


Vlastnosti úloh z organické chemie a biochemie vyplývající z položkové analýzy oborového testu z chemie v rámci přijímacího řízení na Přírodovědeckou fakultu Univerzity Karlovy

The qualities of tasks in organic chemistry and biochemistry based on the analysis of entrance procedure at the Faculty of Science, Charles University

Martin Šrámek^{1,*},  Milada Teplá²

¹ Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova, Albertov 6, 128 00 Praha 2; sramekm123@gmail.com

² Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova, Hlavova 2030/8, 128 00 Praha 2

Článek představuje výsledky položkové analýzy oborových testů z chemie zadávaných pro účely přijímacího řízení na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy v letech 2016 až 2019 a navazuje na dříve publikované články zaměřené na obecnou a anorganickou chemii. Cílem zkoumání byla identifikace nejvíce obtížných úloh pro uchazeče o studium a rovněž necitlivých úloh, tj. takových, které nedostatečně rozlišovaly úspěšné uchazeče od uchazečů neúspěšných. Obtížné úlohy byly identifikovány na základě vypočtení indexu obtížnosti. Necitlivé úlohy byly stanoveny na základě výpočtu koeficientů $ULI(1/2)$ a RIR.

Výsledky položkové analýzy odhalily, že v rámci organické chemie a biochemie byly pro uchazeče obtížné úlohy ze čtyř okruhů (reakce v organické chemii, konstituce látek a izomerie, klasifikace organických látek, enzymy). Necitlivé úlohy byly detekovány u sedmi témat, která obsahovala alespoň jednu necitlivou položku (např. kyselost a zásaditost organických látek, vzorce v biochemii, biochemické reakce, ...). Necitlivost úlohy často souvisela s vysokým počtem kroků nutných k jejímu úspěšnému vyřešení.

This article introduces results of item analysis of chemistry tests used as a part of the admission procedure at the Faculty of Science, Charles University, between 2016 and 2019. This paper focuses on organic chemistry and biochemistry as it follows already published papers focusing on general and inorganic chemistry. The aim of the research was to determine which tasks were the most troublesome for applicants and those with a low discrimination index. The troublesome tasks were found based on the calculation of difficult indexes whereas the item discrimination index was represented by $ULI(1/2)$ and RIR coefficients.

The results of the item analysis showed that there are four topics containing troublesome tasks in organic chemistry and biochemistry (reactions in organic chemistry, isomery and constitution of compounds, classification in organic chemistry and enzymes). Additionally, the analysis revealed five topics containing items with a low discrimination index (for example: acidity and basicity of organic compounds, formulae in biochemistry, biochemical reactions, ...). Further analysis showed that in many cases, the discrimination index of the item decreased with a number of steps necessary for succeeding in the task.

Klíčová slova:

biochemie,
organická chemie,
položková analýza,
obtížnost položky,
citlivost položky.

Zasláno 5/2022

Revidováno 10/2022

Přijato 11/2022

Key words:

biochemistry,
organic chemistry,
item analysis,
item difficulty,
item discrimination.

Received 5/2022

Revised 10/2022

Accepted 11/2022

1 Úvod

Přijímací zkoušky na vysokou školu jsou zlomovým momentem pro studenty, kteří se na školu hlásí. Studenti jsou na jednotlivé vysoké školy přijímáni na základě různých kritérií – např. na základě průměru některých známek ze střední školy, oborového testu, testu obecně studijních předpokladů, popř. na základě jiných podkladů, resp. kombinací výše uvedených možností (Žoudlík, 2009). V případě využití oborových testů v rámci přijímacího řízení lze jejich výsledky využít nejen k výběru vhodných, ale rovněž pro zmapování úrovně osvojených poznatků na střední škole. Vyučující na vysokých školách následně mohou ve své výuce navazovat na předchozí fáze vzdělávání a rovněž se specificky zaměřit na pomoc s překováním překážek, které studenty vysokých škol ve studiu čekají. Jednou z možností je zařazování úloh, s jejichž způsobem zadání se žáci již dříve setkali. Výzkum Adesope et al. (2017) a Yang et al. (2019) prokázal, že v rámci opakování má zařazování takových úloh největší efekt na dosažené dovednosti žáků. Pro obory, ve kterých je vysoký podíl neúspěšných studentů, kteří studium nedokončí, může být obdobný přístup zásadní (Pikálková et al., 2014; Ross, 2016). Cílem tohoto výzkumu je odhalit obtížné partie středoškolské chemie za účelem zmapování úrovně získaných poznatků z předchozích stupňů vzdělávání

a rovněž identifikace necitlivých úloh za účelem zvýšení kvality výběru uchazečů o studium na vysoké škole v následujících letech.

Prezentovaný výzkum byl zaměřen na vzdělávací obor Chemie, jehož studium je nabízeno na řadě vysokých škol v podobě odborných studijních programů (např. Biochemie, Chemie životního prostředí ad.) či programů zaměřených na přípravu budoucích učitelů předmětu chemie. Obě zmíněné skupiny studijních programů jsou nabízeny např. na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy (dále jen PŘF UK), kde proběhl tento výzkum.

Prezentovaná studie byla zaměřena pouze na položkovou analýzu přijímacího testu jako jednoho možného prediktoru akademické úspěšnosti, a to pouze na položkovou analýzu úloh spadající do oblasti organické chemie a biochemie. Studie úzce navazuje a svým zaměřením doplňuje již hotové analýzy zaměřené na analýzu výsledků přijímacích testů ve vztahu k obecné chemii (Šrámek & Teplá, 2021a), tak ve vztahu k anorganické chemii (Šrámek & Teplá, 2022).

2 Teoretická východiska

2.1 Východiska pro obsah přijímacího řízení na PŘF UK

Přijímací řízení by mělo mít co nejvyšší možnou predikční validitu, tj. schopnost predikovat akademický úspěch daného uchazeče, tj. zda student dokončí zdárně první ročník studia, eventuálně dané studium jako celek (Brown, 2003). Přijímací řízení formou pouze jednoho oborového testu (z chemie, biologie či matematiky) je od akademického roku 2017/2018 také využíváno pro výběr vhodných uchazečů o studijní program Chemie na PŘF UK. Oborový test si jednotliví uchazeči mohou zvolit v závislosti na profilu studijního oboru, na který se hlásí. Náplň jednotlivých oborových testů je specifikována následovně: *Obsahová náplň odborného testu z Biologie, Chemie, Geografie, Matematiky, Základní orientace v problematice obyvatelstva a ústní zkoušky ze Základní orientace v přírodních vědách vychází z platných učebnic pro gymnázia vydaných v ČR, případně z rámcových vzdělávacích programů pro gymnázia a z platných kurikulárních dokumentů* (PŘF UK, 2021). O obdobném přístupu v zahraničí svědčí i další publikace poukazující na nezastupitelnost středoškolských učebnic v přípravě na přijímací řízení na vysokou školu. Zároveň však dodávají, že obsah těchto učebnic by měl odpovídat probíranému učivu ve škole (American Educational Research Association, 2014) i aktuálně platným kurikulárním dokumentům (Driessen et al., 2007). Informace o středoškolském prospěchu uchazeče se v aktuálních podmínkách přijímacího řízení na PŘF UK již nevyžaduje, a to navzdory závěrům výzkumu Rubešové (2009), která v závěrech své práce popsala přínos zohlednění dosaženého středoškolského prospěchu v přijímacím řízení. Do roku 2017 byla na PŘF UK využívána kombinace testu obecně studijních předpokladů (OSP), avšak s ohledem na předchozí studie je přínos testu OSP diskutabilní (Berger, 2012; Škaloudová, 2003; Šrámek & Teplá, 2020; Štuka, 2012; Žoudlík, 2009). S ohledem na skutečnost, že středoškolský prospěch ani výsledek testu OSP u vedených uchazečů není dostupný, byl tento výzkum zaměřen na zvýšení kvality oborového testu z chemie.

2.2 Analýza oborového testu z chemie se zaměřením na organickou chemii a biochemii – výsledky dosavadních studií

Za účelem zvýšení kvality přijímacího řízení byly provedeny analýzy oborových testů na vysoké školy. V oblasti chemie provedly výzkum např. Jedličková (2007), Martinová (2001) a Štefanová (2007). K dosažení uvedeného cíle využily všechny výše uvedené autorky položkovou analýzu, na jejímž základě interpretovaly zjištěné poznatky. V rámci organické chemie a biochemie byly publikovány následující závěry.

