

Vplyv výskumne ladeného prístupu na rozvoj spôsobilostí vedeckej práce žiakov nižšieho sekundárneho stupňa vzdelávania

*Katarína Kotuláková, Dávid Dholucký,
Lucia Palicová, Lenka Šprláková*

Abstrakt

Kurikulárne dokumenty zdôrazňujú dôležitosť poznania prírodovedných konceptov a rozvoja spôsobilostí vedeckej práce (SVP) ako nástrojov potrebných na zmysluplné porozumenie vedeckým konceptom. Zdá sa, že dôležitú úlohu v tomto procese zohráva výskumne ladený prístup k prírodovednému vzdelávaniu (bádateľské vyučovanie). Cieľom nášho výskumu bolo zistiť vplyv takto upraveného prírodovedného obsahu na rozvoj SVP žiakov, ktorí nemali žiadnu predchádzajúcu skúsenosť s vyššie uvedeným spôsobom učenia sa (experimentálna skupina) a výsledky porovnať s úrovňou SVP žiakov, ktorí používali tradičný materiál (učebnice) a v našom vzdelávacom kontexte stále dominantné deduktívne na učiteľa orientované vyučovanie (kontrolná skupina). Výskumu sa zúčastnilo 80 žiakov ôsmeho ročníka základnej školy. Analyzovali sme pracovné záznamy žiakov experimentálnej skupiny. Po ukončení výučby (4 mesiace) obe skupiny absolvovali test s konceptuálnymi úlohami zisťujúcimi úroveň SVP. Výsledky ukázali vplyv výskumne ladeného prístupu na rozvoj SVP žiakov, predovšetkým tých, ktoré dosahovali na začiatku veľmi nízku úspešnosť, a to spôsobilosti navrhovať postupy na overenie formulovanej hypotézy a spôsobilosti usudzovať. Identifikovali sme tiež spoločné charakteristiky problematických SVP. Zistenia prispievajú do diskusie o opodstatnenosti investovania do procesuálnej stránky prírodovedného vzdelávania.

Kľúčové pojmy: spôsobilosti vedeckej práce, výskumne ladený prístup (bádateľské vyučovanie, IBSE), kurikulum.

Effect of Inquiry Instruction on Lower Secondary Students' Science Process Skills

Abstract

Science curriculum emphasizes scientific knowledge, as well as science process skills (SPS), based on the assumption that these are the means that enable students to get a full grasp of scientific concepts. An inquiry-based approach which develops these skills seems to be essential. The aim of this study was to investigate the effect of newly designed material on SPS of students who had not previously experienced the inquiry-based approach teaching

(the experimental group) and compare it with the SPS of students who use ordinary teaching material (textbooks) and are exposed to the dominant deductive teacher-centered approach still typical for Slovak schools (the control group). The study was carried out with 80 eighth grade pupils. The pupils' inquiry reports were analyzed. After intervention the experimental and the control group solved test tasks and results were compared. The results showed that the inquiry-based approach had a significant effect on improvement of the pupils' SPS, especially the ones with low success rate at the beginning of the project, proposing how to test the formulated hypothesis and the ability to infer. Some common features of the most problematic SPS were identified. Our findings contribute to the discussion about the importance of fostering the development of procedural knowledge.

Key words: science process skills, inquiry, curriculum.

Prírodovedná gramotnosť predstavuje spôsobilosť používať vedecké poznatky, identifikovať výskumné otázky a vyvodzovať dôkazmi podložené závery na pochopenie a tvorbu rozhodnutí o prírodovednom svete a zmenách, ktoré v ňom v dôsledku ľudskej činnosti nastali (Harlen, 2000; PISA, 2015). Pozostáva z poznania prírodovedných konceptov, princípov, zákonov a teórií. Ich poznávanie je sprostredkované spôsobilosťami výskumnej práce (SVP), ktoré umožňujú vysvetliť poznané a využiť ich na porozumenie okolitým prírodovedným javom, čo v konečnom dôsledku formuje prírodovedné postoje, ďalšiu súčasť prírodovednej gramotnosti. SVP teda zohrávajú dôležitú úlohu v rozvoji procedurálnych i konceptuálnych poznatkov (Anderson, 2002). Hrajú strategickú úlohu v učení sa s porozumením v školskom i mimoškolskom prostredí (Harlen, 1999). Zlepšujú zmysel žiaka pre zodpovednosť, robia z neho aktívne poznávajúceho a podporujú neustále učenie sa (Çepni, 2005 in Akben, 2015). Sú dôležitými spôsobilosťami pri uvažovaní a riešení problémov. Zistenia poukazujú na pozitívnu koreláciu medzi SVP a porozumením konceptom a následne medzi porozumením a vedeckými postojmi (Sari et al., 2018). Na základe viacerých odborných prác sú SVP rozdelené na základné a integrované (Beaumont-Walters & Soybo, 2001; Colvill & Pattie, 2002). Medzi základné SVP patria pozorovanie, usudzovanie, klasifikovanie, komunikovanie zisteného, meranie a predpokladanie. Medzi integrované spôsobilosti radíme kontrolu premenných, formulovanie hypotéz, operacionalizáciu, experimentovanie, interpretáciu údajov, tvorbu modelov a formulovanie záverov (Held et al., 2011; Orolínová & Kotuláková, 2014). Základné SVP umožňujú popísať a usporiadať javy. Integrované SVP umožňujú riešiť problémy a realizovať experimenty. Rozvoj základných SVP môže začať pomerne skoro, už v materskej škole. Tvorí tak prerekvizity pre rozvoj integrovaných SVP (Held et al., 2011). Základné SVP korešpondujú s empiricko-induktívnym prístupom alebo s Piagetom charakterizovanou úrovňou konkrétnych operácií. Hypoteticko-deduktívne uvažovanie patriace do úrovne formálnych operácií využívame pri rozvoji integrovaných SVP (Beaumont-Walters & Soybo, 2001). Coil a kol. (2010) uvádza, že skorý rozvoj SVP môže uľahčiť proces porozumenia vedeckým konceptom. Výskum tiež poukazuje na slabé výsledky žiakov, ktorých príprava nezahŕňala rozvoj SVP (Yilmaz-Tüzün, 2014 in Durmaz & Mutlu, 2016).

1 VÝSKUMNE LADENÝ PRÍSTUP (BÁDATEĽSKÉ VYUČOVANIE) AKO SPÔSOB ZÍSKAVANIA A ROZVOJA SPÔSOBILOSTÍ VEDECKEJ PRÁCE

Zistenia naznačujú, že výskumne ladený prístup významne zlepšuje úroveň SVP (Abdi, 2014; Akben, 2015; Artayasa et al., 2017; Ramayanti et al., 2017 a mnohí ďalší) a zvyšuje záujem žiakov o vedu (Kanli & Yagbasan, 2008). Postupnému približovaniu sa práci vedca a jeho spôsobu uvažovania napomáha rozdelenie tohto komplexného procesu na menšie logicky usporiadané časti vedeckého uvažovania, ktorými je žiak vedený. V odbornej literatúre nachádzame niekoľko modelov, ktoré základnú líniu uvažovania delia na rôzne podkategórie. Ako uvádza Pedaste a kol. (2015), základnú líniu tvorí 5 fáz – zorientovanie sa, konceptualizácia, samotný výskum, tvorba záverov, diskusia. Baybee a kol. (2006) predstavuje napr. 5E model s induktívnym prístupom – zapojenie, skúmanie, vysvetlenie, rozpracovanie, vyhodnotenie, na rozdiel od Whita a Frederiksen (1998), ktorých 5E model vychádza z dopredu známej teórie – pýtanie sa, predpokladanie, skúmanie, modelovanie, aplikovanie. Cyklus 6E predstavený Llewellynom (2002) začína formuláciou otázok, návrhom možných riešení, formuláciou hypotézy, návrhom realizácie jej overenia, zberom dát a zdieľaním záverov. Iní autori rozširujú Baybeeho 5E model o elektronické vyhľadávanie informácií (Chessin & Moore, 2004) alebo zdieľanie a rozšírenie informácií (6 E model) (DeSign, 2019). 7E model rozširuje 5E model o ďalšie subkategórie – zistenie žiackeho porozumenia a v závere aplikácia zistení – extend (Eisenkraft, 2003).

