

KRITICKÝ POHLED NA EKODESIGN KOMPAKTNÍCH SVĚTELNÝCH ZDROJŮ

Kudláček Ivan, Mareš Adam

Úvod

Elektrická energie je vyráběna převážně v elektrárnách na fosilní paliva. To má mimo jiné za následek unikání škodlivých emisí do ovzduší. Proto je v Evropské unii snaha snižovat energetickou náročnost elektrotechnických zařízení. Jedním z takovýchto zařízení jsou světelné zdroje. Z rozhodnutí Evropské unie byla omezena výroba klasických žárovek pro jejich vysokou spotřebu elektrické energie při osvětlování a uloženo spotřebiteli používat úsporné světelné zdroje¹. Některé energeticky úsporné světelné zdroje se musí z důvodu obsahu toxické rtuti bezpečně likvidovat. Rozumí se tím odevzdání vysloužilého světelného zdroje na určená místa, odkud jsou odváženy k odbornému zpracování. Toto zpracování je však energeticky náročné a má za následek emise CO₂. Předpokládá se proto, že v dohledné době budou upřednostňovaný LED světelné zdroje, které jsou pro životní prostředí šetrnější. Mají ještě menší spotřebu elektrické energie a hlavně neobsahují rtuť. Předmětem tohoto příspěvku je kritický pohled na likvidaci klasických žárovek a kompaktních světelných zdrojů z hlediska znehodnocení životního prostředí.

Legislativní opatření EU

Ze studie uvedené v dokumentu č. 244/2009 EU vyplývá, že v roce 2007 byla spotřeba energie související s výrobky, jež jsou předmětem tohoto nařízení v Evropské unii 112 TWh. To odpovídá 45 milionům tun emisí CO₂ [1]. Pokud by se nepřijala žádná úsporná opatření v oblasti světelných zdrojů, bude v roce 2020 roční spotřeba elektrické energie 135 TWh. To samozřejmě odpovídá ještě vyšším emisím oxidu uhličitého do ovzduší.

Důsledkem přijaté direktivy EU je postupné vyřazování klasických žárovek jako zdroje pro osvětlování. Od září 2009 se přestaly dodávat žárovky s příkonem nad 80 W. Požadovaný příkon žárovek se stále snižoval. Začátkem září 2012 byla omezena dodávka všech klasických žárovek. V září 2016 přijdou podle této směrnice na řadu i halogenové žárovky s nižší účinností. Nařízení se vztahuje v zásadě pouze na výrobky, které slouží k osvětlování v domácnostech.

Dále se toto nařízení týká emisí rtuti. Bere se v potaz jak emise Hg uniká do životního prostředí při výrobě elektrické energie, tak především rtuť, která se používá v lineárních a kompaktních zářivkách. Cílem citované direktivy je především snaha o snížení emisí rtuti, které se dostávají do životního prostředí, pokud nejsou tyto světelné zdroje recyklovány. Nepřijetí tohoto opatření by podle odhadů vedlo ke zvýšení úniků rtuti v celé EU z 2,9 t v roce 2007 na 3,1 t v roce 2020.

Další důležitý legislativní krok k ochraně životního prostředí, který se vztahuje k předmětu tohoto příspěvku, je Směrnice EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY 2002/96/ES ze dne 27. ledna 2003 o odpadních elektrických a elektronických zařízeních [2]. Ve světě je tato směrnice známá jako WEEE (Waste Electrical and Electronic Equipment). Cílem směrnice je zlepšené nakládání s elektrickým odpadem, který by neměl končit na skládkách komunálního odpadu či ve spalovnách. Mělo by to být dosaženo důrazem na ekodesignový návrh výrobku, zpětný odběr elektrických a elektronických zařízení a jejich recyklací. Podle článku 4 této směrnice by měla při návrhu výrobku být zohledněna následná jednoduchá demontáž pro opětovné využití

¹ Nařízení komise ES ze dne 18. března 2009, kterým se provádí směrnice Evropského parlamentu a Rady 2005/32/ES, pokud jde o požadavky na ekodesign nesměrových světelných zdrojů pro domácnost.

