

POSUZOVÁNÍ ŽIVOTNÍHO CYKLU PITNÉ VODY

doc. Ing. Vladimír Kočí, Ph.D.

¹⁾ Vysoká škola chemicko technologická v Praze, Technická 5, 166 28 Praha 6;
Vladimír.Koci@vscht.cz

Úvod

V poslední době se častěji na veřejnosti hovoří o environmentálních dopadech distribuce pitné vody. Velmi často je zde diskutována otázka zda by balená voda měla být distribuována ve skleněných či plastových lahvích, či zda mají být plastové lahve recyklovatelné. V tomto příspěvku bych se rád zastavil nad několika aspekty této problematiky z pohledu posuzování životního cyklu – metody LCA, Life Cycle Assessment.

Jako v mnoha otázkách týkajících se interakcí lidských aktivit a životního prostředí neexistuje jednoznačné řešení, která varianta či který přístup je správný a v podstatě ve všech situacích je třeba brát do úvahy lokální specifika – tedy neexistuje univerzální návod, ale „přijde na to“.

V oblasti vodárenství vs. balená voda je třeba mít na paměti, že chceme-li porovnávat environmentální dopady výroby například 1 litru pitné vody, musíme si předem definovat, jakému účelu pitná voda bude sloužit. Jestliže hodláme pít vodu v domácnosti, na zahradě letního domu nebo na horské túře, vždy budeme mít jiné požadavky na balení a tudíž i distribuci vody. Není ekonomické ani environmentálně šetrné nosit skleněnou láhev s sebou na horskou túru neboť samotný skleněný obal něco váží.

Nejprve si krátce přiblížme podstatu LCA.

LCA ve 4 odstavcích

Na začátku zpracovávané studie LCA je třeba jasně definovat **cíl a rozsah studie**. Zadáání musí obsahovat jasné a jednoznačné stanovení důvodu proč je studie LCA zpracovávána, a dále zamýšlené využití zjištěných závěrů. V cílech musí být specifikováno, jaké a jak detailní informace se budou vyžadovat, jakému účelu bude studie sloužit a jaká rozhodnutí budou založena na zjištěných výsledcích. Klíčovou úvahou je, zda výsledky LCA budou využity interně, pro aplikaci uvnitř určité firmy ke zlepšení ekologického chování systému, nebo externě, např. pro ovlivnění strategie státní správy. Cíl studie musí jednoznačně stanovit zamýšlené použití, důvody provádění studie a zamýšlené publikum, tj. kdo bude seznámen s výsledky studie. Definováním rozsahu se míní především určení funkce, funkční jednotky a referenčního toku, dále určení hranic systému, postupů alokace a z určení postupů pro zajištění kvality vstupních dat. Mělo by zde být určeno, která data a informace budou potřebná pro provedení studie. Pro posuzování dopadů (LCIA), je již na tomto stupni třeba označit použité kategorie dopadu (klasifikace) a zajistit, aby data byla kompatibilní s rozsahem fáze posuzování dopadů. Dále je třeba transparentně uvést přijaté předpoklady a omezení, popsat metody kritického zhodnocení a typ a formát výstupu studie [1].

Fáze LCA nazývaná **inventarizační analýza** (LCI – Life Cycle Inventory) slouží ke zjištění a vyčíslení všech materiálových a energetických toků během celého životního cyklu posuzovaného produktu nebo produktového systému. Množství spotřebovaných surovin a vypuštěných emisí je vždy vztaženo k referenčnímu toku posuzovaného produktu. Výsledky inventarizace by měly být prezentovány přehlednou formou, kolik a jakých látek z okolního prostředí do systému vstupuje a kolik vystupuje. Tyto podklady slouží následnému posuzování dopadů LCIA. I ten nejjednodušší produkt vstupuje do většího počtu jednotlivých operací. Opravdový „život“ produktu začíná při získávání surovin nutných pro jeho výrobu, pokračuje při výrobě materiálů, dále se odvíjí při výrobě vlastního produktu, při jeho užívání spotřebitelem a končí při likvidaci produktu. Všechny tyto zmíněné operace jednotlivých stádií životního cyklu musí být v inventarizaci zmapovány [2].

