

# INTEGRALNI OPIS SVETIL IN SVETLOBNIH VIROV

## INTEGRAL LIGHTING PARAMETRIZATION

**dr. Katja Malovrh Rebec, univ. dipl. inž. arh.**

katja.malovrh@zag.si

Laboratorij za toplotno zaščito in akustiko

Zavod za gradbeništvo Slovenije

Dimičeva ulica 12, SI 1000 Ljubljana

**izr. prof. dr. Marta Klanjšek Gunde, univ. dipl. fiz.**

marta.k.gunde@KI.si

Laboratorij za elektrokemijo materialov,

Kemijski inštitut

Hajdrihova 19, 1000 Ljubljana, Slovenija

**Friderik Knez, univ. dipl. fiz.**

friderik.knez@zag.si

Laboratorij za toplotno zaščito in akustiko

Zavod za gradbeništvo Slovenije

Dimičeva ulica 12, SI 1000 Ljubljana

**Znanstveni članek**

UDK 502: 628.94

**Povzetek** | Celostno vrednotenje svetilk in svetlobnih virov upošteva tako svetlobnotehnične kot tudi fotobiološke ter okoljske učinke, ki jih povzročajo tovrstni proizvodi. Fotobiološko vrednotenje počasi dobiva jasnejše oblike, saj so raziskave v zadnjem času ponudile ustrezne parametre za njihovo vrednotenje. Premiki pa se dogajajo tudi na okoljskem področju in glede trajnostnosti rabe svetilk in virov. Okoljske deklaracije produktov (EPD – *Environmental Product Declaration*), ki opisujejo vplive proizvodov na okolje, so namenjene predvsem komunikaciji med podjetji (B2B – *business-to-business*). Skladne so s standardom ISO 14025. Pri razsvetljavi se srečamo z ožjo temo, in sicer trajnostnostjo gradnje in gradbenih proizvodov. Pri tem se ne sprašujemo le, kakšna je raba energije v času uporabe proizvoda, temveč tudi, koliko energije je v proizvod vgrajene v času nastajanja ter kaj se zgodi, ko proizvod zavržemo. Deklaracija EPD torej temelji na oceni celotnega življenjskega cikla ali LCA-analizi (Life Cycle Assessment). Pripravili smo podrobnejšo analizo in interpretacijo 5 primerov EPD-jev svetil različnih proizvajalcev. V nekatera svetila so vgrajeni LED-viri (Philips, Zumtobel), v druga pa kompaktne fluorescenčne sijalke CFL (Thorn) ali metalhalogenidni viri (We-Ef Leuchten), obravnavamo tudi primer za predstikalno napravo (Tridonic). Primerljivost rezultatov ostaja velik izziv.

Ključne besede: okoljska deklaracija produktov, EPD, okoljska komunikacija, Eco-design, okoljsko upravljanje, analiza življenjskega cikla, ISO 14025, ILCD, okoljski odtis proizvodov, PEF

**Summary** | Holistic evaluation of lamps and light sources should include the lighting engineering parameters, as well as parameters evaluating photobiological effects and environmental impacts. Photobiological effects are currently the target of many research efforts, based on which recently some parameters for their evaluation have been suggested. Moreover, in the field of the environment and the sustainability of the use of lamps and resources constant progress is present. The Environmental Product Declaration (EPD), which describes the environmental impacts of products, is intended mainly to

the business-to-business (B2B) communication. It complies with ISO 14025 standard. But merely energy consumption during the use of a product is not sufficient for environmentally aware investors. They and their customers want to know how much energy is built into the product in the production phase and what happens when the product is discarded. The EPD declaration is based on an assessment of the full life-cycle or LCA (Life Cycle Assessment). We have prepared a detailed analysis and interpretation of 5 cases of lamps' EPSs of different manufacturers. In some lamps there are LED sources installed (Philips, Zumtobel) in others compact fluorescent lamps (Thorn) or metal halide sources (We-Ef Leuchten); there is also an example of ballast (Tridonic). A major challenge remains the comparability of results.

Keywords: environmental product declaration, EPD, Environmental communication, Eco-design, Environmental management, Life cycle assessment, ISO 14025, ILCD, Product Environmental Footprint, PEF

## 1 • UVOD

Kakovost, izplen, dolgoročnost in podobne parametre izdelkov vedno poskušamo izluščiti s pomočjo primerjav, ki opisujejo njihove tehnične in druge lastnosti. Tudi svetlobne vire in svetilke primerjamo med seboj in na podlagi zaključkov izbiramo nadaljnje odločitve. Pogosto so najpomembnejše tehnične lastnosti, med njimi je pomemben podatek učinkovitost oz. svetlobni izkoristek. Podajamo ga v lm/W, torej koliko svetlobe (lm) lahko dobimo za določeno vloženo električno energijo (W). Ob tem pa z vidika uporabnika, pa tudi z vidika zakonodaje, ne moremo zanemariti drugih vidikov razsvetljave, recimo tipa svetlobe (hladna, srednja ali topla bela svetloba), kjer si pomagamo z najpodobnejšo barvno temperaturo (Correlated Color Temperature – CCT), ki jo podajamo v kelvinih (K). Zanima nas tudi, kako dobro bomo videli barve, za kar se uporablja indeks barvnega videza svetlobe Ra ali CRI (Color Rendering Index). Z uporabo CCT

poskušamo popisati tudi druge učinke svetlobe na počutje uporabnika (Hoof, 2009), na primer cirtopsko zaznavo (ki vpliva na tvorbo melatonina), kljub temu da je neslikovna zaznava svetlobe osnovana na drugih fotoreceptorjih, torej na drugih akcijskih krivuljah kot slikovna zaznava ((Malovrh Rebec, 2014a), (Malovrh Rebec, 2013)). Cirtopska zaznava sloni na podatkih, ki jih zajemajo ganglijske celice, občutljive za svetlobo, slikovna zaznava pa na podatkih, ki jih zajemajo čepki in palčke (fotopski in skotopski vid). Skokovit razvoj pa ne velja le za sodobne svetlobne vire in svetilke, zahtevnejši postajajo tudi uporabniki in investitorji. Proizvajalcev in projektantov ne sprašujejo več samo, kakšen bo celosten učinek vgrajene razsvetljave na uporabnike, temveč tudi, kakšen bo učinek izbranih virov in svetilk na okolje. To je po drugi strani postala tudi priložnost za proizvajalce, da ovrednotijo in uporabijo svoje prednosti pred konkurenco.

