

VÝUKA CHEMIE

RADIAČNÍ HAVÁRIE A MOŽNOSTI JEJÍHO POJETÍ VE VÝUCE CHEMIE S DŮRAZEM NA ENVIRONMENTÁLNÍ A MEDIÁLNÍ VÝCHOVU

PETR DISTLER^{a,b}, MILADA TEPLÁ^a,
PETR ŠMEJKAL^a a PAVEL TEPLÝ^a

^a Katedra učitelství a didaktiky chemie, Přírodovědecká fakulta UK, Albertov 6, 128 00 Praha 2, ^b Katedra jaderné chemie, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT, Břehová 7, 115 19 Praha 1
milada.tepla@natur.cuni.cz

Došlo 3.5.21, přijato 27.5.21.

Klíčová slova: jaderná energetika, radiační havárie, výuka chemie, environmentální výchova, mediální výchova

Jaderná energetika v České republice

Jaderná energetika se v posledních letech podílí na výrobě elektrické energie v České republice přibližně z 35 %, tvoří tedy podstatný zdroj. Ač to není veřejnosti vždy zřejmé, jaderná elektrárna je ve srovnání s elektrárnou na fosilní paliva mnohem příznivější pro životní prostředí zejména proto, že nevypouští do ovzduší oxid uhličitý a produkuje pouze minimum odpadu. Téma energie z jádra je nejen celospolečensky, ale i politicky velice aktuální, protože vláda ČR aktivně řeší možnosti dostavby nových bloků jaderných elektráren¹ a hledá místo pro hlubinné úložiště jaderného odpadu². Vnímání jaderné energetiky je stále u části společnosti negativní. Proto je zapotřebí poukazovat na její přínos, a to prostřednictvím výuky chemie na základních i středních školách, kde je toto téma závazně ukotvené v rámcových vzdělávacích programech. Právě ve výuce totiž může učitel přímo konfrontovat postoje žáků (např. o radiaci nebo o ukládání radioaktivního odpadu) s odbornými fakty, a v důsledku toho napravit chybné představy a znalosti žáků. Většina z negativních postojů je zapříčiněna právě mylnou interpretací radiačních havárií, např. v Černobylu nebo Fukušimě.

Fukušima: Jaderný výbuch, nebo radiační havárie?

Mnoho obyvatel se jaderných elektráren bojí, protože znají negativní důsledky svržení atomových bomb na Hirošimu a Nagasaki (*jaderný výbuch*) či nehodu

v černobylské elektrárně (*radiační havárie*). Proto je důležité jim vysvětlit rozdíly mezi jaderným výbuchem a radiační havárií. Aby došlo k jadernému výbuchu, bývá většinou obsah ²³⁵U v atomové bombě aspoň 80 a více procent. Dojde-li k poškození jaderné elektrárny, jako v případě Černobylu či Fukušimy, hovoříme pouze o tzv. radiační havárii. Jako palivo v jaderných elektrárnách, tzv. štěpný materiál, se používá uran, konkrétně štěpný izotop uranu ²³⁵U (≈ 4 %), zbytek tvoří ²³⁸U (≈ 96 %), tudíž jaderný výbuch, včetně jeho důsledků, nastat nemůže. Radiační havárie ve Fukušimě se stala 11. 3. 2011. V důsledku zemetřesení a vysoké vlny tsunami zahynulo cca 17 tisíc občanů, poškodilo se chlazení jaderných reaktorů a došlo k úniku radioaktivních látek do okolí. Uniklá radioaktivita nezpůsobila přímou smrt žádnému člověku, přesto se strhla vlna odporu proti výrobě energie z jaderných zdrojů³.

Příspěvní médií k negativnímu postoji vůči jaderné energetice

Ze zkušenosti autorů článku, ale i dalších pedagogů⁴ vyplývá, že žáci a studenti mají často mylné představy o radiaci (ionizujícím záření), přičemž některé z těchto miskoncepce mohou být způsobeny neobjektivními mediálními zprávami⁴. Široká veřejnost i žáci jsou nezdědka v médiích konfrontováni s obsahem článků, které podněcují negativní postoj ve vztahu k jaderné energetice, např. článek ze serveru blesk.cz „Po havárii ve Fukušimě se rodí zmutovaná zvířata! A co děti?“⁵ Ve čtenáři tyto články vzbuzují obavu z důsledků radiační havárie ve Fukušimě.

