

Vliv designu na environmentální dopady konce životního cyklu obalových materiálů

Ing. Jan Pešta¹, MgA. Jan Kulhánek¹, doc. Ing. Martin Pavlas Ph.D.², Ing. Jaroslav Kratochvíl Ph.D.²,

¹ Ústav udržitelnosti a produktové ekologie, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, pestaj@vscht.cz

² Ústav procesního inženýrství, Vysoké učení technické v Brně

Souhrn

One of the main barriers to recycling composite packaging is the low separability of materials, which leads to increased potential environmental impacts caused by the life cycle of the packaging. In this study, the environmental impacts of 15 packagings were assessed using the Life Cycle Assessment method. For each packaging, two end-of-life scenarios (complete material recycling or energy recovery) were modelled. Packagings were selected based on analyses of common consumption of products, and their material composition was estimated based on recycling pictograms on them. The parameters of the waste-to-energy processes for each material were characterized separately. Environmental assessment was carried out according to Product Environmental Footprint 3.0. The results of this study are intended to be used as one of the first contributions to the packaging environmental database (envisearch.com), which supports designers and producers in designing packaging with less potential environmental impacts.

Klíčová slova: obal, odpad, energetické využití, materiálová recyklace, LCA

Úvod

S rostoucím množstvím obalů roste i dopad na životní prostředí způsobený spotřebou primárních surovin a energie na jejich výrobu a zároveň s tím vzniká i nutnost nakládat s odpadem z obalů. Životní cyklus obalů – procesy spojené s jejich výrobou, užíváním nebo odstraněním – lze ovlivnit už během fáze designu obalu před tím, než je obal vyroben. Nicméně možných variant, jak naplnit funkci, kterou od obalu požadujeme, je více. Proto vzniká veřejně dostupná databáze envisearch.com[1], jejíž účelem je shrnout možná řešení a porovnat je.

Cílem tohoto příspěvku je představit první kroky při posuzování obalů, které mohou být využity pro naplňování databáze příklady obalů, příklady dobré praxe a popisem parametrů, ovlivňujících potenciální dopady na životní prostředí spojené s životním cyklem obalových řešení.

Pro hodnocení environmentálních dopadů byla využita metoda Posuzování životního cyklu (Life Cycle Assessment, LCA)[2]. Jedná se o standardizovanou metodu, která spočívá ve čtyřech krocích. Prvním z nich je definice cíle a rozsahu[3, 4]. Pro každý z obalů byly posuzovány dva možné scénáře. První představuje životní cyklus obalu uvažující materiálové využití odpadu (REC) a druhý scénář představuje zpracování obalového odpadu v zařízení pro energetické využití odpadu.

Další krok je inventarizace, během které je vytvořen přehled všech toků látek a energií mezi technosférou a životním prostředím. V rámci inventarizace probíhalo stanovení materiálů, ze kterých jsou obaly složeny, jen s využitím recyklačních piktogramů a bez komunikace s producentem obalů. Data o procesech produkce primárních surovin byly získány z databáze generických procesů poskytnuté v databázi softwaru Gabi[5].

Ve třetím kroku jsou jednotlivé elementární toky přiřazeny na základě jejich potenciálního dopadu ke kategoriím dopadu a charakterizovány tak, aby byla vyčíslena míra dopadu daného množství na životní prostředí. V této studii byla charakterizace provedena na základě metody Product Environmental Footprint 3.0[6, 7]. Čtvrtý krok se věnuje interpretaci výsledků.

V této studii bylo vybráno 15 různých obalů, které se běžně vyskytují ve spotřebním koši. Jelikož má každý z obalů jinou funkci – je určen pro jiný výrobek – není vhodné mezi sebou porovnávat environmentální dopady těchto obalů. Nicméně se jedná o první sadu výrobků pro doplnění do databáze

envisearch.com, jejichž environmentální dopady jsou vyčísleny. V budoucnu bude databáze doplňována o další obaly a poskytne tak designérům a výrobcům obalů možnost zvážit alternativní způsoby obalového řešení pro daný výrobek s ohledem na potenciální environmentální dopady spojené s celým životním cyklem obalu.

