

## VÝUČBOVÉ MATERIÁLY NA TÉMU ZVUK V PROJEKTE ESTABLISH

Zuzana Ješková, Marián Kireš, Ewa Kedzierska

Prírodovedecká fakulta UPJŠ Košice, CMA Amsterdam, Holandsko

**Abstrakt:** V príspevku sú predstavené výučbové materiálov na tému Zvuk, ktoré boli vytvorené v rámci projektu 7. rámcového programu ESTABLISH zameraného na tzv. Inquiry-based science education (IBSE) alebo Učenie založené na aktívnom prírodovednom bádani. Výučbové materiály sú zamerané na rozličnú úroveň aktívneho žiackeho bádania a v príspevku sú prezentované prvotné skúsenosti z ich zaradenia do vyučovania.

**Kľúčové slová:** aktívne prírodovedné bádanie, zvuk

### Úvod

V súčasnosti prebiehajúca reforma vzdelávania na Slovensku prináša do vzdelávania mnohé zmeny v organizácii ako aj v obsahu vzdelávania. V oblasti prírodovedného vzdelávania je veľký dôraz kladený na tzv. aktívne poznávanie, resp. prírodovedné bádanie. Tieto trendy sú v súlade s celoeurópskymi trendmi vo vzdelávaní, kde sa najčastejšie v súčasnosti skloňuje pojem Inquiry-based science education, čo najlepšie vystihuje pojem učenie založené na aktívnom prírodovednom bádani. To predovšetkým znamená, že žiaci majú mať čo najviac príležitostí samostatne (s väčšou alebo menšou dávkou riadenia učiteľom) odhaľovať zákonitosti správania sa fyzikálnych javov a procesov. Žiak v procese poznávania realizuje tzv. aktivity, ktoré vedú ku konštrukcii nových poznatkov a zároveň rozvíjajú kompetencie žiakov, ktoré môže žiak využiť aj v iných oblastiach života. Vo fyzike sú tieto činnosti spojené predovšetkým s experimentovaním s rozličnou úrovňou zapojenosti žiaka, resp., učiteľa do tohto procesu.

Medzinárodný projekt 7. rámcového programu ESTABLISH (2010-13, <http://establish-fp7.eu/>) so zapojením 10 európskych partnerov je orientovaný na šírenie a využívanie metód aktívneho prírodovedného bádania u žiakov II. stupňa základných škúl a žiakov stredných škól s cieľom pripraviť učebné materiály, adaptovať ich na národné kurikulum a realizovať ďalšie vzdelávanie učiteľov v tejto oblasti.

### Čo je aktívne prírodovedné bádanie?

Existuje mnoho definícií čo je aktívne prírodovedné bádanie. Ide o komplexný pojem, ktorý zahŕňa systematický proces spojený so skúmaním sveta okolo nás a pochopením ako funguje. Bádanie vo vzťahu k vede (podľa M. Linnovej, E. Davisovej, B. Eylonovej, 2004) v sebe zahŕňa zámerný proces spojený s rozpoznávaním problému, návrhom vhodných experimentov a posúdením alternatívnych možností, plánovaním postupu skúmania, tvorbou hypotéz, vyhľadávaním informácií, tvorbou modelov, diskusiou s kolegami a formulovaním logických argumentov. Autori sa zhodujú v tom, že proces bádania vo vyučovaní prírodných vied by mal čo najvernejšie odrážať to, čo sa robí v skutočnej vede (Ash et al., 2003). Je všeobecne akceptované, že ide o učenie zamerané na žiaka, ktorého hlavným cieľom nie je transfer poznatkov ale predovšetkým rozvíjanie schopností logicky myslieť, a argumentovať, rozpoznať a formulovať problémy a hľadať na nich odpovede prostredníctvom samostatnej aktívnej činnosti.

