dolů se mi nechce sčítat, tak to bude asi ten řádek.*“) a předpovídání odpovědi na základě struktury zadání (JM1: „*Ale přijde mi to docela velký rozdíl. Tak přemýšlím, jestli je to správně.*“, JM2: „*Ještě zkusím toho Tomáše, protože se ty výsledky v těch tazích asi nebudou lišit o hodně, tak mi to může pomoci.*“ a LB1: „*Tyhle ty nebudou, ty neznáme.*“). Ke kompletnímu výčtu je ještě zapotřebí zmínit použití strategie „prostě si to myslím“, kterou využili dva žáci.

Žádný z žáků se neodkazoval na pamětné podložení řešení, ačkoli v průběhu řešení pamětně podložené informace o prvcích určitě používali. Taktéž argumentace větou „prostě si to myslím“ by v případě většího naléhání ze strany výzkumníka při rozhovorech byla pravděpodobně častější. Mnoho výroků žáků bylo ponecháno bez hlubšího zkoumání (detailnějšího dotazování při rozhovorech), jelikož cílem bylo i poukázat na povrchnost žakovských úvah nad řešením. Zásah výzkumníka by při hlubším zkoumání výběru jednotlivých prvků žáky mohl ovlivnit výsledek, jelikož by se žáci věnovali řešení a rozhodování déle, než standardně.

Celkem sedm žáků si pomáhalo při řešení úlohy přečtením alespoň části zadání nahlas, a to většinou čtením zadání jednotlivých tahů. Někteří žáci tuto strategii využili i několikrát. Čtyři žáci taktéž četli zadání dvakrát, buď kvůli nepochopení zadání, nebo ověření pochopení zadání. Jedna žákyně (LB2) dokonce četla zadání třikrát, nejprve přečetla zadání dvakrát v úvodu, následně ke konci řešení úlohy si žákyně přečetla zadání znovu. Opětovné přečtení zadání jí umožnilo najít ve svém řešení chybu.

Při řešení úlohy žáci čelili velkému množství problémů. Dva z žáků zmínili, že zadání úlohy vůbec nepochopili, další čtyři se zmínili, že měli s pochopením zadání problém (jedna žákyně (M2) například nevěděla, co znamená sousloví počet prvků). Tři žáci položili k úloze dotaz. Téměř všichni žáci, kteří se o řešení úlohy pokusili, v některé fázi řešení upravili zadání. Někteří žáci ve výpočtu změnili matematickou operaci, jiní pracovali ve druhém tahu místo s protonovým číslem s hodnotou elektronegativity, nebo zaměnili v zadání pojem kov za prvek. Žáci taktéž upravovali celkové vyhodnocení výsledků, místo aby srovnávali hodnoty v jednotlivých tazích, srovnávali součty hodnot všech tahů. Z tohoto hlediska bylo zadání úlohy velice náročné na udržení pozornosti.

Z oblasti znalostí polovina žáků měla velký problém s určením periody a skupiny. Ostatní žáci si buď byli určením jisti, nebo se rozhodovali na základě znalosti pojmu skupina

(vylučovací metoda), nebo volili periodu jako vodorovnou řadu, jelikož se jim nechtěla počítat řada svislá. Dva z žáků taktéž ke 13. skupině řadili i prvky, které do ní nepatří (vizuálně odpovídající lanthanoidy a aktinoidy). Tato skutečnost ukazuje nepochopení žáků v principu řazení prvků v periodické tabulce prvků. Příčinou ale může být i nedostatečné zdůraznění smyslu zobrazení tzv. zkrácené periodické tabulky prvků. Dalším problémem byl význam pojmu elektronegativita a rozhodnutí o elektrické vodivosti prvků. Při rozhovorech se objevily i další, implicitní oblasti, které žákům způsobují problémy (kovový charakter, skupenství, tepelná vodivost), nicméně v rozhovorech se o nich oni sami nezmínili. Nabízí se myšlenka, zda to bylo z důvodu neuvědomění si dané neznalosti, nebo zda skutečné poznání limituje využitá metoda sběru dat.

Vzhledem k formulaci indikátoru je možné konstatovat, že žáci neprokázali dostatečné znalosti z oblasti periodické tabulky prvků. Základní dovedností by mělo být rozlišení periody a skupiny, což žáci během rozhovorů nepotvrdili.