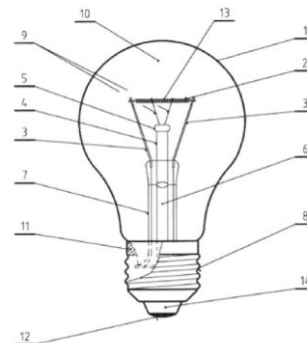
a recyklaci částí výrobku, stejně jako použití materiálů, které nejsou nebezpečné a jsou maximálním možným způsobem znovu použitelné.

Technologický rozbor vybraných světelných zdrojů

Proveďme tedy s ohledem na uvedené požadavky porovnání obou základních světelných zdrojů – klasické žárovky a kompaktní zářivky.

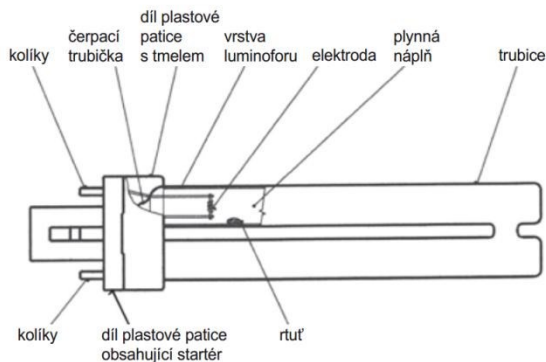
Žárovka

Žárovka patří do skupiny teplotních zdrojů (obr. 1). Světlo vyzařuje z vlákna, které je rozžhavené průchodem elektrického proudu. U moderních žárovek je toto vlákno wolframové o průměru od 10 μm do 120 μm v závislosti na výkonu. K uchycení vlákna slouží molybdenové háčky, zapíchnuté do čocky tyčinky. Tyčinka spolu s talířkem a čerpací trubičkou tvoří nožku. Celé je to chráněno vnější baňkou ze sodnovápenatého skla. Aby wolframové vlákno neshořelo, je uvnitř žárovky buď vakuum, nebo inertní plyn (argon nebo krypton) s příměsí dusíku. Tato směs zajišťuje lepší vlastnosti žárovky. Závitová patice je pak nejčastěji zhotovena z hliníku nebo galvanicky poniklované mosazi.



obr. 1 Konstrukce obyčejné žárovky²

Kompaktní zářivka



obr. 2 Konstrukce kompaktní zářivky

trubice, transformováno na viditelné světlo. Díky elektronickému předřadníku je zaručen téměř okamžitý start (do 1 s) a odpadá problém s nepříjemným hučením a blikáním zářivky. Předřadník je uložen pod plastovým krytem v patici zářivky. Patice se většinou používá stejná jako u klasických žárovek (závity E14, E27, popř. B22, nejnovější je řešení s paticí G28d). Tvary a velikosti kompaktních zářivek se liší a na trhu je jich velké množství.

Parametry vybraných světelných zdrojů

² 1- baňka, 2- wolframové vlákno, 3- přívody, 4- tyčinka, 5- čocka, 6- čerpací trubička, 7- talířek, 8- patice, 9- háčky, 10- plynová náplň, 11- tmel, 12- pájka, 13- getr, 14- izolace patice.

Tím, že se vlákno v žárovkách žhaví, produkuje tepelnou energii. Na světlo se přemění pouze 8 % spotřebované energie. Zbylá tepelná energie se vyzáří do okolí. Proto se pokládá žárovka za neúsporný světelný zdroj. Orientační srovnání vybraných světelných zdrojů je v tab. 1.

Typ světelného zdroje	Příkon (W)	Životnost (h)	Úspora energie (%)
Klasická žárovka	40	1000	0
Halogenová žárovka	28	2000	20
	20	3000	30
Kompaktní zářivka	9 ÷ 10	6000 ÷ 20000	75
LED světelný zdroj	7 ÷ 8	25000 ÷ 45000	80

tab. 1 Orientační přehled vybraných typů světelných zdrojů a jejich srovnání s 40 W klasickou žárovku [3]

Porovnáním jednotlivých parametrů a s přihlédnutím k cenové relaci vychází jako nejlepší alternativa k obyčejné žárovce kompaktní zářivka s úsporou energie blížící se 80 % a až 20krát delší životností. Je však nutné brát ohled na počet spínacích cyklů, které životnost kompaktní zářivky snižují. Po ukončení životnosti končí klasická žárovka v komunálním odpadu. Na kompaktní zářivku se vztahuje zpětný odběr.