Tieto činnosti, sú realizované najčastejšie prostredníctvom tzv. aktivít, ktoré zahŕňajú prvky aktívneho bádania (Linn, Davis, Eylon, 2004) v rozličnej miere. Na jednom konci môžu byť jednoduché aktivity riadené v plnej miere učiteľom cez bádateľské aktivity s väčšou mierou samostatnosti žiaka až po aktivity, pri ktorých výskumný problém formulujú samotní žiaci. Môže ísť napr. o aktivity s učebnicou, textom, kedy žiaci samostatne vyhľadávajú informácie, učiteľ realizuje experimenty interaktívnym spôsobom, žiaci realizujú experimenty podľa návodu (napr.

experimenty zamerané na overenie známej teórie), žiaci realizujú objaviteľský experiment s menšou alebo väčšou pomocou učiteľa, problém formuluje učiteľ a žiaci hľadajú na ne odpovede, čo môže viesť napr. k laboratórnym aktivitám, resp. žiaci hľadajú odpovede na otázky/problémy, ktoré sami formulujú. To znamená, že jednotlivé aktivity sa môžu od seba odlišovať v závislosti od miery zapojenosti žiaka, resp. učiteľa ako aj podpory učebnými materiálmi. Hierarchia bádateľských činností adaptovaná riešiteľmi projektu ESTABLISH vychádza z členenia S.Wenninga (2005) (tab.1).

Tab. 1 Základná hierarchia bádateľských aktivít

Interaktívna diskusia/demonštrácia	Riadené objavovanie	Riadené bádanie	Viazané bádanie	Otvorené bádanie
vysoká	← podpora učebnými materiálmi →			nízka
učiteľ	← činnosť riadi →			žiak

### Výučbové materiály na tému ZVUK

V rámci projektu ESTABLISH sú vytvárané výučbové materiály so zameraním na témy: Zvuk, Svetlo, Jednosmerný elektrický prúd, Tepelne izolovaný dom a Zobrazovacie metódy v medicíne. Všetky výučbové materiály majú jednotnú štruktúru, ktorá pozostáva z nasledovných častí:

- Metodický materiál pre učiteľa (opis vyučovacej jednotky, prvky aktívneho žiackeho bádania, vedecký obsah, didaktický problém, väzba na priemysel, vyučovacie postupy, hodnotenie)
- Materiály pre žiaka (pracovné listy a ďalšie materiály, potrebné k realizácii aktivít)

Tieto materiály sú transformované do národných jazykov a adaptované na národné kurikulum. Vyučovacia jednotka ZVUK zahŕňa v sebe sériu aktivít, usporiadaných do troch častí: Skúmanie zvuku, Zvuk strunových a dychových nástrojov, Ľudská reč (tab.2).

Tab.2 Štruktúra vyučovacej jednotky ZVUK

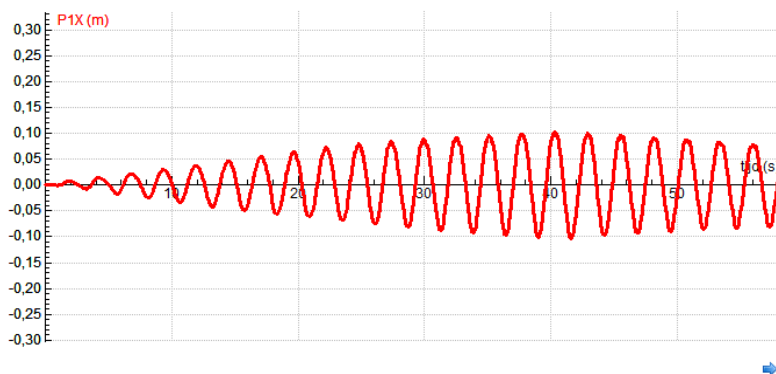
Aktivita	Typ bádateľskej aktivity	Aktivita	Typ bádateľskej aktivity
<b>1. ZVUK – Skúmanie zvuku</b>			
1.1. Úvod do témy zvuk	Interaktívna diskusia	1.6. Ako rýchlo sa zvuk šíri?	Riadené objavovanie
1.2. Ako je zvuk tvorený?	Riadené bádanie	1.7. Ako zvuk počujeme	Riadené bádanie
1.3. Zviditeľnime zvuk	Riadené bádanie	1.8. Ako hlasné je príliš hlasné?	Riadené bádanie
1.4. Analýza hlasu človeka	Riadené objavovanie	1.9. Čo ste sa naučili o zvuku?	Interaktívna diskusia
1.5. Ako sa zvuk šíri?			
<b>2. ZVUK strunových a dychových hudobných nástrojov</b>			
2.1. Rezonancia	Interaktívna demonštrácia/ Viazané bádanie	2.6. Stojaté vlny vo vzduchu; vzduchový stípec s uzavretým koncom	Viazané bádanie
2.2. Základná frekvencia, basa	Riadené objavovanie	2.7. Stojaté vlny vo vzduchu; soprán saxofón	Riadené/Otvorené bádanie
2.3. Základná frekvencia, gitara	Riadené bádanie	2.8. Farba zvuku	Otvorené bádanie
2.4. Meldeho experiment	Interaktívna demonštrácia	2.9. Rázy	Otvorené bádanie
2.5. Vyššie harmonické frekvencie gitary	Viazané bádanie	2.10. Ladenie gitary	Viazané bádanie
<b>3. ZVUK – Ľudská reč</b>			
3.1. Zvukové záznamy	Riadené bádanie	3.4. Analýza hlasu človeka	Otvorené bádanie
3.2. Model tvorby ľudského hlasu	Interaktívna diskusia	3.5. Syntéza hlasu človeka	Otvorené bádanie
3.3. Analýza zvuku	Riadené bádanie		