Výstupem z inventarizační analýzy je soubor dat shrnující materiálové toky vstupující a vystupující přes hranice produktového systému. Zjednodušeně řečeno se jedná o informace, jaká množství jakých látek se dostávají během celého životního cyklu produktu do prostředí ve formě různých emisí a jaká množství přírodních surovin byla spotřebována. Tento soubor dat nazýváme *environmentálním profilem* produktu. Aby mohlo posuzování životního cyklu napomáhat rozhodování, je třeba výsledky inventarizace vhodně interpretovat. Je třeba určit, který z emisních toků je z hlediska dopadů na životní prostředí významnější. Náplní fáze **posuzování dopadů** LCIA (Life Cycle Impact Assessment) je přiřazení výsledků z inventarizace jednotlivým kategoriím dopadů a vyčíslení míry jejich působení tak zvanou charakterizací. Porovnávají se alternativy, dva různé produkty, zpravidla zahrnují jiné materiály a technologie. Spotřebovávány jsou tudíž jiné suroviny, a také jsou emitovány jiné emise s jiným „měrným“ environmentální dopadem. Jeden systém může produkovat více skleníkových plynů, zatímco druhý více látek karcinogenních. Cílem posuzování dopadu je porovnat jednotlivé dopady a srovnat jejich závažnost. Aby bylo možné rozhodnout, která varianta je šetrnější k životnímu prostředí, je třeba provést porovnání různých toků emisí vzhledem k důležitosti environmentálního dopadu, jaký mohou způsobit. Hodnocení dopadů je srovnávání významnosti každého emisního toku vzhledem k celkovým známým dopadům lidské činnosti v dané kategorii. Inventarizace je zde převedena na seznam vyjadřující míru čerpání surovin a potenciály dopadů na jednotlivé složky životního prostředí. Výstupem z LCIA je soubor výsledků indikátorů různých kategorií dopadu [3]. Vzájemné porovnání různých environmentálních dopadů je umožněno rozvojem tzv. charakterizačních modelů pro metodu LCA jako jsou modely CML 2001 [4], EDIP [5], TRACI [6], IMPACT 2002+ [7] z nichž zejména EDIP a IMPACT 2002+ poskytují i lokalizovaná data pro jednotlivé regiony Evropy.

Interpretace životního cyklu je čtvrtá a závěrečná fáze LCA. Ač je to fáze závěrečná, podílí se iterativním způsobem i na fázích předešlých. Výstupy z interpretace si často vyžadají doplnění nebo změny v předchozích fázích. Během inventarizační fáze a fáze posuzování dopadů byly zákonitě provedeny určité odhady, předpoklady a rozhodnutí, jak v studii pokračovat. Byla přijata určitá zjednodušení či aproximace. Všechny tyto předpoklady musí být zahrnuty do fáze interpretace, musí zde být diskutovány a obhájeny, vždy musí být stavěny vedle prezentace výsledků [8].

LCA úpravy vody vs. životní cyklus PET láhve

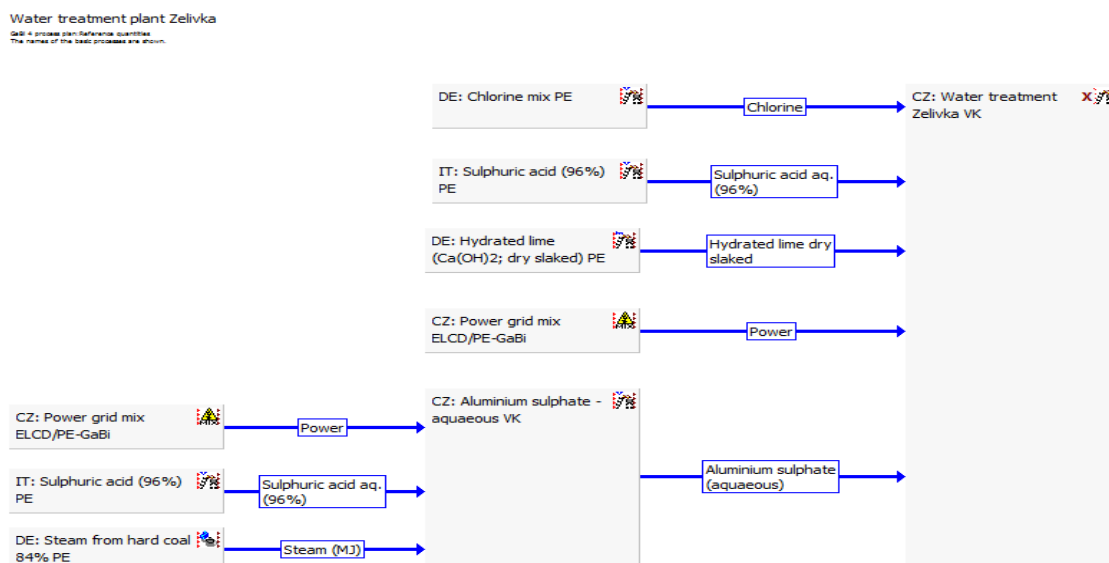
Pro účely zjednodušené demonstrace rozdílu environmentálních dopadů upravené vody

a balené vody a pro účely použití metody LCA ve vodárenství jsou použity následující data a předpoklady:

