

Uređuje:
Ana ŠVOB



Stvari nisu uvijek onakve kakve nam se čine

Ekobilance, ekoprofil i LCA

O metodi procjene životnoga ciklusa, poznatijom pod kraticom LCA (e. *life cycle assessment*), pisano je u ovoj rubrici u svezi s cjelovitim sustavom gospodarenja otpadom.¹ Ta metoda (u angloameričkoj literaturi zvana tehnikom), koja analizira materijale, energiju, emisije i otpad proizvoda ili postupka tijekom cijeloga životnoga ciklusa, tj. od kolijevke do groba (e. *from cradle to grave*), nastala je kasnih šezdesetih u Americi iz radova s područja globalnoga modeliranja i procjene energije. Do sredine devedesetih metoda se proširila i na druga područja, posebice na područje plastike, detergenata, osobnih proizvoda, ambalaže i vozila, a sve češće i na gospodarenje otpadom.^{2,3}

I ISO, Međunarodna organizacija za normaciju, (*International Organisation for Standardization*) posvetila je pozornost toj problematici i do sada izdala nekoliko normi niza ISO 14000 – *Upravljanje okolišem*.⁴

To su:

ISO 14040: *Upravljanje okolišem – LCA: načela i smjernice* (ISO, 1997)

ISO 14041: *Upravljanje okolišem - LCA: cilj i obuhvat životnoga ciklusa* (ISO, 1998)

ISO 14042: *Upravljanje okolišem – LCA: procjena utjecaja životnoga ciklusa* (ISO/FDIS, 1999)

ISO 14043: *Upravljanje okolišem - LCA: interpretacija životnoga ciklusa* (ISO/FDIS, 1999).⁵

APME, udruga proizvođača plastike u Europi (*Association of Plastics Manufacturers in Europe*) izradila je početkom 2000. ekoprofile deset glavnih skupina polimera, potrebne za izradbu LCA.⁵ Oni daju ekološke podatke za cijeli životni tijek tih polimera, od pridobivanja sirovina, proizvodnje, distribucije i uporabe, do odlaganja konačnoga proizvoda. (Podatci se mogu naći na internetskoj stranici <http://lca.apme.org>).

Godine 2003. *RAPRA Technology Ltd.* izdala je knjigu autora T. J. O'Neilla pod nazivom *Life Cycle Assessment and Envi-*

ronmental Impact of Polymeric Products (s 400 referenci), koja obrađuje održivost proizvoda, politiku integriranoga proizvoda Europske unije, utjecaje na okoliš pojedinih polimera i njihove ekoprofile, posebice PVC-a.⁶

Često se uspoređuju proizvodi izrađeni od različitih materijala. Najčešće su to usporedbe plastičnih materijala s tzv. klasičnim materijalima, da se ustanovi koji je *zeleniji*, a rezultati iz raznih izvora mogu biti i različiti.

Njemačka savezna agencija za okoliš ustanovila je da su povratne PET boce nešto malo *ekološkije* (što će reći – *prijateljskije, dakle pogodnije* za okoliš), nego li povratne staklene boce, premda se PET boce vraćaju i pune prosječno samo 15 puta, a staklene oko 50 puta. Studija je ustanovila da je i složena ambalaža za piće (tetrapak) jednako okolišno pogodna kao i povratne boce, zbog svoga visokoga stupnja uporabe u Njemačkoj, gdje se 1998. uporabilo i 68 % limenki za napitke.⁶

Austrijska studija utjecaja na okoliš staklenih i PET boca, povratnih i nepovratnih, načinjena za grad Beč, ocjenjivala je njihov utjecaj ocjenama od 1 do 5 (najmanji i najveći utjecaj na okoliš). Rezultat je nešto drugačiji od njemačke studije: povratne staklene boce nešto su bolji ambalažni materijal od povratnih PET boca. Naime, povratne su staklene boce dobile ocjenu 1,4; povratne PET boce 1,5; jednokratne PET boce 2,2; a nepovratne staklene boce 4,3.⁷

Nameću se neka pitanja:

1. Zašto su u nas gotovo sve boce, i staklene i PET, jednokratne?
2. Je li itko izradio LCA za te boce?
3. Ako jest, zašto s rezultatima ne upozna javnost?