Metoda

Vybrané obaly

V této studii byly posuzovány potenciální environmentální dopady spojené s životním cyklem 15 vybraných obalů. Obaly byly vybrány na základě analýzy spotřebního koše a reprezentují nejčastěji používané obaly pro potraviny. Materiálové složení vybraných obalů bylo stanoveno na základě recyklačních piktogramů na obalu. V případě, že recyklační piktogramy chyběly nebo byly nečitelné, bylo materiálové složení stanoveno na základě odborného odhadu. Jednotlivé složky, které byly oddělitelné, byly zvlášť váženy. Přehled posuzovaných obalů a hmotností materiálů je uveden v **tab. 1**.

Tabulka 1. Přehled posuzovaných obalů a jejich materiálové složení

Obal	Hmotnost nebo objem výrobku	Typ materiálu	Hmotnost (g)
Obal 1	1,5 l	materiál 1 - PET - transparentní (láhev)	41
		materiál 2 - HDPE (okroužek, uzávěr)	5
		materiál 3 - PVC (viněta)	1
Obal 2	100 g	materiál 1 - PP - blistr	8
		materiál 2 - LDPE - přelep	4
		materiál 3 - PAP - viněta na LDPE, lepená	1
Obal 3	500 ml	materiál 1 - HDPE - různá barev. aditivace	75
Obal 4	150 g	materiál 1 - PP - obal	7
		materiál 2 - ALU - uzávěr	1
Obal 5	130 g	materiál 1 - PP - obal	5
		materiál 2 - PAP - etiketa	5
		materiál 3 - ALU - uzávěr	1
Obal 6	200 g	materiál 1 - PP - vanička (hlavní část)	5,7
		materiál 2 - HDPE (uzávěr)	1,3
		materiál 3 - C/PAP (viněta)	0,3
Obal 7	500 g	materiál 1 - C - plastový obal s	11,4
		materiál 2 - hliníkový nástřík*	0,6
Obal 8	2 kg	materiál 1 - LDPE - různá barev. aditivace	12,3
Obal 9	500 g	materiál 1 - LDPE - obal	10
		materiál 2 - PAP - viněty (odhad)	1,3
Obal 10	300 g	materiál 1 - PP - obal (odhad)	3
		materiál 2 - PAP - krabice	39,5
		materiál 3 - PAP - voskovaný papír	6,5
Obal 11	1 l	materiál 1 - C/PAP - tělo (hlavní část)	38,9
		materiál 2 - HDPE (uzávěr)	1,4
Obal 12	400 ml	materiál 1 - PET - transparentní (láhev)	21,9
		materiál 2 - HDPE (okroužek, uzávěr)	5,7
		materiál 3 - PVC (viněta)	2,4
Obal 13	300 g	materiál 1 - LDPE	6

Obal	Hmotnost nebo objem výrobku	Typ materiálu	Hmotnost (g)
		materiál 2 - PAP (viněta)	0,3
Obal 14	1 000 g	materiál 1 - R-PET - obal	29,5
		materiál 2 - PAP - viněty (odhad)	1
Obal 15	2,5 l	materiál 1 - PP - obal	78,7
		materiál 2 - LDPE - folie	3,5

