



Univerza v Mariboru

Fakulteta za kemijo
in kemijsko tehnologijo

Analiza LCA kot orodje za okoljsko načrtovanje proizvodov

Zorka Novak Pintarič, Damjan Krajnc

Laboratorij za procesno sistemsko tehniko in trajnostni razvoj
Smetanova 17, 2000 Maribor, Slovenija, tel. (02) 229 44 82

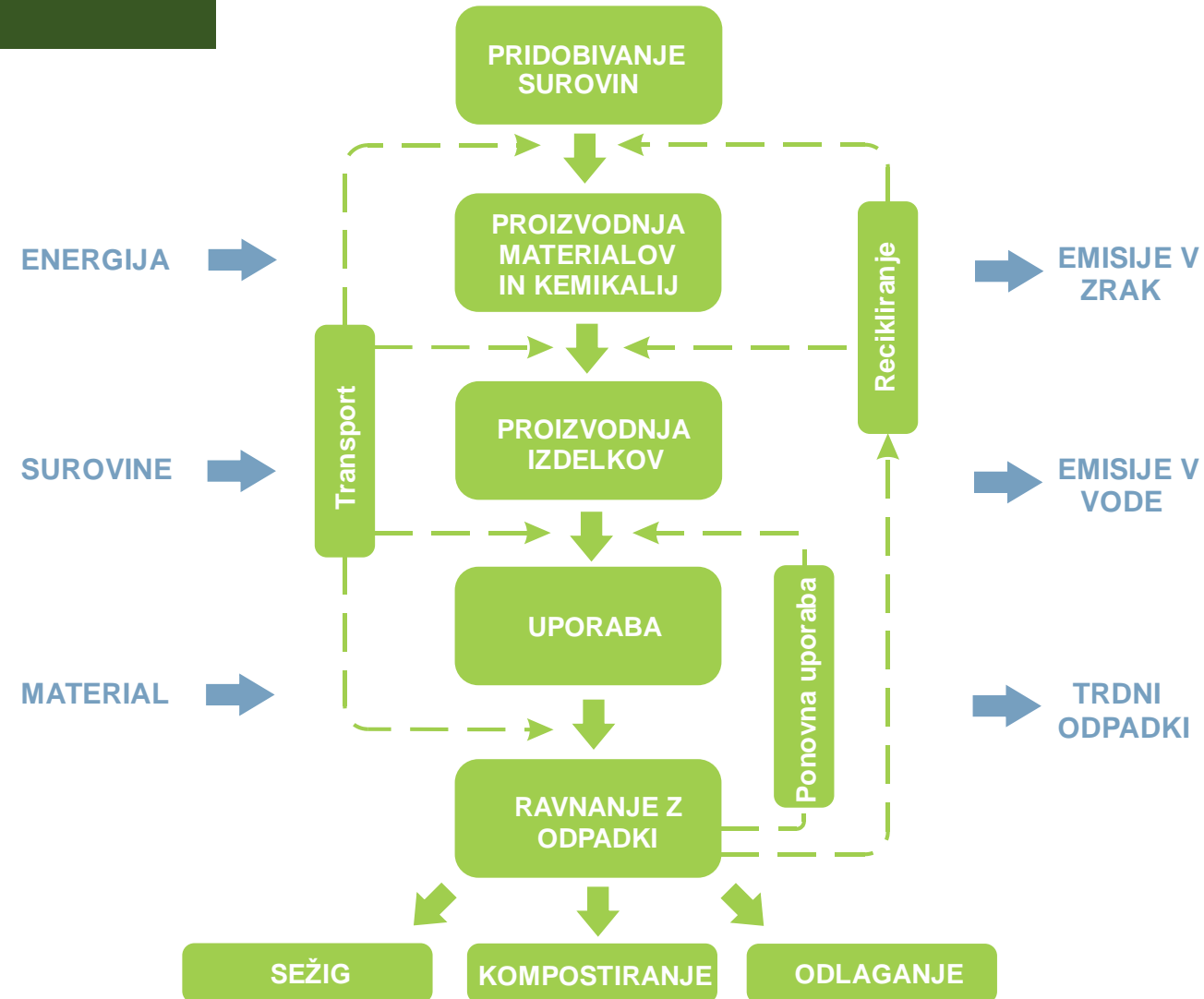
zorka.novak@um.si

Okoljski dan gospodarstva, Ljubljana, GZS, 4. junij 2019

OCENA ŽIVLJENJSKEGA CIKLA

LCA, Life Cycle Assessment

- Zbiranje in vrednotenje vtokov in iztokov
- Kvantificiranje možnih okoljskih vplivov



Kazalci, ki se običajno uporabljajo v analizi LCA



Kazalci v LCA

so “merljivi kazalci okoljskega vpliva”

PRIMERI:

Potencial globalnega segrevanja

- 25 kg CO₂-ekv.

Potencial zakisljevanja

- 5.4 kg SO₂-ekv.

Tanjšanje ozonskega plašča

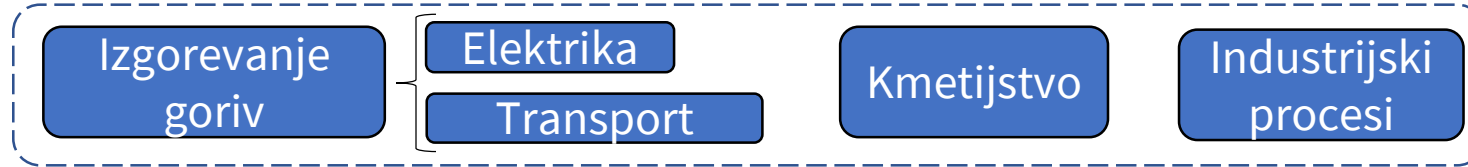
- 4.9 kg CFC-11 ekv.

Fotokemična oksidacija (npr. smog)

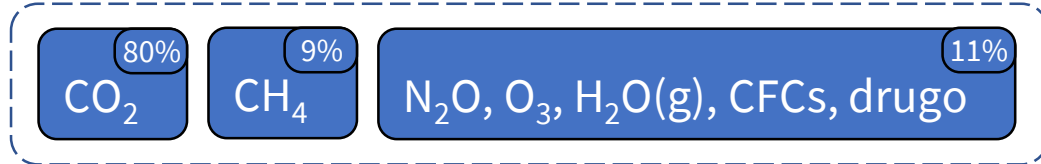
- 1.2 kg C₂H₄-ekv.