Iné modely sú založené na množstve skúseností žiaka a množstve informácií, ktoré sú žiakom poskytnuté. V tomto zmysle sa v literatúre objavujú štyri úrovne výskumnej činnosti: potvrdzujúce, štruktúrované, riadené a otvorené skúmanie (tab. 1) (Bell et al., 2005).

Tab. 1: Štyri úrovne výskumnej činnosti v školskom prostredí (Bell et al., 2005)

Úroveň výskumnej v školskom prostredí	Výskumná otázka/ problém	Spôsob/ metóda	Odpoveď/ Záver
Potvrdzujúce	Poskytnutá	Poskytnutá	Poskytnutá
Štruktúrované	Poskytnutá	Poskytnutá	Neposkytnutá
Riadené	Poskytnutá	Neposkytnutá	Neposkytnutá
Otvorené	Neposkytnutá	Neposkytnutá	Neposkytnutá

Fradd a kol. (2001) charakterizuje ďalšie subkategórie výskumnej činnosti žiakov založenej na osobe, ktorá riadi danú časť skúmania (učiteľ alebo žiak). Model (tab. 1) ukazuje, ako sa môže výskumná činnosť žiakov posúvať od výrazne riadenej učiteľom po jednoznačne riadenú žiakom, berúc do úvahy množstvo poskytnutých informácií (Bell et al., 2005). Učiteľ intenzívne riadi činnosť žiakov v potvrdzujúcom skúmaní a preberá iba koordinujúcu funkciu v otvorenom skúmaní. V potvrdzujúcom skúmaní žiaci overujú princípy získavaním údajov postupmi, ktoré sú im vopred predstavené. Výsledky sú však známe dopredu. Štruktúrované skúmanie sa výrazne podobá „laboratórnym cvičeniam“, v ktorých je známy problém i spôsob jeho riešenia. Žiak sa má dopracovať k záveru. Llewellyn (2013) však poukazuje na potrebu väčšej zodpovednosti a flexibility žiaka, ktorá sa tu od neho, na rozdiel od „laboratórných cvičení“, vyžaduje. V riadenom výskume učiteľ predstavuje výskumný

problém a výskumnú otázku. Spôsob riešenia problému je však na žiakovi. V otvorenom výskume je predstavená iba problémová situácia. Každá úroveň výskumnej činnosti rozvíja a zlepšuje iné SVP (Artayasa et al., 2017; Hardianti & Kuswanto, 2017). Štruktúrované skúmanie rozvíja spôsobilosti pozorovať, usudzovať, formulovať hypotézy, zbierať a organizovať údaje a formulovať závery. Riadené skúmanie rozvíja spôsobilosť navrhovať výskumné postupy za účelom zberu údajov a následnom overení formulovanej hypotézy (Sadeh & Zion, 2012; Zion & Mendelovici, 2012). Rozvoj SVP najlepšie zabezpečuje otvorené skúmanie, v ktorom žiaci postupujú tak, ako postupujú vedci v reálnom výskume začínajúc formuláciou výskumnej otázky, formuláciou hypotéz, návrhom výskumného šetrenia až po formuláciu záverov, resp. zovšeobecnení (Sadek & Zion, 2012; Zion & Mendelovici, 2012; Akben, 2015). Zistenia poukazujú na to, že čím viac sa výskum blíži k otvorenému skúmaniu, tým viac SVP žiak nadobúda a rozvíja (Akben, 2015).

2 KONTEXT VÝSKUMU

Štátny vzdelávací program na Slovensku zdôrazňuje rozvoj vedomostí, SVP a postojov v prírodovednej oblasti (ŠVP, 2015). Očakáva sa preto, že do vyučovania bude zakomponovaný rozvoj všetkých troch aspektov prírodovednej gramotnosti. V slovenskom kontexte však v prírodovednom vzdelávaní stále dominuje deduktívne na učiteľa orientované vyučovanie zdôrazňujúce vedomosti, opierajúce sa výhradne o učebnice, implementujúce nanajvýš demonštrácie a potvrdzujúce skúmanie (Vallová, 2012; Lapitková et al., 2015; Matušíková, 2017). Takéto vyučovanie nevedie k rozvoju očakávaných spôsobilostí (Miklovičová et al., 2017). Rozvíjať SVP u žiakov je možné tým, že im zabezpečíme také učebné situácie, ktoré umožnia získavať skúsenosti s ich uplatňovaním (Padilla, 1986; Vartak et al., 2013; Lapitková, 2016), doplnené o získavanie bezprostrednej spätnej väzby alebo možnosti analyzovať vlastnú činnosť (Taylor et al., 2009). Pozitívny vplyv systematickej práce na rozvoji SVP potvrdzujú mnohé výskumy na rôznych stupňoch vzdelávania (Lati et al., 2012; Durmaz & Mutlu, 2016; Rokos & Vomáčková, 2017; Choirunnisa et al., 2018 a ďalší). Lati a kol. (2012) prisudzoval zistenú nízku úroveň spôsobilosti interpretovať údaje a formulovať závery vyššie spomínanej obmedzenej možnosti ich rozvíjať. Vzorka žiakov, s ktorou pracoval, sa totiž v predchádzajúcom štúdiu sústredila na menej časovo náročné spôsobilosti (kontrola premenných, meranie apod.). Spomínané problematické SVP boli kvôli časovej náročnosti častejšie vynechávané. Autori ďalej identifikujú spôsobilosti, ktorých rozvoj je všeobecne problematickejší. Zhodujú sa na spôsobilosti formulovať zdôvodnené predpoklady, navrhovať vhodný spôsob ich overenia, interpretovať (a iným spôsobom analyzovať) údaje a formulovať závery (Lati et al., 2012; Hodosyová et al., 2015; Balogová & Ješková, 2016). Cieľový rozvoj SVP tiež znižuje rozdiely medzi dobre a slabo prosperujúcimi žiakmi (Prayitno et al., 2017).

Vhodnú zmenu prístupu k vyučovaniu môže predstavovať efektívny nástroj napomáhajúci rozvoju SVP. V tomto zmysle tu existuje snaha o didaktickú rekonštrukciu prírodovedného obsahu (APVV-10-0070) zameriavajúca sa na zmysluplné a komplexné porozumenie prírodovedným konceptom zdôrazňujúc výskumne ladený prístup (bádateľské vyučovanie). Rekonštruovaný prírodovedný obsah zdôrazňuje procedurálnu rovnako ako pojmovú znalosť.

Cieľom nášho výskumu bolo zistiť, ako novo-vytvorený materiál pozostávajúci z chemických, biologických a fyzikálnych konceptov majúci výskumne ladený dizajn

(bádateľské vyučovanie) vplýva na rozvoj SVP. Zamerali sme sa na identifikáciu charakteristík najproblematickejšie sa rozvíjajúcich SVP. Formulovali sme preto nasledujúce výskumné otázky:

1. Ako sa mení úroveň SVP u žiakov experimentálnej skupiny pracujúcich výskumne ladeným postupom (bádateľským vyučovaním)?
2. Aký je rozdiel (ak nejaký) v úrovni SVP žiakov experimentálnej skupiny po práci s materiálom, ktorý má výskumne ladený dizajn (bádateľské vyučovanie), a žiakov kontrolnej skupiny pracujúcich prevažne deduktívnym, na učiteľa orientovaným spôsobom?
3. Ktoré SVP sú pre žiakov najproblematickejšie?