Na aktivitách z témy ZVUK predstavíme jednotlivé úrovne bádateľských aktivít.

### 1. Interaktívna diskusia/interaktívna demonštrácia

Pri interaktívnej diskusii učiteľ kladie otázky a riadi diskusiu riešiacu nejaký problém interaktívnym spôsobom. Pri interaktívnej demonštrácii žiaci tvoria predpovede, registrované učiteľom. Tie následne overujú experimentom realizovaným učiteľom, odpovedajú na učiteľove otázky, argumentujú a vyvodzujú závery na základe výsledkov experimentu, ktoré konfrontujú so svojimi predpoveďami.

**Aktivita Rezonancia:** žiaci hľadajú odpoveď na otázku ako je možné ťažké teleso zavesené na lane rozkmitať fúkaním. Experiment riadi učiteľ, pričom zo stropu visí na lane ťažké teleso. Najskôr žiaci určia vlastnú frekvenciu kmitania využitím nástrojov počítačom podporovaného laboratória (senzor polohy meria výchylku, ktorá sa periodicky mení). Následne žiaci predpovedajú, ako je potrebné fúkať k dosiahnutiu maximálnej výchylky a svoje predpovede overujú sériou experimentov, ktoré realizuje učiteľ alebo žiaci pred celou triedou. Počas experimentu zaznamenávajú výchylku telesa ako aj frekvenciu fúkania (zaznamenávaním zvuku fúkania senzorom zvuku). Na základe výsledkov niekoľkých meraní žiaci v spolupráci s učiteľom sformulujú záver čo je rezonancia a kedy rezonancia nastáva.



Časový záznam okamžitej výchylky kmitajúceho telesa, dĺžka merania 60s. Je možno vidieť, že fúkanie bolo ukončené približne v čase  $t=40s$ .

Obr. 1 Ukážka interaktívnej demonštrácie

### 2. Riadené objavovanie

Žiaci v tomto prípade experimentujú samostatne v skupinách, pričom postupujú podľa podrobných inštrukcií. Ide vo veľkej miere o overenie skôr nadobudnutých poznatkov experimentom ako pri tradičnom laboratórnom cvičení.

**Aktivita Ako rýchlo sa zvuk šíri:** Žiaci pracujú v skupinách pri počítačoch na overení rýchlosti zvuku, pričom postupujú na základe podrobných inštrukcií v pracovnom liste. Senzor zvuku pritom detekuje zvuk vytvorený lúsknutím prstov pri otvore trubice a následne zvuk odrazený od jej uzavretého konca.

#### Postup a analýza merania:

Senzor zvuku umiestnite k otvoru trubice podľa obrázka. Spustíte meranie.

