

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ
KATEDRA ELEKTROTECHNOLOGIE

Technologická podpora ekodesignového
návrhu el. zařízení

Bakalářská práce

Vypracoval: Jaroslav Vábek

Vedoucí: doc. Ing. Ivan Kudláček CSc.

Praha, 2012

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická

katedra elektrotechnologie

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student: **Jaroslav Vábek**

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management
Obor: Aplikovaná elektrotechnika

Název tématu: **Technologická podpora ekodesignového návrhu el. zařízení**

Pokyny pro vypracování:


1. Zpracujte přehled evropských a českých legislativních dokumentů vztahujících se k ekodesignu elektrických zařízení.
2. Proveďte technologický rozbor vzorového el. zařízení z hlediska ekodesignu.
3. Vytvořte ideový návrh produktového systému vybraného vzorového zařízení.

Seznam odborné literatury:

- [1] Remtová K.: Cesty k čistší produkci a spotřebě. VŠE 1994
- [2] Kočí V.: Posuzování životního cyklu, Vodní zdroje. Ekomonitor s.r.o. 2009
- [3] Kudláček I., Weinzettel J, Rokos P.: LCA elektrotechnického výrobku. SVUOM s.r.o. 2009 ISBN 978-80-903933-2-5
- [4] Věstníky EU, Sbírka předpisů ČR

Vedoucí: doc.Ing. Ivan Kudláček, CSc.

Platnost zadání: do konce zimního semestru 2012/2013


doc. Ing. Pavel Mach, CSc.
vedoucí katedry




prof. Ing. Pavel Ripka, CSc.
děkan

V Praze dne 6. 2. 2012

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne

.....

podpis

Anotace

Bakalářská práce se zabývá problematikou upřednostňování kompaktních zářivek před klasickými žárovkami za účelem snížení negativního dopadu na životní prostředí. Úvodní kapitoly popisují nástroje environmentální politiky, uplatňované při snaze o snížení znečištění životního prostředí. Další kapitola je věnována přehledu vybraných požadavků na ekodesign některých elektrotechnických výrobků. V poslední kapitole je proveden rozbor žárovky a zářivky z hlediska materiálového složení a souvisejících dopadů na životní prostředí. Posouzení dopadů vybraných světelných zdrojů v rámci výrobní fáze a fáze používání je realizováno pomocí programu SimaPro.

Annotation

The bachelor thesis deals with the problematic of preferring compact fluorescent lights to classic light bulbs in order to reduce negative environmental influence. Opening chapters describe environmental policy instruments, applied in the effort for minimalization of environmental pollution. The next chapter is devoted to summary of chosen ecodesign requirements for some electrotechnical products. The last part analyzes material composition and related environmental influences of classic light bulbs and compact fluorescent lights. Assessment of the influence of chosen light sources in production phase and use phase is realized in the program SimaPro.

Obsah

Úvod	7
1 Vývoj nakládání s odpady v závěru 20. století.....	8
1.1 Technologie rozptylu	8
1.2 Koncové technologie	8
1.3 Recyklace.....	8
1.4 Preventivní opatření	9
2 Čistší produkce.....	10
2.1 Vznik a vývoj čistší produkce.....	10
2.2 Metodika čistší produkce	11
2.2.1 Příprava projektu	12
2.2.2 Předběžné hodnocení.....	13
2.2.3 Fáze plánování a organizace.....	13
2.2.4 Fáze analýzy	14
2.2.5 Fáze návrhu variant	14
2.2.6 Analýza proveditelnosti.....	15
2.2.7 Fáze realizace	15
2.2.8 Vyhodnocení výsledků	16
3 Metoda LCA.....	17
3.1 Podstata metody LCA	17
3.2 Vznik a vývoj metody LCA.....	17
3.3 Objasnění vztahu pojmů výrobek a životní cyklus výrobku.....	18
3.4 Provádění LCA	20
3.4.1 Stanovení cíle a rozsahu	20
3.4.2 Inventarizační analýza	21
3.4.3 Hodnocení negativních vlivů na životní prostředí.....	22
3.4.4 Celkové hodnocení	23
4 Ekodesign	24
4.1 Vznik Ekodesignu.....	24
4.2 Zásady ekodesignu.....	25
4.3 Postup při ekodesignu	25
4.4 Strategie ekodesignu	26

4.4.1	Zaměření na vývoj zcela nové koncepce výrobku.....	27
4.4.2	Strategie zaměřené na změnu konstrukce výrobku	27
4.4.3	Strategie zaměřené na stavbu (strukturu) výrobku	28
4.4.4	Strategie zaměřené na obslužné systémy.....	28
4.4.5	Kolo strategií ekodesignu	29
4.5	Význam ekodesignu.....	30
4.6	Ekodesign v elektrotechnice	30
5	Směrnice EU o ekodesignu elektrotechnických výrobků	31
5.1	Konkrétní požadavky na ekodesign	31
6	Environmentální dopady životního cyklu vybraných světelných zdrojů.....	35
6.1	Funkce a konstrukce žárovky	35
6.2	Funkce a konstrukce kompaktní zářivky	36
6.3	Hmotnostní složení žárovky a kompaktní zářivky	37
6.4	Dopady žárovky a zářivky na ŽP způsobené konstrukcí výrobků.....	38
6.5	Dopad žárovky a zářivky na ŽP prostřednictvím spotřeby elektrické energie	42
6.6	Pozitivní ekonomický efekt při použití zářivky.....	46
6.7	Srovnání dopadů výrobní fáze a fáze používání výrobku.....	46
7	Závěr.....	48
	Použitá literatura.....	49

Úvod

Postupné znečišťování životního prostředí působením člověka vedlo k nutnosti hledání nejvhodnějšího způsobu jeho ochrany. Přes několik metod, počínaje užíváním technologií rozptylu, koncových filtračních technologií a recyklace, jež se zaměřovaly především na co nejšetnější nakládání se vzniklými odpady, se dnes dospělo ke strategiím, které uplatňují preventivní přístup ke znečišťování již ve fázi návrhu a konstrukce výrobku.

Vývoj v oblasti elektrotechnické výroby směřuje především ke snížení negativního dopadu na životní prostředí prostřednictvím snižování spotřeby elektrické energie. Limity pro maximální hodnoty spotřeby jsou zaváděny v podobě legislativních dokumentů jednotlivých států vyspělého světa. V některých případech mohou vést až k úplnému zákazu používání určitých výrobků.

V EU se takové opatření týká postupného stahování klasických žárovek z prodeje kvůli jejich vysoké spotřebě energie proti stále častěji prosazovaným jiným druhům osvětlení, zejména úsporným zářivkám.

Problematika ukončení prodeje klasických žárovek však spočívá v rozhodnutí, zda je správné preferovat úsporu na straně elektrické energie před rizikem úniku toxických látek, které jsou v zářivkách obsaženy.

1 Vývoj nakládání s odpady v závěru 20. století

1.1 Technologie rozptylu

Co se týče nakládání s odpady, převládaly v 60. letech dvacátého století tendence, které vedly k rozptylu znečišťujících látek do širšího okolí, přičemž se mělo za to, že se příroda dokáže s nastalým znečištěním nižší koncentrace vypořádat pomocí svých samočisticích mechanismů. Docházelo ke stavbám vysokých komínů či dlouhých kanalizací na odvod odpadů co nejdále od lidských sídel. Tato myšlenka, pochopitelně vzhledem k množství znečišťujících látek, jež byly do prostředí vypouštěny, nemohla být příliš dlouho udržitelná.

1.2 Koncové technologie

Již v 70. letech proto můžeme hovořit o rozvoji tzv. koncových technologií. Tato zařízení měla sloužit k zachycení odpadů a emisí a pomoci při jejich úpravě a zneškodnění. Mezi nejvíce používané prostředky této strategie patřily především různé filtry, odlučovače, velké spalovny a skládky. Takto vzniklý odpad byl na rozdíl od předchozích let koncentrován na velmi malá území. Při stále rostoucím množství jeho produkce začal však tento odpad člověka přímo ohrožovat. Stále nevyřešená otázka vzniku značného množství odpadu nutně vedla k přemýšlení nad novou strategií řešení odpadové problematiky.

1.3 Recyklace

Další změna tedy nastala v období let osmdesátých, kdy již došlo i na teorie o možném brzkém vyčerpání přírodních zdrojů při zachování současné spotřeby. Bylo tak žádoucí dostupnými materiály při výrobě co nejméně plýtvat. Řešení tohoto problému mělo být v recyklaci, která je založena na zpětném užití materiálů z odpadu pro výrobu nových produktů. Dlouho se zdálo, že právě touto metodou bude možno se s obtížemi velkého množství odpadu vypořádat. Recyklace však ve výsledku neznamenalala pouze snížení spotřeby surovin, použitých ve výrobě, ale stejně tak i větší ekonomické a energetické nároky na pořízení a provoz recyklačních zařízení. Nehledě na to, že z recyklovaných materiálů se vyráběly ve velkém množství produkty, které se nedaly již tak dobře využít a i u nich bylo

nutno zvážit další postup jejich likvidace. Samotná recyklace tak nepřinášela řešení v otázce snižování produkce odpadu při výrobě, což se podepsalo i na hledání nové preventivní strategie, která by konečně vedla k požadovanému cíli.

1.4 Preventivní opatření

Poslední náhled na ochranu životního prostředí tak zastává strategii prevence, tedy předcházení možnému vzniku odpadu. Ochranná opatření se od likvidace nashromážděného odpadu přesunula k samotnému zdroji jeho vzniku. V posledním desetiletí minulého století se začalo s intenzivním systémovým uplatňováním preventivní strategie především samotnými podniky, pro které již bylo ekonomicky málo výhodné zacházet s odpady pouze pomocí koncových technologií a recyklace. Nástroje pro uplatňování preventivních strategií jsou spatřovány především v zavádění principů čistší produkce, zkoumání životního cyklu výrobku metodou LCA (Life Cycle Assessment) a provádění ekodesignu výrobků.

2 Čistší produkce

2.1 Vznik a vývoj čistší produkce

Původní představy o čistší produkci (ČP) se datují již do 70. let dvacátého století. V roce 1972 se konala první konference OSN o životním prostředí, z čehož bylo zřejmé, že problematika ochrany přírody se stala celosvětovou záležitostí. Dalším významným rokem vývoje čistší produkce je rok 1984. V USA totiž došlo k vyhlášení Programu minimalizace toxických a nebezpečných odpadů, z něhož přímo plynula povinnost znečišťovatelů vypracovávat programy na snížení objemu a toxicity odpadů. V roce 1987 vydala Zvláštní komise OSN pro životní prostředí na svém posledním zasedání zprávu, která definovala základní zásady udržitelného rozvoje. Největší otázky byly kladeny ohledně způsobu, jakým tyto zásady převést do praxe. Vhodným východiskem se zdály být principy čistší produkce, která byla oficiálně definována na zasedání organizace UNEP (United Nations Environmental Programme) v roce 1989 v Paříži ve znění: „čistší produkce je stálá aplikace integrální preventivní strategie na procesy, výrobky a služby s cílem zvýšit jejich efektivnost a omezit rizika jak vůči člověku, tak i vůči životnímu prostředí“. V roce 1994 došlo k připojení organizace UNIDO (United Nations Industrial Development Organisation) k programu UNEP a vznikl nový program Národních center čistší produkce. K tomu se, založením Českého centra čistší produkce, připojila v témže roce i Česká republika. Organizace UNEP se dále stará o propagaci principů čistší produkce na svých seminářích, které se konaly každé dva roky v různých zemích světa. Na semináři v Soulu v roce 1998 byla vyhlášena Mezinárodní deklarace čistší produkce, jež vyhlásila závazek používat a propagovat preventivní strategii čistší produkce. Česká republika připojila svůj podpis k deklaraci v roce 1999 prostřednictvím ministra životního prostředí Miloše Kužvarta. Zatím poslední seminář UNEP se konal v roce 2002 v Praze.

Vzhledem k tomu, že zřejmě nejvyšší prioritou strategie čistší produkce je zabránění vzniku odpadních látek a minimalizace spotřeby energie, jsou předešlé způsoby boje se vzniklým odpadem upozaděny a slouží spíše jako prostředky k realizaci některých myšlenek čistší produkce. Recyklace stojí na pomezí mezi klasickými koncovými technologiemi a čistší produkcí, neboť sice neřeší otázku vzniku odpadu, ale je prostředkem pro velkou materiálovou a energetickou úsporu v průběhu výroby, čímž vlastně do principů čistší technologie spadá.

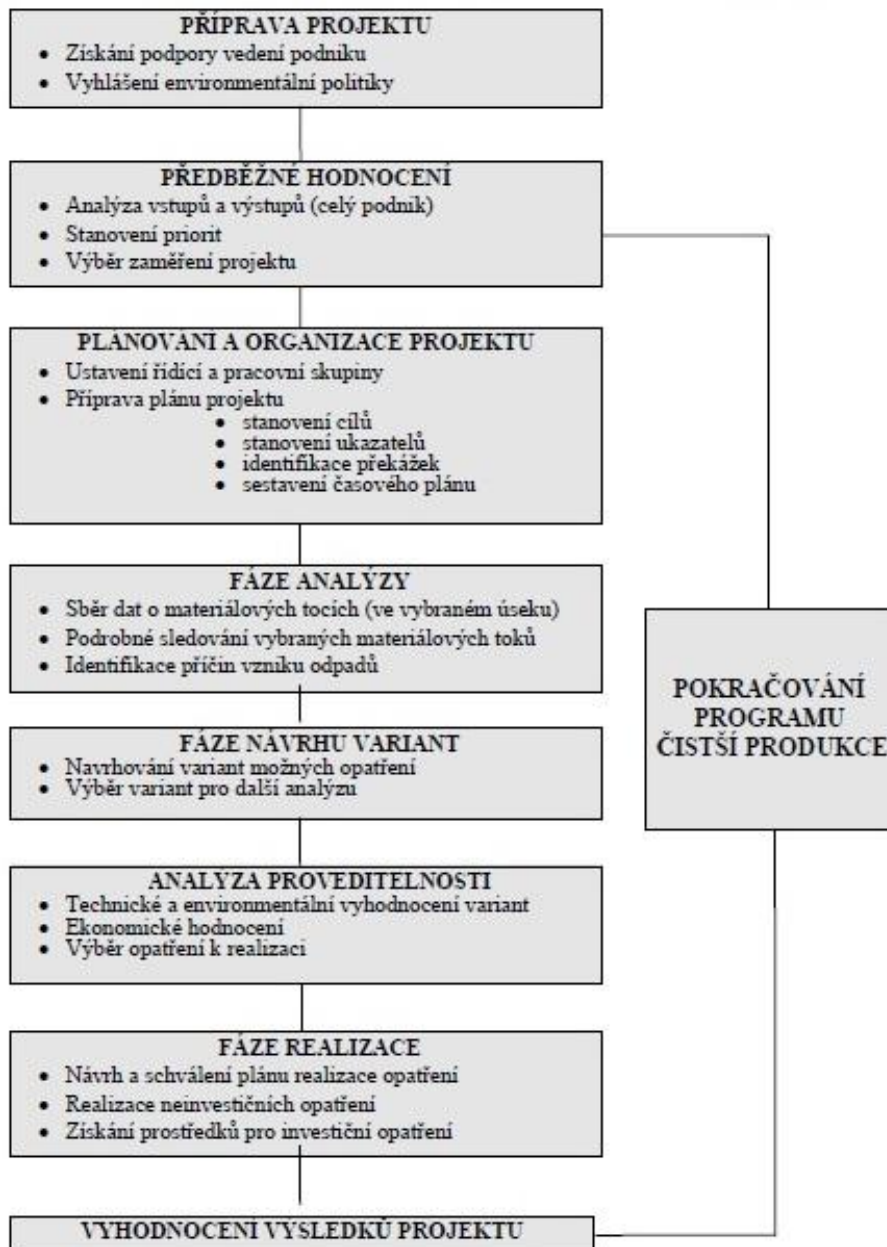
Oblastí strategie čistší produkce je tak sledování materiálových a energetických toků nejen ve všech fázích výrobního postupu, ale i ve všech fázích životního cyklu výrobků či služeb včetně jejich likvidace. Na základě vyhodnocení těchto analýz se stanovuje vliv dané fáze životního cyklu na člověka a prostředí. Uplatnění principů čistší produkce ke zlepšení ekologického vlivu produktů a služeb spočívá především ve změnách použitých materiálů a jejich množství (zejména u materiálů toxických či obtížně recyklovatelných), výrobních cyklů a technologií a zpětného získávání surovin ať už v oblasti vnitropodnikové nebo v případech externí recyklace.

