

ROZVÍJANIE PRÍRODOVEDNEJ GRAMOTNOSTI žiakov gymnázia prostredníctvom BÁDATEĽSKY ORIENTO VANÉHO VYUČOVANIA

DEVELOPING SCIENTIFIC LITERACY of high school students THROUG INQUIRY BASED EDUCATION

Elena Čipková, Zuzana Balážová, Štefan Karolčík, Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Katedra didaktiky prírodných vied, psychológie a pedagogiky karolcik@fns.uniba.sk

Abstract

The development of science literacy is an important aim of science education. A scientifically literate individual is able to distinguish information based on scientific research from information that is not, make correct decisions beneficial to the world of nature, to their own lives, and to the society, on the basis of critical assessment and evaluation of evidence-based arguments. Examples of selected learning activities aimed at solving problems through students' research using computer-supported laboratory of natural sciences are presented in this article. On the basis of achieved results, we state that it is possible to the students in developing their science literacy through targeted use of teaching methods and approaches aimed at students' own experimentation.

However, widening the space for solving problems, realisation of students' experimental activities, collection and analysis of the data and application of thereby acquired knowledge requires strengthening of education of natural sciences subjects.

This can be achieved through increase of lessons existing natural sciences classes per week or through inclusion of a new subject which would provide space for the application of cross-section topics and active solving of problems through students' research.

Klíčová slova

badatelsky orientované vyučovanie, prírodovedná gramotnosť

Key words

inquiry based education, science literacy

Odborná verejnosť, ale aj politici sa zhodujú v tom, že rozvíjanie prírodovednej gramotnosti je dôležitým cieľom prírodovedného vzdelávania. Prírodovedná gramotnosť je chápaná rôznymi spôsobmi. Jej kontroverzný charakter je dôsledkom množstva rôznych faktorov (napr. počet záujmových skupín zaoberajúcich sa prírodovednou gramotnosťou, rôzne účely presadzovania prírodovednej gramotnosti, rôzne spôsoby jej merania, atď.), ktoré môžu ovplyvňovať výklad pojmu (Laugksch, 2000). Základným cieľom prírodovedného vzdelávania by podľa Hodsona (2008) malo byť, aby všetci žiaci bez ohľadu na pohlavie, etniku, náboženstvo, sexuálnu orientáciu, geografickú polohu a aktuálnu úroveň prírodovednej gramotnosti, dosiahli mieru kritickú prírodovednej gramotnosti, ktorú interpretuje ako schopnosť čítať správy zahŕňajúce prírodné vedy informovaným a kritickým spôsobom za účelom vytvorenia vlastného rozhodnutia o tom, čomu veriť, o čom pochybovať a čo odmietnuť. Verí v tzv. univerzálnu kritickú prírodovednú gramotnosť, ktorú by mali získať všetci žiaci na nejakej úrovni.

Medzi dokumenty, ktoré formovali prírodovedné vzdelávanie v celosvetovom meradle patria rámce vydané Národnou výskumnou radou (National Research Council, NRC), Americkou asociáciou vedeckého pokroku (American Association of the Advancement of Science, AAAS) a Programom pre medzinárodné hodnotenie študentov OECD (Programme for International Student Assessment, PISA).

NRC definuje prírodovednú gramotnosť ako schopnosť využiť dôkazy a údaje pri hodnotení kvality vedeckých informácií a argumentov, ktoré predkladajú vedci a médiá (NRC, 1996). V ich aktuálnej publikácii *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas* je rozvíjanie prírodovednej gramotnosti premietnuté do štyroch dimenzií: a) vedieť, využívať a interpre-