Vedno bolj uveljavljen sistem za vrednotenje vpliva proizvodov na okolje, družbo ter njegov ekonomski učinek postaja metoda ocene življenjskega cikla ali LCA (Life Cycle Assessment) (Guinee, 2002). Pri tej analizi ovrednotimo posamezne faze v času življenjske dobe: proizvodnja, vgradnja, raba, konec življenjske dobe oziroma razgradnja. Upoštevamo bodisi celoten bodisi delen življenjski cikel, kar imenujemo časovne meje sistema (Vogtländer, 2012).

V študiji, kjer so primerjali podatke za celotni življenjski cikel kompaktnih fluorescenčnih sijalk (compact fluorescent lamps – CFL) z življenjskim ciklom žarnic na žarilno nitko, smo preverili trditve, ali CFL, kljub bistveno manjši rabi električne energije, v celotnem življenjskem ciklu povzročijo več škode okolju kot žarnice na žarilno nitko. Študija je to trditev ovrgla; posebna pozornost je bila posvečena dejstvu, da CFL vsebujejo živo srebro, kar naj bi bila ena najpomembnejših slabosti te tehnologije (Ramroth, 2008). Ta študija služi za pomemben zgled, kako celostno obravnavati koristi in slabosti posameznih tehnologij v svetlobni tehniki.

v modrem delu spektra. Tak način vrednotenja ne ustreza korektni obravnavi, ki zahteva akcijskih spektre dejanskih učinkov.

### 2.2 Neslikovni učinki svetlobe na človeka

Če bi v klasičen opis svetilk in svetlobnih virov vključili vrednosti za cirtopsko aktivnost svetilk in nevarnost modre svetlobe (fotobiološka parametra za opis neslikovne zaznave svetlobe), bi lahko uporabili parametra  $\eta_C$  in  $\eta_B$  (Bizjak, 2012). Prvi podaja delež svetlobe izbranega vira, ki povzroča cirtopsko aktivnost, drugi pa izdatnost nevarne modre svetlobe. Oba parametra sta relativni količini, saj pomenita,

## 2 • PARAMETRIZACIJA SVETILK

### 2.1 Fotometrični podatki

Zelo klasičen opis svetilk, zahtevan tudi v EPD-jih, vsebuje podatke o dimenzijah svetilke, svetlobni energiji, svetlobnem toku, svetilnosti, svetlosti, osvetljenosti, svetlobnem izkoristku, bleščanju in porazdelitvi svetlobe (IBU, 2014). Žal v teh osnovnih podatkih ni zahtevana na primer opredelitev barvnega videza svetlobe (CCT), čeprav se ta podatek na produktih (zaradi povpraševanja kupcev) vedno pogo-

steje pojavlja. Tudi kakovost reprodukcije barve (Ra oz. CRI) ni vedno podana ali pa je podana po metodi s samo 8 testnimi barvnimi vzorci. Neslikovni oziroma fotobiološki učinki (cirtopska aktivnost in nevarnost modre svetlobe) pa so v fazi uvajanja v svetlobno tehniko, kljub temu da uporabniki iščejo takšne informacije. Najpogosteje se za zdaj zatekamo k pojasnilom s pomočjo CCT-ja, ker ta parameter posredno pove nekaj o deležu fotonov

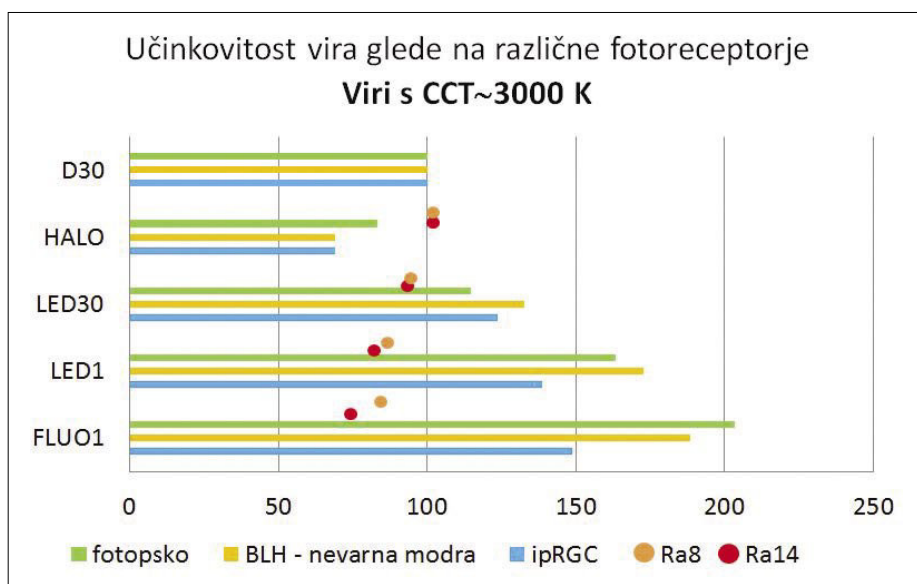
kolikšen delež svetlobe je odgovoren za izbrani fotobiološki učinek. Vrednosti  $\eta_c$  lahko segajo od 0,04 (natrijeva sijalka) do 0,38 (vir LED, CCT 6240 K), (Malovrh Rebec, 2014b). Med posameznimi vzorci iste vrste svetlobnih virov prihaja do precejšnjih razlik, v povprečju pa so vrednosti  $\eta_c$  pri LED-virih za skoraj 10 % nižje kot pri CFL-virih pri enakem tipu bele svetlobe (enak CCT). Morda bi bilo smiselno fotobiološke učinke svetlobnih virov podajati kot primerjavo z dnevnimi svetlobami pri istem CCT (torej za svetlobo podobnega videza). Pri topli beli svetlobi halogenski viri dosežejo 82 % vrednosti  $\eta_c$  za dnevno svetlobo, vir CFL 152 %, vir LED pa 137 %. V skupini srednje bele svetlobe živosrebrov vir doseže 121 % vrednosti  $\eta_c$  dnevne svetlobe, vir LED 131 %, vir CFL 139 %, metalhalogenidni vir pa 143 %. V skupini hladne bele svetlobe vzorec LED doseže 137 %  $\eta_c$  dnevne svetlobe, vir CFL pa 123 % (Malovrh Rebec, 2014b). Ti rezultati kažejo, da je učinek virov CFL in LED na cirtopsko zaznavo na splošno večji od učinka, ki ga povzroča dnevna svetloba pri enaki osvetljenosti, učinek halogenskih virov pa je nekoliko manjši (Malovrh Rebec, 2014b). Po podobnem principu se vrednoti tudi nevarna modra svetloba. Fotobiološke učinke lahko predstavimo tudi grafično (glej sliko 1).

