Cjelovito bilansiranje na primjeru kućanskog aparata primjenom računalnog programa SimaPro

Skorup, Domagoj

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:200:981594

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-24**

Repository / Repozitorij:

Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA

Stručni studij

CJELOVITO BILANSIRANJE NA PRIMJERU KUĆANSKOG APARATA PRIMJENOM RAČUNALNOG PROGRAMA SIMAPRO

Završni rad

Domagoj Skorup

Osijek, 2020.

FERIT
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK

Obrazac Z1S: Obrazac za imenovanje Povjerenstva za završni ispit na preddiplomskom stručnom studiju

Osijek, 16.09.2020.

Odboru za završne i diplomske ispite

Imenovanje Povjerenstva za završni ispit na preddiplomskom stručnom studiju

Ime i prezime studenta:	Domagoj Skorup
Studij, smjer:	Preddiplomski stručni studij Elektrotehnika, smjer Elektroenergetika
Mat. br. studenta, godina upisa:	A 4383, 19.09.2019.
OIB studenta:	49963824949
Mentor:	Doc. dr. sc. Goran Rozing
Sumentor:	Doc. dr. sc. Vedrana Jerković-Štil
Sumentor iz tvrtke:	
Predsjednik Povjerenstva:	Dr. sc. Krešimir Miklošević
Član Povjerenstva 1:	Doc. dr. sc. Goran Rozing
Član Povjerenstva 2:	Dr.sc. Venco Ćorluka
Naslov završnog rada:	Cjelovito bilansiranje na primjeru kućanskog aparata primjenom računalnog programa SimaPro
Znanstvena grana rada:	**Elektroenergetika (zn. polje elektrotehnika)**
Zadatak završnog rada	Primjenom LCA metode i računalnog programa SimaPro usporediti dvije varijante kućanskog el. aparata i predložiti povoljnije rješenje.
Prijedlog ocjene pismenog dijela ispita (završnog rada):	Vrlo dobar (4)
Kratko obrazloženje ocjene prema Kriterijima za ocjenjivanje završnih i diplomskih radova:	Primjena znanja stečenih na fakultetu: 2 bod/boda Postignuti rezultati u odnosu na složenost zadatka: 2 bod/boda Jasnoća pismenog izražavanja: 2 bod/boda Razina samostalnosti: 2 razina
Datum prijedloga ocjene mentora:	16.09.2020.

Potpis mentora za predaju konačne verzije rada u Studentsku službu pri završetku studija:	Potpis:
	Datum:

FERIT
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK

IZJAVA O ORIGINALNOSTI RADA

Osijek, 26.09.2020.

Ime i prezime studenta:	Domagoj Skorup
Studij:	Preddiplomski stručni studij Elektrotehnika, smjer Elektroenergetika
Mat. br. studenta, godina upisa:	A 4383, 19.09.2019.
Turnitin podudaranje [%]:	4

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom**: Cjelovito bilansiranje na primjeru kućanskog aparata primjenom računalnog programa SimaPro**

izrađen pod vodstvom mentora Doc. dr. sc. Goran Rozing

i sumentora Doc. dr. sc. Vedrana Jerković-Štil

moj vlastiti rad i prema mom najboljem znanju ne sadrži prethodno objavljene ili neobjavljene pisane materijale drugih osoba, osim onih koji su izričito priznati navođenjem literature i drugih izvora informacija.
Izjavljujem da je intelektualni sadržaj navedenog rada proizvod mog vlastitog rada, osim u onom dijelu za koji mi je bila potrebna pomoć mentora, sumentora i drugih osoba, a što je izričito navedeno u radu.

Potpis studenta:

SADRŽAJ:

1. UVOD 1

2. LCA – CJELOVITO BILANSIRANJE 3

2.1. Razvoj LCA u povijesti 5

2.2. Faze LCA analize 7

2.2.1. Definicija cilja i opsega LCA analize („*Goal and scope definition*“) 8

2.2.2. Sveukupna analiza podataka („*Overall inventory analysis, LCI*“) 9

2.2.3. Određivanje utjecaja na okoliš („Impact Assessment, LCIA“) 10

2.2.4. Interpretacija („Interpretation“) 10

2.2.5. Obilježja i principi LCA analize 11

3. EKO-INDIKATORI 12

3.1. Standardni eko-indikatori 14

3.2. Detaljan opis eko-indikatora 15

3.2.1. Proizvodnja materijala 15

3.2.2. Proizvodni procesi 15

3.2.3. Transport 16

3.3.4. Proces proizvodnje energije 16

3.3.5. Odlaganje 16

3.3. Uporaba standardnih eko-indikatora 18

4. PRIMJENA LCA NA PRIMJERU KUĆANSKOG APARATA 20

4.1. Programski alat SimaPro 20

4.1.1. SimaPro for business 20

4.1.2. SimaPro for education 21

4.2. LCA analiza na primjeru kuhalu za vodu MyDomo 631 24

4.2.1 Analiza kuhala za vodu MyDomo uporabom računalnog programa SimaPro 28
4.3. LCA analiza na primjeru kuhalu za vodu Simpex Basic 36
4.3.1 Analiza kuhala za vodu Simpex uporabom računalnog programa SimaPro 39
5. ZAKLJUČAK 45
LITERATURA 46
SAŽETAK 47
SUMMARY 48
ŽIVOTOPIS 49

1. UVOD

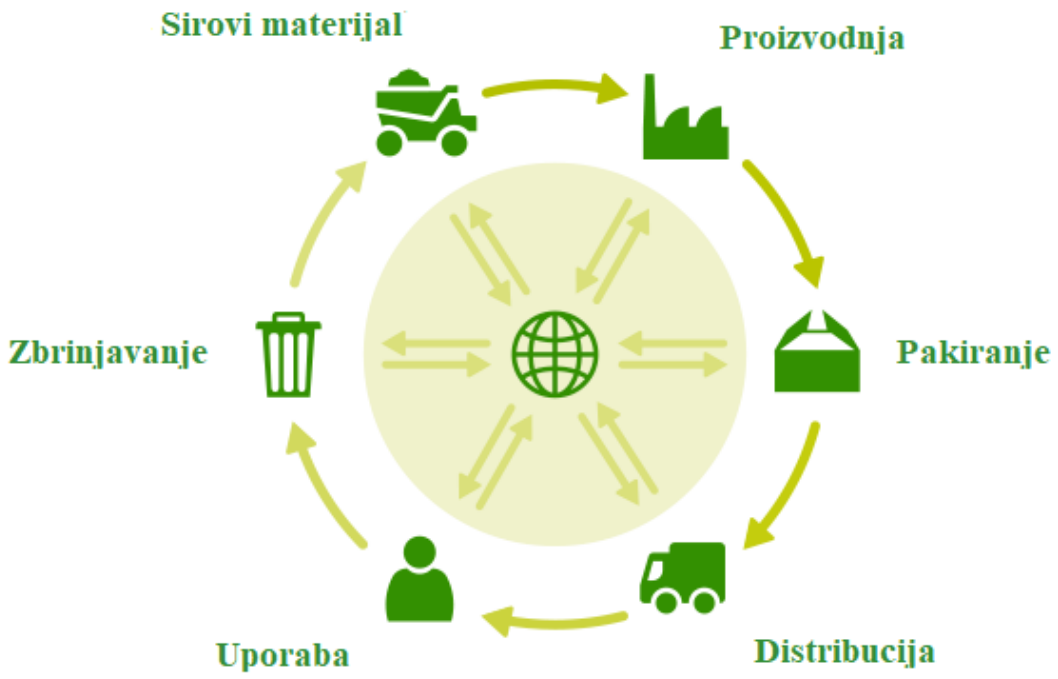
Industrijska proizvodnja današnjice uvelike utječe na okoliš diljem svijeta. Konstantan porast svjetske populacije ima veliki utjecaj na širenje industrije u svijetu. Isto tako, na širenje industrije utječe i razvijanje novih tehnologija i modernizacija postojećih industrijskih postrojenja sa svrhom ubrzanja procesa proizvodnje, smanjenjem postotka pogreške radnika, boljom iskoristivosti materijala, poboljšanom kvalitetom gotovog proizvoda, smanjenjem utjecaja industrije na okoliš i tako dalje. Razvitkom industrije naglo su porasle potrebe za većom količinom energije i materijala te su također uz to naglo porasle emisije štetnih stakleničkih plinova koji su glavni razlog globalnog zagrijavanja Zemljine površine i najnižih slojeva atmosfere. Znanstvenici smatraju da je za globalno zagrijavanje Zemlje najviše zaslužan čovjekov utjecaj, ugljikov dioksid, metan i ostali stakleički plinovi proizvedeni od strane industrijskih postrojenja te krčenje velikih dijelova šuma, odnosno deforestacija. Nastojanjem smanjenja utjecaja emisija štetnih plinova i globalnog zagrijavanja na postupke proizvodnje proizvoda, njegovog korištenja te samim njegovim utjecajem na okoliš nastao je novi pristup zvan cjelovito bilansiranje (LCA, engl. *Life-cycle assessment, Life cycle analysis*) ili ekobilansiranje. Isto kao i čovjek, životinje ili biljke, svaki proizvod koji izađe iz tvornice imaju svoj životni ciklus. Životni ciklus svakog proizvoda, isto kao i nas ljudi, sastoji se od nekoliko faza. Tijekom svake od tih faza energija i svi sirovi materijali se crpe iz prirode te su neki od tih materijala brzo obnovljivi i nema straha da će ih ponestati. S druge strane neki se materijali ne obnavljaju tako lako i u prirodi ih nema mnogo, odnosno ima ih u ograničenim količinama. Samim tim procesima crpljenja materijala i obradom istih te životnim vijekom proizvoda, u okoliš se ispuštaju velike količine raznih štetnih tvari. Kako bi došlo do smanjenja štetnog utjecaja čovjeka i industrije na okoliš te očuvanja istog, potrebno je provoditi mjere u pogledu smanjenja utroška energije i materijala, ali i smanjenja ispuštanja štetnih tvari u okoliš. U tom procesu smanjenja štetnog utjecaja jedna od najčešće korištenih metoda je LCA metoda, pomoću koje se sakupljaju informacije, dokumentira i prati cijeli životni vijek nekog proizvoda te njegov utjecaj na okoliš. Iako LCA metoda ima brojne dobre i korisne karakteristike, njezin način procjene utjecaja gotovog proizvoda na okolinu je veoma skup i zahtjevan te zahtjeva mnogo vremena. Brojevi koje dobivamo iz podataka procjene životnog ciklusa proizvoda nazivaju se eko-indikatorima. Eco-indicator 99 je metoda koja je dokazano uvelike olakšala posao dizajnera, konstruktora, inženjera te mnogih drugih pri konstrukciji i izradi novih

proizvoda. Pomoću konkretnih brojeva dobivenih Eko-indikatorima konstruktorima je mnogo lakše usporediti dva ili više proizvoda ili njihove izvedbe.

U ovom završnom radu završnom radu opisana je LCA metoda (cjelovito bilansiranje) i Eco indicator-99 pomoću kojih se provodi ekološka analiza. Na primjeru dva električna kućanska aparata (kuhalo za vodu) uspoređeni su najznačajniji pokazatelji utjecaja na okoliš. Pri određivanju pokazatelja koristio se računalni program SimaPro 9.0.

1. LCA – CJELOVITO BILANSIRANJE

LCA, Life-cycle Assessment, je metoda koja nam omogućuje praćenje i dokumentaciju utjecaja svih faza životnog vijeka proizvoda na okoliš, odnosno procjena cjelokupnog utjecaja nekog proizvoda na okoliš. Proizvodi imaju svoj životni vijek koji se sastoji od nekoliko faza. Životni vijek svakog novog proizvoda započinje eksploatacijom sirovog materijala iz prirode od kojega će nastati proizvod te njegov dizajn i konstrukcija („rođenje“). Zatim proizvod dolazi u fazu („zrelost“) gdje se distribuira krajnjim korisnicima koji ga potom koriste određeni vremenski period. Nakon određenog vremenskog perioda uporabe proizvoda radi dotrajalosti ili kvara isti se odlaže u otpad ili se stavlja u proces recikliranja („smrt“). Životni vijek proizvoda, nastanak, korištenje proizvoda te njegovo zbrinjavanje još nazivamo „od kolijevke pa do groba“ (engl. „*Cradle-to-grave*“). Životni ciklus proizvoda prikazan je na slici 2.1.

