

## **JAK A PROČ UČIT O DISTRIBUCI SLUNEČNÍ ENERGIE V KRAJINĚ: VYUŽITÍ TERMOVIZE A DALŠÍCH DIGITÁLNÍCH TECHNOLOGIÍ V RÁMCI INOVACE VÝUKY PŘÍRODOPISU NA ZŠ**

RYPLOVÁ Renata – POKORNÝ Jan – HOTAŘOVÁ Natálie, CZ

**Resumé** Moderní technologie se stále častěji uplatňují i ve výuce přírodopisu. Jednoduché termokamery mohou být používány s výhodou v terénní výuce mezipředmětového tématu funkce vegetace v našem životním prostředí. Vegetace hraje významnou roli v distribuci solární energie a koloběhu vody v krajině. Rostliny využívají většinu dopadající sluneční energie na výpar vody z listů. Ochlazují tak sebe i své okolí. Sluneční energie vázaná ve vodní páře se potom na chladných místech při kondenzaci zpět na vodu uvolňuje a své okolí ohřívá. Díky těmto procesům tepelné výměny vegetace ovlivňuje místní klima a vyrovnává teplotní výkyvy. Tepelné změny na povrchu a v okolí vegetace jsou pomocí termovize i na úrovni základní školy dobře detekovatelné a vysvětlitelné. Ačkoliv je tato funkce vegetace pro životní prostředí člověka velmi významná, ve výuce na základních školách je doposud zcela opomíjena. Proto byla s využitím termovize a dalších digitálních senzorů vytvořena inovativní metodika výuky pro ZŠ k tomuto tématu, s níž tento příspěvek čtenáře seznamuje. Zároveň přináší i zkušenosti získané v rámci pilotního ověřování této metodiky a výsledky sondy zaměřené na názory učitelů a žáků na využití zmíněných moderních technologií při výuce. Učitelé i žáci tuto inovativní metodiku výuky hodnotili vesměs pozitivně. Někteří učitelé však spatřují limity v malé časové dotaci pro výuku a mají, mnohdy neoprávněně, obavy z finanční náročnosti termovizního snímkování.

**Klíčová slova:** termovize, solární energie, vegetace, mezipředmětové vztahy

### **HOW AND WHY TEACH ABOUT SOLAR ENERGY DISTRIBUTION IN THE LANDSCAPE: THE USE OF THERMOVISION AND FURTHER DIGITAL TECHNOLOGIES IN INOVATIVE SCIENCE EDUCATION**

**Abstract** Modern technologies are frequently used in science education. Simple thermal cameras can be used with an advantage in education of a multidisciplinary topic of the role of vegetation in solar energy distribution and water cycle in the landscape. The plants use the majority of the incoming solar energy for water transpiration from the leaves. By this way, they cool themselves as well as their environment. In cold places the water vapour condensate, the energy is released and warms up the environment. For the measurement of the temperature, changes in the landscape thermal cameras and further digital technologies can be used. Despite the high importance of the role of vegetation in solar energy distribution in the landscape, this topic is not included into the education at Czech basic schools. This contribution brings the results from the pilot implementation of the new methodology developed for the teaching of this topic with the use of thermal cameras and further digital technologies. Simultaneously, the results of the survey of teachers and students' attitudes to this kind of teaching activities are included. Teachers as well as students mostly assessed the new methodology positive.

**Key words:** thermovision, solar energy, vegetation, multidisciplinary education

## Úvod

Výuka s využitím digitálních technologií se díky technologickému pokroku nezadržitelně rozšiřuje napříč obory. Použití digitálních technologií ve výuce přírodovědných oborů je obzvláště významné a bývá dokonce označováno jako výzva pro vzdělávání 21. století. Často totiž umožňuje rychlejší zpřístupnění nových vědeckých poznatků školní výuce, což je vzhledem k rychlosti s jakou se rozvíjí přírodní vědy velmi důležité (Bolstad & Bunting, 2013). Jedním z aktuálních přírodovědných výukových témat, u kterého lze digitální technologie s výhodou využít, je problematika role vegetace v distribuci sluneční energie v krajině. Měření toků sluneční energie v krajině je složité a vyžaduje na vědecké úrovni vysoce kvalitní a nákladnou přístrojovou techniku. Díky rychle pokračujícímu vědeckotechnickému vývoji jsou však dnes již na trhu cenově i ovladatelsky přívětivé měřicí přístroje, (např. jednoduché termokamery, infračervené teploměry či programovatelná USB čidla teploty a vlhkosti, s jejichž pomocí lze toto téma zpřístupnit za pomoci moderních didaktických metod již žákům na základních školách. S využitím této techniky je v současné době za podpory projektu TAČR TL 01000294 na Pedagogické fakultě Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích ve spolupráci s vědeckými pracovníky ENKI, o.p.s., kteří se distribucí sluneční energie ve vztahu k vegetaci a vodě v krajině dlouhodobě zabývají na vědecké úrovni, vyvíjena metodika pro výuku tohoto tématu na základních školách.