Mezi úlohy s **nízkým indexem obtížnosti** (pro uchazeče obtížné úlohy) patří úlohy zaměřené na: (i) reakce v organické chemii (Martinová, 2001); (ii) biochemické reakce (Martinová, 2001); (iii) početní úlohy v biochemii (Štefanová, 2007), (iv) izomerii (Martinová, 2001) a (v) enzymy (Martinová, 2001). Na druhou stranu mezi úlohy s **vysokým indexem obtížnosti** (pro uchazeče nejméně obtížné úlohy) patří (i) základní pojmy v organické chemii (Martinová, 2001) či (ii) elementární organické reakce (Jedličková, 2007). U některých oblastí chemie uvádí Martinová (2001) značnou variabilitu obtížnosti položky v závislosti na konkrétním úkolu a jeho formulaci. V organické chemii a biochemii zaznamenala tyto trendy ve dvou oblastech: (i) klasifikace organických sloučenin a (ii) klasifikace chemických reakcí. Na souvislost indexu obtížnosti s konkrétním úkolem, jeho formulací a taktéž počtem kroků nutných k vyřešení úlohy poukazuje též Cowan (2001), Miller (1956) či Čípera et al. (1985).

Problematika úloh a obsahu přijímacího testu z chemie byla řešena i v zahraničí – na organickou chemii se zaměřila např. Ealy (2018). Autorka vychází z více než desítky předchozích studií zaměřených na organickou chemii zabývajících kapitolami organické chemie, které jsou pro uchazeče na VŠ, popř. pro VŠ studenty obtížné. Krom vytyčení obtížných témat se práce zaměřuje také na skutečnost, zda

obtížnost jednotlivých témat nepravě z nedostatečného pochopení některých konceptů obecné chemie. Ealy (2018) uvádí čtyři témata obtížná pro studenty, jmenovitě: (i) reakční mechanismy v organické chemii, (ii) kyselost a zásaditost organických látek, (iii) struktura chemických látek a (iv) stereochemie. Za potenciální příčiny vysoké obtížnosti jednotlivých témat Ealy (2018) označuje nedostatečné pochopení některých konceptů a z nich plynoucích důsledků – např. (i) rozložení valenčních elektronů; (ii) polarita vazby, (iii) hybridizace, (iv) kyselost a zásaditost látek na základě struktury látky a (v) predikce produktů chemické reakce. Některé z uvedených závěrů byly rovněž zachyceny v českém prostředí – např. Martincová (2001) poukázala na nedostatečné pochopení pojmu volný elektronový pár či pokles indexu obtížnosti v úlohách, kde je nutné určit produkty chemických reakcí (oproti úlohám, kde jsou produkt reakce zadané).

Na položkovou analýzu úloh z chemie byly zaměřeny tři studie autorů Thorat (2019), Sonone et al. (2019) a Desai a Shah (2019). Všechny uvedené studie obsahovaly pouze statistické údaje jednotlivých testových položek, nikoliv však zadání jednotlivých úloh či téma jednotlivých položek, což znemožňuje srovnání po obsahové stránce.

3 Cíle a výzkumné otázky

S ohledem na skutečnost, že tento článek navazuje na dříve publikované dílčí výsledky z oblasti obecné chemie (Šrámek & Teplá, 2021a) a anorganické chemie (Šrámek & Teplá, 2022), byly pro zachování uniformity publikovaných výsledků zachovány analogické cíle i výzkumné otázky. Hlavním cílem prezentované studie bylo zmapovat neobtížnější úseky z učiva organické chemie a biochemie na úrovni střední školy plynoucí z analýzy oborového testu chemie zadávaného na PřF UK v letech 2016 až 2019 a tím na výsledky dříve realizovaných studií. Druhým neméně důležitým cílem bylo zjistit, které úlohy z oblasti organické chemie a biochemie nejméně přispívají k výběru úspěšných uchazečů na PřF UK (tedy byly nejméně citlivé). Výsledky analýzy budou reflektovány při tvorbě oborových testů z chemie použitých v rámci přijímacího řízení.

Vzhledem k výše vymezeným cílům studie byly stanoveny následující výzkumné otázky:

1. Které úlohy z organické chemie a biochemie zařazené do oborového testu byly obtížné pro uchazeče o studium na PřF UK?
2. Které úlohy z organické chemie a biochemie zařazené do oborového testu nedostatečně rozlišovaly úspěšné a neúspěšné uchazeče o studium na PřF UK?
3. Které úlohy z organické chemie a biochemie zařazené do oborového testu vykazovaly dostatečnou citlivost a zároveň adekvátní obtížnost?

4 Metodologie

Jelikož tento článek představuje pouze dílčí výsledky výzkumu, shoduje se metodologie s již dříve publikovanými články (Šrámek & Teplá, 2021a; Šrámek & Teplá, 2022). Výzkumný vzorek byl tvořen 1 780 uchazeči o studijní obor Chemie. Výzkumnými nástroji bylo 8 oborových testů z chemie zadaných v řádných termínech přijímacího řízení v letech 2016 až 2019 (viz tab. 1). Každý test obsahoval 30 uzavřených úloh s výběrem jedné správné odpovědi ze čtyř nabízených alternativ. Přibližně 40 % až 47 % z celkového počtu úloh bylo zaměřených na organickou chemie a biochemii (12–14 položek). Aby bylo možné zodpovědět výše stanovené výzkumné otázky, byla u každého testu provedena položková analýza úloh z organické chemie a biochemie. Dále byly určeny následující parametry – úspěšnost, koeficient ULI(1/2), koeficient RIR pro jednotlivé úlohy a reliabilita jednotlivých testů vyjádřena prostřednictvím koeficientu Cronbachova alfa (Chrásková, 1999; Chvál et al., 2015; Varma, 2020). Koeficienty citlivosti byly vybrány v souladu s doporučeními Vejražky a Štuka (2021), kteří uvádí, že koeficient ULI(1/2) velmi dobře vypovídá o citlivosti úlohy. Autoři dále uvádí koeficienty RIR a RIT jako vhodné koeficienty pro výpočet citlivosti. Koeficient RIT je definován jako bodově-biseriální koeficient mezi skórem položky a celkového

Tab. 1: Pro jednotlivé varianty testu jsou vedeny počty absolvujících uchazečů, reliabilita testu a počet úloh z organické chemie a biochemie

Verze testu	2016A	2016B	2017A	2017B	2018A	2018B	2019A	2019B	Celkem
Počet uchazečů	219	220	230	221	238	213	223	216	1 780
Reliabilita testu	0,678	0,776	0,741	0,729	0,657	0,698	0,761	0,748	0,678
Počet úloh z organické chemie a biochemie	14	14	14	14	14	14	14	12	110

testu. Koeficient RIR je však vhodnější, jelikož pro výpočet koeficientu RIR dané úlohy není uvažován příspěvek dané úlohy k celkové korelaci, a tudíž je koeficient RIR ve srovnání s RIT přesnější (Vejražka & Štuka, 2021).

Vzhledem ke skutečnosti, že podkladem pro tvorbu oborových testů zadávaných na PřF UK slouží běžně dostupné středoškolské učebnice chemie a též Rámcový vzdělávací program pro gymnázia (PřF UK, 2021), bylo pro stanovení obsahové validity zkoumáno zařazení konkrétních témat organické chemie a biochemie v Rámcovém vzdělávacím programu pro gymnázia (RVP G) (MŠMT, 2007) a též ve středoškolských učebnicích chemie. Z toho důvodu bylo provedeno rovněž srovnání obsahu oborových testů s obsahem středoškolských učebnic chemie, které Huvarová (2010) ve svém výzkumu označila za nejčastěji užívané, dále jen běžné středoškolské učebnice. Konkrétně se jednalo o učebnice autorů: Mareček a Honza (2005a), Mareček a Honza (2005b), Vacík et al. (1999) a Benešová et al. (2002). Obsahová komparace byla provedena též z důvodu, že lze předpokládat, že žáci středních škol právě ze středoškolských učebnic čerpají své poznatky při přípravě na přijímací řízení.

Konstruktová validita úloh je u přijímacího testu na PřF UK stanovována expertním panelem, který se skládá ze tří tvůrců testů, a dále jedním až dvěma kontrolory. Experti mj. posuzují proveditelnost, čtivost, konzistenci stylu, či jasnost vyjadřování (Taherdoost, 2016).

4.1 Metoda stanovení obtížných úloh

Aby bylo možné zodpovědět první výzkumnou otázku, byla pomocí položkové analýzy úloh stanovena jejich obtížnost. Ta byla vyjádřena jako podíl uchazečů, kteří úspěšně vyřešili danou úlohu, a celkového počtu uchazečů (Chvál et al., 2015). Za **obtížnou úlohu** byla následně považována taková položka, v níž byla úspěšnost uchazečů méně než 30 %. Hranice úspěšnosti 30 % byla zvolena s ohledem na skutečnost, že všechny úlohy byly uzavřenými úlohami, kdy uchazeč volil správnou odpověď z právě čtyř alternativ, z čehož plyne, že pouhým hádáním lze dosáhnout statistické úspěšnosti 25 %.

