

Ekobilance - nové přístupy k minimalizaci vlivů výroby na životní prostředí

Ilona Obršálová, Vladimír Jehlička

katedra veřejné správy a regionálního rozvoje, FES Univerzita Pardubice

katedra matematiky, FES Univerzita Pardubice

Abstract: *Eco-balance - life cycle assessment represents another concept with the new holistic access for environmental impact assessment. LCA is a way to evaluate and compare the environmental impacts of product. There are discussed possibilities of various methods used for LCA and the premises for application of Petri - nets. Results are described for the example of grocery industry.*

Klíčová slova: Ekobilance, LCA, Petriho síť

1. Úvod

Výzvy strategie udržitelného rozvoje zvyšují tlak na hospodárné oběhy látek, recyklace, omezování vzniku odpadů, které nejen zatěžují prostředí, ale vedou k plýtvání neobnovitelnými i obnovitelnými zdroji. Proto se intenzivně hledají cesty, jak identifikovat a řešit negativní vlivy na životní prostředí. Požadavek šetrného chování vyvolává potřebu nástrojů, které umožňují tyto vlivy hodnotit. Hodnotící systémy mají dvě dimenze:

- aktuálnost použitých dat, která musí odpovídat procesům,
- uživatelsky přívětivé postupy, které by umožnily bez interpretačních těžkostí využít výsledky pro podnikové a územní rozhodovací procesy.

Příspěvek se zabývá možnostmi, jak sledovat vlivy výrobku na životní prostředí v rámci jeho životního cyklu.

2. Ekobilance - LCA, jejich standardisace a aplikace metod posuzování

Ekobilance - posouzení životního cyklu výrobku (LCA), je stanovení celkového dopadu, jímž stanovený produkt působí během výroby, spotřeby a zneškodňování po ukončení spotřeby na životní prostředí. Samotná definice ekobilancí je stále zpřesňována.¹

Ve světě (zejména ve Švýcarsku v osmdesátých letech), ale i v našich podmínkách, se nejprve začalo s posuzováním životního cyklu obalů, které tvoří podstatnou část komunálního odpadu.² K dispozici je již řada kvalitních studií, které analyzují vhodnost různých typů obalů podle zátěže životního prostředí. V literatuře je popsána řada metod kvantifikace, jako např. metoda kritického množství, metoda ekologické vzácnosti, zátěžové jednotky, metoda ABC/XYZ atd.[1]. Tak např. metodou kritického množství (výpočet množství vzduchu nebo vody, které je nutné ke zředění emise na přípustnou hodnotu) byly porovnány různé obalo-

¹ V anglickém jazykovém prostoru se užívá pojmu LCA -life cycle assessment, v SRN, Švýcarsku, Francii aj. spíše označení ekobilance.

² V ČR byla produkce obalového materiálu v roce 1998: *papírové a lepenkové obaly* 94 tis. tun, *plastové obaly* 67 tis. tun, *směsné obaly* 75 tis tun (údaj ČEÚ 1999).

vé materiály z hlediska energetické spotřeby, znečišťování vody a vzduchu a zatížení pevnými odpady (tab.1).

Tab.č.1 Zatížení životního prostředí různými typy obalů

materiál	Energie (MJ.kg ⁻¹)	kritické množství		pevný odpad (m ³ .kg ⁻¹)
		vody(m ³ .kg ⁻¹)	vzduchu(m ³ .kg ⁻¹)	
hliník	171,2	4,0	640,3	1,9
sklo (55% rec.)	7,5	0,3	1,3	0,2
PE	47,4	0,2	107,3	0,3
PET	69,5	0,7	119,7	0,3
PVC	42,5	0,7	307,2	0,4
papír bělený	47,4	0,7	1 487,7	0,4
nápojový karton	33,1	0,4	948,3	0,3
pocínovaný plech	33,3	0,8	108,0	0,8

