RUSKO, M. – BALOG, K. [Eds.] 2008:
Manažérstvo životného prostredia 2008 ▼▲▼ Management of Environment ´2008
Zborník z VIII. konferencie so zahraničnou účasťou konanej 5.-6.12. 2008 v Bojniciach
Proceedings of the International Conference, Bojnice, December 5 - 6, 2008.
Žilina: Strix et VeV. Prvé vydanie. ISBN 978-80-89281-34-3.

MOŽNOSTI VYUŽITIA METÓDY LCA V ODPADOVOM HOSPODÁRSTVE

JANA VARGOVÁ – LUCIA RAJNIČOVÁ

POSSIBILITIES UTILISATION OF LCA IN WASTE MANAGEMENT

ABSTRAKT
Témou príspevku je analýza možností využitia metódy LCA v odpadovom hospodárstve na príklade hodnotenia vybraných procesov zneškodňovania komunálneho odpadu a to skládkovanie a spaľovanie komunálneho odpadu. Analýza životného cyklu (Life Cycle Analysis - LCA) je jedna z metodológií umožňujúca lepšie porozumieť komplexnosť vzťahov priemyselnej výroby a životného prostredia. LCA posudzuje celý životný cyklus výrobku, výrobného systému, procesu alebo služby a to „od kolísky až po hrob“. Analýza životného cyklu sa použije ako nástroja na odhalenie a zníženie zaťaženia životného prostredia.
Kľúčové slová: *Analýza životného cyklu (LCA), skládkovanie, spaľovanie, komunálny odpad*

ABSTRACT
The topic of the paper is the analysis of possibilities of LCA utilisation in the decision-making process within waste management on the example of evaluation of selected processes of municipal waste management: landfilling and incineration of the municipal waste. Life Cycle Analysis – LCA is one of the methodologies enabling better understanding the complexity of relations within the industrial production and environment. LCA is the method which assesses the whole life cycle of a product, production system, process or service and it provides it from „the cradle to the grave“. Life cycle assessment is utilised as the tool for discovery and elimination of environmental pollution.
Key words: *Life Cycle Assessment (LCA), landfilling, combustion, municipal waste*

