

Environmentálna problematika a trvalá udržateľnosť vo vzdelávaní chémie: Výskumný zámer dizertačnej práce

JANA URBANOVÁ, KATARÍNA KOTULÁKOVÁ



Abstrakt: Jedným z riešení environmentálnych problémov spôsobených rýchlou urbanizáciou v mestách je budovanie mestských zelených plôch. Zaujímavým fenoménom zelenej infraštruktúry sú zelené strechy, ktoré prinášajú ekologické aj ekonomické benefity. Na zelené strechy však možno nazerať aj ako na platformu pre vzdelávanie a zdroj reálnych údajov pre žiakov získaných v autentickom prostredí riešiac reálne výskumné otázky. V uvedenom výskumnom zámere navrhujeme odpovedať na otázku týkajúcu sa potenciálu zelených striech v prírodovednom vzdelávaní prostredníctvom práce s didakticky transformovaným obsahom – výskumnými dizajnami realizovanými na zelenej streche žiakmi základných a stredných škôl. Cieľom nadchádzajúceho výskumu je vytvoriť vzdelávacie prostredie pre prácu žiakov, ktoré má výskumný charakter a sledovať jeho vplyv na rozvoj spôsobilosti práce s dátami a postojov k životnému prostrediu.

Kľúčové slová: Zelené strechy, autentické dáta, prírodovedná gramotnosť.

URBANOVÁ, J. & KOTULÁKOVÁ, K. 2023. Environmentálna problematika a trvalá udržateľnosť vo vzdelávaní chémie: Výskumný zámer dizertačnej práce. *Arnica* 13(1), 40–44. Západočeská univerzita v Plzni, Plzeň, ISSN 1804-8366.

Rukopis došiel 12. 1. 2023; byl přijat po recenzi 30. 5. 2023.

Jana Urbanová, Katedra chémie, Pedagogická fakulta, Trnavská univerzita, Hornopotočná 23, 918 43, Trnava, Slovenská republika; e-mail: jana.urbanova@tvu.sk • Katarína Kotuláková, Katedra chémie, Pedagogická fakulta, Trnavská univerzita, Hornopotočná 23, 918 43, Trnava, Slovenská republika

Úvod

S rýchlým ekonomickým rastom v súčasnosti dochádza na mnohých miestach všetkých vyspelých krajín sveta k rozsiahlej urbanizácii. Dôkazom sú pravidelné správy UNFPA (United Nations Population Found), z ktorých je viditeľný približne 3% nárast množstva obyvateľov miest uvádzaný v 5 ročných cykloch. K roku 2020 bolo zastúpenie mestského svetového obyvateľstva vyčíslené na 56 %. V súčasnosti sa predpokladá, že do roku 2025 opäť hustota obyvateľstva v týchto oblastiach stúpne asi na 58 % (UNFPA 2022). S opísaným procesom sa prirodzene spája rozširovanie mestských oblastí, ktoré sú charakteristické nepriepustnými betónovými či asfaltovými povrchmi. Tieto nahrádzajú pôvodné zelené prostredie, dôsledkom čoho je čoraz častejší vznik lokálnych environmentálnych problémov vo forme zvýšeného množstva prachu a škodlivých plynov v ovzduší, častých záplavových udalostí a otepľovania, ktoré je známe aj ako efekt mestského tepelného ostrova (Chen *et al.* 2018, Bříza 2019). Intenzitu týchto procesov by mohla ovplyvniť implementácia zelene do miest (Gill *et al.* 2007). Zelená infraštruktúra pozitívne pôsobí na zmiernenie prezentovaných problémov, pričom výsledkom ochladzovania okolia je aj šetrenie energie v letných obdobiach, kedy je potrebné klimatizovanie budov (Georgi & Dimitriou 2010).

Jednou z pomerne moderných foriem mestskej zelene sú zelené strechy. Tie sú vďaka veľkému zastúpeniu strešných plôch z celkovej horizontálnej rozlohy miest aj efektívnym riešením pri zmiernení dôsledkov urbanizácie

(Mentens *et al.* 2006). Pôsobia ako tepelná izolácia budov, eliminujú hlučnosť, vytvárajú prostredie pre faunu a flóru (Ampim *et al.* 2010) a ich budovanie na nových alebo pôvodných zrekonštruovaných budovách nenaruša pôvodný plán miest (Oberndorfer 2007). Výraznou výhodou je aj eliminácia stavebného odpadu, ktorý je využívaný do substrátových zmesí (Bianchini & Hewage 2012). Takto prispievajú k ochrane zdravia obyvateľov a správnej funkcii ekosystému i lokálnej klímy (Imhoff *et al.* 2010).