Čistší produkce dále ukazuje, že starost o udržení kvality přírodního prostředí a minimalizaci škodlivých vlivů na člověka, může mít i pozitivní ekonomické dopady. V souvislosti s finančními úsporami můžeme mluvit o tzv. eko – efektivnosti, která je nejen výsledkem prevence před postihy legislativou, ale hlavně plyne ze zmiňované úspory na straně surovin, energií a dalších zdrojů jako je lidská pracovní síla. Rozdíl oproti předchozím obdobím, kdy boj se vzniklým znečištěním byl jen zdrojem dalších nákladů na jeho odstranění, spočívá ve snížení nákladů na zisk surovin i likvidaci menšího množství odpadu. Mimo jiné velmi významné snížení nákladů přináší sledování výrobních procesů a jejich následná úprava vedoucí k zefektivnění výroby.

2.2 Metodika čistší produkce

Strategie čistší produkce je uplatňována formou dlouhodobých projektů. Realizace projektů může být jak na úrovni samotného podniku, tak i v rámci obce či celého regionu. Podniky se většinou rozhodují realizovat projekty ČP na základě analýz, které potvrdí znatelný přínos budoucích opatření nejen v oblasti kvality životního prostředí, ale i z hlediska finančních úspor. Výhodou regionálních projektů, které mohou sdružovat menší podniky zaměřené nejen na výrobu, je zcela jistě plošný princip šíření čistší produkce. Možnost absolvovat část školení společnou všem zúčastněným podnikům, vzájemné seznamování se s možnostmi aplikace ČP a cenná výměna získaných zkušeností, jsou ve výsledku velmi výraznou úsporou pro všechny podniky.

Samotný projekt na uplatnění principů čistší produkce ve výrobě se dle [5] dělí do několika částí, které na sebe navazují. Schéma projektu čistší produkce je nastíněno v Obrázku 1.



Obrázek 1 Postup projektu čistší produkce, převzato z [5]

2.2.1 Příprava projektu

V první fázi, označené jako příprava projektu, musí dojít k zisku souhlasu vedení s environmentální politikou podniku a jeho přesvědčení o důležitosti a užitečnosti programu čistší produkce. Díky tomu lze posléze získat potřebné finanční investice pro další rozvoj projektu a jeho realizaci. Podpora vrcholného vedení podniku je zcela jistě kromě samotného snižování škodlivého vlivu výroby na životní prostředí motivována velkou měrou i finančními úsporami, které vycházejí z aplikace metod čistší produkce do výrobních procesů. Vyhlášení

environmentální politiky podniku je v neposlední řadě také velmi dobře vnímáno společností, která se v dnešní době stále více zaměřuje na sledování stavu životního prostředí.

2.2.2 Předběžné hodnocení

Druhým krokem projektu je předběžné hodnocení. Jeho cílem je nalezení oblastí, ve kterých dochází k největším ztrátám materiálu, financí i energií. Předběžné hodnocení také slouží k vymezení rozsahu projektu a nalezení priorit řešení. Je proto třeba zajistit potřebná data o materiálových a finančních tocích v celém podniku. Shromažďování informací o nákupu a spotřebě surovin, objemu výroby, spotřebě energie, údajů měřících přístrojů a odborných odhadů, nebývá jednoduchou záležitostí. Rovněž je třeba zahrnout popis výrobního procesu, rozdělení práce a zodpovědnosti pracovníků. Pokud jsou požadovaná data k dispozici, je nutno provádět jejich sběr s pomocí vedoucích provozů, kteří by měli mít o těchto datech přehled. Stanovení priorit je možno brát z pohledu několika kritérií. Doporučuje se sledovat zejména finanční ztráty, spojené s produkcí odpadu a znečištění, množství a nebezpečnost vzniklých odpadů a snadnost a rychlost možné nápravy.

2.2.3 Fáze plánování a organizace

Třetí fází projektu čistší produkce je jeho plánování a organizace. Jelikož se provádění projektu v podniku týká všech oblastí jeho činnosti a velkého množství zaměstnanců, proto by měla být práce dobře organizována a každý spolupracovník by se měl podílet na její určité části již od počátku projektu. Organizaci projektu je zajišťována řídicí skupinou, jejímiž členy se stávají převážně vedoucí výrobních a technických oddělení. Většinu konkrétní práce jednotlivých částí projektu by poté měli vykonávat členové pracovních skupin. Hlavními úkoly řídicí skupiny by mělo být především stanovení cíle projektu a strategie jeho dosažení, posuzování plánu projektu, stanovení odpovědnosti jednotlivých pracovníků či jmenování vedoucího a členů pracovní skupiny. Řídicí skupina také musí zajistit potřebné finanční zdroje, sledovat průběh realizace projektu a kontrolovat dosažené výsledky. Úkoly pracovní skupiny spočívají především ve stanovení dílčích cílů programu, vytvoření systému sledování odpadních toků, určení priorit jednotlivých druhů odpadu, provádění a řízení průběhu analýzy, vyhodnocení analýzy proveditelnosti navržených variant a řízení procesu realizace navržených variant.

Cíl projektu, určený řídicí skupinou, musí být přiměřený okolnostem a reálně dosažitelný. Jeho formulace musí být přesná, obsahovat cílovou hodnotu a výsledek musí být jasně

měřitelný. Dvěma hlavními cíli v oblasti čistší produkce bývají omezení produkce odpadů a znečištění a úspora výrobních nákladů případně nákladů na koncové technologie.

V praxi bývá v této fázi důležité i nalezení různých překážek, které se mohou při realizaci vyskytnout, včetně nalezení způsobu jejich co největší eliminace. S organizací projektu souvisí i sestavení časového plánu, jež by mělo být rovněž součástí této fáze.

2.2.4 Fáze analýzy

Fáze analýzy je založena na práci s nashromážděnými daty a jejich správné interpretaci. Důležitým bodem analýzy, vedoucím k objektivnímu posouzení splnění určitého cíle, je stanovení ukazatelů, zaměřených na odpady, suroviny či energie, jejichž množství je právě otázkou cílů projektu čistší produkce. Ukazatele bývají ve formě jednotky množství nebo energie, vztažené na jinou jednotku. Díky tomu lze porovnáním hodnot týchž ukazatelů před a po provedení opatření čistší produkce vysledovat účinnost provedených opatření.

Nezbytná je analýza vstupů a výstupů všech forem energie a materiálů pro určité úseky výrobního procesu. Látky, použité na vstupu, je vhodné třídít z hlediska jejich použití ve výrobním procesu. To dává možnost vybranou látku při zjištění její nevýhodnosti snáze nahradit jinou. Výstupy se mohou rozdělovat zejména dle příčiny jejich vzniku, což usnadňuje hledání způsobu, jak jejich vzniku v co nejvyšší míře zabránit. Nejčastěji se analýza, vzhledem k podnikovému účetnictví, provádí za období jednoho roku. Bilanci lze provádět i za kratší časové úseky, ale je pak třeba získané výsledky správně převést na společný údaj.

2.2.5 Fáze návrhu variant

Klíčovou úlohu při hledání možného směřování projektu hraje fáze návrhu variant. Zde by se mělo co nejširší spektrum pracovníků, podílejících se na projektu, účastnit generování různých řešení, pomocí kterých by se dalo dospět k vytyčeným cílům. Úspěch závisí jak na počtu celkově získaných možností, tak i na zkušenostech či motivaci pracovníků. Různé návrhy se získávají nejčastěji pomocí známé metody brainstormingu a to za předpokladu dodržení několika pravidel jako je zákaz kritiky a hodnocení nápadů, vytvoření neformálního prostředí při tvorbě nápadů, snahy o co největší počet nápadů a možných kombinací.

Získané varianty řešení problému se posléze dají rozdělit do čtyř skupin podle jejich proveditelnosti a investiční náročnosti. Do první skupiny se řadí opatření charakteru organizačních změn, které jsou po technické stránce jednoduše proveditelné a lze je okamžitě

zavést bez nutných investičních opatření. Druhá skupina sdružuje ty varianty, u kterých se sice s finančními výdaji počítá, avšak jejich ekonomická návratnost bude velmi rychlá. Ve třetí skupině jsou varianty finančně velmi náročné a i díky tomuto hledisku bude nutno je před jejich prováděním ještě prověřit. Poslední skupina obsahuje ty varianty, jež mají na první pohled nerealizovatelný charakter, ale jejichž uchování může posloužit při dalších fázích programu čistší produkce.

2.2.6 Analýza proveditelnosti

Po nalezení variant musí ještě navrhovaná opatření před vlastním uvedením do praxe projít důkladným environmentálním, technickým a ekonomickým zhodnocením. Posouzením musí projít především vliv nových opatření na životní prostředí ve srovnání s výchozím stavem. Dále se posuzuje vliv na kvalitu výrobků a bezpečnost práce. V technickém vyhodnocení nesmí chybět souhrn všech možných problémů, které mohou při zdokonalování výrobního procesu nastat. Je také nutno prokázat, že nově upravený proces nepovede ke vzniku nových problémů, týkajících se životního prostředí a zdraví zaměstnanců.

Neméně sledovaným hlediskem při analýze proveditelnosti, zejména ze strany vedení podniku, je ekonomické vyhodnocení. Běžně prováděné analýzy návratnosti investic jsou dobrým prostředkem pro určení ekonomického přínosu daného opatření pro snížení znečištění. Žádoucím je docílení co nejkratší doby návratnosti, jíž se dosahuje snížením nákladů ve všech možných oblastech, které mohou se zavedením nového opatření jakkoli souviset. Do ekonomické analýzy se musí zahrnout veškeré výdaje související s realizací opatření, jako jsou náklady na nákup zařízení, projektování, montáž zařízení, vyškolení zaměstnanců apod.

2.2.7 Fáze realizace

Pracovní skupina předloží řídicí skupině po vyhodnocení variant navržená opatření k dalšímu posouzení. Nejperspektivnější opatření jsou vybrána k realizaci. Monitorování a podávání zpráv o průběhu projektu zajišťuje dále pracovní skupina.

Aby došlo k nalezení možných způsobů snížení množství odpadů a škodlivin v podniku, vypracovává se konkrétní plán realizace opatření. Ten by měl obsahovat především souhrn opatření a lhůty jejich realizací, rozdělení zodpovědnosti za realizaci daného opatření, průběh školení zaměstnanců pro práci na novém zařízení (i kontrolních) a program měření výsledků pro dokumentaci účinků opatření.

Nebezpečí vzniku problémů, které mohou při realizaci opatření nastat, bývá především důsledkem nedodržení některých bodů plánu. Nedostatečné posuzování realizovaných změn z pohledu vedoucích pracovníků nebo zaměstnanců, nejasné rozdělení zodpovědnosti či neseznámení pracovníků s prováděnými změnami v oblasti čistší produkce, jsou nejčastějšími příčinami špatné efektivity projektu. Poměrně zanedbávanou oblastí je také vyškolení vedoucích provozu a dalších osob, podílejících se na realizaci opatření. Nedostatečným vyškolením dochází k tomu, že se investice v podobě pořízení nové techniky bude mařit z důvodu neznalosti správného zacházení se zařízením včetně jeho ovládní.

Po skončení realizace projektu předloží pracovní skupina řídicí skupině závěrečnou zprávu. Výsledná zpráva projektu by měla obsahovat souhrnný přehled realizovaných opatření pro omezení vzniku odpadů a snížení množství vypouštěných škodlivin. Její nedílnou součástí je i rozsáhlá analýza vzniklých nákladů a finančních přínosů opatření, obsahující i míru splnění vyhlášených cílů.

2.2.8 Vyhodnocení výsledků

Měřitelné výsledky realizovaných změn by měly být vyhodnocovány a závěry by měly být předkládány zaměstnancům k seznámení. Vhodné je měřit nastalé změny v oblasti materiálových a energetických toků pomocí stejných metod, které se používaly již před zavedením opatření, aby tak nedocházelo ke zkreslování výsledků, způsobených rozdílností měřících metod.

Výsledky hodnocení, zejména týkající se snížení negativního vlivu výroby na životní prostředí a dosažených úspor v ekonomické i materiálové oblasti, by měly být poskytnuty nejen zaměstnancům podniku, ale i všem ostatním zainteresovaným stranám. U zaměstnanců se očekává zvýšení motivace k práci na dalších projektech čistší produkce. Jiné strany pak podle výsledků projektu mohou přemýšlet zejména o poskytování finanční prostředků, úvěrů a půjček podniku. Výsledky, dosažené v oblasti čistší produkce, jednoznačně vedou i ke zvýšení prestiže a konkurenceschopnosti podniku.

Další informace možno nalézt v [1].

3 Metoda LCA

Metoda LCA, jakožto jeden ze základních způsobů posuzování životního cyklu, patří mezi nejdůležitější informační nástroje environmentální politiky. Informace, které plynou z užívání metody LCA, jsou nápomocny dále v oblasti návrhů výrobků a posuzování jejich vlivu na životní prostředí, ale slouží rovněž subjektům státní správy při stanovování předpisů a kritérií, podporujících vývoj ekologicky šetrných výrobků. Význam metody LCA je zvýrazněn zavedením normalizace jejích zásad a postupu v mezinárodních normách.

3.1 Podstata metody LCA

Metoda LCA je definována normou ČSN EN ISO 14040 [11] jako: shromažďování a vyhodnocování vstupů, výstupů a možných dopadů na životní prostředí výrobního systému během celého životního cyklu.