Zpětný odběr a recyklace světelných zdrojů

Jedna kompaktní zářivka obsahuje 2 - 5 mg rtuti. Toto množství rtuť může znečistit až 10 tisíc litrů vody [4]. Obsah rtuti v konkrétním světelném zdroji by měl být dle přílohy II č. 3.1 písm. k) směrnice [1] uveden viditelně na obalu. Podle [5] okolo 60 % domácností vyhazuje vysloužilé úsporné světelné zdroje do popelnice.

V obchodech je k dostání spousta různých tvarů a typů úsporných světelných zdrojů, velmi různorodého materiálového složení. Z tohoto důvodu nelze použít jednu univerzální metodu na jejich likvidaci. V úvahu připadají následující základní postupy.

Vysloužilé světelné zdroje bez ohledu na tvar se rozeberou. Vše probíhá v podtlaku, aby se zabránilo uniknutí výparů rtuti do okolí. Používá se k tomu se šnekový drtič nebo kladivový mlýn. Zářivková drť se poté třídí buď za sucha, nebo za mokra. Při **suchém třídění** se používají vibrační a bubnová síta. Při **mokrém třídění** se zářivková drť promývá kyselou vodou v bubnové pračce. Hrubší podíly, vystupující z pračky, se dělí magnetickou separací a dalšími fyzikálními postupy na sklo a kovy. Kalová frakce se dekantuje. Ze slivu se cementací odstraňuje rtuť a odpadní voda se používá v uzavřeném okruhu zpět na praní.

U lineárních zářivek se používá postupná demontáž (metoda **Kapp – Trenn** [6]). Nejdříve se oddělí umělohmotné patice. Ze skleněné se trubice vyfoukne luminofor obsahující rtuť a uloží se do vzduchotěsných kontejnerů. Čisté sklo se poté drtí a pomocí magnetické separace se odstraňují poslední zbytky případných kovových částí. Sklo lze bez problémů znovu využít.

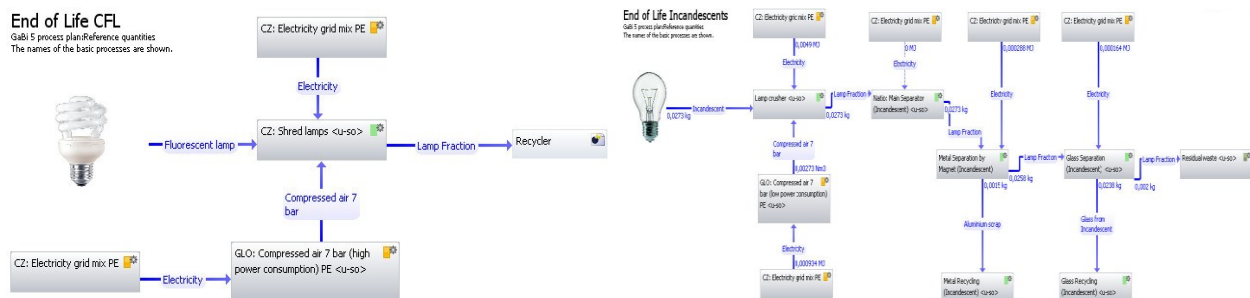
Jako další možnost likvidace je metoda pomocí odstředování. Výhoda této metody je v tom, že se kovové a umělohmotné části se roztřídí, aniž by došlo ke zničení kovových objímek nebo elektronických součástek. Luminofor je přitom skrz filtr odsáván. Sklo se může dále termicky zpracovat. Vytríděné elektronické, umělohmotné a kovové součásti jsou rozdrceny a použitím různých separátorů rozděleny.

Ekoinventura likvidace světelných zdrojů

Přesto že kompaktní zářivky jsou z energetického hlediska šetrné k životnímu prostředí nelze opomíjet dopad těchto světelných zdrojů na životní prostředí s ohledem na rtuť, která je v zářivkách. Svědčí o tom např. Studie LCA [7]. V uvedené studii je provedeno posouzení životního cyklu kompaktního světelného zdroje do odložení na skládku. Jedním z výstupů studie je vyčíslení množství rtuti, které je vyprodukováno při výrobě elektrické energie.