### 1 Proč učit v přírodopisu o distribuci sluneční energie v krajině?

Proč bychom se měli v rámci výuky přírodopisu věnovat distribuci sluneční energie v krajině? Je potřeba zvýšit všeobecné společenské povědomí o roli vegetace pro ochlazování místního klimatu a udržení vody v krajině. V době globálního oteplování potřebujeme zmírnit jeho dopady a zajistit dostatek vody pro současné i příští generace. V tomto procesu hraje vegetace v krajině zásadní roli. „Klimatizační“ funkce vegetace je totiž veřejností vnímána jako samozřejmost. Každý ví, že ve stínu stromů je v létě chladněji než na rozpálené městské dlažbě. Procesy, umožňující rostlinám ochlazovat své okolí a jejich souvislost s využitím slunečního záření však nejsou zcela známy a jejich širší ekologický význam je většinou opomíjen. Důvodem může být i absence tohoto environmentálně velmi důležitého tématu ve školní výuce. Jak naznačují dosavadní výzkumy, úroveň znalostí žáků základních škol (Ryplová & Pokorný, 2020), absolventů středních škol (Ryplová & Pokorný, 2019) i začínajících studentů učitelství přírodopisu (Ryplová & Pokorný, 2018) k tématu role vegetace v distribuci sluneční energie a s ním souvisejícího koloběhu vody v krajině je velmi nízká. Vegetace, díky své „klimatizační schopnosti“ spojuje distribuci sluneční energie s koloběhem vody a významně tak ovlivňuje zadržování vody v krajině (Pokorný, 2019; Ellison a kol., 2017; Huryna & Pokorný, 2016). Po průchodu atmosférou dopadá na povrch Země za slunného letního dne až 1000 Wm<sup>-2</sup> sluneční energie. Je – li na tomto povrchu přítomna vegetace dostatečně zásobená vodou, většina (60 – 80%) sluneční energie je využita na výpar z listů a půdy (evapotranspiraci). Pomocí výparu průduchy v listech (transpirace) rostliny udržují rovnováhu svého vodního režimu a nasávají vodu kořeny. K převodu vody ze skupenství kapalného do skupenství plynného rostliny využívají většinu sluneční energie, která na jejich povrch dopadá. Tato energie je skryta ve vodní páře jako tzv. latentní teplo. Díky vysoké tepelné kapacitě vody dochází při výparu vody z listů rostlin k poměrně velkým přenosům energie, rostliny pro transpiraci využijí řádově stovky wattů sluneční energie na m<sup>2</sup> (Pokorný, 2019). Tato energie proto nemůže být využita k ohřevu zemského povrchu, od kterého se pak ohřívá vzduch. Tímto způsobem tedy vegetace ochlazuje sebe i své okolí (Pokorný, 2019; Ellison a kol., 2017; Schneider & Sagan, 2005). Vzduch nasycený vodní parou stoupá pomalu vzhůru a vodní pára na chladných místech kondenzuje zpět na vodu, která se ve formě mírných dešťových srážek a mlhy vrací zpět do krajiny. Při kondenzaci se energie uschovaná ve vodní páře opět uvolňuje