tovat vedecké vysvetlenia prírodného sveta, b) generovať a vyhodnocovať vedecké dôkazy a vysvetlenia, c) porozumieť povahe a vývoju vedeckých poznatkov, a d) produktívne sa zúčastňovať vedeckých postupov a diškurzu (Quinn, Schweingruber, Keller, 2012). AAAS s prírodovednou gramotnosťou spája schopnosti ako napr. byť oboznámený so svetom prírody a rešpektovať jeho jedinečnosť, mať na pamäti situácie, v ktorých sú matematika, technológie a prírodné vedy navzájom prepojené, porozumieť kľúčovým konceptom a princípom vedy, vedieť rozmýšľať prírodovedne, byť schopný využiť vedomosti z oblasti prírodných vied na osobné a spoločenské účely (AAAS, 1990). PISA vo svojom poslednom rámci, ktorý bol pripravený pre meranie PISA 2015 definuje prírodovednú gramotnosť ako schopnosť angažovať sa v témach súvisiacich s vedou ako uvažujúci občan. Vedecky gramotný človek je preto ochotný zapojiť sa do odôvodneného diškurzu o vede a technológii, ktorý si vyžaduje kompetencie: a) vedecky vysvetliť fenomény; b) hodnotiť a navrhnúť vedecké bádanie; c) vedecky interpretovať dáta a dôkazy (OECD, 2013). Národný projekt v Spojenom kráľovstve (UK) s názvom *21st Century Science* očakáva, že prírodovedne gramotný človek bude schopný: a) oceniť a pochopiť vplyv vedy a technológií na každodenný život, b) robiť informované osobné rozhodnutia o veciach, ktoré zahŕňajú vedu (ako napr. zdravie a výživa), c) čítať a porozumieť podstatným bodom mediálnych správ, ktoré zahŕňajú prírodné vedy, d) s istotou sa zúčastňovať na diskusiách o otázkach, ktoré zahŕňajú prírodné vedy (Nuffield Foundation, 2016).

Aj napriek širokému a často rozdielnemu nazeraniu na prírodovednú gramotnosť, prírodovedne gramotný človek by mal byť schopný rozlíšiť vedecké poznatky od nevedeckých, robiť správne rozhodnutia v prospech prírody, vlastného života a spoločnosti na základe kritického posúdenia a hodnotenia argumentov založených na dôkazoch. Mal by robiť

racionálne rozhodnutia a spoľahlivé úsudky na základe dostatočného množstva informácií a s ohľadom na nedostatky, riziká a limity poznatkov vedy a techniky.

BÁDANIE ŽIAKOV S PODPOROU POČÍTAČOM PODPOROVANÉHO PRÍRODOVEDNÉHO LABORATÓRIA

Cieľom nášho výskumu bolo zistiť, či aplikovaním vhodných aktivít zameraných na riešenie problémov prostredníctvom bádania žiakov s podporou počítačom podporovaného prírodovedného laboratória (pozri bližšie Čipková, Karolčík, 2015; Čipková, Karolčík, Žarnovičan, 2014) dokážeme rozvíjať prírodovednú gramotnosť žiakov strednej školy. Rovnako nás zaujímalo, či je v súčasných podmienkach škôl možné rozvíjať prírodovednú gramotnosť aplikáciou bádateľských aktivít žiakov. Výskum sme realizovali v 2. ročníku na gymnáziu L. Sáru v Bratislave v rámci povinného predmetu Úvod do štúdia, ktorý je súčasťou školského vzdelávacieho programu daného gymnázia. Výskumu sa zúčastnilo 20 žiakov vo veku 16–17 rokov (12 chlapcov a 8 dievčat). Výučba prebiehala každý týždeň s polovicou triedy v rozsahu 2 vyučovacích hodín. Keďže sme výskum realizovali v rámci predmetu školského vzdelávacieho programu, ktorý je špecifický svojím obsahovým zameraním, nemali sme možnosť porovnania výsledkov s triedou, v ktorej by výučba prebiehala tradičným spôsobom výučby bez aplikovania bádateľských aktivít.

Obsah vyučovacieho predmetu tvorili prierezové témy Voda a Energia. V rámci vyučovania sme aplikovali inovatívne metódy a prístupy, pričom sme kládli dôraz najmä na bádateľsky orientované

vyučovanie s podporou počítačom podporovaného prírodovedného laboratória. Keďže žiaci s uvedeným prístupom nemali skúsenosti, úvodná hodina bola venovaná algoritmu vedeckej práce. Realizovaná výučba prebiehala nie len v triede, ale aj priamo v prírode formou exkurzie zameranej na stanovenie vybraných vlastností vody, porovnanie vlastností stojatej a tečúcej vody, určovanie fauny a flóry stojatých a tečúcich vôd a určovanie organizmov žijúcich pri vode.