Metoda se zakládá na prokázané skutečnosti, podle které se do stavu životního prostředí promítá charakter a množství látek a energií, které jsou do přírody uvolňovány nebo z ní odebírány. Negativní dopad jakéhokoliv otevřeného systému, v tomto případě představovaného výrobkem nebo službou, spojenou se životním prostředím látkovými a energetickými toky, zcela jistě závisí na kvalitě i kvantitě látek a energií vypouštěných do prostředí či z něj odebíraných.

Pokud je nám druh a množství vstupů a výstupů znám, stejně tak jako příčiny a následky, které jejich vstup do prostředí způsobí, jsme schopni určit charakter a rozsah změn, jež daný výrobní systém svojí existencí způsobí.

Pojem výrobní nebo též produktový systém je rovněž definován v [11] jako: soubor materiálově a energeticky propojených jednotkových procesů, které vykonávají jednu nebo více definovaných funkcí.

Za výrobní systém můžeme považovat výrobu nějakého materiálu, užívání vyrobeného produktu ve sféře spotřební, jeho následnou likvidaci po skončení používání i všechny fáze jako celek.

3.2 Vznik a vývoj metody LCA

Za původce metody LCA se považuje metoda vyvíjená v USA na konci 60. let. Metoda měla s názvem Zdroje a profilová analýza z hlediska životního prostředí ("Resource and

Environmental Profile Analysis", zkráceně REPA) se zaměřovala na hodnocení výrobku z pohledu spotřeby energie a surovin. Další aspekty jako vliv na životní prostředí a člověka ještě zahrnuty nebyly.

V 80. letech se v Evropě řešil problém nadměrného používání obalových materiálů a plýtvání surovinami na jeho výrobu. Znovu se do popředí dostala americká metoda REPA a především ve Švýcarsku, Německu a Švédsku bylo její používání rozšířeno na celý výrobní proces daného typu obalu.

Počátkem 90. let se pozornost při studiích zaměřovala stále více i na hodnocení negativních vlivů výrobků na životní prostředí a zdraví člověka. Ke sledovaným procesům, vedoucím ke vzniku výrobku, se zařadilo i monitorování likvidace výrobku po jeho použití a mohlo se tak mluvit o posuzování celého životního cyklu výrobku.

Postupem času došlo také k normalizaci hlavních principů používané metody a výběru důležitých ekologických faktorů, u kterých bude sledována míra jejich ovlivnění posuzovaným výrobkem.

Metoda se označovala jako PLCA z anglického Product Life Cycle Analysis nebo Product Life Cycle Assessment. Mezi analýzou a posuzováním se zprvu nedělal rozdíl, avšak dnes je analýza životního cyklu brána jako užší pojem a součást metody LCA. Rovněž pojem výrobek může být nahrazen pojmem produkt, který má symbolizovat nejen výrobek a službu, ale i technologie, popř. celé výrobní nebo obslužné systémy.

3.3 Objasnění vztahu pojmů výrobek a životní cyklus výrobku

Rozsah výrobního systému není jasně dán a může být různě široce určen. Před započítáním posuzování negativního vlivu výrobního systému na životní prostředí je tedy třeba vymezit jasné hranice pro látkové a energetické toky, spojující výrobní systém s jeho okolím.

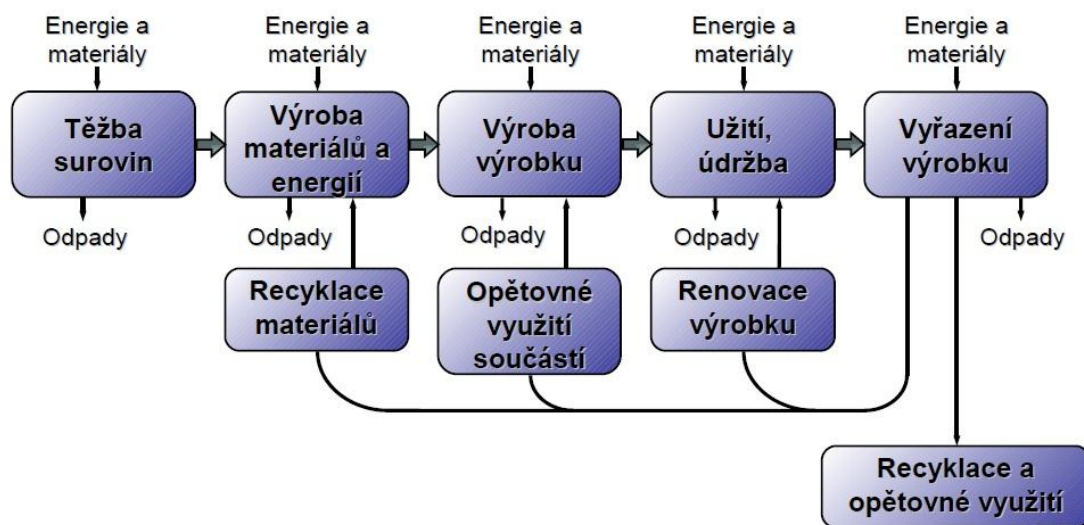
Posuzování negativního dopadu může zahrnovat například získávání a zpracování primárních surovin, jejich použití při výrobě výsledného produktu, působení produktu během jeho užívání či rozdílné vlivy možných způsobů jeho zneškodnění. Zřejmě tím nejsprávnějším způsobem, jak zjistit skutečný celkový negativní dopad výrobního systému na životní prostředí, je ale posouzení celého životního cyklu výrobku. Jedině souhrn všech fází od zisku surovin po konečnou likvidaci výrobku přinese potřebné výsledky.

V [11] je definován pojem životní cyklus jako: po sobě jdoucí provázaná stádia výrobního systému od získávání surovin nebo tvorby přírodních zdrojů ke konečnému zneškodnění.

Při používání metody LCA je nutné se zaměřit i na vlastní význam pojmů výrobek a životní cyklus výrobku. Je zřejmé, že životní cyklus výrobků se shodnou funkcí se často neskládá z totožných materiálových a látkových toků. O rozdílnosti životních cyklů dá hovořit např. již pouhým použitím jiné technologie likvidace výrobku. Během celého životního cyklu je podobných odchylek velké množství a jejich vliv na celkové určení negativního dopadu výrobku je značný.

Z výše uvedeného plyne, že nelze přímo přisuzovat jednomu výrobku menší ekologickou zátěž na prostředí než jinému bez komplexní znalosti jejich životních cyklů. Ve skutečnosti je to právě celý životní cyklus, jehož negativní dopady na prostředí se dají zjistit a porovnat pomocí metody LCA.

Žádoucí je jasné vymezení a uvedení posuzovaného životního cyklu a vztažení závěrů studií o negativních dopadech ke konkrétnímu životnímu cyklu.

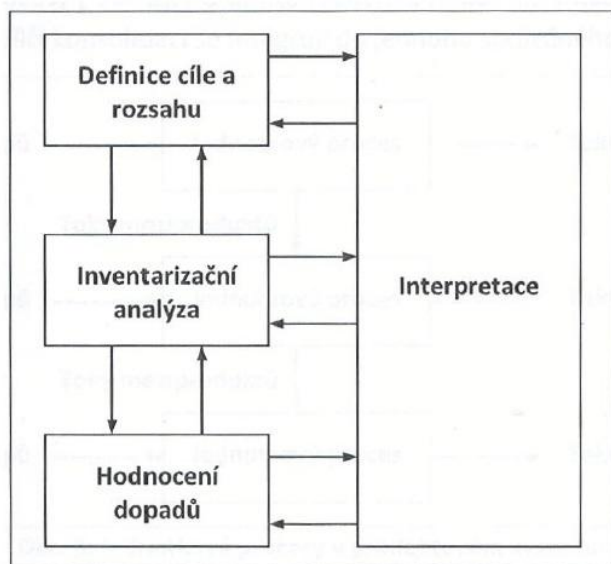


Obrázek 2 Životní cyklus výrobku, převzato z [25]

V praxi dává metoda LCA díky své myšlence o sledování a posuzování produktu či systému možnost porovnání a výběru toho výrobku, jehož životní cyklus bude v menší míře negativně ovlivňovat životní prostředí. Užitečnost toho posouzení je sledována zejména v získaných informacích, které mohou sloužit při vývoji nových produktů, rozhodování o nákupu zboží, rozhodnutí týkající se zákonných předpisů a podpoře legislativních opatření.

3.4 Provádění LCA

Postup při provádění LCA se dělí do 4 částí, původně stanovených normami ČSN EN ISO 14041 [8], ČSN EN ISO 14042 [9] a ČSN EN ISO 14043 [10]. Od roku 2006 jsou tyto normy nahrazeny normami ČSN EN ISO 14040 [11] a ČSN EN ISO 14044 [12].



Obrázek 3 Fáze LCA, převzato z [25]

3.4.1 Stanovení cíle a rozsahu

Otázkou první fáze při provádění metody LCA je stanovení cíle a rozsahu studie. Ke stanovení cíle vede cesta pomocí odpovědí na otázky proč, pro koho a k jakému účelu se studie vypracovává.

Na základě stanoveného cíle se určí rozsah studie LCA. Tím dochází k vymezení pozorovaného systému včetně všech ostatních okolností, jež zkoumaný systém ovlivňují. Příkladem užšího vymezení předmětu zkoumání může být pouze vlastní výroba výrobku a její dopad na životní prostředí přičemž se do analýzy již nezahrnuje dopad spojený s likvidací výrobku nebo nákupem surovin na jeho výrobu.

Důležitým bodem úvodní fáze LCA je stanovení tzv. funkční jednotky. Ta je rovněž definována v [11] jako: kvantifikovaný výkon výrobního systému, který slouží jako referenční jednotka ve studii posuzování životního cyklu.

Funkční jednotku tedy chápeme jako jakýsi základ, ke kterému budou zjištěné negativní vlivy na životní prostředí vztahovány. Je nutné, aby funkční jednotka vycházela z účelu, pro nějž je výrobek navržen a ke kterému se také ve skutečnosti užívá. V jednoduchých případech

se nabízí volba funkční jednotky relativně snadno. Může se například jednat o množství kartonu, které je třeba použít na výrobu čtvercové krabice o definované délce strany. Složitější případy vyžadují většinou obtížnější formulace pro co možná nejvhodnější stanovení funkční jednotky. Situaci lze ukázat na příkladu tuhého a tekutého mýdla, kde může být za funkční jednotku zvoleno takové množství mýdla, které je schopno se stejným účinkem umýt jeden pár rukou či stejné množství prádla.

Funkční jednotka musí pro objektivní porovnávání více výrobků zůstat zachována. Jen výsledky, které se odvíjejí od shodných funkčních jednotek, lze bez výhrad porovnávat. Proto je potřeba v případě odlišných funkčních jednotek výsledky přepočítat pouze na jedinou z nich.

3.4.2 Inventarizační analýza

Inventarizační analýza se zabývá zjištěním všech materiálových a energetických toků, jež překračují hranice systému. V podstatě jde o získávání primárních dat o vstupech a výstupech, propojujících daný systém se životním prostředím. Za vstupy bývá považována především spotřeba přírodních zdrojů, materiálů a energie. Výstupy jsou brány ve formě látek a energií, vnášených do přírody. U těchto dat se dále posuzuje jejich kvalita zejména v otázkách věrohodnosti, reprodukovatelnosti, důvěrnosti a transparentnosti. Složitost systému je často i důvodem jeho rozdělení na menší celky pro účely přesnějšího stanovení jednotlivých vstupů a výstupů.

V praxi se používá několik nejčastějších způsobů zjišťování potřebných dat. Za vůbec nejlepší způsob je považováno přímé měření na místě. Při provedení měření samotnými zpracovateli studie je zaručena i přesnost získaných dat. Méně přesné údaje bývají převzaty z literatury nebo z databází. Zde však není zaručena důvěryhodnost, zvláště pokud nejde o vlastní či ověřené zdroje. Nejméně vyhovující bývají data získaná kvalifikovanými, expertními odhady z důvodů závislosti na výběru odhadců i expertní metody.

Výsledkem inventarizační analýzy by mělo být potřebné množství dat požadované kvality. Ta jsou pro přehlednost sestavena do tzv. inventarizační matice, jejíž sloupce symbolizují etapy životního cyklu produktu a v řádcích jsou zaznamenávány jednotlivé vlivy na životní prostředí. V matici mohou být tato data zastoupena buď číselným vyjádřením hodnoty vlivu v příslušných jednotkách, nebo, v případech hrubého odhadu, pouze grafickým znázorněním poměru v podobě jednoduchých značek. Číselná vyjádření však musí nutně odpovídat stanovené funkční jednotce, aby mohla být vzájemně porovnatelná. Vzhledem k obrovskému

rozsahu výsledných matic u složitějších studií dnes existuje již řada počítačových programů pro jejich vypracování i další úpravy.

3.4.3 Hodnocení negativních vlivů na životní prostředí

Vlastní určení negativního dopadu zkoumaného životního cyklu na životní prostředí se provádí ve třetí fázi LCA. Všechny vlivy, uvedené v inventarizační matici, jsou kvalitativně a kvantitativně posouzeny prostřednictvím tří kroků, které vycházejí z normy [11].

Klasifikace

Prvním krokem je klasifikace, jejímž účelem je kvalitativně roztrždit uvedené vlivy podle charakteru jejich působení na přírodní prostředí. V některých případech je nutné složitější vlivy z inventarizační matice rozložit do jednoduchých forem. Většinou musíme tento postup uplatňovat na data charakteru spotřeby elektrické nebo tepelné energie. Údaje ve formě energetických veličin musíme pomocí dnes již dostupných koeficientů převést na vyhovující údaje o množství škodlivých emisí, které při získávání energie uniklo do prostředí.

Rozdělení emisí pak spočívá v určení jejich postavení v řetězci příčin a následků, které jejich vypuštění v životním prostředí vyvolá. Podle tohoto rozdělení rozeznáváme efekty určitých řádů. Za efekt prvního řádu je považováno znečištění dané složky přírodního prostředí látkou vystupující ze zkoumaného výrobního systému. Nejčastějším hlediskem klasifikace pro roztržení emisí jsou efekty druhého řádu. Ty značí další projevy působení již znečištěné složky prostředí na ekosystém. Následek vyvolaný efektem druhého řádu je pak označován jako efekt třetího řádu a bývá příčinou dalších jevů.

Efekty druhého řádu mohou být rovněž rozděleny velikostí oblasti jejich působení. Jako globální efekt můžeme zahrnout především skleníkový efekt a narušování ozónové vrstvy. Mezi hlavní příčiny těchto efektů řadíme plyny jako oxid uhličitý, metan nebo freony.