Okrem všetkých prezentovaných výhod, ktoré zelené strechy prinášajú v ekonomickej alebo environmentálnej oblasti, ich môžeme využiť aj v oblasti vzdelávania. Realizácia pozorovaní a experimentov či participácia žiakov na monitorovaní a spracovaní dát z reálneho prostredia umožňujú získať skúsenosť s postupmi objektivizovaného skúmania (Lederman *et al.* 2013). Zelená strecha tak vytvára „environmentálne laboratórium“, ktoré poskytuje praktické príležitosti na spoznávanie výskumných postupov, prácu s dátami, a spoznávanie javov nie len z oblasti prírodných vied (Green Roof NYC 2018).

Vzdelávanie v exteriéri

Vyučovanie v exteriéri môže pozitívne ovplyvňovať environmentálne postoje, duševné zdravie, emocionálnu reguláciu, angažovanosť žiakov a výsledky v prírodovedných predmetoch (Rios & Brewer 2014, Mann *et al.* 2022). Žiaci tiež získavajú priamu skúsenosť s prírodným prostredím (Rios & Brewer 2014). Vyučovanie realizované

v prírode by preto malo byť súčasťou prírodovedného vzdelávania. Ekologické témy a outdoorové vzdelávanie napríklad v severných krajinách Európy tvoria dôležitú súčasť učebných osnov prírodovedného vzdelávania (Jeronen *et al.* 2017), pričom cieľom vyučovania je okrem iného aj podporiť vyučovanie matematiky alebo spoločenských vied (Remmen & Iversen 2022).

Zelené strechy umožňujú priamy vstup žiakov na zelenú plochu, čo otvára možnosť vzdelávania sa mimo tradičných školských priestorov. Kontext zelenej strechy zároveň poskytuje učiteľom príležitosť na predstavenie zelenej infraštruktúry miest a environmentálnych problémov súvisiacich so zmenou mestskej mikroklímy (Green Roof NYC 2018, Keitges 2021). Umožňujú dlhodobé monitorovanie rôznych aspektov ich fungovania a tak aj ich vplyvu na okolité prostredie. Získané výsledky je možné porovnať napr. so simultánnym monitorovaním nepriepustných mestských povrchov (Saadatian *et al.* 2013; Park *et al.* 2018). Týmto postupmi je možné prezentovať hmatateľný dôkaz prebiehajúcich klimatických zmien a na základe získanej priamej skúsenosti diskutovať o dopadoch rôznych faktorov na okolie a človeka.

Práca s dátami

S informáciami získanými zo zelenej strechy je možné pracovať aj bez priameho prístupu na strechu. Prostredníctvom pripraveného súboru aktivít zameraných na prácu s reálnym, nespracovaným, veľkým súborom dát je možné sprostredkovať autentický vedecký výskum. Na základe výsledkov z mnohých štúdií (Mirel *et al.* 2016; Anderson *et al.* 2020; Schultheis *et al.* 2022) je zrejmé, že práca žiakov s reálnymi dátami v oblasti prírodovedných

predmetov má pozitívny vplyv na ich vedomosti, spôsobilosti vedeckej práce aj postoje o študovaných javoch. Avšak je nutné poznamenať, že žiaci pristupujú k informáciám získaných z čítania dát kritickejšie, ak už boli priamo zapojení do ich zbierania (Wolff *et al.* 2019).

Schopnosť zhromažďovať údaje ako aj spravovať a kritickým spôsobom ich vyhodnocovať a aplikovať tvoria základné prvky dátovej gramotnosti (Ridsdale *et al.* 2015), ktorej detailnejšia charakteristika je zobrazená v tabuľke 1.