3 METODOLÓGIA

Vo výskume s „kváziexperimentálnym“ dizajnom boli použité kvalitatívne i kvantitatívne údaje za účelom zvýšiť jeho validitu (Fraenkel & Wallen, 2009). Rovnaká úroveň spôsobilostí a vedomostí experimentálnej a kontrolnej skupiny bola zistená porovnaním priemeru známok žiakov z biológie, fyziky a chémie na konci školského polroka (január 2018). Žiakov učil ten istý učiteľ. Neboli zistené žiadne signifikantné rozdiely medzi experimentálnou ($M = 1,91$; $SD = 0,91$) a kontrolnou ($M = 1,92$; $SD = 0,59$) skupinou, $t(79) = -0,19$, $p = 0,85$ (tab. 2).

Tab. 2: Porovnanie polročných známok z prírodovedných predmetov žiakov experimentálnej a kontrolnej skupiny

	Experimentálna skupina	Kontrolná skupina
<i>N</i>	40	40
<i>M</i>	1,91	1,92
<i>SD</i>	0,91	0,59
Rozptyl	0,81	0,33
Med	1,70	2,00
Modus	1	2

V experimentálnej skupine bol obsah sprostredkovaný výskumne ladeným postupom (bádateľské vyučovanie), zatiaľ čo v kontrolnej skupine bol rovnaký obsah sprostredkovaný tradičným deduktívnym na učiteľa zameraným spôsobom. Výskum prebiehal v zime a na jar 2018 (4 mesiace). Údaje sme získali analýzou žiackych pracovných záznamov (experimentálna skupina) a po 2 týždňoch od ukončenia práce s obsahom v experimentálnej i kontrolnej skupine bol obom skupinám zadaný test zameraný na sledovanie úrovne SVP.

3.1 VÝSKUMNÁ VZORKA

Výskumu sa zúčastnilo 80 žiakov ôsmeho ročníka základnej školy. 40 žiakov tvoriacich experimentálnu skupinu pracovalo s novovytvoreným materiálom s výskumne ladeným dizajnom. 40 žiakov tvoriacich kontrolnú skupinu pracovalo na rovnakom obsahu tradičným deduktívnym na učiteľa orientovaným spôsobom. Žiaci experimentálnej a kontrolnej skupiny nemali s výskumne ladeným spôsobom výučby žiadnu predchádzajúcu skúsenosť. Výskumná vzorka bola zostavená dostupným výberom. Učiteľ učiaci obe skupiny absolvoval školenie zamerané na výskumne ladenú koncepciu.

3.2 ZBER ÚDAJOV A ICH ANALÝZA

V experimentálnej skupine sme analyzovali kvalitatívne a kvantitatívne údaje. V procese didaktickej rekonštrukcie (Duit et al., 2012) sme pripravili sekvenciu výskumne ladených aktivít skúmajúcich tok látok a energie. Pripravili sme 8 aktivít zameraných na štúdium premeny svetelnej energie na energiu chemickú uloženú v rastlinných bunkách, ktorú následne konzumujeme a využívame uvoľňujúcu ju v sérii katabolických reakcií. Aktivity s výskumným dizajnom boli na základe výskumného problému zamerané na rozvoj jednotlivých SVP. Rozvoj konkrétnych SVP bol v aktivitách zabezpečený rôzne, napr. formulácia hypotézy v 5 aktivitách, návrh postupu, ako ju overiť v 3 aktivitách apod. (tab. 3). Aktivity boli analyzované dvoma expertmi v oblasti výskumne ladenej koncepcie a následne použité v evaluačnom procese – podkladu k analýze žiackych záznamov, ktoré boli vypracované počas samotnej výskumnej činnosti.

Tab. 3: SVP vo výskumne ladených (bádateľských) aktivitách

Výskumná aktivita	VO	H	P	ZU	T	U	Z
Aktivita 1	+	+	+	–	–	×	–
Aktivita 2	+	–	–	–	×	–	–
Aktivita 3	+	–	+	–	–	–	–
Aktivita 4	+	–	–	–	–	–	–
Aktivita 5	+	×	+	–	–	×	–
Aktivita 6	+	–	–	–	×	–	–
Aktivita 7	+	–	+	–	–	×	–
Aktivita 8	+	×	+	–	×	×	–

Pozn.: VO – výskumná otázka, H – formulácia hypotézy, P – navrhnutý postup, experiment, ZU – zber údajov, T – čítanie údajov z tabuľky, U – usudzovanie, Z – formulácia záveru, (+) dané, (–) formuluje žiak, (×) v aktivite nie je monitorované, pre aktivitu irelevantné

V aktivitách sme sa zamerali na charakteristické znaky jednotlivých SVP (tab. 4) (Held et al., 2011; Orolínová & Kotuláková, 2014; Lapitková et al., 2015; Kurikulum štátu Viktória, Austrália, 2018) a vyjadrili ich úspešnosť. V kontrolnej skupine bol prírodovedný obsah prezentovaný tradičným spôsobom používajúc klasické učebnice, cvičebnice a demonštrácie.

Zo žiackych pracovných záznamov experimentálnej skupiny sme získali kvalitatívne údaje – identifikovali sme úspešnosť sledovaných SVP podľa prítomnosti ich charakteristík (podľa Kurikula štátu Viktória, Austrália, 2018). Tieto údaje nám pomohli pri vyhodnocovaní kvantitatívnych údajov a pri celkovej charakteristike úrovne žiackych SVP. Kvalitatívna analýza pozostávala z redukcie údajov, ich prezentovania, formulácie záverov a ich overovania. Kódovanie a interpretácia boli realizované opakovaným čítaním žiackych pracovných záznamov a zaznamenávaním pravidelne sa opakujúcich javov spojených so sledovanými SVP, ako to navrhujú Miles a Huberman (1994) a Krathwohl (1998).

Výskumný dizajn žiackych aktivít mal charakter štruktúrovaného alebo riadeného skúmania vždy obsahujúc formulovanú výskumnú otázku. Štruktúra bola vo všetkých aktivitách podobná:

Tab. 4: Charakteristiky sledovaných SVP (upravené podľa Kurikula štátu Viktória, Austrália, 2018)

Spôsobilosti vedeckej práce	Charakteristika
Formulácia hypotézy	Formulácia zmysluplného a zdôvodneného predpokladu, ktorý je možné objektívne skúmať (obsahuje nezávislú a závislú premennú, zdôvodnenie na základe predchádzajúcej skúsenosti, vedomosti, analógie apod.).
Návrh experimentálneho overenia	Identifikácia nezávislej a závislej premennej, návrh kontrolnej a experimentálnej vzorky, kontrola identických podmienok pre obidve vzorky.
Zber údajov	Spôsobilosť identifikovať a zaznamenať podobnosť, rozdielnosť a zmeny a zaznamenávať ich presne, systematicky a vhodným spôsobom.
Čítanie údajov zo záznamu	Identifikácia vlastností skúmanej premennej zo záznamu, porovnanie údajov, branie do úvahy všetkých údajov, identifikácia trendu, diskrétnych a spojitých údajov.
Usudzovanie	Formulácia úsudku o skúmanom jave na základe získaných údajov (vysvetľuje všetky údaje, využíva aj vlastné odborné vedomosti, identifikuje prípadnú nekonzistentnosť v údajoch).
Formulovanie záveru	Formulovanie (všeobecného) záveru na základe získaných údajov (dôkazov), predchádzajúcich skúseností a vedomostí, navrhuje model skúmaného javu.