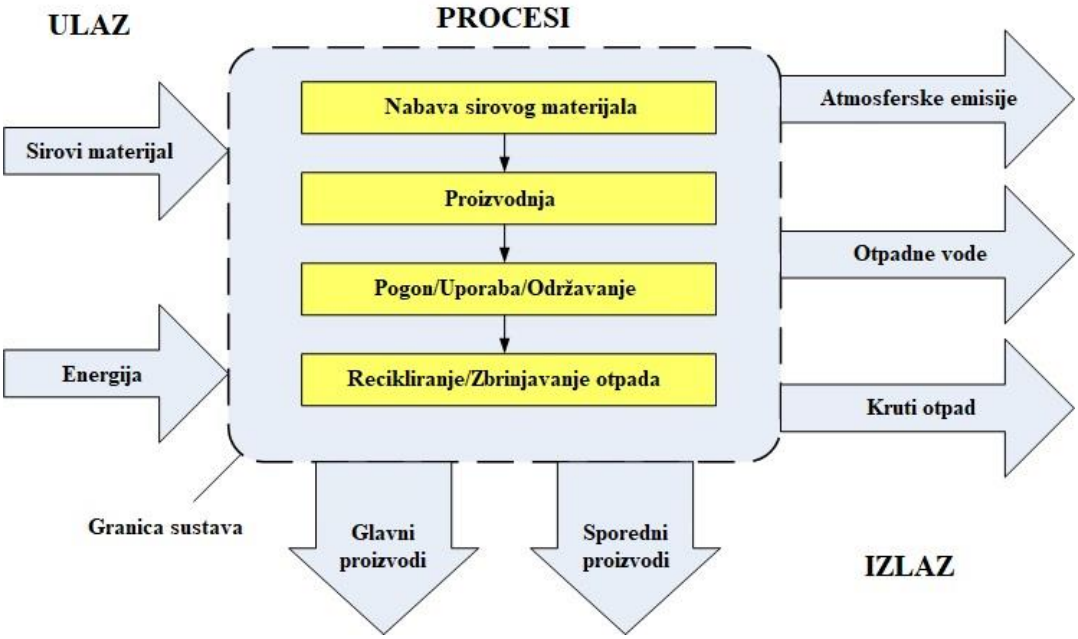


Sl. 2.1. Prikaz životnog ciklusa proizvoda "Od kolijevke pa do groba" [2]

Životni ciklus svakog novog proizvoda započinje eksploatacijom sirovog materijala (ruda, sirovina, energija, engl. „*Raw materials*“) iz prirode radi dobivanja novih materijala. Od

novodobivenih materijala, dizajniranjem i konstruiranjem te odgovarajućim postupcima proizvodnje dobivaju se novi gotovi proizvodi (engl. „*Manufacturing*“). Nakon proizvodnje gotovi se proizvod pakira (engl. „*Packaging*“) za prodaju i priprema se za transport (engl. „*Distribution*“) diljem svijeta na razne lokacije kao što su distribucijski centri, skladišta, trgovački centri i drugi gdje se oni nadalje koriste. Proizvodi se upotrebljavaju (engl. „*Use*“) kroz određeni vremenski period, a na taj period uporabe ponajviše utječe kvaliteta izrade, vrijeme uporabe, kvarovi, zastarjelost i drugi čimbenici. Nakon što proizvodi odsluže svoj životni vijek odbacaju se kao otpad gdje jedan dio toga otpada završava u postrojenjima za reciklažu ili u nekoj ponovnoj uporabi, dok ostatak završava u centrima za zbrinjavanje otpada (deponij, engl. „*Disposal*“). Ondje se proizvodi obrađuju nekim od postupaka recikliranja kao što su spaljivanje, fizikalno-kemijska obrada, biološka obrada ili zakapanje u zemlju. Svi koraci životnog ciklusa proizvoda utječu na okoliš kojeg energetski i materijalno iscrpljuju te se uz to u okoliš ispuštaju velike količine štetnih tvari kemijskog, biološkog te nuklearnog porijekla koje mogu doći u svim agregatnim stanjima [1, 3].

Proizvodi većinom imaju negativan utjecaj na okoliš zbog iscrpljivanja prirodnih resursa i energije tijekom njihovog nastanka te tokom korištenja. Međutim, postoje i proizvodi koji osim negativnog utjecaja imaju i pozitivan utjecaj. Takav utjecaj kod proizvoda pojavljuje se ukoliko on tijekom svoga životnog vijeka proizvede reciklirani materijal ili energiju. Ulazni i izlazni podatci prikupljaju se za svaku fazu životnog vijeka što je vidljivo na slici 2.2.



Sl. 2.2 Ulazni i izlazni tokovi životnog ciklusa proizvoda [3]

2.1. Razvoj LCA u povijesti

Cjelovito bilansiranje ili ekobilansiranje (engl. *Life cycle-assessment, Life cycle analysis, LCA*) prvi se puta pojavljuje početkom 60-ih godina prošloga stoljeća. Glavna ideja za nastanak LCA metode bila je globalna zabrinutost tadašnjih stručnjaka zbog ograničenost resursa energije i sirovog materijala u proizvodnji. Ova metoda prvenstveno omogućuje da potaknemo svijest i razmišljanje kako utjecati na smanjenje te reguliranje potrošnje energije kako bi industrije i mi kao pojedinci bili u mogućnosti sačuvati što više prirodnih resursa te kako bi pronašli alternativne načine zaštite prirodnog sustava koji nas okružuje. Jedna od prvih javnih objava koja se pojavila na tržištu privukla je veliku pažnju te pokrenula zabrinutost o energetskom iscrpljivanju prirode. Za tu zabrinutost zaslužan je Harold Smith koji je kreirao kalkulaciju ukupne potrebne energije u kemijskoj industriji u proizvodnji kemijskih proizvoda koju je predstavio tokom Svjetske energetske konferencije (engl. *World Energy Conference*) održane 1963. godine. Kasnije tijekom šezdesetih godina na tržištu su se pojavile druge javne objave kao što su „A Blueprint for Survival“, „The Limits to Growth“ te mnoge druge koje su predviđale i upućivale na to kako će porast svjetske populacije utjecati na sve veće zahtjeve potražnje energije i prirodnih resursa. Prema tim predviđanjima, iscprljivanje fosilnih goriva u kombinaciji sa klimatološkim promjenama koje su posljedica masovnog gomilanja otpada kao i globalnog zagrijavanje imaju značajan utjecaj na nas. Upravo je ta ideja pokrenula zanimanje stručnjaka za izračunom potrošnje energije za ulazne (engl. *Input*) i izlazne (engl. *Output*) procese industrije. Tijekom tih godina objavljene su i provedene brojne studije s ciljem utvrđivanja troškova alternativnih izvora energije. Na primjer, 1969. godine Coca Cola kompanija (engl. *Coca Cola Company*) stvorila je internu studiju koja je stvorila temelje za specifične metode analize inventara životnog ciklusa u SAD-u. Usporedbom različitih ambalaža pića nastojalo se utvrditi koja ambalaža bi imala najmanji utjecaj na okoliš, te kako izraditi ambalažu koja bi imala najmanje utjecaja na ograničene količine prirodnih resursa. Ostale kompanije (tvrtke) u Sjedinjenim Američkim Državama te u Europi provodile su slične usporedbe analize životnog ciklusa (engl. *Life cycle analysis*) u ranim 1970-ima. U to vrijeme, mnogi podaci uzeti su iz javno dostupnih izvora kao što su vladini dokumenti ili stručni radovi, jer specifični industrijski podaci nisu bili dostupni. U svrhu procjene utjecaja korištenja prirodnih resursa te utjecaja gotovog proizvoda na okoliš u SAD-u nastala je metoda poznata kao Resource and Environmental Profile Anylisis (REPA), dok se u Europi u to vrijeme

razvijala metoda zvana Ecobalance. Formiranjem grupa javnog interesa potičući industriju da osigura točnost informacija u javnim objavama, te utjecajem naftne krize 1970-tih provedeno je otprilike 15 REPA između 1970. i 1975. Tijekom tog razdoblja, razvijen je protokol ili standardna metodologija istraživanja za provođenje ovih studija. Ova metodologija u više koraka uključuje brojne pretpostavke, što bi u konačnici značilo da nije posve točna. Upravo to je glavni razlog zašto su tokom tih godina tehnike, kao i pretpostavke, podlegle pregledu značajnih predstavnika industrija i EPA, što nas je dovelo do trenutka u kojem su nastale metodologije [12,13].

Tijekom drugog dijela 70-ih, stručnjaci su postali zainteresirani za sveobuhvatne studije zbog naftne krize koja je zahvatila svijet oko nas, kao i briga za okoliš koja je bila primjenjiva u svakoj pojedinoj industriji. Za to vrijeme analiza životnog ciklusa (engl. *Life cycle analysis)* počela je primjenjivati standardiziranu metodologiju koja nas je dovela do točke u kojoj su objavljivane dvije studije godišnje, a većina se fokusirala na energetske potrebe i ono što bi društvo trebalo učiniti kako bi se izbjegli problemi. Europski interes se počeo širiti nakon što je osnovan ured za zaštitu okoliša, te su tada stručnjaci za procjenu životnog ciklusa stvorili perspektivu i metodologiju kao u SAD-u. Osim glavnog cilja stvaranja načina za standardiziranje propisa o zagađenju, ured za zaštitu okoliša stvorio je i zakon o spremnicima za tekuće prehrambene proizvode. Doneseni zakon regulirao je tvrtke u pogledu nadzora potrošnje sirovina i energije kao i stvaranje čvrstog otpada. Kada je kruti otpad 1988. godine postao svjetski problem, LCA se opet pojavila kao alat za analizu ekoloških problema. Kako je rastao interes za sva područja koja utječu na resurse i okoliš tako se i metodologija za LCA ponovno poboljšava. Konzultanti i istraživači širom svijeta dodatno usavršavaju i proširuju metodologiju koja dovodi LCA do nove evolucije.

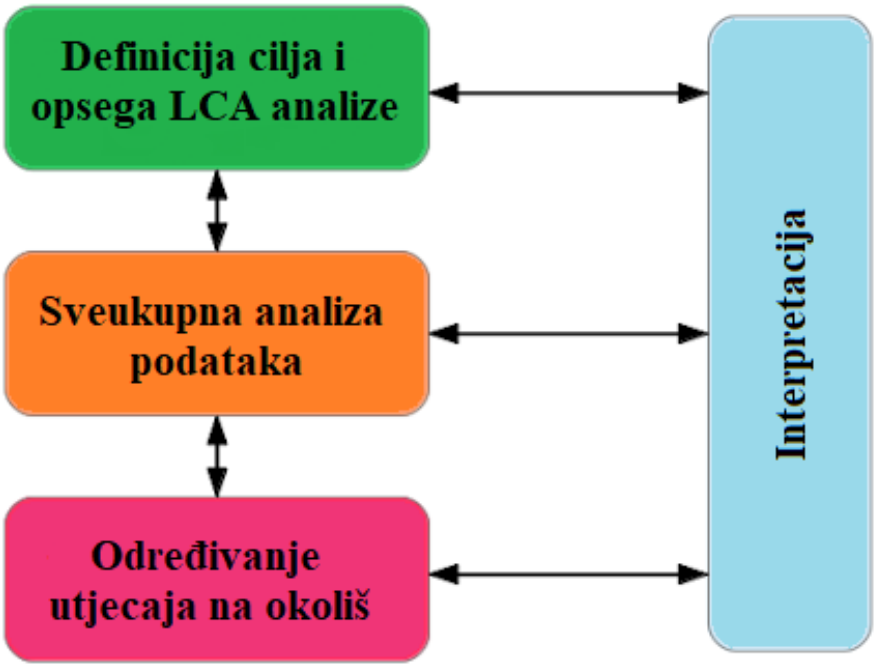
1991. godine, pojavila se zabrinutost oko neprimjerene upotrebe LCA metodologija u svrhu promocije proizvoda. Tada je izdana izjava od strane jedanaest generalnih državnih odvjetnika u Sjedinjenim Američkim državama u kojoj se navodi odricanje upotrebe rezultata LCA metodologija u svrhu promocije proizvoda. Ovaj korak, zajedno sa pritiskom ostalih organizacija za zaštitu okoliša te standardizaciju LCA metodologije, doveo je do razvoja LCA standarda u međunarodnoj organizaciji za standarde (engl. ISO, *International Standards Organization*), ISO 14000 (1997. do 2002. godine).

Tijekom 2002. godine United Nations Environment Programme (UNEP) udružuje se sa Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC) kako bi pokrenuli Life Cycle Initiative, odnosno internacionalno partnerstvo. Tri programa inicijative imaju za cilj razmišljanje o životnom ciklusu u praksi i na poboljšanju pratećih alata putem boljih sakupljenih podataka i pokazatelja. Life Cycle Management (LCM) program stvara svijest i poboljšava vještine donositelja odluka proizvodnjom informativnih materijala, uspostavljanjem foruma za razmjenu najboljih praksi i provođenjem programa za obuku u svim dijelovima svijeta. Life Cycle Inventory (LCI) program poboljšava globalni pristup transparentnim, visokokvalitetnim podacima životnog ciklusa kako bi grupe stručnjaka imale koristi za svoja istraživanja. Life Cylce Impact Assessment (LCIA) program povećava kvalitetu i globalni doseg pokazatelja životnog ciklusa promicanjem razmjene razmišljanja među stručnjacima čiji rad rezultira grupom široko prihvaćenih preporuka [1, 4, 12].

1.2. Faze LCA analize

LCA analiza sadrži standardnu metodologiju što znači da je vrlo transparentna i pouzdana. Narodna organizacija za standardizaciju (engl. ISO, *International Organization for Standardization)* pruža opće standarde kada su u pitanju ISO 14044 i ISO 14040. Stoga možemo razlikovati četiri faze procjene životnog ciklusa proizvoda prikazane na slici 2.3 [5].

- definicija cilja i opsega LCA analize (engl. *Goal and Scope Definition*)
- sveukupna analiza podataka (engl. *Overall inventory analysis, LCI*)
- određivanje utjecaja na okoliš (engl. *Impact Assessment, LCIA*)
- interpretacija (engl. *Interpretation*)



Sl. 2.3 Faze procjene životnog ciklusa prema ISO 14040 standardu [5]

1.2.1. Definicija cilja i opsega LCA analize („*Goal and scope definition*“)

Definicija cilja i opsega LCA analize osigurava da se LCA analiza provodi na dosljedan i ispravan način. LCA modelira usluge, proizvod ili cijeli životni ciklus. Ono što je veoma važno razumjeti je to da je model pojednostavljena verzija složene realnosti, a kao i kod svih pojednostavljenih verzija to znači da će se stvarnost na neki način izmijeniti. Kada kažemo pojednostavljenje, govorimo o tome kako različiti materijali utječu na stvarnost koja nas okružuje. Glavni problem i izazov većine stručnjaka i ljudi koji stvaraju LCA je kako razviti savršen model koji će izbjeći iskrivljenja i pojednostavljenja koja mogu imati utjecaj na konačne rezultate LCA analize. Najbolji način da se to učini je precizno definiranje opsega i cilja analize, što je prvi i najbitniji korak bez kojega ne bi mogli dobiti ispravne i točne rezultate. Prema tome, opseg i ciljevi su najkritičnije stavke koje trebamo uzeti u obzir, te opisati koji su glavni razlozi zašto upravljamo ovim postupkom. Druga važna činjenica je da stvaranjem ciljeva i opsega LCA, lako možemo definirati proizvod kao i njegov životni ciklus

kako bi lakše razumjeli njegove granice. Odluke koje je potrebno donijeti na početku i tokom definicije LCA procesa su [6]:

- definicija cilja i opsega
- predviđena primjena, publika
- granice
- funkcionalna cjelina
- raspodjela
- zahtjevi za kvalitetu podataka

1.2.2. Sveukupna analiza podataka („*Overall inventory analysis, LCI*“)

Druga faza životnog ciklusa uključuje razmatranje svih ulaznih podataka vezanih za okoliš te izlaznih podataka koji su usko vezani sa uslugom ili proizvodom koji koristimo. Ovdje govorimo o „potrošnji“ energije i sirovina koje su nam potrebne za procese proizvodnje kao i o kretanjima otpada te štetnim emisijama. Kroz ovu određenu fazu prikupljanjem, organizacijom i obradom podataka dobiti ćemo detaljnu sliku onoga što se događa sa našim proizvodom te kako on utječe na okoliš. Ova baza podataka može biti veoma korisna raznim poduzećima, organizacijama i kompanijama koje mogu usporediti svoje proizvode i proizvodne procese sa drugima u svijetu. Isto tako pomoću ove baze podataka i analiza moguće je i donošenje novih zakona, pravila i ograničenja vezanih za štetno djelovanje industrije na okoliš [6].