Pri práci s dátami žiaci získavajú kognitívne a praktické zručnosti, ktoré ich pripravujú na prácu s kvantitatívnymi postupmi vo vedeckej práci (Stefan *et al.* 2015, Olimpo *et al.* 2018) a zlepšujú schopnosť čítať a porozumieť výsledkom prezentovaným v dennej tlači, odbornej aj popularizačnej literatúre (Anderson *et al.* 2020). Správna interpretácia údajov je dôležitá najmä v kontexte dnešnej digitálnej komunikácie, kedy sú publikované často neoverené texty alebo zámerne zavádzajúce informácie (Whitacre & Saul 2016).

Náčrt výskumného zámeru

Ambíciou výskumného zámeru je overiť experimentálne zelené strechy ako potenciálne výchovné prostredie. Prostredníctvom aktivít, ktoré priblížia experiment prebiehajúci na extenzívnych zelených strechách, bude možné priniesť do škôl skutočný a aktuálny vedecký výskum zameraný na skúmanie efektu zelených plôch na environmentálne problémy mestských oblastí. Parametre zaznamenávané v stále prebiehajúcim výskume na zelenej streche sa týkajú najmä objemu odtekajúcej dažďovej vody, evapotranspirácie, teploty a vlhkosti ovzdušia aj substrátu, percenta rastlinného pokryvu a kvality odtekajúcej dažďovej vody.

Kľúčová oblasť dátovej gramotnosti	Spôsobilosti kľúčových oblastí
Zber dát	Zisťovanie a zber dát Hodnotenie a zabezpečenie kvality dát a zdrojov
Manažment dát	Organizácia a manipulácia dát Konverzia dát Tvorba a používanie metadát Spracovanie, zabezpečenie a znovupoužívanie dát
Hodnotenie dát	Práca s nástrojmi na spracovanie údajov Analýza a interpretácia dát Identifikácia problémov pomocou údajov Vizualizácia a prezentovanie dát Realizácia rozhodnutia na základe dát
Aplikácia dát	Používanie kritického myslenia pri vyhľadávaní a práci s dátami Rešpektovanie etických pravidiel Používanie správnych citačných metód Legálne zdieľanie dát Hodnotenie rozhodnutí založených na údajoch

Tab. 1. Kľúčové oblasti dátovej gramotnosti (upravené podľa Ridsdale a kol., 2015)

Na tomto základe je možné so žiakmi napr. porovnávať objem vody odtekajúcej z bežnej strešnej krytiny a zelenej strechy, pričom zrážky môžu byť simulované a množstvo pridanej a odtečenej vody sa odsleduje manuálne. Vďaka automatizácii experimentu je však možné sledovať množstvo zrážok nepretržite v 15 min intervaloch. Podobne je možné porovnať teplotu substrátu a okolia. Jednoducho sa dá zistiť aj percento rastlinného pokryvu, a to prácou s vytlačenými fotografiami zhotovovanými v každom ročnom období alebo sa metóda zdigitalizuje použitím vhodného fotoshopu. Pri kvalite eluátu sa sleduje napr. žiakom dobre známa hodnota pH, kde je možné merať aj pH dopadajúcej dažďovej vody a sledovať vplyv kyslých dažďov na zelenú strechu alebo prípadnú zmenu tejto hodnoty po pretečení substrátom. Parametrom, s ktorým sa žiaci často nestretávajú, je chemická spotreba kyslíka, ktorá prezentuje množstvo organických látok v testovaných vodách. Stanovovanie je zaujímavé najmä vďaka využitiu spektrofotometrie, ale aj možnosťou využiť daný postup na zistenie stupňa znečistenia organickými látkami v dostupných vodných zdrojoch.

Opísané parametre a výskumné metódy boli prezentované v diplomovej práci Urbanová (2022). V nasledujúcich rokoch bude zber dát pokračovať, a tak bude možné sledovať prebiehajúce sezónne aj medziročné zmeny v prevádzke zelenej strechy aj v mikroklimé miest. Celý súbor dát bude využitý pri plnení výskumného zámeru a príprave výskumných aktivít, ktoré umožnia žiakom osvojiť si prácu s reálnymi dátami a pochopiť podstatu niektorých prírodných javov. Vďaka práci so zozbieranými údajmi sa žiaci priamo stanú svedkami prebiehajúcich klimatických zmien, čo môže pozitívne ovplyvniť ich postoj k environmentálnym problémom, vede a vedeckej práci.