- Formulácia hypotézy: Čo si o tom myslíš? Čo si myslíš, že sa stane?
- Návrh experimentu: Ako by sa dala tvoja hypotéza overiť? Ako by si mohol zistiť, čo sa stane?
- Zber údajov: Zaznamenajte/zaznamenávajújte, čo ste zistili.
- Čítanie údajov z tabuľky: Čo si zistil?
- Usudzovanie: Čo znamenajú získané údaje? Vidíš nejaký vzťah medzi zaznamenanými údajmi?
- Formulovanie záveru: Aký záver o skúmanom jave môžeš vytvoriť? Čo si sa dozvedel o skúmanom jave?

Po realizovaní častí aktivít prebiehala spoločná diskusia, aby žiaci získali spätnú väzbu a mohli prípadne svoje postupy zlepšiť. Ak boli napr. žiaci žiadaní, aby navrhli experimentálne overenie svojej hypotézy alebo opísali vzťah medzi sledovanými premennými, pracovali najprv samostatne. Následne prebehla diskusia a žiakmi bol zvolený najvhodnejší postup alebo bol vzťah medzi premennými spresnený. Žiaci pracovali v skupinách, ich prvotné vlastné návrhy však zaznamenali (iba pre účely tohto výskumu). Nami vyhodnocované boli prvotné vlastné žiacke návrhy a odpovede. Jednotlivé pracovné záznamy žiakov mali rôzne bodové ohodnotenie (maximálne 24 bodov v jednom pracovnom zázname) vzhľadom na SVP, ktoré sme v daných aktivitách sledovali. Úroveň SVP bola ohodnotená bodmi 0–4 podľa prítomnosti či neprítomnosti sledovaných charakteristík SVP (tab. 4, Kurikulum štátu Viktória, Austrália, 2018). Ak obsahovala žiacka reakcia všetky sledované charakteristiky danej SVP, boli pridelené 4 body, ak obsahovala iba niektoré charakteristiky, napr. žiak identifikoval iba nezávislú premennú, alebo pri tvorbe záveru bral do

úvahy iba časť údajov, bol pridelený počet bodov znížený vzhľadom na chýbajúce charakteristiky. Ak reakcia chýbala, alebo nedávala žiaden zmysel, nebol pridelený žiaden bod.

Na konci školského roku, po 4 mesiacoch práce s oboma skupinami žiakov, boli kontrolnej i experimentálnej skupine zadané testové úlohy mapujúce úroveň najproblematickejších spôsobilostí, a to spôsobilosti formulovať hypotézy, navrhnúť jej overenie, usudzovať a formulovať závery. Osem testových položiek malo charakter konceptuálnych úloh. Žiacke odpovede boli kategorizované na základe vyššie uvedeníh charakteristík (tab. 4). Každá otázka pozostávala z niekoľkých častí, pričom každá časť mapovala inú SVP. Úroveň SVP bola ohodnotená bodmi 0–2 podľa prítomnosti či neprítomnosti sledovaných charakteristík (tab. 4, Kurikula štátu Viktória, Austrália, 2018). Bodové ohodnotenie jednotlivých položiek testu bolo odlišné. Maximálny počet bodov bol 12. Ak odpoveď obsahovala všetky sledované charakteristiky SVP, boli pridelené 2 body, ak obsahovala minimálne 2 sledované charakteristiky, bol pridelený 1 bod, ak obsahovala 1, bolo prideleného 0,5 bodu. Ak odpoveď neobsahovala žiadnu sledovanú a relevantnú charakteristiku SVP, nebol pridelený žiaden bod. Obsahová validita testu bola zabezpečená hodnotením a upravením testu dvoma expertmi v oblasti didaktiky prírodovedných predmetov zaoberajúcimi sa výskumne ladnou koncepciou v prírodovednom vzdelávaní. Koeficient reliability (Cronbachova α) mal hodnotu 0,9.

4 VÝSLEDKY

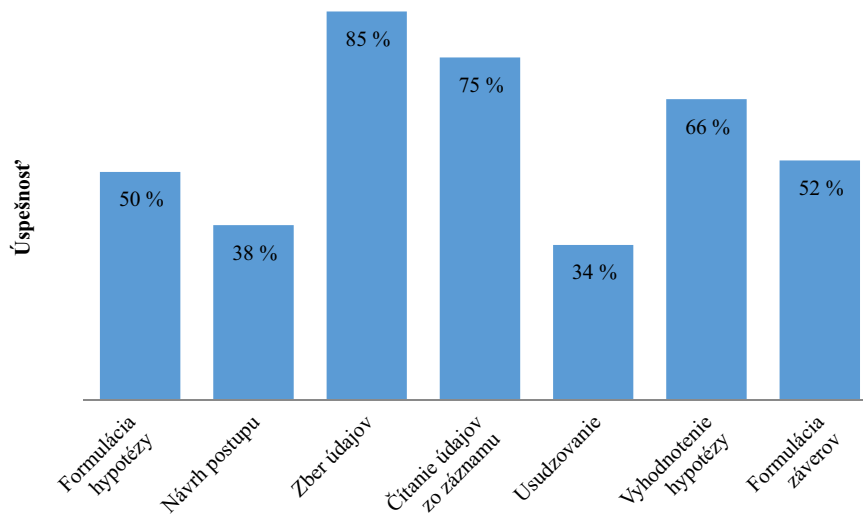
Na základe analýzy pracovných listov žiakov experimentálnej skupiny sme vypočítali úspešnosť SVP v jednotlivých výskumných aktivitách (tab. 5). Výsledky v experimentálnej skupine ukazujú postupné zlepšovanie vo väčšine charakteristík sledovaných SVP. Je potrebné poznamenať, že zlepšovanie žiakov v jednotlivých SVP nebolo konzistentné. Zdá sa, že žiaci nemali problémy so zberom údajov a ich zaznamenávaním, či ich vyhľadávaním a referovaním o nich zo záznamu (úspešnosť vyše 70 % v prvej výskumnej aktivite).

Tab. 5: Úspešnosť SVP sledovaných vo výskumných aktivitách (experimentálna skupina)

Aktivity	Úspešnosť SVP [%]					
	H	P	ZU	T	U	Z
Aktivita 1	39	×	80	78	×	48
Aktivita 2	43	44	70	×	13	49
Aktivita 3	43	×	98	87	24	50
Aktivita 4	51	53	82	86	49	51
Aktivita 5	×	×	80	85	×	45
Aktivita 6	59	18	98	×	50	58
Aktivita 7	65	×	79	75	×	64
Aktivita 8	×	×	90	×	×	54

Pozn.: H – formulácia hypotézy, P – navrhnutý postup, experiment, ZU – zber údajov, T – čítanie údajov z tabuľky, U – usudzovanie, Z – formulovanie záveru

Priemernú úspešnosť SVP vo výskumných aktivitách žiakov experimentálnej skupiny po intervencii znázorňuje graf 1. Spôsobilosť usudzovať sa zdá byť najproblematickejšou spôsobilosťou napriek jej najväčšiemu zlepšeniu.



Graf 1: Priemerná úspešnosť SVP sledovaných vo výskumných aktivitách po intervencii (experimentálna skupina)

Kvalitatívna analýza žiackych záznamov umožnila identifikovať spoločné znaky nízkej úspešnosti spomínaných SVP (tab. 6). Zaznamenali sme:

1. chýbajúce odpovede,
2. ignorovanie získaných údajov,
3. selektívne pozorovanie a selektívne záznamy,
4. absenciu analytického myslenia.