Regionální problémy v oblasti efektů druhého řádu jsou především acidifikace, eutrofizace a tvorba fotochemického ozonu. Těchto efektů je dosahováno vypouštěním kyselých látek jako oxid siřičitý, oxidy dusíku, fluorovodík, chlorovodík, kyselinu sírovou a kyselinu dusičnou. Za vznikem fotochemického ozonu dále stojí uhlovodíky, alkohol a aldehydy. Lokální efekty mají charakter převážně akutního toxického působení na člověka, kontaminace půdy, hluku či zápachu.

Dále se hodnocení zaměřuje i na vliv systému z hlediska odběru látek a energií z prostředí. Klasifikace tak může být rozdělena i na kategorie spotřeby primárních surovin a záboru půdy.

Charakterizace

Dalším stupněm hodnocení vlivů na životní prostředí je charakterizace. Charakterizace se týká posouzení celkového vlivu na životní prostředí z hlediska kvantitativního. Nejasnosti může řešit tzv. dvoustupňové provedení charakterizace.

Prvním stupněm je standardizace. Ta se musí při charakterizace provést v každém případě. Metoda spočívá v převedení příspěvků jednotlivých vlivů ve stejné kategorii na společného jmenovatele pomocí přepočtových koeficientů. Každá kategorie má svůj určený standard a ekvivalentní jednotku, na kterou se hodnoty přepočítávají. Ekvivalentní jednotky se v dané kategorii dají sčítat, což vede k zisku jediného údaje, z hlediska přehlednosti výhodnějšího pro následující hodnocení. Výsledek standardizace, tzv. standardizovaný profil výrobku, lze přehledně znázornit pomocí sloupcových grafů, kde sloupce symbolizují jednotlivé negativní vlivy na životní prostředí.

Jelikož při standardizaci nejsou zahrnuty poměrné hodnoty škodlivosti z hlediska dané lokality, provádí se v některých případech také normalizace, jako druhý stupeň charakterizace. Tento postup spočívá v určení hodnot referenčních vlivů, kterými se standardizované vlivy podělí. Referenční hodnoty nebezpečnějších vlivů budou zřetelně menší, abychom po vydělení dostali vysokou normalizační hodnotu. Normalizace je především otázkou regionální a z velké části i politickou, proto není možno stanovit pevné celosvětově použitelné referenční hodnoty.

3.4.4 Celkové hodnocení

Celkové hodnocení (interpretace) má jako poslední fáze hodnocení vlivu na životní prostředí za cíl porovnat vzájemný relativní dopad všech získaných dílčích zátěží. Úkolem obtížné pasáže studie LCA je tak srovnávat zdánlivě neporovnatelné vlivy a jde o velmi specifickou část závisující na mnoha faktorech.

Snad pouze v případě, kdy všechny vlivy jednoho systému převažují nad vlivy stejného charakteru systému druhého, můžeme hovořit o větším dopadu jednoho systému na životní prostředí. V jakémkoli jiném případě je preferování jednoho či druhého systému zavádějící, neboť například vypouštění malého množství toxických látek může mít na prostředí větší vliv než větší množství prachu. Do jisté míry může konečnému hodnocení jednotlivých vlivů napomoci stanovení pořadí významnosti a určení absolutní priority některých vlivů.

Důležité je při závěrech dbát na transparentnost údajů a postupů. V případě jakýchkoli budoucích změn a nových zjištění je tak usnadněno jejich zanesení do zpracované studie. Více informací možno nalézt v [3].

4 Ekodesign

Výraz ekodesign pochází z anglické formulace „ecodesign“ a má znamenat návrh výrobku nejen z hlediska jeho funkčnosti, technické proveditelnosti, ekonomické efektivnosti apod., ale stejnou měrou dbát i na dosažení minimálního negativního dopadu na životní prostředí v rámci celého jeho životního cyklu. Nejedná se tak pouze o inovaci vzhledové stránky výrobku, jak by se dalo usuzovat z chápání slova design u nás.

Ekodesign je dnes významným regulačním nástrojem nastolené výrobkově orientované environmentální politiky. Pro jeho aplikaci jsou velmi příhodná data získaná metodou LCA.

4.1 Vznik Ekodesignu

Za vznik ekodesignu může být považován začátek 90. let, kdy se začal zájem o ochranu přírody přesouvat z výrobních procesů na samotný návrh výrobku. Mezi důležité faktory, ovlivňující výsledný návrh výrobku, se stále více řadil i dopad jeho životního cyklu na životní prostředí. Design se v té době větvil na různé kategorie jako design pro bezpečnost (Design for Safety, zkráceně DFS popř. DfS) nebo design pro podporu jakosti (Design for Quality, DFQ, DfQ). Obecné vyjádření zaměření designu na určitý aspekt je označováno jako DFX nebo DfX. Design zaměřený na ochranu životního prostředí tak byl označován zkratkou DFE nebo DfE (Design for Environment), čili design pro životní prostředí.

Oficiální vznik ekodesignu je záležitostí roku 1992, kdy byla na veletrhu v Hannoveru představena nová otočná kancelářská židle, vyrobená německou firmou Wilkhahn Ltd. Při její konstrukci byly uplatněny principy ekodesignu a i díky tomu se dočkala úspěchu nejen u ekologů, ale i u spotřebitelů.

Z ekologického hlediska nahrávalo vynikajícímu hodnocení židle nahrazení lepených spojů mechanickými, nízký obsah těžkých kovů, polyuretanová pěna vyrobená bez použití freonů i velmi vysoké procento recyklovatelných částí. Dobrý systém zpětného odběru částí, určených k recyklaci, spolu s označením zejména plastických hmot identifikační materiálovou značkou, byl rovněž významným činitelem pro zefektivnění recyklačního procesu.

Spotřebitelé oceňovali kromě samotného vzhledu židle i její snadnou údržbu a jednoduchost případných oprav, prodlužujících její životnost. Zkvalitněné recyklační procesy snížily výrobní náklady a výslednou cenu židle. To bylo pozitivně vnímáno nejen širokou veřejností (vzrůst prodeje o 15%), ale i samotnými podnikateli a jinými subjekty. Celkově tak vzrostlo povědomí o ekodesignu a jeho přínosech.

4.2 Zásady ekodesignu

Přestože ekodesign prochází od svého vzniku stálým vývojem, dá se říct, že jeho hlavní zásady jsou již ustáleny. Mezi sedm základních se tak řadí:

Prosazování bezpečných produktů a služeb

Ekodesignéři se musí zasadit o vznik takových produktů a služeb, které budou mít co nejmenší negativní vliv na zdraví člověka i životní prostředí.

Ochrana biosféry

Ekodesignéři musí používat takových řešení, která zajistí minimalizaci úniku jakékoliv látky, která by mohla poškodit ovzduší, vodu nebo půdu.

Udržitelné užívání přírodních zdrojů

Ekodesignéři musí usilovat o udržitelné užívání obnovitelných přírodních zdrojů, ochranu rostlinstva i přirozených útočišť divoké zvěře, nezastavěných prostor a původní přírody.

Snižování odpadů a zvyšování recyklace

Ekodesignéři musí při svých návrzích dbát na trvanlivost, opravitelnost, přizpůsobivost a možnost recyklace výrobků k dosažení minimalizace vzniklých odpadů. Tato kritéria jsou začleňována do zakázek a technických podmínek.

Moudré užívání energie

Ekodesignéři musí vybírat takové zdroje energie, které jsou vzhledem k životnímu prostředí bezpečné, a zavádět prostředky k dosažení úspory energie všude, kde je to možné.

Snižování rizika

Od ekodesignerů se vyžaduje hledat způsoby vedoucí k minimalizaci environmentálního a zdravotního rizika zaměstnanců i zákazníků.

Předávání informací

Mezi ekodesignéry je třeba dbát na vzájemné předávání informací, které by mohly vést k nalezení nejvhodnějších materiálů a procesů.

4.3 Postup při ekodesignu

Při ekodesignu se uplatňují z velké části shodné postupy s vývojem běžných produktů. Vždy se vychází z určitého zadání, které se prostřednictvím dalších kroků prověřuje a vylepšuje nejlépe tak, aby byly v konečné fázi splněny všechny nejdůležitější požadavky. V závěrečných fázích vývoje ekodesignového výrobku je stejně jako u běžných výrobků třeba vypracovat příslušnou dokumentaci, provést odzkoušení prototypu a přídatné práce spojené

s uvedením výrobku na trh. Co dělá ekodesign výjimečným, je zaměření na snížení ekologické zátěže nejen materiálovou a konstrukční stránkou návrhu, ale i zefektivněním funkcí výrobku k zamezení zbytečného plýtvání v rámci fáze používání.

V provádění ekodesignu rozeznáváme několik dále stručně popsanych fází. V **přípravné fázi** jde především o sběr dat a jejich rozbor, na základě kterého se podnik rozhoduje o provedení ekodesignového návrhu určitého výrobku. **Plánovací fáze** stojí za vymezením rámcového cíle, určením pracovní skupiny a vypracováním plánu projektu. V **analytické fázi** dochází ke stanovení environmentálního profilu výrobku a jsou zformulovány požadavky na vlastnosti výsledného produktu. **Návrhová fáze** má sloužit k předložení různých variant řešení. Výběr nejlepší varianty zhodnocením technické, environmentální a ekonomické stránky se provádí ve **fázi výběrové**. Po přípravě dokumentace a provedení marketingu jsou v rámci **výrobní fáze** zhotoveny prototypy. Ty jsou v poslední fázi **vyhodnoceny** a získané poznatky jsou shrnuty v závěrečné zprávě.

Důležitým pojmem v oblasti ekodesignu je environmentální profil výrobku. Tímto souslovím se rozumí soubor všech významných faktorů, jejichž prostřednictvím výrobek působí na životní prostředí v průběhu celého svého životního cyklu. Prakticky uvažujeme všechny vstupy a výstupy, ať už látkové nebo energetické, jež jsou se životním prostředím spojeny.

Do výčtu všech nežádoucích látek vypouštěných do prostředí řadíme především emise do ovzduší, odpadní vody, tuhé odpady, odpadní teplo, hluk a záření. V rámci spotřeby materiálových a energetických zdrojů uvažujeme množství a charakter primárních surovin, použitých materiálů, spotřebu vody, energií i zábor půdy apod.

U každého faktoru musí dojít k určení vlivu jeho působení na životní prostředí spolu s prostředky a možnostmi jeho zmírnění nebo odstranění.

4.4 Strategie ekodesignu

Strategie ekodesignu se odvíjí především od skutečnosti, zda jde o návrh zcela nového výrobku nebo pouze o změnu v jeho konstrukci, která by měla vliv na zlepšení jeho environmentálního dopadu.

4.4.1 Zaměření na vývoj zcela nové koncepce výrobku

V případě hledání optimální koncepce nového výrobku je třeba zvážit několik základních možností snížení negativního dopadu na životní prostředí.

Dematerializace

V tomto případě může být pojmenování poněkud zavádějící. Jedná se totiž o komplexní postoj, kdy se má dát produkce hmotného výrobku v co největší míře nahradit poskytnutím služby např. použitím telefonu nebo elektronické pošty.

Možnost společného užívání

Tato možnost dává prostor kromě snížení ekologické zátěže i znatelným finančním úsporám. Pokud by totiž majitel drahého zařízení, které neprovozuje po celou pracovní dobu, byl ochoten a schopen jej propůjčit jiným uživatelům, došlo by k úspoře nákladů na pořízení dalších výrobků se stejnou funkcí.

Integrace funkcí

Rovněž integrací více funkcí do jediného produktu se dá výrazně přispět ke zlepšení environmentální situace. Např. mobilní telefon dnes již běžně zastává i roli klasického budíku.

Stanovení funkčního optima

V podstatě jde o nalezení kompromisu mezi zbytečnou spotřebou materiálu a energií a tím, co by přilákalo pozornost zákazníka i bez větší než nutné environmentální zátěže. Jako příklad tohoto plýtvání může být uvedena obalová politika některých firem, kdy se kvůli nabytí dojmu luxurnosti zboží používá několikanásobného balení běžných výrobků.

4.4.2 Strategie zaměřené na změnu konstrukce výrobku

Strategie zaměřená na výběr materiálů

První podkategorií je strategie zaměřená na výběr materiálů s nízkým negativním dopadem na životním prostředí. Důraz je zde kladen na materiály s minimálním obsahem škodlivin i na materiály snadno recyklovatelné.

Strategie zaměřená na snižování spotřeby materiálu

Druhou podkategorií můžeme označit strategii snižování spotřeby materiálu. Myšlenkou této strategie je dbát na snížení hmotnosti výrobků i množství různých materiálů, ze kterých je vyroben. Zmenšování rozměrů dále napomáhá efektivnější přepravě a omezení negativního vlivu na ŽP díky nízkým emisím při transportu.

4.4.3 Strategie zaměřené na stavbu (strukturu) výrobku

Strategie optimalizace výrobních procesů

První část uvedené kategorie tvoří strategie optimalizace výrobních procesů. Tato strategie se zaměřuje na zlepšení technologických postupů při výrobě. Cílem je z dostupných materiálů provést konstrukci výrobku takovými způsoby, které by v co nejnižší míře ovlivňovaly životní prostředí. V rámci této strategie jsou hojně využívány postupy, uplatňované v projektech čistší produkce, které jsou popsány výše.

Strategie optimalizace distribučních systémů výrobku

Další zaměření této kategorie může být na optimalizaci distribučních systémů. Sledovanými faktory jsou především volba materiálu a množství obalu, což úzce souvisí i s výše popsány příčinami vzniku metody LCA. Zejména se doporučuje vyhnout se nadměrnému použití obalových materiálů, zvolení nevhodné velikosti přepravovaného objemu, používání nevratných obalů a obalů z PVC a hliníku. Dále je třeba vybrat co nejvýhodnější dopravní prostředek a logistiku dopravní cesty. I upřednostnění lodní před automobilovou dopravou má totiž nezanedbatelný vliv na vypouštění emisí do prostředí.

Strategie zaměřená na snížení negativního dopadu na ŽP během používání výrobku

Poslední částí, zahrnutou v této kategorii, je strategie zaměřená na snížení negativního dopadu na životní prostředí během používání výrobku. Právě tato strategie je hojně uplatňována v oblasti elektrotechnických výrobků. Její těžiště je ve zvyšování účinnosti přeměny energií a tím snižování spotřeby elektrické energie. Rovněž je důležité zabránit únikům toxických a jiných nežádoucích látek z výrobků, čehož může být příkladem náhrada freonů ve chladicích zařízeních jinými nosnými plyny.