Ekobilance se izrađuju i za vrlo neobične proizvode i radnje, pa su tako stručnjaci iz Oxforda ispitivali jesu li *ekološkiji* papirnati ručnici ili sušilo za ruke.⁸ Za usporedbu pretpostavka je bila da se poslije svakoga pranja ruku rabe dva lista papira za brisanje ili topli zrak za sušenje ruku u trajanju 30 sekunda. Ispitivanje je pokazalo da je sušilo bolje jer

uzrokuje manje globalno zagrijavanje, zakiseljavanje, ekotoksičnost, nutrifikaciju, nestajanje ozona i fotokemijski smog. Tijekom svoga životnoga ciklusa sušilo proizvede 1,6 tona CO₂ (ekivalent vožnji automobilom 5 100 km), a papir proizvede 4,7 tona CO₂ (kao vožnja autom 14 500 km).

Kad smo kod vožnje automobilom, spomenimo i dvije studije u svezi s njima. Jedna je američka studija pokazala da reciklirana plastika pruža ekološki i ekonomski prihvatljivu alternativu čeličnim ili drvenim branicima na autocestama⁹, a njemačka je savezna agencija za okoliš izvijestila o rezultatima LCA studije za otpadno ulje. Razmatrane su četiri mogućnosti: spaljivanje ulja u proizvodnji cementne opeke, preradba u osnovni materijal za maziva, preradba u ulje za grijanje te tlačno otplinjavanje i sinteza metanola. Nijedna mogućnost nije pokazala izrazitu ekološku prednost, tj. ne postoji najbolji način zbrinjavanja otpadnoga ulja. Uzgred rečeno, u Njemačkoj se godišnje preradi oko 65 % od 500 000 tona otpadnoga ulja.⁶

Neki od spomenutih primjera djeluju možda nekome i neozbiljno, ali neke ekobilance daju upozoravajuće rezultate, što pokazuje sljedeći primjer. Radi se, naime, o cijenama (tablica 1) i uštedi energije (slika 1) prozora izrađenih od različitih materijala.¹⁰

Osim navedenih prednosti PVC prozora, odnosno okvira, postoji još jedna: moguće je njihovo samočišćenje. Predložak za to otkriće i opet je bila priroda. Naime, površina listova biljke lotos tako je strukturirana da se na nju ne mogu lijepiti nečistoće. Taj su učinak uspjeli znanstvenici Sveučilišta u Bonnu prenijeti na keramiku, staklo, plastične materijale, pa i PVC. Drugome načinu samočišćenja prozora pomaže fotokataliza: površina se prozorskih okvira iz PVC-a prevuče sitnim česticama poluvodiča titanovoga dioksida, udjel UV-a sunčanih zraka uzrokuje kemijsku reakciju pri kojoj titanov dioksid oksidira čestice nečistoće i odvaja ih od površine. Sloj istodobno djeluje na dobro razdjeljivanje vode koja pritom tvori tanak film, pa se nečistoće pri kiši i povećanoj vlazi lakše operu.¹²

a U svezi s upravljanjem okolišem valja spomenuti da je 11. listopada 2004. započeo s radom prvi, međunarodni, interdisciplinarni poslijediplomski studij o upravljanju okolišem u Republici Hrvatskoj i regiji.

^b Knjiga se može naručiti preko e-pošte: publications@rapra.net (cijena 80 funta + 5 funta poštarina).