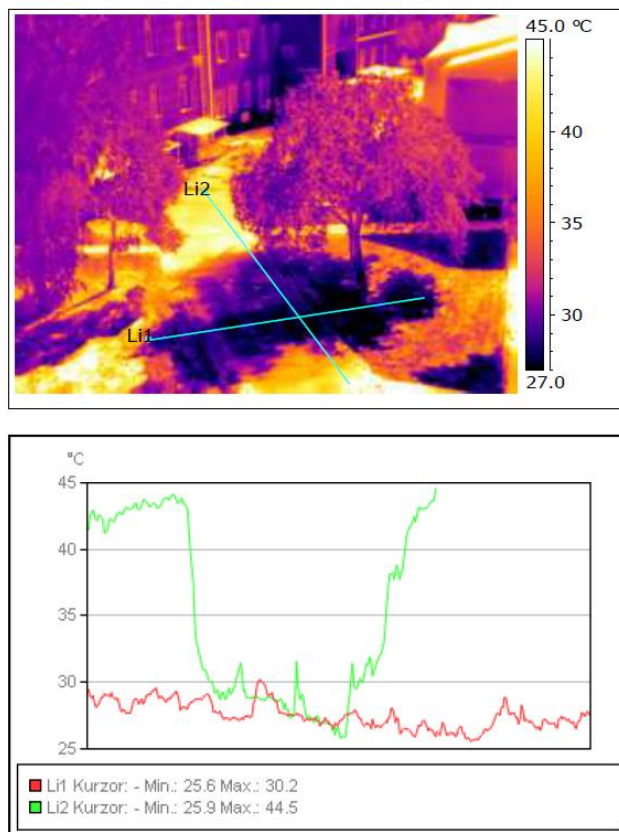
a své okolí ohřívá. Návrat vody do krajiny díky kondenzaci vodní páry je uzavřením tzv. krátkého vodního cyklu (Pokorný, 2019). Pokud sluneční energie dopadá na povrch bez vody a vegetace, není možné její podstatnou část využít na výpar. Většina sluneční energie proto ohřívá zemský povrch, od kterého se ohřívá vzduch. Ohřátý vzduch rychle proudí vzhůru a v něm obsažená vzdušná vlhkost odvádí další vodu z krajiny. Dochází k přerušení tzv. krátkého vodního cyklu (Pokorný, 2019; Huryna & Pokorný, 2016). Vegetace v krajině tedy pomáhá udržet vodu. Řada mezinárodních výzkumů posledních let dokazuje, že např. odlesnění velkých ploch způsobuje následný nedostatek srážek (Sheil, 2018; Makarieva & Gorshkov, 2010).

Porozumění základním principům role vegetace v distribuci sluneční energie a koloběhu vody v krajině je proto základním předpokladem pro správné hospodaření budoucích generací s vodou. Z tohoto důvodu je důležité věnovat se výuce tohoto tématu již na základních školách.

## 2 Jak učit o roli vegetace v distribuci sluneční energie v krajině

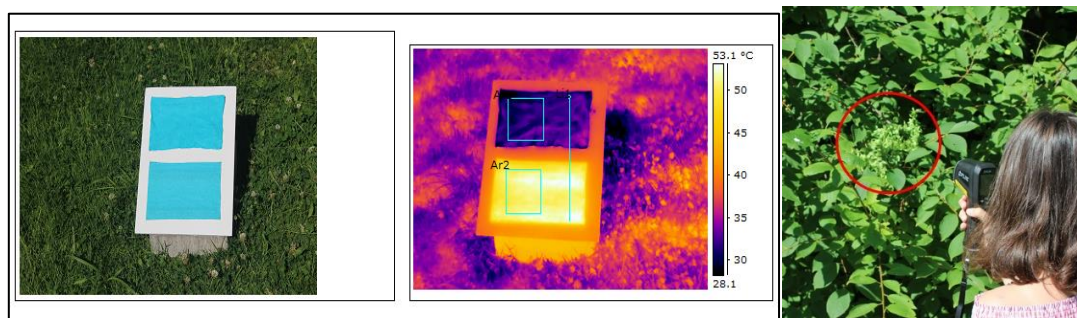
Z pohledu výuky se jedná o téma typické pro tzv. „STEM education“ (Science, Technology, Engineering and Mathematics ) tedy mezioborové téma, spojující uvedené obory (Bybee, 2010). K pochopení jsou potřebné znalosti z přírodopisu (stavba a funkce listu - výpar vody prostřednictvím listů), fyziky (energie a její změny, výpar, kondenzace, měření teploty), zeměpisu (sluneční energie a globální koloběh vody), při výpočtech energetických změn se žáci neobejdou bez matematických dovedností. S teplem a výměnou tepla během výparu a kondenzace se setkávají ve fyzice. Vyjdeme – li z tabulkové znalosti hodnoty měrného skupenského výparného tepla vody  $2.45 \text{ MJ kg}^{-1}$  při teplotě  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  (tj.  $0.68 \text{ kWh kg}^{-1}$ ) a poskytneme – li žákům informaci o rychlosti transpirace (např. vzrostlý strom s průměrem koruny 5 m vypaří v jasném letním dnu během deseti hodin slunečního svitu 100 litrů vody), mohou např. dopočítat, že strom chladí díky výparu z listů své okolí výkonem 6,8 kWh. Výše popsané tepelné změny spojené s klimatizační rolí vegetace jsou dobře detekovatelné pomocí termovizního snímkování, (Obr. 1), které se používá k hodnocení vlivu vegetace na místní klima i pro vědecké účely (Pokorný a kol., 2018). Jednoduché a kvalitní termokamery vhodné pro výuku tohoto tématu jsou na trhu dostupné v cenách do 20 tis. Kč, v případě jednoduššího infračerveného teploměru s integrovanou termokamerou je cena ještě výrazně nižší. Termovizní snímky lze snadno převést do tabletů a počítačů a dále s nimi pracovat např. v rámci badatelské či projektové výuky. Kromě termokamer lze pro měření povrchových teplot použít i cenově výrazně levnější, infračervené bezdotykové teploměry.