Neki od podataka koji se prikupljaju su:

- ulazi i izlazi procesne jedinice sustava
- unosi energije
- unosi sirovina
- ostali fizički ulazi
- emisije u zrak
- ispuštanja u vodu i tlo

1.2.3. Određivanje utjecaja na okoliš („Impact Assessment, LCIA“)

Tijekom treće faze procjene životnog ciklusa, od velike je važnosti stvoriti zaključke koji će nam pomoći razumjeti odluke koje utječu na naše poslovanje. Stoga je potrebno klasificirati kako proces proizvodnje utječe na okoliš, kao i procijeniti sve što je od velike važnosti i ono što želimo postići u prvom dijelu LCA koje je navedeno gore u tekstu. Najvažnija odluka koju je potrebno donijeti je željena razina integracije rezultata. To obično ovisi o načinu na kojem se želimo obratiti svojoj publici i sposobnosti publike da razumije detaljne rezultate. LCIA faza provodi se kroz nekoliko sljedećih koraka:

- odabir metode procjene utjecaja na okoliš (i.e., ReCIPe, EcoIndicator 99 i drugi)
- unosi energije
- odabir kategorija utjecaja
- modeli karakterizacije
- klasifikacija LCA rezultata
- grupiranje i normalizacija
- ocjenjivanje
- kalkulacija rezultata LCIA faze

1.2.4. Interpretacija („Interpretation“)

Četvrta faza, odnosno faza tumačenja pružiti će nam zaključke koje smo dobili tijekom cijelog postupka koji u cijelosti utječu na opseg i ciljeve koje smo odredili u prvom dijelu postupka. Imajući na umu da ukoliko želimo udovoljiti standardima ISO 14044, potrebno je provjeriti dali su zaključci valjani i podržani podatcima koje smo koristili tijekom postupka. Tek nakon što to učinimo moći ćemo dijeliti svoje rezultate i odluke o poboljšanju sa ljudima diljem svijeta. Na tržištu su dostupni mnogi LCA programski alati a sve ovisi o našim željama i zahtjevima. Neki od danas dostupnih LCA programskih alata su Umberto, SimaPro, GaBi, OpenLCA, LCAPIX, BEES 4.0 i TEAM [6]. Faza interpretacije se bazira na:

- interpretacija rezultata i upotrebljivosti
- značaj, ograničenje, sveobuhvatnost
- prilike za poboljšanje

- strateško donošenje odluka
- odabir indikatora
- razvoj proizvoda
- marketing

1.2.5. Obilježja i principi LCA analize

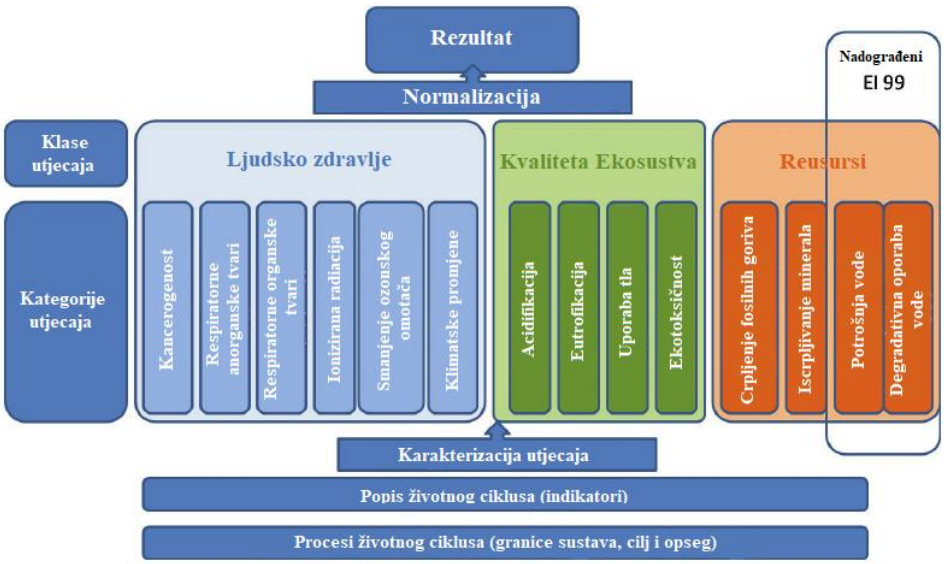
Analiza životnog ciklusa odnosno LCA analiza ima mnoga obilježja i principe koji ju opisuju. Neki od tih obilježja i principa su:

- LCA analize imaju zadatak odrediti utjecaj proizvodnje proizvoda na okoliš
- sve informacije sadržane u LCA analizi moraju biti dostupne javnosti, jasne, i točne
- LCA analize potrebno je kontinuirano nadopunjavati novim podacima
- provođenje LCA analize može biti veoma skupo
- vrijeme koje je potrebno za provođenje analiza može biti dugotrajno
- za analizu kompliciranih proizvoda, potrebno je mnogo vremena i prikupljenih podataka
- programski alati za provođenje LCA analiza mogu biti veoma skupocjeni, stoga ih manje tvrtke nisu u mogućnosti priuštiti
- dostupnost podataka za provođenje analiza je ponekad ograničena
- ponekad podaci nisu zadovoljavajuće kvalitete
- potrebno je znanje visoko obrazovanih stručnjaka pri donošenju odluka
- izbjeći višestruki proračun istih stavki, kao što su potrošnja energije, materijala i proizvodnje otpada ili zagađenja
- obuhvatiti energetsku vrijednost materijala i proizvodnu vrijednost energetskih izvora

2. EKO-INDIKATORI

Eko pokazatelj (engl. *Eco-Indicator 99*) je metoda procjene ukupnog životnog utjecaja proizvoda na okoliš (engl. Life cycle impact Assessment). Metodu je razvila nizozemska tvrtka PRé Consultants B.V. *Eco-Indicator 99* pomaže konstruktorima u procjeni utjecaja životnog vijeka proizvoda na okoliš, proračunavajući vrijednosti Eco-Indicator 99 za materijale i proizvodne postupke koje namjeravaju koristiti. Dobivene vrijednosti upućuju na pravac poboljšanja proizvoda. Eko-indikatori su pokazatelji koji uzimaju u obzir jedno ili više područja djelovanja na okoliš te što je iznos indikatora veći to je i utjecaj na okoliš veći. Vrijednosti eko-indikatora nemaju dimenziju stoga se izražavaju kao bodovi ili milibodovi (engl. *Point, Pt*). Osnovni smisao eko-indikatora je usporedba dvaju proizvoda ili dijelova proizvoda tako da jedinica mjere i nije presudna. Vrijednosna skala je tako odabrana da 1 Pt odgovara jednoj tisućinki godišnjeg utjecaja na okoliš prosječnog stanovnika Europe [8, 9]. Eco-Indicator obuhvaća tri životne faze proizvoda:

- dobivanje materijala (npr. plastika, guma, aluminij, bakar), prerada i izrada proizvoda (npr. lijevanje, brizganje, kovanje, strojna obrada)
- transport proizvoda (npr. željeznicom, brodom, kamionom, avionom)
- zbrinjavanje odbačenog proizvoda (npr. deponij, spalionica)



Sl. 3.1 Eko-Indikator 99, kategorije utjecaja na okoliš [7]

Utjecaj proizvoda na okoliš promatra se kroz tri područja u kojima oni mogu prouzročiti štetu [8], što je vidljivo na slici 3.1

- **ljudsko zdravlje (engl. *Human Health*)** - misli se na broj i trajanje bolesti te na godine izgubljene zbog prerane smrti. Bolesti mogu biti u raznim oblicima kao na primjer kardiovaskularne i respiratorne bolesti izazvane klimatskim promjenama, karcinom kao rezultat ionizirajućeg zračenja, karcinom i očne bolesti nastale smanjenjem ozonskog omotača, respiratorne bolesti i karcinom kao rezultat toksične koncentracije u zraku, vodi i hrani

- **kvaliteta ekosustava (engl. *Ecosystem Quality*)** – podrazumijeva se utjecaj na raznolikost vrsta, obuhvaćeni efekti su emisije opasnih tvari, kiselost, eutrofikacija i iskorištavanje tla. Korištenje tla i transformacija tla, modelirana je na bazi kvalitete empiričkih podataka kvalitete eko sustava kao funkcija tipa i veličine tla. Postoji lokalni i globalni učinak. Emisije opasnih tvari (ekotoksičnost) odnosi se na utjecaj koncentracije opasnih spojeva na život kopnenih i vodenih organizama (mikroorganizmi, biljke, alge, vodozemci, mekušci, rakovi i ribe).
- **resursi (engl. *Resources*)** – posebno se odnosi na višak potrošnje energije koja će u budućnosti biti potrebna za ekstrakciju siromašnijih mineralnih i fosilnih izvora. Pod resursima ili izvorima se misli na mineralne izvore i fosilna goriva. Poljoprivredne, šumske resurse i resurse kao što su pijesak i šljunak smatra se kao korištenje tla. Kvaliteta resursa u pogledu koncentracije minerala i sirove nafte (laka nafta, teška nafta) nisu uzeti u obzir, tako da svako naftno i mineralno polje ima jednaku kvalitetu izvađenih minerala ili nafte. Obnovljivi izvori također nisu obuhvaćeni jer su veoma komplicirani za opisivanje i ovise o mnogo faktora koji se razlikuju od slučaja do slučaja. Metoda obuhvaća povećanje potrebe energije za eksploataciju minerala ili nafte u budućnosti.

Eko-indikator može se shvatiti kao nadogradnja LCA metode. Temelj na kojem počiva eko-indikator 99 je LCA metoda. U ovoj metodi susreću se tri osnovna gledišta, odnosno polja kroz koje se definira proizvod:

- **tehnosfera** – opisuje životni ciklus proizvoda, tj. emisiju tokom životnog ciklusa proizvoda
- **ekosfera** – modeliranje simulacija promjena (šteta) koje su nametnute okolišu
- **vrijednosna sfera** – modeliranje promjena koje prednjače po ozbiljnosti

Prva dva gledišta smatraju se područjem tehničkih i prirodnih znanosti, dok je treća dio sociološkog svijeta. Pomoću ova tri gledališta konstruiran je pristup nazvan „trokorak“. Standardni eko-indikatori izračunati su posebno razvijenom složenom metodologijom koja obuhvaća tri koraka:

- prikupljanje podataka o svim emisijama, iskorištavanjem resursa i uporabi tla u svim procesima koji tvore životni ciklus proizvoda.
- proračun štete koje navedeni procesi nanose na ljudsko zdravlje, kvalitetu ekosustava i resurse
- usporedba kategorije štete po važnosti

3.1. Standardni eko-indikatori

Kako bi se ubrzala faza analize, za pojedine faze životnog ciklusa unaprijed su izračunati eko indikatori i dostupni su u tablicama (standardni eko-indikatori). Tako unaprijed izračunati indikatori i bodovi eko indikatora dostupni su za:

- **materijale** – uključene su sve faze proizvodnje sirovine od crpljenja rude do zadnjeg stadija proizvodnje te transporta unutar procesa dobivanja materijala. U to nije uključena proizvodnja kapitalnih dobara kao što su građevine, alat i potrebni strojevi. Vrijednost eko-indikatora za proizvodne procese bazirane su na 1 kg materijala

- **proizvodne procese** – indikatori se odnose na emisije samog procesa, ali i sve emisije do kojih dolazi zbog generiranja potrebne energije. Jedinica pogodna za opis svakog postupka obrade poluproizvoda izražava se u bodovima po kilogramu (Pt/kg)

- **transportne procese** – odnosi se na emisije vozila, ali i one proizašle iz dobivanja potrebnog goriva odnosno energije. Većinom su izražene u tonama (ukoliko je masa vodeća veličina) ili u metrima kubnima (ako je obujam vodeća veličina) po kilometru ($tona/km$ ili m^3/km)

- **procese proizvodnje energije** – Indikatori se odnose na dobivanje i proizvodnju goriva, prijenos energije i dobivanje električne energije. Indikatori se različiti za pojedine zemlje Europe. Standardne jedinice za utrošenu energiju izražene u kilovat satima (Kwh)

- **odlaganje** – različiti proizvodi odlažu se na različite načine, stoga je potrebno dobro razmisliti pri izboru indikatora koji je način odlaganja najprimjereniji. Veličina je masa, a odlaganje je podijeljeno u grupe materijala koji se zbrinjavaju na određene načine

2.2. Detaljan opis eko-indikatora

Za izračun eko-indikatora uzet je europski prosjek. Definicija izraza materijal i proces objašnjeni su na sljedeći način.

2.2.1. Proizvodnja materijala

Zamišljena je kao izolirano područje (proizvodnja metala, polimera, gume) koje započinje postupkom iskapanja prirodnih sirovina pa sve do dobivanja poluproizvoda. Unutar tog područja postoje svi procesi koji su potrebni da bi se dobio poluproizvod. U slučaju proizvodnje polimera to su svi procesi od vađenja nafte, transporta nafte, destilacije i konačno dobivanje granulata, dok su na primjeru čeličnog lima uključeni svi proizvodni procesi od eksploatacije željezne rude i koksa, prerade, sve do postupka valjanja u lim. Stanje investicijskih dobara (na primjer građevine, strojevi, alat i slično) nisu uzeti u obzir.