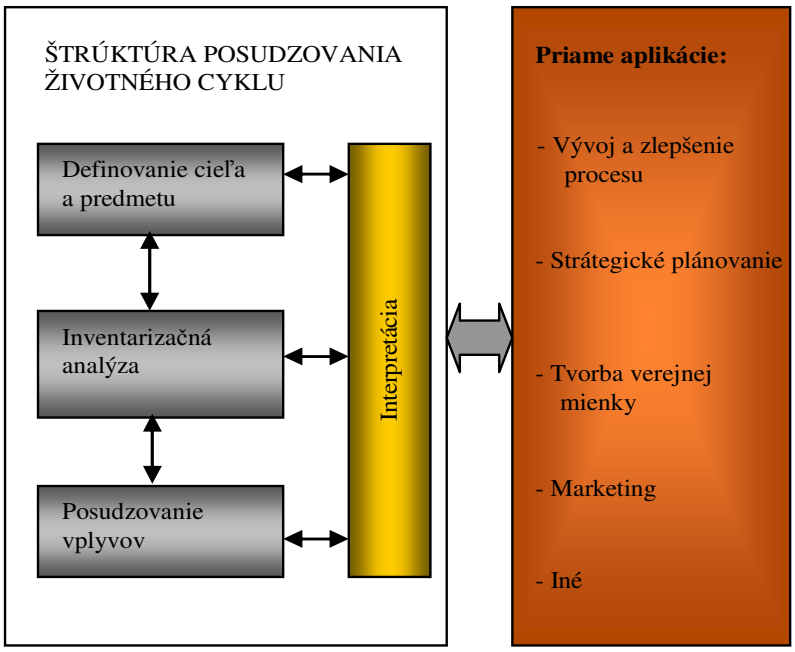
ÚVOD

Hodnotenie životného cyklu výrobkov, procesov alebo činnosti je všeobecne známe pod skratkou LCA (Life Cycle Assessment), tiež známe v európskych krajinách pod názvom „Ekobalance“, resp. REPA (Resource and Environment Profile Analysis). LCA je metóda na posúdenie environmentálnych aspektov a dopadov spojených s výrobkom, procesom alebo činnosťou v jednotlivých jeho štádiách od získavania surovín cez výrobu, distribúciu, použitie a zneškodňovanie. Metóda LCA ponúka vytváranie štúdií, ktoré umožňujú sledovať, aké vplyvy majú výrobky alebo procesy na životné prostredie. Tento postup skúma každú jednotlivú etapu životného cyklu. Začína pri získavaní surovín a energie a pokračuje spracovaním, distribúciou, využitím, možnosťami opätovného používania až k spôsobu odstránenia. V rámci skúmania priebehu každej etapy sú brané do úvahy jednotlivé aspekty, ktoré vytvárajú: vstupné veličiny (suroviny, zdroje a energia) a výstupné veličiny (emisie do ovzdušia, vody, množstvo odpadu). Spoločne tak vytvárajú takzvaný inventár životného cyklu (Life Cycle

Inventory). Tieto vstupné a výstupné veličiny sú začlenené do štruktúry životného cyklu a všetky otázky ohľadne životného prostredia, ktoré sú s nimi spojené môžu byť následne riešené metódou vyhodnocovania dopadov na životný cyklus (Life Cycle Impact Asseesment). Závery LCA nemusia vždy nutne ponúkať ideálne riešenie. Umožnia však, aby boli zahrnuté všetky dôležité okolnosti, ktoré musí vziať zodpovedný pracovník do úvahy v rozhodovacom procese. Všetky rozhodnutia, ktoré vzniknú na základe informácií zhromaždených na základe LCA musia brať do úvahy konkrétne lokálne podmienky, vrátane ekonomických a spoločenských okolností.

1 APLIKÁCIA METÓDY LCA V ODPADOVOM HOSPODÁRSTVE

Táto analýza LCA procesu predstavuje náročnú metódu ako na náklady, tak aj na čas, čo vyplýva z jej podstaty. Vyhľadávacia činnosť celej plejády veľkého počtu údajov z rôznych oblastí vyžaduje enormné úsilie. Aj po splnení týchto požiadaviek je vždy otázne, či získané údaje skutočne odzrkadľujú daný stav a vlastnosti, nehovoriac o výpovednej hodnote. Bez tímovej spolupráce a aplikácie racionalizačných nástrojov, ako sú moderné prostriedky výpočtovej techniky, sú pre jednotlivca tieto činnosti prakticky ťažko uskutočniteľné v prijateľných intenciách.