4.4.4 Strategie zaměřené na obslužné systémy

Strategie optimalizace životnosti výrobku

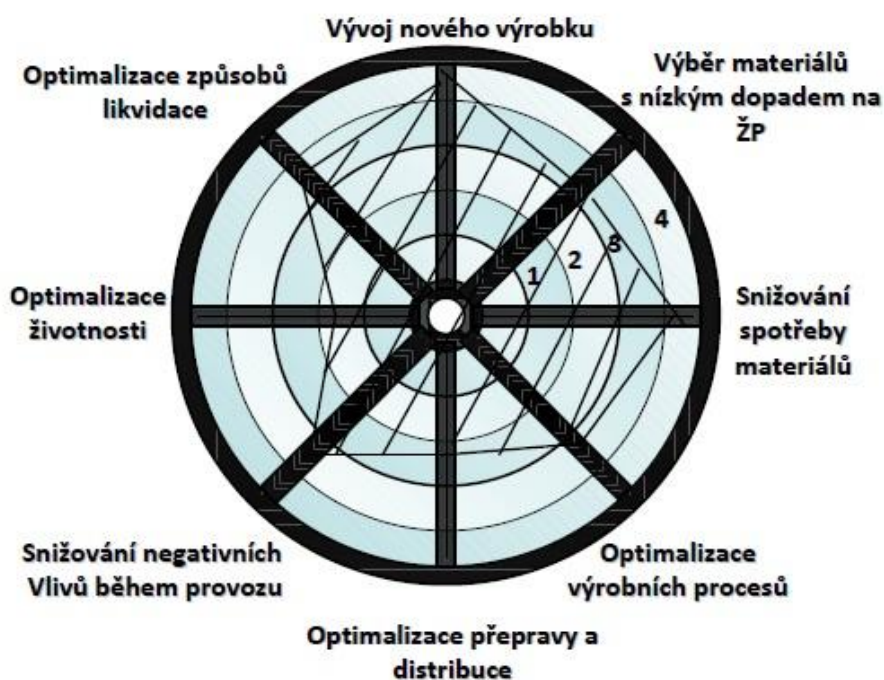
Prvním způsobem, jak v rámci této kategorie snížit negativní ekologický dopad, je užití strategie optimalizace životnosti výrobku. Co se samotného prodloužení životnosti týče, je dobré dodržet přibližně shodnou délku životnosti z hlediska technického, estetického i jiných. Prostředky k dosažení požadovaných výsledků jsou spatřovány především v umožnění snadné údržby výrobku samotným spotřebitelem a v maximální snaze o jednoduchou opravitelnost.

Strategie optimalizace způsobů likvidace výrobků

Za poslední strategii ekodesignu v tomto přehledu můžeme označit strategii optimalizace způsobů likvidace výrobků. Kromě vhodného výběru materiálů, se míra recyklovatelnosti výrobku určuje i z množství oddělitelných částí, které je možno recyklovat. U ostatních částí je třeba brát v potaz vznik emisí při jejich spalování či ekologickou zátěž při likvidaci toxických látek.

4.4.5 Kolo strategií ekodesignu

Sedm zmíněných strategií, používaných při změně výrobku dle principů ekodesignu spolu s vývojem zcela nové koncepce výrobku, bývá znázorňováno do kola strategií ekodesignu. To bývá znázorňováno jako kruh, po jehož obvodu jsou pravidelně rozmístěny jednotlivé strategie v určeném pořadí. Pořadí se stanovuje na základě uplatňování strategií v průběhu životního cyklu výrobku ve směru hodinových ručiček, přičemž na prvním místě je strategie, používaná při návrhu koncepce nového výrobku. K hodnocení významnosti jednotlivých strategií poté slouží většinou pětistupňové měřítko v podobě vzdálenosti od středu kruhu u jednotlivých strategií. Na základě velikosti vytyčené plochy mezi body jednotlivých strategií a jejího porovnání s jiným návrhem se rozhoduje o míře uplatnění jednotlivých strategií v podniku.



Obrázek 4 Příklad kola strategií ekodesignu, převzato z [26]

4.5 Význam ekodesignu

Ekodesignu je přisuzován velký význam v oblasti snižování negativního dopadu výrobku v průběhu celého životního cyklu na životní prostředí. Jako nástroj preventivní strategie zahrnuje nejen sledování vlivu výrobků na životní prostředí v jednotlivých fázích životního cyklu, ale především vede k návrhu takových výrobků, které budou šetrné k prostředí v každé fázi životního cyklu. To by mělo zabránit situacím, kdy zlepšení environmentálního vlivu jedné fáze životního cyklu výrobku způsobí výrazné zhoršení ve fázi jiné. Praktické zkušenosti poukazují i na ekonomickou výhodnost použití ekodesignového návrhu výrobku. Dosaženo je jak úspory materiálů a energií, potřebných pro výrobu produktu, tak i finančních zisků, plynoucích ze zvýšeného prodeje a konkurenceschopnosti výrobku.

Celkově lze ekodesign považovat za nadřazený čistší produkci a metodě LCA, neboť čistší produkce se na rozdíl od ekodesignu a LCA týká převážně výrobní fáze životního cyklu a metoda LCA slouží pouze pro sběr a analýzu dat, potřebných dále při vývoji produktů podle strategií ekodesignu.

Další podrobnosti jsou k nalezení v [2].

4.6 Ekodesign v elektrotechnice

Elektrotechnická výroba zahrnuje široké spektrum produktů, využívaných pro různé účely v podnicích i domácnostech. Specifikum elektrotechnických výrobků je v ovlivňování životního prostředí velkou měrou prostřednictvím spotřeby elektrické energie během jejich používání. Právě na spotřebu elektrické energie se zaměřují směrnice EU, týkající se ekodesignu elektrotechnických výrobků. Většinou se jedná o stupňující se požadavky, které jsou zaváděny po určitém časovém období v řádu jednoho či více let.

5 Směrnice EU o ekodesignu elektrotechnických výrobků

Průvodním dokumentem o zavedení ekodesignových pravidel v EU je Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2005/32/ES ze dne 6. července 2005, stanovující rámec pro určení požadavků na ekodesign energetických spotřebičů, a již se mění směrnice Rady 92/42/EHS a Evropského parlamentu a Rady 96/57/ES a 2000/55/ES [18].

Cílem této směrnice je především zajištění volného pohybu výrobků, splňujících požadavky ekodesignu, na vnitřním trhu EU. Konkrétní požadavky na výrobky jsou pak součástí prováděcích opatření této směrnice, které byly vydány v následujících letech. Tato opatření samozřejmě vedou i ke snižování celkového negativního dopadu elektrotechnických výrobků na ŽP. Směrnice [18] dále uvádí definice významných pojmů, spojovaných s ekodesignem. V první a druhé příloze dokumentu jsou uvedeny způsoby určení obecných a zvláštních požadavků na ekodesign. Součástí dalších příloh jsou také požadavky na prohlášení o shodě na základě posouzení daného výrobku s požadavky konkrétní direktivy (včetně způsobu značení výrobků) a stanovení rámcového obsahu prováděcích opatření.

5.1 Konkrétní požadavky na ekodesign

Vybrané požadavky na ekodesign některých elektrotechnických výrobků, které byly uvedeny v platnost prostřednictvím prováděcích opatření směrnic [18] a [19], jsou shrnuty v následujících tabulkách.

Tabulka 1 Požadavky na ekodesign televizorů a televizních monitorů dle nařízení [22]

Dokument	Platnost	Stav činnosti	Specifikace zařízení	Přístroj	Spotřeba elektrické energie
Nařízení Komise (ES) č. 642/2009 ze dne 22. července 2009	Od 20. 8. 2010	Zapnutý stav	Plné rozlišení HD	Televizory	$\leq 20 \text{ W} + A \cdot 1,12 \cdot 4,3224 \text{ W/dm}^2$
				Televizní monitory	$\leq 15 \text{ W} + A \cdot 1,12 \cdot 4,3224 \text{ W/dm}^2$
	Od 1. 4. 2012	Zapnutý stav	Všechna ostatní rozlišení	Televizory	$\leq 20 \text{ W} + A \cdot 4,3224 \text{ W/dm}^2$
				Televizní monitory	$\leq 15 \text{ W} + A \cdot 4,3224 \text{ W/dm}^2$
Od 1. 4. 2012	Zapnutý stav	Všechna rozlišení	Televizory	$\leq 16 \text{ W} + A \cdot 3,4579 \text{ W/dm}^2$	
			Televizní monitory	$\leq 12 \text{ W} + A \cdot 3,4579 \text{ W/dm}^2$	

Pro účely nařízení [22] v Tabulce 2 značí A viditelnou plochu obrazovky vyjádřenou v dm^2 .

Tabulka 2 Požadavky na ekodesign externích zdrojů napájení dle nařízení [20]

Dokument	Platnost	Stav činnosti	Přístroj	Spotřeba elektrické energie:
Nařízení Komise (ES) č. 278/2009 ze dne 6. dubna 2009	Od 26. 4. 2010	Stav bez zátěže	Externí zdroje napájení	$\leq 0,5 \text{ W}$
	Od 26. 4. 2011	Stav bez zátěže	Externí zdroje napájení AC/AC, kromě nízkonapěťových zdrojů napájení	$\leq 0,5 \text{ W}$; jestliže $P_o \leq 51,0 \text{ W}$
				$\leq 0,5 \text{ W}$; jestliže $P_o > 51,0 \text{ W}$
			Externí zdroje napájení AC/DC, kromě nízkonapěťových zdrojů napájení	$\leq 0,3 \text{ W}$; jestliže $P_o \leq 51,0 \text{ W}$.
				$\leq 0,5 \text{ W}$; jestliže $P_o > 51,0 \text{ W}$
			Nízkonapěťové externí zdroje	$\leq 0,3 \text{ W}$; jestliže $P_o \leq 51,0 \text{ W}$ neuveďeno; jestliže $P_o > 51,0 \text{ W}$
	Platnost	Stav činnosti	Přístroj	Průměrná účinnost v aktivním režimu
	Od 26. 4. 2010	Aktivní režim	Externí zdroje napájení	$\geq 0,500 \cdot P_o$; jestliže $P_o < 1,0 \text{ W}$
				$\geq 0,090 \cdot \ln P_o + 0,500$; jestliže $1,0 \text{ W} \leq P_o \leq 51,0 \text{ W}$
				$\geq 0,85$; jestliže $P_o > 51,0 \text{ W}$
	Od 26. 4. 2011	Aktivní režim	Externí zdroje napájení AC/AC a AC/DC, kromě nízkonapěťových externích zdrojů	$\geq 0,497 \cdot P_o + 0,067$; jestliže $P_o < 1,0 \text{ W}$
				$\geq 0,063 \cdot \ln P_o + 0,622$; jestliže $1,0 \text{ W} \leq P_o \leq 51,0 \text{ W}$
				$\geq 0,870$; jestliže $P_o > 51,0 \text{ W}$
Nízkonapěťové externí zdroje napájení			$\geq 0,480 \cdot P_o + 0,140$; jestliže $P_o < 1,0 \text{ W}$	
			$\geq 0,075 \cdot \ln P_o + 0,561$; jestliže $1,0 \text{ W} \leq P_o \leq 51,0 \text{ W}$	
			$\geq 0,860$; jestliže $P_o > 51,0 \text{ W}$	

Pro účely nařízení [20] se v Tabulce 2 rozumí:

- průměrnou účinností v aktivním režimu - průměr účinností v aktivním režimu při 25 %, 50 %, 75 % a 100 % jmenovitého výstupního výkonu,
- jmenovitým výstupním výkonem (P_o) - výstupní výkon uvedený výrobcem.

Tabulka 3 Požadavky na ekodesign televizních přijímačů dle nařízení [22]

Dokument	Platnost	Stav činnosti	Přístroj	Specifikace stavu	Spotřeba elektrické energie
Nařízení Komise (ES) č. 642/2009 ze dne 22. července 2009	Od 7. 1. 2010	Vypnutý stav	Televizní přijímač	---	$\leq 1,00$ W
		Pohotovostní režim	Televizní přijímač	Pouze funkce opětovné aktivace nebo pouze funkce opětovné aktivace a pouhá indikace zapnuté funkce opětovné aktivace	$\leq 1,00$ W
				Pouze zobrazování informací nebo indikace stavu nebo pouze kombinace funkce opětovné aktivace a zobrazování informací nebo indikace stavu	$\leq 2,00$ W
	Od 20. 8. 2011	Vypnutý stav	Televizní přijímač	---	$\leq 0,30$ W ¹
		Pohotovostní režim	Televizní přijímač	Pouze funkce opětovné aktivace nebo pouze funkce opětovné aktivace a pouhá indikace zapnuté funkce opětovné aktivace	$\leq 0,50$ W
				Pouze zobrazování informací nebo indikace stavu nebo pouze kombinace funkce opětovné aktivace a zobrazování informací nebo indikace stavu	$\leq 1,00$ W

Tabulka 4 Požadavky na ekodesign chladících spotřebičů dle nařízení [23]

Dokument	Přístroj	Datum použití	Požadavek
Nařízení Komise (ES) č. 643/2009 ze dne 22. července 2009	Kompresorové chladící spotřebiče	Od 1. 7. 2010	EEI < 55
		Od 1. 7. 2012	EEI < 44
		Od 1. 7. 2014	EEI < 42
	Absorpční chladící spotřebiče a chladící spotřebiče jiného typu	Od 1. 7. 2010	EEI < 150
		Od 1. 7. 2012	EEI < 125
		Od 1. 7. 2015	EEI < 110

¹ Není-li splněna podmínka, stanovená v příloze I. daného nařízení.

Pro účely nařízení [23] v Tabulce 4 značí EEI Index energetické účinnosti.

Podrobný postup výpočtu hodnoty EEI včetně tabulek hodnot, potřebných pro tento výpočet, je uveden v příloze IV. daného nařízení.

Tabulka 5 Požadavky na ekodesign praček pro domácnost dle nařízení [24]

Dokument	Platnost	Specifikace výrobku	Požadavek
Nařízení Komise (ES) č. 1015/2010 ze dne 10. listopadu 2010	Od 1. 12. 2011	Všechny pračky pro domácnost	EEI < 68
			$W_t \leq 5 \cdot c + 35$
		Pračky pro domácnost o jmenovité kapacitě větší než 3 kg	$I_w > 1,03$
		Pračky pro domácnost o jmenovité kapacitě 3 kg nebo menší	$I_w > 1,00$
	Od 1. 12. 2013	Pračky pro domácnost o jmenovité kapacitě 4 kg nebo větší	EEI < 59
		Všechny pračky pro domácnost	$W_t \leq 5 \cdot c_{1/2} + 35$

Pro účely nařízení [24] v Tabulce 5 značí:

- EEI - Index energetické účinnosti,
- W_t - Index spotřeby vody,
- I_w - Index prací účinnosti,
- c - jmenovitou kapacitu pračky pro domácnost pro standardní program pro bavlnu pro praní při 60 °C s celou náplní, nebo pro standardní program pro bavlnu pro praní při 40 °C s celou náplní podle toho, která hodnota je menší,
- $c_{1/2}$ - jmenovitou kapacitu pračky pro domácnost pro standardní program pro bavlnu pro praní při 60 °C s poloviční náplní, nebo pro standardní program pro bavlnu pro praní při 40 °C s poloviční náplní podle toho, která hodnota je menší.