TABLICA 1. Troškovi prozora tijekom životnoga ciklusa, €¹¹

	Standardni prozori			Optimirani PVC prozori s tzv. high-tech staklom
	PVC	Drvo	Aluminij	
Troškovi nabave	281	327	476	455
Troškovi ugradnje	25	29	42	40
Troškovi održavanja* **	0	277	0	0
Troškovi zbrinjavanja**	4	3	3	4
Ukupni troškovi	310	636	521	499

* ovisno o trajanju uporabe, uzeto 40 godina
 ** kamate računate na dan nabave



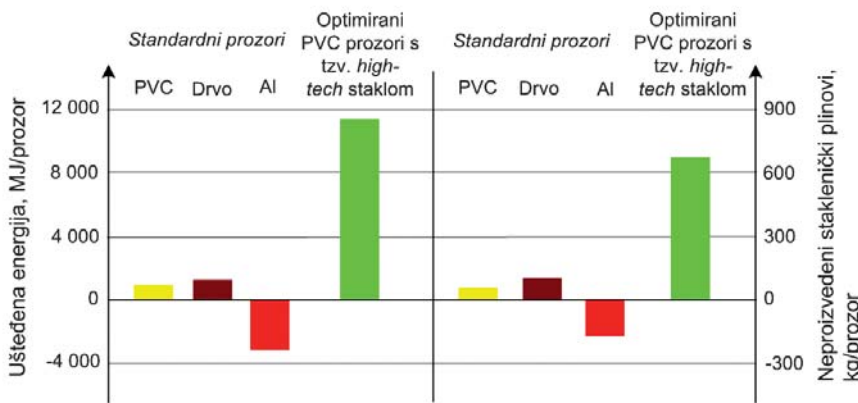
Biti ili ne biti recikliran, pitanje je sad!

SLIKA 2. Biti ili ne biti recikliran?

laka, ali i da svaki scenarij ima izvjestan utjecaj na okoliš. Studiju je izradila Njemačka savezna agencija za okoliš, a surađivali su stručnjaci iz industrije, šumarstva, ekoloških udruga i dr.² Proučavano je šest scenarija uporabe papira s različitim stupnjevima uporabe te pritom promatrani njihovi utjecaji na globalno zagrijavanje (a), eutrofikaciju voda (b) i uporabu zemljišta (c). Umjesto zaključka o LCA studijama navodimo zaključak ekspertnoga tima stručnjaka ACCPE-a (Advisory Committee on Consumer Products and the Environment) u izvješću Towards Sustainable Products koji glasi: za sve proizvode treba procijeniti utjecaj na okoliš.^{15, c}

Koja je energija zelenija?

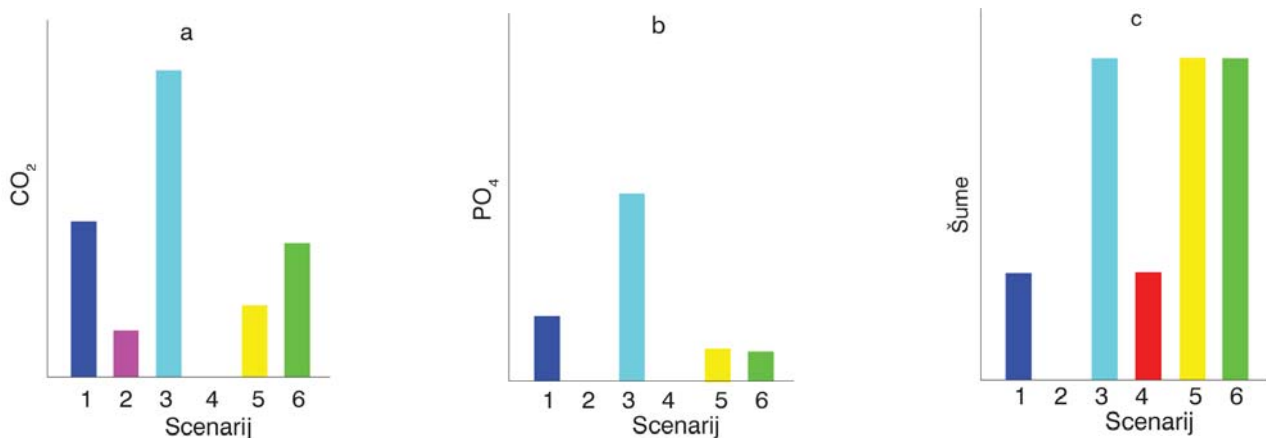
Od 1860. do 1990. povećao se broj ljudi na Zemlji pet puta, a u istome razdoblju potrošnja energije 60 puta. Od nje se polovica troši na transport, koji u samo šest tjedana potroši energije koliko je prije 50 godina dostajalo za ukupnu svjetsku godišnju energetske potrebu.¹⁶ Većina se energetske potrebe još uvijek podmiruje energentima fo-