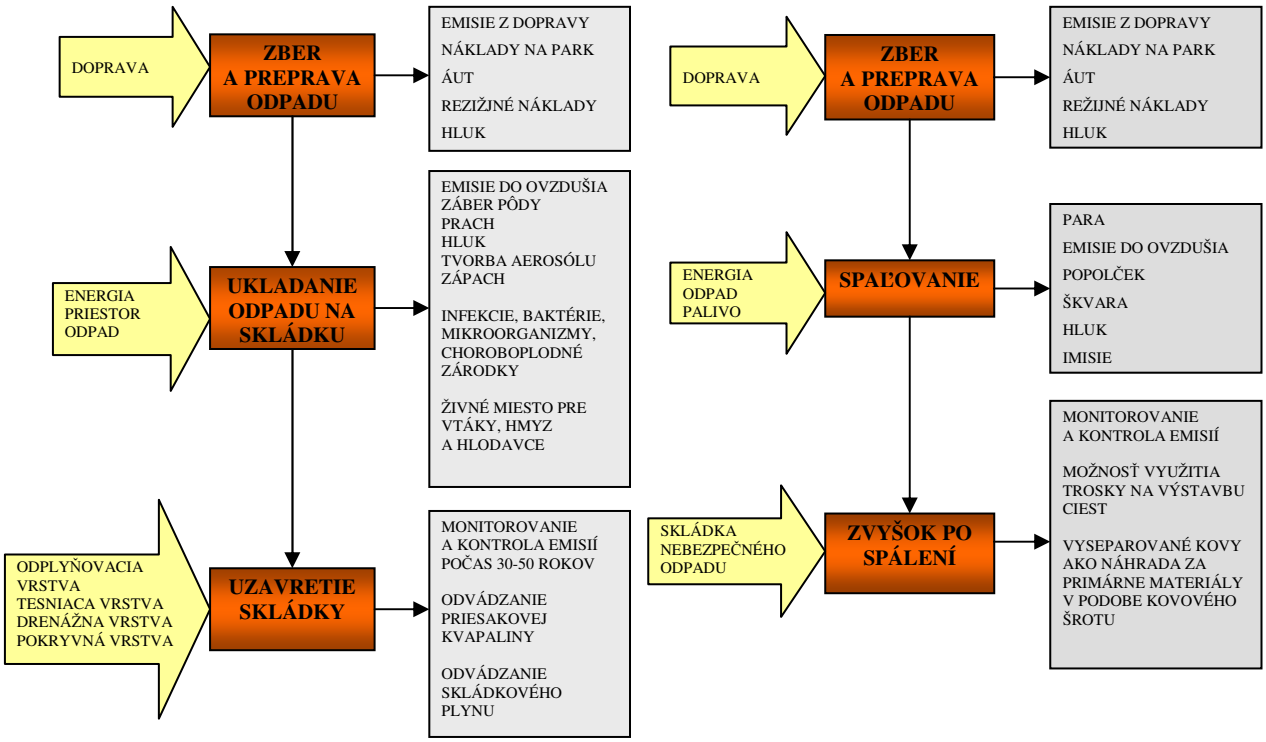


Obr.1 Fázy analýzy LCA a ich vzájomné súvislosti [1].

2 PRVÁ FÁZA LCA

V tejto fáze je potrebné určiť cieľ štúdie, definovať predmet analýzy a stanoviť funkčnú jednotku. Ak si za cieľ štúdie stanovíme zhodnotenie a porovnanie pôsobenia všetkých fáz LCA vybraného procesu zneškodňovania TKO, potom predmetom analýzy bude životný cyklus vybraného procesu zneškodňovania TKO. Keďže ide o komparatívnu metóda, kde porovnaním dvoch alebo viacerých variantov hodnotiteľ rozhodne, ktorý použije z hľadiska svojho vlastného alebo spoločenského záujmu, predmetom posudzovania musia byť minimálne dva procesy. Skládkovanie stojí v hierarchii odpadového hospodárstva na najnižšom stupni vzhľadom k možnosti zhodnocovania TKO, avšak je v súčasnosti najbežnejšou metódou zneškodňovania TKO na Slovensku. Oproti skládkovaniu stojí spaľovanie TKO. V súčasnosti sú na Slovensku dve zariadenia na spaľovanie TKO a to v Kokšov – Bakši v Košiciach a v Bratislave. Životné cykly procesov skládkovania a spaľovania TKO sa

navzájom líšia v spôsobe spracovania odpadu, ale aj v rôznych možnostiach využitia energie z procesu. Oba cykly sú schematicky znázornené na obrázku 2.



Obr.2 Základná schéma životných cyklov skládkovania a spaľovania

Štúdia LCA zahŕňa materiálové a energetické toky spojené s etapami životného cyklu procesov skládkovania a spaľovania ako je uvedené v tabuľke 1. Podľa toho sa vymedzí rozsah sledovaných systémov.

Tabuľka 1. Etapy životného cyklu skládkovania a spaľovania.

Etapa	Skládkovanie	Spaľovanie
1.	Vplyv zberu TKO.	Vplyv zberu TKO.
2.	Záber pôdy a vplyv na horninové prostredie.	Technológia procesu spaľovania.
3.	Vplyv ukladania odpadu na skládke odpadov.	Emisie do ovzdušia.
4.	Skládkový plyn.	Vznik popola a škvary.
5.	Negatívny vplyv na zdravie obyvateľstva.	Negatívny vplyv na zdravie obyvateľstva.
6.	Možnosti využitia energie z procesu.	Možnosti využitia energie z procesu.

3 DRUHÁ FÁZA LCA - INVENTARIZAČNÁ ANALÝZA

Prvým krokom inventarizačnej analýzy je zobrazenie všetkých materiálových a energetických tokov, ktoré vstupujú do jednotlivých procesov – etáp životného cyklu, vymedzenie v schémach rozsahu životného cyklu procesov skládkovania a spaľovania. Na vykonanie inventarizačnej analýzy je potrebné procesy skládkovania a spaľovania rozdeliť na jednotlivé subsystémy. Pri prvej etape životného cyklu, ktorá je pre obidva procesy rovnaká, je dôležité si uvedomiť, že množstvo, zloženie a druh odpadu stanovuje potrebnú kapacitu systému a jej jednotlivých prvkov zvlášť pri separovanom zbere. Hodnotenie začína v okamihu, keď sa odpad umiestni na zberné miesto (vrecia, odpadové koše, kontajnery). Okrem prúdov odpadu sa v hodnotení uvažuje aj s tokmi produktov, ktoré sú výsledkom

spracovania odpadu, ako sú druhotné suroviny získané z recyklovateľných látok, kompost získaný z organického odpadu a energia vyrobená na základe spracovania odpadu. Toto sa berie do úvahy v hodnotení. Výroba týchto produktov sa započítava ako pozitívny dopad.