Pred a po realizácii výskumu (časové rozmedzie 4 mesiace) sme žiakom administrovali test s cieľom zistiť, či vyučovanie zahrňujúce bádanie žiakov zvyšuje tie zložky prírodovednej gramotnosti, ktoré podľa Harlen (2001) môžeme efektívne rozvíjať v rámci prírodovedného vzdelávania, t.j. a) prírodovedné predstavy, b) prejavy vedeckého postoja k realite, c) spôsobilosti vedeckej práce. Jednotlivé úlohy testu sa neviazali k preberanému učivu. Každá úloha testu sa začínala podnetom v podobe krátkeho textu s obrázkom, ktorý uviedol žiaka do problematiky. Za textom nasledovali nezávislé otázky, pri riešení ktorých žiaci museli rozpoznať problémy, analyzovať informácie zobrazené pomocou grafov, tabuliek a mapových podkladov, interpretovať vedecké dôkazy a tvoriť závery. Po ukončení výučby sme žiakom zadali rovnaký test (posttest). Keďže žiaci neboli informovaní o tom, že test budú písať aj po absolvovaní výučby a jednotlivé položky testu neboli so žiakmi analyzované, domnievame sa, aj s ohľadom na dlhšie časové obdobie medzi zadaním pretestu a posttestu, že skóre žiakov v postteste nebolo ovplyvnené riešením pretestu.

Analýzou výsledkov pretestu sme zistili, že žiaci dosiahli priemer 16,95 bodov, pričom najvyšší dosiahnutý počet bodov bol 21,5 a najnižší 13,5 bodov. V postteste dosiahli priemer 20,52 bodov, pričom najvyšší dosiahnutý počet bodov dosiahol hodnotu

25,25 a najnižší 16 bodov. Keďže vzorky pochádzajú z normálneho rozloženia a súbory sa štatisticky významne neodlišujú v štandardných odchyľkách ($F=0,76$, $p=0,60$), na porovnanie priemeru žiakov v preteste a postteste sme použili Studentov párový t-test, ktorý potvrdil, že žiaci v postteste dosiahli štatisticky významne lepšie výsledky ako v preteste ($t=-3,81$, $p=0,001$). Výsledky sú štatisticky významné na hladine významnosti $\alpha = 0,05$.

Obsah vyučovania

- 1.–2. hodina:
Ako pracuje vedec – Voda a skúmanie vlastností vody
- 3.–6. hodina:
Exkurzia – Tok Vydrica a jeho prírodné okolie
 1. skupina:
Skúmanie a meranie vybraných vlastností tečúcej vody
 2. skupina:
Skúmanie a meranie vybraných vlastností stojatej vody
 3. skupina:
Skúmanie fauny a flóry v okolí vody
 4. skupina:
Skúmanie vodných bezstavovcov
- 7.–8. hodina:
Spracovanie výsledkov meraní, určovanie rastlín a živočíchov (prezentácia výsledkov)
- 9.–10. hodina:
Skúmanie fyzikálno-chemických vlastností pitnej a dažďovej vody. Porovnanie vlastností rôznych druhov vôd.
- 11.–12. hodina:
Energia, obnoviteľná a neobnoviteľná energia, metabolizmus
- 13.–16. hodina:
Fotosyntéza a dýchanie

V nasledujúcej časti uvedieme príklady aktivít a učebných postupov, ktorých aplikáciou môžeme zvýšiť úroveň prírodovednej gramotnosti žiakov (pre viac informácií pozri Balážová, 2015).

Ukážky aktivít na rozvoj prírodovednej gramotnosti žiakov

Ukážka časti pracovného listu zameraného na riešenie problému a formuláciu hypotéz (3.–6. hodina, exkurzia).