*hmotnost hliníkové nástřiku byla předpokládána jako 5 % hmotnosti celého obalu

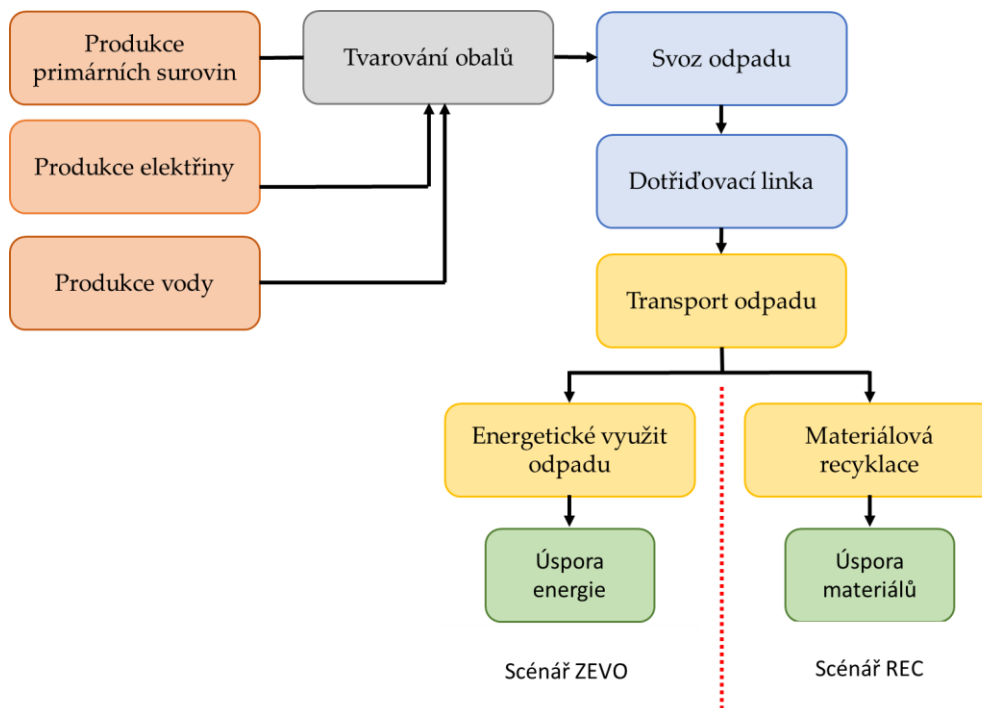
Posuzování životního cyklu obalu

Pro porovnání environmentálních dopadů byla použita metoda Posuzování životního cyklu (Life Cycle Assessment, LCA). Jedná se o analytický nástroj, který porovnává dopady produktového systému či služby a pomocí kterého lze vyčíslit potenciální environmentální dopady. Studie LCA se provádějí podle standardů ČSN EN ISO 14040 a ČSN EN ISO 14044[2–4]. Metoda LCA se skládá ze čtyř kroků: definice cíle a rozsahu, inventarizace, posuzování dopadu a interpretace[2].

Pro sběr a modelování dat byl použit software GaBi[5]. Součástí tohoto softwaru je databáze, která byla použita pro získání dat o generických procesech jako je například produkce elektřiny v Čechách. Pro posuzování potenciálních environmentálních dopadů byla použita metodika Product environmental footprint 3.0[6]. V tomto příspěvku jsou uvedeny výsledky indikátorů popisující potenciální dopady v následujících kategoriích: Acidifikace (AP), Změna klimatu (GWP), Ekotoxicita (sladkovodní, FAEP), Eutrofizace (EP), Úbytek ozonu (ODP), Tvorba přízemního ozonu (POCP). Po vyčíslení výsledků jednotlivých indikátorů byly výsledky normalizovány a váženy pomocí dat z metodiky PEF 3.0 (personal equivalents).

Environmentální dopady jsou ve studii vyjádřeny na 1 kus obalu. Jednotlivé obaly mají odlišnou funkci a jsou navrženy pro jiné výrobky. Proto environmentální dopady jednotlivých obalů mohou být porovnávány jen v rámci scénářů stejného obalu.

Pro každý obal byly posouzeny dva scénáře, které popisují možné nakládání s odpadem na konci životního cyklu obalu. Scénář označený „REC“ zahrnuje procesy transportu obalu od uživatele na dotřídovací linku, procesy na dotřídovací lince (spotřeba energie, interní přeprava materiálů), procesy spojené s recyklací vytríděného materiálu a environmentální benefity spojené s navrácením recyklovaného materiálu opětovně do výroby. Scénář „ZEVO“ popisuje nakládání s odpadem zahrnující transport obalu od uživatele na dotřídovací linku, procesy na dotřídovací lince a procesy spojené s energetickým využitím odpadu. Do tohoto scénáře jsou zahrnuty environmentální benefity spojené s využitím energie z energetického využití odpadu, které jsou modelovány jako úspora plynu na vytápění a elektřiny z českého energetického mixu. Pro modelování procesu energetického využití odpadu byl využit generický proces a množství vyrobené energie bylo přepočítáno na jednotlivé frakce. Hranice posuzovaného systému jsou znázorněny pro oba scénáře na obrázku 1.