2.2.2. Proizvodni procesi

Eko-indikatori za proizvodne procese vezani su za štetne emisije same proizvodnje te emisije nastale nužnim procesima dobivanja energije. Kako u proizvodnji materijala tako i u proizvodnim procesima kapitalna dobra kao što su strojevi, alati, građevine, nisu uzeti u obzir.

2.2.3. Transport

Proces transporta uključuje utjecaj štetnih emisija nastalih eksploatacijom i proizvodnjom goriva te proizvodnjom energije iz goriva tijekom transporta. Mjerna jedinica za transport je transport jedne tone tereta ($1000kg$) na udaljenost od xkm (xtk). Transport dijelimo ovisno o vrsti prijevoznog sredstva:

- **cestovni transport** – gdje su masa tereta ($tona/km$), i obujam (m^3/km) kritični faktori
- **željeznički transport** – baziran ne europskom odnosu pogonskih strojeva, dizel i električnih motora te prosječnom opterećenju
- **zračni transport** – različiti tipovi teretnih zrakoplova
- **vodeni transport** – različiti tipovi teretnih i transportnih brodova, riječni i morski transport

Predstavljen je dodatak efikasnosti za uvjete (klimu) srednje Europe. Uračunat je i takozvani prazni hod, odnosno vraćanje bez tereta. Investicijska dobra kao što je proizvodnja kamiona, cestovnih ili pružnih infrastruktura i rukovanje teretom na terminalima ili u lukama je zanemareno.

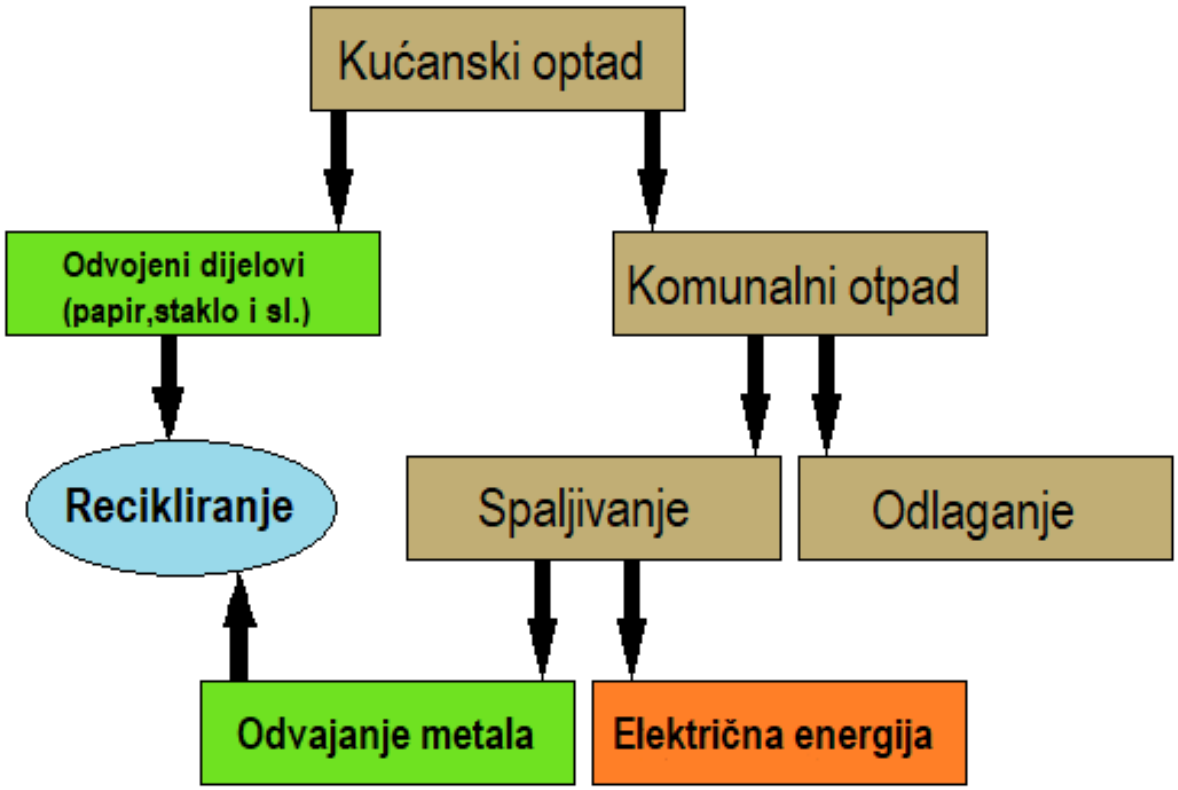
3.3.4. Proces proizvodnje energije

Eko-indikatori vezani za energiju odnose se na procese eksploatacije i proizvodnje goriva, pretvorbe energije i proizvodnju električne energije. U obzir je uzeta učinkovitost koja vrijedi u srednjoj Europi. Za rezultat električne energije uzet je pokazatelj raznih goriva korištenih za proizvodnju energije. Eko-indikator određen je za visoko-naponsku električnu energiju namjene za rad u industriji, i nisko-naponsku električnu struju u većini slučaja korištena u domaćinstvu i u industriji malih snaga.

3.3.5. Odlaganje

Različiti proizvodi ne odlažu se i recikliraju na isti način. Prilikom korištenja indikatora za odlaganje i recikliranje mora se pristupiti na pažljiv način i razmotriti sve metode pogodne za zbrinjavanje. Ukoliko se proizvod većinom sastoji od papira i stakla opravdano je pretpostaviti kako će se proizvod odvojiti na sastavne komponente koje će se odložiti u spremnike za papir

i staklo. Ako se proizvod sastoji od malog udjela stakla, papira, plastike ili nekog drugog materijala bitno je pretpostaviti da će se proizvod tretirati kao komunalni otpad te će se odložiti na odlagalište. Mnogi su načini zbrinjavanja otpada, a neki od tih su spaljivanje otpada, zakapanje otpada, usitnjavanje te taljenje radi dobivanja novih sirovina te mnogi drugi postupci zbrinjavanja. Na slici 3.2. vidljiv je mogući scenarij zbrinjavanja otpada u nekoliko kategorija, gdje je vidljivo da se neki dijelovi proizvoda kao što su na primjer staklo ili papir odvajaju za recikliranje, dok se ostatak proizvoda odlaže kao komunalni otpad koji tada odlazi na odlaganje ili spaljivanje. Postupkom spaljivanja komunalnog otpada dobiva se toplinska energija koja se koristi za zagrijavanje vode, odnosno pretvaranje vode u vodenu paru za pokretanje parne turbine unutar termoelektrane radi proizvodnje električne energije. Ostatak spaljenog otpada odnosno metal koji nije sagorio spaljivanjem odlazi na daljnji postupak odvajanja i sortiranja.



Sl. 3.2. Mogući scenarij zbrinjavanja otpada

Zbrinjavanje otpada podijeljeno je u nekoliko kategorija:

- **kućanski otpad** – u ovu kategoriju pripadaju uobičajeni materijali koje pronalazimo u kućanstvima kao što su staklo, plastika, papir, metal i biootpad (kompost), dok sav ostali otpad smatramo komunalnim otpadom
- **komunalni otpad** – ovdje postoji pretpostavka kako će dio otpada bit usmjeren na postupak spaljivanja dok će preostali dio biti pohranjen na odlagalištu otpada (deponij)
- **spaljivanje** – kod postupka spaljivanja otpada potrebno je uzeti u obzir štetne emisije koje nastaju prilikom izgaranja, a isto tako potrebno je obratiti pažnju na mogućnost recikliranja metala koji nastaju kao produkt izgaranja te iskorištenje nastale topline radi proizvodnje električne energije
- **odlaganje** – vrši se na odlagalištima otpada (deponij)
- **recikliranje** – recikliranje proizvoda može imati pozitivne i negativne utjecaje na okoliš. Prerada otpada može imati štetan utjecaj na okoliš, međutim prerađeni proizvod ili sirovina manje opterećuju okoliš nego proizvodnja novog proizvoda

2.3. Uporaba standardnih eko-indikatora

Iako je svrha standardnih eko-indikatora olakšati proračun utjecaja proizvoda na okoliš, sam postupak je dosta složen i zahtjeva dobro poznavanje materijala i proizvodnih procesa. Moguće su mnoge pogreške zbog toga što se postupak temelji na velikom broju pretpostavki. Kako bi se pogreške smanjile na najmanju moguću razinu, preporuča se vođenje postupka prema unaprijed određenim koracima:

1. **Korak – Opis proizvoda**
   U ovom koraku potrebno je ukratko opisati proizvod te njegove glavne dijelove od kojih se isti sastoji. Odnosno potrebno je opisati od kojih se materijala sastoji proizvod i njegovi dijelovi te kojim je procesima pojedini dio odnosno sklop nastao.

2. **Korak – Definicija životnog ciklusa proizvoda**
   Potrebno je izraditi grafički prikaz životnog ciklusa proizvoda te u njega uključiti sve faze nastanka proizvoda, također potrebno je pretpostaviti upotrebu gotovog proizvoda (njegovo korištenje energije) tijekom životnog njegovog vijeka.

3. **Korak – Kvantifikacija materijala i procesa**

   U ovom koraku potrebno je odrediti sve postupke nastanka određenog materijala od kojeg je proizvod sačinjen te je također važno uključiti postupke i troškove transporta svih sirovina i gotovih proizvoda.

4. **Korak – Izračun bodova**

   U ovome koraku potrebno je unijeti vrijednosti eko-indikatora u tablice i formulare. Vrijednosti eko-indikatora potrebno je odrediti na temelju postupka izrade, transporta odabira materijala i ostalih čimbenika

5. **Korak – Analiza rezultata**

   U posljednjem koraku potrebno je usporediti dobivene rezultate te na temelju usporedbe donosimo odluke dali je postignuta zadovoljavajuća svrha proračuna životnog ciklusa proizvoda

3. PRIMJENA LCA NA PRIMJERU KUĆANSKOG APARATA

SimaPro je već 30 godina vodeći svjetski programski alat za procjenu životnog ciklusa pomoću LCA metode. Ovaj programski alat zastupljen je od strane industrija i znanstvenika u više od 80 zemalja diljem svijeta. SimaPro dizajniran je kao izvor znanstveno utemeljenih informacija, pružajući potpunu transparentnost.

4.1. Programski alat SimaPro

Inženjeri moraju donositi savjesne odluke tokom provođenja analize kako bi osigurali točnost rezultata. SimaPro je profesionalni alat za prikupljanje, analizu i nadzor podataka o učinku održivosti proizvoda i usluga. Programski alat omogućuje niz radnji kao što su:

- jednostavno modeliranje i analiziranje složenih životnih ciklusa na sustavan i transparentan način
- mjerenje utjecaja proizvoda i usluga na okoliš u svim fazama životnog ciklusa
- utvrđivanje žarišta na svim vezama opskrbnog lanca, od procesa eksploatacije sirovog materijala do gotovog proizvoda, distribucije, upotrebe i odlaganja

SimaPro nudi različite licence koji odgovaraju širokom rasponu poslovnih i obrazovnih potreba. [10]

4.1.1. SimaPro for business

Simpro for business računalni program razvijen je kako bi napore u pogledu održivosti učinio mjerljivima te uključio održivost u svakodnevne operacije i pretvorio inicijative za održivost u konkurentsku prednost. SimaPro računalni program pruža visoku razinu transparentnosti koja je potrebna za donošenje potpuno svjesnih izbora i postizanje točnih rezultata. Razvojni stručnjaci smatraju da je prilagođena komunikacija ključna za stvaranje podrške za rezultate u cijeloj tvrtki. Razvili su računalni program kako bi poboljšali suradnju na nivou cijele tvrtke. SimaPro je dizajniran tako da može prikazati rezultate na način koji pomaže ljudima da razumiju utjecaj njihovih odluka, kako bi mogli ispuniti zajedničke ciljeve. SimaPro for business sadrži tri licence:

- **Power user –** SimaPro Power user paket sastoji se od najopsežnije verzije programskog alata, dizajniran je za stručnjake LCA analize, studente i istraživače. Sadrži napredne značajke poput izravnog Excel/ASP povezivanja, te njegovo COM povezivanje omogućava stvaranje namjenskih LCA alata. Power user paket uključuje interaktivne web alate kao što su prikupljanje podataka (do 30 ispitanika), dijeljenje (1 korisnik) i izradu izvještaja kako bi podržali prikupljanje podataka, scenarije dijeljenja i vizualizaciju.
- **Expert user –** SimaPro Expert user paket dizajniran je za LCA stručnjake koji trebaju snažne značajke modeliranja i procjene. Ova verzija uključuje SimaPro Analyst i omogućuje modeliranje detaljnih LCA studija s naprednim analitičkim značajkama kao što su parametri procesa, parametri projekta i Monte Carlo analiza. Također omogućen je uvoz i izvoz podataka u različitim formatima. Expert user paket uključuje interaktivne web alate kao što su prikupljanje podataka (do 30 ispitanika), dijeljenje (1 korisnik) i izradu izvještaja kako bi podržali prikupljanje podataka, scenarije dijeljenja i vizualizaciju.
- **Busines user –** SimaPro Busines user paket dizajniran je kako bi prikupljanje podataka bilo učinkovitije i omogućilo pregledavanje, usporedbu i dijeljenje rezultata. Nije potreban pristup SimaPro softveru, LCA praktičar može postaviti model umjesto nas. Sa Busines user licencom dobivamo izravan pristup podatcima. Ova verzija uključuje jedan od interaktivnih i intuitivnih web alata za prikupljanje i dijeljenje (engl. Collect and Share) koji olakšava suradnju s članovima opskrbnog lanca ili unutarnjim odjelima. Pomoću alata za prikupljanje i dijeljenje dizajneri proizvoda mogu odabrati najprihvatljivije mogućnosti dizajna. Nabavni odijeli mogu usporediti dobavljače te njihov izravan utjecaj na okoliš. Također marketing stručnjaci mogu kupcima iskazati vrijednost proizvoda na tržištu a direktor održivosti može se poslužiti rezultatima na visokoj razini iz svih odjela kako bi izgradio snažan poslovni plan za održivost [10].