Radiační havárie ve Fukušimě jako jedna z příčin chemofobie?

Přestože se potvrdilo, že úroveň radiace nejsou bezprostředně zdraví ohrožující, nejen obyvatelé ve Fukušimě se obávají důsledků z uvolněné radiace⁶. Lidé pod vlivem mediální dezinformace vnímají jadernou energetiku jako něco nebezpečného, čeho by se měli obávat a čemu je třeba se co nejvíce vyhýbat. Výše uvedené skutečnosti se odráží na negativním postoji nejen k jaderné energetice, ale dokonce i k chemii jako vědnímu oboru, což může vést až ke vzniku chemofobie. Souvislost mezi radiační havárií ve Fukušimě a stále se rozšiřující chemofobií zmiňují ve svém článku např. autoři Chalupa a Nesměrák⁷.

Jaderná energetika a její pojetí ve výuce chemie

Výroba energie a zhodnocení jednotlivých zdrojů je součástí rámcových vzdělávacích programů (RVP) pro

základní vzdělávání, gymnázia i střední odborné vzdělávání. Je tedy povinností školy, aby tuto problematiku začlenila do svého školního vzdělávacího programu a žáky s ní seznámila. Tematika jaderné energetiky zároveň vhodně pokrývá mezipředmětové vztahy mezi chemií a fyzikou ve vzdělávací oblasti Člověk a příroda a téma je dále akcentováno v průřezovém tématu environmentální výchova. V rámci studia má být podle RVP realizovaná i mediální výchova pomocí již zmíněných průřezových témat. Žáci mají získat dovednost hodnotit obsah mediálního sdělení a interpretovat jej^{8,9}. Vhodnou prací s textem můžeme zároveň rozvíjet i kritické myšlení žáků¹⁰. Výroba jaderné energie, resp. zmíněná radiální havárie je vhodným tématem pro mediální výchovu a rozvoj mediální gramotnosti. Jak vyplývá z odborných publikací, je třeba s principy produkce, klady, ale i záporů jaderné energetiky seznamovat veřejnost, protože v jejím povědomí stále přetrvává mnoho miskonceptů, mýtů a polopravd^{11,12}. Velmi vhodnou událostí, na které by žáci zlepšovali dovednost hodnotit obsah mediálního sdělení a interpretovat jej, se jeví právě zmíněná radiální havárie v japonské Fukušimě, neboť téma bylo a stále je častým předmětem mediálních sdělení.

Příkladem, jak s tématem konkrétně ve výuce pracovat a rozvíjet tím klíčové kompetence stanovené v RVP, jsou dvě aktivity. První z nich je rozbor titulků článků publikovaných na zpravodajských webech. Druhou je analýza rozhovoru s odborníkem, rozšířeného o doplňující otázky. Aktivity jsou sestaveny tak, aby z nich vyplynula jasná disproporce mezi způsobem prezentace radiální havárie ve Fukušimě v médiích a odpověďmi odborníka s tím, že aktivity primárně rozvíjí tři klíčové kompetence dané RVP¹³: (i) kompetenci komunikativní (*žák rozumí sdělením různého typu v různých komunikačních situacích, správně interpretuje přijímaná sdělení a věcně argumentuje; v nejasných nebo sporných komunikačních situacích pomáhá dosáhnout porozumění*), (ii) kompetenci sociální a personální (*žák se rozhoduje na základě vlastního úsudku, odolává společenským i mediálním tlakům*) a (iii) kompetenci k řešení problémů (*žák kriticky interpretuje získané poznatky a zjištění a ověřuje je, pro své tvrzení nachází argumenty a důkazy, formuluje a obhajuje podložené závěry*).