Tabuľka 2: Rastliny na svetle a v tme – pozorovanie rastlín

POZOROVANÉ SEMENO (RASTLINA)	Rastlina zakrytá svetlo priepustnou nádobou (svetlo)	Rastlina zakrytá svetlo nepriepustnou nádobou (tma)
Veľkosť [cm]	5,5 cm	4,5 cm
Farba	zelena	bielo- žltá
Iné rozdiely	má viac listov	má málo listov
Nákres		

Obr. 1: Kompletný záznam pozorovaného

Tabuľka 2: Rastliny na svetle v tme – pozorovanie rastlín

POZOROVANÉ SEMENO (RASTLINA)	Rastlina zakrytá svetlo priepustnou nádobou (svetlo)	Rastlina zakrytá svetlo nepriepustnou nádobou (tma)
Veľkosť [cm]	3,0 cm	3,8
Farba	zelená	žltá
Iné rozdiely	majú listy	nemajú listy
Nákres		

Obr. 2: Selektívny záznam pozorovaného (zaznamenaná iba zmena farby)

Tab. 6: Spoločné znaky nízkej úspešnosti SVP vo výskumných aktivitách

Spoločné znaky nízkej úspešnosti SVP	Príklady
1. Bez odpovede, žiadna reakcia na otázku.	
<ul style="list-style-type: none"> • Formulácia hypotézy bez zdôvodnenia • Žiadne usudzovanie, formulácia záveru, prijatie alebo odmietnutie hypotézy chýba • Uvádzanie údajov z tabuľky namiesto usudzovania 	<p>Pozoruješ medzi získanými údajmi nejaký vzťah? „Modré svetlo spôsobilo najväčší nárast biomasy.“ (D)</p>
2. Ignorovanie získaných údajov	
<ul style="list-style-type: none"> • Pri usudzovaní, referovaní údajov z tabuľky alebo tvorbe záverov žiak berie do úvahy vybrané (nie všetky) údaje • Dominancia vlastnej skúsenosti vedie k ignorancii, príp. selekcii získaných údajov • Použitie „naučených odpovedí“ namiesto zaznamenaných údajov • Pretrvávajúce miskoncepce 	<p>Ako ovplyvňuje svetlo rastlinu? „Rastliny sú na slnku väčšie.“ (F) Boli zaznamenané aj iné pozorovania (obr. 1, 2).</p> <p>Kedy začalo byť droždie aktívne? „Keď bol pridaný cukor.“ (E) Aktivita droždia bola zaznamenaná tiež po pridaní mlieka.</p> <p>Popíšte, ako tma a svetlo ovplyvnili rastlinu. „Svetlo je potrebné na fotosyntézu.“ (M) „Rastliny neprodukujú fotosyntézu bez prítomnosti svetla.“ (L)</p>
3. Selektívne pozorovanie a selektívne záznamy	
<ul style="list-style-type: none"> • Selektívne zaznamenávanie údajov • Selektívne pozorovanie 	<p>Kresba na obr. 2 zachytáva iba jednu charakteristiku pozorovaných rastlín (v porovnaní s uceleným záznamom na obr. 1).</p> <p>Čo si pozoroval, keď bolo droždie aktívne? „Stúpalo.“ (K) Nafukoval sa tiež balón, na stenách nádoby boli pozorovateľné kvapky vody.</p>
4. Absencia analytického uvažovania	
<ul style="list-style-type: none"> • Chýbanie kontrolnej vzorky a kontroly podmienok (pri návrhu experimentálneho šetrenia) • Problém s identifikáciou dôkazu, chybný dôkaz 	<p>Ako zistíš, či rastlina získava látky potrebné na rast z pôdy? „Zasadím ju do niečoho iného.“ (N) Získala rastlina živiny na svoj rast z pôdy? Vysvetli. „Nie. Vlastne neviem.“ (S) Kopírovanie Helmontovho experimentu. Popíšte, ako svetlo a tma ovplyvňujú rast rastliny. „Tma priťahuje teplo, a to podporuje rast.“ (Q) Rastlina mala etiolované listy a bola vyššia ako rastlina na svetle.</p>

Dva týždne po ukončení práce s výskumnými aktivitami a identickými témami v kontrolnej skupine bol žiakom experimentálnej a kontrolnej skupiny zadaný test zameraný na najproblematickejšie SVP. Výsledky žiakov experimentálnej skupiny ($M = 7,71$; $SD = 1,11$) boli signifikantne vyššie ako kontrolnej skupiny ($M = 5,85$; $SD = 1,45$), $t(78) = 6,46$, $p < 0,001$. Výsledky naznačujú, že realizácia výskumne ladených aktivít má pozitívny efekt na rozvoj a posun SVP. Monitorujúc jednotlivé spôsobilosti, signifikantné rozdiely sme zaznamenali pri spôsobilosti formulovať hypotézy a spôsobilosti usudzovať (tab. 7). Cohenov koeficient účinku „d“ (effect size) potvrdil veľkú silu efektu pri spôsobilosti navrhnuť experimentálne šetrenie a pri usudzovaní. Malá sila efektu bola zaznamenaná pri spôsobilosti formulovať hypotézu a formulácii záveru (tab. 7).

Tab. 7: Porovnanie úrovni vybraných spôsobilostí experimentálnej a kontrolnej skupiny (tttest)

		<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>t</i> (78)	<i>p</i>	<i>d</i>
Formulácia hypotézy	EXP.	40	1,64	0,62	0,80	0,21	0,10
	KONT.	40	1,55	0,60			
Návrh experimentu	EXP.	40	0,88	0,55	3,65	< 0,01**	0,82
	KONT.	40	0,40	0,61			
Usudzovanie	EXP.	40	2,23	0,74	4,71	< 0,001***	1,05
	KONT.	40	1,51	0,60			
Formulácia záveru	EXP.	40	1,25	0,61	0,99	0,16	0,22
	KONT.	40	1,10	0,74			

5 DISKUSIA

Cieľom výskumu bolo zistiť, či nami pripravené rekonštruované učebné situácie s výskumne ladeným dizajnom rozvíjajú okrem prírodovedných konceptov aj SVP u žiakov 8. ročníka tak, ako to vyžaduje štátny vzdelávací program (ŠVP, 2015). SVP žiakov experimentálnej skupiny sa postupne zlepšovali. Podobné zistenia, že k rozvoju SVP dochádza iba pri aktívnej práci s výskumne ladeným dizajnom, uvádzajú viacerí autori (Akben, 2015; Seng et al., 2016; Ramayanti et al., 2017). Výsledky testu mapujúceho spôsobilosti vedeckej práce následne preukázali signifikantný rozdiel v úrovni sledovaných SVP v prospech experimentálnej skupiny.

Najproblematickejšie SVP s najnižšou úspešnosťou počas práce experimentálnej skupiny boli spôsobilosti navrhovať objektívne overenie formulovanej hypotézy a usudzovať. Paradoxne výsledky testu administrovaného po ukončení práce s výskumne ladenými aktivitami ukázali signifikantne lepšie výsledky experimentálnej skupiny práve v uvedených dvoch spôsobilostiach (tab. 7). Zistenia naznačujú, že ak sú uvedené spôsobilosti cielene rozvíjané, ich úroveň je signifikantne vyššia, ako tomu naznačuje porovnanie experimentálnej a kontrolnej skupiny v záverečnom teste konceptuálnych úloh. Podobné zistenia uvádzajú Kim a Chin (2011). Výsledky tiež korešpondujú so zisteniami Hodosyovej a kol. (2015), ktorí skúmali spôsobilosti navrhovať experimentálne šetrenie, interpretovať získané údaje a formulovať závery medzi slovenskými žiakmi. Najväčší problém zaznamenali práve so spôsobilosťou navrhovať objektívne overenie formulovanej hypotézy. Žiaci v ich štúdií, rovnako ako v našom výskumnom šetrení, nezahŕňali vo svojich návrhoch kontrolnú skupinu alebo/a kontrolu podmienok. Táto spôsobilosť je pritom považovaná za jednu z na-

jdôležitejších, avšak zároveň aj za najnáročnejšiu (Harlen, 2006). Podobné zistenia zaznamenali viacerí autori (Yip, 2007; Valanides et al., 2014; Durmaz & Mutlu, 2016). Žiaci mali problém s identifikáciou presvedčivého dôkazu vo vhodne navrhnutom výskume, nevedeli rozoznať kľúčové údaje potvrdzujúce alebo odmietajúce hypotézu. Nevedeli tak hypotézu zhodnotiť ani po získaní relevantných s hypotézou súvisiacich údajov a nevedeli na ich základe formulovať závery. Získané údaje komunikovali, nevedeli však usudzovať. Žiaci nekonfrontovali nimi akceptovanú teóriu či očakávania so získaným dôkazom (podobne aj v Kuhn et al., 1988; German & Aram, 1996).