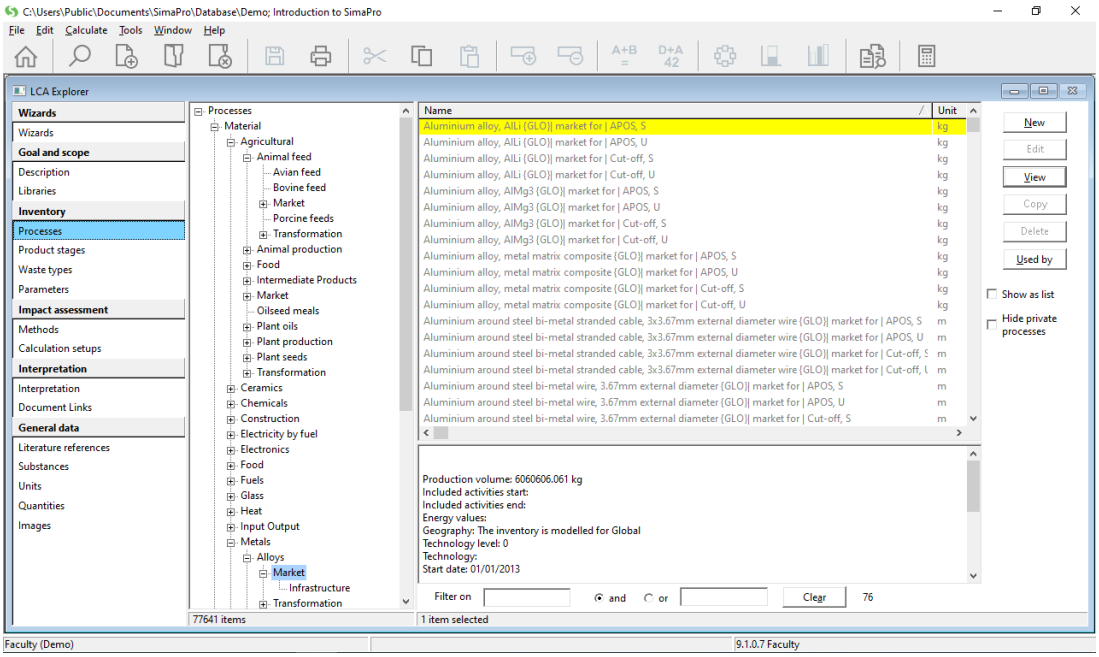
4.1.2. SimaPro for education

SimaPro jedan je od najzastupljenijih programa, iz razloga što je utemeljen na znanstvenim istraživanjima i omogućuje najveću razinu transparentnosti od svih trenutno dostupnih LCA paketa. Na slici 4.1. možemo vidjeti radno sučelje računalnog programa. SimaPro omogućuje

pregled cijelih opskrbnih mreža i pruža potpuni uvid u baze podataka i jedinične procese, pružajući samostalnost u našim izborima i pretpostavkama. To je neophodno za visokokvalitetna istraživanja. Također potrebno je za obrazovanje korisnika LCA koji razumiju konceptualnu osnovu onoga što rade. SimaPro računalni program koriste stotine sveučilišta diljem svijeta, a koji je izrađen na temelju dvadesetpet-ogodišnjeg iskustva u LCA od strane eksperata koji su velikim dijelom doprinjeli razvoju politike i istraživanja. SimaPro for education sadrži tri licence:

- **SimaPro PhD –** paket dizajniran je za studente/učenike LCA analize kojima su potrebne napredne značajke modeliranja i procjene životnog ciklusa. Ovaj paket uključuje sve što je potrebno za istraživanje. Na projektu može raditi samo jedna osoba istodobno u istoj bazi podataka i projektu. SimaPro PhD paket uključuje interaktivne web alate kao što su prikupljanje podataka (do 30 ispitanika), dijeljenje (1 korisnik) i izradu izvještaja kako bi podržali prikupljanje podataka, scenarije dijeljenja i vizualizaciju.
- **SimaPro Classroom –** paket je osnovna verzija računalnog programa SimaPro namijenjena za nastavnike i učenike. Na istom projektu i bazi podataka istovremeno može raditi do 40 učenika, a napredak svojih učenika nastavnik može pratiti prijavljivanjem kao menadžer.
- **SimaPro Faculty –** paket je osnovna verzija računalnog programa SimaPro za obrazovanje. Dolazi kao verzija za jednog korisnika (samo jedna osoba može pristupiti bazi podataka ili projektu istodobno), ali može se instalirati na sva Windows računala učenika i ostalih korisnika [10].

U radnom sučelju programa odabiremo baze podataka koje se koristi u analizi životnog ciklusa proizvoda, također odabiremo materijale, proizvodne procese, vrstu transporta, i mnoge druge parametre koji se koristi u analizi.



Sl 4.1. Radno sučelje računalnog programa SimaPro [11]

4.2. LCA analiza na primjeru kuhalu za vodu MyDomo 631

U ovom koraku proveden je postupak rastavljanja, analize i popisa svih materijala i dijelova od kojih je kuhalo na slici 4.2.1. izrađeno. Kuhalo je proizvođača MyDomo, model 631, nazivne snage 2000W, nazivnog napona 220-240V, frekvencije 50/60Hz. Svrha provođenja analize je usporedba navedenog kuhala za vodu sa drugim kuhalom koje je dostupno na tržištu. Analizirano kuhalo većim je dijelom izrađeno od nehrđajućeg čelika i polimera, sa malim udjelom bakra i mjedi.

Sl. 4.2.1. Kuhalo za vodu MyDomo 631

Na slici 4.2.2. vidljiv je cjelokupan proces analize kuhala za vodu, što uključuje rastavljanje, vaganje te popis svih elemenata od kojih je kuhalo izrađeno. Pri rastavljanju kuhala korišten je alat i mjerna oprema poput različitih odvijača, kombiniranih kliješta, kliješta za sječenje, precizna vaga, pomično mjerilo i drugo.

Sl. 4.2.2. Postupak rastavljanja kuhala i korišteni alat

Tijekom postupka rastavljanja kuhala za vodu, popisani su i analizirani svi elementi od kojih je kuhalo izrađeno. U tablici 4.2.3. možemo vidjeti navedene sve elemente te materijale od

kojih su isti izrađeni i njihove mase. Ukupna masa kuhala prije rastavljanja bila je 758,7 grama, a kuhalo je sastavljeno od ukupno 23 elementa.

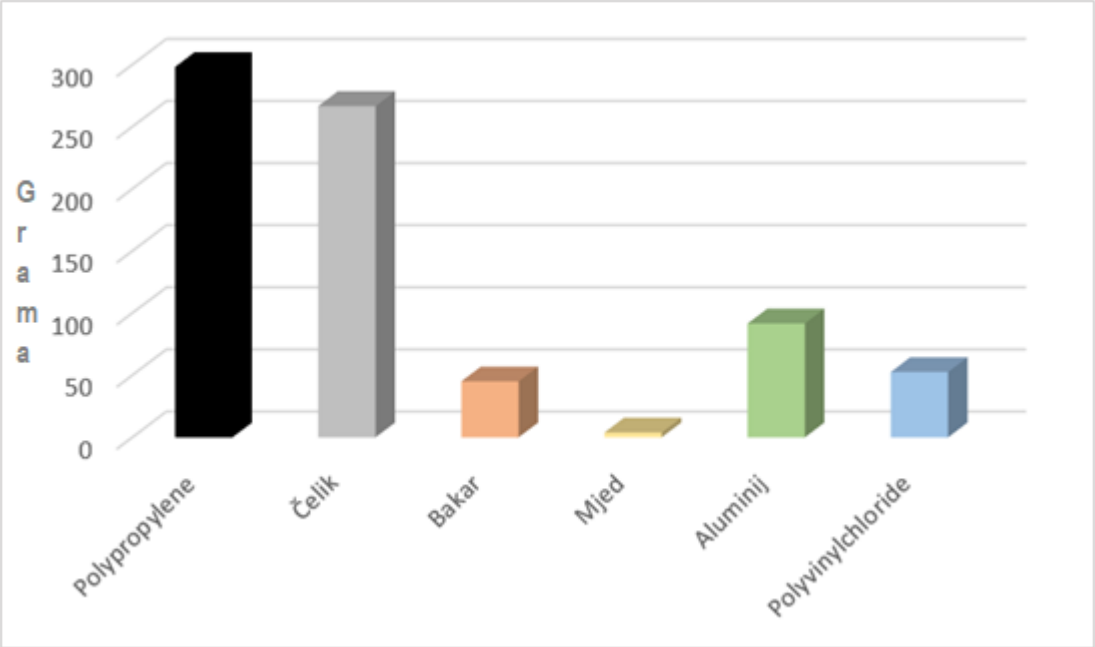
Tablica 4.2.3. Tablica analiziranih elemenata kuhala

	Naziv proizvoda: Kuhalo za vodu				Masa:	758,7g		
	Proizvođač: MYDOMO 631		Uzrok dotrajavanja:			Neispravan grijač		
	God. Proizvodnje: 2017.			Datum obrade:		27.05.2020.		
Redni broj	Naziv elementa	Vrsta elementa (SE, PE, SK)	Vrsta materijala	Masa elementa	Komada po proizvodu	Stupanj recikličnosti	Masa elemenata (5x6)	Recikličnost elementa (8x9)
				g/kom	kom	0…5	grama	
i			vm_i	m_i	b_i	r_i	$m_i * b_i$	$m_i * b_i * r_i$
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
1	KUČIŠTE POSTOLJA	PE	PLASTIKA	92,3	1	2	92,3	184,6
2	KONTAKTNO PERO	PE	CU	0,5	2	5	1,0	5,0
3	KONTAKTNO PERO	PE	FE	0,1	1	5	0,1	0,7
4	VIJAK 2X4	SE	FE	0,1	5	5	0,7	3,3
5	VIJAK 3X8	SE	FE	0,6	6	5	3,4	16,8
6	KABEL S UTIKAČEM	SK	CU+PLASTIKA	87,7	1	4	87,7	350,9
7	KONTAKTNO PERO	PE	CU	0,3	1	5	0,3	1,3
8	KONTAKNTO PERO	PE	MJED	0,4	2	5	0,8	4,1
9	IGLICA	PE	MJED	0,9	1	5	0,9	4,6
10	KONTAKNTI PRSTEN	PE	MJED	2,2	1	5	2,2	11,1
11	KUČIŠTE DONJI DIO	PE	PLASTIKA	76,1	1	2	76,1	152,1
12	NOSAČ KONTAKTA	FE	FE	10,5	1	5	10,5	52,4
13	MATICA M3	FE	FE	0,3	3	5	1,0	5,1
14	VIJAK 3X10	FE	FE	0,7	4	5	2,8	13,8
15	POKLOPAC	PE	PLASTIKA	43,5	1	2	43,5	86,9
16	OPRUGA	FE	FE	0,5	1	5	0,5	2,4
17	VODIĆ	SK	CU+PLASTIKA	8,7	1	4	8,7	34,7
18	RUKOHVAT	PE	PLASTIKA	77,0	1	2	77,0	153,9
19	POLUGA PREKIDAČA	PE	PLASTIKA	2,4	1	2	2,4	4,9
20	PREKIDAČ	SK	CU+PLASTIKA	7,0	1	4	7,0	28,0
21	VIJAK M3X6	FE	FE	0,6	2	5	1,2	6,1
22	KUČIŠTE	FE	FE	246,6	1	5	246,6	1233,0
23	GRIJAČ	SK	AL+FE	91,7	1	5	91,7	458,5
24								

Udio pojedinih materijala od kojih je kuhalo izrađeno prikazan je u tablici 4.2.4. a na slici 4.2.5. možemo vidjeti grafički prikaz istog. U tablici možemo vidjeti značajnu zastupljenost dvije različite vrste materijala: polipropilen i čelik od kojih su izrađeni dijelovi kućišta analiziranog kuhala. Udio bakra i mjedi nalazimo u manjoj količini, od kojih su izrađeni vodiči u energetskom kablu, te vodiči unutar kuhala i dijelovi kontakata. Polyvinylchloride (PVC) korišten je kao izolacija energetskog kabela sa utikačem, dok je aluminij korišten za izradu kućišta grijaća.

Tablica 4.2.4. Tablica udjela materijala

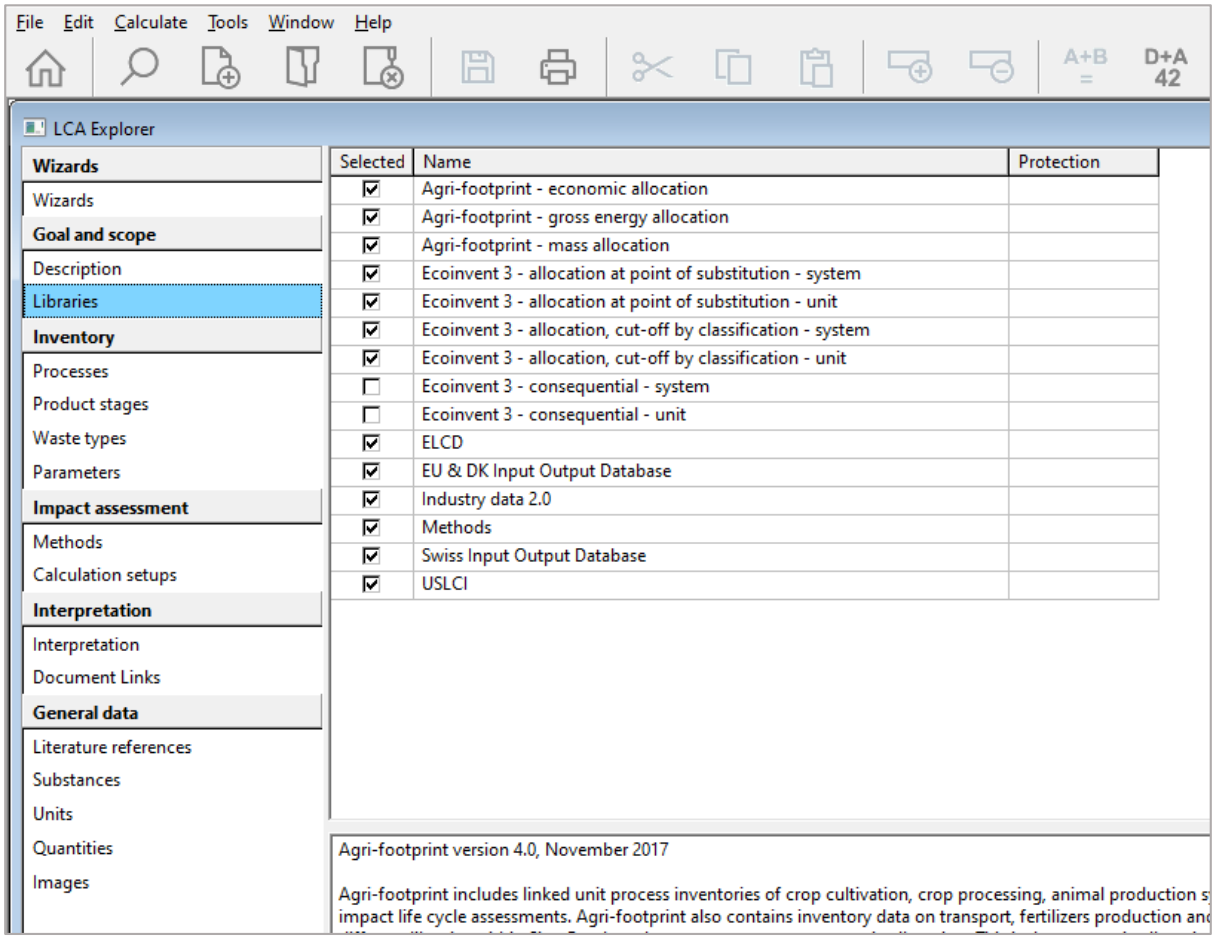
MATERIJAL:	Masa [g]:
Polypropylene	298,2
Čelik	266,68
Bakar	45,08
Mjed	3,95
Aluminij	91,7
Polyvinylchloride	52,62