### 2.3 Tehnična kompatibilnost in varnost

Oznaka CE (*Conformité Européene* ali evropska skladnost) se navaja na proizvodih, katerih proizvajalec izjavlja, da ta proizvod izpolnjuje bistvene zahteve za varnost, zdravje in varovanje okolja, ki jih določa evropska regulativa.

Certifikat RoHS izvira iz direktive za zmanjševanje vpliva odpadne električne in elektronske opreme na okolje z omejevanjem uporabe nekaterih nevarnih snovi. Pri tem se ohranjata čistost okolja in zdravje ljudi. Konkretno gre za zmanjševanje količine štirih težkih kovin in dveh brominiranih zaviralcev ognja, ki jih izdelki lahko vsebujejo (svinec, živo srebro, kadmij, šestvalentni krom ter polibromirane bifenile ali polibromirane difeniletre).

ENEC (European Norm Electrical Certification) je prostovoljni, neobvezni znak, ki temelji na predpostavki, da regulativa pomanjkljivo naslavlja električno varnost izdelkov. Uporablja se predvsem za gospodinjske aparate, za električne svetilke in pribor za svetilke (npr. dušilke, kovni, starterji ...), v zadnjem času pa tudi za stikala za aparate, varnostne ločilne transformatorje in naprave informacijske tehnologije. To pomeni, da je naprava izdelana



Slika 1 • Grafična predstavitev fotobioloških učinkov za različne vire pri CCT = 3000 K; vrednosti so podane relativno na dnevno svetlobo enako CCT. Predstavljene so učinkovitosti za fotopsko zaznavo, nevarno modro svetlobo, in cirtopsko zaznavo. Podane so tudi vrednosti za kakovost reprodukcije barve, vrednoteno z Ra za 8 (Ra8) in za 14 vzorcev (Ra14)

tudi v skladu z zahtevami evropske nizkonapetostne direktive – Low Voltage Directive (LVD). Proizvajalci, ki ga pridobijo, poudarijo predanost visokim standardom za varnost svojih produktov.

### 2.4 Energijske nalepke

Energijske nalepke pomagajo kupcem izbrati izdelke, ki porabijo manj energije. Oznake so lahko tudi spodbuda za podjetja, da razvijajo in vlagajo v energijsko učinkovito načrtovanje izdelkov. Energijske nalepke so obvezne za vse naprave, ki se prodajajo v EU in za katere nalepka obstaja, skladno z Direktivo 2010/30/EU o označevanju in podatkih o izdelkih v zvezi s porabo energije. Med izdelke z obvezno nalepko spadajo tudi svetilke in svetlobni viri (glej sliko 2). Te nalepke kažejo, v kateri energijski razred od A do G se uvršča naprava glede na porabo energije. Oznaka A (zeleno) pomeni največjo energijsko učinkovitost, oznaka G (rdeča) pa najmanjšo. Kadar se večina naprav določenega tipa uvrsti v razred A, se lahko lestvici dodajo še trije nadaljnji razredi: A+, A++ in A+++ (Energijske nalepke, 2014).

### 2.5 Okoljske oznake

Pojavlja se vedno več različnih oznak proizvodov, ki naj bi vodile potrošnike do energijsko varčnih, okoljsko ozaveščenih odločitev. Pri svetilkah je najbolj razširjena oznaka Energy

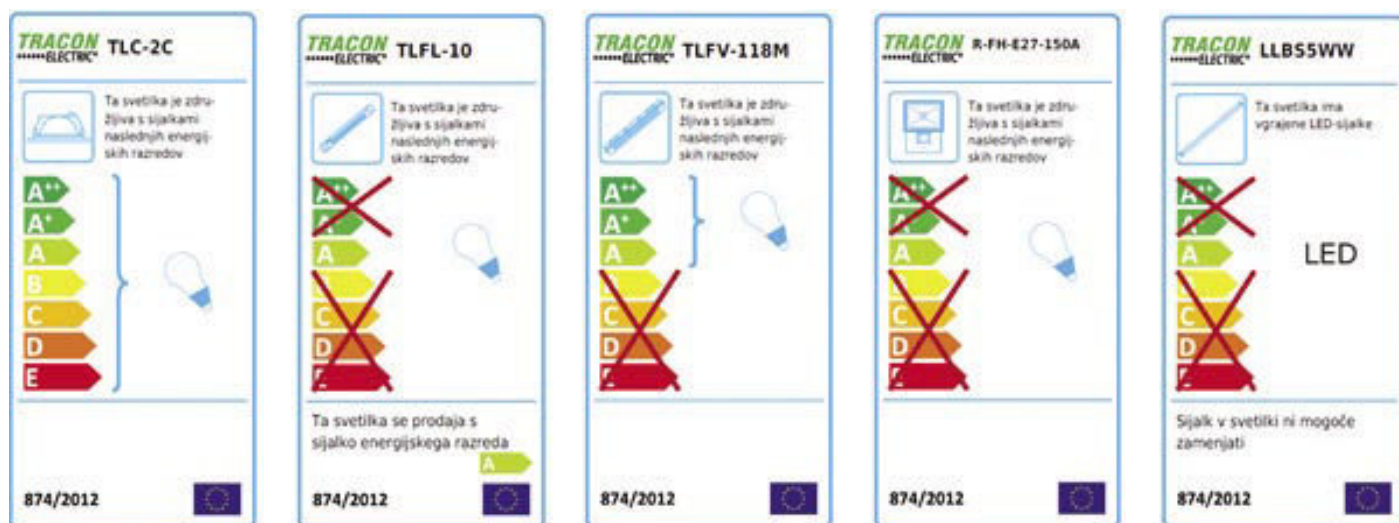
Star: če proizvod dosega določene kriterije, lahko pridobi ta certifikat/nalepko.