Pomerne vysoká úspešnosť spôsobilosti získavať, zaznamenávať a komunikovať údaje korešponduje so zisteniami Hodosyovej a kol. (2015) alebo German a Aram (1996), ktorí tiež zaznamenali vyššiu úspešnosť pri monitorovaní základných SVP vyžadujúcich jednoduché kognitívne operácie (čítanie z grafu, identifikovanie zmeny, komunikovanie hodnôt apod.).

Spoločným menovateľom problematických SVP (tab. 5 a 6) sa zdá byť neschopnosť žiakov používať ich vlastnú skúsenosť, nedôvera (ignorovanie) k zistenému a výlučne spoliehanie sa na ich predchádzajúce poznatky (tiež Park, 2006), neschopnosť využívať logické uvažovanie, analyzovať a hľadať trendy v získaných údajoch či opierať sa o nich pri formulácii záverov. Tieto zistenia poukazujú na to, že žiaci nie sú zvyknutí a nemajú skúsenosť s takouto formou uvažovania, práce a v konečnom dôsledku učenia sa. Zdá sa, že dominancia na učiteľa zameraného vyučovania, kedy sú žiakom prezentované hotové ucelené informácie, oslabuje spôsobilosť žiaka využívať vlastnú skúsenosť a vlastné zistenia. Správnosť informácií, ktoré garantuje učiteľ alebo učebnica, sú pre žiaka dominantné, čo ovplyvňuje spôsob analýzy získaných údajov, ich interpretáciu a v konečnom dôsledku formuláciu záverov. Získané údaje prispôsobuje tomu, čo je (podľa neho) očakávaným záverom.

German a Aram (1996) poukazujú na žiacku nepresnosť pri zaznamenávaní údajov získavaných v procese merania alebo pozorovania. Žiaci sa pri pozorovaní sústredili iba na jednu vlastnosť (obr. 2) napriek upozorneniu, čo všetko by si mali všímať (napr. pri raste trávy pri rôznych farbách svetla si mali všímať veľkosť, farbu, vzhľad apod.) (obr. 1). Reif a Larkin (1991) poukazujú na to, že žiaci nerozlišujú medzi charakterizovaním bežne pozorovaných javov, kedy nemusia byť presní a popis nemusí byť vyčerpávajúci (stačí popísať približne), a pozorovaním ako výskumnou metódou používanou za účelom zberu údajov, kedy sú presnosť a detaily dôležité, keďže sú na ich základe formulované závery.

Je potrebné tiež upozorniť, že množstvo miskoncepcií vyskytujúcich sa v žiackych záznamoch pramení často v nepresnom až nesprávnom porozumení a zapamätaní si poznatkov, o ktorých sa učili počas formálneho vzdelávania, napr. rastlina má na svetle fotosyntézu (K) alebo svetlo dáva rastline fotosyntézu (Y). Je možné namietať, že uvedené príklady predstavujú iba jazykový problém a môžu byť tak ľahko opravené. Predpokladáme však, že ide o mnoho vážnejší a komplexnejší jav týkajúci sa toho, ako žiak konceptualizuje javy, o ktorých sa v škole učí. Aby bolo skúmanie v školskom prostredí zmysluplné a prispievalo k čo najpresnejšiemu budovaniu predstáv, je potrebné, aby učiteľ bral takéto vyjadrenia žiaka do úvahy a adekvátne na nich reagoval, príp. aby im prispôbil postup skúmania (Driver et al., 1985; Kibnis, 2011). To môže znamenať vrátiť sa a skúmať chýbajúci koncept, zabezpečiť chýbajúcu skúsenosť a/alebo jasne so žiakom komunikovať o tom, prečo robíme to, čo robíme. Ignorovanie žiackych predstáv o skúmanom jave alebo spôsobe, ako o ňom žiaci komunikujú, môže viesť k vážnym a pretrvávajúcim chybným interpretáciám (Driver et al., 1985).

Zdokonalenie vyššie uvedených SVP (graf 1) vedie k presvedčeniu, že žiaci sa učia, že je možné sa spoliehať na vlastné zistenia a skúsenosť a že je „postačujúce“ brať do úvahy získané údaje pri usudzovaní a tvorbe záverov. Signifikantné rozdiely v spôsobilosti navrhnúť vhodný postup, ako overiť formulovanú hypotézu a usudzovať (tab. 7), tiež vedú k presvedčeniu, že žiakom je potrebné ukázať, ako postupovať, ako a ktoré získané údaje používať (Kotuľáková & Bugajová, 2017).

Rovnako ako mnohé iné krajiny aj ŠVP na Slovensku zdôrazňuje dôležitosť rozvoja SVP. Predstavujú nevyhnutnú súčasť prírodovednej gramotnosti, a preto tvoria dôležitú časť vzdelávacích cieľov v prírodovednej oblasti. Horšie výsledky testov v kontrolnej skupine (tab. 6) naznačujú, že výskumne ladené prístupy k prírodovednému vzdelávaniu, a s tým spojený rozvoj SVP, sa (pravidelne) v prírodovednom vzdelávaní nerealizuje. Zistenia korešpondujú so závermi Matušikovej (2017), ktorá sledovala napĺňanie výkonových štandardov v prírodovednej oblasti (na hodinách chémie). Potvrdila, že pretrváva na učiteľa orientované vyučovanie s minimom dôrazu na rozvoj SVP. Capps a Crawfordová (2013) skúmali učebné postupy a porozumenie výskumnej činnosti v triede medzi kvalifikovanými a motivovanými učiteľmi prírodovedných predmetov. Ich zistenia poukazujú na to, že väčšina učiteľov nemá jasnú predstavu, čo to znamená viesť týmto spôsobom výučbu, a že nemajú skúsenosť s reálnym vedeckým skúmaním. Toto zistenie považujú autori za kritické. Napriek deklarovaniu učiteľov, že implementujú výskumný dizajn pri sprostredkovaní prírodovedného obsahu, len menej ako polovica skutočne tieto prvky využívala, boli na ich hodinách zmysluplne použité a jasne identifikovateľné. Zistenia preto povzbudzujú k ďalšej práci s učiteľmi v praxi, keďže mnohí z nich považujú čas strávený rozvojom SVP za neefektívne využitý (Demkanin et al., 2012). Výskumy poukazujú na pozitívny efekt kontinuálnych školení pre učiteľov zameraných na predstavovanie a zabezpečenie skúsenosti s výskumne ladeným prístupom (bádateľským vyučovaním) v prírodovednom vzdelávaní, ktorý má následne pozitívny vplyv aj na samotných žiakov (Marshall et al., 2016).

Napriek limitom tohto výskumu, ktoré predstavujú malú vzorku, možnosť vplyvu atraktivity – neatraktivity témy na výsledky a pomerne krátkodobú prácu žiakov s výskumne ladenými učebnými situáciami (4 mesiace), však môžeme konštatovať, že pri cieleňom sústreďení sa na SVP v rámci výskumne ladeného prístupu dochádza u žiakov k ich rozvoju a signifikantným rozdielom porovnávajúc ich výsledky s výsledkami kontrolnej skupiny, ktorá pracovala s identickým obsahom tradičným spôsobom.