Cieľom tejto časti hodiny bolo rozvíjať schopnosť žiakov kriticky hodnotiť informácie a informačné zdroje a viesť ich k používaniu pôvodných, odborných prameňov. Kritické hodnotenie zdrojov informácií je nevyhnutnou a dôležitou súčasťou nie len výskumného procesu, ale aj bežného života každého človeka. Riešením stanoveného problému a aplikáciou algoritmu vedeckej práce u žiakov rozvíjame porozumenie jednotlivým prvkom výskumu a zhodnotenie ich vplyvu na záver výskumu.

Ukážka časti hodiny zameranej na diskusiu o obnoviteľných a neobnoviteľných zdrojoch energie a potrebe jej šetrenia (11.–12. hodina). (V tejto časti hodiny sme využili voľne dostupnú aplikáciu sprístupnenú na webovej stránke <http://www.guliwer.sk/flashdesign/4-energeticke-opatrenia.html>)

Pracovný list

POROVNANIE VLASTNOSTÍ STOJATEJ A TEČÚCEJ VODY

Problém

Aké kritériá by mala spĺňať čistá, neznečistená voda? Majú stojaté a tečúce vody rovnaké vlastnosti?

- ❖ S využitím odborných zdrojov zistite a napíšte parametre, podľa ktorých sa hodnotí kvalita vôd.

.....

Hypotézy

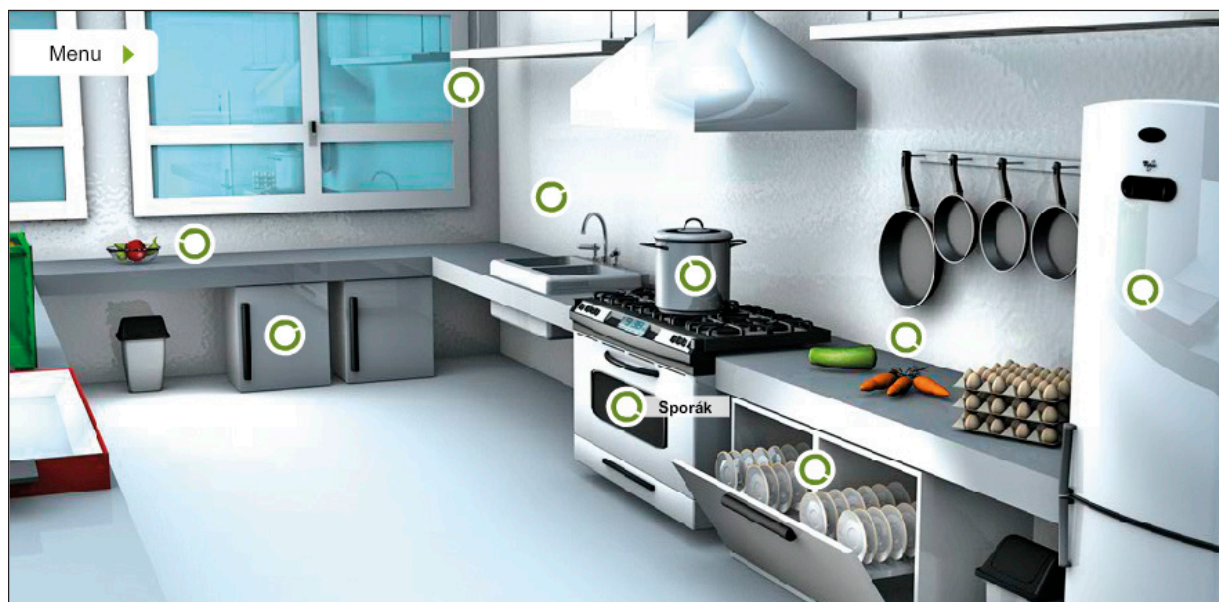
Porovnajzte fyzikálno-chemické vlastnosti stojatej a tečúcej vody a formulujte hypotézy.

Obr 1 Ukážka časti pracovného listu zameraného na riešenie problému a formuláciu hypotéz Zdroj: autoři.