V zadnjem času je postalo izziv poenotenje ali vsaj primerjava več sto okoljskih nalepk, ki se pojavljajo v svetovnem merilu. Samo za toplogredne pline (GHG → GreenHouse Gas) obstaja nad 80 metod poročanja in pobud. Zato se večina ljudi upravičeno sprašuje, kaj je sploh »zeleno«, kako dokažem okoljsko ozaveščenost podjetja ali produktov, ki jih zastopam, če izberem en pristop; ali bo ta prepoznan v vseh okoljih, ali bi morali okoljsko ozaveščenost dokazovati različnim partnerjem na različne načine, kako dobro sploh partnerji razumejo in poznajo takšne nalepke, ali je zeleno tudi dražje (Misiga, 2013).

Sistem poročanja o produktih s pomočjo EPD-jev deluje drugače. Gre za poročilo, v katerem so navedene objektivne številčne vrednosti za različne kazalnike trajnostnosti, pri čemer je treba EPD (glede na namen in rabo) pravilno interpretirati. Tako lahko primerjamo slabe, srednje in dobre produkte med seboj in ugotovimo razlike med njimi. Sistem EPD se je v industriji že relativno uveljavil in na njem temeljijo (ali ga uporabljajo) tudi druga bolj kompleksna vrednotenja (na primer DGNB-sistem za vrednotenje gradnje).

### 2.6 Trajnostnost, ovrednotena z okoljsko deklaracijo EPD

Okoljska deklaracija produkta (Environmental product declaration – EPD) je dokument, ki



Slika 2 • Primeri različnih energijskih nalepk za svetilke, nekatere vključujejo tudi sijalke

ima določeno obliko in vsebino. Trenutno se v industriji v različnih državah uporabljajo različni, med seboj ne popolnoma primerljivi EPD-ji. V tem članku bomo primerjali 5 EPD-jev, vse pripravljene na IBU-inštitutu (Institut für Bauen und Umwelt, Berlin). Bistvo je, da EPD v praksi uporablja oceno življenjskega cikla ali LCA (*Life Cycle Assessment*).

### 2.6.1 LCA-analiza

V grobem lahko strnemo postopek izvedbe LCA v tri korake:

1. Zbiranje podatkov za analizo (podatki o vhodnih materialih, podatki o materialih za embalažo, podatki o porabljeni energiji med proizvodnjo in podatki o vrstah transporta vhodnih materialov do tovarne svetilk/svetlobni virov pri posameznih transportnih razdaljah).
2. Postavitvev modela za izračun LCA s programsko opremo (uporablja se različna

programska oprema, na primer GaBi, SimaPro, Umberto, EIME, TEAM, SIEC itd., za izračun so potrebni dostopi do podatkovnih baz).

3. Ovrednotenje rezultatov LCA-analize s programsko opremo, pri čemer se uporabljajo različne metode (na primer International Reference Life Cycle Data system – LCIA CML 2001, ILCD).

Dobljene vrednosti je treba pravilno interpretirati, kar (poleg postavitve pravilnega modela in povezav v njem) predstavlja velik izziv in zahteva izkušene strokovnjake na tem področju (Jordan, 2010). Sam izračun temelji na mednarodnem standardu s področja analize življenjskega cikla proizvoda SIST EN ISO 14040:2006 Ravnanje z okoljem – Ocenjevanje življenjskega cikla – Načela in okviri in ostali pripadajoči standardi s tega področja. Računajo se indikatorji, na primer

indikator globalnega segrevanja, acidifikacijski potencial (meri vpliv produkta na zakisljevanje), evtrofikacijski potencial (meri vpliv na povečanje presežnih hranil v vodah), potencial razgradnje ozona v stratosferi (povezan s tveganji za obolenja zaradi UV-sevanja), potencial tvorbe ozona pri tleh (povezan s poškodbami materialov in ljudi), potencial izrabe naravnih virov (izraba fosilnih goriv in drugih virov) in drugi.

ISO 14044:2006 podaja napotke in zahteve za analizo LCA, vključno z definicijo ciljev in obsegom analize, faze analize inventarja (*life cycle inventory analysis* – LCI), faze analize vplivov (*life cycle impact assessment* – LCIA), faze interpretacije analize, poročanje in kritičen pregled analize LCA, poročanje o omejitvah pri opravljeni analizi LCA, povezavo med posameznimi fazami analizami LCA ter pogoje, pod katerimi so se uporabile izbrane vrednosti in dodatni elementi.

Proizvajalec	Št. EPD	Veljavnost	Ime proizvoda	Opis
PHILIPS	EPD-PHI-20140039-IBB1-EN	20. 6. 2014-19. 6. 2019	Fortimo LEDLINE SYSTEM	1 driver in 4 linije LED-virov
WE-EF	EPD-WEE-20130214-IBC1-EN	11. 10. 2013-10. 10. 2018	RFL530 (S60)	Cestna svetilka z metal-halogenidnimi viri
ZUMTOBEL	ECO-ZGR-42181612-OFFICE-EU-2013-09-16	16. 9. 2013-15. 9. 2018	ECOOS A 36 W LED830 L1200 LDO	Nadomestna svetilka z LED-viri in DALI-kontrolo
THORN	ECO-ZGR-00171119-Manufactur-EU-2013-09-16	16. 9. 2013-15. 9. 2018	AQUAF2 1x49W T16 HF L000 in FORCE2 R 1x35/49/58/80	Nadomestna svetilka (brez virov)
TRIDONIC	ECO-ZGR-28000132-Component-EU-2013-09-16	16. 9. 2013-15. 9. 2018	LCAI 20W 150mA-400mA ECO Ip	Predstikalna naprava