Aby bylo možné určit, které tematické celky (témata) z organické chemie a biochemie byly pro uchazeče nejvíce náročné, byla každá obtížná úloha následně zařazena do příslušných témat z oblasti organické chemie či biochemie. V případě, že úspěšnost úloh spadajících do daného tematického celku nepřesahuje 30 %, je tento celek označen jako **obtížné téma**. V případě, že úspěšnost alespoň jedné úlohy v daném tematickém celku dosahuje nižší hodnoty než 30 % a zároveň daný tematický celek obsahuje úlohy s průměrnou úspěšností převyšující 30 %, je tento okruh úloh označen jako **potenciálně obtížné téma**. Na zbývající témata lze nahlížet jako témata s adekvátní či nižší obtížností (resp. adekvátní či vyšší úspěšností), jelikož úspěšnost ve všech úlohách převyšovala 30 % dle Šrámka a Teplé (2021b). Pro přehled uvádíme seznam témat níže:

- i) reakce v organické chemii;
- ii) konstituce a izometrie látek;
- iii) klasifikace organických látek;
- iv) kyselost a zásaditost organických látek;
- v) estery glycerolu;
- vi) aromatický charakter látek;
- vii) názvosloví v organické chemii;
- viii) druhy chemické vazby;
- ix) praktické využití organických látek
- x) interpretace výsledků a složení analýzy látky;
- xi) kombinované úlohy;
- xii) enzymy;
- xiii) vzorce v biochemii;
- xiv) biochemické reakce;
- xv) hydrolýza;
- xvi) výpočty v biochemii;
- xvii) peptidová vazba;
- xvii) energie v sacharidech;
- xix) translace.

4.2 Metoda stanovení úloh nedostatečně rozlišujících úspěšné uchazeče od uchazečů neúspěšných

Aby bylo možné zodpovědět druhou výzkumnou otázku, byla u každé úlohy vypočtena její citlivost, která vyjadřuje míru, kterou úloha rozlišuje úspěšné a neúspěšné uchazeče. K vyjádření této míry byly použity koeficienty ULI(1/2) a RIR. Koeficient ULI(1/2) byl vypočten následovně: Uchazeči řešící danou úlohu byli rozděleni na dvě stejné velké skupiny dle celkového skóre dosaženého v daném testu. Pro každou skupinu byl vypočten index obtížnosti dané úlohy. Rozdíl těchto hodnot je následně roven právě koeficientu ULI(1/2) (Chvál et al., 2015). Koeficient RIR byl u každé úlohy určen tak, že byl vypočítán korelační koeficient mezi bodovým ziskem každého uchazeče v dané položce a jeho celkovým počtem v testu bez započtení bodů za danou položku (Chvál et al., 2015).

Pro účely prezentované studie byla úloha považována za **citlivou**, jestliže v případě výpočtu koeficientu ULI(1/2) došlo k naplnění jedné z následujících podmínek: (i) obtížnost úlohy je mezi 0,2 až 0,3 a zároveň hodnota vypočteného koeficientu ULI(1/2) je vyšší nebo rovna 0,15; (ii) obtížnost úlohy je mezi 0,3 až 0,7 a zároveň hodnota vypočteného koeficientu ULI(1/2) je vyšší nebo rovna 0,25 a (iii) obtížnost úlohy je mezi 0,7 až 0,8 a zároveň hodnota vypočteného koeficientu ULI(1/2) je vyšší nebo rovna 0,15 (Chráska, 1999). Při využití koeficientu RIR je za citlivou úlohu považována taková, jejíž hodnota tohoto koeficientu byla alespoň 0,15 s tím, že citlivé úlohy vykazují koeficient RIR vyšší než 0,25 (Varma, 2020). Citlivost byla ve spojitosti s jejich úspěšností odstupňovaná, neboť u úloh s úspěšností do 30 % bývá v literatuře snížen požadavek na koeficienty citlivosti (ULI(1/2) a RIR) s ohledem na jejich zvýšenou náročnost (Chráska, 1999; Varma, 2020).

Úloha byla považována za **necitlivou**, jestliže hodnota obou koeficientů citlivosti (ULI(1/2) a zároveň RIR) byla nedostatečná dle výše uvedených kritérií. Každá úloha, která byla shledána jako necitlivá, byla následně zařazena do tematického celku z oblasti organické chemie a biochemie, aby mohly být predikovány důvody její necitlivosti. V tomto případě byly rovněž posuzovány všechny položky, které svým zaměřením spadaly do daného tematického celku v případě, že daná úloha nebyla v daném tematickém celku jediná.

4.3 Metoda stanovení s obtížností a citlivostí vhodné pro účely přijímacího řízení

Aby bylo možné zodpovědět třetí výzkumnou otázku, byla opět pomocí položkové analýzy úloh stanovena jejich obtížnost a citlivost. Za dostatečně citlivé úlohy s adekvátní obtížností byly označeny úlohy s úspěšností mezi 30 % a 80 % (tedy úlohy ne příliš obtížné, a ne příliš snadné) a zároveň se jedná o úlohy, které na základě definice uvedené v kapitole 4.2 lze označit jako citlivé.

5 Výsledky a diskuze

Kapitola je rozdělena do tří částí. V první části jsou představeny tematické celky obsahující obtížné úlohy, ve druhé části tematické celky obsahující necitlivé úlohy a ve třetí části tematické celky obsahující úlohy s obtížností a citlivostí vhodné pro účely přijímacího řízení. Výsledky studie bohužel nemohou být porovnány se zahraničními zdroji, jelikož Thorat (2019), Sonone et al. (2019) a Desai a Shah (2019) shodně uvádí pouze statistické údaje jednotlivých testových položek, nikoliv však zadání jednotlivých úloh či téma jednotlivých položek.

5.1 Stanovení obtížných úloh

Položková analýza úloh z organické chemie a biochemie odhalila 5 úloh, jejichž úspěšnost byla nižší než 30 %. Tyto úlohy lze přiřadit k následujícím kapitolám:

- i) reakce v organické chemii (2 úlohy);
- ii) konstituce látek a izomerie (1 úloha);
- iii) klasifikace organických látek (1 úloha);
- iv) enzymy (1 úloha).

Jelikož průměrná úspěšnost v jednotlivých tematických celcích převyšuje 30 %, jedná se o potenciálně-problematická témata.

V analyzovaném souboru testových položek bylo celkem 29 úloh zaměřených na **reakce v organické chemii** – dvě z těchto úloh byly obtížné, další dvě úlohy vykazovaly sníženou citlivost. Ve zbývajících 25 úlohách dosahovala úspěšnost i citlivost hodnoty přijatelné pro účely přijímacího řízení. **První obtížná úloha** s úspěšností 22 % se zaměřovala na jodoformovou reakci – výběr dvojice látek, ze kterých vzniká jodoform. Poměrně nízké úspěšnosti 34 % dosahovala i jiná úloha také zaměřená na jodoformovou reakci –

výběr alkoholu, který dává pozitivní jodoformovou reakci. Koefficienty citlivosti ležely na intervalu 0,08 až 0,27, tedy jedna úloha je necitlivá, ve druhém případě je citlivost snižena (omezená). S přihlédnutím k obsahu běžně užívaných učebnic středoškolské chemie doporučujeme úlohy zaměřené na jodoformovou reakci do přijímacích testů nezařazovat. Ve **druhé obtížné úloze** byla úspěšnost 27 % a koefficienty citlivosti 0,20, resp. 0,21 (snižená citlivost). Úloha se zaměřovala na určení produktu slovně zadané reakce halogenderivátu s alkoxidem. Ačkoliv je obdobná reakce uvedena v některých běžných učebnicích středoškolské chemie – např. Vacikovi et al. (1999), doporučujeme analogické reakce do přijímacího řízení nezařazovat, popř. doplnit slovní zadání vzorci, což by mohlo dle Martincové (2001) vést ke snížení obtížnosti úlohy. Vzhledem k vysokému počtu položek s adekvátní úspěšností i citlivostí (25 z 29), nelze tematický celek reakce v organické chemii označit za obtížný. S ohledem na RVP G lze obdobné úlohy přiřadit ke vzdělávacímu obsahu chemická vazba a vlastnosti látek.