My jsme se chtěli podívat na dopad recyklace kompaktních zářivek na životní prostředí. Enviromentální dopad recyklace tohoto světelného zdroje jsme porovnávali s hypotetickou recyklací klasické žárovky. Jako modely byly vybrány kompaktní zářivka 23W Philips Marathon Mini a 100W žárovka od společnosti General Electric. Aby se výsledky studie daly porovnávat, byla zvolena jako funkční jednotka 15 000 hodin svícení. Dalším výchozím předpokladem bylo, že při svícení klasickou žárovkou po dobu 10 000 hodin je spalováním uhlí emitováno do atmosféry 16 mg rtuti. Při použití kompaktní zářivky pouze 4,6 mg Hg. Pro studii byla zvolena recyklační metoda suchého třídění.

Studie byla provedena pomocí software GaBi verze 5.0. Produktový systém recyklace kompaktní zářivky (bez recyklační větve Hg) a klasické žárovky je na obr. 3.



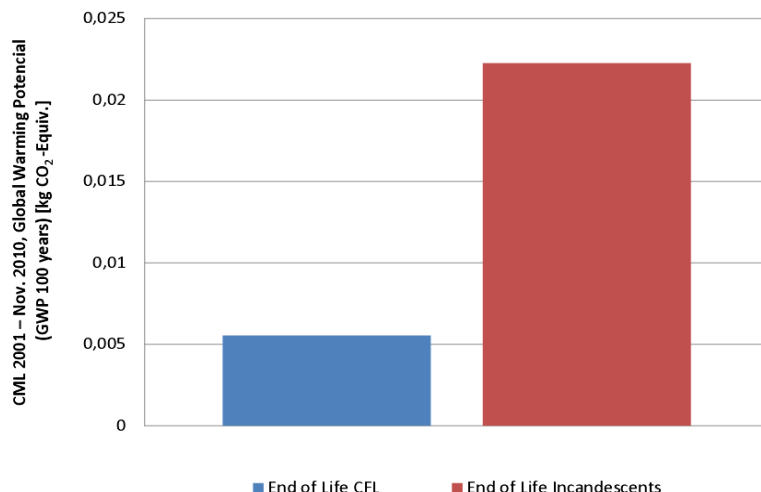
obr. 3 Produktový systém recyklace kompaktní zářivky a klasické žárovky

Interpretace výsledků

Pokud bychom porovnávali pouze množství odpadu z jedné klasické žárovky s jedním kompaktním světelným zdrojem, bude na tom kompaktní zářivka se svou přibližně 3krát větší hmotností hůře. Jestliže budeme uvažovat emise rtuti do okolí pouze ve fázi recyklace, tak má opět standardní žárovka navrch, protože při jejím zpracování téměř žádné emise Hg do atmosféry neunikají (pouze nepatrné množství při výrobě el. energie potřebné na její likvidaci).

Jiná situace nastane, když se uvaží funkční jednotka (15 000 h svícení). Při uvažování funkční jednotky se hmotnost drti ze žárovek zvýší 15krát. Zvýší se tedy i potřebná energie, kterou je nutno na zpracování tohoto výrobku dodat.

Hodnotícím kritériem v provedené studii byla zvolena uhlíková stopa. Na obr. 4 zobrazena, uhlíková stopa při likvidaci kompaktní zářivky a žárovky s ohledem na referenční jednotku. Pro zabránění spekulacím je nutno zdůraznit, že ve skutečnosti *k recyklaci žárovek nedochází*. Úvaha o větším množství odpadu z obyčejných žárovek by však měla být zohledněna, protože i komunální odpad je problémem, který je s ohledem na životní prostředí nutno řešit.



obr. 4 Porovnání uhlíkové stopy při zpracování kompaktní zářivky (End of Life CFL) a žárovky (End of Life Incandescents), při uvážení referenční jednotky

Závěr

Snaha o ekologickou likvidaci kompaktních světelných zdrojů se sice dostává do podvědomí široké veřejnosti, přesto větší část spotřebitelů zákaz vyhazování do běžného odpadu nedodržuje a odhazuje vysloužilé světelné zdroje do popelnic.