Primer Potencial globalnega segrevanja

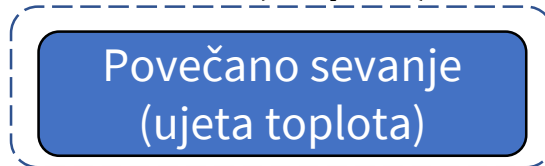
Glavni viri



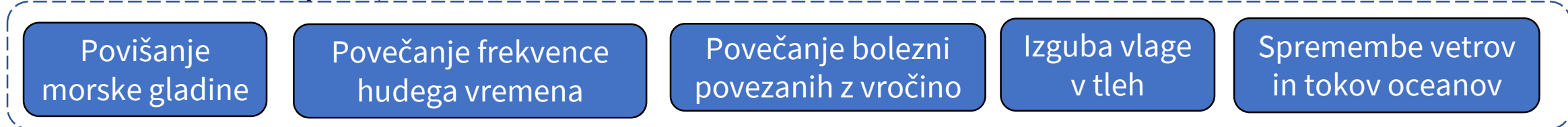
Glavne substance



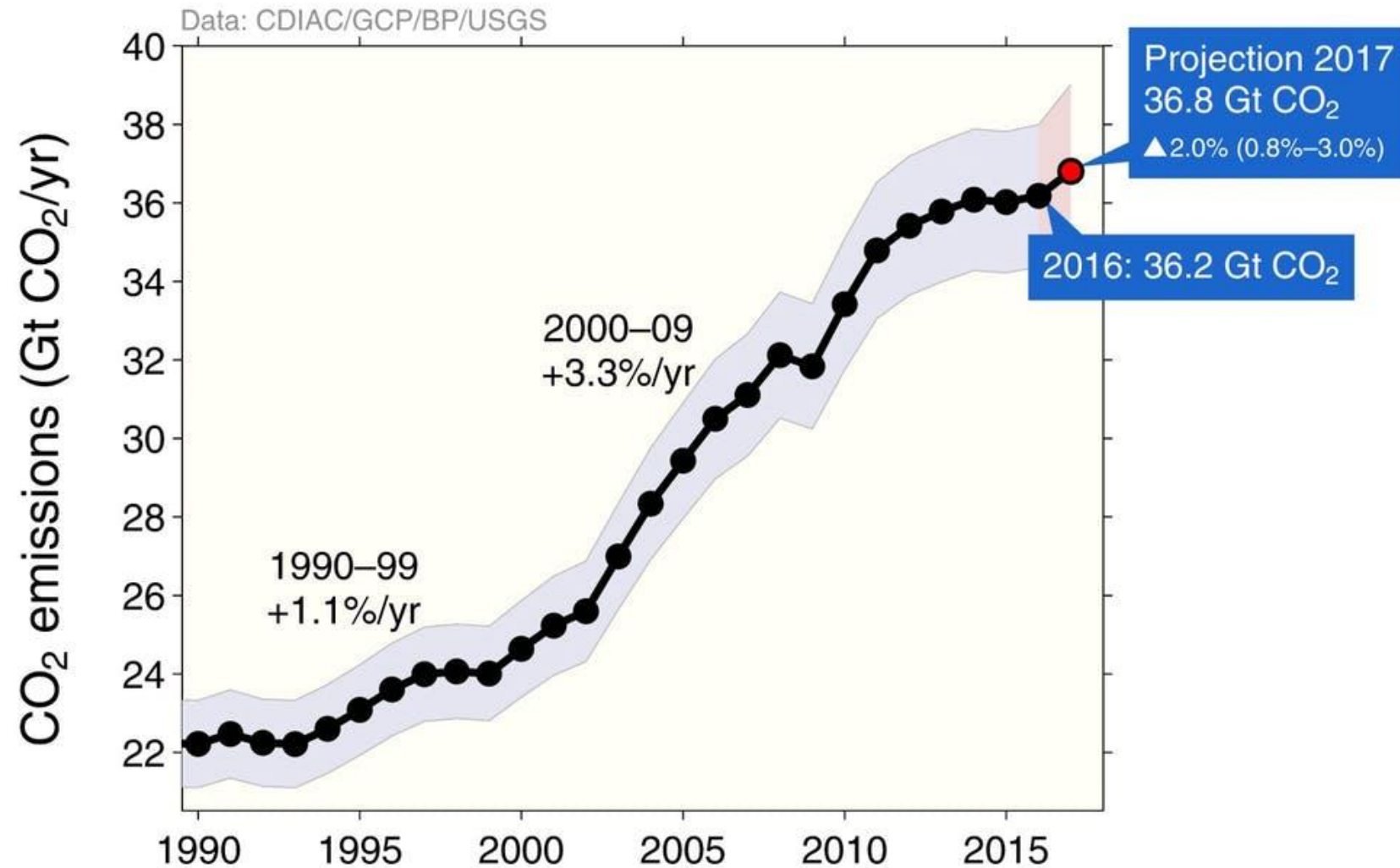
Vmesne točke (Midpoint)



Možne končne točke (Endpoints)



Primer Potencial globalnega segrevanja



Primer Potencial globalnega segrevanja

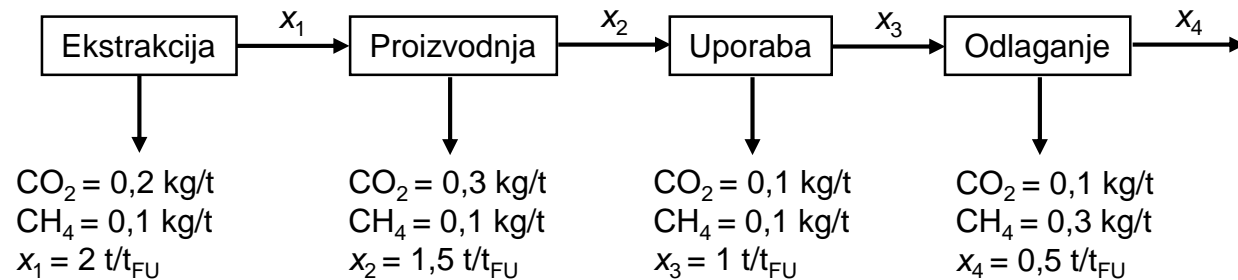
GWP – potencial globalnega segrevanja (global warming potential)

- Vsak TG plin ima določen GWP relativno glede na CO₂.
- GWP je izražen v tonah ekvivalenta CO₂.
- Indeks globalnega segrevanja (GWI):

TP (GHG)	GWP (20 let)	GWP (100 let)
CO ₂	1	1
CH ₄	56	21
N ₂ O	280	310
HFC-23 (CHF ₃)	9100	11 700

$$GWI = \sum_i m_i \cdot GWP_i$$

Primer Potencial globalnega segrevanja



Funkcionalna enota npr.:

- kWh proizvedene energije
- tona produkta
- prevoženi kilometri na potnika
- primerjava plastične in papirne embalaže – prostornina blaga

$$m_{\text{CO}_2} = 0,2 \cdot 2 + 0,3 \cdot 1,5 + 0,1 \cdot 1 + 0,1 \cdot 0,5 = 1,0 \text{ kg/t}_{\text{FU}}$$

$$m_{\text{CH}_4} = 0,1 \cdot 2 + 0,1 \cdot 1,5 + 0,1 \cdot 1 + 0,3 \cdot 0,5 = 0,6 \text{ kg/t}_{\text{FU}}$$

$$GWI = GWP_{\text{CO}_2} \cdot m_{\text{CO}_2} + GWP_{\text{CH}_4} \cdot m_{\text{CH}_4} = 1 \cdot 1 + 21 \cdot 0,6 = 7,6 \frac{\text{kg CO}_2 \text{ eq}}{\text{t}_{\text{FU}}}$$

Svetovna emisija CO_2 je okoli **36,79 milijard t/a** (2017), 36,18, 36,02, 36,08
Slovenija **15,2 milijona t/a** (2016)

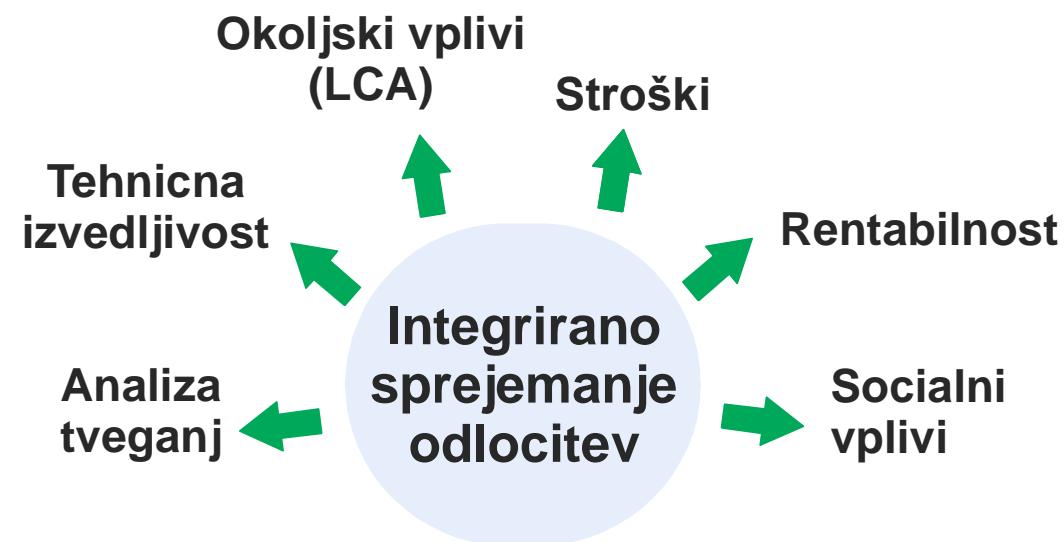
Kako lahko koristno uporabimo analizo LCA?