Třetí obtížná úloha v rámci analyzovaných testů spadala do tematického celku **konstituce látek a izomerie**. Úloha se zaměřuje na určení počtu konstitučních izomerů k dané látce. Úspěšnost v úloze činila 29 %, citlivost byla dostatečná ($ULI(1/2) = 0,21$, $RIR = 0,15$). Analyzované testy obsahovaly 3 obdobné úlohy, jejichž úspěšnost byla nejvýše 45 %, a tudíž je tento typ úlohy pro uchazeče náročný. Další typy úloh (výběr vzorce jednoznačně určující konstituci látky; výběr dvojic konstitučních izomerů, výběr vlastnosti pouze jednoho z izomerů, nalezení chirálního uhlíku) jsou přiměřeně obtížné (31 %–76 %) a citlivé (0,17–0,47). Nejvyšší úspěšnost byla zaznamenána u úloh s výběrem vzorce jednoznačně určujícího konstituci látky (71 %, resp. 76 %), ve zbývajících úlohách byla úspěšnost nejvýše 47 %. Obecně lze považovat většinu úloh zaměřujících se na izomerii jako spíše náročné, avšak citlivé. Výrazně vyšší úspěšnost (avšak stále vysokou citlivost) mají úlohy zaměřené na výběr jednoznačné konstituce látek. Z dříve uskutečněných výzkumů zmiňuje izomerii Martincová (2001), která dané téma obecně označuje jako náročné, což se liší od závěrů výzkumu Tvarohové (2016). Výzkum Tvarohové (2016) uvádí, že nalezení chirálního uhlíku či rozhodnutí o chiralitě látky nečiní žákům obtíže stejně jako konformační izomerie. Přibližně 13 % dotázaných vyučujících uvedlo, že určení *cis/trans* izomerů je pro žáky středních škol náročné. Běžné středoškolské učebnice uvádí dané téma a vzhledem k RVP G lze obdobné úlohy přiřadit k následujícím okruhům učiva: (i) uhlovodíky a jejich klasifikace a (ii) deriváty uhlovodíků a jejich klasifikace. Na základě uvedených informací lze doporučit obdobné úlohy do přijímacího řízení.

Čtvrtá obtížná úloha je zaměřena na **klasifikaci organických látek**. Úloha zaměřena na klasifikaci nitroglycerátu vykazovala úspěšnost těsně pod hranici 30 %, zato však velmi dobrou citlivost – $ULI(1/2) = 0,26$; $RIR = 0,25$. V rámci tematického celku se jednalo o jedinou úlohu, která byla zadána slovně (bez využití vzorců), což mohlo snižovat úspěšnost v této úloze. Úspěšnost v dalších třech obdobných úlohách dosahovala 64 % až 91 %. Na základě obdržovaných dat lze potvrdit tvrzení Martincové (2001), která uvádí, že úspěšnost úlohy závisí na konkrétním zadání, což odpovídá závěrům naší práce. V obecné rovině lze všechny úlohy z tohoto okruhu považovat za vhodné – úspěšnost v úloze je možné zvýšit uvedením vzorců (namísto názvů) konkrétních látek. Ve vztahu k RVP G lze tyto úlohy zařadit k okruhu deriváty uhlovodíků a jejich klasifikace.

Pátá obtížná úloha se spolu s dalšími 7 položkami zaměřuje na **enzymy**, konkrétně na zařazení dané reakce do příslušné třídy či skupiny enzymů. Úkolem uchazečů v obtížné úloze bylo rozhodnout, který ze čtyř nabízených procesů katalyzují enzymy glykosidasy. Úspěšnost v položce dosahovala 28 %, koefficienty citlivosti rovněž poukazyvaly na omezenou citlivost – $ULI(1/2) = 0,19$, $RIR = 0,15$. Domníváme se, že nízkou úspěšnost i citlivost položky mohl způsobit nevhodný distraktor – „*syntézu glykosidů*“, který byl zvolen 59 % uchazeči. Je možné se domnívat, že se jedná o chybné použití vylučovací metody, kdy alternativa „*syntézu glykogenu*“ je vyloučena, neboť nevzniká sacharid. Zároveň jsou další dvě alternativy vyloučeny („*hydrolýza sacharidů*“ a „*izomerace glykosidů*“), neboť uchazeči chybně předpokládají, že by název enzymu musel obsahovat slovo „*izomeráza*“, resp. „*hydroláza*“, což nabízené odpovědi neobsahovaly, a tudíž chybnou aplikací vylučovací metody došly k odpovědi „*syntézu glykosidů*“, která byla volena častěji horní polovinou uchazečů než dolní (dle jejich celkové úspěšnosti v testu), což poukazuje na nutnost náhrady tohoto distraktoru. Ačkoliv Martincová (2001) uvádí obdobné úlohy jako úlohy s nízkou úspěšností, byla tato vlastnost prokázána pouze u jedné z osmi úloh. Většinu úloh však lze doporučit k dalšímu použití v přijímacím řízení. Ve vztahu k RVP G lze uvedené úlohy přiřadit k okruhu učiva enzymy, vitamíny a hormony.

5.2 Stanovení úloh s nedostatečnou citlivostí

Analýza úloh odhalila celkem 10 necitlivých položek, popř. položek se sníženou citlivostí. Tyto úlohy byly přiřazeny do následujících tematických celků:

- i) reakce v organické chemii (1 úloha);
- ii) kyselost a zásaditost organických látek (1 úloha);
- iii) estery glycerolu (1 úloha)

- iv) vzorce v biochemii (1 úloha);
- v) biochemické reakce (2 úlohy);
- vi) hydrolýza (1 úloha);
- vii) výpočty v biochemii (3 úlohy).

Vzhledem ke skutečnosti, že první téma bylo diskutováno v části 5.1, věnujeme se v této kapitole zbývajícím 6 tématům obsahující necitlivé položky. Druhý tematický celek **kyselost a zásaditost organických látek** obsahuje 4 úlohy, z nichž 2 byly necitlivé. Úspěšnost v této úloze činila 33 % a koeficienty citlivosti nabývaly dokonce záporných hodnot. V úloze měli uchazeči vybrat z nabídky 4 látek (zadaných názvem, nikoliv vzorcem) sloučeninu, která je nejsilnější zásadou. Úloha obsahovala jeden nevhodný distraktor – „*diethylamin*“. Domníváme se, že část uchazečů byla zmatena skutečností, že ve správné odpovědi „*triethylamin*“ není žádný vodík přímo vázán na dusík, a tudíž část uchazečů neuvažovala bazicitu volného elektronového páru na atomu dusíku. Tuto úlohu by bylo vhodné pro případné další využití upravit. Jednou z možných úprav může být nahrazení názvů sloučenin vzorcem, což by mohlo snížit náročnost této úlohy, neboť zkoumaná vlastnost může být odvozena na základě struktury látky. Citlivost i náročnost jednotlivých položek spadajících do tohoto tematického celku může být ovlivněna i skutečností, že při řešení úloh je nutné využít rovněž poznatky z obecné chemie, jak uvádí zahraniční studie, např. Ealy (2018) a Nedungadi et al. (2019). Přitom právě elektronová konfigurace je potenciálně problematickým tématem (Šrámek & Teplá, 2021a), a tudíž např. již určení počtu volných elektronových párů částice může část uchazečů činit problémy. Z tohoto důvodu úlohy navazující na tyto poznatky rovněž vykazují nízkou úspěšnost. Dle závěrů Martinové (2001) lze usuzovat, že úspěšnost v řešení uvedené položky může být snížena jednak vysokým počtem kroků nutných k vyřešení dané úlohy, jednak nepochopením základních pojmů užívaných ve spojitosti s chemickou vazbou – např. volný elektronový pár. Autorka rovněž poukazuje na zvýšení úspěšnosti úloh, pokud jsou v zadání uvedeny vzorce (oproti slovnímu zadání). Na závěry Martinové (2001) navázala Tvarohová (2016), která uvádí kyselost a hydrolýzu organických látek za problematické téma. Na základě dat a závěrů dřívějších studií lze doporučit, aby součástí zadání byly i vzorce látek, což může vést ke zvýšení úspěšnosti v položkách a zvýšení jejich citlivosti. S ohledem k RVP G lze obdobné úlohy přiřadit k okruhu učiva chemická vazba a vlastnosti látek.