SLIKA 1. Ušteda energije po prozoru tijekom životnoga ciklusa¹¹

Hamletovsko pitanje današnjice, posebice za ambalažu, glasi: *Biti ili ne biti recikliran?* (slika 2)¹³ Odgovor je potvrđan, tek je pitanje koliko puta? Ili, kako je profesor Clift postavio pitanje: Koliko života?¹⁴ E, pa i tu pomaže LCA. No, općenito vrijedi pravilo:

ako uporaba troši više *resursa* (omiljena riječ našega Predsjednika) i stvara više štetnih utjecaja nego li nov materijal ili proizvod, tada ju ne treba provoditi. Scenariji uporabe papira prikazani na slici 3 pokazuju da odluka o stupnju uporabe nije



SLIKA 3. Mogući scenariji uporabe papira: 1 – stupanj uporabe 72 % (status quo 1996), 2 – stupanj uporabe 80 % (drvo odbačeno), 3 – stupanj uporabe 60 % (papir odložen), 4 – stupanj uporabe 80 % (drvo iskorišteno u energetske kogeneracijskom procesu), 5 – stupanj uporabe 60 % (papir iskorišten u energetske kogeneracijskom procesu), 6 – stupanj uporabe 60 % (spaljivanje papira)

^c Kopija publikacije *Towards Sustainable products* može se dobiti na: www.defra.gov.uk/environment/consumerprod/accpe/susprodstrategy/index.htm

silnoga porijekla. Sve je ovo manje više poznato, no, manje je poznato da je nastajanje fosilnih goriva bio vrlo neučinkovit proces, kako je izračunao Jeffrey Dukes sa Sveučilišta Utah, SAD.¹⁷

Od fotosinteze (uz pomoć sunčeve energije) do spaljivanja/izgaranja današnjega ugljena ili nafte bio je dug put. Biljke su najprije fotosintezom ugljični dioksid i vodu iz atmosfere odnosno iz tla, uz pomoć svjetlosne energije i klorofila pretvorile u organsku tvar (biomikalije), a kada su umrle pretvorile su tu tvar pod određenim uvjetima topline, tlaka i vremena najprije u treset, pa lignit i konačno u ugljen. Morski planktoni su se pod sličnim uvjetima pretvorili u plin i naftu. Svi ti stupnjevi pretvorbe imali su gubitke energije, a daljnji su se gubitci događali (pribrajali) pri vađenju, preradbi i potrošnji fosilnih goriva. Rezultat: manje od 10 % sadržaja ugljika biljke pretvoreno je u ugljen, a djelotvornost stvaranja nafte i plina iz planktona je manja od 0,01 %. To znači da je za 1 US galon (3,8 litara) motornoga benzina trebalo 89 tona ishodne biljne tvari, a za energiju potrošenu 1997. trebalo je 44 Eg (eksa grama, tj. 44 10¹⁸ grama) ugljika proizvedenoga fotosintezom. To je 422-godišnja primarna proizvodnja sadašnjega živoga svijeta (*biote*) na Zemlji. Uz pretpostavku da je djelotvornost procesa fotosinteze 1,7 %, a biljni materijal sadrži 45 % ugljika, količina sunčeve energije potrebne za taj rast vegetacije iznosila je 120 10²⁴ J ili 36 puta sunčana energija koja svake godine dopre na zemlju. (Dozračena sunčana energija na Zemlju iznosi 3 10²⁴ J/god.)