Během terénních úloh prováděných za jasného dne v době vegetace a zahrnujících měření různých povrchů (např. stín stromu, koruna stromu, posečený trávník, vzrostlý trávník, chodník, asfaltová plocha, plechová střecha apod.) se tak žáci mohou sami přesvědčit o klimatizační schopnosti vegetace například v těsném okolí školy či na školní zahradě. Z tohoto pohledu lze toto téma využít v rámci v přírodních vědách aktuálně doporučeného regionálního vyučování (angl. place based education, Smith, 2007).



Obrázek 1 – Klimatizační efekt vegetace v termovizním zobrazení. Zatímco teplota ve stínu stromu se pohybuje v rozmezí cca 26 – 30 °C, na osluněné písčité cestě či nízko posečeném trávníku dosahuje více než 40 °C (zdroj, ENKI, o.p.s.)

V rámci tvorby metodiky výuky k tématu role vegetace v distribuci sluneční energie v krajině byly zpracovány návrhy výukových aktivit formou badatelské a projektové výuky (Obr. 2), které byly pilotně ověřeny ve výuce na základních školách a ve finální podobě budou v dohledné době pedagogické veřejnosti k dispozici zdarma ke stažení na webu katedry biologie PF JU v Českých Budějovicích. Vytvářené metodické listy obsahují i doporučenou sestavu měřících přístrojů pro výuku včetně uvedených základů práce s termovizní technikou v přírodopisu.

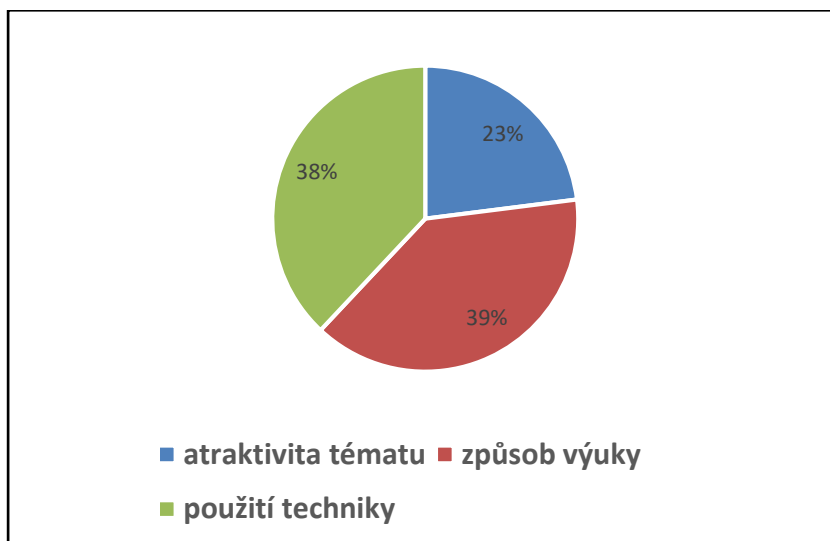


Obrázek 2- V rámci výuky se studenti nejprve pomocí termovizního zobrazení suché a mokré nasákavé látky exponované na slunci přesvědčí o „chladící“ funkci vody. Následně se pomocí termokamery snaží objevit ve vegetaci ukrytou a pouhým okem špatně rozeznatelnou umělou rostlinu,

jejíž teplota je na termovizním snímku výrazně vyšší. „Mrtvá rostlina“ se nemůže ochlazovat výparem vody.