Četnosti jednotlivých strategií řešení úlohy a problémů, se kterými se žáci při řešení úlohy z tematického celku Částicové složení látek a chemické prvky setkali, jsou uvedeny v tabulce 25. Značení strategií a problémů odpovídá značení v tabulkách 6–9. U každého žáka je uvedeno i bodové ohodnocení (počet bodů), kterého v dané úloze dosáhl. Sytost podbarvení odpovídá počtu dosažených bodů.



### 4.3.3 Úloha z tematického celku Organické sloučeniny

Cílem úlohy z tematického celku Organické sloučeniny bylo rozhodnout o pravdivosti čtyř tvrzení o skupenství organických látek (benzenu, isooktanu, naftalenu a toluenu) za laboratorních podmínek. Žáci měli v zadání úlohy k dispozici tabulku hodnot teplot tání, teplot varu a hustot všech čtyř látek.

Při řešení úlohy byli žáci nejméně úspěšní z úloh bloku 2. Všichni žáci úlohu řešili, ačkoli jeden z žáků u jedné z podotázek odpověď neuvedl. Pouze dva žáci zvolili chybné řešení, čtyři žáci dosáhli správného řešení, ostatní žáci dosáhli částečně správného řešení. Úspěšnost žáků v této úloze činila 56,25 %, což koresponduje s výsledkem pilotního šetření (54 %) (Vojíš, 2017). Problémem bodového ohodnocení u této úlohy je, že výsledky jsou falešně pozitivní. Pokud by se měly bodovat pouze správné odpovědi, které jsou navíc podepřené vědomostmi, byl by výsledek značně nižší. Falešná pozitivnost výsledků úlohy byla zjizitelná právě skrze osobní kontakt s žáky a pozorování jejich řešení. Význam rozhovorů vedených metodou Think-aloud je u této úlohy nepopíratelný. Až z rozhovorů totiž vyplynulo, že žáci při řešení úlohy nevyužívají významu pojmů teplota tání a teplota varu, zároveň je neporovnávají s laboratorní teplotou.

Při řešení úlohy využili žáci téměř všechny podporující strategie (žáci nepoužili pouze strategii práce s periodickou tabulkou prvků, což je vzhledem k povaze úlohy zřejmé). Množství použitých limitujících strategií bylo rovněž široké, žáci jak tipovali výsledek, tak i předpovídali odpověď na základě struktury zadání, či argumentovali větou „prostě si to myslím“. Objevily se i pamětně podložené odpovědi. U této úlohy žáci nevyužívali žádné čtenářské strategie. Zadání úlohy bylo velmi stručné a jasné, takže žákům stačilo pouze přečtení zadání potichu. Žáci se při řešení úlohy potýkali s neznalostmi učiva. Jeden z žáků také položil otázku ohledně pochopení zadání.

Jak již bylo zmíněno, úlohu vyřešili správně čtyři žáci. Jeden žák všechny odpovědi podložil zapamatovanými skupenstvími látek. Zbylí tři žáci využívali spíše podporující než limitující strategie. Široké množství podporujících strategií použila žákyně B2. Při srovnání žáky použitých strategií při řešení úlohy nelze nalézt významné rozdíly mezi úspěšnými a neúspěšnými řešiteli.

Při řešení úlohy žáci nejvíce využívali strategii logického zdůvodňování. Žádný žák však neargumentoval chemicky správně. Žáci se často snažili své rozhodnutí odkázat na hodnoty z tabulky v zadání. Velmi často se žáci odkazovali na hodnoty hustoty. Pokud se žáci



odkazovali na teploty tání a varu, vždy tomu tak bylo izolovaně a ne v jejich vzájemném vztahu. Zároveň žádný z žáků hodnoty nevztahoval k laboratorním podmínkám. Zdůvodňování žáků tudíž nelze považovat za správné.

Druhou nejčastěji používanou strategií byla práce se zadáním, tj. u této úlohy práce s tabulkou hodnot teplot tání, teplot varu a hustot látek. Použití hodnot z tabulky v zadání by mělo být samozřejmostí, tabulku ale použilo pouze deset žáků.

Vzhledem k blízkosti látek běžnému životu žáků a možnosti jejich reálné představy se žáci často odkazovali na vzhled a použití látek buď z vlastní zkušenosti, nebo z vyprávění učitelů v hodinách. Na základě těchto indicií se žáci rozhodovali o skupenství převážně u naftalenu (JJ2: „*vím, že se mluví o naftalenových kuličkách, co se používají proti molům, takže bych řekl, že je to pevná látka*“, T2: „*ten naftalen, ten se používá proti molům*“) a toluenu (T2: „*se to leje do lahve a to se pak vdechuje, ty výpary*“, JJ2: „*narkomani, tak ti nasajou tu láhev, kde ten toluen mají, tak to musí být kapalina*“, LA1: „*To jsme si říkali, že je to droga, co se čichá.*“).