Preglednica 1 • Splošni podatki v EPD-jih, primeri

Na podlagi opravljene in interpretirane analize LCA se lahko pripravi okoljska deklaracija produkta EPD. Ta dokument lahko izdelajo le neodvisne institucije. Ker so trenutno podatkovne baze, ki so osnova za izračun, v zasebni lasti, se v EU pojavlja močna politična iniciativa, da bi podatkovne baze, torej orodja za tovrstne izračune, postale javno dostopne. Tak instrument je Okoljski odtis proizvoda (*Product Environmental Footprint* – PEF). Instrument razvija Center za raziskave evropske komisije (JRC joint Research Center). Metodologija v veliki meri črpa navdih iz standardov ISO 14040/14044 ter ISO 14025 za prostovoljne okoljske deklaracije, vendar jim ne sledi popolnoma. Pilotna faza razvoja PEF je predvidena za obdobje od 2013 do 2017, za razširjenost rabe pa bo potrebnih verjetno še nekaj dodatnih let. V tem času industrija uporablja različne, med seboj bolj ali manj primerljive EPD-sisteme. EPD odlikujejo kredibilnost, robustnost in transparentnost prostovoljnega podajanja okoljske sprejemljivosti proizvodov na mednarodnem trgu. Gre za objektivno poročilo, v katerem so številčno ovrednoteni posamezni indikatorji in na podlagi katerega se pripravi interpretacija od nameravane rabe produkta. To ga bistveno loči od sistemov, kot so ECOLABEL, Der Blaue Engel in podobni.

### 2.6.2 Splošne informacije

Podatki o proizvajalcu, številka EPD, datum, do kdaj je veljaven, ime in opis proizvoda. V preglednici 1 so zbrane splošne informacije za primere svetilk in delov svetilk, ki so analizirane v tem prispevku:

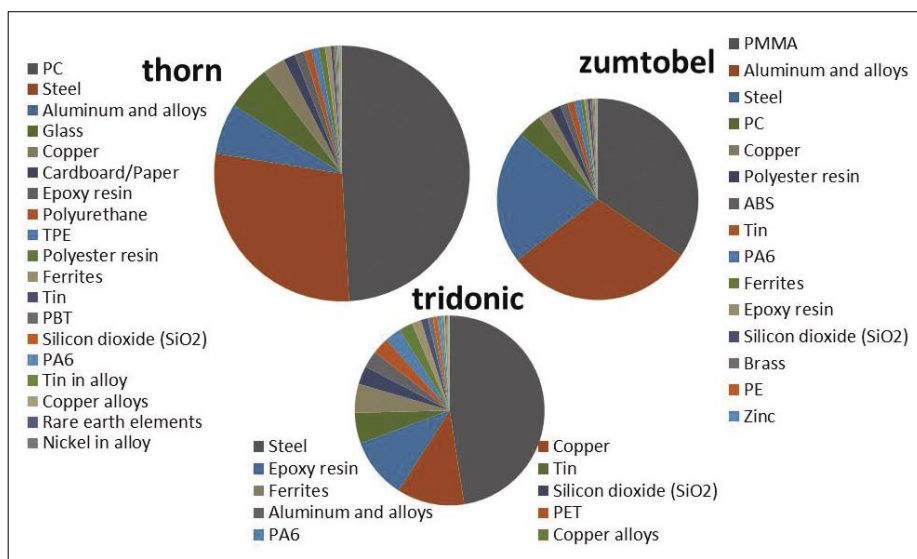
### 2.6.3 Razdelek o proizvodni

Razdelek o proizvodni vsebuje splošen opis proizvoda, uporabo, tehnične podatke, navedeni so drugi certifikati itd. (preglednica 2). Tu je pomemben tudi seznam materialov (predstavljen v deležih celotne mase), ki so vgrajeni v produkt, in tistih, ki so potrebni za njegovo rabo in razgradnjo. Pri seznamu materialov je treba našteji najmanj tiste, ki so vključeni na seznam kandidatnih snovi, ki potrebujejo avtorizacijo (»Candidate List of Substances of Very High Concern for Authorisation«) in kjer vrednosti predpisuje Evropska agencija za kemikalije.

V razdelku proizvodnja je opisan tudi proces proizvodnje proizvoda. Če proizvodnja poteka na različnih lokacijah, mora biti to specificirano. Opisani morajo biti postopki za varovanje zdravja pri proizvodnem procesu ter postopki za varovanje okolja. Potreben

Proizvajalec	Viri	Lm/W	Teža	Ref. življenjska doba
PHILIPS	LED	143	0,3894 g	50.000 ur
WE-EF	Metahalogenidna	86	7,16 kg	Viri: 12.000 ur, krmilna naprava: 50.000 ur
ZUMTOBEL	LED	70	3,21 kg	50.000 ur
THORN	Niso vključeni.		2,5 kg	80.000 ur
TRIDONIC	Predstikalna naprava			

Preglednica 2 • Tehnični podatki o proizvodni v EPD, primeri (za deklarirano enoto)



Slika 3 • Grafični prikaz deležev materialov, iz katerih so svetilke, katereh EPD-je primerjamo

je tudi opis vgradnje produkta, potrebni pripomočki itd. pa tudi podatki o tem, kakšna je embalaža za proizvod, ter opis tveganj za zdravje ali okolje med rabo proizvoda, če obstajajo. Pomemben podatek je še referenčna življenjska doba proizvoda (Reference Service Life – RSL), skladno z ISO 15686-1, -2, -7 in -8. Podaja se tudi opis, kaj se zgodi s produktom v ekstremnih primerih: če zgori, če pride do poplave ali v posebnih primerih mehanskih okvar. Potrebni so še podatki o potencialu ponovne uporabe v fazi izteka življenjske dobe produkta, kako se odlaga in kako poteka razgradnja.

### 2.6.4 Pravila za LCA-analizo

Opis deklarirane enote za produkt, referenčna masa ter faktor pretvorbe v 1 kg so obvezni podatki. Navedejo se okvir (faze) obravnavanega in predpostavke pri izračunih ter stvari, ki niso vključene (*cut-off criteria*). Navesti je

treba vire za podatke, ki jih uporabljamo za izračune in predpostavke. Pri tem se navajajo tudi opis kvalitete podatkov in njihova veljavnost ter perioda posodabljanja. Navedejo se lahko tudi metode zmanjšanja okoljskega odtisa, na primer krediti za rabo recikliranih materialov ipd.