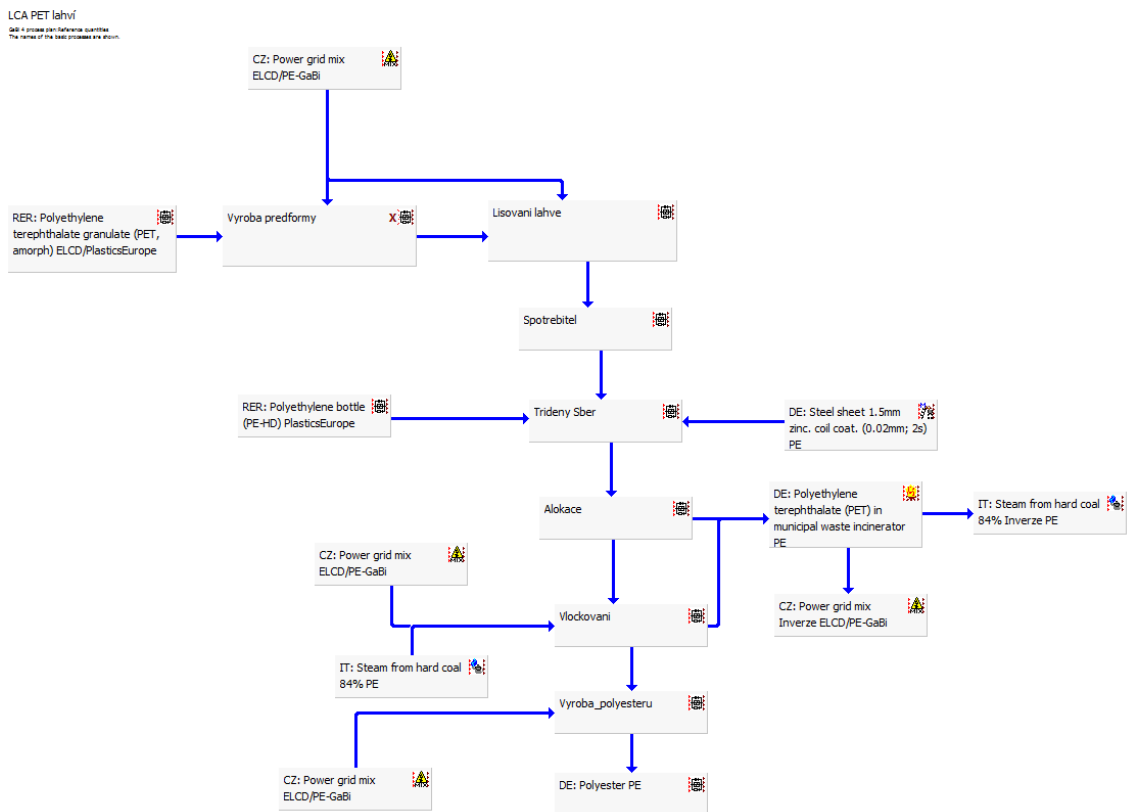
- a) funkce systémů: zajištění pitné vody
- b) funkční jednotkou je zajištění 150 000 litrů pitné vody pro spotřebitele
- c) referenčním tokem je
 - a. úprava 150 000 litrů pitné vody na vodárenském provozu Želivka
 - b. 100 000 PET lahví o objemu 1,5 litru
- d) hranice systému
 - a. proces výroby pitné vody na vodárně včetně dávkovaných chemikálií, distribuce vodním řadem není uvažována
 - b. životní cyklus PET lahve, výroba, užití, včetně recyklace a finálního energetického využití odpadu.
- e) omezení
 - a. platí pouze pro situaci, kde je dostupná pitná voda z vodovodu
 - b. nepředpokládáme energetickou a materiálovou náročnost stavby a provozu vodovodního řadu – náš referenční tok je při porovnání celkové distribuce vody v řadu zanedbatelně malý, alokace dopadů stavby a provozu řadu tudíž není zahrnuta
 - c. neuvažujeme materiálové a energetické náklady na plnění lahví balené vody ani na jejich distribuci

Cílem této studie bylo poukázat na rozdílné environmentální dopady dvou porovnávaných systémů a zvážit, zda balená voda může být z pohledu environmentální šetrnosti adekvátní náhradou vodárenskému provozu a to například i se zavedením maximální recyklace a zavedení systému vratných lahví. Pro účely tohoto sdělení nebyl použit systém vratných skleněných lahví. Při získání potřebných dat není problém systém dále dopodrobna rozpracovat.