- razumevanje proizvodnega sistema,
- identifikacija tistih procesov, ki imajo največjo možnost za izboljšanje (žarišča),
- zagotovilo, da spremembe, narejene za izboljšavo enega dela industrijskega sistema, ne bodo »preusmerile bremena« na drug del verige,
- primerjava dveh sistemov, ki nudita enako storitev/proizvod,
- primerjalno ocenjevanje napredka,
- zagotavljanje podatkov za okoljski odtis (ogljčni odtis),
- podprtje okoljskih trditev z rezultati analize LCA za okoljsko izjavo izdelka (EPD - Environmental Product Declaration).

Analiza LCA kot orodje pri večkriterijskem odločanju

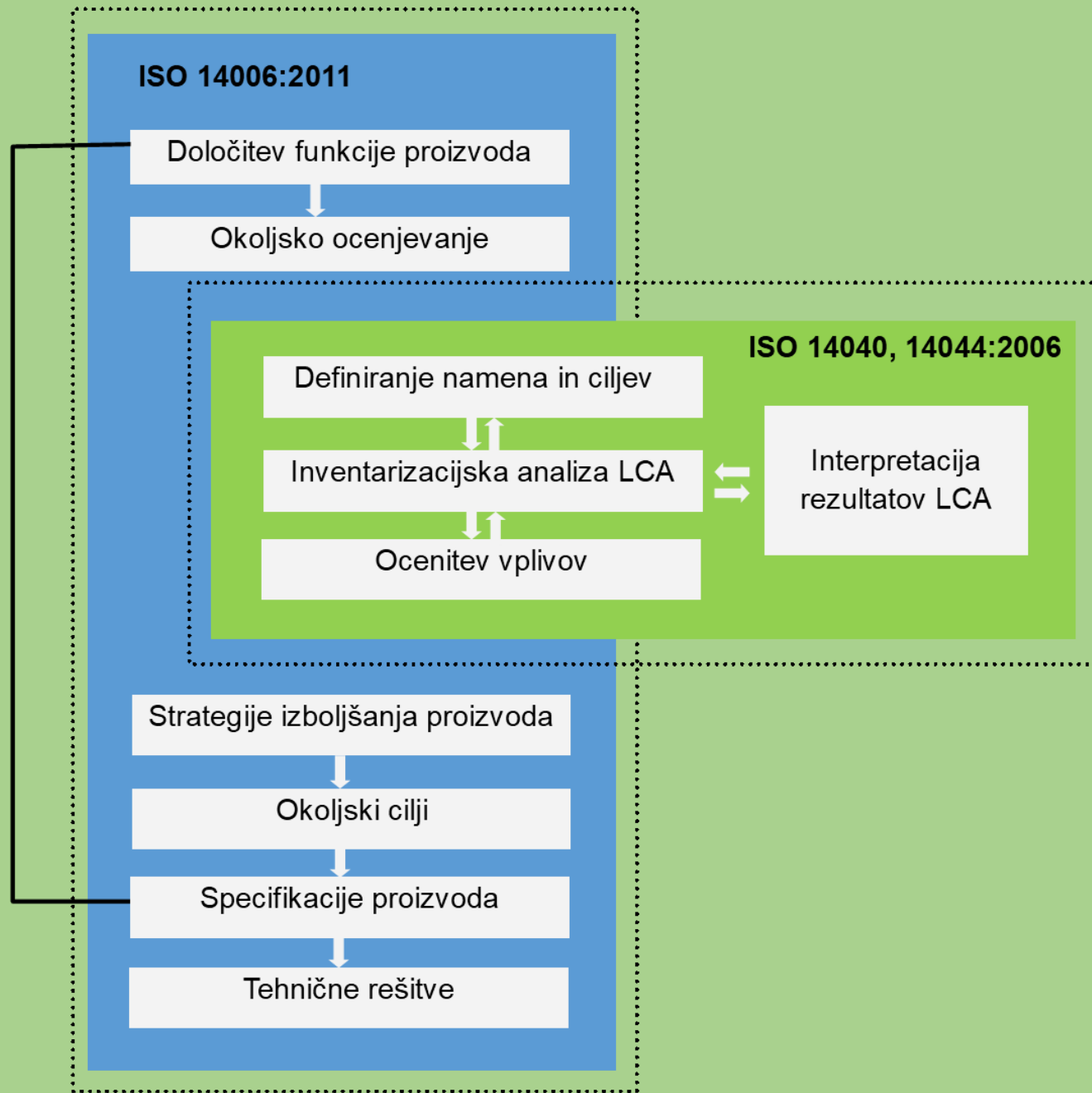
Večkriterijsko odločanje:

- Ekonomski učinki
- Okoljski vplivi
- Socialni vplivi
- Tehnična izvedljivost
- Tveganja
- Znanje, patenti



Analiza LCA je eno od mnogih orodij, ki jih je potrebno upoštevati pri celostnem procesu odločanja.

Povezava LCA in eko-dizajna



ŠTUDIJA PRIMERA 1

Analiza življenjskega cikla nagrobnih sveč

VIR:

Vnučec, D. (2011). Ekodizajn in ocena okoljskih vplivov nagrobnih sveč v njihovem življenjskem ciklu. Diplomsko delo, Maribor: Univerza v Mariboru, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo.

Bastard Sanz B. (2010). Life Cycle Assessment (LCA) of different types of Graveyard Candles. . Diplomsko delo, Maribor: Univerza v Mariboru, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo.



Analiza življenjskega cikla nagrobnih sveč

CILJ

Primerjava okoljskih vplivov 5 sveč iz različnih materialov in različnih izvedb

- PVC
- PP
- steklena
- papirna
- elektronska

UPORABLJEN PRISTOP



Razstavitev sveč na osnovne komponente in tehtanje.



Identifikacija stopenj LCA z največjim okoljskim vplivom celotnega sistema proizvodnje sveč.