### 2.6.5 Scenariji in dodatne tehnične informacije

LCA-analiza v prvih fazah vedno vključuje obseg, torej katere faze so obravnavane. To je tudi osnovna informacija za EPD. V preglednici 3 so navedene vse možne faze proizvodnje, vgradnje, uporabe in konca življenjskega cikla. V preglednici 4 so zbrani podatki iz vseh 5 EPD-jev, ki jih primerjamo, in takoj lahko razberemo, da so obravnavane iste faze za vseh 5 svetilk, razlike so le pri modulu B4 (zamenjava), pri katerem različni proizvajalci ravno različno.

## 2.6.6 Rezultati LCA-analize, vključeni v EPD

V EPD-ju so vključeni specifični kazalci iz treh skupin: okoljski vplivi, izraba virov ter ostali izračunani podatki. V nadaljevanju je kratek opis posameznih kazalcev.

### 2.6.6.1 Vrednotenje okoljskih vplivov

Kazalci, vezani na okoljske vplive, ki se navajajo v EPD-ju, so: indikator globalnega segrevanja (Global-Warming Potential – GWP), acidifikacijski potencial (AP), evtrofikacijski potencial (EP), potencial razgradnje ozona v stratosferi (Ozone Depletion Potential – ODP), potencial tvorbe ozona pri tleh (POCP), potencial izrabe abiotskih naravnih virov (Abiotic

Faza proizvodnje			Faza vgradnje		Faza uporabe							Konec življenjskega cikla				
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
Pridobivanje in obdelava surovin	Transport k proizvajalcu	Proizvodnja	Transport na gradbišče	Vgradnja v zgradbo	Uporaba vgrajenega proizvoda	Vzdrževanje	Popravila	Zamenjava	Prenova	Poraba energije za obratovanje	Poraba vode za obratovanje	Demontaža	Transport na odlagališče	Obdelava odpadkov za ponovno uporabo, regeneracijo in/ali recikliranje	Zavrženje	Obremenitve in prednosti za nadaljnjo uporabo

Preglednica 3 • Preglednica faz življenjskega cikla in opisi

	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
philips	X	X	X	X	X	MND	MND	MND	MND	MND	X	MND	MND	X	X	X	X
thorn	X	X	X	X	X	MND	MND	MND	X	MND	X	MND	MND	X	X	X	X
tridonic	X	X	X	X	X	MND	MND	MND	MND	MND	X	MND	MND	X	X	X	X
we-ef	X	X	X	X	X	MND	MND	MND	X	MND	X	MND	MND	X	X	X	X
zumtobel	X	X	X	X	X	MND	MND	MND	X	MND	X	MND	MND	X	X	X	X

OPOMBA: x – vključeno v LCA-analizo, MND – module not declared, modul ni bil obravnavan

Preglednica 3 • Obravnavane faze življenjskega cikla 5 EPD-jev, ki jih primerjamo

Resources Depletion Potential – ADP), kjer ločeno obravnavamo rabo fosilnih goriv in drugih virov.

### 2.6.6.2 Raba virov

Kazalci, ki jih spremljamo, so: raba obnovljive primarne energije brez surovin (PERE), raba obnovljive primarne energije, vključno s surovinami (PERM), predkupna raba obnov-

ljive primarne energije (PERT), raba primarne neobnovljive energije brez surovin (PENRE), raba primarne neobnovljive energije, vključno s surovinami (PENRM), skupna raba primarne neobnovljive energije (PENRT), raba sekundarnih materialov (SM), raba obnovljivih sekundarnih goriv (RSF), raba neobnovljivih sekundarnih goriv (NRSF), raba sveže pitne vode (FW).

### 2.6.6.3 Drugi izračunani podatki

Odlaganje nevarnih odpadkov (HWD), odlaganje nenevarnih odpadkov (NHWD), odlaganje radioaktivnih odpadkov (RWD), sestavine, primerne za ponovno uporabo (CRU), materiali za reciklažo (MFR), materiali za obnovljivo energijo (MER), oddana energija, elektrika (EXEE), oddana energija, toplota (EXET), oddana energija, skupna (TEXE).

## 3 • INTERPRETACIJA LCA-ANALIZE IN ZAKLJUČNI PODATKI

Interpretacija LCA-analize je ključen del dokumenta. Podprt je z dokazno dokumentacijo

in referencami. Na zadnji strani okoljske deklaracije EPD se navedejo podatki o lastniku

deklaracije, izdajalcu EPD ter o avtorju LCA-analize.

## 4 • REZULTATI

Pri pregledu EPD-jev smo ugotovili, da imamo deklaracije za 1 predstikalno napravo, 3 svetil-

ke z viri (LED in metalhalogenidnimi) in pa 1 svetilko brez virov. Pripravili smo podrobnejšo

analizo in interpretacijo 4 primerov EPD-jev za svetilke proizvajalcev Philips, We-Ef, Zumtobel in Thorn (čeprav nima virov). Velik izziv je predvsem primerljivost rezultatov. Tu je zanimivo poznavanje vrednotenja scenarijev rabe za svetilke.

## 4.1 Primerjava indikatorjev okoljskih vplivov

### 4.1.1 Indikator globalnega segrevanja (Global-Warming Potential – GWP<sub>100</sub>)

govori o klimatskih spremembah zaradi človekovih emisij, ki povzročajo globalno segrevanje na skali 100 let. To povzroča škodljive vplive na zdravje ekosistemov, zdravje ljudi in ohranjanje materialov. V principu gre za naraščanje temperature površja Zemlje oziroma učinek tople grede.

### 4.1.2 Acidifikacijski potencial (Acidification Potential – AP)

meri vpliv na zakisljevanje. Acidifikacijski polutanti (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub>) vplivajo na zemljo, podtalnico, površinske vode, biološke organizme, ekosisteme in materiale (stavbe), kjer je ena

od posledic tudi krušenje gradbenih materialov in pospešena korozija površin.