Aktivita 1: Rozbor titulků článků ze zpravodajských webů

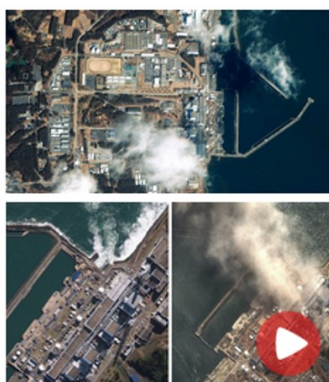
Pro každý z internetových zdrojů je uvedena ukázka čtyř titulků s datem publikování. Tato aktivita je vhodná jako úvodní motivace, tj. prezentace učitele a diskuse s žáky. Jako ukázkou zde uvádíme titulky a jejich rozbor ze serveru iDNES.cz¹⁴.

- 1) Rakušané chtějí testy jaderných elektráren, Fukušima jim dodala kuráž (13. 3. 2011)
- 2) Americká loď s humanitární pomocí vplula do radioaktivního mraku (14. 3. 2011)
- 3) Zaostřeno na reaktory: Japonce 65 let po válce opět děsí radiace (14. 3. 2011)
- 4) Fukušimou otřásly další výbuchy a Japonsko vyděsil únik radiace (15. 3. 2011)

Jak můžeme uvedené titulky interpretovat? V prvním se odráží negativní postoj Rakouska k využití jaderné energie. Rakousko žádnou jadernou elektrárnu v provozu nemá a v minulosti protestovalo zejména proti spuštění Jaderné elektrárny Temelín (v roce 2002). Další působí neutrálně, ale vzbuzuje otázku, co je radioaktivní mrak? Třetí titulek dává do souvislosti svržení jaderných bomb na Hirošimu a Nagasaki bez ohledu na to, že okamžité i dlouhodobé účinky výbuchu jaderné zbraně a radiální havárie jsou nesrovnatelné. Poslední titulek píše o výbuších, ale neuvádí čeho (má snad evokovat výbuch jaderné zbraně?), a vyděšení v důsledku úniku radiace, opět bez bližší specifikace. V neposlední řadě je žádoucí upozornit žáky na volbu slov (děsit, vyděsit) evokující negativní emoce ve čtenáři (obr. 1).

Aktivita č. 2: Rozhovor s odborníkem a z něho vyplývající úkoly pro žáky

Druhá aktivita je učební text s doplňujícími otázkami ve formě rozhovoru, se kterým je možné v hodině pracovat jako zdrojem ověřených informací a rozšířit a upevnit tak znalosti žáků a schopnost orientovat se v odborně-popularizačním textu. Rozhovor byl realizován autorem příspěvku s Dr. Kamilou Šťastnou, která se účastnila plavby v Tichém oceánu po radiální havárii ve Fukušimě. Při



Zaostřeno na reaktory: Japonce 65 let po válce opět děsí radiace

14. března 2011

Jediná země na světě, která v minulosti zažila jaderné bombardování, opět úzkostlivě hypnotizuje...

Fukušimou otřásly další výbuchy a Japonsko vyděsil únik radiace

aktualizováno 15. března 2011

Japonskou elektrárnou Fukušima I otřásly další dva výbuchy, celkem už elektrárna zažila čtyři...

Obr. 1. Ukázka titulků ze serveru iDNES.cz¹⁴

výzkumné plavbě byly monitorovány vybrané radioaktivní izotopy, které se během radiální havárie a následného chlazení bloků vodou dostaly do oceánu. Rozhovor se svým stylem liší od klasických učebních úloh používaných v chemii a mohl by zaujmout i žáky, kteří preferují humanitní předměty před přírodovědnými. Pro ilustraci uvádíme pouze vybrané otázky. Odkaz na celý rozhovor je uveden dále v textu.

Výňatky z rozhovoru: Monitorování radioaktivních prvků v Tichém oceánu po radiální havárii ve Fukušimě

Jak velkou dávku jste při pobytu obdrželi? (ukázka průběhu výzkumu)

Celková radiální dávka obdržená během pobytu na lodi byla stanovena dvěma elektronickými osobními dozimetry, jedním umístěným v podpalubní laboratoři a druhým na opasku dozimetristy. Podle těchto měření obdržel pracovník za dobu pobytu na výzkumné plavbě průměrně celkovou dávku 10 μSv (pro porovnání: ve střední Evropě za 15 dní obdržíme z přírodního pozadí, např. v důsledku přeměny radonu, záření zemské kůry, kosmického záření a dalších zdrojů, asi 140 μSv).