Uspirkos njihovoj solarnoj nedjelotvornosti (tablica 2) fosilna goriva nastala posljednjih 500-tinjak milijuna godina dala su dovoljno energije da se rastuća ljudska populacija snabdijeva jeftinom energijom u zadnjih 250 godina.

No, tim se energentima nazire kraj, pa se sve više razmatraju zamjenska goriva. Među njima se mnogo očekuje od vodika, a pri njegovu spominjanju zaštitarima se okoliša zasvijetle oči, piše R. Schneider.¹⁸ No, potkraj

2003. upozorili su stručnjaci tvrtke *Caltec Jet Propulsion Laboratory*, Pasadena (SAD), da bi se masovnom uporabom vodika mogli dogoditi poremećaji klime. Zašto? Oko 10 do 20 % vodika (oko 120 tona godišnje) može pri proizvodnji, transportu i skladištenju *pobjeći u okolicu* gdje bi mogao poremetiti ravnotežu u višim slojevima Zemljine atmosfere. U stratosferi će se dio vodika oksidirati u vodenu paru, povećat će se količina oblaka, a na hladnijoj sjevernoj polutici bi se neaktivni spojevi klora i broma mogli pretvoriti u spojeve koji oštećuju ozonski omotač. Osim toga, dobivanje vodika elektrolizom vode troši mnogo energije, a dobiva li se ona iz fosilnih goriva, nastaju staklenički plinovi. Zato za dobivanje vodika treba koristiti energiju sunca, vjetra, vode, geotermalnu ili nuklearnu, pa je onda vodik ipak *zeleni* energent, smatraju stručnjaci *Max-Planck Instituta* u Hamburgu. Naime, 20 % emisija CO₂ potječe iz prometa, pa ako se automobili preorijentiraju na vodik, bit će manje toga stakleničkoga plina u atmosferi i usporit će se zatopljenje, a smanjit će se i emisije ugljičnoga monoksida i dušičnih oksida. Ali ima i tu jedna *kvaka*; naime, automobili s vodikom ne razvijaju uopće dušikove okside, što je dobro za zrak, ali loše za klimu, jer oni pomažu razgradnju stakleničkoga plina metana, pa će on dulje ostajati u atmosferi i pojačavati staklenički efekt. I još nešto: mnoge gorive čelije koje se sada razvijaju u industriji voze na zemni plin iz kojega se dobiva vodik, a pritom također nastaje CO₂. Ukratko: nema koristi bez štete, sve je kompromis.

A spaljivanje otpada za dobivanje energije? Zaštitari okoliša imaju puno primjedaba na taj način zbrinjavanja otpada, ali i takvoga dobivanja energije (dioksini, pepeo, furani itd. – pisano je nedavno u ovoj rubrici), ali to je ipak sve izglednije. Naime, kako je u EU od svibnja 2005. zabranjeno odlaganje neobrađenoga otpada, trebat će naći druga rješenja. Neka se i nalaze: evo nekoliko *svježih* primjera.

U blizini Berlina nalazi se postrojenje kapaciteta 160 000 t/god. za mehaničko-fizikalno sta-

biliziranje otpada, kojemu se najprije odstrani voda, zatim se razvrstava i usitnjava. Što se ne može ponovno iskoristiti (vrjednovati) preša se s melasom (nusproizvod proizvodnje šećera) u granule, koje služe u industriji kao zamjensko gorivo za loživo ulje ili ugljen. Tako se može iskoristiti oko 93 % kućnoga otpada, a samo mali dio treba odlagati.¹⁹