4 TRETIA FÁZA -LCIA

Posudzovanie vplyvov životného cyklu LCIA (Life Cycle Impact Assessment) je treťou fázou posudzovania životného cyklu. Všeobecná štruktúra fázy LCIA sa skladá z niekoľkých povinných prvkov, pomocou ktorých sa výsledky LCI premieňajú na výsledné hodnoty indikátorov a okrem nich existujú voliteľné prvky na normalizovanie, zoskupovanie alebo váženie výsledných hodnôt indikátorov a techniky analýzy kvality údajov. Cieľom LCIA je skúmať systém výrobku alebo procesu z environmentálneho hľadiska s použitím indikátorov oblasti vplyvov odvodených z výsledkov LCI. V rámci metódy LCA sa odporúča, aby sa pre všetky LCA použili nasledujúce kategórie základných vplyvov:

- Vyčerpanie abiotických zdrojov,
- Vplyv využívania pôdy – záber pôdy,
- Klimatické zmeny,
- Odbúravanie stratosférického ozónu,
- Toxicita,
- Ekotoxicita,
- Tvorba fotooxidantov,
- Acidifikácia,
- Eutrofizácia.

Štúdiu LCA možno rozšíriť tak, aby pokrývala aj „iné kategórie“, napr. strata biodiverzity, zápach, hluk, odpadové teplo, nehody, vyčerpanie biotických zdrojov atď. [3]. Je možné vynechať tie kategórie, v ktorých vplyv posudzovaných procesov je zanedbateľný.

5 KATEGÓRIE VPLYVOV LCA URČENÉ AKO ZÁVAŽNÉ NA POSÚDENIE PROCESOV ODPADOVÉHO HOSPODÁRSTVA

Tu sa hodnotí vplyv na podľa nasledovných ukazovateľov:

- Vyčerpanie abiotických zdrojov (AbDe)
- Klimatická zmena (ClCh)
- Toxicita (HuTo)
- Tvorba fotooxidantov (POFo)
- Acidifikácia (Acid)
- Eutrofizácia (Eutr)

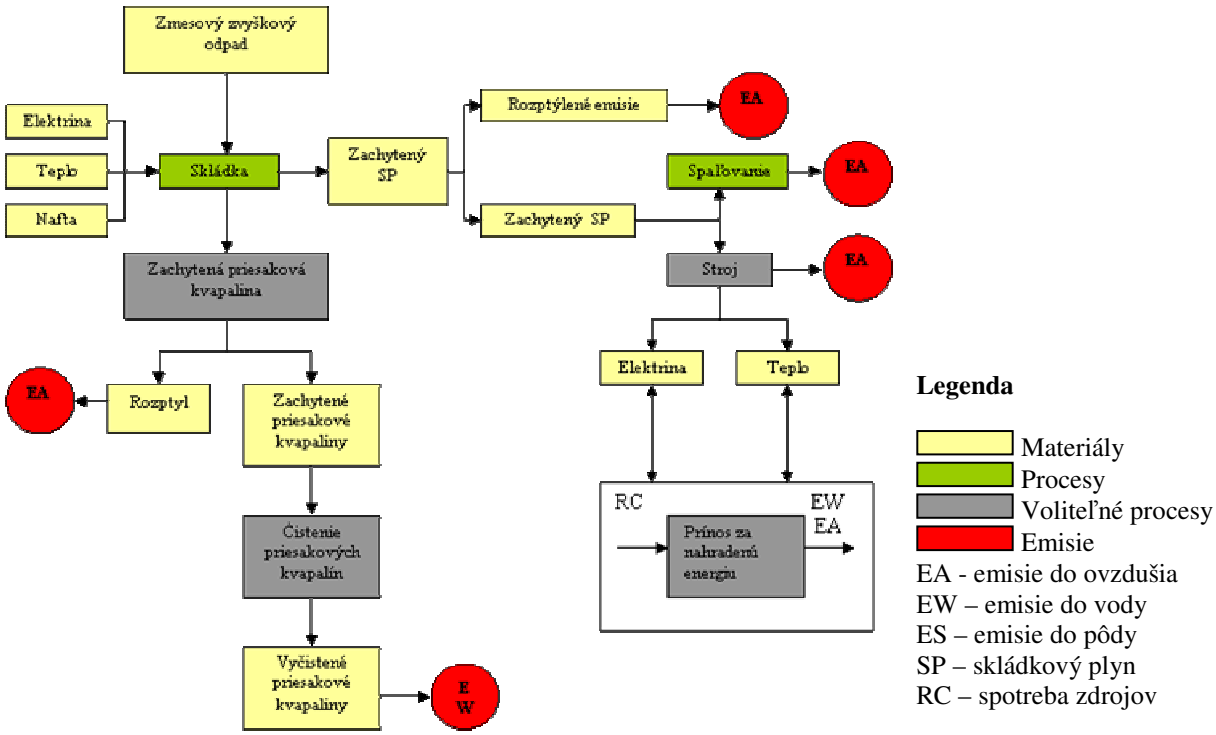
Zistené údaje sa zaradia do jednotlivých kategórií a podľa potreby sú prevedené na spoločný štandard (štandardizácia) tak, aby bolo možné posúdiť negatívny dopad celej kategórie zistených vplyvov. V podstate ide o kvantitatívne zhodnocovanie. V časti „normalizácia“ sa pri všetkých kategóriách hodnotí škodlivosť zistených vplyvov vzhľadom k územiu, na ktorom negatívny dopad pôsobí na životné prostredie. Analýza popisuje, kde negatívny vplyv vzniká a v akom rozsahu pôsobí (globálne, regionálne, lokálne).