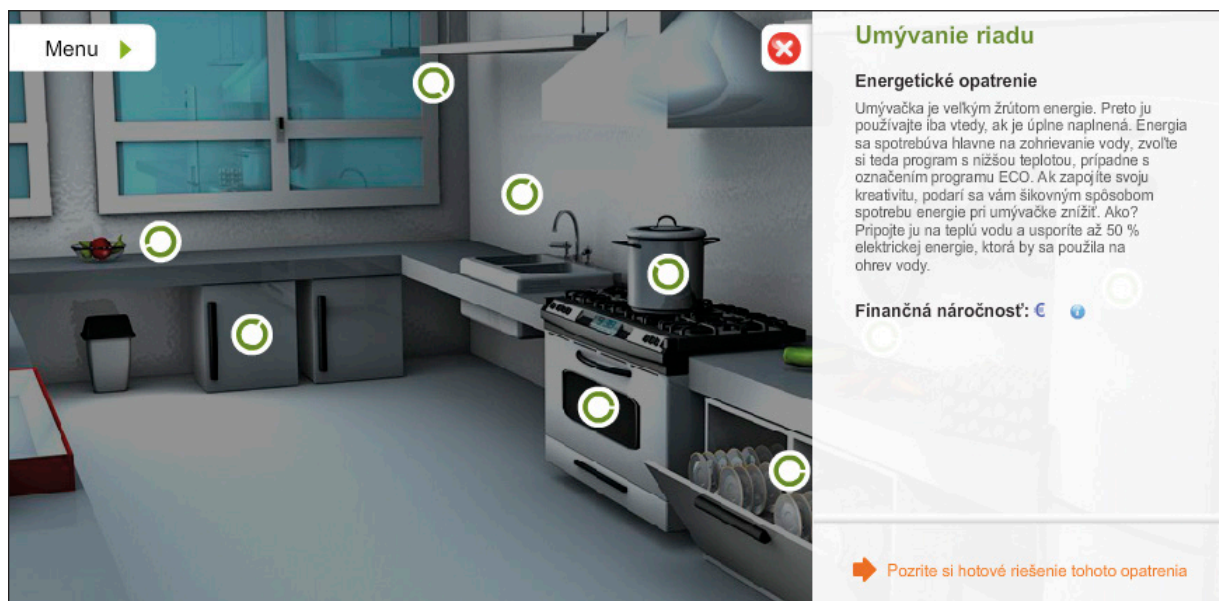
V 3D prevedení máme miestnosti, v ktorých sa najčastejšie zdržiavame: exteriér školy, počítačová učebňa, chodba, zborovňa, trieda, kuchyňa a sociálne zariadenia. V úvode aktivity sme so žiakmi diskutovali, v ktorej miestnosti spotrebujeme najviac energie (kuchyňa) a kde v kuchyni sa energia využíva.

Následne mali žiaci určiť, ako najčastejšie plytváme v kuchyni energiou a navrhnúť spôsob využívania jednotlivých spotrebičov tak, aby sme šetrili energiou.

V rámci diskusie o jednotlivých návrhoch riešení žiakov je možné doplniť alebo zhrnúť energetické opatrenia aj na základe informácií, ktoré sa zobrazia kliknutím na jednotlivé spotrebiče.



Obr 2 3D prevedenie kuchyne na webovej stránke. Zdroj: www.zivica.sk



Obr 3 Energetické opatrenia pri umývaní riadu prezentované na webovej stránke. Zdroj: www.zivica.sk

V závere aktivity žiaci navrhovali opatrenia, ktorými by mohli osobne prispieť k šetreniu energiou.

Ukážka časti hodiny zameranej na porovnanie priebehu fotosyntézy a dýchania za svetla a v tme (15.–16. hodina).