### 4.1.3 Evtrofikacijski potencial (Eutrophication Potential – EP)

meri vpliv na povečanje presežnih hranil v vodah (predvsem sta problematična dušik in fosfor). Slednji spreminjajo ravnovesja vrst v vodnih in zemeljskih ekosistemi. Velike koncentracije presežnih hranil lahko tudi povzročijo nepitnost površinskih vod.

### 4.1.4 Potencial razgradnje ozona v stratosferi (Ozone Depletion Potential – ODP)

kot rezultat antropogenih emisij. Tanjšanje ozona v stratosferi povečuje delež UVB-seva-

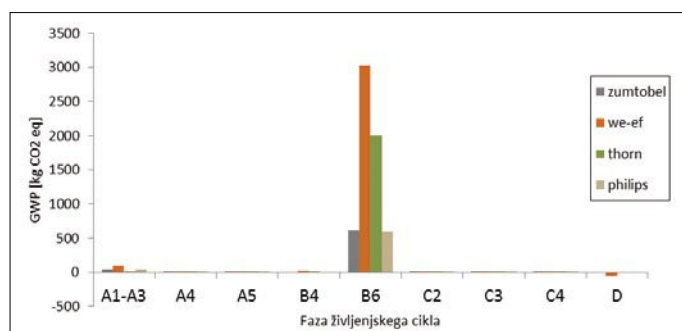
nja, ki doseže površino zemlje. UVB-sevanje ima bistveno bolj škodljive učine kot UVA-sevanje. Nanašajo se na zdravje ljudi in živali, ravnovesje vodnih in kopenskih ekosistemov, biokemične kroge in materiale.

### 4.1.5 Potencial tvorbe ozona v troposferi (POCP)

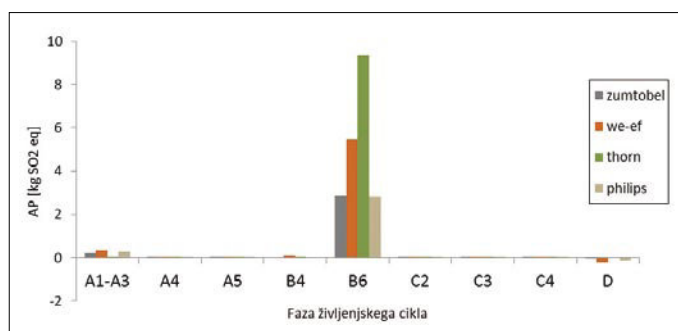
ki je povezan s poškodbami materialov (pospešena oksidacija) in neželenimi učinki na ljudi.

### 4.1.6 Potencial izčrpanja naravnih virov (Abiotic resources Depletion Potential – ADP)

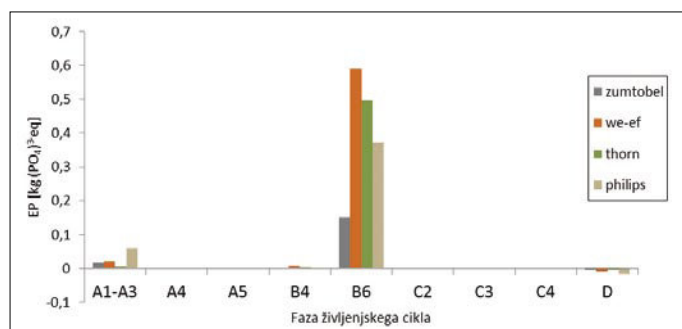
kjer ločeno obravnavamo fosilna goriva in druge vire.



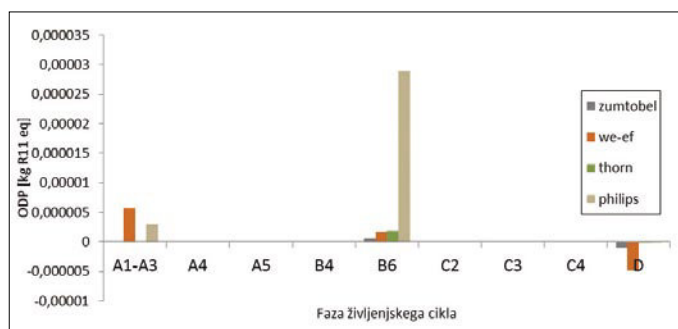
Slika 4 • Primerjava indikatorjev globalnega segrevanja – GWP (kg CO<sub>2</sub> eq) za 4 svetilke, Thorn ne vključuje virov



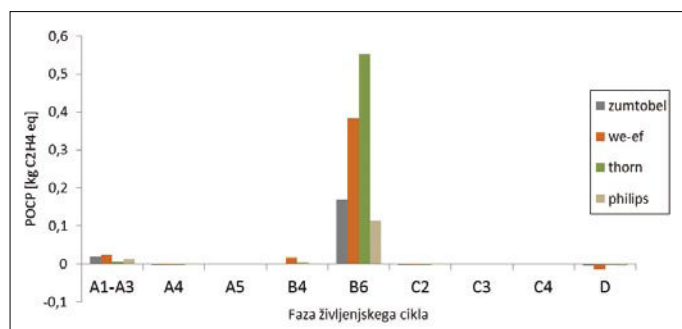
Slika 5 • Acidifikacijski potencial – AP (kg SO<sub>2</sub> eq) za 4 svetilke, Thorn ne vključuje virov



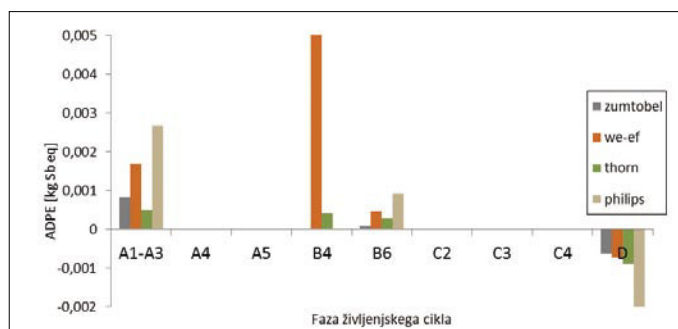
Slika 6 • Evtrofikacijski potencial – EP (kg (PO<sub>4</sub>)<sup>3</sup> eq) za 4 svetilke, Thorn ne vključuje virov