Třetí tematický celek **estery glycerolu** obsahoval dvě úlohy se shodným kmenem, avšak různým pořadím nabízených alternativ. Úkolem uchazeče bylo vybrat společnou vlastnost dvou látek zadaných vzorcem. V případě zařazení úlohy jako 22. položku (z celkové 30) dosahovaly koeficienty citlivosti nedostatečných hodnot (ULI(1/2) = 0,17; RIR = 0,11), zatímco v případě zařazení úlohy do testu jako úlohu č. 7 byly hodnoty koeficientů citlivosti vyhodnoceny jako velmi vysoké (ULI(1/2) = 0,34; RIR = 0,32). Domníváme se, že pořadí položky v testu spolu s pořadím nabízených alternativ ovlivňovalo vlastnosti úlohy, avšak v rámci analyzovaných testů nebyla závislost úspěšnosti či citlivosti na pořadí položky v testu potvrzena. Tento závěr je v rozporu se výstupy Martinové (2001), která naopak tuto závislost potvrdila. Ve vztahu k RVP G lze tuto úlohu a její variace přiřadit k okruhu učiva chemická vazba a vlastnosti látek a s ohledem na zjištěné parametry úloh lze tyto úlohy doporučit pro přijímací řízení.

Čtvrtý tematický celek **vzorce v biochemii** obsahující necitlivé položky je tvořen 5 úlohami zaměřujícími se na pojmenování biomolekuly, z nichž pouze jedna položka byla necitlivá. Úkolem uchazeče bylo pojmenovat vzorec molekuly adenosinmonofosfátu. Ačkoliv byla úspěšnost v úloze 79 %, citlivost položky byla nedostatečná (0,06, resp. 0,08). Úloha obsahovala jeden nevhodný distraktor „*dAMP*“. Příčinou nevhodnosti distraktoru může být skutečnost, že někteří uchazeči se na střední škole se zkratkou *dAMP* nesetkali a tudíž neví, co znamená ve zkratce písmeno „*d*“. Dalším možným vysvětlením je, že nevhodný distraktor byl jedinou alternativou uvedenou pouze zkratkou, nikoliv celým názvem, a proto jej uchazeči zvolili. Na základě analyzovaných úloh lze obdobné úlohy doporučit k přijímacímu řízení, avšak s pouze využitím biosloučenin a jejich označením vyskytujícími se v běžných středoškolských učebnicích. Ve vztahu k RVP G lze obdobné úlohy přiřadit k okruhu učiva nukleové kyseliny.

Pátý tematický celek **biochemické reakce** obsahující necitlivé položky je tvořen 6 úlohami zaměřujícími se na pojmenování reaktantů a produktů biochemické reakce zadané pomocí chemické rovnice. Jako necitlivé byly označeny dvě úlohy s totožným kmenem, ale různým pořadím nabízených alternativ (koeficienty citlivosti se pohybují na intervalu 0,07 až 0,22). Úloha se zaměřuje na redukci pyruvátu za současné oxidace koenzymu $\text{NADH} + \text{H}^+$. Jeden z nabízených distraktorů (redukce vodíkem za vzniku kyseliny propanové) byl neatraktivní a lze předpokládat, že uchazeči tuto alternativu nevybírali proto, že by následně nemohl být vyrovnán počet atomů kyslíku na obou stranách chemické rovnice. Dále lze uvažovat i další potenciální faktory (např. neznalost vzorce laktátu, neznalost či nezvyk iontového zápisu rovnic), které mohly snížit citlivost úlohy. Martinová (2001) uvádí, že biochemické reakce s redoxními koenzymy $\text{NAD}/\text{NADH} + \text{H}^+$ jsou pro uchazeče všeobecně náročné. Martinová (2001) dále poukazuje na skutečnost, že úlohy zaměřené na iontový zápis chemické reakce vykazují vyšší obtížnost oproti úlohám s chemickými rovnicemi, ve kterých nevystupují ionty. Na základě analýzy uvedených šesti úloh

lze doporučit tento typ úloh do přijímacího řízení za následujících předpokladů: (i) úloha se nezaměřuje na chemickou rovnici, ve které vystupují ionty a zároveň (ii) nelze pouhým „počítáním částic“ vyloučit některou z nabízených alternativ jako tomu bylo v případě zmíněného neatraktivního distraktoru. Ve vztahu k RVP G lze obdobné úlohy řadit do okruhu učiva chemická vazba a vlastnosti látek.

Šestý tematický celek **hydrolyza** zaměřený na hydrolyzu biomolekul (lipidů, proteinů) obsahuje jednu necitlivou úlohu a jednu úlohu se sníženou citlivostí. První úloha se zaměřuje na produkty hydrolyzy „běžných proteinů“. Úspěšnost v úloze je 43 %, oba koeficienty citlivosti dosahují záporných hodnot. K záporným hodnotám koeficientů citlivosti může přispívat jednak užití záporu ve kmenu úlohy (vybíráme látku, která nemůže být produktem reakce), jednak nejasný pojem „běžný protein“. Druhá úloha se zaměřovala na alkalickou hydrolyzu triacylglycerolů, i v této položce byla citlivost snižena – $ULI(1/2) = 0,23$; $RIR = 0,23$. S ohledem na vlastnosti obou položek nelze doporučit obdobné úlohy do přijímacího řízení. Ačkoliv v rámci organické chemie označila Tvarohová (2016) hydrolyzu organických látek za problematické téma, tj. pro žáky za obtížné téma, obdobné tvrzení v rámci biochemie nebylo v našem šetření prokázáno. Ve vztahu k RVP G lze obě úlohy přiřadit k okruhu učiva chemická vazba a vlastnosti látek.

Šedý tematický celek **výpočty v biochemii** obsahuje celkem 7 úloh vykazujících úspěšnost mezi 33 % a 68 %. Analyzované úlohy tohoto tematického celku lze rozdělit do čtyř dílčích skupin dle dovedností, na které úlohy cílí:

- i) výpočet počtu aminokyselin kódovaných z DNA/RNA na základě molární hmotnosti nukleotidu (1 necitlivá úloha);
- ii) výpočet počtu nukleotidů kódující daný počet aminokyselin (1 necitlivá úloha);
- iii) výpočet počtu nábojů v určitém úseku DNA (1 necitlivá úloha);
- iv) výpočet počtu cukerných bází v určitém úseku DNA.

První skupina úloh obsahuje dvě úlohy, ve kterých se úspěšnost značně liší – 33 % a 68 %. Úkolem uchazeče je určit počet aminokyselin kódovaný určitou sekvencí DNA, resp. RNA. V případě sekvence DNA je postup při řešení první úlohy je o jeden krok náročnější – je nutné si uvědomit, že DNA je dvouvláknová (lze předpokládat, že tuto skutečnost uchazeči znají, ale při řešení úlohy si neuvědomí, že je zapotřebí tento fakt zapracovat). Následuje v obou úlohách stejný postup. V první úloze je úspěšnost 33 % a úloha je necitlivá – $ULI(1/2) = 0,18$; $RIR = 0,14$, ve druhé úloze je úspěšnost 68 % a koeficienty citlivosti nabývají postačujících hodnot – $ULI(1/2) = 0,24$; $RIR = 0,17$, tedy se jedná o úlohu se sníženou citlivostí. Lze předpokládat, že snížení počtu kroků potřebných k úspěšnému vyřešení úlohy vedlo ke zvýšení její úspěšnosti, avšak citlivost položky je stále poměrně nízká.

Druhá skupina úloh zaměřená na výpočet počtu nukleotidů kódující daný počet aminokyselin obsahovala dvě úlohy s rozdílnou úspěšností i citlivostí. Úspěšnost v první úloze byla 55 % a koeficienty citlivosti dosahovaly hodnot 0,24, resp. 0,17, ve druhé úloze byla úspěšnost 74 %, citlivost 0,17, resp. 0,08. Z porovnání dat z těchto dvou úloh lze usuzovat, že část uchazečů si není jistá, zda poměr počtu bází RNA ku počtu kódovaných aminokyselin je roven poměru 3 : 1 či převrácenému poměru 1 : 3. Této domněnce odpovídá i rozložení volby jednotlivých distraktorů v daných položce – poměr 3 : 1 byl zvolen 55 % uchazečů, převrácený poměr ve 25 % případů. Jelikož v druhé uvedené úloze není uvedena odpověď odpovídající převrácenému poměru, je možné snadněji dedukovat správnou odpověď, což vede ke zvýšení úspěšnosti a snížení citlivosti úlohy. Naše domněnka může být podpořena i skutečností, že ve druhé úloze byl jeden distraktor vyhodnocen jako neatraktivní, jelikož poměr počtu bází RNA ku počtu kódovaných aminokyselin by odpovídal 9 : 1, což uchazeči povětšinou vyloučili.