Z limitujících strategií převládalo tipování výsledku a předpovídání odpovědi na základě struktury zadání. Projevila se tak fixace žáků na esteticky hezký výsledek. Žáci předpokládají, že ve chvíli, kdy je úloha založená na rozhodnutí o pravdivosti tvrzení, nemůže být správnou variantou případ, kdy by nabývala všechna tvrzení stejné pravdivosti. Tendenci dosvědčují následující tvrzení: M2: „*Já bych dala zase ano, ale něco taky ...*“, J2: „*Takhle to hezky vyšlo.*“, B1: „*Jsem měl všude ne, tak ano.*“ a LB1: „*A ten benzen, mně vše připadá jako ano. Tak ten benzen ne.*“.

Pokud bychom úlohu rozdělili na čtyři izolované úkoly a každé látce bychom se věnovali odděleně, nejhůře by dopadlo tvrzení o isooktanu, o jehož platnosti rozhodlo správně devět žáků. Těchto devět správných odpovědí pramenilo buď ze správného tipnutí, nebo z určité snahy o argumentaci na základě hustoty, teploty tání a teploty varu. Pokud bychom brali za správné řešení pouze takové, které je adekvátně podložené, nedosáhl by jej žádný žák.

Ukázalo se, že žáci nerozumí významu pojmů teplota tání a teplota varu a neumí je použít k určení skupenství látek. U známých látek si žáci pomáhali jejich představováním a použitím v reálném životě. U složitějších a pro žáky neznámých látek by měli s určením skupenství problém, což se projevilo u isooktanu.

Pro eliminování možnosti náhodného výběru odpovědi by bylo vhodnější ponechání úlohy jako otevřené. Ačkoli i v tomto případě by mohli žáci tipovat, pravděpodobnost náhodného trefení by měla být vzhledem k množství variant k výběru nižší. K podpoření hlubších úvah žáků a práce s poskytnutou tabulkou by mohlo být vhodné zařazení neznámé

látky A. Tím by byl odstíněn efekt zapamatování. To je sice při řešení úloh důležité, nicméně v případě zadání, jako je toto, bylo zapotřebí porozumění termínům teplota tání a teplota varu a jejich praktickému dopadu na skupenství látek. Řešení tak bylo spíše založeno na úvaze a práci se zadáním, jinými slovy řešení vyžadovalo myšlenkové operace na úrovni kompetenční vrstvy modelu hloubkové struktury učiva (Janík a kol., 2013, s. 56–57).

Četnosti jednotlivých strategií řešení úlohy a problémů, se kterými se žáci při řešení úlohy z tematického celku Organické sloučeniny setkali, jsou uvedeny v tabulce 26. Značení strategií a problémů odpovídá značení v tabulkách 6–9. U každého žáka je uvedeno i bodové ohodnocení (počet bodů), kterého v dané úloze dosáhl. Sytost podbarvení odpovídá počtu dosažených bodů.

**Tabulka 26** Četnosti použití strategií a výskytu problémů při řešení úlohy z tematického celku Organické sloučeniny

Žák	Počet bodů	Podporující strategie								Limitující strategie					Čtenářské strategie			Problémy					
		SP1	SP2	SP3	SP4	SP5	SP6	SP7	SP8	SL1	SL2	SL3	SL4	SL5	SC1	SC2	SC3	PZ1	PZ2	PZ3	PZ4	PN1	PN2
T1	1	-	-	1	-	-	-	1		-	-	-		-						-		-	
T2	2	-	-	-	1	1	2	-		-	-	-		-						1		-	
M1	1	1	-	-	-	-	-	1		-	-	-		-						-		-	
M2	0	-	-	2	-	-	-	1		-	-	3		-						-		1	
J1	2	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-		4						-		-	
J2	2	-	-	1	-	-	-	1		-	-	1		-						-		-	
JJ1	1	-	2	1	-	-	-	1		-	-	-		-						-		-	
JJ2	1	-	-	-	-	-	2	-		-	-	-		1						-		1	
JM1	1	-	-	4	-	-	-	1		-	-	-		-						-		-	
JM2	1	1	-	2	-	1	-	1		1	-	-		-						-		-	
B1	1	-	-	1	-	-	-	1		1	-	1		-						-		-	
B2	2	-	1	4	-	1	-	1		1	-	-		-						-		1	
LA1	0	-	-	-	-	1	-	-		3	-	-		-						-		1	
LA2	1	-	-	-	-	3	-	-		-	1	-		-						-		-	
LB1	1	-	-	1	-	-	-	-		-	2	1		-						-		-	
LB2	1	-	-	-	-	-	-	1		1	-	-		-						-		-	