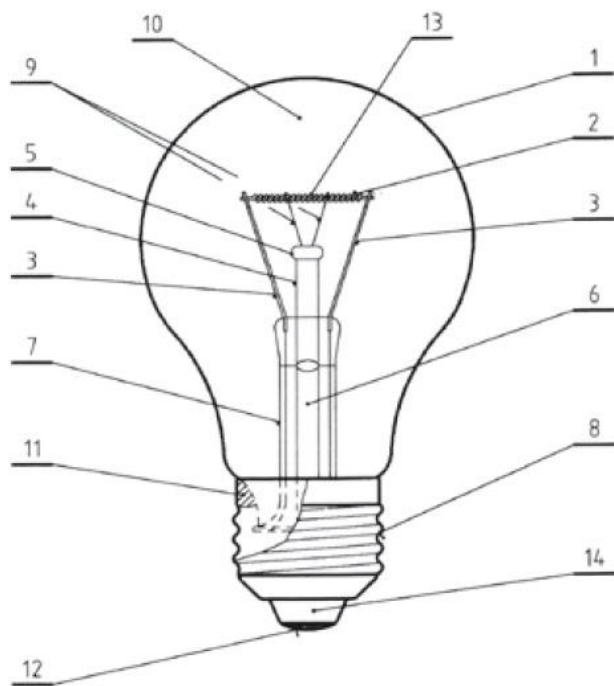
Hodnoty indexu energetické účinnosti (EEI), indexu mycí účinnosti (I_w) a spotřeby vody (W_t), se vypočítávají podle přílohy II. daného nařízení.

6 Environmentální dopady životního cyklu vybraných světelných zdrojů

6.1 Funkce a konstrukce žárovky

Obyčejné žárovky jsou i přes postupné vyřazování z evropských trhů stále nejrozšířenějšími zdroji světla v celosvětovém měřítku. Základem jejich funkce je zahřátí určitého materiálu na teplotu, při které se objevuje viditelné záření. V žárovce se jedná o vlákno, žhavené průchodem elektrického proudu, přičemž vzniká záření spojitého spektra. Tento způsob přeměny elektrické energie na světelnou je velmi málo efektivní, proto jsou díky své nízké účinnosti žárovky ve vyspělých zemích z trhu stahovány.

Vlákno žárovky je vyrobeno z wolframového drátu, stočeného do spirály. Jeho průměr se může pohybovat od 10 μm do 120 μm . Fixování vlákna v požadované poloze zajišťují přívody a pomocné molybdenové háčky. Přívody bývají zhotoveny nejčastěji z niklu, poniklovaného železa a monelu (slitina niklu a mědi). Tzv. nožku tvoří skleněný talířek a čerpací trubička, na jejímž vrcholu jsou tyčinky, zakončené čočkou. Nožka s vláknem je zatavena do vnější baňky. Ta je povětšinou vyrobena z běžného sodno-vápenatého skla. Závitové patice jsou nejčastěji zhotoveny z hliníku nebo mosazi. Na jejich připevnění k baňce je použito speciálního tmelu. S přívody bývají patice nejčastěji spojeny běžnou Sn-Pb pájkou. Pro dosažení vakua se vnitřní prostor baňky vyčerpává a zbytky nežádoucích plynů jsou pohlcovány getrem (na bázi fosforu), naneseným na vlákno po jeho montáži na nožku. Po vyčerpání je možné prostor naplnit inertním plynem jako je argon nebo krypton, vždy s příměsemi dusíku. Tím zabráníme vzniku nechtěných výbojů mezi závitů vlákna a je tak dosaženo prodloužení životnosti žárovky. Více informací lze nalézt v [14]. Konstrukce běžné žárovky je ukázána na Obrázku 5.



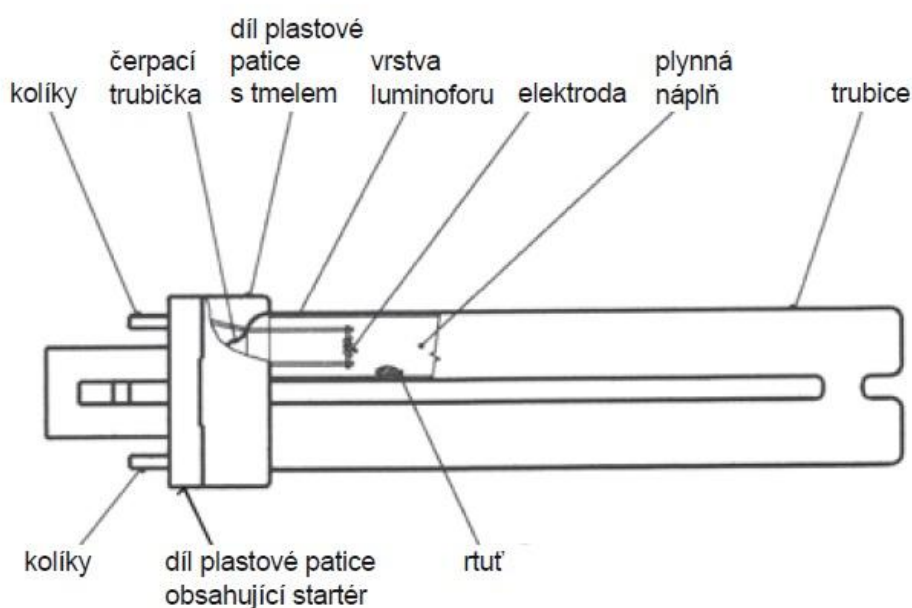
Obrázek 5 Konstrukce žárovky, převzato z [14], 1 – baňka, 2 – wolframové vlákno, 3 – přívody, 4 – tyčinka, 5 – čočka, 6 – čerpací trubička, 7 – talířek, 8 – patice, 9 – podpěrky, 10 – plynná náplň, 11 – tmel, 12 – pájka, 13 – getr, 14 – izolace patice

6.2 Funkce a konstrukce kompaktní zářivky

Kompaktní zářivka se řadí mezi nízkotlaké rtuťové výbojky, u nichž je světlo vyzařováno vrstvou tzv. luminoforu, který je buzen ultrafialovým zářením výboje.

Kompaktní zářivky jsou dnes nejčastějším ekvivalentem běžných žárovek, čemuž nahrává jejich jednopaticové provedení a malé obrysové rozměry. Těch je dosaženo ohnutím výbojové dráhy do více paralelně provedených trubic, které jsou však z hlediska výbojového prostředí propojeny sériově, aby vytvářely společný prostor. Výbojová trubice má na obou koncích wolframové elektrody pokryté emisní hmotou. V současnosti se upouští od dřívějšího používání ekologicky nevyhovujícího olova jako příměsi skla výbojových trubic. Vnitřní stěna trubice je pokryta jednou či více vrstvami luminoforu, jehož podstatou jsou vzácné zeminy s výrazným maximem záření většinou v červené, zelené nebo modré oblasti viditelného spektra. Vzniklý výboj svítí v parách rtuti, která se do zářivek dávkuje buď v čisté formě, nebo ve formě amalgámu vhodného kovu (indium). Přídavné amalgámy (na bázi kadmia) mohou sloužit k zajištění dostatečného osvětlení po dobu, než se rtuť uvolní ze základního amalgámu.

Kompaktní zářivky dále můžeme dělit na zářivky s vnějším předřadníkem nebo s elektronickým integrovaným předřadníkem. Zářivky s vnějším předřadníkem jsou v případě použití tlumivky jako startéru opatřeny dvoukolíkovou patičí. Zářivky s vnějším elektronickým předřadníkem jsou určeny pro práci ve vysokých frekvencích (30 – 40 kHz) a mají čtyřkolíkovou patičí. Tyto zářivky (s vnějším předřadníkem) vyžadují i speciální konstrukci svítidla, odlišnou od svítidel pro běžné žárovky. Zářivky s integrovaným předřadníkem jsou přímo určeny jako náhrada běžných žárovek a jejich konstrukce tomu i odpovídá. Předřadník mají uložen v plastovém krytu v rámci zdroje. Další informace možno nalézt v [13]. Konstrukce kompaktní zářivky je ukázána na Obrázku 6.



Obrázek 6 Konstrukce kompaktní zářivky, převzato z [13]

6.3 Hmotnostní složení žárovky a kompaktní zářivky

Pro účely posuzování negativního vlivu fází životního cyklu výrobku na životní prostředí je třeba znát hmotnostní zastoupení jednotlivých materiálů v konkrétním výrobku. V této práci budou dále srovnávány běžná žárovka o výkonu 60 W a kompaktní zářivka o výkonu 15 W. Pro kompletní posouzení by bylo nutno mít detailní informace o všech použitých materiálech a jejich hmotnostech. V rámci této práce bude bráno v potaz pouze několik hmotnostně nejvýznamnějších složek, neboť ostatní materiály se v žárovce či zářivce vyskytují v množství, které je z hlediska negativního dopadu na životní prostředí zanedbatelné. Hmotnosti jednotlivých materiálů zkoumaného modelu žárovky a zářivky udává Tabulka 6.

Tabulka 6 Složení žárovky a zářivky z hlediska hmotností

Materiál	Poměrné zastoupení [%]²	Hmotnost [g]
Žárovka – celková hmotnost	100,00	22,70
Sklo	92,73	21,05
Hliník	6,84	1,55
Měď	0,43	0,10
Zářivka – celková hmotnost	100,000	72,2000
Vysokohustotní PE	41,131	29,6946
Sklo	50,490	36,4539
Hliník	7,635	5,5125
Měď	0,739	0,5335
Rtuť	0,005	0,0035

6.4 Dopady žárovky a zářivky na ŽP způsobené konstrukcí výrobků

Materiálové složení výrobků ovlivňuje životní prostředí především prostřednictvím fáze výroby a po skočení životnosti výrobků neefektivní likvidací.

Zatímco o klasických žárovkách se dá víceméně prohlásit, že jsou i při neekologické likvidaci málo ekologicky závadné, jelikož neobsahují žádné významné množství nebezpečných látek, u zářivek tomu tak zcela určitě není. I přes povinné zajišťování zpětného odběru použitých zařízení jejich výrobci a prodejci prostřednictvím tisíců sběrných míst se do prostředí či na skládky dostanou stále desítky procent použitých kompaktních zářivek. Přitom je možno recyklovat až 95 procent materiálu z celkového složení zářivky.

Množství uniklé rtuti z kompaktních zářivek se tak může pohybovat až v řádech desítek kilogramů v České republice za rok. Tím se poměrně jednoznačně dostává do rozporu s označením za ekologický výrobek. Vyhláškami dané maximální limity rtuti ve vodě se pohybují v řádech desetin $\mu\text{g/l}$ a například pro pracovní prostředí platí limit koncentrace rtuti v ovzduší $50 \mu\text{g/m}^3$. Smrtelná dávka při požití dospělým člověkem je uváděna již okolo 1 mg či 1 ml. Již mnohem menší množství rtuti však může člověku způsobit poškození

² Procentuální poměr hmotností vytvořen na základě [21]

nervového a kardiovaskulárního systému, což je zvláště nebezpečné pro těhotné ženy. Dále může rtuť způsobovat bolesti hlavy, nespavost či poškozovat ledviny a štítnou žlázu.

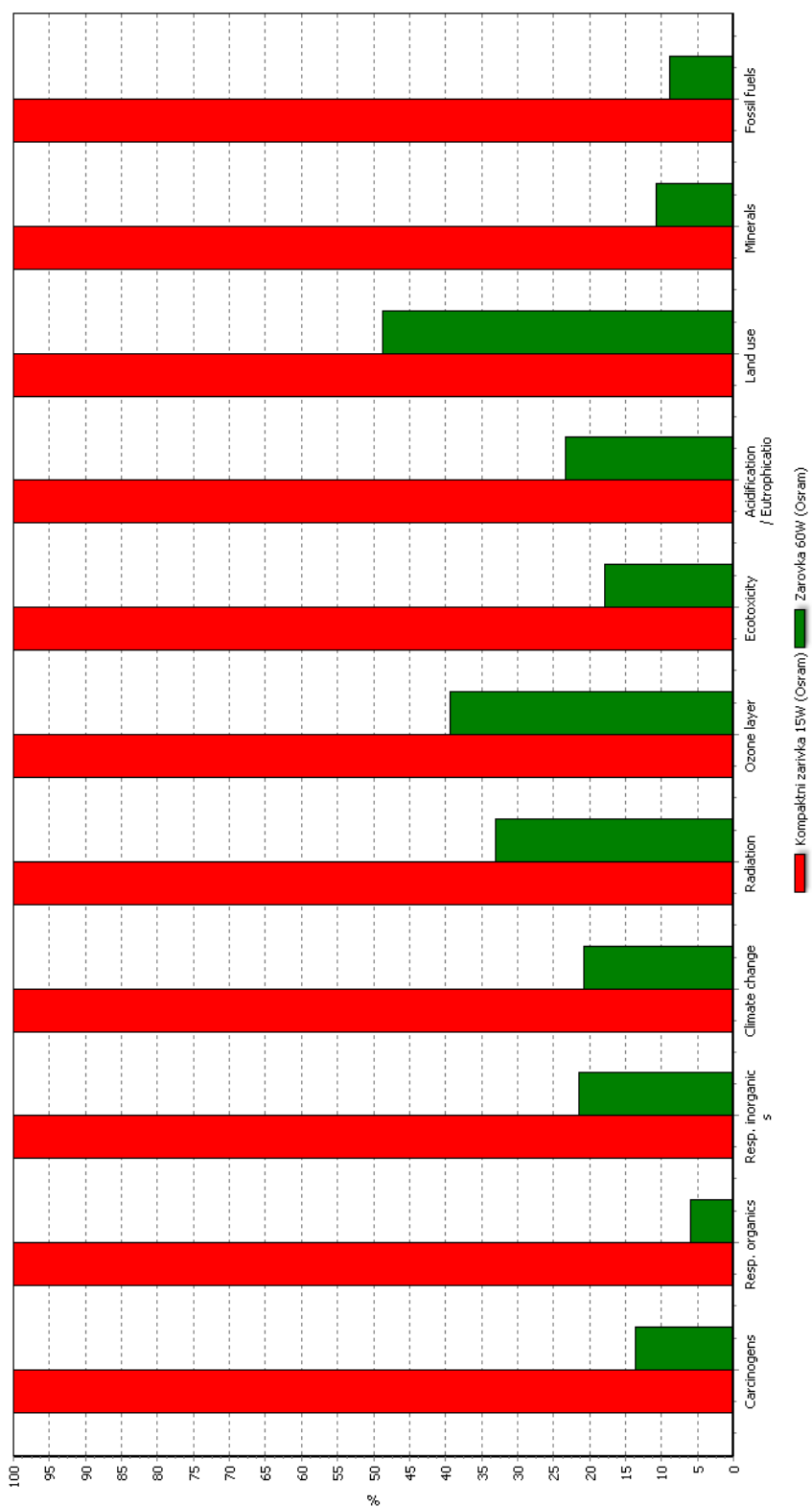
Vzhledem k vyšší celkové hmotnosti zářivky a podstatně většímu počtu ekologicky nevyhovujících látek, ze kterých je vyrobena, lze při srovnání dopadů výrobní fáze na životní prostředí považovat za výrobek s větším ekologickým vlivem rovněž zářivku.