Třetí skupina úloh obsahovala jednu necitlivou úlohu, ve které úspěšnost činila 46 %; $ULI(1/2) = 0,19$; $RIR = 0,14$. V analyzovaných testech byla další úloha, která se shodovala ve kmenu, avšak lišila v pořadí distraktorů. Úspěšnost v této úloze byla nepatrně nižší (43 %), avšak citlivost byla dostačující – $ULI(1/2) = 0,33$; $RIR = 0,27$. Domníváme se, že pořadí položky v testu spolu s pořadím nabízených alternativ ovlivňovalo vlastnosti úlohy, avšak jak již bylo zmíněno, v rámci analyzovaných testů nebyla závislost úspěšnosti či citlivosti na pořadí položky v testu potvrzena.

Čtvrtá skupina úloh obsahovala jednu úlohu s adekvátní obtížností i citlivostí.

Problematiku výpočtů v biochemii zmiňuje jak Štefanová (2007), která obdobné úlohy vyhodnotila jako obtížné, tak Jedličková (2007), která poukazuje na obdobné úlohy jako na úlohy s nízkou citlivostí. Vzhledem ke skutečnosti, že 3 ze 7 úloh byly necitlivé a další 2 úlohy vykazovaly sníženou citlivost, je nutné před zařazením těchto úloh zvážit přínos těchto položek k obsahové validitě testu, jelikož většina analyzovaných položek nebyla s ohledem na jejich citlivost vhodná pro účely přijímacího řízení. Vzhledem k RVP G lze obdobné úlohy přiřadit k okruhu učiva veličiny a výpočty v chemii.

5.3 Úlohy s obtížností a citlivostí vhodné pro účely přijímacího řízení

Vzhledem k tomu, že předchozí podkapitoly se zaměřily především na analýzu velmi obtížných či necitlivých úloh, v této podkapitole jsou představeny úlohy, které naopak vykazovaly adekvátní úspěšnost

a zároveň přijatelnou citlivost, tedy položky vhodné pro účely přijímacího řízení. Celkem bylo vytyčeno 17 tematických celků, ke kterým identifikované úlohy náležely. V kapitolách 5.1 a 5.2 již byly představeny: (i) reakce v organické chemii; (ii) konstituce látek a izomerie; (iii) klasifikace organických látek; (iv) enzymy; (v) kyselost a zásaditost organických látek; (vi) estery glycerolu; (vii) vzorce v biochemii a (viii) biochemické reakce. Mezi zatím nezmíněné tematické okruhy obsahující položky s dostatečnou citlivostí a úspěšností patřily: (i) aromatický charakter látek; (ii) názvosloví; (iii) druhy chemické vazby; (iv) praktické využití organických látek; (v) kombinované úlohy; (vi) peptidová vazba; (vii) energie v sacharidech; (viii) translace a (ix) interpretace výsledků analýzy složení látky.

V následujícím textu jsou uvedena zbývající, dosud nepředstavená, témata z organické chemie a biochemie.

První tematický celek **aromatický charakter látek** obsahovala dvě úlohy. Úkolem uchazeče bylo vybrat výčet látek uvedených vzorci obsahující, resp. neobsahující, aromatické látky. Úspěšnost dosahovala 85 %, resp. 90 % a přesto se koeficienty citlivosti pohybovaly v intervalu 0,18 až 0,37, tedy uspokojivých až velmi dobrých hodnot. Navzdory velmi vysoké úspěšnosti (a tím omezené citlivosti) lze tyto úlohy i ve stávající podobě doporučit pro účely přijímacího řízení. Pro optimalizaci vlastností úlohy (zvýšení obtížnosti a citlivosti) by bylo vhodné vynechat z výčtu nabízených látek triviální sloučeniny (např. benzen, naftalen, ...), o jejichž aromatickém charakteru je potřeba rozhodnout. Ve vztahu k RVP G lze tyto úlohy zařadit k následujícím okruhům učiva: (i) uhlovodíky a jejich klasifikace a (ii) deriváty uhlovodíků a jejich klasifikace.

Druhý tematický celek **názvosloví** obsahoval 3 úlohy. Analyzované testy obsahovaly celkem tři úlohy zaměřené na názvosloví. Úspěšnost jednotlivých položek byla 52 %, resp. 79 %, resp. 83 %, koeficienty citlivosti se pohybovaly na intervalu 0,21 až 0,38, tedy dosahovaly uspokojivých až velmi dobrých hodnot. Položka s nejnižší úspěšností vykazovala i nejmenší citlivost ($ULI(1/2) = 0,22$; $RIR = 0,21$). Tato úloha se zaměřovala na pojmenování rozvětveného uhlovodíku, který obsahuje zároveň dvojnou i trojnou vazbu. Lze se pouze domnívat, že část uchazečů (z horní i dolní poloviny uchazečů rozdělených dle celkového skóre v testu) nezná postup pro číslování hlavního řetězce v případě současného výskytu dvojnou a trojnou vazby mezi uhlíky. Tuto domněnku podporuje i skutečnost, že téměř 70 % uchazečů, kteří nevyřešili danou úlohu, volilo odpověď „2-methylpent-2-en-4-yn“. Lze se domnívat, že obdobné úlohy nejsou v rámci středoškolského studia chemie dostatečně vysvětleny, jelikož např. v učebnici od Honzy a Marečka (2005a) je k této problematice uvedeno pouze následující pravidlo: „Pokud se v molekule uhlovodíku nacházejí vazby dvojnou a trojnou, snažíme se hlavní řetězec očíslovat tak, aby atomy uhlíku, ze kterých vycházejí vazby dvojnou, měly co nejnižší pořadová čísla.“ Na základě tohoto pravidla je však uchazeč naveden na chybnou odpověď. S ohledem na obsah středoškolských učebnic nedoporučujeme zařazovat do přijímacího řízení úlohy zaměřené na pojmenování uhlovodíků, v jejichž molekule se současně vyskytuje dvojná i trojná vazba. Belháčová (2009) uvádí úlohy zaměřené na názvosloví v organické chemii jako příklad úloh s vysokou úspěšností, ačkoliv ve výzkumu Tvarohové (2016) více než čtvrtina pedagogů označila názvosloví jako náročné téma pro žáky střední školy. Názvosloví je věnován prostor v běžných středoškolských učebnicích a ve vztahu k RVP G lze obdobné úlohy zařadit k následujícím okruhům učiva: (i) uhlovodíky a jejich klasifikace a (ii) deriváty uhlovodíků a jejich klasifikace, a proto je vhodné zařazovat obdobné úlohy do přijímacího řízení.

Třetí tematický celek **druhy chemické vazby** obsahoval tři úlohy. Úspěšnost se pohybovala mezi 68 % a 80 %, koeficienty citlivosti dosahovaly hodnot 0,30 až 0,45. Ve dvou úlohách je úkolem uchazeče určit počet chemických vazeb π a σ v molekule, v poslední úloze bylo úkolem uchazeče vybrat, která kombinace chemických vazeb ze 7 uvedených (např. $C=O$; $H-O$; $C=Br$, ...) se v organických látkách vyskytuje. Zde je však nezbytné upozornit, že kmen úlohy obsahuje redundantní části, jelikož např. „ $C=Br$ “ se nevyskytuje v žádné z nabízených odpovědí, a proto by bylo vhodné kmen, resp. nabízené alternativy, upravit. Úlohy zaměřené na chemickou vazbu vykazují dle Martinové (2001) různorodou obtížnost a dle Nedungadi et al. (2019) je schopnost úspěšného řešení obdobných úloh předpokladem pro řešení náročnějších úloh v organické chemii. Ve vztahu k RVP G lze úlohy přiřadit k okruhu učiva chemická vazba a vlastnosti látek.

Čtvrtý tematický celek **praktické využití organických látek** obsahoval pouze jednu úlohu, ve které uchazeč přiřazoval sloučeninám jejich praktické využití: sváření kovů, plasty, léčiva či motorismus. Úspěšnost v úloze činila 82 %, citlivost byla přijatelná – $ULI(1/2) = 0,17$; $RIR = 0,20$. Vzhledem ke skutečnosti, že úloha obsahovala 2 neatraktivní (málo volené) distraktory, bylo by vhodné je pro zvýšení citlivosti položky nahradit atraktivnějšími distraktory vedoucí k optimalizaci vlastností úlohy (zvýšení obtížnosti a citlivosti). Ve vztahu k RVP G lze úlohy přiřadit k okruhu učiva chemická vazba a vlastnosti látek.