#### 4.3.4 Pohled na úlohy očima výzkumníka

V následujících odstavcích bych ráda shrnula vlastní postřehy plynoucí z pozorování žáků a jejich chování při řešení úloh. Ačkoli jsou mé postřehy pouze subjektivní, domnívám se, že jejich uvedení je podstatné. Ne vše bylo totiž možné v transkriptech rozhovorů s žáky zachytit.

##### **Pohled na úlohu z tematického celku Chemické reakce**

Při pozorování žáků při řešení úlohy z tematického celku Chemické reakce byla z žáků cítit jistá nervozita nad zadáním úlohy. Zdálo se, že mnoho žáků vidí graf závislosti rychlosti chemické reakce na čase prvně a neumí se v něm orientovat. Taktéž bylo zřejmé, že u žáků nedošlo k propojení popisů jednotlivých úseků grafu se samotným grafem. Žáci přiřazovali písmena k popisům úseku, aniž by viděli mezi popisy a grafem vztah. To lze přisuzovat neschopnosti žáků pracovat s grafy a tabelovanými hodnotami, což se projevilo i v případě řešení úlohy z tematického celku Organické sloučeniny.

Při žákovských řešeních bylo taktéž viditelné nepropojení grafu se zadanou reakcí. Ve chvíli, kdy žák došel k otázce (úkol), odsunul předcházející text a již se mu nevěnoval. Při řešení úlohy s poskytnutou rovnicí pracovali pouze dva žáci.

Velkým problémem pro žáky byla taktéž argumentace. Pokud žák pochopil, že je jeho cílem seřadit písmena ABCD, tak to provedl. Vhodnou argumentaci (buď chemickou, nebo lexikální) uplatnili pouze dva žáci, a to ti, kteří pracovali s poskytnutou rovnicí.

##### **Pohled na úlohu z tematického celku Částicové složení látek a chemické prvky**

Úloha z tematického celku Částicové složení látek a chemické prvky se skládala z více podúkolů a bylo tudíž nutné práci systematizovat. Velký problém činilo žákům již samotné pochopení úlohy, natož její řešení. Nejen, že mnoho žáků zadání buď zcela, či alespoň částečně poupravilo, ale většina by ani s dodržáním zadání úlohu nevyřešila správně.

Zásadním problémem úlohy bylo pochopení významu pojmů skupina a perioda, což již bylo diskutováno výše. Dále se ukázalo, že žáci neumí pracovat s periodickou tabulkou prvků a neví, co vše v ní mohou vyhledat. Při určování kovového charakteru, stejně jako v případě skupenství, žáci nevyužívali podbarvení tabulky a další symboly v ní uvedené. To, že lze hodnotu elektronegativity v tabulce nalézt, až na jednoho žáka (další dva se nevyjádřili) všichni věděli. Trendy elektronegativity ale nevěděl téměř nikdo. Žáci spíše létali očima po celé tabulce

a hledali všude možně, než našli dle jejich pocitu dvě největší čísla. V tomto ohledu by bylo u této úlohy efektivní zapojit například eye-trackingovou kameru, aby bylo možné jasně doložit, které hodnoty žáci v periodické tabulce prvků sledují.

Velmi problematické byly pro žáky matematické operace, jejichž záměnou často docházelo k úpravám zadání. Bylo tudíž velmi časté, že žáci, ačkoli pracovali se správnými prvky, zaměnili matematickou operaci a došli k chybnému výsledku. Důvodem byla podle mě nedostatečná pozornost žáků při čtení zadání. Domnívám se, že průběžná (nebo zpětná) kontrola jednotlivých kroků řešení by mohla mnoho z těchto chyb eliminovat.