Ambíciou je okrem iného aj realizácia tzv. longitudinálneho výskumu, kde budeme pracovať so spolupracujúcou skupinou žiakov dlhodobo, a tak môžeme sledovať a testovať posun či stagnáciu sledovaných parametrov, najmä spôsobilosti práce s dátami a žiackych postojov, v čase. Experimentálna skupina bude na environmentálnej problematike a trvalej udržateľnosti pracovať prostredníctvom pripravených výskumných aktivít. Tie študentom v úvode predstavia výskumnú otázku a inšpiráciu, ktorá vedcov viedla k realizácii prezentovaného projektu. Následne budú žiaci postupovať od formulácie hypotéz, zberu údajov, cez celkové spracovanie reálnych dát až po ich aplikáciu. Diferenciácia náročnosti úloh zároveň umožní pracovať s aktivitami rôznym vekovým skupinám alebo ich využívať flexibilne v ktorejkoľvek časti školského roka. Inak vecné dáta tak budú prístupné pútavým spôsobom s ohľadom na vytvorenie spojenia vedy so životom a v tomto prípade najmä s aktuálnymi klimatickými zmenami. Tým by sa v aktivitách podporilo pro-environmentálne zmýšľanie

posilnené prípadným priamym kontaktom žiakov s reálnou zelenou strechou.

Efektivitu navrhnutých výskumných aktivít a zhodnotenie ich potenciálu overíme prostredníctvom relevantných nástrojov, ktorými budeme zisťovať úroveň spôsobilostí vedeckej práce, kde sa zameriame najmä na prvky dátovej gramotnosti (viď tab. 1) a postoje zamerané na environmentálne problémy, fungovanie vedy a vedeckú prácu. Okrem zlepšenia spomínaných spôsobilostí práce s dátami očakávame skvalitnenie argumentačných zručností podložených dôkazmi.

Záver

Ambíciou prezentovaného výskumného zámeru je vytvoriť vzdelávacie materiály, ktoré vytvárajú prostredie pre prácu žiakov s prvkami IBSE a zároveň obsahom odpovedajú na súčasnú spoločenskú i environmentálnu výzvu. Taktó zostavené výskumné aktivity by mali viesť žiaka ku aktívnemu osvojovaniu si spôsobilostí vedeckej práce a porozumeniu toho, ako funguje veda a objektivizované skúmanie. Uvedené spôsobilosti sú dnes potrebné v každodennom osobnom i pracovnom živote.

Literatúra

- AMPIM, P. A. Y., SLOAN, J. J., CABRERA, R. I., HARP, D. A. & JABER, F. H. 2010. Green roof growing substrates: Types, ingredients, composition and properties. *Journal of Environmental Horticulture* 28(4): 244–252.
- ANDERSON, A. E., JUSTEMENT, L. B. & BRUNS, H. A. 2020. Using real-world examples of the COVID-19 pandemic to increase student confidence in their scientific literacy skills. *Biochemistry and Molecular Biology Education* 48(6): 678–684.
- BIANCHINI, F. & HEWAGE, K. 2012. How “green” are the green roofs? Lifecycle analysis of green roof materials. *Building and Environment* 48: 57–65.
- BRÍZA, L. 2019. The importance of green roofs and sustainable development. *In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Vol. 566, 012003.
- CHEN, H., MA, J., WANG, X., XU, P., ZHENG, S. & ZHAO, Y. 2018. Effects of Biochar and Sludge on Carbon Storage of Urban Green Roofs. *Forests* 9(7): 413.
- GEORGI, J. N. & DIMITRIOU, D. 2010. The contribution of urban green spaces to the improvement of environment in cities: Case study of Chania, Greece. *Building and Environment* 45(6): 1401–1414.
- GILL, S. E., HANDLEY, J. F., ENNOS, A. R. & PAULEIT, S. 2007. Adapting cities for climate change: The role of the green infrastructure. *Built Environment* 33(1): 115–133.
- GREEN ROOF NYC. 2018. Green roof educational initiatives in NYC. *Green Roof Education*. [online] [cit. 18.12.2022] Dostupné na WWW: <<https://www.greenroofsnyc.com/education>>