Z provedené LCI studie likvidace kompaktního světelného zdroje vyplynulo, že pokud je zářivka profesionálně zlikvidována v některém ze zpracovatelských center, není dopad modernějšího světelného zařízení na životní prostředí převážně nepříznivý. Prokázaným odůvodněním je dlouhá životnost úsporného světelného zdroje, ovlivňující i zmenšení množství odpadu. Zásadně větší životnost a úspora energie kompaktního světelného zdroje jsou rozhodujícím pozitivem ve finanční rozvaze.

Negativním aspektem zůstává obsah rtuti v zářivce. Rtuť se likviduje ukládáním do podzemí v podobě sloučeniny HgS, i když je možná její recyklace a použití v nových zářivkách. Zářivky, které nejsou zpětně odevzdány a přijdou na skládku komunálního odpadu, se s velkou pravděpodobností rozbijí a rtuť z nich unikne do okolí. Protikladem k stanovisku o škodlivosti kompaktních zářivek mohou být závěry studií, které se zabývají celým životním cyklem těchto světelných zdrojů. Rozhodujícím faktorem je spotřeba elektrické energie.

Environmentální dopad zářivky je tedy při uvážení všech ostatních okolností výrazně menší. To dovoluje konstatovat, kompaktní světelné zdroje, přes nebezpečí kontaminace životního prostředí Hg naplňují záměr direktivy EU č. 244/2009. Dá se ale předpokládat, že technický vývoj tuto technologii v blízké budoucnosti nahradí LED světelnými zdroji, neboť mají vysokou energetickou účinnost a neobsahují *hlavně rtuť*. Otevřenou otázkou zůstává, jak a v jakém rozsahu bude nutné LED světelné zdroje recyklovat.

Literatura

- [1] NAŘÍZENÍ KOMISE (ES) č. 244/2009 – požadavky na ekodesign nesměrových světelných zdrojů pro domácnost. Úřední věstník EU: L 76, 24. 3. 2009
- [2] SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY 2002/96/ES ze dne 27. ledna 2003 o odpadních elektrických a elektronických zařízeních (OEEZ). In: lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=DD:15:07:32002L0096:CS:PDF
- [3] SEVEN, o.p.s. ve spolupráci se Zastoupením Evropské komise. Energeticky úsporné osvětlování v domácnostech – přehled technologií a legislativy [online]. 2010 [cit. 2013-01-18]. Dostupné z: <http://ec.europa.eu/ceskarepublika/pdf/brozurazarovky.pdf>
- [4] CHOCOVÁ, Blanka. Pozor na vyhazování zářivek! Pokuta až 20 000 Kč. Nalezeno.cz [online]. 2011, 20. 10. 2011 [cit. 2013-01-18]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/bydleni/osvetleni/pozor-na-vyhazovani-zarivek-pokuta-az-20-000-kc.aspx>
- [5] PONCAROVÁ, Jana. Na skládkách končí 60 % zářivek - uvolňují nebezpečnou rtuť. In: *Finance.cz* [online]. 2012 [cit. 2013-01-18]. Dostupné z: <http://www.finance.cz/zpravy/finance/365244-na-skladkach-konci-60-zarivek-uvolnuji-nebezpecnou-rtut/>
- [6] HRNČÍŘ, Bohumil. Výrobky světelné techniky jako zdroje odpadů s obsahem rtuti. *Elektro* [online]. 2001, roč. 2001, č. 3 [cit. 2013-01-18]. Dostupné z: http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=23865
- [7] RAMROTH, Laurie. *Comparison of Life-Cycle Analyses of Compact Fluorescent and Incandescent Lamps Based on Rated Life of Compact Fluorescent Lamp* [online]. Rocky Mountain Institute, 2008 [cit. 2013-05-13]. Dostupné z: http://www.rmi.org/Knowledge-Center/Library/C08-12_LCAFluorescentIncandescentLamps. Report or White Paper. Rocky Mountain Institute.

doc., ing. Ivan Kudláček, CSc., ČVUT FEL, kudlacek@fel.cvut.cz, tel. 224352212
Bc. Adam Mareš, ČVUT FEL, maresada@fel.cvut.cz