Posouzení výrobní fáze životního cyklu bylo provedeno pomocí softwaru SimaPro verze 7.2.3. Kvantitativní vyjádření environmentálních dopadů se zakládalo na metodě Eko-indikátoru EI 99³. Vstupními daty softwaru bylo hmotnostní zastoupení jednotlivých látek ve výrobcích, které udává Tabulka 6.

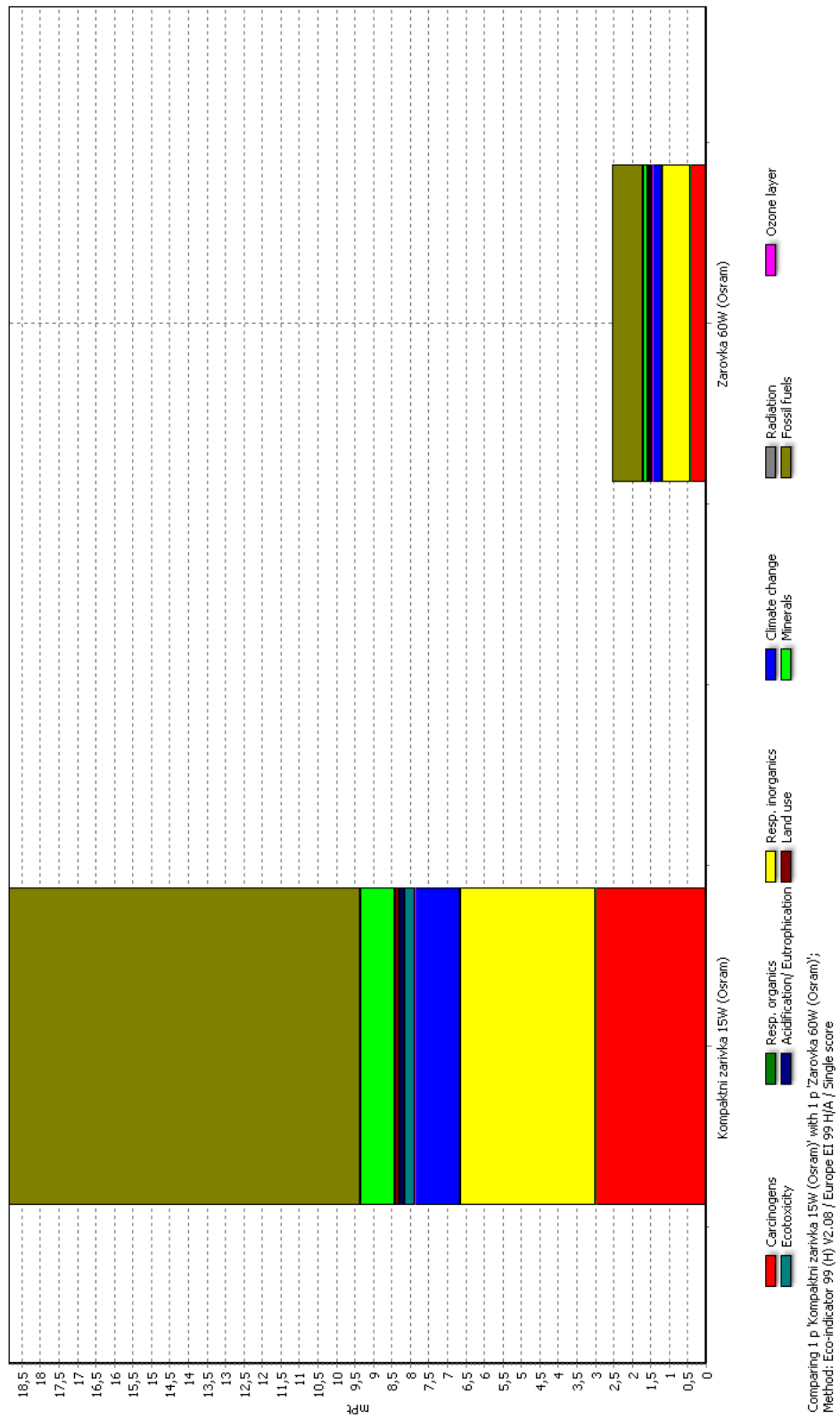
Environmentální dopady, vypočtené ze zadaných hmotností, jsou nejprve rozděleny do 11 základních kategorií podle charakteru následků jejich působení. Tento krok se nazývá klasifikace a použitými kategoriemi jsou např. skleníkový efekt, narušování stratosférické ozonové vrstvy, radiace, užití půdy a minerálů. V rámci jednotlivých kategorií dopadů jsou všechny zahrnuté faktory převedeny na ekvivalentní jednotku určeného indikátoru (fáze charakterizace). Tím může být pro skleníkový efekt například 1 kg CO₂. V další fázi jsou výsledky jednotlivých kategorií přepočítány na referenční hodnotu, čímž získají charakter bezrozměrného čísla (fáze normalizace). Poslední částí přepočtu je vážení, při kterém jsou sdružovány výsledky indikátorů různých kategorií do tzv. Single score.

Výsledky charakterizace a porovnání Single score výrobní fáze žárovky a kompaktní zářivky jsou na Obrázku 7 respektive Obrázku 8.

³ Více informací lze nalézt v [27]



Obrázek 7 – Charakterizace – výrobní fáze světelných zdrojů



Obrázek 8 – Single score – výrobní fáze světelných zdrojů

6.5 Dopad žárovky a zářivky na ŽP prostřednictvím spotřeby elektrické energie

Výkon klasické žárovky, používané na osvětlení bytových prostor, se pohybuje kolem 60 W. Účinnost žárovky je však velmi nízká a většina (až 90 %) energie se tak mění na teplo. Proto dochází i k velkému ohřevu baňky žárovky. Kompaktní zářivky jsou na tom v porovnání účinností výrazně lépe. Na vytvoření ekvivalentního osvětlení potřebují přibližně čtvrtinu až pětinu výkonu žárovky. Přesnější poměr závisí na konkrétním druhu a výrobci zářivky. Právě díky oné nízké spotřebě elektrické energie a výrazně delší životnosti jsou zářivky považovány a označovány za ekodesignový výrobek.

Udávaná doba životnosti kompaktních zářivek se pohybuje od 3 000 hodin do 15 000 hodin. Naproti tomu klasická žárovka běžně vydrží pouze po dobu 1 000 hodin. Zářivky byly kritizovány za jejich pomalý náběh do bodu jmenovitého výkonu, proto také nebyly vhodné k použití na místech, kde je potřeba pouze krátkodobé osvětlení. Četné zapínání a vypínání má také negativní vliv na dobu jejich životnosti, proto požadovaný efekt úspory nastává až po delším svícení.

Úspora na straně spotřeby znamená snížení požadovaného objemu výroby elektrické energie a tím i menší míru znečištění životního prostředí emisemi či jinými látkami, uniklými do prostředí při výrobě elektrické energie.

Elektrická energie může být vyrobena mnoha způsoby. Z hlediska potenciálního znečištění přírody má však cenu srovnávat pouze několik nejvýznamnějších. Použitím jednotné doby pro posouzení emisí, vzniklých za tuto dobu výrobou elektrické energie, lze získat porovnatelné výsledky. Přehled emisí CO₂, vyprodukovaných při výrobě elektrické energie na provoz žárovky o výkonu 60 W a zářivky o výkonu 15 W, je zobrazen v Tabulce 7. Data jsou přepočítána na výrobcem udávanou dobu života zářivky, která byla v tomto případě 6 000 hodin. V údajích jsou zahrnuty nejen emise, spojené s vlastní výrobou energie, ale i emise vzniklé výstavbou elektrárny a dopravou paliva. Uhelné elektrárny jsou jednoznačně producenty největšího množství CO₂ vztaženého na jednotku vyrobené energie, ale zároveň také nejrozšířenějším typem elektráren, provozovaných ve světě. Proto jsou při srovnávání rozhodující právě jim příslušející údaje o emisích.

Tabulka 7 Emise způsobené provozem žárovky a zářivky za dobu 6 000 h

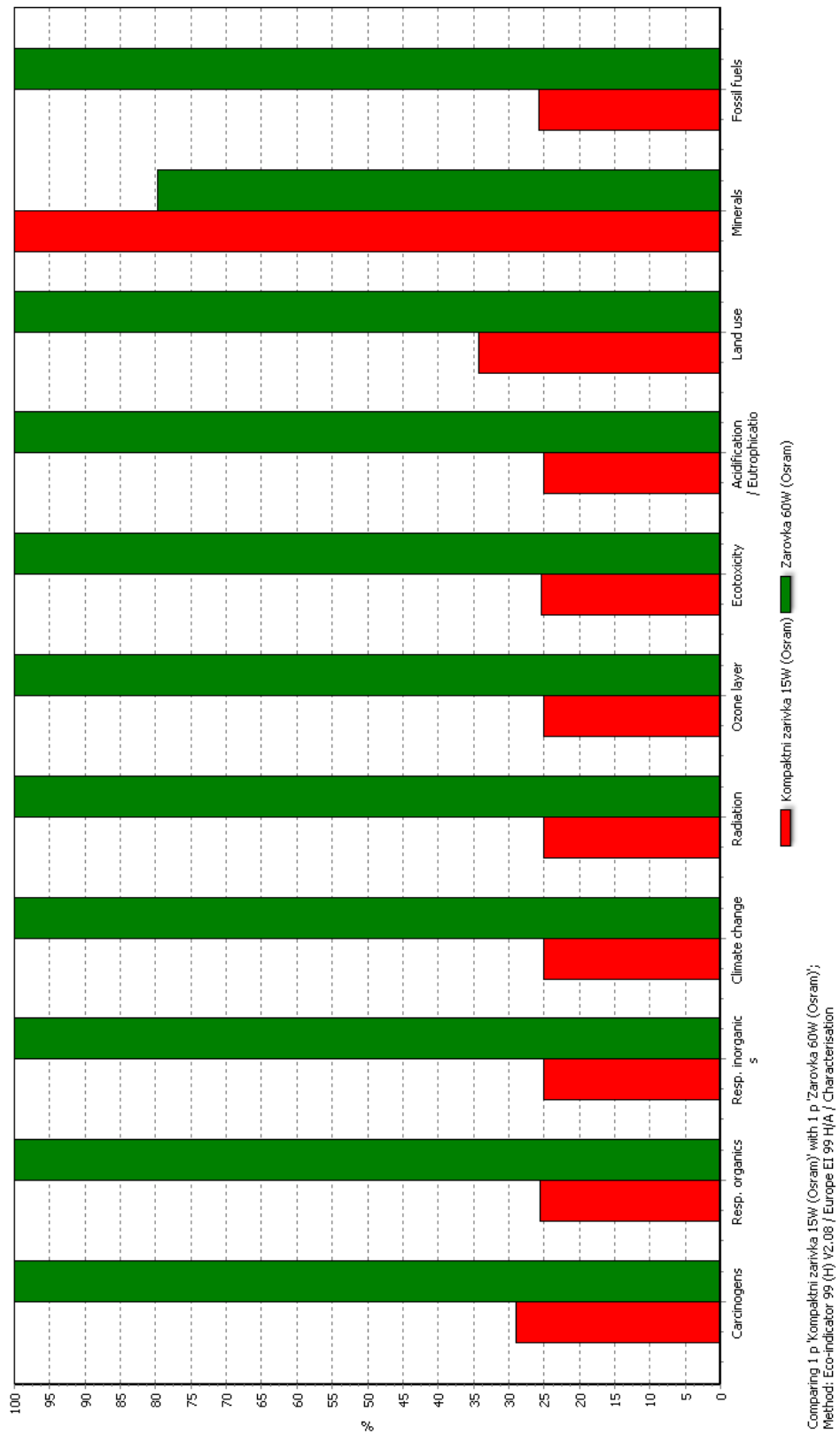
		Žárovka	Zářivka
Zdroj energie	Emise CO₂ [kg/kWh]⁴	Emise CO₂ [kg]	Emise CO₂ [kg]
Hnědé uhlí	1,020	367,20	91,80
Černé uhlí	0,830	298,80	74,70
Ropa	0,760	273,60	68,40
Zemní plyn	0,470	169,20	42,30
Uran	0,020	7,20	1,80
Voda	0,006	2,16	0,54
Fotovoltaika	0,190	68,40	17,10
Vítr	0,020	7,20	1,80

Přibližně stejných poměrů emisí jako v případě CO₂, je dosahováno i u dalších významných znečišťujících plynů, zejména SO₂ a oxidy dusíku, souhrnně označovány jako NO_x. Kvantitativně je vypouštěné množství těchto plynů o dva řády níže, než v případě CO₂, avšak jejich vlivy na kvalitu životního prostředí jsou několikanásobně vyšší, ať už formou kyselých dešťů, vznikem přízemního ozonu nebo skleníkového efektu.

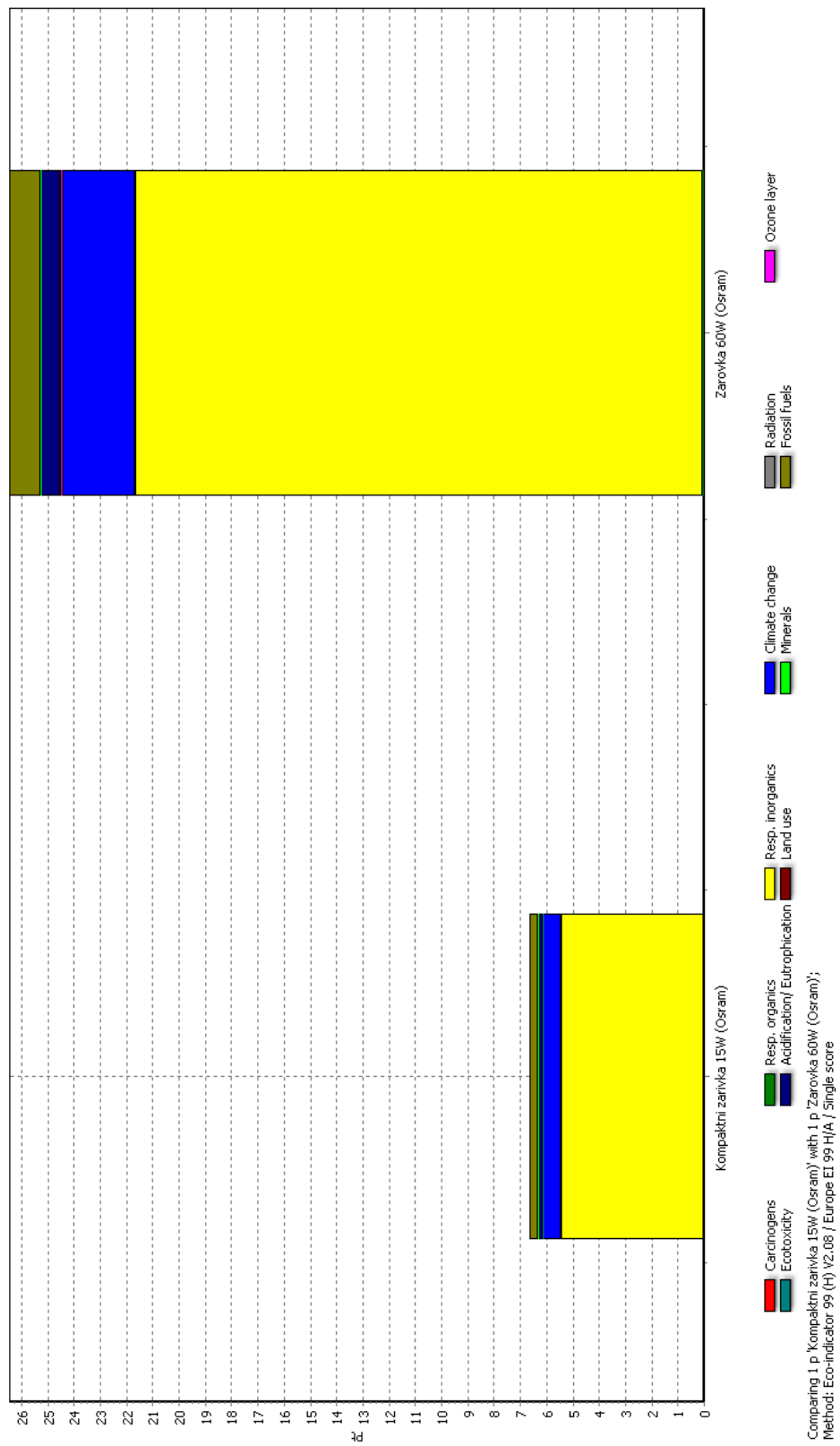
Nezanedbatelný je i objem částic prachu a popela, který uniká do prostředí z uhelných elektráren. Ten se může podílet na tvorbě smogu a vzniku inverzní oblačnosti. Životní prostředí a zdraví člověka mohou ovlivnit i některé radioaktivní či karcinogenní látky, jež jsou vedlejším efektem těžby uhlí a rud.