6 VYHODNOTENIE VÝSLEDKOV ŠTÚDIE LCA

Interpretácia životného cyklu skládkovania TKO

Skládka je nevyhnutný prvok akéhokoľvek systému hospodárenie s odpadmi. Skládkovanie je v hierarchii odpadového hospodárstva postavené najnižšie v dôsledku najnižšieho potenciálneho zhodnotenia odpadu (iba využitie bioplynu). Skládkovanie však v EÚ zostáva najbežnejšou metódou zhodnocovania odpadu. Obrázok 3 poukazuje na najhlavnejšie miesta vzniku environmentálnych problémov v procese skládkovania. Hlavným cieľom modernej skládky je bezpečné, dlhodobé zneškodnenie odpadov a to z hľadiska zdravotného aj environmentálneho. Keďže sa v priebehu

procesu skládkovania vyskytujú emisie v podobe skládkového plynu a výluhov v priesakovej vode, treba ich tiež kontrolovať a pokiaľ možno spracovať. Umiestnenie odpadu na skládke v obmedzenej miere umožňuje zhodnotenie odpadu, pokiaľ ide o znovuzískavanie energie a bioplynu. Predpokladom je, že skládka je vybavená systémom na zachytávanie a zber plynu a priesakových kvapalín. Pri štandardnom nastavení sa plyn zachytáva od začiatku prevádzky a to trvá ešte 10 rokov po uzavretie skládky. Zhromaždený plyn možno využiť na výrobu elektrickej energie a tepla v kogeneračnej jednotke. Zachytávanie priesakových kvapalín a ich spracovanie sa začína od začiatku prevádzky a trvá až 50 rokov po uzavretí skládky.