6 ZÁVERY

Cieľom nášho výskumu bolo zistiť vplyv výskumne ladených aktivít na rozvoj SVP žiakov ôsmeho ročníka základnej školy, identifikovať a špecifikovať problematické SVP. Spoločnými znakmi problematických SVP je ignorovanie získaných údajov, selektívnosť v pozorovaní, konzekventne i v záznamoch a absencia analytického uvažovania. Výsledky ukazujú na signifikantné rozdiely v problematických SVP, a to navrhovať postup overenia formulovaného predpokladu a usudzovať medzi experimentálnou skupinou pracujúcou s výskumne ladenými aktivitami a kontrolnou skupinou, ktorá pracovala na identických obsahoch tradičným spôsobom. Už krátkodobá výskumná práca žiakov viedla k ich väčšej účasti na vlastnom učení sa a k zlepšeniu úrovne SVP. Systematická a pravidelná výskumne ladená činnosť žiakov vyžaduje upravené organizačné podmienky v školách a zmenu v príprave učiteľov prírodovedných predmetov.

POĎAKOVANIE

Článok vznikol za finančnej podpory projektu APVV 14-0070 Prírodovedné kurikulum pre základnú školu 2020.

LITERATÚRA

- Abdi, A. (2014). The effect of inquiry-based learning method on students' academic achievement in science course. *Universal Journal of Educational Research*, 2(1), 37–41. <https://doi.org/10.13189/ujer.2014.020104>
- Akben, N. (2015). Improving science process skills in science and technology course activities using an inquiry method. *Education and Science*, 40(179), 111–132. <https://doi.org/10.15390/EB.2015.4266>
- Anderson, R. D. (2002). Reforming science teaching: What research says about inquiry? *Journal of Science Teacher Education*, 13(1), 1–12. <https://doi.org/10.1023/A:1015171124982>
- APVV-10-0070. (2019). Dostupné z <http://pdf.truni.sk/katedry/kch/veda-vyskum?apvv-14-70-2014-2019>
- Artayasa, I. P., Susilo, H., Lestari, U. & Indriwati, S. E. (2017). The effectiveness of the three levels of inquiry in improving teacher training students' science process skills. *Journal of Baltic Science Education*, 16(6), 908–918.
- Balogová, B. & Ješková, Z. (2016). Mapovanie bádatelských zručností žiakov stredných škôl. *Biológia, ekológia, chémia*, 20(3), 19–25.
- Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Van Scotter, P., Powell, J. C., Westbrook, A. & Landes, N. (2006). The BSCS 5E instructional model: Origins and effectiveness. Colorado Springs, CO: BSCS. Dostupné z http://bscs.org/sites/default/files/_legacy/BSCS_5E_Instructional_Model-Full_Report.pdf
- Beaumont-Walters, Y. & Soyibo, K. (2001). An analysis of high school students' performance on five integrated science process skills. *Research in Science and Technological Education*, 19(2), 133–145. <https://doi.org/10.1080/02635140120087687>
- Bell, R. L., Smetana, L. & Binns, I. (2005). Simplifying inquiry instruction. *The Science Teacher*, 72(7), 30–33.
- Capps, D. K. & Crawford, B. A. (2013). Inquiry based instruction and teaching about nature of science: Are they happening? *Journal of Science Teacher Education*, 24(3), 497–526. <https://doi.org/10.1007/s10972-012-9314-z>
- Coil, D., Wenderoth, M. P., Cunningham, M. & Dirks, C. (2010). Teaching the process of science: faculty perceptions and an effective methodology. *CBE – Life Sciences Education*, 9(4), 524–535. <https://doi.org/10.1187/cbe.10-01-0005>
- Colvill, M. & Pattie, I. (2002). Science skills – The building blocks for scientific literacy. *Investigating: Australian Primary and Junior Scientific Journal*, 18(3), 20–22.
- Demkanin, P., Bartošovič, L. & Velanová, M. (2012). Simple multiplication as a form of presenting experience with introducing data loggers to physics teachers who do not have any experience with usage of such tools in education. In *EDULEARN 12 Proceedings (2993–3002)*. Barcelona: IATED. Dostupné z http://www.ddp.fmph.uniba.sk/~bartosovic/papers/Edulearn_2012.pdf

DeSign. (2019).

Dostupné z <https://www.iteea.org/STEMCenter/6ELearningbyDeSIGN.aspx>

Driver, R., Guesne, E. & Tiberghien, A. (1985). *Children's ideas in science*. Buckingham: Open University Press.

Duit, R., Gropengießer, H., Kattmann, U., Komorek, M. & Parchmann, I. (2012). The model of educational reconstruction – a framework for improving teaching and learning science. In D. Jorde & J. Dillon (Eds.), *Science education research and practice in Europe. Cultural Perspectives in Science Education*, vol 5. (13–37). Rotterdam: SensePublishers. https://doi.org/10.1007/978-94-6091-900-8_2

Durmaz, H. & Mutlu, S. (2016). The effect of an instructional intervention on elementary students' science process skills. *The Journal of Educational Research*, 110(4), 433–445. <https://doi.org/10.1080/00220671.2015.1118003>

Eisenkraft, A. (2003). Enhancing the 5E model. *The Science Teacher*, 70(6), 56–59.

Fraenkel, J. R. & Wallen, N. E. (2009). *How to design and evaluate research in education* (7th ed.). New York: McGraw-Hill.

Fradd, S. H., Lee, O. & Sutman, M. K. (2001). Promoting science literacy with English learners through instructional materials development: A case study. *Bilingual Research Journal*, 25(4), 417–439. <https://doi.org/10.1080/15235882.2001.11074464>

German, P. J. & Aram, R. J. (1996). Student performances on the science processes of recording data, analyzing data, drawing conclusions, and providing evidence. *Journal of Research in Science Education*, 33(7), 773–798. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199609\)33:7<773::AID-TEA5>3.0.CO;2-K](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199609)33:7<773::AID-TEA5>3.0.CO;2-K)

Hardianti, T. & Kuswanto, H. (2017). Difference among levels of inquiry: process skills improvement at senior high school in Indonesia. *International Journal of Instruction*, 10(2), 119–130. Dostupné z http://www.e-iji.net/dosyalar/iji_2017_2_8.pdf

Harlen, W. (1999). Purposes and procedures for assessing science process skills. *Assessment in Education: Principles, Policy and Practice*, 6(1), 129–144.

Harlen, W. (2000). *The teaching of science in primary school*. London: David Fulton Publishers Ltd.

Harlen, W. (2006). *Teaching, learning and assessing science (5–12)*. London: SAGE Publications Ltd.

Held, L., Žoldošová, K., Orolínová, M., Juricová, I. & Kotuláková, K. (2011). *Výskumne ladená koncepcia prírodovedného vzdelávania (IBSE v slovenskom kontexte)*. Trnava: Typi Universitatis Tyrnaviensis.

Hodosyová, M., Útla, J., Vanyová, P. & Lapitková, V. (2015). The development of science process skills in physics education. *Social and Behavioral Sciences*, 186(2015), 982–989. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.04.184>

Chessin, D. A. & Moore, V. J. (2004). The 6-E learning model. *Science and Children*, 42(3), 47–49. Dostupné z http://science.nsta.org/enewsletter/2005-05/sc0411_47.pdf

Choirunnisa, N. L., Prabowo, P. & Suryanti, S. (2018). Improving science process skills for primary school students through 5E unstructional model-based learning. IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 947. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/947/1/012021>

Kanli, U. & Yagbasan, R. (2008). The effects of a laboratory approaches on the development of university students' science process skills and conceptual achievement. *Essays in Education*, Special Edition, 143–153.