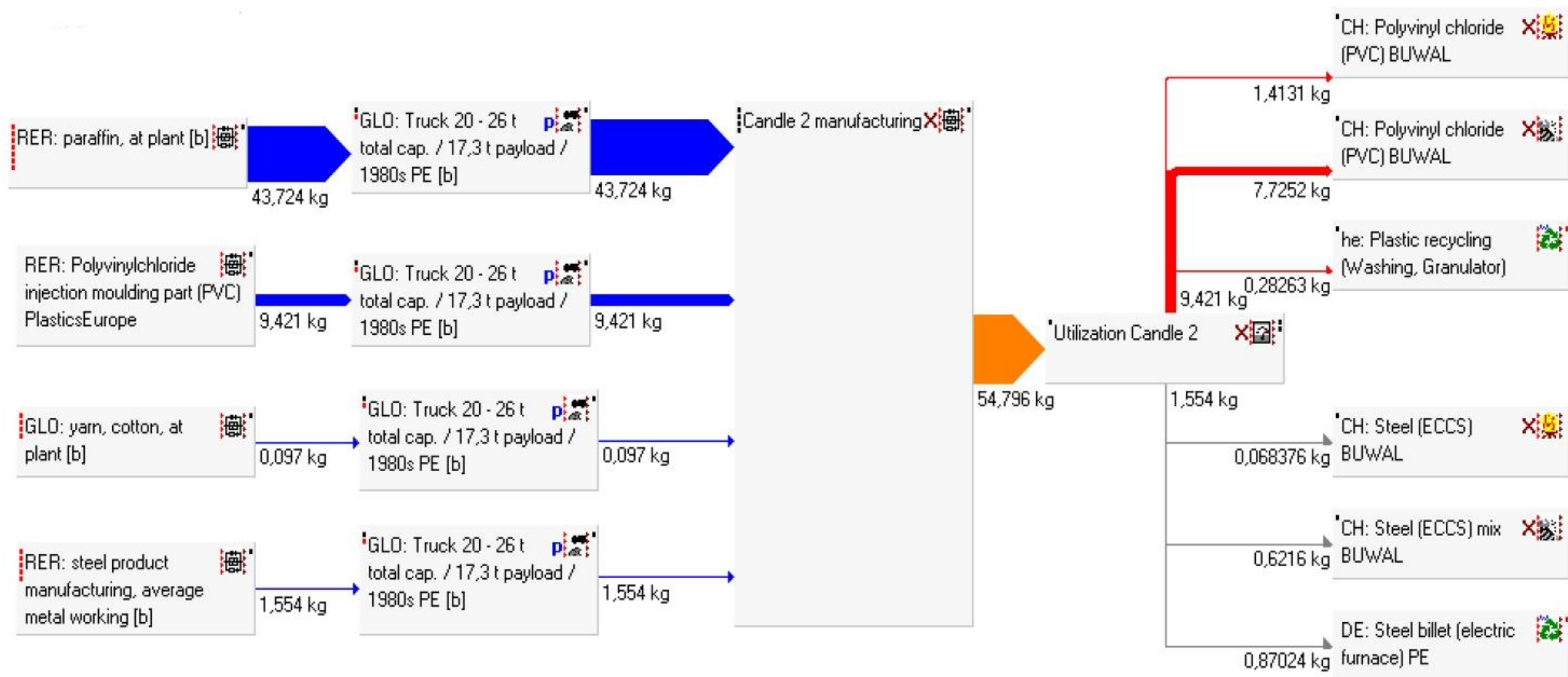
Razvoj modela za vsako posamezno svečo (podatkovna baza Ecoinvent 2).



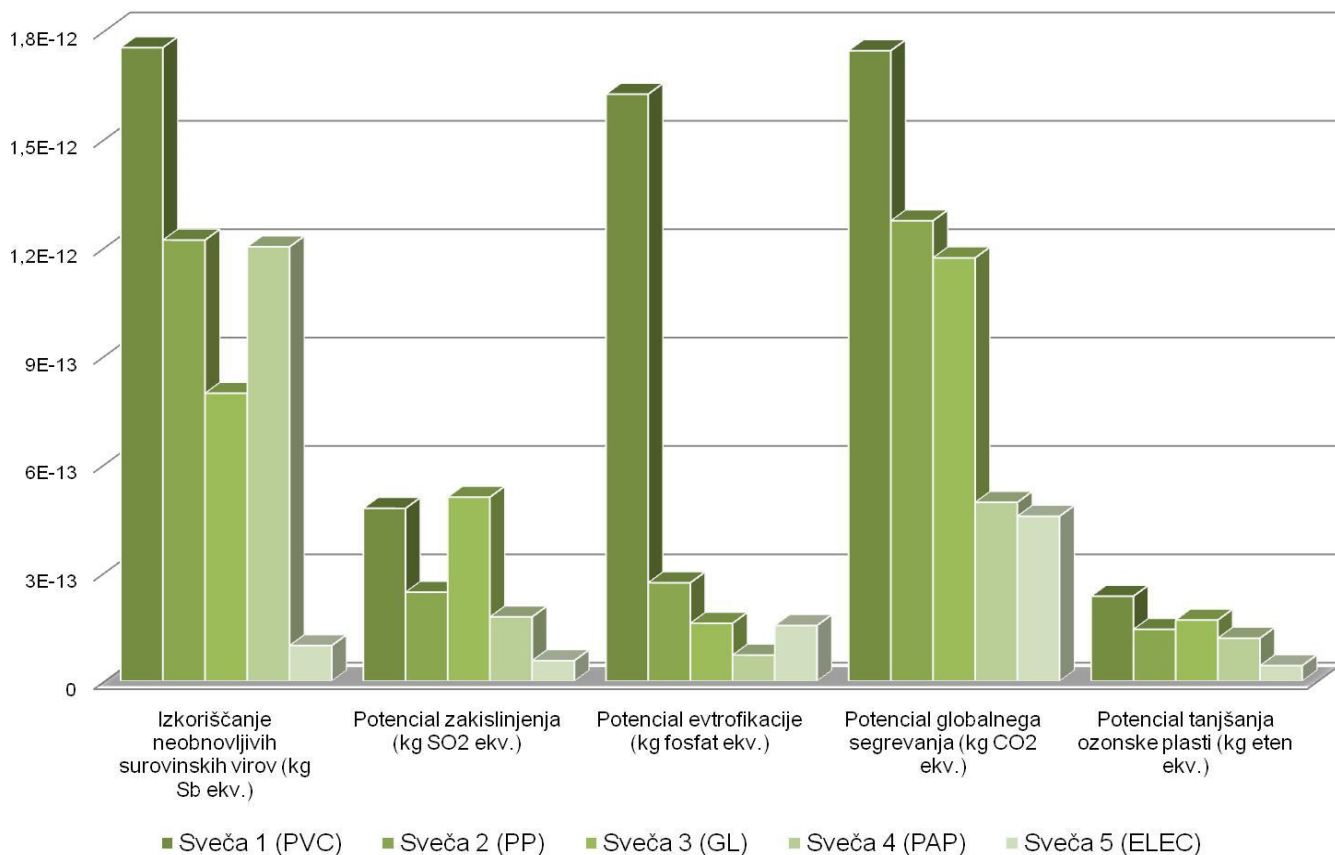
Podatki

- Razstavitev in tehtanje vseh materialov
- Transport 100 km
- Eksperimentalna določitev življenjske dobe
- Funkcionalna enota je ura gorenja/osvetlitve
- Pristop Cradle to Grave
 - Ekstrakcija in proizvodnja surovin
 - Izdelava sveč
 - Uporaba sveč
 - Odlaganje, sežig in/ali recikliranje (odvisno od vrste materiala)

Prikaz upoštevanih tokov za tradicionalno svečo s PVC ohišjem (100 enot)

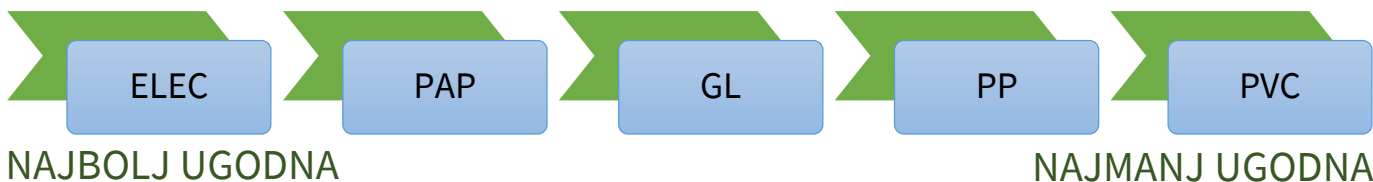


REZULTATI



Najpogosteje uporabljana **sveča iz PVC** ohišja okolju **najmanj primerna**.

Pri vrednostih emisij, preračunane na življenjsko dobo sveče (trajanje gorenja) in števila potrebnih letnih zamenjav za neprekinjeno gorenje, se **elektronska sveča** izkaže kot **najbolj optimalna** glede razmerja proizvedenih emisij in časa gorenja.