System procesů a energetických a materiálových toků použitý pro jednotlivé posuzované systémy je shrnut v následujících dvou schématech.



Obr. 1. Produktový systém úpravny vody



Obr. 2. Produktový systém PET lahve

Vzhledem k velkému množství použitých dat, zde uvádím pouze výsledky LCIA pro zvolené charakterizační modely a to jmenovitě CML 2001, EDIP 2003, IMPACT 2002+ a Ecological Scarcity (UBP):

Tabulka 1. Výstupy charakterizačního modelu CML 2001

Výsledek indikátoru kategorie dopadu	PET lahve	Vodárenský provoz
Abiotické suroviny (ADP) [kg Sb-Equiv.]	171447	0,0731
Acidifikace (AP) [kg SO ₂ -Equiv.]	486440	0,2777
Eutrofizace (EP) [kg Phosphate-Equiv.]	8359	0,0040
Ekotoxicita sladkovodní (FAETP inf.) [kg DCB-Equiv.]	218122	0,0205
Globální oteplování (GWP 100 years) [kg CO ₂ -Equiv.]	26999692	13,6902
Humánní toxicita (HTP inf.) [kg DCB-Equiv.]	2802651	1,0512
Ekotoxicita mořská (MAETP inf.) [kg DCB-Equiv.]	14092377977	7888
Úbytek stratosférického ozónu (ODP, steady state) [kg R11-Equiv.]	2,5915	1,53E-06
Tvorba fotooxidantů (POCP) [kg Ethene-Equiv.]	26313	0,0139
Ionizující záření (RAD) [DALY]	0,067467847	3,99E-08
Ekotoxicita terestrická (TETP inf.) [kg DCB-Equiv.]	47490	0,0324

Tabulka 2. Výstupy charakterizačního modelu EDIP 2003

Výsledek indikátoru kategorie dopadu	PET lahve	Vodárenský provoz
Acidifikace [m2 UES]	8716051	4,995
Eutrofizace akvatická [kg NO3-Equiv.]	27296	0,013
Globální oteplování [kg CO2-Equiv.]	27153219	13,750
Fotooxidanty - lidské zdraví a materiály [pers*ppm*hours]	9,127	4,32E-06
Fotooxidanty - vegetace [m2 UES*ppm*hours]	130467584	62,8
Úbytek stratosférického ozónu [kg R11-Equiv.]	2,593281637	1,53E-06
Eutrofizace terestrická [m2 UES]	1587972	0,758

Tabulka 3. Výstupy charakterizačního modelu IMPACT 2002+

Výsledek indikátoru kategorie dopadu	PET lahve	Vodárenský provoz
Spotřeba surovin [MJ surplus]	86134	0,359
Využití neobnovitelné energie [MJ]	262256325	106,24
Acidifikace akvatická [kg SO2-Eq. to air]	447672	0,257
Ekotoxicita akvatická [kg TEG-Eq. to water]	449177633	258,6
Eutrofizace akvatická [kg PO4-Eq. to water]	34,1	2,58E-05
Lidské zdraví - karcinogeneze [kg C2H3Cl-Eq. to air]	105400	0,0019
Globální oteplování (500 let) [kg CO2-Eq. to air]	25975142	13,28
Lidské zdraví - nekarcinogenní účinky [kg C2H3Cl-Eq. to air]	540805	0,0144
Tvorba fotooxidantů [kg C2H4-Eq. to air]	3094	0,00074
Lidské zdraví - respirační choroby [kg PM2.5-Eq. to air]	49956	0,0274
Půdní acidifikace a eutrofizace [kg SO2-Eq. to air]	779069	0,4167
Půdní ekotoxicita [kg TEG-Eq. to soil]	20764850	12,026

Tabulka 4. Výstupy charakterizačního modelu UBP

Výsledek indikátoru kategorie dopadu	PET lahve	Vodárenský provoz
UBP vstupy	523512101	234,8
UBP výstupy	35424974085	19792

Ve všech použitých charakterizačních modelech a pro všechny kategorie dopadu jsme obdrželi výsledek hovořící pro významně vyšší environmentální dopady PET lahve ve srovnání s upravenou vodou.