Velmi mě překvapilo, že ačkoli žáci při řešení úlohy většinou používali intuici, nebo tipování, na propočítávání si dávali velmi záležet a číslo pro ně bylo jasným ukazatelem výsledku. Jedná se patrně o vliv výuky matematiky, jejíž hodinová dotace umožňuje učitelům vtisknout žákům tento styl práce s matematickými operacemi. Žáci, kteří do řešení této úlohy investovali nejvíce času ze všech zadaných úloh (většina), ve výsledku dosáhli stejného řešení jako dva žáci, kteří ihned ze začátku usoudili, že úlohu na základě svých znalostí vyřešit nedokážou, a výsledek tipli. Dalo by se říci, že tito dva žáci zvolili mnohem efektivnější způsob řešení úlohy.

### **Pohled na úlohu z tematického celku Organické sloučeniny**

Při řešení úlohy z tematického celku Organické sloučeniny žádný z žáků nevyužil v zadání poskytnutou tabulku adekvátně. Všechny postřehy ohledně žáky využívaných strategií při řešení této úlohy již byly popsány výše.

Velice mě překvapil problém žáků s určením skupenství isooktanu. U této látky měli žáci problém již s přečtením názvu. Nikdo z žáků nezmínil kontext s reálnou sloučeninou, pro všechny žáky byla tato látka neznámá a ryze abstraktní. Na jednu stranu by propojení s oktanovým číslem benzínu mohlo být pro žáky k rozhodnutí o skupenství nápomocné, na druhou stranu se při rozhodování o skupenství abstraktní látky projevila hlubší neschopnost aplikace významů teplot tání a varu na určení skupenství látek za laboratorní teploty.

## Závěr

Zájem o zjišťování schopností žáků v oblasti řešení problémů je velice aktuální. Důkazem může být zařazování této oblasti do mezinárodního šetření PISA. V roce 2012 se v šetření zjišťovaly individuální schopnosti žáků řešit problémy, v roce 2015 již týmové schopnosti. Dá se tudíž předpokládat, že v budoucnu bude z důvodu možnosti srovnávání dat v této oblasti realizováno více šetření. Výsledky těchto šetření sice poskytují číselné údaje o schopnostech žáků v jednotlivých podoblastech oblasti řešení problémů, nicméně nezohledňují žakovské postupy řešení úloh a problémy, se kterými se při jejich řešení potýkají. Pro učitele by ale právě znalost žakovských postupů a problémů měla být zásadní.

Konstatování faktu, že se výsledky českých žáků v oblasti přírodovědné gramotnosti zhoršují, je snadné. K tomu, abychom trend výsledků změnili, je zapotřebí zjišťovat, proč žáci nevyřeší více úloh správně. V této diplomové práci jsem se věnovala oblasti řešení problémových úloh z chemie z pohledu využívání strategií žáky při jejich řešení. Pracovala jsem s úlohami s problémovými prvky, které byly vytvořeny jako indikátorové úlohy ke Standardům pro základní vzdělávání – chemie. Žakovská řešení těchto úloh nebyla hodnocena pouze bodově, primárně jsem se věnovala právě postupům řešení úloh, uplatňovaným strategiím a problémům, kterým žáci při řešení úloh čelili. Výzkumným nástrojem byl rozhovor vedený metodou Think-aloud.

Na základě rešerše v oblasti strategií řešení problémů a rozhovorů byl vytvořen seznam strategií, které respondenti využili při řešení chemických problémových úloh. Vytvořený seznam obsahuje pouze strategie identifikované v rámci mého šetření. Seznam obsahuje jak obecné strategie řešení problémů, tak i specifické chemické strategie, jako je například práce s periodickou tabulkou prvků.

U úloh použitých v rámci šetření se ukázal při zkoumání žakovských postupů řešení jejich potenciál jakožto úloh učebních, jak je i sami autoři kategorizují. Žáci projevovali o řešení úloh zájem a i přes případný počáteční neúspěch řešení úlohy ve většině případů nevzdávali. V případě zařazení těchto úloh do výuky ve formě úloh učebních, nikoli testových, je jejich potenciál pro rozvoj kompetence k řešení problémů viditelný. V rámci výuky by bylo možné žákům povolit spolupráci a vyhledávání informací v tištěných i elektronických zdrojích. Zásadní pro efektivní využití úloh by bylo kladení důrazu na vhodnou argumentaci jednotlivých kroků řešení. Efektivitu úloh by bylo možné zvýšit jejich přeformulováním na úlohy otevřené (tj. bez volby možností odpovědí). Díky tomu by byli žáci vedeni k hlubšímu zamýšlení se.