Pramen: www.ecn.cz

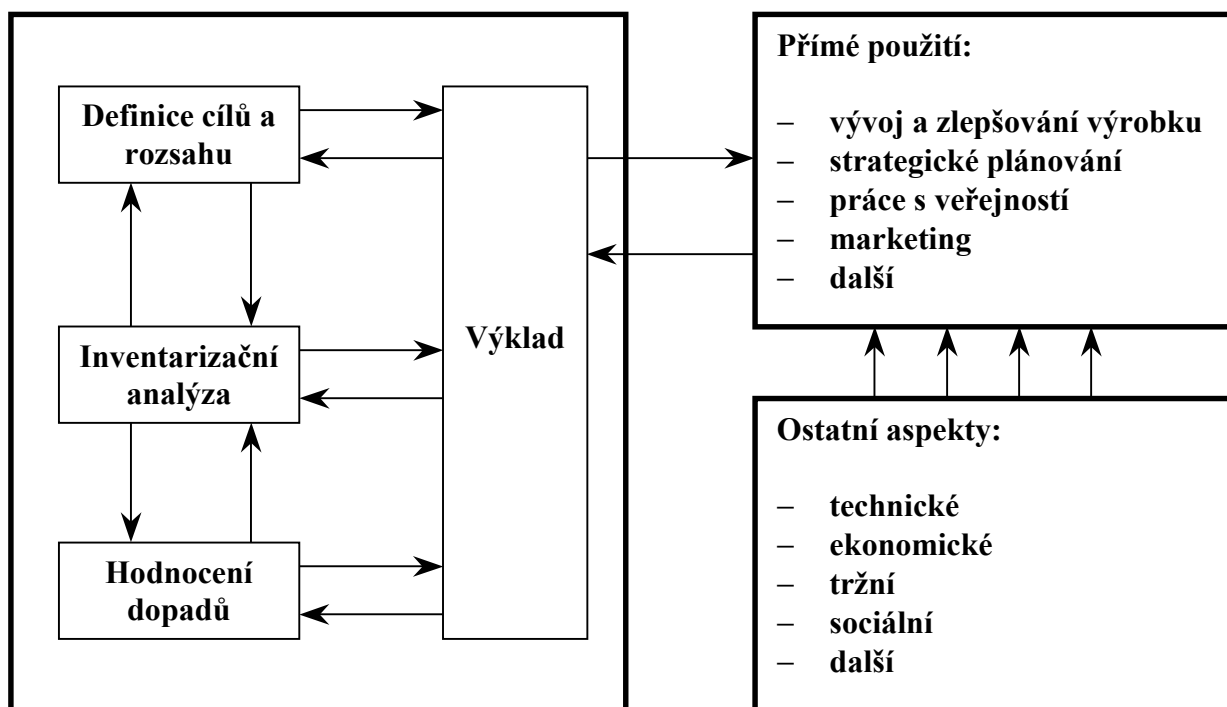
Velikou nevýhodou těchto metod však je, že převážně neumožňují agregaci složek životního prostředí a jejich vypovídací schopnost je proto omezená.

Pro management ochrany životního prostředí je nutné zjišťování látkové a energetické bilance pro posuzování vlivu na životní prostředí. V posledních letech je celá oblast zjišťování ekobilancí - LCA normalizována v rámci ISO 14 000.

Ekobilance - LCA je jedním z několika způsobů environmentálního managementu, stejně jako hodnocení rizik, hodnocení environmentálního profilu, environmentální audit a hodnocení dopadů na životní prostředí. Principy a nástroje LCA se zabývá norma ISO 14 040. Evropská verze EN 14 040:1997 má statut české technické normy. Norma stanoví, že obecné kategorie dopadů na životní prostředí musí vzít v úvahu spotřebovávání zdrojů, lidské zdraví a environmentální důsledky. Další část - ČSN EN ISO 14 041:1999 vymezuje podrobnosti postupu po inventarizační analýze.

Alokační postupy jsou potřebné pro práci se systémy, obsahující mnohočetné výrobky. Materiálové a energetické toky spojené s únikem do životního prostředí musí být alokovány k různým výrobkům podle jasně stanovených pravidel [4].