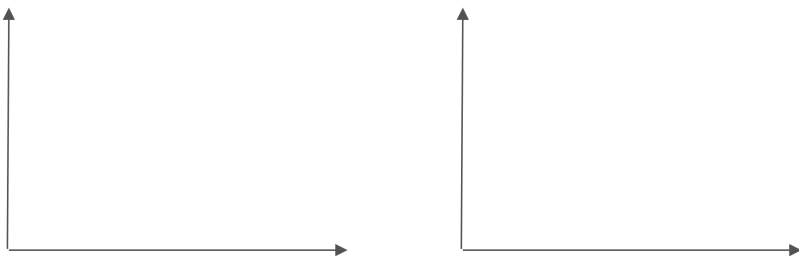
Vyučovacia hodina bola zameraná na porovnanie fotosyntézy a dýchania u rastlín, a rozlíšenie podmienok, za ktorých prebiehajú. Ťažiskovou časťou hodiny bol návrh a realizácia pokusu, ktorým by žiaci dokázali priebeh fotosyntézy a dýchania na svetle a v tme. Žiaci riešili problém, či fotosyntéza a dýchanie závisí od svetla. V rámci diskusie žiaci riešili dielčie problémy a formulovali hypotézy:

- Ako ovplyvňuje intenzita svetla priebeh fotosyntézy?
- Závisí spotreba kyslíka pri dýchaní od svetla?
- Ak bude rastlina na svetle, budú sa hodnoty oxidu uhličitého meniť? Ako?
- Ak bude rastlina v tme, budú sa hodnoty kyslíka a oxidu uhličitého meniť? Ako?
- Ako ovplyvňuje dĺžka času množstvo vyprodukovaného kyslíka v procese fotosyntézy?

Následne žiaci za pomoci učiteľa navrhovali pokusy, pričom si museli uvedomiť, že je potrebné merať množstvo kyslíka a oxidu uhličitého, akým spôsobom môžu zistiť koncentráciu daných plynov, ktoré premenné budú sledovať a pod. Skôr ako navrhnutý pokus zrealizovali, v pracovnom liste riešili nasledovné úlohy:

1. Do grafov zakreslite krivky, ktoré pravdepodobne nameriate senzorom plynu CO_2 a O_2 za svetla. Označte os x a y .

CO_2 (svetlo) O_2 (svetlo)



2. Do grafov zakreslite krivky, ktoré pravdepodobne nameriate senzorom plynu CO_2 a O_2 v tme.

Obr 4 Ukážka časti pracovného listu zameraného na prácu s grafmi. Zdroj: autoři.

Po realizácii merania a vypracovaní úloh v protokole nasledovalo porovnanie výsledkov s predpokladom, spoločné zhrnutie a zdôvodnenie výsledkov pokusu.

- Potvrdili sa vaše hypotézy?
- Zhodovali sa vami predpokladané krivky

na grafe so skutočne nameranými grafmi?

- Ako sa menili hodnoty oxidu uhličitého v tme? Prečo?
- Ako sa menili hodnoty kyslíka v tme? Prečo?
- Prečo fotosyntéza v tme neprebíhala?
- Prečo sme na rastliny svietili lampou?

- Ako sa menili hodnoty oxidu uhličitého za svetla? Prečo?
- Ako sa menili hodnoty kyslíka za svetla? Prečo?
- Kedy prebiehajú oba procesy (fotosyntéza a dýchanie) súčasne?
- Ktorý z procesov prebiehal v tme?
- Prečo ste pozorovali zarosenie biokomory?
- Čo mohlo ovplyvniť naše meranie?

Diskusia

Za kľúčové časti vyučovania vedúce k zvýšeniu prírodovednej gramotnosti žiakov považujeme najmä aplikáciu bádateľských aktivít, pri ktorých žiaci mali možnosť „kopírovať“ prácu vedca a pochopiť ako veda funguje. Tieto aktivity viedli k rozvíjaniu integrovaných spôsobilostí vedeckej práce (Padilla, 1990), a to najmä spôsobilosti interpretovať dáta, kontrolovať premenné, formulovať hypotézy, konštruovať tabuľky a grafy, tvoriť závery a zovšeobecnenia. Využitie pracovných listov s aktivitami zameranými na predpokladanie priebehu deja a jeho znázornenie do grafu, ako aj na konkrétnu tvorbu grafov z tabuliek podporovalo u žiakov schopnosť vizualizácie vzťahov prostredníctvom grafov, čítanie informácií z tabuliek a grafov, a riešenie konkrétnych problémov založených na analýze graficky znázornených informácií.