Využití metody Think-aloud ke zjišťování strategií, které žáci využívají při řešení úloh, se ukázalo jako smysluplné. Z dat je možné zjistit základní přístup žáků k úloze a způsoby, jak na úlohu žáci nahlíží a jaké kroky volí k jejímu vyřešení. V průběhu šetření se objevily i některé nedostatky metody. Data, která výzkumník během šetření nasbírání, jsou závislá na ochotě a schopnostech respondentů své myšlenky formulovat a sdělovat nahlas. U některých žakovských kroků řešení jsou data poskytnutá žáky velice strohá a neposkytují dostatečné množství informací o myšlenkovém procesu. Výzkum vedený metodou Think-aloud v oblasti žakovských strategií řešení úloh by bylo vhodné podpořit například využitím eye-trackingové kamery. Přínos eye-trackingové kamery vidím v oblasti žakovského zpracovávání zadání úlohy (na které části textu se žáci zaměřují, u kterých se zdržují, které přečtou pouze letmo, ...) a v oblasti práce s periodickou tabulkou prvků, grafy a jinými tabelovanými hodnotami.

Šetření je mimo jiné i důkazem toho, že učitelé mají možnost žakovské postupy řešení úloh a problémy, se kterými se při jejich řešení potýkají, zjišťovat. Metoda Think-aloud je jedinečným nástrojem, pomocí kterého mohou žáci ve výuce představovat svým spolužákům své myšlenkové pochody během řešení školních úloh. Zároveň učitel může své žáky seznámit se svým tokem myšlenek.

Realizace šetření a kontakt s žáky při řešení úloh mě obohatil do mé budoucí učitelské praxe. Odesla jsem si, že nemohu nikdy brát výsledky uzavřených úloh za 100%. Výsledky mohou být falešně pozitivní (tj. žáci odpověděli správně z důvodu například tipování, či předpovídání odpovědi na základě struktury zadání), ale i falešně negativní (tj. žák se mohl dopustit drobné chyby, která ovlivnila výsledek, ale podstatě rozumí). Dále jsem si uvědomila, že je zásadní po žácích vyžadovat argumentaci. Nejen, že na základě argumentace mohu zjistit, zda má žák svoji odpověď logicky podchycenou, zároveň se žáci učí vyjadřovat své myšlenky a obhajovat je. V průběhu šetření se ukázalo, že žáci mají se slovní formulací vlastních myšlenek velké problémy. Z hlediska tvorby vlastních učebních i testových úloh bych měla tvořit uzavřené úlohy i tak, aby se žákům nevyplatilo použití strategie předpovídání odpovědi na základě struktury zadání. Tím, že by se žáci častěji setkávali se všemi možnými alternativami řešení, nemuseli by si tuto strategii vybudovat.

Výsledky mého šetření se mohou v budoucnu stát základem pro další výzkumná šetření v oblasti žakovských strategií řešení problémových úloh z chemie. Zajímavou alternativou by mohlo být srovnávání strategií a postupů řešení problémových chemických úloh řešiteli na různé intelektuální úrovni po vzoru de Groota (2008) a Taasobshirazi a Glyna (2009). Hledání podobností a rozdílů v postupech řešení začátečníků (žáci) a pokročilých řešitelů (studenti učitelství chemie) by mohlo přinést užitečné srovnání myšlenkových procesů

potenciálních řešitelů a potenciálních tvůrců problémových úloh. Náhled na odlišné pojetí řešení problémů by mohl budoucím učitelům být pro tvorbu problémových úloh z chemie užitečný.