Nadaljnji ukrep:

načrtovanje izboljšane elektronske nagrobne sveče z najmanjšimi možnimi vplivi na okolje.

Eko-dizajn:

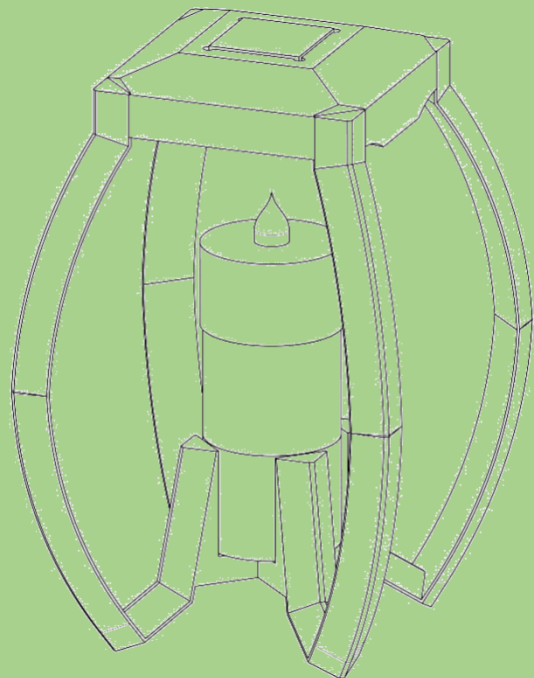
proces razvoja proizvodov, v katerem se poleg tradicionalno upoštevanih dejavnikov proizvoda (stroški, kakovost itd.) enakopravno upoštevajo tudi vplivi na okolje.



- načrtovali smo nagrobne sveče z manjšim vplivom na okolje
 - za uporabnike z razvito okoljevarstveno zavednostjo
- načrtovali smo sveče z **daljšo življenjsko dobo**, da bi:
 - zmanjšali porabo surovin,
 - zmanjšali količino odpadkov,
 - zmanjšali zahtevo po zamenjavi nagrobne sveče
- zato so:
 - vse načrtovane alternative elektronske izvedbe,
 - uporabljeni materiali: les, bioplastika, aluminij,
 - lesena in aluminijasta sveča na sončne celice,
 - vse uporabljene baterije polnilne NiMH

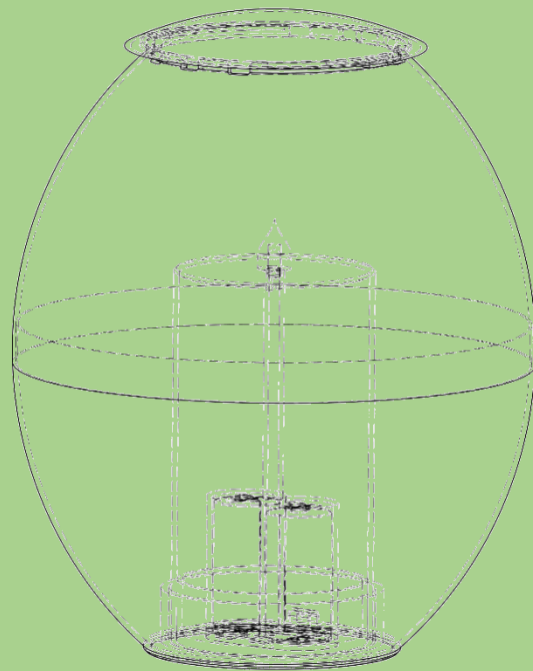
Uporabljeno orodje Ecolizer 2.0

- orodje za hitro oceno okoljskega vpliva proizvoda
- vključuje eko-točke za različne materiale
- eko-točke so številčne vrednosti, ki odražajo okoljske obremenitve
 - materialov,
 - postopkov obdelave,
 - transporta,
 - energije,
 - recikliranja in
 - ravnanja z odpadki
- višje vrednosti → večji vpliv na okolje



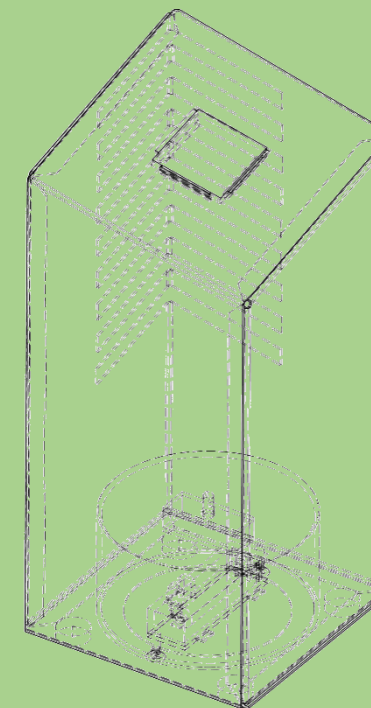
Predlog 1:

Lesena sveča na sončne celice.
Ohišje iz lesa, namenjena za
večkratno uporabo, solarne celice



Predlog 2:

Bioplastična sveča, polnilna baterija.

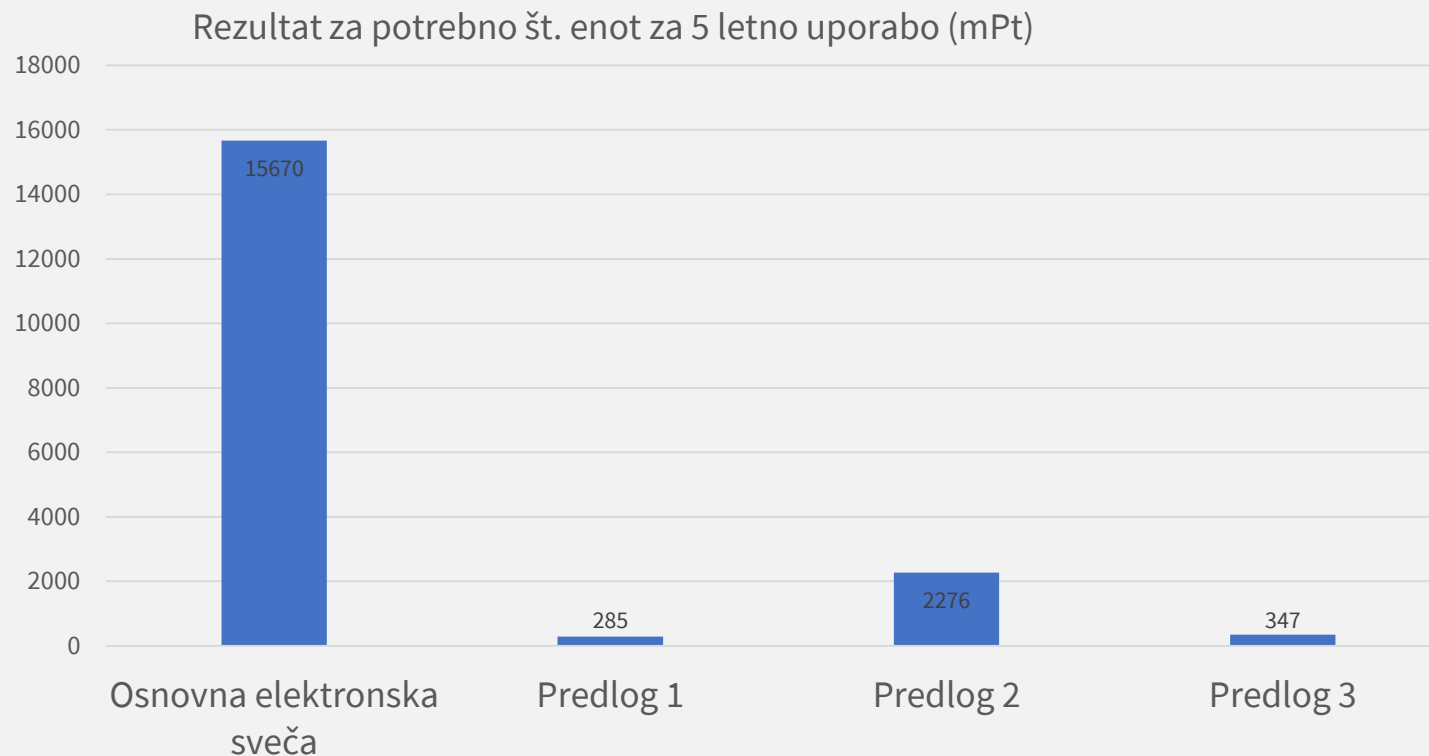


Predlog 3:

Sveča iz aluminijastega ohišja,
iz bioplastike.