Pátý tematický celek **kombinované úlohy** obsahoval 7 úloh propojující různé poznatky z organické chemie. Důraz byl kladen např. na izomerii, reaktivitu, oxidační čísla, acidobazický charakter látek a druhy vazeb. Ve všech úlohách bylo úkolem vybrat pravdivá, resp. nepravdivá, tvrzení. Úspěšnost v jednotlivých

úlohách se pohybuje mezi 51 % a 79 %, koeficienty citlivosti se pohybují na intervalu 0,19 až 0,38, ve většině případů dosahují velmi dobrých hodnot. Lze se domnívat, že úspěšnost uchazečů v řešení úlohy nejvíce souvisí s jejím konkrétním zadáním. Bylo prokázáno, že položky s nižší citlivostí obsahovaly nevhodný distraktor, popř. dva distraktory, které volilo pouze velmi malé množství uchazečů (méně než 5 %). V obecné rovině tak lze doporučit zařazování obdobných úloh do přijímacího řízení. Ve vztahu k RVP G lze přiřadit úlohy k některým z následujících okruhů učiva: (i) uhlovodíky a jejich klasifikace; (ii) deriváty uhlovodíků a jejich klasifikace; (iii) chemická vazba a vlastnosti látek a (iv) p-prvky a jejich sloučeniny.

Šestý tematický celek **peptidová vazba** obsahoval pouze 2 úlohy zaměřující se na výběr pravdivého tvrzení o peptidové vazbě. Úspěšnost v těchto úlohách byla 34 %, resp. 42 %, koeficienty úspěšnosti se pohybovaly na intervalu 0,32 až 0,41, což svědčí o vysoké citlivosti. Ve vztahu k RVP G lze přiřadit tyto úlohy k následujícím okruhům učiva: (i) chemická vazba a vlastnosti látek a (ii) proteiny.

Šedý tematický celek **energie v sacharidech** obsahoval pouze čtyři úlohy. Úkolem uchazeče bylo porovnat množství energie, které je obsaženo v molekulách jednotlivých sacharidů. Úspěšnost v jednotlivých úlohách se pohybovala mezi 44 % a 66 %. Koeficienty citlivosti se s výjimkou jedné úlohy pohybovaly na intervalu 0,24 až 0,45, tedy se jedná o velmi citlivé úlohy. Snížená citlivost ($ULI(1/2) = 0,27$; $RIR = 0,18$) i úspěšnost jedné z položek může být částečně způsobena tím, že se jednalo o předposlední položku testu. Obecně lze na základě dat z analyzovaných položek doporučit tyto úlohy pro účely přijímacího řízení. Ve vztahu k RVP G lze tyto úlohy přiřadit k okruhům učiva: (i) sacharidy a (ii) chemické reakce a vlastnosti látek.

Osmý tematický celek **translace** obsahoval pouze jednu úlohu, ve které uchazeč určoval, mezi kterými molekulami v průběhu translace vzniká vodíková vazba. Úspěšnost v úloze činila 39 %, $ULI(1/2) = 0,16$; $RIR = 0,15$. Jedná se tedy o úlohu s omezenou citlivostí. Úloha rovněž obsahuje nevhodný distraktor („DNA a RNA“), který by bylo vhodné před případným dalším použitím úlohy nahradit. Ve vztahu k RVP G lze tyto úlohy přiřadit k okruhům učiva: (i) nukleové kyseliny a (ii) chemické reakce a vlastnosti látek.

Devátý tematický celek **interpretace výsledků analýzy složení látky** obsahoval pouze jednu úlohu (uchazeč na základě procentuálního výskytu prvků má určit, o jaký druh biomolekuly se jedná). Úspěšnost v této úloze byla 62 % a koeficienty citlivosti (0,41, resp. 0,39) byly velmi vysoké a tedy obdobné úlohy lze doporučit pro účely přijímacího řízení. Ve vztahu k RVP G lze přiřadit tuto úlohu k následujícím okruhům: (i) soustavy látek a jejich složení, (ii) veličiny a výpočty v chemii a (iii) k učivu biochemie uvedenému v RVP G.

6 Limity výzkumu

V článku prezentované závěry nelze zobecnit na širší populaci uchazečů o studium, ať už českých či dokonce zahraničních vysokých škol.

Necitlivost úlohy je vlastnost úlohy (znění zadání, volba distraktorů) jako celku nikoliv vlastnost celého tématu. Nicméně přiřazení necitlivé úlohy do tematického celku a porovnání s ostatními úlohami spadající do tohoto celku umožnilo předpokládat možné důvody, proč byla položka vyhodnocena jako necitlivá.

Podrobnější komparaci zjištěného závěru se závěry studií uvedených v teoretické části uvedených studií nebylo možné provést vzhledem k malému průniku analyzovaných témat z organické chemie a biochemie. V teoretické části uvedené studie se vždy zabývaly pouze dílčí částí námi analyzovaných tematických celků.

7 Závěr

V rámci položkové analýzy oborových testů z chemie použitých v letech 2016 až 2019 v rámci přijímacího řízení na PŘF UK byl výzkum rozdělen na tři části – (i) obecná chemie, (ii) anorganická chemie a (iii) organická chemie a biochemie. Tento článek představuje výsledky dílčí studie zaměřené na třetí zmíněnou oblast. V oblasti organické chemie a biochemie byly odhaleny čtyři tematické celky, které obsahovaly úlohy obtížné pro uchazeče o studium chemie na PŘF UK – reakce v organické chemii (jodoformová reakce, reakce s alkoxidy), konstituce látek a izomerie (určení počtu konstitučních izomerů k dané látce), klasifikace organických látek (nitroglycerát) a enzymy (glykosidasy). Na obtížnost tématu některých úloh již upozorňovaly dříve realizované studie (Martincová, 2001; Tvarohová, 2016) a s ohledem na přetrvávající vysokou obtížnost v těchto oblastech doporučujeme těmto úsekům věnovat při přípravě budoucích studentů chemicky zaměřených studijních programů zvýšenou pozornost v rámci studia na vysoké škole.

V dalším kroku položkové analýzy byly identifikovány dva tematické celky obsahující necitlivé úlohy (kyselost a zásaditost a hydrolýza). Necitlivost úlohy často souvisela s vysokým počtem kroků nutných k jejímu úspěšnému vyřešení či nejasným zadáním, které vzniklo např. použitím nedefinovaného pojmu „běžný protein“. Dále je třeba pečlivě zvažovat zařazování úloh spadajících do témat: (i) názvosloví v organické chemii, (ii) vzorce v biochemii; (iii) biochemické reakce a (iv) výpočty v biochemii, jelikož analýza úloh a učebních textů prokázala krom vysokého počtu kroků nutných k vyřešení úlohy i na nepřesnosti v učebních textech vedoucích uchazeče k chybným odpovědím, což snižuje citlivost položek.

Jelikož necitlivé položky neumožňují odlišit úspěšné uchazeče od uchazečů neúspěšných, je možné nahlížet na v článku zmíněné necitlivé úlohy jako na nevhodné pro přijímací řízení, vyjma úloh s motivační funkcí (tedy necitlivých úloh s vysokou úspěšností). Úlohy se sníženou citlivostí přispívají ke vhodnému výběru uchazečů jen omezenou měrou, a proto je vhodné zvážit jejich zařazení i s ohledem na obsahovou validitu testu.

V neposlední řadě položková analýza odhalila sedmáct tematických celků z oblasti organické chemie a biochemie, které obsahovaly úlohy s adekvátní náročností a taktéž citlivostí, ačkoliv Martincová (2001) a 13 % pedagogů v průzkumu Tvarohové (2016) považuje jedno z témat **konstituce látek a izomerie** jako příklad náročného tématu.

Výše uvedené závěry mohou být reflektovány nejen v úpravě přijímacího řízení na vysoké školy, ale i v obsahu přípravných kurzů k přijímacím zkouškám, případně i obsahu povinných předmětů na vysoké škole.

Acknowledgment

Tvorba příspěvku byla podpořena grantovým programem Univerzitní výzkumná centra UK č. UNCE/HUM/024 a projektem Progres Q17.