- IMHOFF, M. L., ZHANG, P., WOLFE, R. E. & BOUNOUA, L. 2010. Remote sensing of the urban heat island effect across biomes in the continental USA. *Remote Sensing of Environment* 114(3): 504–513.
- JERONEN, E., PALMBERG, I. & YLI-PANULA, E. 2017. Teaching methods in biology education and sustainability education including outdoor education for promoting sustainability—A Literature Review. *Education Science* 7(1): 1.
- KEITGES, V. 2021. Let's put green roofs on schools and help students and teachers. *Living Architecture Monitor* [online] [cit. 18.12.2022]. Dostupné na WWW: <<https://livingarchitecturemonitor.com/articles/lets-put-green-roofs-on-schools-and-help-students-and-teachers-f21>>
- LEDERMAN, N. G., LEDERMAN, J. S. & ANTINK, A. 2013. Nature of science and scientific inquiry as contexts for the learning of science and achievement of scientific literacy. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology* 1(3): 138–147.
- MANN, J., GRAY, T., TRUONG, S., BRYMER, E., PASSY, R., HO, S., SAHLBERG, P., WARD, K., BENTSEN, P., CURRY, C. & COWPER, R. 2022. *Frontiers in Public Health* 10: 877058.
- MENTENS, J., RAES, D. & HERMY, M. 2006. Green roofs as a tool for solving the rainwater runoff problem in the urbanized 21st century? *Landscape and Urban Planning* 77(3): 217–226.
- MIREL, B., KUMAR, A., NONG, P., SU, G. & MENG, F. 2016. using interactive data visualizations for exploratory analysis in undergraduate genomics coursework: field study findings and guidelines. *Journal of Science Education and Technology* 25(1): 91–110.
- OBERNDORFER, E., LUNDHOLM, J., BASS, B., COFFMAN, R. R., DOSHI, H., DUNNETT, N., GAFFIN, S., KÖHLER, M., LIU, K. K. Y. & ROWE, B. 2007. Green roofs as urban ecosystems: Ecological structures, functions, and services. *BioScience* 57(10): 823–833.
- OLIMPO, J. T., PEVEY, R. S. & MCCABE, T. M. 2018. Incorporating an interactive statistics workshop into an introductory biology course-based undergraduate research experience (cure) enhances students' statistical reasoning and quantitative literacy skills. *Journal of Microbiology & Biology Education* 19(1): 1450. DOI 10.1128/jmbe.v19i1.1450
- PARK, J., KIM, J., LEE, D.K. & DVORAK, B. 2018. The role of green roofs on microclimate mitigation effect to local climates in summer. *International Journal of Environmental Research* 12: 671–679.
- REMMEN, K. B. & IVERSEN, E. 2022. A scoping review of research on school-based outdoor education in the Nordic countries. *Journal of Adventure Education and Outdoor Learning* DOI: 10.1080/14729679.2022.2027796
- RIDSDALE, C., ROTHWELL, J., SMIT, M., ALI-HASSAN, H., BLIEMEL, M., IRVINE, D. & WUETHERICK, B. 2015. *Strategies and best practices for data literacy education*. Dalhousie University. 75 pp. DOI:10.13140/RG.2.1.1922.5044.
- RIOS, J. M. & BREWER, J. 2014. Outdoor education and science achievement. *Applied Environmental Education & Communication* 13(4): 234–240.
- SAADATIAN, O., SOPIAN, K., SALLEH, E., LIM, C. H., RIFFAT, S., SAADATIAN, E., TOUDESHEKI, A. & SULAIMAN, M. Y. 2013. A review of energy aspects of green roofs. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 23: 155–168.
- SCHULTHEIS, E. H., KJELVIK, M. K., SNOWDEN, J., MEAD, L. & STUHLSTATZ, M. A. M. 2022. Effects of data nuggets on student interest in STEM careers, self-efficacy in data tasks, and ability to construct scientific explanations. *International Journal of Science and Mathematics Education* <https://doi.org/10.1007/s10763-022-10295-1>
- STEFAN, M. I., GUTLERNER, J. L., BORN, R. T. & SPRINGER, M. 2015. The quantitative methods boot camp: teaching quantitative thinking and computing skills to graduate students in the life sciences. *PLOS Computational Biology* 11(4): e1004208.
- UNFPA. 2022. Population trends. *Population data portal* [online] [cit. 18.12.2022]. Dostupné na WWW: <<https://pdp.unfpa.org/apps/0aeda6af00dd4544ba50452da2dda474/explore>>.
- URBANOVÁ, J. 2022. *Využitie biouhlia ako aditíva do substrátov pre extenzívne zelené strechy*. MS, Diplomová práca, depon. in Pedagogická fakulta, Trnavská univerzita v Trnave, Trnava. 92 pp.
- WHITACRE, M. P. & SAUL, E. W. 2016. High school girls' interpretations of science graphs: exploring complex visual and natural language hybrid text. *International Journal of Science and Mathematics Education* 14(8): 1387–1406.
- WOLFF, A., WERMELINGER, M. & PETRE, M. 2017. Creating an understanding of data literacy for a data-driven society. *The Journal of Community Informatics* 12(3): 9–26.