## Seznam použitých informačních zdrojů

- BLAŽEK, R. a BOUDOVA, S. (2017). *Výsledky PISA 2015 – Týmové řešení problémů* [online]. [cit. 2018-03-27]. Dostupné z Česká školní inspekce: [http://www.csicr.cz/getattachment/cz/Dokumenty/Publikace/Vysledky-PISA-2015-Tymove-reseni-problemu/NZ\\_PISA\\_2015\\_Tymove-reseni-problemu\\_web.pdf](http://www.csicr.cz/getattachment/cz/Dokumenty/Publikace/Vysledky-PISA-2015-Tymove-reseni-problemu/NZ_PISA_2015_Tymove-reseni-problemu_web.pdf)
- BODNER, G. M. a HERRON, J. D. (2002). Problem Solving in Chemistry. In: *Chemical Education: Research-based Practice*. Dordecht: Kluwer Academic Publishers.
- BRANSFORD, J. D. a STEIN, B. S. (1993). *The Ideal Problem Solver: A Guide for Improving Thinking, Learning, and Creativity*. New York: W. H. Freeman and Company. ISBN 0-7167-2204-6.
- DEWEY, J. (1897). *My Pedagogic Creed* [online]. [cit. 2018-03-27]. Dostupné z: <http://dewey.pragmatism.org/creed.htm>
- DHILLON, A. S. (1998). Individual Differences within Problem-Solving Strategies Used in Physics. *Science Education*. **82**(3), 379–405. ISSN 0036-8326.
- DOSTÁL, J. (2015). Theory of problem solving. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*. **174**, 2798–2805. ISSN 1877-0428.
- EISENMANN, P., PŘIBYL, J., NOVOTNÁ, J., BŘEHOVSKÝ, J. a CIHLÁŘ, J. (2017). Volba heuristických strategií v závislosti na věku. *Scientia in educatione*, **8**(2). ISSN 1804-7106.
- ELÇIN, E. a ZIYA, A. (2016). Instructional design-based research on problem solving strategies. *Acta Didactica Napocensia*, **9**(4). ISSN 2065-1430.
- GAVORA, P. (2000). *Úvod do pedagogického výzkumu*. Brno: Paido. ISBN 80-85931-79-6.
- de GROOT, A. D. (2008). *Thought and choice in Chess*. Amsterdam University Press. ISBN 978-90-5356-998-6.
- HENDL, J. (2005). *Kvalitativní výzkum: základní metody a aplikace*. Praha: Portál. ISBN 978-80-262-0982-9.
- HOLEC, J. a RUSEK, M. (2016). *Metodické komentáře a úlohy ke Standardům pro základní vzdělávání – chemie*. Praha: NÚV. ISBN 978-80-7481-168-5.
- CHUPÁČ, A. (2008). Rozvoj klíčových kompetencí žáka při řešení problémových učebních úloh v chemickém vzdělávání. *Pedagogická orientace*. **18**(4), 72–81. ISSN 1211-4669.
- CHUPÁČ, A. (2011). Využití IKT při řešení problémových učebních úloh v chemickém vzdělávání na gymnáziích. In: *Nové technologie ve vzdělávání: vzdělávací software a interaktivní tabule*. Olomouc: Univerzita Palackého, s. 30–33.
- JANÍK, T. (2005). *Znalost jako klíčová kategorie učitelského vzdělávání*. Brno: Paido. ISBN 80-7315-080-8.

- JANÍK, T., SLAVÍK, J., MUŽÍK, V., TRNA, J., JANKO, T., LOKAJÍČKOVÁ, V., . . . ZLATNÍČEK, P. (2013). *Kvalita (ve) vzdělávání: obsahově zaměřený přístup ke zkoumání a zlepšování výuky*. Brno: Masarykova Univerzita. ISBN 978-80-210-6349-5.
- KNECHT, P., JANÍK, T., NAJVAR, P. a NAJVAROVÁ, V. (2010). Příležitosti k rozvíjení kompetence k řešení problémů ve výuce na základních školách. *Orbis Scholae*. 4(3), 37–62. ISSN 1802-4637.
- KOPKA, J. (1977). Strategie v heuristice. *Pokroky matematiky, fyziky a astronomie*. 22(5). Jednota českých matematiků a fyziků.
- KOPKA, J. (2013). *Umění řešit matematické problémy*. HAV. ISBN 978-80-903625-5-0.
- MAREŠ, J. a JEŽEK, S. (2012). *Klima školní třídy – Dotazník pro žáky* [online]. [cit. 2018-03-27]. Dostupné z Národní ústav odborného vzdělávání: [http://www.nuov.cz/uploads/AE/evaluacni\\_nastroje/15\\_klima\\_skolni\\_tridy.pdf](http://www.nuov.cz/uploads/AE/evaluacni_nastroje/15_klima_skolni_tridy.pdf)
- MUDRÁK, J. (2015). *Nadané děti a jejich rozvoj*. České Budějovice: Grada Publishing, a. s. ISBN 978-80-247-5089-7.
- NAJVAROVÁ, V. (2008). Výzkum čtenářských strategií žáků 1. stupně základní školy. In: *Pedagogický výzkum jako podpora proměny současné školy*. Hradec Králové: Gaudeamus, s. 461–468.
- OECD. (2004). *Problem Solving for Tomorrow's World: First Measures of Cross-Curricular Competencies from PISA 2003*. ISBN 92-64-00642-7.
- OGILVIE, C. A. (2009). Changes in students' problem-solving strategies in a course that includes context-rich, multifaceted problems. *Physical Review Special Topics – Physics Education Research*. 5(2). ISSN 2469-9896.
- PISA. (2012a). *Koncepční rámec pro zjišťování schopnosti řešit problémy* [online]. [cit. 2018-03-27]. Dostupné z Česká školní inspekce: <http://www.csicr.cz/html/PISA-KoncepRamec/flipviewerxpress.html>
- PISA. (2012b). *Výsledky PISA 2012 – Kreativní řešení problémů* [online]. [cit. 2018-03-27]. Dostupné z Česká školní inspekce: <http://www.csicr.cz/Prave-menu/Mezinarodni-setreni/PISA/Vysledky-PISA-2012-Kreativni-reseni-problemu>
- POLYA, G. (1973). *How to solve it: A new Aspect of Mathematical Method*. New Jersey: Princeton University. ISBN 0-691-02356-5.
- POSAMENTIER, A. S. a KRULIK, S. (2009). *Problem solving in mathematics, grades 3–6: powerful strategies to deepen*. Thousand Oaks: Corwin. ISBN 978-4129-6066-3.
- PRŮCHA, J., WALTEROVÁ, E. a MAREŠ, J. (2003). *Pedagogický slovník*. Praha: Portál. ISBN 978-80-71787-72-3.
- RVP ZV. (2017). *Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání*. Praha: MŠMT.
- ŘEZNÍČKOVÁ, D. a kol. (2013). *Dovednosti žáků ve výuce biologie, geografie a chemie*. Praha: P3K. ISBN 978-80-87343-24-1.