V pojetí této normy ISO 14 041 má celý proces zjišťování životního cyklu výrobku tuto strukturu:



Obr. č. 1: Struktura ekobilancí-LCA

Ekobilance mají také celou řadu nejistot a nepřesností, počínaje již systémovým ohraničením, definicí cíle a ekoinventarizací.

Jistá omezení mohou vyplývat i z toho, že výsledky zaměřené na regionální problém nemusí být vhodné pro lokální aplikace v rozdílných podmínkách. Přesnost výsledků LCA může být omezena přístupností dat, jejich agregací, zpracováním atd. Interpretace výsledků ekobilancí není jednoduchá. Lze určit příspěvek produktu na skleníkový efekt a další environmentální problémy, ale celkový environmentální impakt zůstává neznámý. Důvodem je chybějící vzájemné vážení environmentálních efektů. Nelze předpokládat, že na současné úrovni poznání představuje inventarizace kompletní environmentální obraz. Biodiverzita, estetická hodnota atd. se pravděpodobně v LCA neobjeví.

V rámci citované technické normy zatím není specifikováno hodnocení dopadů a proto je stále aktuální hledat nové přístupy, které by tuto komplexní, složitou a velmi pracnou část LCA zkvalitňovaly. Jednou z možností je modelování LCA pomocí teorie Petriho sítí.

3. Využití Petriho sítí pro bilancování vlivů na životní prostředí

Pro plánování strategií ochrany životního prostředí využívání nevyhnutelných odpadů se na pozadí ekobilancování nabízí možnost modelování pomocí Petriho sítí a tradičních vývojových diagramů výroby. Ve vývojových diagramech se posuzují látkové a energetické toky, nikoliv zásoby. Myšlenka propojení jak toků, tak stavů není nová, svým pojetím je obsažena v podvojném účetnictví. Při aplikaci sítí na analýzy látkových toků je nutné doplnit vývojové diagramy o symboly pro zásoby látek, jedná se o rozšířenou látkovou a energetickou bilanci. Tuto symboliku poskytují právě Petriho sítě. Existují dva druhy uzlů, u skladu lze popsat stav, u uzlů výrobních nebo dopravních je zjištění zásoby problémem. Uzly prvního

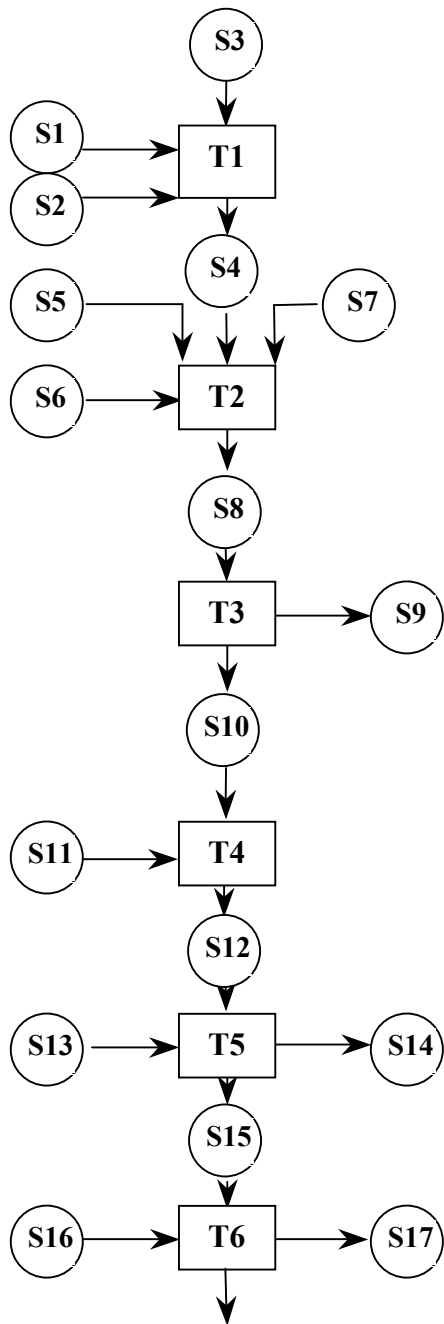
typu znázorňují stavy látek, v terminologii Petriho sítí se označují jako místo. U látkové transformace, kdy vznikají v procesu výroby a užití výrobky, meziprodukty, odpady se příslušné uzly označují jako přechody. Mezi místy a přechody je spojení pomocí hran.