Lúsknite prstami pri otvore trubice.

Na monitore počítača sa objaví graf. Prvé maximum odpovedá prvému zvukovému signálu a druhé maximum odrazenému signálu. Odčítajte z grafu príslušný časový interval.

Určte vzdialenosť medzi prvým a druhým signálom.

Určte rýchlosť zvuku.



Obr.2 Ukážka inštrukcií v pracovnom liste a experimentálnej zostavy pre riadené objavovanie

### 3. Riadené bádanie

Žiaci pracujú v skupinách, pričom, pričom učiteľ zadá problém s jasne formulovanými úlohami: „Zisti...“, „Urči...“, „Popíš...“, „Nájd...“ pričom neexistuje vopred daná odpoveď a závery sú založené na práci žiakov. Žiaci sú pritom vedení učiteľom, ktorý riadi ich činnosť menej detailnými inštrukciami, resp. otázkami.

<p><b>Aktivita Základná frekvencia, gitara:</b> Určte ako závisí základná frekvencia struny gitary od jej dĺžky. Žiaci na tejto úlohe pracujú v skupinách, pričom merajú dĺžkovým meradlom dĺžku vybranej struny k príslušnému pražcu a odpovedajúcu základnú frekvenciu napr. zvukovým senzomom a dáta zaznamenajú do tabuľky. Namerané dáta analyzujú a fitovaním zistia, že ide o nepriamu úmernosť.</p>	
<p><b>Postup a analýza merania:</b>                  Skracujte dĺžku struny postupným stláčaním pražcov a odmerajte základnú frekvenciu tónu, ktorý vydáva.                  Odmerajte dĺžku struny po jej skrátaní.                  Údaje zaznamenajte do tabuľky.                  Meranie opakujte pre rozličné dĺžky struny.                  Zobrazte graf závislosti frekvencie od dĺžky.                  Zistite, aká je závislosť základnej frekvencie kmitania struny od jej dĺžky.</p>	

Obr. 3 Ukážka inštrukcií z pracovného listu a výsledkov získaných meraním pre riadené bádanie

### 4. Viazané bádanie

Od žiakov sa očakáva, že navrhnu a realizujú experiment na vopred stanovený problém formulovaný učiteľom s malou alebo žiadnou pomocou učiteľa. Takáto aktivita je náročná na realizáciu, žiaci už musia mať dostatok skúseností z realizácie predchádzajúcich typov aktivít.

<p><b>Aktivita Ladenie gitary:</b> Existuje niekoľko spôsobov ladenia gitary. Jeden zo spôsobov je použitie harmonické frekvencie na strunách, ktoré sa nachádzajú vedľa seba. Iný spôsob je použitie rezonanciu medzi skrátanou strunou (ak položíme prst na niektorý pražec) a neskrátanou strunou, ktorá sa nachádza vedľa.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Popíšte rozličné spôsoby ladenia gitary.</li> <li>2. Prezентуйте tieto spôsoby ladenia svojim spolužiakom. Použite pritom video alebo fotografie.</li> </ol> <p><a href="http://youtu.be/a0VWWbr6O1I">http://youtu.be/a0VWWbr6O1I</a>  <a href="http://youtu.be/d8uH7SeAtZA">http://youtu.be/d8uH7SeAtZA</a></p>
---

Obr.4 Ukážka inštrukcií z pracovného listu pre viazané bádanie

### 5. Otvorené bádanie

Žiaci formulujú svoj vlastný výskumný problém v rámci daného kontextu a sami navrhnu experiment ako aj postup jeho realizácie.