Drugi primjer je proces *KDV* dr. Christiana Kocha, koji je uspio proces nastajanja dizelskoga goriva skratiti od 400-tinjak milijuna godina na nekoliko sati. Sirovina je sve što sadrži ugljikovodike. U početku su to bili plastični materijali, a sada i automobilski pneumatici, staro ulje, pokvarene namirnice s kružnih putovanja, rafinerijski ostaci kao bitumen ili katran, ali i muljevi iz obradbe otpadnih voda. Sve se te sirovine usitnjavaju i dvostrukom pužnicom tlače u reaktor, u kojem se pri 300 °C miješaju dvostupnjevitom turbinom s 2 900 min⁻¹ uz dodatak posebnoga katalizatora na osnovi aluminosilikata, patentom autora. Rezultat je samo dizelsko gorivo 280 i ništa drugo, osim eventualno malo neopasnoga taloga ako je sirovina biljnoga porijekla. No, katalizator ima dosta neugodan miris. (Nema postupka zbrinjavanja otpada bez problema.) Postrojenje za dobivanje dizelskoga goriva na opisani način, kapaciteta 500 L/h, proradilo je nedavno u Meksiku, a za postupak se zanimaju Japan i Francuska. Cijena takvoga goriva iznosi 0,20 €/L. Tehničari iz Giessena proizvode pak sirovu naftu iz mulja nastaloga u uređaju za obradbu otpadnih voda, i to niskotemperaturnom konverzijom (400 °C) bez prisutnosti zraka. Iz 1 tone mulja nastaje oko 250 litara nafte, što uz 3 milijuna tona takvoga mulja i milijun tona životinjskoga brašna što nastaju svake godine u Njemačkoj može dati sasvim lijepu količinu goriva.²⁰

LITERATURA

- Švob, A.: *Cjeloviti sustav gospodarenja otpadom*, Polimeri 18(1997)1-2, 83-88.
- N. N.: *Waste management hierarchy: using LCA for the right answer*, Warmer Bull. (2000)70, 22.
- N. N.: *International experts study LCA for IWM*, Warmer Bull. (2003)91, 12.
- Warmer Bull. Information Sheet, (2000), 71.
- Warmer Bull. (2000)72, 9.
- Warmer Bull. (2000)75, 23.
- Warmer Bull. (1999)68, 21.
- Warmer Bull. (2002)82, 13.
- Warmer Bull. (2001)77, 20.
- Starke Seiten, Mensch, Welt und PVC, Januar 2003.
- Spindler, E.-J.: *Integration der monetären Kosten in Ökobilanzen*, in: *Umweltwissenschaften und Schadstoff-Forschung*, Ausgabe (1999)5, 299-302.
- Starke Seite, Mensch, Welt und PVC, Juni 2004
- Warmer Bull. (1993)39, 15.
- Clift, R.: *How many lives*, Material World, (2004)6, 23.
- Warmer Bull. (2003)92, 19.
- Tehnički muzej u Münchenu
- Dukes, J. S.: *Burning buried sunshine: human consumption of ancient solar energy*, Climatic Change (2003)61, 31-44.
- Schneider, R.: *Wasserstoff ja – aber nur mit der Sonne*, VDI (2003)49.
- N. N.: *Brennstoff aus Hausmüll*, VDI, (2004)29.
- Schilling, J.: *Müll mit verborgenen Qualitäten*, VDI, (2004)29.

TABLICA 2. Elektricitet nastao iz 1 kJ solarne energije¹⁷

Tehnika hvatanja / gorivo	Djelotvornost			Vrijeme skladištenja, god.	Stvoreno, J
	Uhvaćena energija	Sinteza goriva	Stvaranje elektriciteta		
Solarna	0,15	1	1	0	150
Fotosinteza / biomasa	0,024	1	0,21	~ 1	5
Fotosinteza / ugljen	0,024	0,089	0,38	> 10 ⁷	0,81
Fotosinteza / plin	0,024	84 × 10 ⁻⁶	0,42	> 10 ⁷	0,85 × 10 ⁻³
Fotosinteza / nafta	0,024	93 × 10 ⁻⁶	0,42	> 10 ⁷	0,94 × 10 ⁻³