Sl. 4.2.5. Grafički prikaz udjela materijala

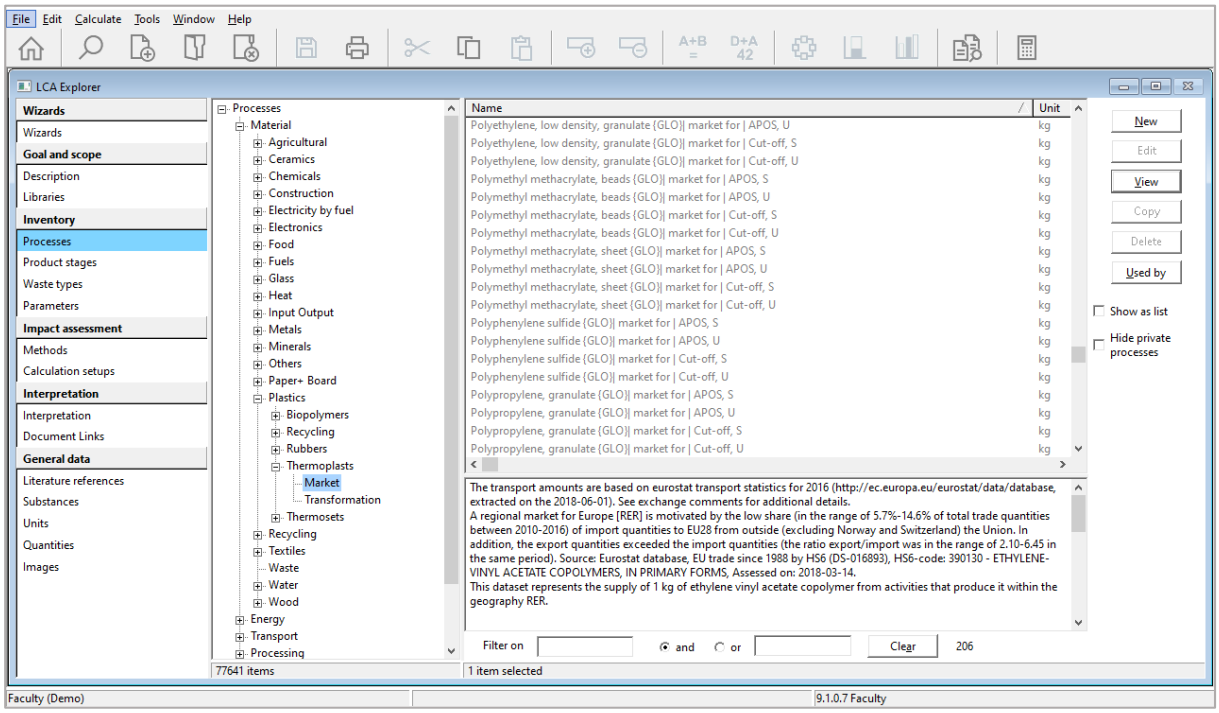
4.2.1 Analiza kuhala za vodu MyDomo uporabom računalnog programa SimaPro

U ovom dijelu proveden je postupak analize životnog ciklusa kuhala za vodu uporabom računalnog programa SimaPro. Nakon pokretanja programa te izrade novog projekta prvi korak je odabir baza podataka „Goal and scope“ pod „Libraries“ koje su kreirane radi potrebe provedbe LCA analize koje su sastavni dio računalnog programa i koje uvelike smanjuju vrijeme provedbe LCA analize. Izbor baze podataka nužan je za provedbu LCA analize. Na slici 4.2.6. možemo vidjeti prikaz odabira baza podataka koje sadrže podatke koji su pohranjeni u programu SimaPro te odabrane baze podataka koje su korištene za obradu analize životnog ciklusa kuhala za vodu.



Sl 4.2.6. Odabir baza podataka u programu SimaPro

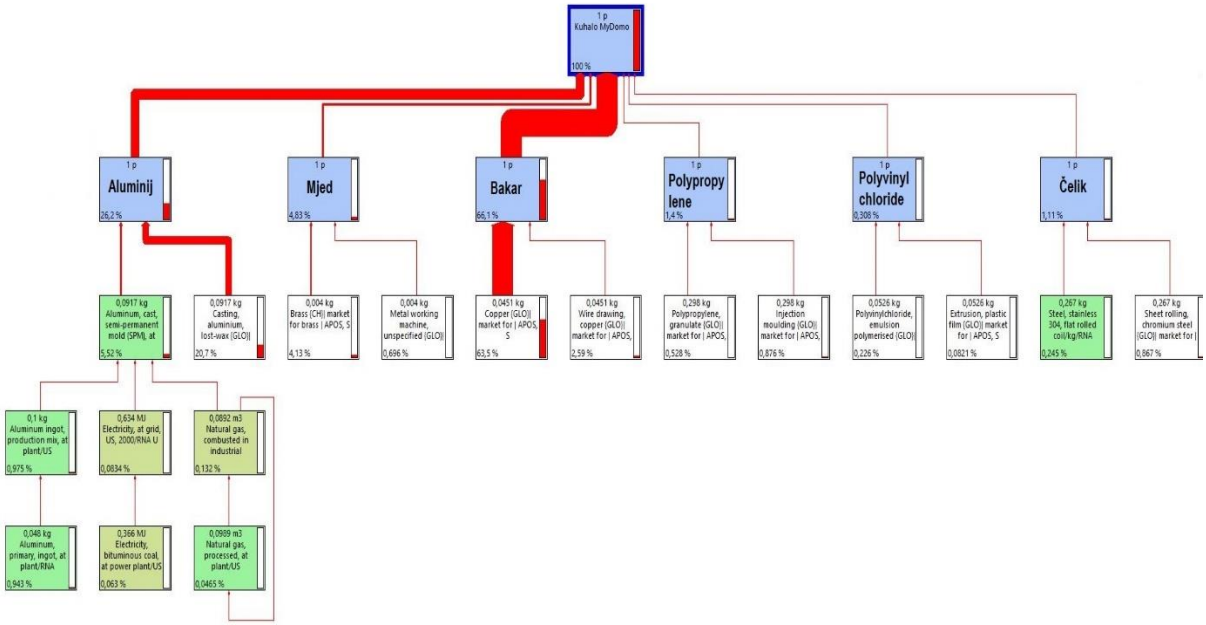
Nakon odabranih baza podatka potrebno je unijeti ulazne podatke u računalni program SimaPro. U odjeljku „Inventory“ pod „Processes“ možemo odabrati materijale, proizvodne procese, vrstu transporta, energiju ili scenarij zbrinjavanja otpada koji je potreban radi provedbe analize. SimaPro računalni program pruža veliku bazu podataka na korištenje kao što možemo vidjeti na slici 4.2.7. U slučaju analize kuhala za vodu u računalni program uneseni su svi materijali od kojih se ono sastoji, što uključuje vrstu materijala, ukupnu masu pojedinog materijala te postupak obrade istih.



Sl 4.2.7. Odabir relevantnih podataka

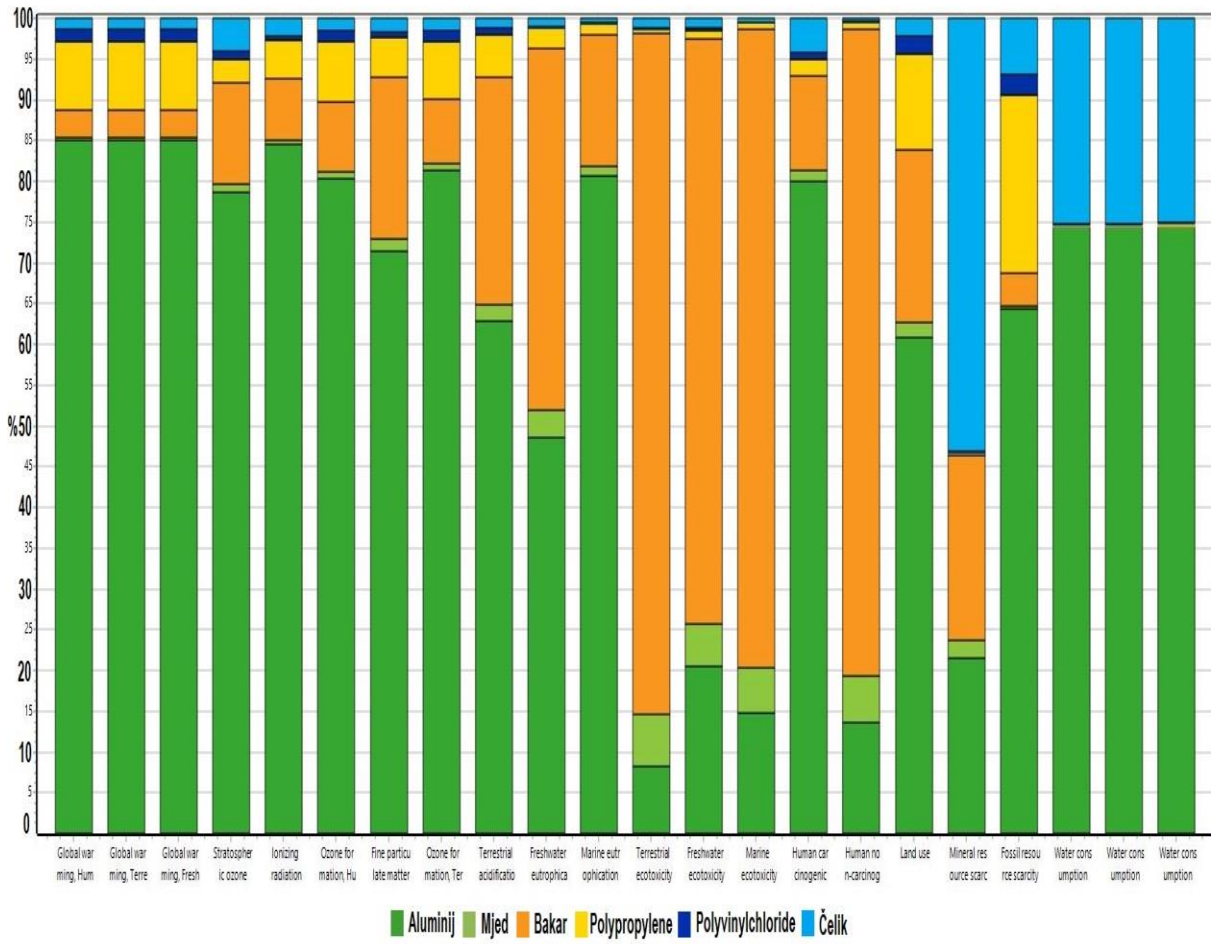
Nakon unosa ulaznih podataka, u sljedećim koracima formira se „Stablo procesa“ koje je prikazano na slici 4.2.8. odnosno blok dijagram kojim se predstavlja mreža procesa i potprocesa koji će biti promatrani u analizi. Na slici možemo vidjeti kako najgornji čvor prikazuje kuhalo za vodu kao kompletan sklop, te se iz tog čvora granaju drugi koji predstavljaju udio pojedinog materijala. U ovom slučaju to su aluminij, bakar, čelik, mjed i razni termoplasti. Nadalje iz tih čvorova granaju se postupci dobivanja, oblikovanja, obrade tih materijala kao što su lijevanje, prešanje, štampanje, izvlačenje, i mnogi drugi tehnološki postupci. Crvene linije koje povezuju čvorove stvaraju grane postupka, te svojom debljinom

pokazuju udio utjecaja u cijelo ukupnom procesu nastanka proizvoda, što je grana deblja to je utjecaj značajniji.