Výpočty v Petriho sítích jsou analogií podvojného účetnictví - umožňují získání jak informací o tocích, tak i stavech a mohou být s výhodou využity pro hodnocení celého životního cyklu výrobku - tedy další rozšíření o problematiku zátěže životního prostředí mimo podnik.

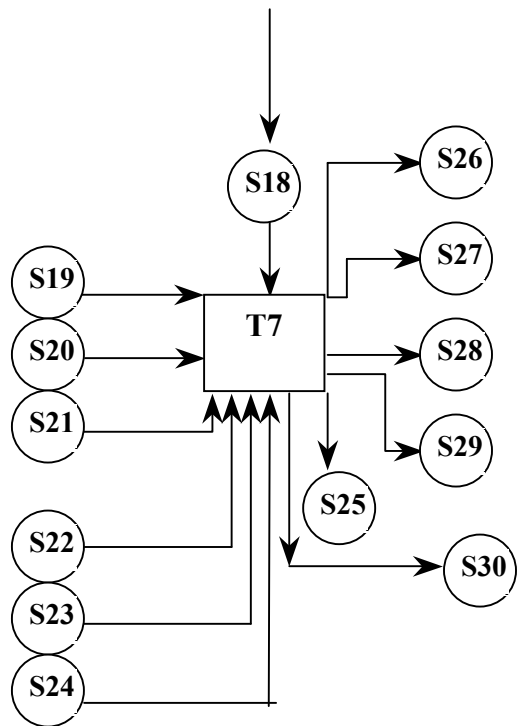
Procesy, zahrnuté do LCA, včetně získávání surovin, výrobu meziproduktů, konečného produktu a odpadů včetně obalů jsou modelovány pomocí jednotlivých míst, přechodů, odpovídajících hran grafů. Kapacita místa odpovídá relaci mezi vstupem a výstupem daného přechodu. Počítačem podporované systémy řízení využívají při stanovení vývojových diagramů a bilancích termodynamiku, stechiometrii, reakční kinetiku apod., které umožňují přepočty za různých podmínek průběhu reakce. Tyto procesy jsou již řadu let modelovány a podporovány počítači. Modelování systému může být samozřejmě vztaženo na celý cyklus LCA. Východiskem je pojetí, které je vlastně obdobou tradičního účetnictví. Je nutné rozhodnout, zda žádoucí veličinu vztáhnout na určitou časovou periodu nebo na jednotkové množství, zda vést analýzy podle druhů, místa, času apod. Úlohy orientované na strategii trvale udržitelného rozvoje a management látkových toků jsou vztahovány na časovou periodu (také např. ekoaudit). Řada bilancí v životním prostředí je sledována podle výrobků (výrobové ekobilance). Zpravidla se postupuje podle časové periody a posléze se přepočítává na výrobek. Analogicky jako v účetnictví lze tyto bilance posuzovat jako náklady (spotřeba environmentálních statků, produkce odpadů) nebo výnosy (vyrobené výrobky, recyklace odpadů). Při bilancování ve výrobním procesu se při tomto postupu naráží na řadu problémů, které jsou spojené především s nedostatečnou údajovou základnou o problematice vlivů na prostředí a dále při samotných bilancích s problémem rozdílů ve stavu zásob (vstup do podniku zvyšuje stav, ale zatím se dále nezpracovává, zpracované zásoby se neobjeví v bilančním čase, výstup ze zpracování jde na sklad, výstup jde ze zásob na skladě atd.). Např. u zásobníků a skladů lze zásoby zjistit, při výrobě a dopravě vznikají problémy vyjádření. Z toho důvodu je snaha o doplnění symboliky vývojových diagramů o tyto rozdíly ve stavu zásob.