### 3 Názory žáků a učitelů na použití termovize a dalších moderních technologií – případová studie

V rámci ověřování vyvíjených výukových aktivit v praxi byla provedena krátká výzkumná studie, zjišťující názory studentů a učitelů na výuku s použitím termokamer a dalších digitálních technologií. Názory žáků byly zjišťovány formou krátkého dotazníkového šetření mezi celkově 48 respondenty ze dvou devátých tříd ZŠ, kteří absolvovali badatelskou výuku s využitím termokamery a infračervených bezdotykových teploměrů. Během výukové aktivity tito žáci řešili badatelskou otázku „Proč je stín stromu chladnější než stín slunečnicku“. Během dotazníkového šetření odpovídali na dvě dichotomické otázky: a) zda se jim absolvovaná výuka líbila, b) zda by ji chtěli absolvovat znovu. V odpovědi na poslední otevřenou otázku měli uvést, co se jim na výuce líbilo/nelíbilo nejvíce. Celkem 92 % respondentů uvedlo, že se jim výuka líbila, 84 % by podobný typ výuky chtělo absolvovat znovu. Odpovědi na otevřenou otázku byly následně roztrženy do celkově 3 kategorií: a) atraktivita tématu, b) způsob výuky c) použití techniky (Obr. 3). Do kategorie atraktivita tématu byly zařazeny např. odpovědi typu „Dozvěděl jsem se mnoho nového/zajímavého“, „Dozvěděla jsem se, jak příroda kolem nás funguje“. Do kategorie způsob výuky byly zařazeny např. odpovědi „Výuka mě bavila, škoda, že se tak neučíme pořad“ či odpověď „Vlastně jsme se neučili a dozvěděli jsme se spoustu věcí“ Celkově 38% z těch respondentů, které výuka bavila, uvedlo, že se jim nejvíce líbilo měření či jen uvedlo pojem moderní přístroje/přístroje, celkem 6 žáků výslovně uvedlo, že nejvíce se jim líbilo měření termokamerou. Nejen z dotazníkového šetření, ale i z celkového nadšení žáků v průběhu terénní části výukových aktivit lze usuzovat, že výuka s pomocí moderních technologií a termovize především, je pro ně atraktivní. Ti, kterým se výuka nelíbila, uvedli, že je nebavila nebo že se nejednalo o přírodopis, ale o fyziku a ta je nebaví. Tento typ odpovědi je signálem k posílení mezipředmětových vztahů mezi fyzikou a přírodopisem.



Obrázek 3 – Sonda názorů žáků devátých ročníků ZŠ: Důvody, proč se respondentům líbila ověřovaná výuková aktivita, N= 48.

Podobné názory vyjadřovali i učitelé. Celkem 12 učitelů, kteří měli v rámci pilotního ověřování možnost se seznámit s různými výukovými aktivitami k tématu role vegetace v distribuci solární energie v krajině, se zúčastnilo polostrukturovaných rozhovorů, v nichž měli vyjádřit svůj názor na ověřované výukové aktivity a použití uvedené přístrojové techniky ve výuce. Všichni učitelé téma považovali za vhodné pro výuku. Celkem 10 z oslovených učitelů uvedlo, že by chtěli toto téma zařadit do své výuky. Zbývající dva uvedli, že se obávají, že pořizovací cena přístrojů bude pro školu příliš vysoká. Naopak dva z učitelů uvedli, že jejich škola termokameru vlastní, ale ve výuce přírodopisu ji zatím nepoužívá. Obavy z finanční náročnosti přístrojové techniky uváděli i někteří z těch učitelů, kteří by rádi testované výukové aktivity do své výuky zavedli. Po uvedení informací o aktuálních cenách však všichni uvedli, že očekávali vyšší cenové nároky na pořízení nutných přístrojů. Jeden učitel vyjádřil své obavy z nedostatku času ve výuce pro badatelskou výuku v terénu obecně. Všichni učitelé se shodovali na tom, že měření pomocí termokamery je pro žáky velmi atraktivní a má aktivizační efekt.