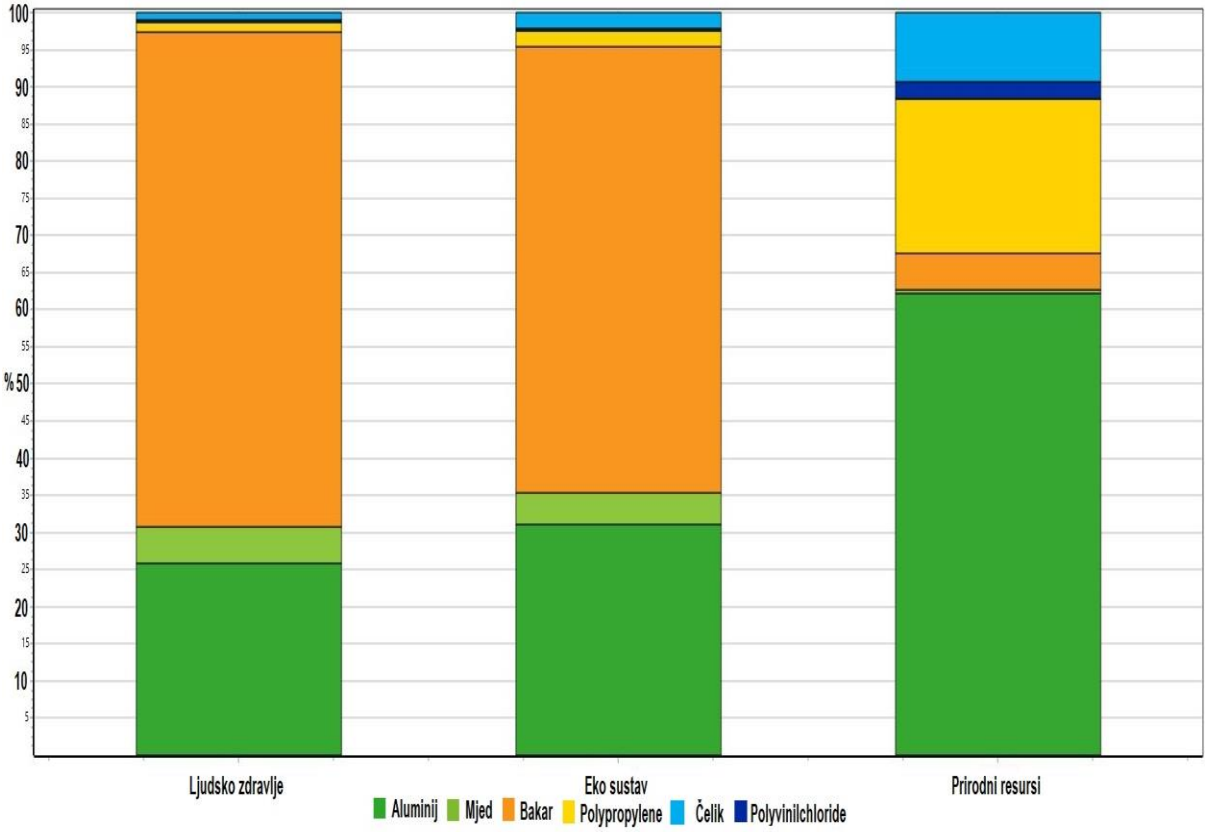
Sl 4.2.8. Stablo procesa LCA analize kuhala za vodu MyDomo 631

Nakon što je formirano „Stablo procesa“ obradom podataka računalnim programom dobili smo rezultate analize životnog ciklusa kuhala za vodu. Na slici 4.2.8. vidimo grafički prikaz utjecaja materijala i procesa obrade istih na pojedine kategorije kao što su globalno zatopljivanje, ionizirajuće zračenje, uporaba tla, korištenje vode i mnoge druge kategorije. Na grafu možemo vidjeti kako aluminij utječe na većinu kategorija, neke od tih kategorija su globalno zatopljenje (85% ukupnog utjecaja), ionizirajuće zračenje (85% ukupnog utjecaja), kancerogenost (80% ukupnog utjecaja), uporaba vode (75% ukupnog utjecaja), formiranje ozona (83% ukupnog utjecaja), utjecaj sitnih čestica (72% ukupnog utjecaja) i druge. Bakar u nekoliko kategorija značajno prevladava u odnosu na druge materijale. Te kategorije su ekotoksičnost zemlje (78% ukupnog utjecaja), ekotoksičnost pitke vode (71% ukupnog utjecaja), ekotoksičnost mora i oceana (79% ukupnog utjecaja). Ostali prisutni materijali imaju značajno manji utjecaj (<15% ukupnog utjecaja) na pojedine kategorije u odnosu na aluminij i bakar.



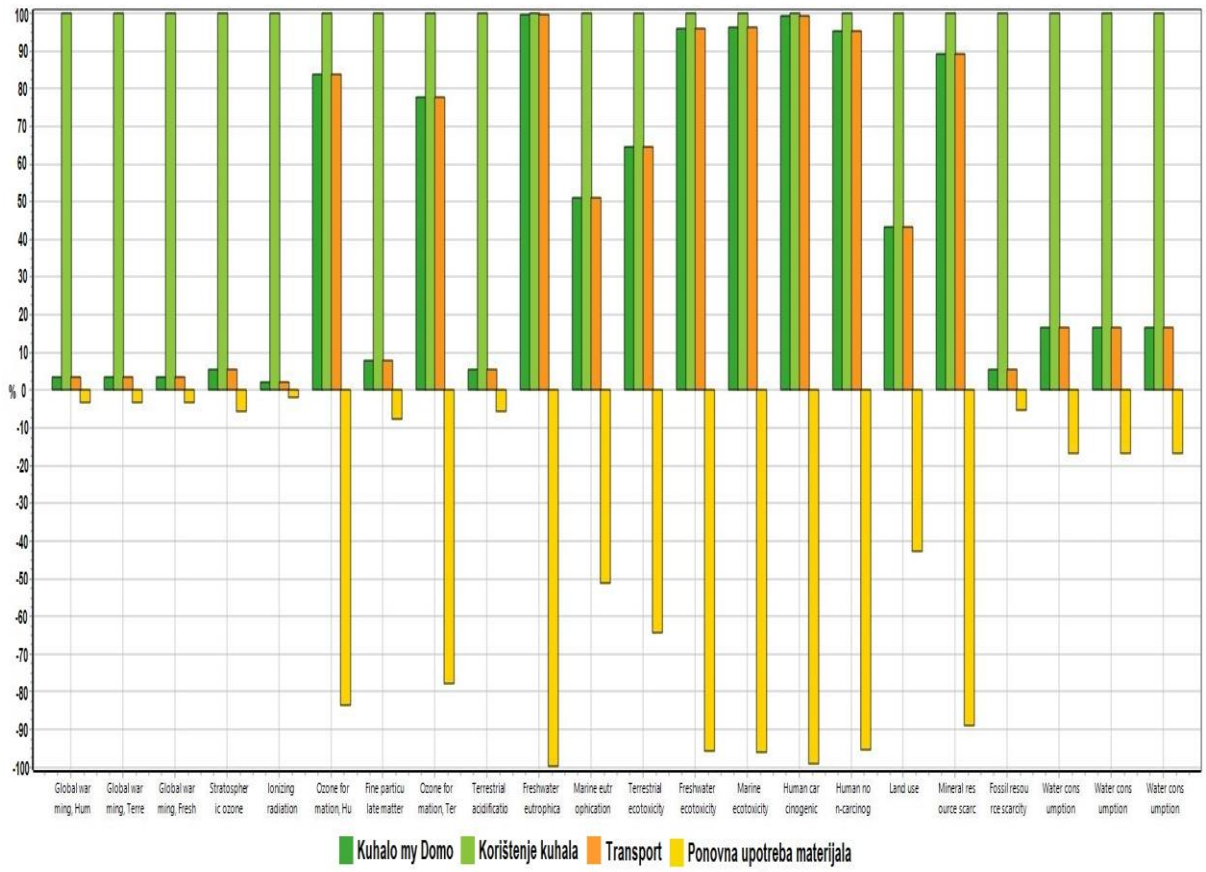
Sl 4.2.9. Grafički prikaz utjecaja materijala i procesa obrade

Na slici 4.2.9. možemo vidjeti grafički prikaz utjecaja odabranih materijala na ljudsko zdravlje, ekosustav i resurse. Na grafu možemo vidjeti kako proizvodnja bakra i tehnološki proces obrade bakra unatoč svojoj maloj količini udjela u kuhalu od samo 5,94% ukupne mase ima najveći utjecaj po ljudsko zdravlje koji iznosi 66% ukupnog udjela, isto tako njegov utjecaj na ekosustav iznosi 60% ukupnog udjela. Drugi materijal sa značajnim utjecajem je aluminij koji na ljudsko zdravlje utječe iznosom od 26% ukupnog utjecaja, dok na eko sustav to iznosi 31%, a u iskorištavanju resursa ima udio od 63% ukupnog udjela. Ostali materijali (mjed, čelik, polipropilen, polivinilklorid) imaju mnogo manji utjecaj na ljudsko zdravlje i ekosustav u odnosu na aluminij i bakar, njihov ukupni udio je manji od 5%, dok je udio u iskorištenju resursa manji oko 35%.



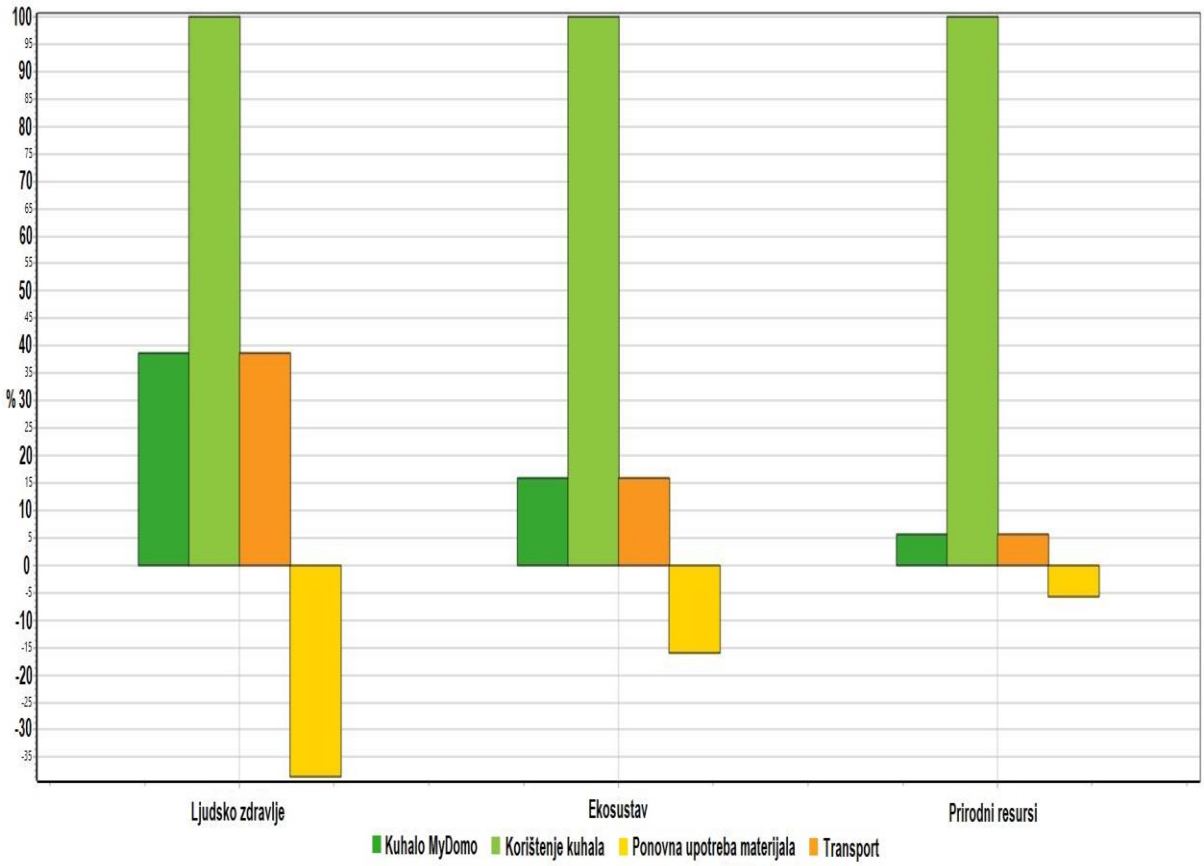
Sl 4.2.10. Grafički prikaz utjecaja materijala i procesa obrade

Na grafičkom prikazu vidljivom na slici 4.2.10. možemo vidjeti utjecaj faza životnog ciklusa kuhala za vodu na pojedine kategorije. Na slici je vidljivo kako faza korištenja kuhala pokazuje maksimalne vrijednosti u svim kategorijama. Takvi rezultati dobiveni su iz razloga što je u fazu uporabe kuhala uneseno promatrano razdoblje od 5 godina korištenja, dva puta dnevno u vremenskim periodima po 5 minuta, što ukupno daje utrošak električne energije od 608 kWh utrošene energije tijekom životnog ciklusa kuhala. Također možemo uočiti kako i transport kuhala od tvornice do distributivnih centara pa sve do trgovina ima veliki utjecaj na određene kategorije kao što su stvaranje ozonskog omotača, eutrofikacija pitke vode, kancerogenost, uporaba prirodnih resursa. Faza životnog ciklusa ponovne uporabe materijala utječe na smanjenje ozonskog omotača, eutrofikaciju pitke vode, zagađenje tla, mora i oceana, kancerogenost, smanjenje iscrpljivanje prirodnih materijala te uporabe tla.