1. ŠTUDIJA PRIMERA • NAGROBNE SVEČE

- najmanjši vpliv ima lesena sveča (predlog 1)
- nato aluminijasta (predlog 3)
- največji pa bioplastična (predlog 2)



ŠTUDIJA PRIMERA 2



Okoljski vpliv pnevmatik na podlagi silicijevega dioksida / silana v primerjavi z pnevmatikami na podlagi ogljikovih saj

Okoljski vpliv pnevmatik na podlagi silicijevega dioksida / silana v primerjavi s pnevmatikami na podlagi ogljikovih saj

CILJ

Preučiti možne okoljske vplive pnevmatik:

A) na podlagi silicijevega dioksida / silana v

„zelenih pnevmatikah

B) na podlagi ogljikovih saj

UPORABLJEN PRISTOP



Analiza kategorije vplivov na okolje:

Potencial globalnega segrevanja (GWP100)

Fotokemični potencial za ustvarjanje ozona (POCP)

Primarna raba energije



Funkcijska enota opredeljena kot uporaba pnevmatike za osebna vozila na razdalja vožnje 150.000 km.

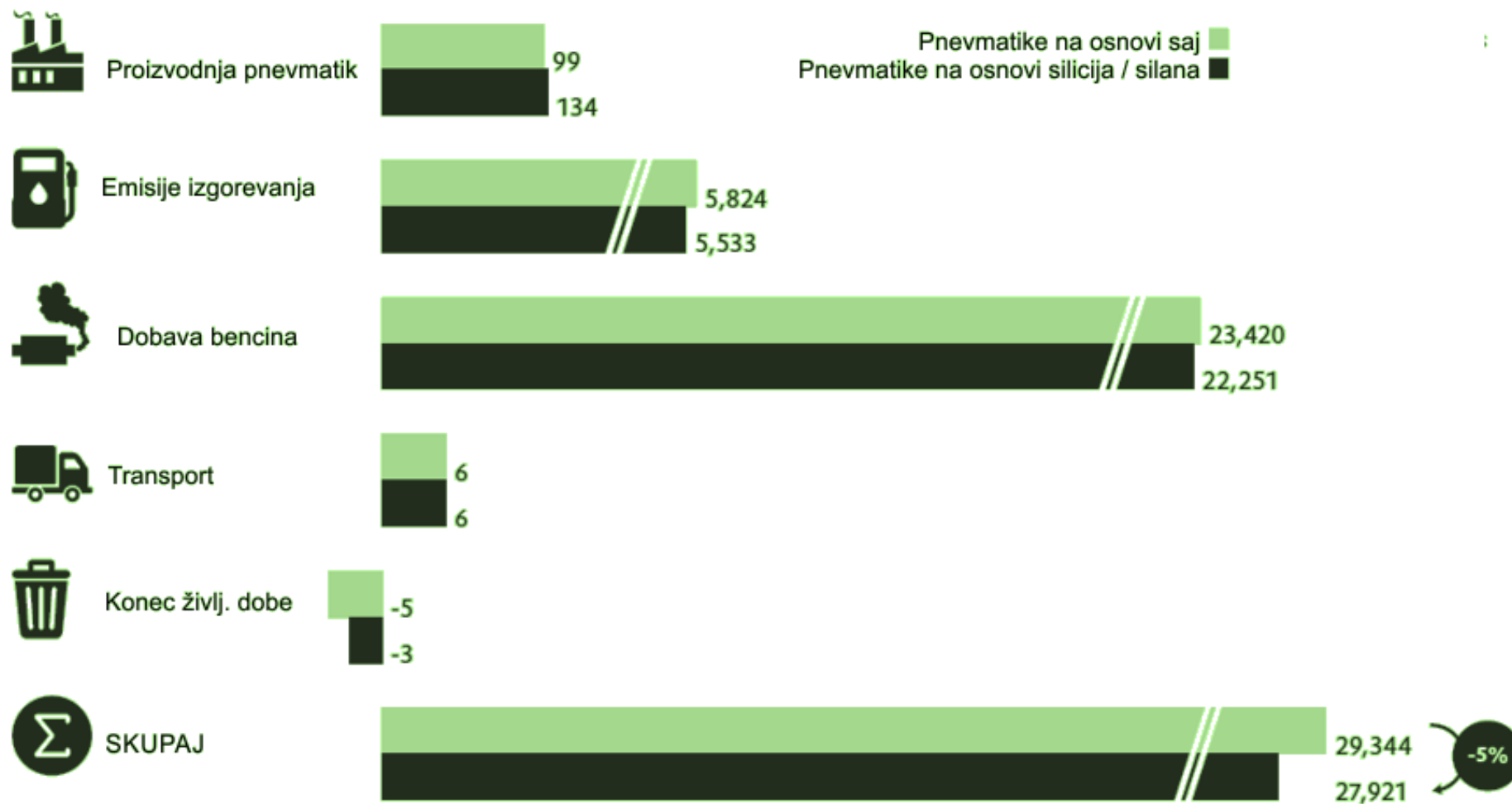


Uporabo metode zbiranja CML. Podatkovna baza GaBi. Analiziran scenarij za konec življenjske dobe – termična obdelava v cementarni.

Rezultati vseh kategorij okoljskega vpliva

Impact categories	Silica/Silane and S-SBR based tires over 150,000 km	Carbon black and E-SBR based tires over 150,000 km
Abiotic Depletion Potential (ADP elements/kg Sb e)	$2.46 \cdot 10^{-3}$	$2.06 \cdot 10^{-3}$
Acidification Potential (AP)/kg SO ₂ e	36.7	377
Eutrophication Potential (EP)/kg Phosphate e	7.02	7.16
GWP 100a excl. biogenic carbon /kg CO ₂ e	27,900	29,300
Ozone Depletion Potential (ODP) . steady state/kg R11 e	$1.14 \cdot 10^{-7}$	$8.46 \cdot 10^{-8}$
POCP/kg Ethene e	4.43	4.77
PED (net cal. value)/MJ	392,000	412,000
Freshwater Aquatic Toxicity Potential (FAETP) inf./kg DCBe ¹	143	151
Human Toxicity Potential (HTP) inf./kg DCBe ¹	890	921
Marine Aquatic Ecotoxicity Potential (MAETP) inf./kg DCBe ¹	398,000	414,000
Terrestrial Ecotoxicity Potential (TETP) inf./kg DCBe ¹	8.63	8.96

Rezultati GWP za pnevmatike na osnovi silicijevega dioksida / silana v primerjavi s pnevmatikami na osnovi karbonskih saj (v kg CO₂-ekv. v prevoženih 150.000 km)



Ključne ugotovitve študije

- V življenjskem ciklu avtomobila se lahko izognemo do 1,4 t CO₂ na 150,000 km vožnje z zamenjavo sestave pnevmatike.
- Faza **uporabe** ima ključni vpliv na celoten življenjski cikel v vseh kategorijah vplivov.
- Zato se je potrebno osredotočiti na fazo uporabe z razvojem sestavin, ki omogočajo zmanjšanje porabe goriva.
- Tudi zmanjšanje emisij VOC v fazi proizvodnje bi imelo pozitiven učinek na celotni življenjski cikel.