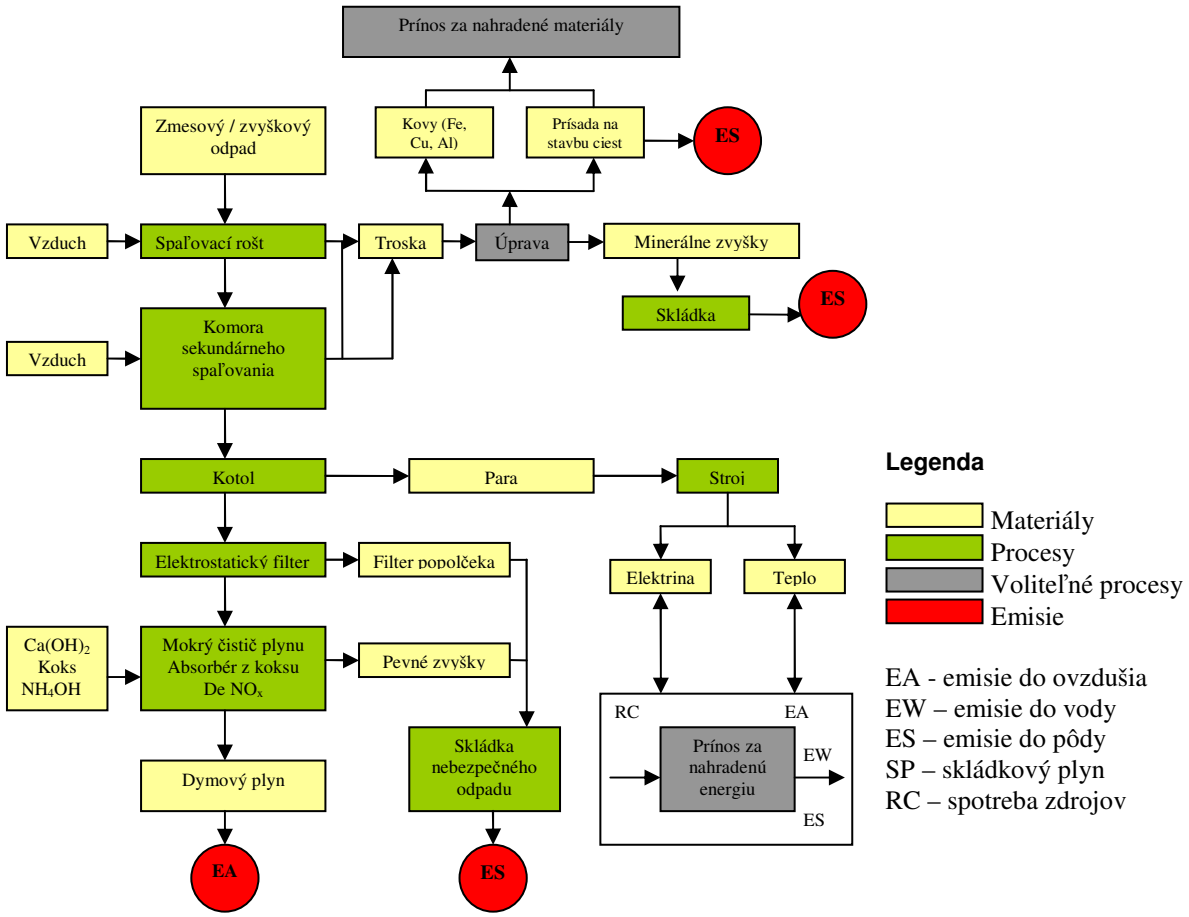
Obr. 3 Schéma hlavných materiálových tokov na modelovej skládke.

Interpretácia životného cyklu spaľovania TKO

Počas spaľovania látky obsiahnuté v odpade sú oxidované. Spaľovaný odpad je v tomto procese transformovaný do plynných zložiek zatiaľ čo časti inertného odpadu zostávajú tak, ako pevný zbytok v podobe škvary a popola. Odpad pre spaľovanie má niekoľko úžitkov na životné prostredie:

- nastáva redukcia objemu odpadu pre záverečné skládkovanie,
- získavanie energie z odpadu,
- redukcia emisií zo skládkovania odpadu.

V procese sa znovuzískava energia a produkuje sa elektrina a teplo. Po znovuzískaní kovov z trosky po spálení možno použiť trosku na výstavbu ciest. Alternatívne možno trosku po spálení umiestniť na skládke. Obrázok 4 poukazuje na najhlavnejšie miesta vzniku environmentálnych problémov v procese spaľovania.



Obr. 4. Schéma hlavných materiálových tokov v modelovej spaľovni.

7 ČINITELE PRE ŠTATISTICKÉ VÁŽENIE

Základ pre celkové hodnotenie tvoria zistené charakterizované vplyvy z predchádzajúcej kapitoly. K určeniu významnosti je potrebné použiť najprv výsledky normalizácie a potom pomerné zastúpenie jednotlivých vplyvov na jednotlivé zložky životného prostredia. Účinky rôznych kategórií nie je v zásade jednoduché priradiť. Na základe vážených účinkov je možné odhadnúť celkové environmentálne vplyvy. Hodnotiteľ môže prideliť činitele pre štatistické váženie environmentálnym vplyvom. Výber činiteľov pre štatistické váženie, ktoré sa použijú pre ukazovatele je v kompetencii expertov. Normalizáciou boli zistené vplyvy zhodnotené z hľadiska rozsahu pôsobnosti. Pre stanovenie preferencií bude najvyššia hodnota priradená globálnej pôsobnosti, to znamená, že bude považovaná za najvýznamnejšiu. Najnižšia hodnota bude priradená lokálnej pôsobnosti.