Obrázek 1. Posuzované hranice systému pro scénář s materiálovou recyklací (REC) a scénář s energetickým využitím odpadů (ZEVO)

Výsledky a diskuze

Potenciální environmentální dopady byly posouzeny pro 15 obalů ve dvou scénářích podle metody PEF 3.0. Výsledky indikátorů vybraných kategorií dopadu jsou uvedeny v tabulce 2. Největší dopady jsou spojeny s obalem 15. Jedná se o obal s největší hmotností použitých materiálů. Zároveň je navržený na výrobek o celkovém objemu 2,5 l. Na základě tohoto posouzení nelze tvrdit, že se jedná o environmentálně nejméně vhodnou variantu obalu. Každý z posuzovaných obalů má jinou funkci a nelze je tedy vhodně porovnávat mezi sebou. Pro to, aby byly porovnatelné, je potřeba posuzované obaly třídit na základě funkce, kterou od obalů očekáváme.

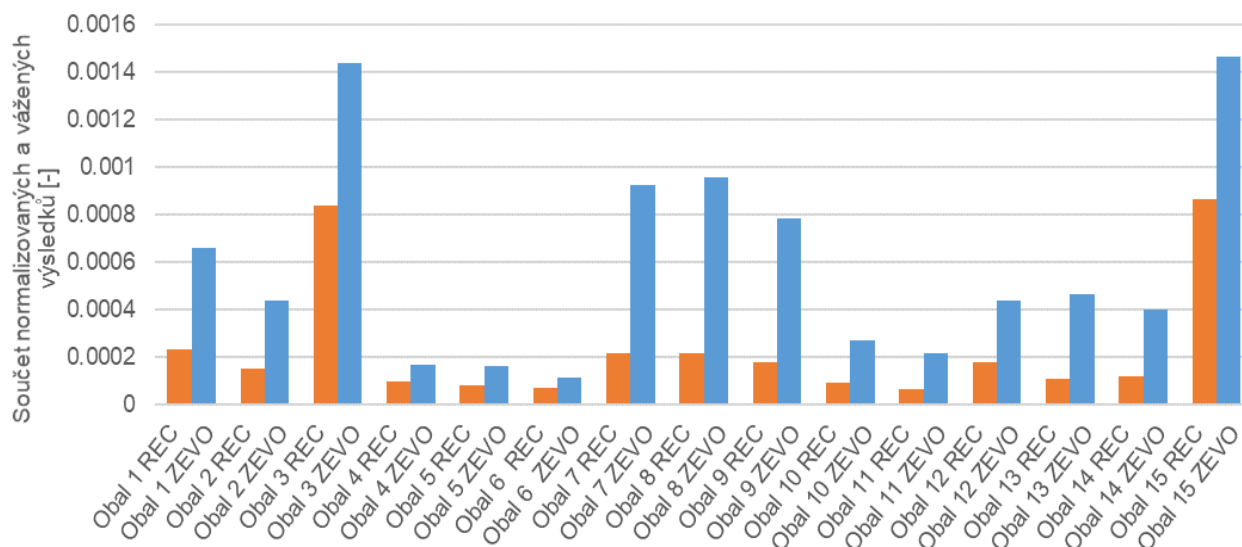
S ohledem na to je v databázi envisearch.com připravena struktura zohledňující funkčnost obalu. Databáze umožňuje třídění podle následujících vlastností: typ obalu (primární, sekundární, terciární), vhodnosti obalu pro vlastnosti baleného produktu (kapalný, pevný, polopevný, volný), prodyšnost obalu, objem obalu.