ŠTUDIJA PRIMERA 3



Analiza okoljskih vplivov proizvodnje piva
iz vidika celotnega življenjskega cikla

Analiza okoljskih vplivov proizvodnje piva iz vidika celotnega življenjskega cikla

CILJ

Analiza okoljskih vplivov posameznih faz proizvodnje piva s primerjanjem različnih vrst **embalaže** (steklenica, pločevinka, plastenka).

UPORABLJEN PRISTOP



Inventarizacija z meritvami mas embalaže

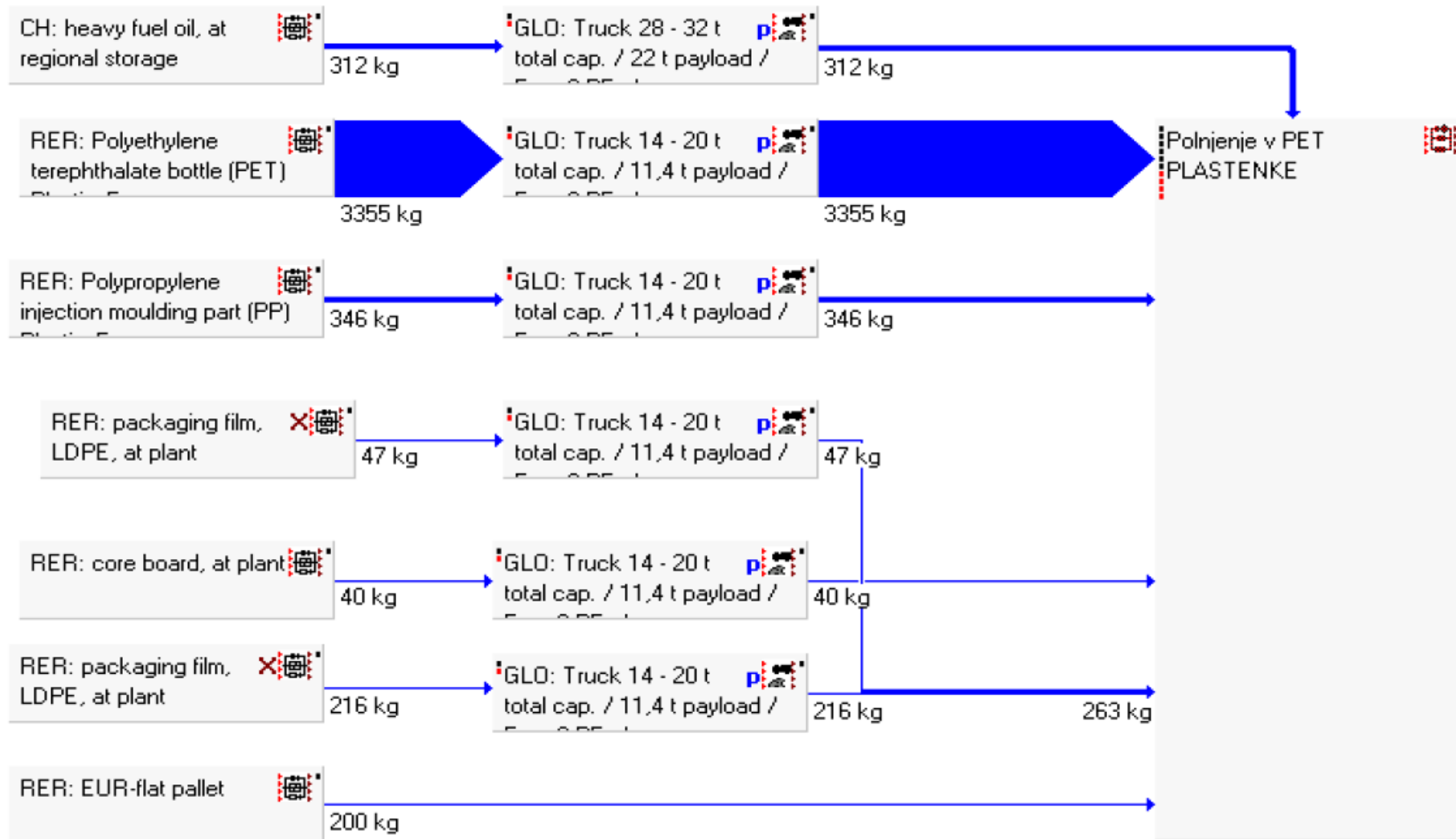


LCA analiza proizvodnih faz:

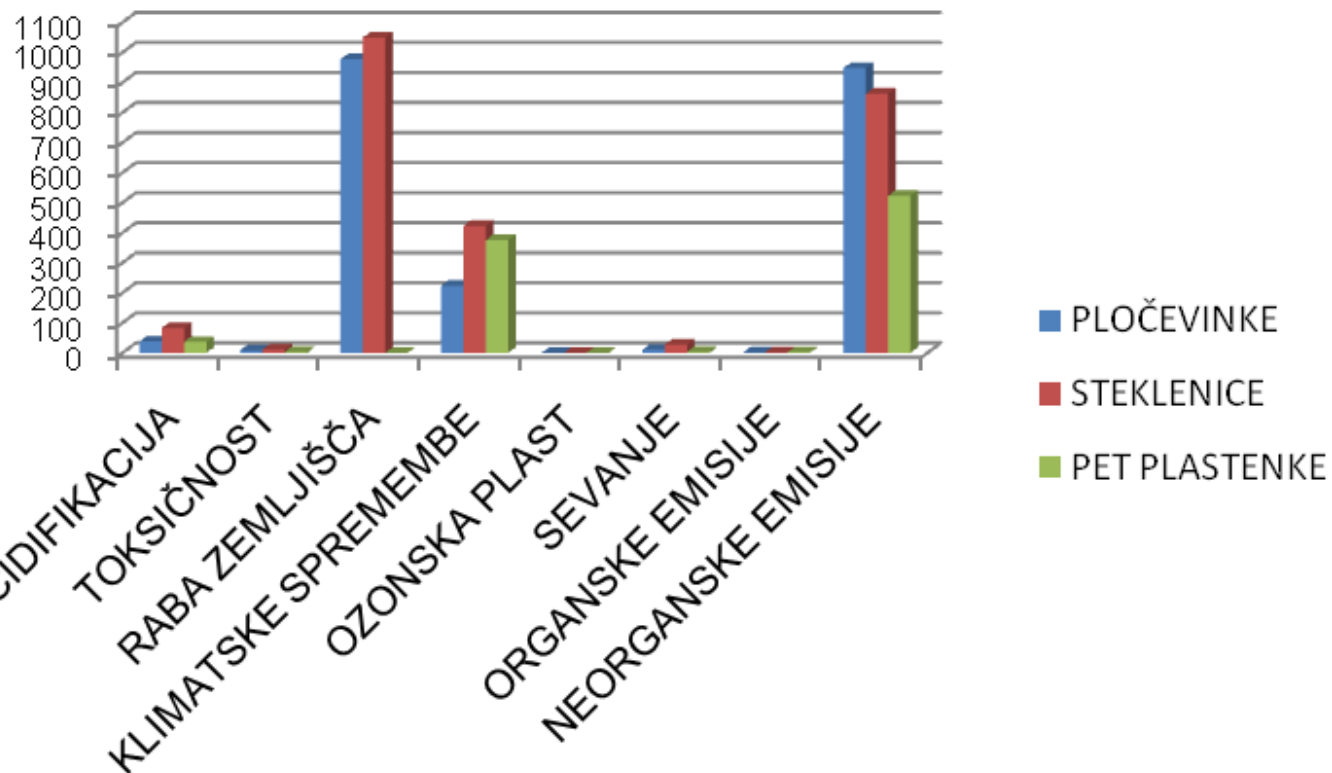


model proizvodnje piva,
model polnjenja piva v pločevinke,
model polnjenja piva v nepovratne steklenice,
model polnjenja piva v plastenke.