Údaje o dopadech fáze používání žárovky a zářivky byly vyhodnoceny také pomocí softwaru SimaPro. Při zkoumání dopadů bylo využito stejného postupu, který byl zmíněn v předešlé podkapitole. Výsledek posouzení přináší i zde grafy fáze charakterizace (Obrázek 9) a Single score (Obrázek 10). Hodnocení je vztaženo na 6 000 hodin, což odpovídá udané době životnosti zářivky.

⁴ Údaje převzaty z [16]



Obrázek 9 – Charakterizace – fáze používání světelných zdrojů



Obrázek 10 – Single score – fáze používání světelných zdrojů

6.6 Pozitivní ekonomický efekt při použití zářivky

Ekodesignový charakter zářivky spočívá především ve snížené spotřebě elektrické energie vedoucí ke snížení množství emisí, vypouštěných do prostředí při výrobě elektrické energie. Kromě pozitivního dopadu na životní prostředí má toto snížení spotřeby energie i efekt finanční úspory. Právě velikost možné uspořené částky má spolu s ekologickým vlivem velký podíl na rozhodování zákazníků o koupi zářivky.

V Tabulce 8 je ukázán výpočet možné uspořené částky, které by bylo dosaženo použitím zářivky o výkonu 15 W místo klasické žárovky o výkonu 60 W při současné ceně elektrické energie stanovené na 4,5 Kč/kWh za dobu 6 000 hodin provozu.

Tabulka 8 Finanční úspora při použití zářivky (vztaženo na 6 000 hodin)

		Žárovka	Zářivka
Současná pořizovací cena	[Kč]	10	100
Výkon	[W]	60	15
Životnost	[h]	1000	6000
Spotřebovaná energie	[kWh]	360	90
Současná cena elektřiny	[Kč/kWh]	4,5	4,5
Celkový výdaj⁵	[Kč]	1680	505
Uspořená částka	[Kč]	0	1175

6.7 Srovnání dopadů výrobní fáze a fáze používání výrobku

Pokud chceme hodnotit a porovnávat dopady výrobků ve vybraných fázích životního cyklu na životní prostředí, je nutné určit kritéria, podle kterých bude porovnávání probíhat. Za základní kritéria se dá považovat množství vypuštěných emisí např. v podobě skleníkových plynů, míra znečištění prostředí toxickými látkami, negativní vliv na zdraví člověka, zábor půdy a v neposlední řadě i ekonomická stránka problematiky.

Objektivní komplexní srovnání negativních i pozitivních dopadů je ale velmi obtížně realizovatelné. V praxi dochází ke snaze o porovnávání výrobků s různým materiálovým složením a různým životním cyklem. Výpovědní hodnotu však mohou mít pouze jednotlivá

⁵ Do celkového výdaje je zahrnuta i částka, potřebná na koupi zařízení tj. 6 ks žárovky a 1 ks zářivky.

porovnávání stejných faktorů, jimiž výrobky ve fázích životního cyklu působí na životní prostředí a člověka.

Co se týče látek, které by mohly uniknout do prostředí ať už v rámci výroby či likvidace výrobku, je zřejmé, že u zářivek je toto nebezpečí mnohem vyšší. Riziko úniku rtuti je totiž i při jejím malém množství v zářivce díky společností stále plně nevyužívanému zpětnému odběru relativně vysoké.

Srovnání výrobní fáze vybraných světelných zdrojů pomocí softwaru SimaPro dává jasné výsledky v podobě vyšších negativních výrobou zářivky ve všech udávaných kategoriích. Graf Single score potvrzuje celkový vyšší negativní dopad výrobní fáze zářivky na životní prostředí.

Zářivky jsou ale jako ekodesignový výrobek upřednostňovány zejména kvůli jejich několikanásobně nižší spotřebě energie při současně mnohem delší životnosti. Nižší spotřeba znamená skrze nižší požadavky na výrobu energie také snížení emisí nejen skleníkových plynů. Konkrétní výpočet ukázal, že za dobu životnosti zářivky (6 000 hodin) do prostředí unikne z uhelných elektráren pouze kolem 80 kg CO₂ proti více než 300 kg při použití klasické žárovky.

Fáze používání, zhodnocená softwarem SimaPro, ukazuje v rámci grafu Single score jednoznačně vyšší ekologickou zátěž při použití klasické žárovky. Porovnání fáze charakterizace vykazuje větší dopad použití zářivky pouze v případě spotřeby minerálů.

Pozitivní vnímání zářivky je ještě více umocňováno také ekonomickou výhodností jejího užívání. Při znalosti potřebných dat se dá spočítat předpokládaná finanční úspora. Výpočty v této práci ukázaly úsporu 1 175 Kč při použití zářivky o výkonu 15 W s životností 6 000 hodin při současné ceně energie 4,5 Kč/kWh.

Především nízká hodnota spotřebovávané energie zářivkou tak zřejmě zapříčinila její preferování Evropskou unií a postupné stahování klasických žárovek z prodeje. Nabízí se otázka, zda jsou opravdu preference nižších emisí plynů jako CO₂, SO₂ a NO_x či ekonomické úspory spotřebitelů natolik zásadním faktorem, který má dostat přednost před možným únikem toxických látek ze zářivky do prostředí a vyššími energetickými a materiálovými nároky při výrobě a ekologické likvidaci zářivky.

Vzhledem k neustále rostoucí ceně energií a klesající pořizovací ceně zářivky v důsledku technického pokroku se dá předpovídat, že jejich použití bude po nadcházející léta stále masivnější.

7 Závěr

Vzhledem k postupnému zákazu prodeje klasických žárovek v zemích EU z důvodů neekologičnosti se nabízí otázka srovnání dopadů fází životního cyklu klasické žárovky a kompaktní zářivky na životní prostředí.

Zpracováním dat o materiálovém a hmotnostním složení obou výrobků pomocí softwaru SimaPro i uvažováním jiných hodnotících kritérií, se dospělo ke zřejmým výsledkům. Výrobní fáze a neekologická likvidace kompaktní zářivky může způsobit jednoznačně vyšší negativní dopady na životní prostředí než v případě klasické žárovky. Značný negativní dopad, vzniklý jako důsledek konstrukce kompaktní zářivky, je způsoben její vyšší hmotností a nezanedbatelným obsahem toxické rtuti a dalších nebezpečných látek.

Zhodnocení fáze používání ukazuje větší míru environmentálních dopadů na straně klasické žárovky. Její vysoký výkon spolu s výrazně kratší dobou životnosti jsou podstatnými činiteli tohoto srovnání. Ekonomická úspora při použití zářivky se rovněž mohla na jejím upřednostňování na světových trzích podepsat. Dá se předpokládat, že vzhledem k rostoucí ceně energií a klesajícím nákladům na výrobu, budou kompaktní zářivky stále více prosazovány po celém světě.

Z provedených studií je však zřejmé, že ani zářivky nejsou z ekologického hlediska ideálním zdrojem světla. Je tak možné, že v následujících letech dojde k další změně preferovaných světelných zdrojů a zářivky budou nahrazovány jinou alternativou, například svítidly na principu LED.

Použitá literatura

- [1] REMTOVÁ, Květoslava. *Čistší produkce*. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2003, 26 s. ISBN 80-721-2260-6.
- [2] REMTOVÁ, Květoslava. *Ekodesign*. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2003, 15 s. ISBN 80-721-2230-4.
- [3] Kočí, Vladimír. *Příručka základních informací o posuzování životního cyklu*. VŠCHT Praha, ETC consulting, 2010.
- [4] UNEP. *Cleaner production: a training resource package*. 1. vyd. Paris: UNEP, 1996, 126, liv s. ISBN 92-807-1605-0.
- [5] *Čistší produkce: prevence odpadu a znečištění*. 1. vyd. Praha: České centrum čistší produkce, 1998, 126, liv s.
- [6] ŠLESINGER, Josef, Zuzana KOZIELOVÁ a Klára NAJMANOVÁ. *Čistší produkce: Příručka pro podniky a veřejnou správu*. 1. vyd. Praha: CENIA, česká informační agentura životního prostředí, 2007. Dostupné z: [http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/\\$pid/MZPAPFIVNKW4/\\$FILE/CP%20OPRAVA.pdf](http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/$pid/MZPAPFIVNKW4/$FILE/CP%20OPRAVA.pdf)
- [7] OSRAM. *Electronic energy-saving lamps: Technical guide*. Mnichov, 32s. Dostupné z: <http://www.osram.com/media/resource/HIRES/334404/1122336/Dulux-Fibel.pdf>
- [8] Norma ČSN EN ISO 14041 - Environmentální management - Posuzování životního cyklu – Stanovení cíle a rozsahu a inventarizační analýza, ČNI, 1999
- [9] Norma ČSN EN ISO 14042 - Environmentální management - Posuzování životního cyklu - Hodnocení dopadů, ČNI, 1999
- [10] Norma ČSN EN ISO 14043 – Environmentální management - Posuzování životního cyklu - Interpretace životního cyklu, ČNI, 1999
- [11] Norma ČSN EN ISO 14040 – Environmentální management - Posuzování životního cyklu - Zásady a osnova, ČNI, 2006
- [12] Norma ČSN EN ISO 14044 - Environmentální management - Posuzování životního cyklu - Požadavky a směrnice, ČNI, 2006

- [13] DVOŘÁČEK, V.: *Světelné zdroje – kompaktní zářivky*. Světlo, 3/2008, 11, s. 43-45.
- [14] DVOŘÁČEK, V.: *Světelné zdroje – obyčejné žárovky*. Světlo, 4/2008, s. 38-39.
- [15] HABEL, J. a kol.: *Světelná technika a osvětlování*. FCC Public, Praha, 1995.
- [16] EURELECTRIC, VGB. *Efficiency in Electricity Generation* ,Brusel, 2003,
Dosažitelné z:
<http://www.eurelectric.org/Download/Download.aspx?DocumentID=13549>
- [17] Kudláček, I.: *Ekologie pro elektrotechniky*. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2009. 186 s. ISBN 978-80-01-04392-9.
- [18] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2005/32/ES ze dne 6. července 2005 o stanovení rámce pro určení požadavků na ekodesign energetických spotřebičů a o změně směrnic Rady 92/42/EHS a Evropského parlamentu a Rady 96/57/ES a 2000/55/ES. Úřední věstník EU: L 191, 22.7.2005.
- [19] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/125/ES ze dne 21. října 2009 o stanovení rámce pro určení požadavků na ekodesign výrobků spojených se spotřebou energie (Text s významem pro EHP). Nahrazuje Směrnici 2005/32/ES. Úřední věstník EU: L 285, 31.10.2009.
- [20] Nařízení Komise (ES) č. 278/2009 ze dne 6. dubna 2009, kterým se provádí směrnice Evropského parlamentu a Rady 2005/32/ES, pokud jde o požadavky na ekodesign z hlediska spotřeby elektrické energie externích zdrojů napájení ve stavu bez zátěže a jejich průměrné energetické účinnosti v aktivním režimu (Text s významem pro EHP). Úřední věstník EU: L 93,7.4.2009.
- [21] Landis, Amy E., Melissa M. Bilec, Rajagopalant, *Life cycle assessment for evaluating green products and materials*, Sapporo, 2009, Dosažitelné z:
<http://www.buildicf.co.uk/LifeCycleAssessmentsforGreenProducts&Materials.pdf>
- [22] Nařízení Komise (ES) č. 642/2009 ze dne 22. července 2009, kterým se provádí směrnice Evropského parlamentu a Rady 2005/32/ES, pokud jde o požadavky na ekodesign televizních přijímačů (Text s významem pro EHP). Úřední věstník EU: L 191, 23.7.2009
- [23] Nařízení Komise (ES) č. 643/2009 ze dne 22. července 2009 , kterým se provádí směrnice Evropského parlamentu a Rady 2005/32/ES, pokud jde o požadavky na ekodesign chladicích spotřebičů pro domácnost (Text s významem pro EHP). Úřední věstník EU: L 191, 23.7.2009.

- [24] Nařízení Komise (EU) č. 1015/2010 ze dne 10. listopadu 2010, kterým se provádí směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/125/ES, pokud jde o požadavky na ekodesign praček pro domácnost Text s významem pro EHP. Úřední věstník EU: L 293, 11.11.2010.
- [25] Kudláček, I.: *LCA*, přednáška předmětu EMP, ČVUT, Praha, Dosažitelná z: http://martin.feld.cvut.cz/~kudlacek/ETP/02_LCA.pdf
- [26] Kudláček, I.: *Ekodesign*, přednáška předmětu ČVUT, Praha, Dosažitelná z: http://martin.feld.cvut.cz/~kudlacek/ETP/03_ekodesign.pdf
- [27] WEINZETTEL, Jan, Ivan KUDLÁČEK a Pavel ROKOS. *LCA elektrotechnického výrobku: manuál pro posuzování životního cyklu výrobku*. 1. vyd. Praha: ČVUT FEL, 2008, 26 s. ISBN 978-80-903933-2-5.