Jaké byly závěry z Vašeho výzkumu? (ukázka závěru a interpretace)

Nejvyšší naměřené hodnoty aktivity uniklých radionuklidů byly v okolí elektrárny průměrně 33 000 Bq m^{-3} (data pro červen 2011). Námi změřené hodnoty ukazují na významné zředění unikající radioaktivity již ve stanicích nejbližší Fukušimě. Nejvyšší obsah radioaktivního cesia (3900 Bq m^{-3}) byl zjištěn v oblastech blízko pobřeží, i když se nejednalo o stanice nejbližší Fukušimě. Ve sběrných stanicích vzdálených 30 km od Fukušimy se hodnoty aktivity pohybovaly v rozmezí 600–800 Bq m^{-3} . Radioaktivita kolem 300 Bq m^{-3} byla zjištěna i na východní hranici zkoumané oblasti. Poměr aktivit ^{137}Cs : ^{134}Cs byl blízký jedné, což potvrzuje původ z uniků z jaderné elektrárny.

S čím můžeme naměřené hodnoty porovnat a bude se radioaktivita v oceánu dále šířit?

V důsledku mísení poklesly všechny hodnoty objemových aktivit naměřené v námi zkoumané oblasti podstatně pod japonské regulační limity pro oceán (90 000 Bq m^{-3}) a tyto hodnoty byly též pod úrovní radioaktivity nejrozšířenějšího přírodního radionuklidu v oceánu – draslíku ^{40}K (~12 000 Bq m^{-3}). V oblasti pod mořským proudem Kurošio (teče podél jihovýchodního pobřeží japonského ostrova Honšú) byly hodnoty objemové radioaktivity ^{134}Cs pod hranicí detekovatelnosti a ^{137}Cs na úrovni hodnot před havárií, 1–2 Bq m^{-3} (pozůstatek kontaminace z období testování jaderných zbraní v 60. letech 20. století a v menší míře z havárie v jaderné elektrárně Černobyl), což naznačuje, že proud Kurošio tvoří bariéru průniku uniklé kontaminace na jih.

Příklady doplňujících otázek k rozhovoru pro žáky

K rozhovoru byly připraveny i otázky pro práci s textem, opět jsou uvedeny ukázky:

Otázka 1: Jakou průměrnou radiální dávku od přírodního pozadí obdržíte ve střední Evropě za jeden rok?

Otázka 2: V jaké oblasti byla naměřena radioaktivita vyšší než přírodní u draslíku ^{40}K ?

Otázka 3: Porovnejte naměřené hodnoty radioaktivity uniklého cesia v mořské vodě s běžně přítomným radioaktivním draslíkem ^{40}K .

Ověření aktivity v praxi

Aktivity byly použity ve výuce chemie na střední škole. Žáci před započítáním aktivit a následně po jejich realizaci v rámci krátkého dotazníkového šetření vyjadřovali své postoje ve vztahu k jaderné energetice (konkrétně výstavbě jaderných elektráren nebo obavám z radiálních havárií). Následně byla realizována výuka prostřednictvím výše uvedených aktivit. Žáky zejména překvapilo, jak média manipulují se svými čtenáři prostřednictvím šokujících a kontroverzních vyvolávajících nadpisů, které byly umocněny doprovodnými obrázky. Na základě rozhovoru s odborníkem došlo k vyjasnění „nebezpečnosti“ uvolněné radiace. Porovnáním výsledků z dotazníkového šetření lze pozorovat změnu postoje žáků k jaderné energetice – od spíše negativního ke spíše pozitivnímu. Aktivity byly též představeny učitelům na semináři *Chemie na ČVUT*, kde se setkali s pozitivním ohlasem.