Polnjenje piva v PET plastenke



REZULTATI



KLJUČNE UGOTOVITVE

Polnjenje piva v nepovratne steklenice in pločevinke povzroča največje okoljske obremenitve.

Polnjenje piva v plastenke PET je za okolje najbolj ugodno.

Ocenjena samo nepovratna embalaža (trend v svetu).

Seštevek vseh okoljskih vplivov	Polnjenje piva v pločevinke	Polnjenje piva v plastenke	Polnjenje piva v steklenice
---------------------------------	------------------------------------	-----------------------------------	------------------------------------

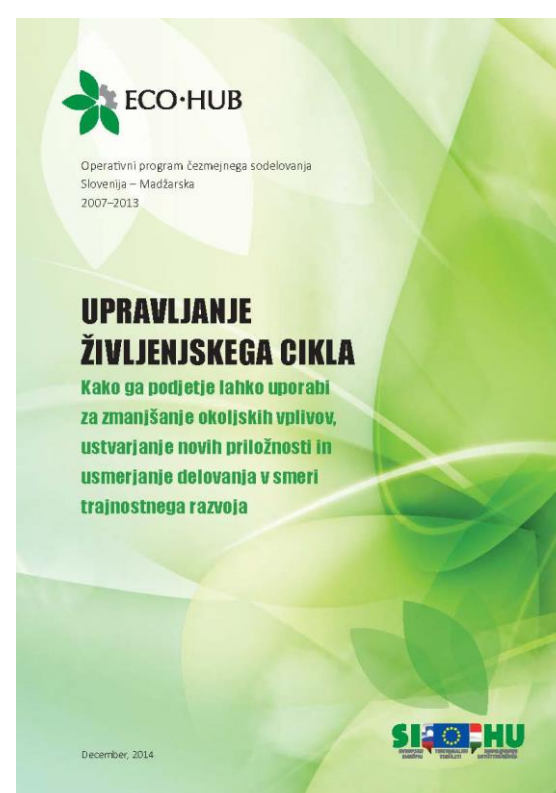
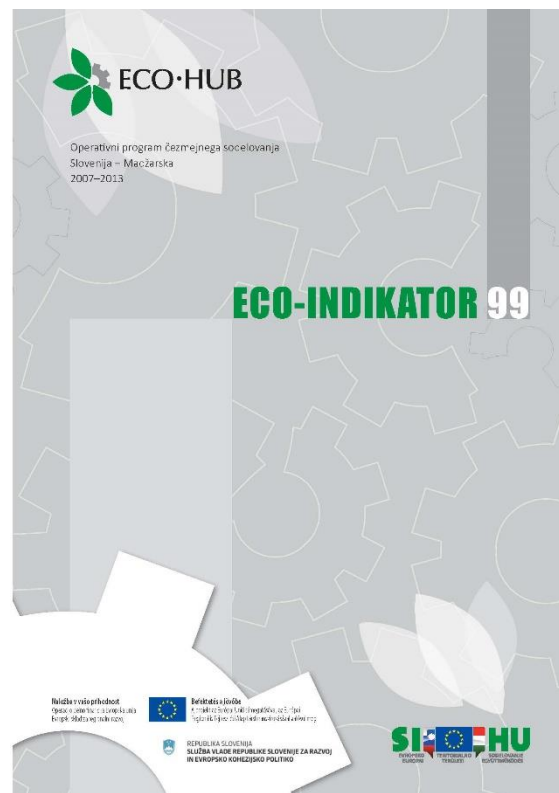
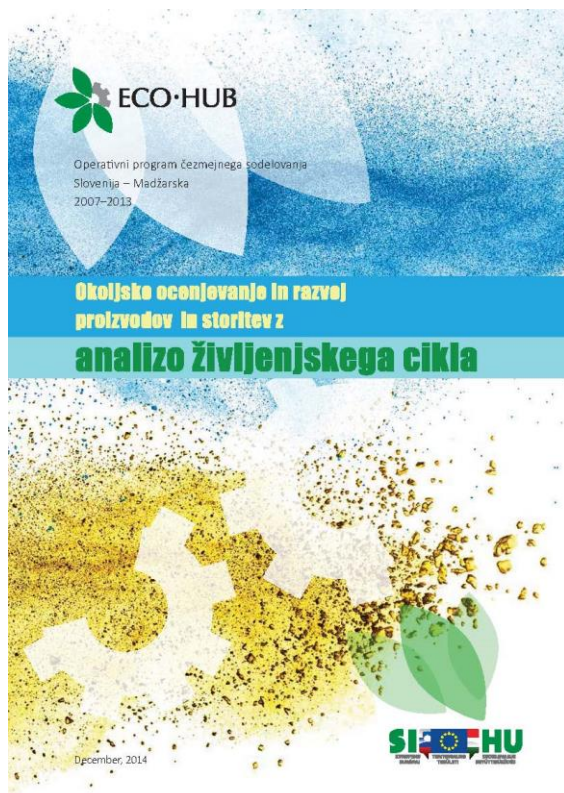
Eko-točke	2.206	942	2.459
-----------	-------	-----	-------

Uporaba in komuniciranje rezultatov analize LCA

- LCA je uporabno orodje, ki z iterativnim procesom meri in tehta več parametrov – energijo, surovine, odpadne vode
- Na globalni ravni so se mnoge organizacije iz zasebnega in javnega sektorja (med drugim multinacionalke, majhna in srednje velika podjetja, mesta, regionalne vlade) zavezale k izboljšanju svoje družbene in okoljske učinkovitosti s sprejetjem pristopov življenjskega cikla.
- Mnogi posamezniki pri sprejemanju odločitev o nakupu uporabljajo informacije, ki so na voljo v trgovinah in na spletu.

ZAKLJUČEK

- Prehod na krožno gospodarstvo je dosežen le tedaj, ko odločitve temeljijo na verodostojnih informacijah.
- Če želimo, da bo krožno gospodarstvo prineslo potrebne spremembe za zagotovitev trajnostnega razvoja, mora biti odločanje o trajnostnih proizvodih, investicijah in politiki usklajeno z uporabo razmišljanja o življenjskem ciklu.



PRIROČNIKI IN BROŠURE

E-pošta:

damjan.krajnc@um.si

zorka.novak@um.si

VABILO

2. konferenca SRIP

Tehnologije in poslovni modeli za krožno gospodarstvo

TBMCE 2019, tbmce.um.si

24. in 25. oktober 2019, Portorož, Hotel Bernardin



Organizatorji

- Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo Maribor
- Kemijski inštitut
- Štajerska gospodarska zbornica

Teme konference

- **Tema 1:** Trajnostna energija
- **Tema 2:** Biomasa in alternativne surovine
- **Tema 3:** Krožni poslovni modeli
- **Tema 4:** Sekundarne surovine in funkcionalni materiali
- **Tema 5:** IKT v krožnem gospodarstvu
- **Tema 6:** Procesi in tehnologije
- **Tema 7:** Izobraževanje za ničelne odpadke in krožno gospodarstvo

Panelne diskusije

- Odpadne plastika in gume
- Aktualni nacionalni in mednarodni projekti na področju krožnega gospodarstva
- Izobraževanje za ničelne odpadke in krožno gospodarstvo
- Predstavitve razpisov za projekte in programe na področju krožnega gospodarstva
- Človeški viri – razvoja kadrov za prehod v krožno gospodarstvo
- Povezovanje in sodelovanje med SRIPi

Rok za povzetke: 30. 6. 2019