Z pohľadu učiteľa sme zvlášť ocenili počítačom podporované prírodovedné laboratórium, ktoré skrátením času potrebného pre získanie hodnoverných výsledkov otvorilo priestor pre diskusiu, riešenie problémov, návrh experimentu, prácu s dátami a ich prezentáciu. Osvedčili sa nám

aj aktivity, pri ktorých mali žiaci znovu zakresliť graf nameraný prostredníctvom počítača do pracovného listu. Pri tejto aktivite žiaci detailnejšie analyzovali namerané grafy a lepšie si uvedomovali priebeh skúmaného deja.

Medzi žiakmi sa ako najzaujímavejšie javili aktivity realizované priamo v prírode – odber vzoriek vody, stanovovanie kvality vody prostredníctvom počítačom podporovaného prírodovedného laboratória a identifikovanie vybraných druhov rastlín s využitím kľúča na určovanie rastlín. Práve mimoriadne podnetný a pre realizáciu učebných činností a vzdelávacích aktivít zaujímavý priestor.

Záver

Výsledky prezentovaného výskumu naznačujú, že cieľovou aplikáciou vyučovacích metód a prístupov zameraných na experimentálnu činnosť žiakov môžeme u žiakov rozvíjať prírodovednú gramotnosť aj v súčasných podmienkach našich škôl. Je však nevyhnutné posilniť výučbu prírodných vied tak, aby bol vytvorený priestor pre riešenie problémov, realizáciu experimentálnej práce, zber a analýzu dát, aplikáciu poznatkov a pod. Jednou z ciest je aj posilnenie prírodovedných predmetov v rámci školského vzdelávacieho programu, či už zvýšením hodinovej dotácie pre existujúce prírodovedné predmety alebo zaradením predmetu, ktorý poskytuje priestor pre uplatnenie prierezových tém, aktívne riešenie problémov prostredníctvom bádania žiakov a prepájanie poznatkov jednotlivých prírodovedných odborov.

Literatúra

American Association for the Advancement of Science (AAAS). (1990). Science for All Americans. New York : Oxford University Press.

- BALÁŽOVÁ, Z. (2015). Rozvíjanie prírodovednej gramotnosti prostredníctvom počítačom podporovaných prírodovedných laboratórií. [Diplomová práca]. Bratislava : Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského v Bratislave. 126 s.
- ČIPKOVÁ, E., KAROLČÍK, Š., ŽARNOVIČAN, H. (2014). Bádateľsky orientované vyučovanie s využitím počítačom podporovaného prírodovedného laboratória. Bratislava: Univerzita Komenského v Bratislave. 880 s. ISBN 978-80-223-3743-4.
- ČIPKOVÁ, E., KAROLČÍK, Š. (2015). Bádateľsky orientované vyučovanie s využitím meracích systémov. *Moderní vyučování*, 21(5–6), 39–41.
- HARLEN, W. (2001). The assessment of scientific literacy in the OECD/PISA project.
- HODSON, D. (2008). *Towards Scientific Literacy. A Teachers' Guide to the History, Philosophy and Sociology of Science*. Sense Publishers, Rotterdam.
- LAUGKSCH, R. C. (2000). Scientific literacy: A conceptual overview. *Science education*, 84(1), 71–94.
- National Research Council (NRC). (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academies Press.
- Nuffield Foundation. 2016. What do we mean by «scientific literacy»? Retrieved from <http://www.nuffieldfoundation.org/twenty-first-century-science/scientific-literacy>
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2013). *PISA 2015 DRAFT SCIENCE FRAMEWORK*.
- QUINN, H., SCHWEINGRUBER, H., & KELLER, T. (Eds.). (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. National Academies Press.
- PADILLA, M. J. (1990). The science process skills. *Research Matters-to the science Teacher*, 9004.