Možnosti aplikace byly ověřovány v a.s. Pivovar Pardubice. Tato výroba je typem činnosti minimálně zatěžující životní prostředí. Celostní pojetí LCA bylo pro velmi složité zjišťování zejména předcházejících procesů redukováno a byly vymezeny hranice systému. Pro popisy látkových a energetických toků byly specifikovány jednotkové procesy a jednotlivé proměnné [6]. Byly využity produkční koeficienty a uplatněny alokační postupy. Údaje byly přeneseny do sítě.

Konkrétní data nejsou na přání výrobce zveřejněna, jsou součástí firemního tajemství.



Symbolem S byla označena jednotlivá místa – vstupy a výstupy, symbolem T jednotlivé přechody (výroba sladu, rmutování, výroba mladiny, kvašení, dokvašování filtrace a plnění). Množství vstupů surovin, pomocného materiálu a polotovarů byla označena v bilanci jako x, y byly označeny žádoucí i nežádoucí množství výstupů a formulovány vztahy mezi vstupy a výstupy.



Obr.č.2 *Jednotlivé uzly zahrnuté do LCA výroby piva*

Na zvolenou funkční jednotku (0,5 l piva Porter 19 °, skleněný obal) byly vypočteny v rámci hranic systému vstupy základních surovin (voda, chmel, slad), pomocného materiálu (kvasinky, křemelina, peroxid vodíku, kyselina dusičná, sírová a chlorovodíková, amoniak, chlornan sodný, hydroxid sodný, Neoseptal Cl), obalový materiál (lahve, etikety, korunkové uzávěry, lepidlo) a energie (elektrická, tepelná). Výstupem byl výrobek, dále vedlejší produkty (mláto, odpadový slad, kvasnice), odpadní voda, emise do ovzduší tuhé odpady a energetické emise.

4. Závěr a možnosti dalšího postupu

Uvedeným postupem lze sestavit bilance podle potřeb hodnocení životního cyklu výrobku s výhodou rychlého přepočtu při změně podmínek výroby. Při dalším zkvalitňování údajů (zejména přesnějšími alokacemi vstupů a výstupů na výrobek je možné zhodnotit zátěž dané aktivity z hlediska poškozování životního prostředí v pojetí *nákladů pro životní prostředí*:

- nároky na čerpání neobnovitelných zdrojů a energie,
 - emise do vody, ovzduší, tuhé odpady, hlukové emise apod.,
- a *výnosů*:
- stupeň recyklace cenných látek,
 - hlavní a vedlejší produkt.

Použitá literatura:

- [1] Hofstetter P.- Braunschweig A.: Bewertungsmethoden in Ökobilanzen – ein Überblick. *GAIA* 3, 1994, No 4., p.227-235
- [2] www.ecn.cz
- [3] ČSN EN ISO 14 040:1999 *Environmentální management. Posuzování životního cyklu – Zásady a osnova.*
- [4] ČSN EN ISO 14 041:1999 *Environmentální management. Posuzování životního cyklu – Stanovení cíle a rozsahu a inventarizační analýza.*
- [5] Möller A. - Rolf A.: *Methodische Ansätze zur Erstellung von Stoffstromanalysen unter besonderer Berücksichtigung von Petri-Netzen.* In: Stoffstromanalysen in Ökobilanzen und Ökoaudits .Berlin/Heidelberg: Springer Verlag,1997.
- [6] Fišerová I.: *Ekobilance - hodnocení životního cyklu výrobku.* Pardubice:Univerzita Pardubice, FCHT, 2000.
- [7] www.ecomed.de

Kontaktní adresy:

doc.Ing. Ilona Obršálová, CSc., katedra veřejné správy a regionálního rozvoje FES Univerzita Pardubice, Studentská 84, 532 10 Pardubice
tel. 040-603 6172
e-mail: Ilona.Obrsalova@upce.cz

doc. Ing. Vladimír Jehlička, CSc. katedra matematiky FES Univerzita Pardubice, Studentská 84, 532 10 Pardubice
tel.: 040- 603 6018
e-mail: Vladimir.Jehlicka@upce.cz

Recenzoval: doc.RNDr.Ivo Volf, CSc., katedra fyziky, PF, Univerzita Hradec Králové