Závěr

Citované vědecké články dokazují, že osvětě o jaderné energetice je třeba věnovat náležitou pozornost. Tu si nejenom vzhledem k současnému podílu na výrobě elektřiny, ale i k budoucí dostavbě jaderných reaktorů a budování hlubinného úložiště radioaktivního odpadu, žáci v českých školách určitě zaslouží. V článku bylo vymezeno konkrétní pojetí tohoto tématu dle RVP. Toto pojetí může být pro učitele náročné, protože se jedná o téma přesahující více předmětů a zároveň integrující průřezová témata mediální a environmentální výchovy. Z toho důvodu byly v článku představeny dvě vzájemně se propojující výukové aktivity, které mají sloužit k seznámení žáků s tématem radiální havárie. Obě aktivity i další úlohy na téma *radioaktivita a f-prvky* můžete najít na stránkách www.studiumchemie.cz v sekci *Výukové materiály*.

Tvorba příspěvku byla podpořena grantovým programem Univerzity výzkumná centra UK č. UNCE/HUM/024 a projektem Progres Q17.

LITERATURA

- <https://www.mpo.cz/cz/rozcestnik/pro-media/tiskove-zpravy/vystavba-noveho-jaderneho-bloku-dukovan-by-mela-zacit-v-roce-2029--250598/>, staženo 7. 4. 2021.
- <https://www.surao.cz/zuzovani/>, staženo 5. 4. 2021.
- Wagner V.: *Fukušima I poté*. Novela Bohemika, Praha 2015.
- Neumann S.: *Phys. Teach.* 52, 57 (2014).
- <https://www.blesk.cz/clanek/zpravy-udalosti/179737/>

- po-havarii-ve-fukusime-se-rodí-zmutovana-zvirata-a-co-deti.html, staženo 5. 4. 2021.
6. Orita M., Hayashida N., Nakayama Y., Shinkawa T., Urata H., Fukushima Y., Endo Y., Ymashita S., Takamura N.: *Plos One* 10, e0129227 (2015).
 7. Chalupa R., Nesměrāk K.: *Chem. Listy* 108, 993 (2014).
 8. Pastorová M.: *Doporučené očekávané výstupy – Metodická podpora pro výuku průřezových témat v gymnáziích*. Národní ústav pro vzdělávání, školské poradenské zařízení a zařízení pro další vzdělávání pedagogických pracovníků, Praha 2011.
 9. Jeřábek J., Krčková S., Hučínová L.: *Rámcový vzdělávací program pro gymnázia*. Výzkumný ústav pedagogický v Praze, Praha 2007.
 10. Košťálová H., Rutová N., Věříšová I.: *Další strategie k rozvoji kritického myšlení: Čtením a psaním ke kritickému myšlení*. Kritické myšlení, Praha 2007.
 11. Koerner C. L.: *J. Soc. Sci.* 51, 240 (2014).
 12. Bauer M. W., Gylstorff S., Bergmann Madsen E., Mejlgaard N.: *Environ. Commun.* 13, 1 (2018).
 13. Jeřábek J. a 42 spoluautorů: *Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání*. MŠMT, Praha 2015.
 14. <https://www.idnes.cz/>, staženo 4. 4. 2021.

P. Distler^{a,b}, M. Teplá^a, P. Šmejkal^a, and P. Teplý^a
^a*Department of Teaching and Didactics of Chemistry, Faculty of Science, Charles University, Prague,*
^b*Department of Nuclear Chemistry, Faculty of Nuclear Sciences and Physical Engineering, Czech Technical University, Prague):* **Radiation Accident and Possibilities of its Conception in Teaching Chemistry with Emphasis on the Environmental and Media Education**

At present, nuclear energy significantly contributes to the production of electricity in the Czech Republic and, according to the long-term energy concept, its role will be even more significant in the future. As a result of the radiation accidents (Chernobyl, Fukushima), many misconceptions exist among the public. Therefore, a teaching activity, aimed to introduce the topic of radiation accidents using articles and interviews, was prepared and verified in the classes. The topic is conceived as interdisciplinary, including the integration of cross-sectional topics of the media education and the environmental education.

Keywords: nuclear energy, radiation accident, teaching chemistry, environmental education, media education

Acknowledgements

This work was supported by funding project Progres Q17 and University research centres UK UNCE/HUM/024.