- SINGULE, F. (1990). *Americká pragmatická pedagogika: John Dewey a jeho američtí následovníci*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství. ISBN 80-04-20715-4.
- SKALKOVÁ, J. (2007). *Obecná didaktika*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-1821-7.
- SNĚTINOVÁ, M. a KOUPILOVÁ, Z. (2013). Strategie řešení úloh ve výuce fyziky na středních školách. *Scientia in educatione*. **4**(1), 63–72. ISSN 1804-7106.
- van SOMEREN, M. W., BARNARD, Y. F. a SANDBERG, J. A. (1994). *The think aloud method: A practical guide to modelling cognitive processes*. London: Academic Press. ISBN 0-12-714270-3.
- STIEFF, M. a RAJE, S. (2010). Expert Algorithmic and Imagistic Problem Solving Strategies in Advanced Chemistry. *Spatial Cognition and Computation*. **10**(1), 53–81. ISSN 1573-9252.
- ŠVAŘÍČEK, R. a ŠEĐOVÁ, K. (2007). *Kvalitativní výzkum v pedagogických vědách*. Praha: Portál. ISBN 978-80-7367-313-0.
- TAASOOBSHIRAZI, G. a GLYNN, S. M. (2009). College Students Solving Chemistry Problems: A Theoretical Model of Expertise. *Journal of research in science teaching*. **46**(10), 1070–1089. ISSN 1098-2736.
- VACÍNOVÁ, M. a LANGOVÁ, M. (2007). *Kapitoly z psychologie učení a výchovy*. Praha: Univerzita Jana Amose Komenského. ISBN 978-80-86723-42-6.
- VÁGNEROVÁ, M. (2016). *Obecná psychologie: Dílčí aspekty lidské psychiky a jejich organový základ*. Praha: Karolinum. ISBN 978-80-246-3268-1.
- VOJÍŘ, K. (2017). Tvorba učebních úloh s problémovými prvky ze vzdělávacího oboru Chemie. Praha. Diplomová práce. Univerzita Karlova. Pedagogická fakulta.
- VOJÍŘ, K., HOLEC, J. a RUSEK, M. (2017). Přírodopisné a chemické úlohy pro základní vzdělávání a jejich metodické komentáře. In: *Projektové vyučování v přírodovědných předmětech*. Praha: Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta, s. 221–228. ISBN 978-80-7290-929-2.
- VONDROVÁ, N. a RENDL, M. (2015). *Kritická místa matematiky základní školy v řešení žáků*. Praha: Karolinum. ISBN 978-80-246-3234-6.

## **Seznam příloh**

Příloha 1 – Zadání úloh

Příloha 2 – Dotazník 1. kola šetření

Příloha 3 – Komentované transkripty rozhovorů s žáky