Na základe analýzy a posúdenia životného cyklu skládkovania a spaľovania TKO možno uviesť opatrenia, ktoré môžu viesť k zníženiu zistených negatívnych vplyvov na životné prostredie. V tabuľkách sa spracujú návrhy opatrení na znižovanie negatívnych environmentálnych vplyvov v životnom cykle procesov skládkovania a spaľovania TKO.

8 VYUŽITIE LCA V ROZHODOVACOM PROCESE

Aj keď základné princípy odpadového hospodárstva zostávajú nezmenené, každý deň sa vyvíjajú nové technológie na realizáciu týchto princípov. Tieto vyvinuté technológie sú čoraz komplikovanejšie a treba ich používať v súlade so zmenenými legislatívnymi, finančnými, ekonomickými a sociálnymi

aspektami. To si vyžaduje riadenie, aby sa prijímali správne rozhodnutia v pravý čas. Technické riadenie je potrebné na prevádzku celého systému, osobitne pokiaľ ide o procesy nakladania a zhodnocovania TKO, samozrejme spojené s finančným riadením [2]. Úlohou riadenia prevádzky systému odpadového hospodárstva je organizovanie trás zberu, harmonogram údržby a opráv zariadenia. Na to, aby celý systém zhodnocovania TKO úspešne fungoval, je potrebné analyzovať množstvo a zloženie odpadu v počiatočnom štádiu a vypravovať prognózy. Okrem toho je potrebné monitorovať procesy systému odpadového hospodárstva, jeho zhodnocovanie a kontinuálne merať emisie. Všetky tieto úlohy si okrem postavenia zariadenia a nákupu vybavenia vyžaduje monitorovací a kontrolný systém. Kým množstvo odpadu možno určiť na základe váženia všetkého množstva dodaného odpadu, zloženie odpadu by sa malo analyzovať každé dva roky [2].

9 LCA AKO HODNOTIACI NÁSTROJ

Širokospektrálnosť, ktorú metóda LCA poskytuje, a ktorou sa vyznačuje, neprináša v každom prípade len výhody, ale aj určitú ťažkopádnosť v niektorých špecifických prípadoch. Odborníci pracujúci v tejto oblasti vyvíjajú snahu, ako metódu LCA racionalizovať a prispôsobiť určitým podmienkam a požiadavkám. Mnohé súkromné spoločnosti aj štátne organizácie sa podieľajú na tvorbe databáz a rozvoji aplikačných softvérov. Medzi najznámejšie softvérové nástroje pre spracovanie LCA patrí GaBi (Nemecko), SimaPro (Holandsko), Umberto (Nemecko), Boustead Model (Veľká Británia). Špecializované LCA softwarové nástroje pre oblasť odpadového hospodárstva:

Správne rozhodovanie pri hospodárení s odpadom vyžaduje vedomosti o dopadoch na súčasnú a budúcu produkciu odpadu a separovaný zber. Produkcia tuhého odpadu je východiskovým bodom v rámci každého systému hospodárenia s odpadmi. Budúca produkcia odpadu vychádza z analýzy vzťahu medzi sociálno-ekonomickými podmienkami a pomerom produkcie odpadu. Budúci rast množstva odpadu je však ešte dôležitejší ako samotné množstvo TKO, pretože odhaduje dôležitý predpoklad na plánovanie primeranej kapacity systémov hospodárenia s odpadmi [2].

Použitie LCA pri identifikácii možností na zlepšenie environmentálnych aspektov výrobkov alebo procesov v rôznych momentoch ich životného cyklu môže vo výraznej miere pomôcť pri:

- prijímaní rozhodnutí vládnych a mimovládnych organizáciách, ktoré určujú smer a priority pri strategickom plánovaní odpadového hospodárstva,
- výbere dôležitých ukazovateľov environmentálneho správania organizácie vrátane techník jeho merania najmä v súvislosti s hodnotením stavu jej environmentálneho zlepšovania,
- výbere procesu pre danú lokalitu vzhľadom na požiadavky odpadového hospodárstva.