Tabulka 2. Výsledky vybraných indikátorů kategorií dopadů podle metody PEF 3.0, 15 obalů ve dvou scénářích: s materiálovou recyklací (REC) a s energetickým využitím odpadů (ZEVO)

Obal a scénář	AP [Mol H ⁺ eq.]	GWP [kg CO ₂ eq.]	FAEP [CTUe]	EP [kg P eq.]	ODP [kg CFC-11 eq.]	POCP [kg NMVOC eq.]
Obal 1 REC	8,17E-05	3,14E-02	2,21E-01	7,36E-07	4,64E-13	6,03E-05
Obal 1 ZEVO	3,03E-04	5,45E-02	5,45E-01	6,06E-06	2,27E-12	2,69E-04
Obal 2 REC	6,19E-05	1,98E-02	1,44E-01	5,72E-07	1,46E-13	3,33E-05
Obal 2 ZEVO	2,16E-04	2,44E-02	3,76E-01	4,44E-06	1,43E-13	1,02E-04
Obal 3 REC	2,95E-04	1,26E-01	8,06E-01	9,04E-07	4,23E-12	1,97E-04
Obal 3 ZEVO	4,93E-04	1,39E-01	1,38E+00	4,42E-06	2,96E-11	5,10E-04
Obal 4 REC	4,16E-05	1,47E-02	1,03E-01	4,11E-08	8,78E-14	2,31E-05
Obal 4 ZEVO	6,89E-05	2,08E-02	2,91E-01	3,28E-08	8,90E-14	4,24E-05

Obal 5 REC	3,77E-05	1,22E-02	8,25E-02	4,59E-08	7,38E-14	2,21E-05
Obal 5 ZEVO	7,44E-05	1,97E-02	2,33E-01	1,15E-07	1,25E-13	5,10E-05
Obal 6 REC	2,47E-05	1,11E-02	8,41E-02	4,82E-08	1,41E-13	1,55E-05
Obal 6 ZEVO	2,89E-05	1,16E-02	2,27E-01	1,04E-07	5,78E-13	2,68E-05
Obal 7 REC	1,08E-04	2,26E-02	1,38E-01	1,50E-06	1,45E-13	5,06E-05
Obal 7 ZEVO	5,58E-04	3,81E-02	2,79E-01	1,25E-05	1,36E-13	2,27E-04
Obal 8 REC	1,05E-04	2,20E-02	1,38E-01	1,61E-06	1,53E-13	4,92E-05
Obal 8 ZEVO	5,73E-04	3,48E-02	2,74E-01	1,35E-05	1,38E-13	2,31E-04
Obal 9 REC	8,61E-05	1,80E-02	1,13E-01	1,32E-06	1,27E-13	4,08E-05
Obal 9 ZEVO	4,69E-04	2,88E-02	2,26E-01	1,10E-05	1,28E-13	1,92E-04
Obal 10 REC	3,72E-05	1,05E-02	7,46E-02	1,63E-07	1,23E-13	3,59E-05
Obal 10 ZEVO	1,24E-04	2,39E-02	2,28E-01	8,39E-07	5,66E-13	1,44E-04
Obal 11 REC	2,81E-05	7,14E-03	4,63E-02	1,40E-07	1,52E-13	2,86E-05
Obal 11 ZEVO	1,05E-04	1,86E-02	1,28E-01	7,82E-07	1,00E-12	1,23E-04
Obal 12 REC	6,24E-05	2,50E-02	1,73E-01	4,41E-07	4,74E-13	4,48E-05
Obal 12 ZEVO	1,90E-04	3,86E-02	4,03E-01	3,43E-06	2,71E-12	1,75E-04
Obal 13 REC	5,14E-05	1,08E-02	6,74E-02	7,88E-07	7,51E-14	2,42E-05
Obal 13 ZEVO	2,80E-04	1,71E-02	1,34E-01	6,59E-06	7,10E-14	1,14E-04
Obal 14 REC	4,26E-05	1,55E-02	1,12E-01	4,85E-07	1,12E-13	3,28E-05
Obal 14 ZEVO	1,94E-04	3,15E-02	3,07E-01	4,16E-06	1,12E-13	1,68E-04
Obal 15 REC	2,97E-04	1,29E-01	1,00E+00	8,95E-07	9,71E-13	1,78E-04
Obal 15 ZEVO	4,33E-04	1,35E-01	2,87E+00	4,15E-06	8,90E-13	3,01E-04