- Kibnis, N. (2011). Errors in science and their treatment in teaching science. *Science in Education*, 20(7), 655–685. <https://doi.org/10.1007/s11191-010-9289-0>
- Kim, M. & Chin, C. (2011). Pre-service teachers' views on practical work with inquiry orientation in textbook-oriented science classrooms. *International Journal of Environmental and Science Education*, 6(1), 23–37.
Dostupné z <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ930276.pdf>
- Kotuláková, K. & Bugajová, D. (2017). Spôsobilosti vedeckej práce v kontexte dnešnej školy – posun od štruktúrovaného k riadenému skúmaniu. In D. Kričfaluši & M. Mucha (Eds.), *Aktuální aspekty pregraduální přípravy a postgraduálního vzdělávání učitelů chemie* (65–74) [CD-ROM]. Ostrava: Ostravská univerzita, Přírodovědecká fakulta.
- Krathwohl, D. (1998). *Methods of educational and social research: An integrated approach* (2nd ed.) New York: Longman.
- Kuhn, D., Amsel, E. & O'Loughlin, M. (1988). *The development of scientific thinking*. New York: Harcourt Brace Jovanovich.
- Kurikulum štátu Viktória, Austrália. (2018). Dostupné z <https://victoriancurriculum.vcaa.vic.edu.au/science/curriculum/f-10#level=9-10>
- Lapitková, V., Hodosyová, M., Vanyová, M. & Vnuková, P. (2015). *Spôsobilosti vedeckej práce v prírodovednom vzdelávaní*. Bratislava: Knížné a edičné centrum FMFI UK.
- Lapitková, V. (2016). Spôsobilosti vedeckej práce ako predpoklad naplnenia nosných myšlienok o charaktere vedy. In L. Held (Ed.), *Východiská prípravy prírodovedného kurikula pre základnú školu 2020 II* (209–238). Trnava: Typi Universitas Tyrnaviensis.
- Lati, W., Supasorn, S. & Promarak, V. (2012). Enhancement of learning achievement and integrated science process skills using science inquiry learning activities of chemical reaction rates. *Social and Behavioral Sciences*, 46(2012), 4471–4475.
- Llewellyn, D. (2002). *Inquire within: Implementing inquiry-based science standards*. London: Corwin Press.
- Llewellyn, D. (2013). *Teaching high school science through inquiry and argumentation*. California: Corwin A Sage Company.
- Marshall, J. F., Smart, J. B. & Daniel, W. A. (2016). Inquiry-based instruction: A possible solution to improving student learning of both science concepts and scientific practices. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(5), 777–796.
<https://doi.org/10.1007/s10763-016-9718-x>
- Matušíková, N. (2017). *Rozvoj spôsobilostí vedeckej práce v dnes platnom kurikule* [Diplomová práca]. Trnavská univerzita v Trnave.
- Miklovičová, J., Galábová, A., Valovič, J. & Gondžúrová, K. (2017). Národná správa PISA 2015. Bratislava: NUCEM.
Dostupné z http://www.nucem.sk/documents/27/NS_PISA_2015.pdf
- Miles, M. & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook*. California: Sage Publications.
- Orolínová, M. & Kotuláková, K. (2014). *Rozvoj spôsobilostí vedeckej práce v podmienkach kontinuálneho vzdelávania učiteľov*. Trnava: Typi Universitatis Tyrnaviensis.
- Padilla, M. J. (1986). The science process skills. Research matters... to the science teacher. *National association for research in science teaching*. ERIC Document Reproduction Service No. ED 266 961.

- Park, J. (2006). Modelling analysis of students' processes of generating scientific explanatory hypotheses. *International Journal of Science Education*, 28(5), 469–489. <https://doi.org/10.1080/09500690500404540>
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. O., de Jong, T., van Riesen, S. A. N., Kamp, E. T., Manoli, C. C., Zacharia, Z. C. & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14(1), 47–61. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003>
- PISA. (2015). Dostupné z http://www.nucem.sk/documents//27//NS_PISA_2015.pdf
- Prayitno, A. A., Corenima, D., Susilo, H., Zubaidah, S. & Ramli, M. (2017). Closing the science process skills gap between students with high and low level academic achievement. *Journal of Baltic Science Education*, 16(2), 266–277.
- Ramayanti, S., Utari, S. & Saepuzaman, D. (2017). Training students' science process skills through didactic design on work and energy. *Journal of Physics: Conf. Series* 895, 1–7. IOP Publishing Ltd. Dostupné z <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/895/1/012110/meta>. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/895/1/012110>
- Reif, F. & Larkin, J. H. (1991). Cognition in scientific and everyday domains: Comparison and implications. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 733–760. <https://doi.org/10.1002/tea.3660280904>
- Rokos, L. & Vomáčková, V. (2017). Hodnocení efektivity badatelsky orientovaného vyučování v laboratorních pracích při výuce fyziologie člověka na základní škole a nižším stupni gymnázia. *Scientia in educatione*, 8(1), 32–45.
- Sadeh, I. & Zion, M. (2012). Which type of inquiry project do high school biology students prefer: open or guided? *Research in Science Education*, 42(5), 831–848. <https://doi.org/10.1007/s11165-011-9222-9>
- Sari, P. M., Sudargo, F. & Priyandoko, D. (2018). Correlation among science process skill, concept comprehension, and scientific attitude on regulation system materials. *Journal of Physics: Conf. Series* 948, 1–4. IOP Publishing Ltd. Dostupné z <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/948/1/012008/meta>. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/948/1/012008>
- Seung, E., Choi, B. & Pestel, B. (2016). University students' understanding of chemistry processes and the quality of evidence in their written arguments. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 12(4), 991–1008. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.1248a>
- ŠVP. (2015). Dostupné z <http://www.statpedu.sk/sk/svp/inovovany-statny-vzdelavaci-program/inovovany-svp-2.stupen-zs/clovek-priroda/>
- Taylor, D., Rogers, A. L. & Veal, W. R. (2009). Using self-reflection to increase science process skills in the general chemistry laboratory. *Journal of Chemical Education*, 86(3), 393–398. <https://doi.org/10.1021/ed086p393>
- Valanides, N., Papageorgiou, M. & Angeli, C. (2014). Scientific investigations of elementary school children. *Journal of Science Education and Technology*, 23(1), 26–36. <https://doi.org/10.1007/s10956-013-9448-6>
- Vallová, N. (2012). *Biochemická problematika a jej reflexia v príprave učiteľov na vyučovanie* [Diplomová práca]. Trnavská univerzita v Trnave.
- Vartak, R., Ronad, A. & Ghanekar, V. (2013). Enzyme assay: An investigative approach to enhance science process skills. *Journal of Biological Education*, 47(4), 253–257. <https://doi.org/10.1080/00219266.2013.801871>

- White, B. Y. & Frederiksen, J. R. (1998). Inquiry, modeling, and metacognition: making science accessible to all students. *Cognition and Instruction*, 16(1), 3–118.
https://doi.org/10.1207/s1532690xci1601_2
- Yip, D. Y. (2007). Biology students' understanding of the concept of hypothesis. *Teaching Science*, 53(4), 23–27.
- Zion, M. & Mendelovici, R. (2012). Moving from structured to open inquiry: challenges and limits. *Science Education International*, 23(4), 383–399.

KATARÍNA KOTUĽÁKOVÁ, katarina.kotulakova@truni.sk
DÁVID DLHOLUCKÝ, david.dlholucky@tvu.sk
LUCIA PALICOVÁ, lucia.palicova@tvu.sk
LENKA ŠPRLÁKOVÁ, lenka.sprlakova@tvu.sk
Trnavská univerzita v Trnave, Pedagogická fakulta
Katedra chémie
Priemyselná 4, 918 43 Trnava, Slovenská republika