<p><b>Aktivita Analýza hlasu človeka:</b> v rámci témy zvuk žiaci skúmajú a analyzujú hlas človeka a získavajú predstavu o tom, čo je hlasová analýza, ako možno na základe vnímania hlasu identifikovať osoby, resp. aké sú ďalšie možnosti jej využitia. Môžu pritom formulovať vlastné výskumné otázky a zrealizovať v skupinách svoj vlastný experiment s použitím zvukového senzora, resp. zvukovej karty počítača s vhodným softvérom. Príklady výskumných otázok:</p> <p>Aký je rozdiel vo vyslovení rovnakej samohlásky, napr. „a, e, u“, mužom a ženou?</p> <p>Aký je rozdiel medzi tónom rovnakej výšky zahranom na hudobnom nástroji (napr. flaute) alebo keď rovnaký tón zaspieva človek?</p> <p>Aký rozdiel je pri vyslovení samohlásky „a“ zaspievaním, so zapchatým nosom, šuškaním, a pod.?</p> <p>Aký je rozdiel v spievanom „a“, „e“, resp. „u“. Čo je typické pre každú z týchto samohlások?</p>
---

Obr. 4 Aktivita Analýza hlasu človeka na úrovni otvoreného bádania

### **Aplikácia metód aktívneho bádania vo vyučovaní**

Aktivity pripravené v rámci projektu ESTABLISH boli predstavené učiteľom fyziky a zaradené do vyučovacieho procesu v dvoch etapách.

Vo februári 2011 boli základné myšlienky projektu ESTABLISH a metód aktívneho prírodovedného bádania predstavené 20 učiteľom gymnázií v rámci seminára na PF UPJŠ v Košiciach. Z tejto skupiny učiteľov 5 učiteľov (2 učiteľia z Košíc, 3 mimo Košíc) testovalo aktivity témy ZVUK vo vyučovaní. V prvej etape išlo o pilotné overenie aktivít, kedy učiteľia v období marec - jún 2011 zaradili 5 vybraných aktivít do výučby fyziky v 2.ročníku gymnázia. Pilotné testovanie poukázalo na ťažkosti pri aplikácii navrhnutých aktivít. Učiteľia boli najprv veľmi pesimistickí v súvislosti s aplikáciou metód aktívneho bádania a žiackeho aktívneho prístupu k realizácii aktivít. Často učiteľia reálne narážali na neochotu žiakov spolupracovať. Žiaci neustále očakávali pokyny učiteľa a pri realizácii aktivít s väčšou mierou žiackej samostatnosti často zlyhávali. Ukázali sa však aj rozdiely medzi školami, pričom na školách s vyšším počtom ambiciózných žiakov bolo možné realizovať aj aktivity s menšou mierou riadenia učiteľom. Bolo však zrejmé, že učiteľia nie sú v tomto prostredí sebaistí, keďže ešte nemajú dostatok zručností súvisiacich s použitou metódou. Pilotné overenie poukázalo na nevyhnutnosť ďalšieho vzdelávania učiteľov v tejto oblasti.

V období november 2011-február 2012 sa uskutočnilo intenzívne ďalšie vzdelávanie zamerané na metódu aktívneho prírodovedného bádania, za účasti 50 učiteľov fyziky, chémie, biológie (z toho 19 učiteľov fyziky) v rozsahu 4 popoludnia, resp. spolu 12 hodín. Učiteľom bola pritom podrobne predstavená metodika výučby, ktorú následne prostredníctvom workshopov trénovali a vybrané aktivity realizovali sami v roli žiaka. Dôraz bol kladený na rozvoj zručností pri kladení otázok a riadení činností žiakov, ktoré sú pri tomto spôsobe výučby veľmi dôležité. Následne 14 učiteľov fyziky implementovalo aspoň tri aktivity do vyučovania. Učiteľia boli v tejto etape podstatne lepšie pripravení. V tomto prípade sme sledovali aj názory žiakov na takýto spôsob výučby, pričom žiaci zodpovedali postojové dotazníky po každej vyučovacej hodine, resp. po ukončení série aktivít. Žiaci vyslovili názor, že realizované aktivity boli pre nich zaujímavé a zábavné a aktivity považujú za užitočné a hodnotné. V oblasti komunikácie vyslovili názor, že majú často šancu hovoriť so spolužiakmi o tom, ako postupovať pri riešení úloh a problémov. Toto považujeme za pozitívny signál, keďže práve vzájomná diskusia so spolužiakmi je významným elementom aktívneho prírodovedného bádania. Po absolvovaní série aktivít dokonca vyslovili názor, že by mali radi viac hodín zameraných na prírodovedné predmety. V mnohých oblastiach zahrnutých do dotazníka (náročnosť prírodovedných predmetov, vzťah k prírodným vedám, rozhodovanie sa o kariéru v oblasti vedy a techniky) po absolvovaní tohto spôsobu výučby nebol zaznamenaný žiadny posun. Taktiež názory žiakov nato, či konfrontujú obsah učiva s vlastnými predstavami zostali nezmenené. Táto otázka súvisí s tvorbou predpovedí a hypotéz, s čím zrejme žiaci počas realizácie aktivít nemali výraznú skúsenosť. Učiteľia vyjadrili názor, že aktivity sú realizovateľné v našich podmienkach s tým, že najvyššie úrovne bádateľských aktivít (predovšetkým otvorené bádanie ale často aj viazané bádanie) je možné realizovať v štandardnej výučbe len sporadicky, s talentovanými žiakmi so zvýšeným záujmom o prírodné vedy.