Pro znázornění rozdílu v celkovém environmentálním dopadu mezi scénáři byly výsledky všech indikátorů metodiky PEF 3.0 normalizovány a váženy. Součty normalizovaných a vážených výsledků pro obal modelovaný v obou scénářích jsou zobrazeny na obrázku 2. Ve všech případech obalů platí, že materiálová recyklace má nižší celkový dopad než zpracování odpadu v zařízení pro energetické využití odpadů a to i se započítáním environmentálních benefitů spojených s využitím elektřiny a tepelné energie z ZEVO, které byly modelovány jako předcházení spotřeby elektřiny a vytápění pomocí plynu v podmínkách České republiky.



Obrázek 2. Součet normalizovaných a vážených výsledků pro 15 obalů ve dvou scénářích: s materiálovou recyklací (REC) a s energetickým využitím odpadů (ZEVO); normalizace a vážení podle PEF 3.0 (personal equivalents)

Závěr

V této studii byly prezentovány výsledky posouzení environmentálních dopadu 15 vybraných obalů. Pro každý obal byly modelovány dva možné scénáře. Pro všechny uvažované obaly je scénář s materiálovou recyklací environmentálně šetrnější než scénář s energetickým využitím odpadu, a to i se zahrnutím environmentálních benefitů spojených s předcházením spotřeby elektřiny a tepla v podmínkách České republiky.

Tato studie slouží jako první krok při modelování environmentálních dopadů obalů pro připravovanou databázi envisearch, která bude designérům a producentům obalů poskytovat porovnání různých obalových řešení.

Poděkování

Tento příspěvek byl podpořen projektem SS02030008 – Centrum environmentálního výzkumu: Odpadové a oběhové hospodářství a environmentální bezpečnosti.

Reference

- [1] *Envisearch – Databáze obalů a materiálů s ohledem na životní prostředí* [online]. [vid. 2022-08-21]. Dostupné z: <https://envisearch.com/>
- [2] GUINEE, J. Handbook on life cycle assessment - Operational guide to the ISO standards. *International Journal of Life Cycle Assessment* [online]. 2001, **6**(5), 255–255. ISSN 0948-3349. Dostupné z: doi:10.1007/bf02978784
- [3] ISO. *Environmental management - Life Cycle Assessment - Principles and Framework (ISO 14040:2006)* [online]. 2006 [vid. 2020-10-01]. Dostupné z: <https://www.iso.org/standard/37456.html>
- [4] ISO. *Environmental management - Life Cycle Assessment - Requirements and guidelines (ISO 14044:2006)* [online]. 2006 [vid. 2020-10-01]. Dostupné z: <https://www.iso.org/standard/38498.html>
- [5] DR. THILO KUPFER, Dr. Martin Baitz, Dr. Cecilia Makishi Colodel, Morten Kokborg, Steffen Schöll, Matthias Rudolf, Dr. Lionel Thellier, Ulrike Bos, Fabian Bosch, Maria Gonzalez, Dr. Oliver Schuller, Jasmin Hengstler, Alexander Stoffregen, Daniel Thylmann. GaBi Database and Modelling Principles. *GaBi Modelling Principles* [online]. 2020 [vid. 2020-12-01]. Dostupné z: http://www.gabi-software.com/fileadmin/gabi/Modelling_Principles/Modeling_Principles_-_GaBi_Databases_2020_2.pdf
- [6] *Product Environmental Footprint (PEF) Guide* [online]. 30. říjen 2021 [vid. 2020-10-07]. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/environment/archives/eussd/pdf/footprint/PEF%20methodology%20final%20draft.pdf>
- [7] HE, B., Y. W. SHAO, S. WANG, Z. C. GU a K. J. BAI. Product environmental footprints assessment for product life cycle. *Journal of Cleaner Production* [online]. 2019, **233**, 446–460. ISSN 0959-6526. Dostupné z: doi:10.1016/j.jclepro.2019.06.078