Literatura

- Adesope, O. O., Trevisan, A. D., & Sundararajan, N. (2017). Rethinking the use of tests: A meta-analysis of practice testing. *Review of Educational Research*, 87(3), 659–701. <https://doi.org/10.3102/0034654316689306>
- American Educational Research Association. (2014). *Standards for educational and psychological testing: AERA, APA & NCME*. Washington: American Educational Research Association. IX. 230 p.
- Benešová, M., & Satrapová, H. (2002). *Odmaturuj z chemie*. 1. vydání. Didaktis spol. s r. o.
- Belháčová, Z. (2009). *Přijímací zkoušky na vysoké školy a nová maturita z chemie*. [Diplomová práce, Univerzita Karlova]. Repozitář Univerzity Karlovy. <https://dspace.cuni.cz/handle/20.500.11956/22792>
- Berger, S. J. (2012). The rise and demise of the SAT: The University of California. *American Educational History*, 39(1), 165–180.
- Brown, H. D. (2003). *Language assessment: principles and classroom practices*. 1st ed. Pearson/Longman.
- Cowan, N. (2001). The magical number 4 in short-term memory: A reconsideration of mental storage capacity. *Behavioral and Brain Sciences*, 24(1), 87–185. <https://doi.org/10.1017/S0140525X01003922>
- Číperová, J., Klímová, H., & Číperová, M. (1985). Ovlivňování složitosti úloh. *Pedagogika*, (26), 563–574.
- Desai, J., & Shah, V. (2019). Item analysis of biochemistry multiple choice questions – A retrospective study and scope in improvement and method of assessment of MBBS students. *International Journal of Clinical Biochemistry and Research*, 6(3), 330–335. <https://doi.org/10.18231/j.ijcbr.2019.072>
- Driessen, E., Tartwijk, J. V., Van Der Vleuten, C., & Wass, V. (2007). Portfolios in medical education: Why do they meet with mixed success? A systematic review. *Medical Education*, 41(12), 1224–1233. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2923.2007.02944.x>
- Ealy, J. (2018). Analysis of students' missed organic chemistry quiz questions that stress the importance of prior general chemistry knowledge. *Education Sciences*, 8(2), 42–53. <https://doi.org/10.3390/educsci8020042>
- Huvarová, M. (2010). *Nejpoužívanější středoškolské učebnice chemie na gymnáziích*. [Bakalářská práce, Univerzita Palackého v Olomouci]. Archiv Univerzity Palackého. <https://theses.cz/id/bmn3n5/>
- Chráška, M. (1999). *Didaktické testy*. Paido.
- Chvál, M., Procházková, I., & Straková, J. (2015). *Hodnocení výsledků vzdělávání didaktickými testy*. TISKÁRNA BÍLÝ SLON s. r. o.
- Jedličková, A. (2007). *Přijímací zkoušky z chemie – analýza a tvorba úloh*. [Diplomová práce, Univerzita Karlova]. Repozitář Univerzity Karlovy. <https://dspace.cuni.cz/handle/20.500.11956/93513>

- Martincová, J. (2001). *Souhrnná analýza úloh přijímacích testů z chemie na Přírodovědeckou fakultu UK z let 1995, 1996, 1998 a 2000*. [Disertační práce, Univerzita Karlova]. Přírodovědecká Fakulta UK.
- Mareček, A., & Honza, J. (2005a). *Chemie pro čtyřletá gymnázia 2. díl*. (3.vydání) Nakladatelství Olomouc s. r. o.
- Mareček, A., & Honza, J. (2005b). *Chemie pro čtyřletá gymnázia 3. díl*. (3. vydání) Nakladatelství Olomouc s. r. o.
- Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63(2), 81–97. <https://doi.org/10.1037/h0043158>
- MŠMT ČR. (2007). *Rámcový vzdělávací program pro gymnázia: RVP G*. Výzkumný ústav pedagogický v Praze.
- Nedungadi, S., Paek, S. H., & Brown, C. E. (2019). Utilizing Rasch analysis to establish the psychometric properties of a concept inventory on concepts important for developing proficiency in organic reaction mechanisms. *Chemistry Teacher International*, 2(2), 20190004. <https://doi.org/10.1515/cti-2019-0004>
- Pikálková, S., Vojtěch, J., & Kleňha, D. (2014). *Úspěšnost absolventů středních škol ve vysokoškolském studiu, předčasné odchody ze vzdělávání*. Národní ústav pro vzdělávání.
- PřF UK (Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy). (2021). *Fakulta / Uchazeči o studium / Podmínky přijímacího řízení k bakalářskému studiu na Přírodovědecké fakultě pro akademický rok 2021/2022*. <https://www.natur.cuni.cz/fakulta/uchazeci/podminky-prijimaciho-rizeni-k-bakalarskemu-studiu-na-prirodovedecke-fakulte-pro-akademicky-rok-2021-2022>
- Ross, K. (2016). *Factors influencing the academic success of first-year of chemistry at an agricultural training institution*. [Diplomová práce, Univerzita Stellenbosch]. Repozitář Univerzity Stellenbosch. <http://scholar.sun.ac.za/handle/10019.1/98385>
- Rubešová, J. (2009). Souvisí úspěšnost studia na vysoké škole se středoškolským prospěchem? *Pedagogická orientace*, 19(3), 89–103.
- Sonone, K., Rai, P. S. K., & Ingale, P. (2019). Item Analysis of MCQS in Biochemistry – to Increase MCQ Validity. *International Journal of Advanced Research*, 7(9), 456–459. <https://doi.org/10.21474/IJAR01/9683>
- Škaloudová, A. (2003). *Predikce úspěšnosti ve studiu učitelství*. [Disertační práce, Univerzita Karlova]. Pedagogická fakulta UK.
- Šrámek, M., & Teplá, M. (2020). Prediktory akademického úspěchu. In A. Vargová, & K. Szarka, *15. Medzinárodná konferencija študentov doktorandského štúdia v oblasti teórie prírodovedného vzdelávania (Zborník príspevkov)*. (s. 96–100) 1. vyd. J. Selye University.
- Šrámek, M., & Teplá, M. (2021a). Vlastnosti úloh z obecné chemie vyplývající z analýzy přijímacího řízení na Přírodovědeckou fakultu University Karlovy. *Scientia in educatione*, 12(2), 32–41. <https://doi.org/10.14712/18047106.2068>
- Šrámek, M., & Teplá, M. (2021b). „Problematické“ partie středoškolské chemie vyplývající z analýzy přijímacího řízení na Přírodovědeckou fakultu Univerzity Karlovy. In V. Machková, *16th International seminar for PhD students of chemistry didactics and related doctoral study programs. PROCEEDINGS* (s. 101–108). 1. vyd. Univerzita Hradec Králové.
- Šrámek, M., & Teplá, M. (2022). The qualities of tasks in inorganic chemistry based on the analysis of entrance procedure at the Faculty of Science, Charles University. In M. Rusek, *Project based education and other activating strategies in science education XVIII. Proceedings*. 1. vyd. Univerzita Karlova
- Štefanová, L. (2007). *Přijímací zkoušky z chemie – analýza a tvoření úloh*. [Diplomová práce, Univerzita Karlova]. Repozitář Univerzity Karlovy. <https://dspace.cuni.cz/handle/20.500.11956/98334>
- Štuka, Č. (2012). *Úspěšnost studia z pohledu moderních metod analýzy dat*. [Disertační práce, Univerzita Karlova]. Repozitář Univerzity Karlovy. <https://dspace.cuni.cz/bitstream/handle/20.500.11956/47286/140020210.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Štuka, Č., & Vejražka, M. (2021). *Testování a hodnocení studentů na VŠ*. Univerzita Karlova. <https://doi.org/10.14712/9788024651088>
- Taherdoost, H. (2016). *Validity and reliability of the research instrument; How to test the validation of a questionnaire/survey in a research* (August 10, 2016). Available at SSRN <https://ssrn.com/abstract=3205040> or <https://doi.org/10.2139/ssrn.3205040>
- Thorat, S., Gupta, M., & Wasnik, M. (2019). Item analysis – Utility for increase in MCQ validity in biochemistry for MBBS students. *Journal of Education Technology in Health Sciences*, 6(3), 2019, 88–89. <https://10.18231/j.jeths.2019.021>
- Tvarohová, E. (2016). *Výuka organické chemie na SŠ – problémové úseky učiva*. [Diplomová práce, Univerzita Karlova]. Repozitář Univerzity Karlovy. <http://hdl.handle.net/20.500.11956/82812>

Vacík, J., Barthová, J., Pacák, J., Strauch, B., Svobodová, M., & Zemánek, F. (1999). *Přehled středoškolské chemie*. (4. vydání) Státní pedagogické nakladatelství, a. s.

Varma, S. (2020). *Preliminary item statistics using point-biserial correlation and P-Values*. Eddata. https://eddata.com/wp-content/uploads/2015/11/EDS_Point_Biserial.pdf

Yang, B. W., Razo, J., & Persky, A. M. (2019). Using testing as a learning tool. *American Journal of Pharmaceutical Education*, 83(9), 7324. <https://doi.org/10.5688/ajpe7324>

Žoudlík, J. (2009). *Přijímací zkoušky jako prediktor akademické úspěšnosti*. [Diplomová práce, Masarykova University]. Repozitář Masarykovy Univerzity. <https://is.muni.cz/th/cy7d8/>