### **Závěr**

Téma role vegetace v distribuci sluneční energie v krajině je vysoce aktuální. Z pohledu učitelů je téma vhodné pro výuku a hodlají ho do své výuky zařadit. Využití termokamery pro výuku sledovaného tématu považují učitelé za vhodné a pro žáky aktivizující. Někteří však vyjadřují obavy z finanční náročnosti termokamer pro výuku. Žáci pracovali s termokamerou ve výuce s nadšením.

### **Poděkování**

Příspěvek vznikl za podpory projektu podporovaného Technologickou agenturou ČR TL1000294 a GAJU123/2019/S.

### **Literatura**

Bolstad, R. & Bunting, C. (2013). Digital Technologies and Future-Oriented Science Education. <https://www.nzcer.org.nz/system/files/Digital%20technologies%20and%20future%20science%20education.pdf>. New Zealand Ministry of Education, 37p.

Bybee, R. W. (2010). What is STEM education? *Science*, 329 (5995), 996 p.

Ellison, D., Morris, C.E., Locatelli, B., Sheil, D., Cohen, J., Murdiyarso, D., Gutierrez, V., van Noordwijk, M., Creed, I.F., Pokorny, J., Gaveau, D., Spracklen, D.V., Tobella, A.B., Ilstedt, U., Teuling, A.J., Gebrehiwot, S.G., Sands, D.C., Muys, B., Verbist, B., Springgay, E., Sugandi, Y., Sullivan, S.A. (2017). Trees, forests and water: cool insights for a hot world. *Global Environ. Change* 43, pp. 51–61.

Huryňa, H., Pokorný, J. (2016). Role of water and vegetation in distribution of solar energy and local climate: a review, *Folia Geobot* 51(3) DOI: [10.1007/s12224-016-9261-0](https://doi.org/10.1007/s12224-016-9261-0)

Makarieva, A.M., Gorshkov, V., G. (2010). The Biotic Pump: Condensation, atmospheric dynamics and climate. *Int. J. Water*, 5(4), pp. 365–385.

Pokorny, J., (2019). Evapotranspiration. In: Fath, B.D. (editor in chief) *Encyclopedia of Ecology*, 2nd edition, vol. 2, Oxford: Elsevier, pp. 292–303.

Pokorný J., Hesslerová P., Jirka V., Huryňa H., Seják J. (2018). Význam zeleně pro klima města a možnosti využití termálních dat v městském prostředí. *Urbanismus a územní rozvoj* 20(1), pp. 1 – 12.

Ryplova R. & Pokorny, J. (2018). Using project-based education to develop pre-service biology teachers' knowledge of the cooling effect of vegetation. In: M. Rusek, K. Vojir (Eds.), *Project-based Education and other activating strategies in Science Education XVI.*, (pp.105 -113). Praha: Charles University, Faculty of Education.

Ryplová R. & Pokorný, J. (2019). Opomíjená úloha vegetace v distribuci sluneční energie a utváření klimatu – sonda znalostí začínajících studentů učitelství přírodopisu. *Envigogika*, 14(1), pp. 1-19. <https://doi.org/10.14712/18023061.580>

Ryplova, R., & Pokorny, J. (2020). Fostering interdisciplinarity through technology enhanced learning of transpiration. In M. Rusek, M. Tóthová, & K. Vojíš (Eds.), *Project-based Education and Other Activating Strategies in Science Education XVII.* (pp. 245-252). Prague: Charles University, Faculty of Education.

Sheil, D. (2018). Forests, atmospheric water and an uncertain future: the new biology of the global water cycle. *Forest Ecosystems* 5 (19) [online]. [cit. 13. 2. 2020]. <https://doi.org/10.1186/s40663-018-0138-y>

Schneider, D. E. & Sagan, D. (2005). *Into the Cool. Energy Flow, Thermodynamics, and Life.* The University of Chicago Press, Chicago and London, 362 s.

Smith, G.A. (2007). "Place-Based Education: Breaking through the Constraining Regularities of Public School." *Environmental Education Research* 13(2): 189-207.

**Kontaktní adresa:**

RNDr. Renata Ryplová, Ph.D.,

Katedra biologie, Pedagogická fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Jeronýmova 10, 371 15 České Budějovice, ČR, e-mail: ryplova@pf.jcu.cz

Doc RNDr. Jan Pokorný, CSc.

ENKI, o.p.s. Třeboň, Dukelská 11, 379 01 Třeboň, ČR, e-mail: pokorny@enki.cz