E English summary

Environmental Issues and Sustainability in Chemistry Education: Dissertation Research Plan

Large-scale urbanization is a natural outcome of the rapid economic growth of today (UNFPA, 2022). The replacement of native natural environments with impermeable surfaces is associated with environmental problems observed especially in cities in the form of flooding or warming of the surroundings (Chen *et al.*, 2018). The implementation of green spaces in urban areas appears to be an effective solution. One of the modern and effective forms of urban greenery is green roofs. Their advantage over traditional green areas is that they do not disturb the original city plan and act as insulation for the building (Mentens *et al.*,

2006; Oberndorfer, 2007). In fulfilling these advantages, they can also be used as a platform for teaching. The green roof provides hands-on opportunities to explore research practices, work with data, and learn about new phenomena, all of which are enhanced by working outside of traditional school spaces (Green Roof NYC, 2018). Outdoor learning can positively influence environmental attitudes, mental health, emotional regulation, student engagement, and science achievement (Mann *et al.*, 2022; Rios and Brewer, 2014). Green roofs allow for long-term monitoring of various aspects of their functioning and thus their impact on the surrounding environment. These results can be compared to simultaneous monitoring of impervious urban surfaces (Saadatian *et al.*, 2013; Park *et al.*, 2018). Thus, tangible evidence of ongoing climate change can be presented. In working with the data, students gain cognitive and practical skills that prepare them to work with quantitative procedures in scientific work (Stefan *et al.*, 2015; Olimpo *et al.*, 2018) and improve their ability to read and understand results from the scientific literature (Anderson *et al.*, 2020). The ability to collect data as well as to manage and critically evaluate and apply it form the core elements of data literacy (Ridsdale *et al.*, 2015). However, it is also possible to work with information obtained from a green roof without direct access to the roof. Through a prepared set of activities focused on working with a real data set, authentic scientific research can be communicated.

The ambition of the research project is to validate experimental green roofs as potential learning environments. By means of activities that will bring the experiment on extensive green roofs closer to schools, it will be possible to bring real and up-to-date scientific

research to schools to investigate the effect of green spaces on the environmental problems of urban areas. Parameters recorded in the ongoing green roof research are mainly related to the volume of rainwater runoff, evapotranspiration, temperature and humidity of both air and substrate, percentage of vegetation cover and quality of rainwater runoff. Part of the described parameters were presented in the thesis of Urbanová (2022). In the following years, the data collection will continue, and the whole set of data obtained will be used in the fulfillment of the research plan and the preparation of research activities that will allow students to learn how to work with real data and understand the nature of some natural phenomena. By working with the collected data, pupils will directly witness ongoing climate change, which can positively influence their attitudes towards environmental issues, science and scientific work. Among other things, the ambition is to carry out a so-called longitudinal research, where we will work with a cooperating group of pupils over a long period of time, so that we can monitor and test the shift or stagnation of the observed parameters, in particular the competence of working with data and pupils' attitudes over time. We will verify the effectiveness of the proposed research activities and assess their potential through relevant instruments that will measure the level of scientific work competences, where we will focus mainly on the elements of data literacy and attitudes focused on environmental issues, the functioning of science and scientific work. In addition to improving the aforementioned competencies in data handling, we expect to improve evidence-based reasoning skills.

Key words: Green roof, authentic data, science literacy.