Z uvedených výsledků vyplývá dopředu tušitelný závěr a to, že environmentální dopady vodárenské úpravy jsou výrazně nižší než u balené vody. Přínosem prezentovaného přístupu LCA je ovšem nabídnutí platformy pro konstruktivní diskusi porovnávání dopadů celých produktových celků a nikoliv pouze samotných obalů pitné vody, jak se to často v médiích či v politice děje. Dosud často oddělovaná výrobní stádia jako je výroba, užití či odstraňování musí být hodnocena nadresortním přístupem a jejich dopad

na prostředí hodnocen komplexně na všechny kategorie dopadu a nikoliv jen na vybrané, jako je například produkce odpadů, či produkce skleníkových plynů. Environmentální dopady lidských činností, či úžeji, jednotlivých produktů jsou vždy výsledkem působení všech stádií životního cyklu, a jestliže porovnáváme dopady výrobků pouze na základě zhodnocení jednoho stádia, dopouštíme se značných nepřesností. V případě studování environmentálních dopadů pitné vody z vodovodního řádu a vody balené, resp. různých druhů balení vody, je vždy nutné porovnávat porovnatelné a nastavit porovnávané systémy tak, abychom mohli zjištěná data reálně porovnat.

Závěr

Aplikace metody LCA v oblasti vodárenství a distribuce pitné vody společně s výrobou vody balené nám může poskytnout následující poznatky:

- Úprava vody na vodárenských provozech je jednoznačně environmentálně šetrnější než voda balená v plastových lahvích a to i v případě jejich plné recyklace a energetického využití obalu.
- LCA poskytuje nástroj environmentální optimalizace úpravy vody a dalších návazných technologických procesů.
- LCA poskytuje nástroj environmentální optimalizace distribuce vody – porovnání skleněných či plastových obalů.
- LCA ukazuje cestu jak analyzovat problém dopadů lidských aktivit na životní prostředí a umožňuje porovnávat různé varianty.

Podrobnější rozpracování LCA studií pro systémy úpravy, distribuce, ale i čištění odpadních vod je metodicky k dispozici. LCA zde může sloužit nejen jako nástroj snižování environmentálních dopadů, ale rovněž jako nástroj ekonomické rozvahy a porovnávání environmentálních a ekonomických aspektů. Pro tyto účely je k dispozici modulární rozšíření LCA o složku LCC – Life Cycle Costing.

Poděkování

Za poskytnutá data z vodárenského provozu Želivka bych rád poděkoval zaměstnancům Pražských vodovodů a kanalizací, a.s. ze skupiny Veolia Voda ČR. Práce vznikla s laskavou finanční podporou Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy grantem MSM 6046137308.

Literatura

1. Kočí V.: Definice cílů a rozsahu studií LCA. Sb.konf. Posuzování životního cyklu LCA, 31. Ledna 2008, Praha. str.6-8.
2. Kočí V.: Inventarizační analýza provádění studií LCA. Sb.konf. Posuzování životního cyklu LCA, 31. Ledna 2008, Praha. str.9-11.
3. Kočí V.: Posuzování environmentálních dopadů životního cyklu. Sb.konf. Posuzování životního cyklu LCA, 31. Ledna 2008, Praha. str. 12-15.
4. Heijungs R., Guine'e J.B., Huppes G., Lankreijer R.M., Udode Haes H.A., Wegener-Sleeswijk A., Environmental Life Cycle Assessment of Products, Guide and Backgrounds, CML, Leiden University, The Netherlands, 1992.
5. Hauschild M., Potting J.: Spatial differentiation in life cycle impact assessment – the EDIP2003 methodology. Guidelines from the Danish Environmental Protection Agency, Copenhagen, 2004
6. Bare J.C., Norris G.A., Pennington D.W., McKone T.: TRACI The Tool for the Reduction and Assessment of Chemical and Other Environmental Impacts. Journal of Industrial Ecology, Vol. 6, No 3-4, 2003.
7. Jolliet O., Margni M., Charles R., Humbert S., Payet J., Rebitzer G., Rosenbaum R.,2003. IMPACT 2002+: A New Life Cycle Impact Assessment Methodology. . Int J. of LCA 8 (6) 324-330.
8. Kočí V.: Interpretace životního cyklu. Sborník konf. Posuzování životního cyklu LCA, 31. Ledna 2008, Praha. str. 16-19.