10 OBMEDZENIA METÓDY LCA

Všestranné použitie LCA sa na prvý pohľad zdá veľmi lákavé. Novým užívateľom môže LCA pripadať ako ten jediný a správny prostriedok, s ktorým je možné dosiahnuť vlastne „čokoľvek“ a vždy s ohľadom na životné prostredie. Mnoho ľudí preto pristupuje k LCA ako k ceste, vďaka ktorej je možné vytvoriť záväzný posudok všetkých sprevádzajúcich veličín nejakého produktu, služby alebo procesu. Výsledkom takejto predstavy sú potom tendencie využívať pri vývoji nových výrobných programov len metódy LCA. Avšak v samotnej podstate LCA sa skrýva určiť dvojakosť. Pretože LCA pracuje s údajmi týkajúcimi sa využívania zdrojov, množstva pevného odpadu a emisií znečisťujúcich látok, je možné vďaka nej predvídať všeobecné dôsledky pre životné prostredie (napríklad problém globálneho otepľovania spôsobovaného uvoľňovaním oxidu uhoľnatého behom celého životného cyklu). Metóda LCA však nie je schopná obsiahnuť konkrétne ekologické problémy. Jej použitím nemožno odhadnúť konkrétne dôsledky na životné prostredie v zmysle bezpečnosti, možných obtiažností alebo prekročenie stanovených noriem. Konečné množstvo pevného odpadu a splodín závisí na tom, kedy, kde a akým spôsobom sa dostávajú do životného prostredia. Je preto nutné siahnuť aj po iných postupoch. Z toho je zrejmé, že nie je možné obsiahnuť všetko iba za pomoci jedenej metódy a tak je možné vytvoriť komplexný a funkčný systém.

Tento príspevok bol realizovaný v rámci projektu VEGA 1/0453/08.

POUŽITÁ LITERATÚRA

[1] MURÁNSKY, J., BADIDA, M.: Trvalo udržateľný rozvoj v strojárstve, Vienala, Košice, 2000.
[2] DEN BOER, E., DEN BOER, J., JAGER, J. [Eds.]: Plánovanie a optimalizácia hospodárenia s odpadom. Príručka na vypracovanie prognózy komunálneho odpadu a hodnotenia udržateľnosti systémov hospodárenia s odpadom [online]. Ibidem-Verlag, Stuttgart, 2005 (Slovenská mutácia): [cit 2007-10-15]. Dostupné na internete: <http://www.iwar.bauing.tu/darmstadt.de/abft/Lcaiwm/Protected/downloads%20website/Final%20results/Handbook%20slovak.pdf/>
[3] GUINEÉ, J.B., GORRÉE, M., HEIJUNGS, R., HUPPES, G., KLEIN, R., DE KONING, A., VAN OERS, L., WEGENER SLEESWIJK, A., SUH, S., UDO DE HAES, H.A., DE BRUIJN, H. HUIJBREGTS, M.A.J., LINDEIJER, E., ROORDA, A.A.H., VAN DER VEN, B.L., WEIDEMA, B.P.: Handbook on Life Cycle Assessment, operational guide to the IOS standards, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2001.
[4] SCHWING, E.: Bewertang der Emissionen der kombination mechanisch-biologischer und thermischer Abfallbehandlungsverfahren in Südhessen, Disertation, Institut WAR, TUD Darmstadt, WAR- Schriftenreihe Bd. 111, Darmstadt.
[5] STN EN ISO 14 040 Environmentálne manažérstvo - Posudzovanie životného cyklu - Princípy a štruktúra, Slovenský normalizačný inštitút, 1999.
[6] STN EN ISO 14 041 Environmentálne manažérstvo - Posudzovanie životného cyklu - Definovanie cieľa a predmetu a inventarizačná analýza, Slovenský normalizačný inštitút, 1999
[7] CHOVANCOVÁ, J. - RUSKO, M: Spectrum of voluntary tools used in application of environmental policy. In: CO-MAT-TECH 2007:15th International Scientific Conference; 18-19th.Oct. 2007, Trnava, AlumniPress, p. 134-143. ISBN 978-80-8096-032-2.

ADRESA AUTOROV:

Ing. Jana VARGOVÁ, PhD., Katedra environmentalistiky a riadenia procesov, Strojnícka fakulta, Technická univerzita v Košiciach, Park Komenského 5 , 042 00 Košice, E-mail: jana.vargova@tuke.sk

Ing. Lucia RAJNIČOVÁ, Katedra energetickej techniky, Strojnícka fakulta, Technická univerzita v Košiciach, Vysokoškolská 4, 042 00 Košice, E-mail: lucia.rajnicova@tuke.sk

RECENZENT:

prof. Ing. Karol BALOG, PhD., Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovo-technologická fakulta Trnava, Ústav bezpečnostného a environmentálneho inžinierstva, Botanická 49, 917 01 Trnava, Slovenská republika, e-mail: karol.balog@stuba.sk