### **Záver**

V príspevku sme predstavili súčasné trendy vo vzdelávaní v prírodných vedách a aktivity medzinárodného projektu 7. rámcového programu ESTABLISH v tejto oblasti. V rámci projektu vytvorené výučbové materiály boli úspešne odskúšané v štandardnej výučbe na gymnáziu. Výsledky analýzy spätnej väzby učiteľov a žiakov poukázali na pozitívny postoj učiteľov k tomuto spôsobu výučby s výhradou aplikácie aktivít s najvyššou úrovňou bádania, ktoré sú v bežných podmienkach ťažko realizovateľné. Žiaci vyslovili pozitívny postoj k realizovaným aktivitám, aj keď mnohé žiacke názory smerom k prírodným vedám a výberu kariéry v oblasti prírodných vied

a techniky zostali aj po výučbe nezmenené. V oblasti prírodovedného bádania a napĺňania cieľov vzdelávacieho programu, ktorých súčasťou je prírodovedné bádania sa urobil veľký posun v príprave učiteľov pre takýto spôsob výučby, čo je najdôležitejším predpokladom reálneho využívania týchto metód v praxi.

### **Podakovanie**

Príspevok vznikol ako súčasť riešenia projektu ESTABLISH.

### **Literatúra**

Štátny vzdelávací program Fyzika, Príloha ISCED 3, dostupné na <[http://www.statpedu.sk/files/documents/svp/gymnazia/vzdelavacie\\_oblasti/fyzika\\_isced3.pdf](http://www.statpedu.sk/files/documents/svp/gymnazia/vzdelavacie_oblasti/fyzika_isced3.pdf)>  
Linn, M.C., Davis, E., A., Eylon, B., S.: The scaffolded knowledge integration framework for instruction, Zdroj: Linn, M.C., David, E.A., Bell, P.: Internet environments for science education, 2004, Lawrence Erlbaum Associates: Mahwah, NJ, 47-72  
Ash, D. et al.: Inquiry Thoughts, Views and Strategies for the K-5 Classroom. Foundations: A monograph for professionals in science, mathematics and technology education 2000. 9 June 2003, dostupné na <<http://www.nsf.gov/pubs/2000/nsf99148/htmstart.htm>>  
Wenning, C.: Levels of Inquiry: Hierarchies of pedagogical practices and inquiry processes. 2005 Journal of Physics Teacher Education Online, 2(3), 3-11  
Projekt ESTABLISH, dostupné na <[www.establish-fp7.eu](http://www.establish-fp7.eu)>

### **Adresa autorov**

Zuzana Ješková, Marián Kireš  
Prírodovedecká fakulta UPJŠ Košice  
Jesenná 5  
040 01 Košice  
[zuzana.jeskova@upjs.sk](mailto:zuzana.jeskova@upjs.sk), [marian.kires@upjs.sk](mailto:marian.kires@upjs.sk)  
Ewa Kedzierska,  
CMA, Amsterdam, Holandsko  
[ewa@cma-science.nl](mailto:ewa@cma-science.nl)