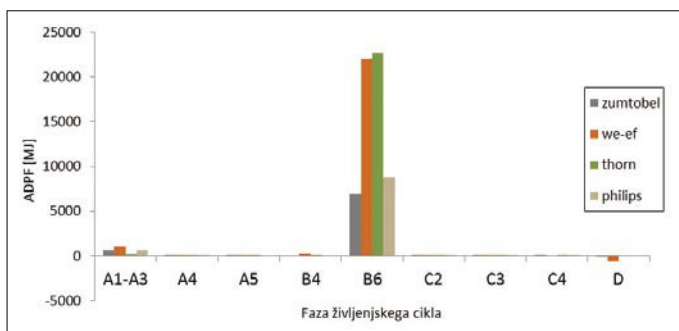
Slika 7 • Potencial razgradnje ozona v stratosferi – ODP (kg R11 eq) za 4 svetilke, Thorn ne vključuje virov



Slika 8 • Potencial tvorbe ozona pri tleh – POCP (kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> eq) za 4 svetilke, Thorn ne vključuje virov



Slika 9 • Potencial izčrpanja naravnih virov, nefosilni viri – ADPE (kg Sb eq) za 4 svetilke, Thorn ne vključuje virov



Slika 10 • Potencial izrabe naravnih virov, fosilni viri – ADPF (MJ) za 4 svetilke, Thorn ne vključuje virov

## 5 • SKLEP

Med primerjanimi EPD-ji so precejšnje pomenske razlike. Pomembno je pravilno analizirati številčna odstopanja in postaviti trdno argumentiran kontekst za primerjave. Že pri definiciji faz (preglednica 4), zajetih v LCA-analizo, vidimo, da Philips in Tridonic nista deklarirala B4-faze, torej možnosti zamenjave. Philipsova svetilka ima vgrajene LED-vire in menjava ni mogoča, Tridonic pa je v EPD vključil le predstikalno napravo, zato je takšna definicija okvira analize razumljiva.

Očitno se cestni svetilki We-ef da menjati LED-jedro, glede na to, da je deklarirala modul B4. Zanimivo je (slika 11), da prav ta modul pri svetilki We-ef povzroči znaten okoljski odtis pri kazalcu izčrpavanja naravnih virov (ADP), kjer vrednost modula B4 za 10-krat preseže vrednosti v času rabe produkta (B6).

V splošnem je indikator globalnega segrevanja vedno največji v fazi rabe produktov, kar je razumljivo. Zgrešeno pa je sklepanje,

da zaradi takšnega razmerja ni smiselno izboljševati ostalih faz, predvsem optimirati proizvodnjo (faze A). Pri indikatorju globalnega segrevanja v fazi B6 lahko vidimo, da We-ef povzročajo kar 6-krat večji okoljski odtis od Philipsovih in Zumtoblovih svetilk. Rezultati svetilke podjetja Thorn so neprimerljivi in potencialno zavajajoči, ker analiza vsebuje le svetilko, ne pa tudi svetlobnih virov. Pri vrednotenju evtrofikacijskega potenciala se v fazi B6 odlično izkaže Zumtoblova svetilka. Zanimiva je primerjava potenciala razgradnje ozona v stratosferi, kjer Philips pokaže zelo velik vpliv (več 100-krat večji rezultat od ostalih).

## 6 • LITERATURA

- Bizjak, G., Rebec, K. M., Kobav, M. B., Klanjšek-Gunde, M., Photobiological aspects of LED sources for general lighting. (M. Kostić, Ed.) Balkan Light 2012, Belgrade, Serbia, 2012.
- Energijske nalepke, [http://europa.eu/youreurope/business/environment/energy-labels/index\\_sl.htm](http://europa.eu/youreurope/business/environment/energy-labels/index_sl.htm), povzeto 8. 9. 2014.
- Guinee, J. B., Handbook on Life Cycle Assessment: Operational Guide to the ISO Standards (Eco-Efficiency in Industry and Science), povzeto 26. 8. 2014, <http://www.amazon.com/Handbook-Life-Cycle-Assessment-Eco-Efficiency/dp/1402005571>, 2002.
- Hoof, J., van Schoutens, A. M. C., Aarts, M. P. J., High color temperature lighting for institutionalised older people with dementia, Building and Environment, 44(9), 1959–1969, 2009.
- IBU, Institut Bauen und Umwelt, PCR Guidance-Texts for Building-Related Products and Services: Part B: Requirements on the EPD for Luminaires, lamps and components for luminaires, povzeto po [www.bau-umwelt.com](http://www.bau-umwelt.com), 2014.
- Jordan, S., Knez, N., Knez, F., Ravnanje z okoljem – ocenjevanje življenjskega cikla (LCA), Gradbenik, 14(2), 36–38, 2010.
- Malovrh Rebec, K., Optical Properties, Photobiological and Environmental Impacts of Lamps with Light-Emitting Diodes, Ph. D. Thesis, University of Ljubljana Faculty of Natural Sciences And Engineering, Interdisciplinary Doctoral Programme In Environmental Protection, 2014a.
- Malovrh Rebec, K., Klanjšek Gunde, M., High-performance lighting evaluated by photobiological parameters. Appl. Opt., 53(23), 5147–5153, 2014b.
- Malovrh Rebec, K., Klanjšek-Gunde, M., Bizjak, G., Parametri za opis spektralne sestave svetlobe – ali sta podobna barvna temperatura in indeks barvnega videza svetlobe primerna za ocenjevanje fotobioloških učinkov? (A. Orgulan, Ed.) Razsvetljava in Fotometrija, Bled, Slovenija, 2013.
- Misiga, P., Building the Single Market for Green Products, Sustainability of construction works, 2013.
- Ramroth, L., Comparison of Life-Cycle Analyses of Compact Fluorescent and Incandescent Lamps Based on Rated Life of Compact Fluorescent Lamp, Rocky Mountain Institute, 11–12, 2008.
- Vogtländer, J., LCA a practical guide for students, designers and business managers, Joost Vogtländer, povzeto 10. 9. 2014 <http://www.vssd.nl/hlf/b018.htm>, 2012.