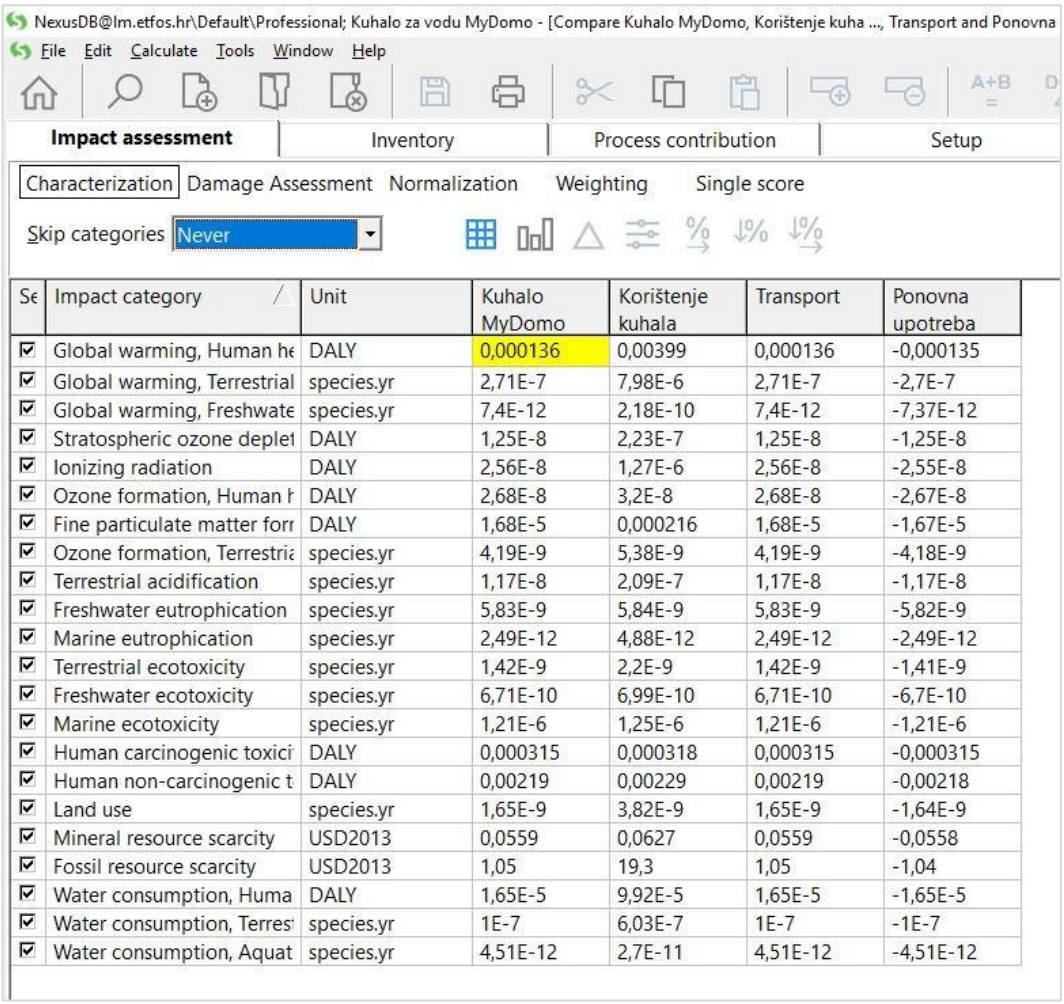
Sl 4.2.11. Grafički prikaz utjecaja faza životnog ciklusa

Na sljedećoj slici grafički je prikazan utjecaj faza životnog ciklusa kuhala na ljudsko zdravlje, ekosustav i resurse. Na ljudsko zdravlje najveći utjecaj ima korištenje kuhala zbog uporabe velike količine električne energije tijekom 5 godina korištenja kuhala. Nadalje možemo vidjeti kako transport ponajviše utječe na ljudsko zdravlje zbog emisija štetnih plinova koji nastaju izgaranjem fosilnih goriva, te u nešto manjim količinama na ekosustav i crpljenje prirodnih resursa. Također možemo uočiti kako ponovna uporaba materijala ima gotovo jednaku vrijednost u sve tri kategorije kao i nastanak kuhala samo sa negativnim rezultatom što nam pokazuje pozitivan utjecaj na sve kategorije. Podjednake vrijednosti dobivene su zbog toga što je kuhalo za vodu načinjeno od gotovo svih materijala koji se mogu reciklirati.



Sl 4.2.12. Grafički prikaz utjecaja faza životnog ciklusa

Program također ima mogućnost prikaza tablice vrijednosti eko indikatora za faze životnog ciklusa kuhala za vodu iskazane u milibodovima vidljivu na slici 4.2.11.



Se	Impact category	Unit	Kuhalo MyDomo	Korištenje kuhala	Transport	Ponovna upotreba
☑	Global warming, Human he	DALY	0,000136	0,00399	0,000136	-0,000135
☑	Global warming, Terrestrial	species.yr	2,71E-7	7,98E-6	2,71E-7	-2,7E-7
☑	Global warming, Freshwate	species.yr	7,4E-12	2,18E-10	7,4E-12	-7,37E-12
☑	Stratospheric ozone deplet	DALY	1,25E-8	2,23E-7	1,25E-8	-1,25E-8
☑	Ionizing radiation	DALY	2,56E-8	1,27E-6	2,56E-8	-2,55E-8
☑	Ozone formation, Human h	DALY	2,68E-8	3,2E-8	2,68E-8	-2,67E-8
☑	Fine particulate matter forr	DALY	1,68E-5	0,000216	1,68E-5	-1,67E-5
☑	Ozone formation, Terrestria	species.yr	4,19E-9	5,38E-9	4,19E-9	-4,18E-9
☑	Terrestrial acidification	species.yr	1,17E-8	2,09E-7	1,17E-8	-1,17E-8
☑	Freshwater eutrophication	species.yr	5,83E-9	5,84E-9	5,83E-9	-5,82E-9
☑	Marine eutrophication	species.yr	2,49E-12	4,88E-12	2,49E-12	-2,49E-12
☑	Terrestrial ecotoxicity	species.yr	1,42E-9	2,2E-9	1,42E-9	-1,41E-9
☑	Freshwater ecotoxicity	species.yr	6,71E-10	6,99E-10	6,71E-10	-6,7E-10
☑	Marine ecotoxicity	species.yr	1,21E-6	1,25E-6	1,21E-6	-1,21E-6
☑	Human carcinogenic toxici	DALY	0,000315	0,000318	0,000315	-0,000315
☑	Human non-carcinogenic t	DALY	0,00219	0,00229	0,00219	-0,00218
☑	Land use	species.yr	1,65E-9	3,82E-9	1,65E-9	-1,64E-9
☑	Mineral resource scarcity	USD2013	0,0559	0,0627	0,0559	-0,0558
☑	Fossil resource scarcity	USD2013	1,05	19,3	1,05	-1,04
☑	Water consumption, Huma	DALY	1,65E-5	9,92E-5	1,65E-5	-1,65E-5
☑	Water consumption, Terres	species.yr	1E-7	6,03E-7	1E-7	-1E-7
☑	Water consumption, Aquat	species.yr	4,51E-12	2,7E-11	4,51E-12	-4,51E-12

Sl 4.2.13. Tablica utjecaja faza životnog ciklusa izraženih u milibodovima

Prema dobivenim rezultatima možemo vidjeti kako je najveći utjecaj na ljudsko zdravlje u kategoriji kancerogenost, globalno zagrijavanje, iskorištenje prirodnih resursa, te uporaba fosilnih goriva, dok su vrijednosti u ostalim kategorijama veoma male. U fazi ponovne upotrebe možemo vidjeti negativan predznak koji se pojavljuje zbog postupka recikliranja kuhala za vodu i ponovne uporabe nastalog materijala. Ukupni rezultat izražen u milibodovima dobiva se zbrojem svih vrijednosti milibodova.

4.3. LCA analiza na primjeru kuhalu za vodu Simpex Basic

U ovom dijelu analize proveden je postupak rastavljanja, analize i popisa svih materijala i dijelova od kojih je kuhalo na slici 4.3.1. izrađeno. Kuhalo je proizvođača Simpex model Simpex Basic, nazivne snage 2000W, nazivnog napona 220-240V, frekvencije 50/60Hz. Svrha provođenja analize je usporedba navedenog kuhala za vodu sa drugim kuhalom koje smo prethodno analizirali. Ovo analizirano kuhalo gotovo je u potpunosti izrađeno od plastike, sa manjim udjelom bakra, aluminija, i mjedi.

Sl 4.3.1. Kuhalo za vodu Simpex Basic

Na slici 4.3.2. možemo vidjeti cjelokupan proces analize kuhala za vodu, što uključuje rastavljanje, vaganje te popis svih elemenata od kojih je kuhalo izrađeno postupak rastavljanja je jednak kao i kod prethodnog kuhala. Pri rastavljanju kuhala korišten je osnovni alat kao što su razni odvijači, kombinirana kliješta, kliješta za sječenje, precizna vaga, pomično mjerilo i drugi.

Sl 4.3.2. Postupak rastavljanja kuhala i korišteni alat

Tijekom postupka rastavljanja i analize kuhala za vodu, popisani su i analizirani svi elementi od kojih je kuhalo izrađeno. U tablici 4.2.3. možemo vidjeti navedene sve elemente te materijale od kojih su isti izrađeni i njihove mase. Ukupna masa kuhala prije rastavljanja bila je 733,47 grama i izrađeno je od 18 elementa gdje možemo vidjeti da je ovo kuhalo izrađeno od manje dijelova nego prethodno analizirano kuhalo.

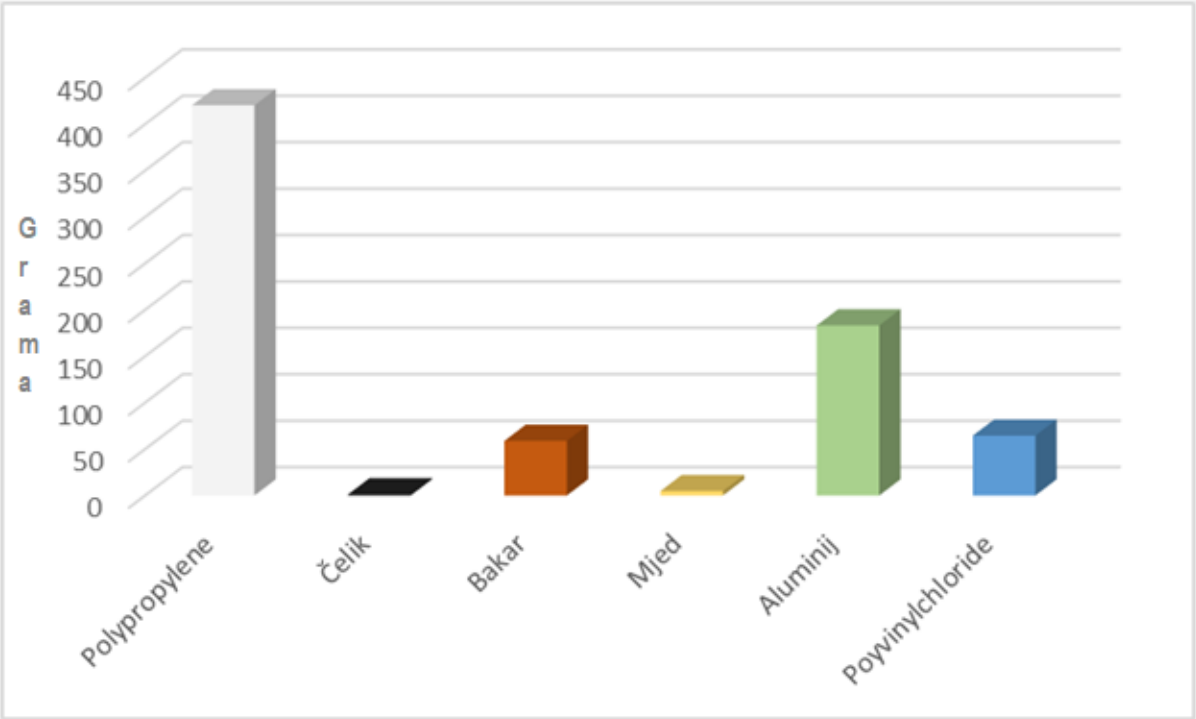
Tablica 4.2.3. Tablica analiziranih elemenata kuhala

	Naziv proizvoda: Kuhalo za vodu				Masa:	733,47g		
	Proizvođač: SIMPEX BASIC		Uzrok dotrajavanja:			Neispravan kabel		
	God. Proizvodnje: 2018.			Datum obrade:		27.05.2020.		
Redni broj	Naziv elementa	Vrsta elementa (SE, PE, SK)	Vrsta materijala	Masa elementa	Komada po proizvodu	Stupanj recikličnosti	Masa elemenata (5x6)	Recikličnost elementa (8x9)
				g/kom	kom	0…5	grama	
i			vm_i	m_i	b_i	r_i	$m_i * b_i$	$m_i * b_i * r_i$
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
1	POSTOLJE	PE	PLASTIKA	79,5	1	2	79,5	159,1
2	KONTAKTNO PERO	PE	CU	0,4	3	5	1,0	5,2
3	VIJAK 3X10	SE	FE	0,4	1	5	0,4	2,1
4	KABEL S UTIKAČEM	SK	CU+PLASTIKA	107,4	1	4	107,4	429.52
5	KONTAKTNO PERO	PE	MJED	0,4	4	5	1,4	6,8
6	KONTAKTNI PRSTEN	PE	MJED	3,4	1	5	3,4	17,0
7	KUČIŠTE DONJE	PE	PLASTIKA	40,6	1	2	40,6	81,3
8	POKLOPAC	PE	PLASTIKA	30,8	1	2	30,8	61,5
9	RUKOHVAT	PE	PLASTIKA	21,5	1	2	21,5	43.02
10	POLUGA PREKIDAĆA	PE	PLASTIKA	2,2	1	2	2,2	4,5
11	VODIĆ	SK	CU+PLASTIKA	15,8	1	4	15,8	63,2
12	OPRUGA	FE	FE	0,2	4	5	0,6	3,0
13	MATICA M3	FE	FE	0,3	1	5	0,3	1,6
14	PREKIDAĆ	SK	CU+PLASTIKA	7,5	1	4	7,5	29,8
15	GRIJAČ	AL+FE	AL+FE	183,2	1	5	183,2	915,8
16	SILIKONSKA BRTVA	PE	PLASTIKA	12,3	1	5	12,3	61,4
17	PRSTEN KUĆIŠTA	PE	PLASTIKA	16,8	1	2	16,8	33,5
18	KUĆIŠTE	PE	PLASTIKA	208,8	1	2	208,8	417,7
19								

Udio pojedinih materijala od kojih je kuhalo izrađeno prikazan je u tablici 4.2.4. a na slici 4.2.5. možemo vidjeti grafički prikaz istog. U tablici možemo vidjeti da je ovo kuhalo većinom izrađeno od polipropilena (PP) i te aluminija od kojeg je izrađeno kućište grijaća. Udio bakra i mjedi nalazimo u manjoj količini, od kojih su izrađeni vodiči u energetskom kablu, te vodiči unutar kuhala i sitni dijelovi kontakata. Polivinilklorid (PVC) korišten je kao izolacija energetskog kabela sa utikačem.

Tablica 4.2.4. Tablica udjela materijala

MATERIJAL:	Masa:
Polypropylene	420,2
Čelik	1,3
Bakar	58,76
Mjed	4,8
Aluminij	183,2
Poyvinylchloride	64,44

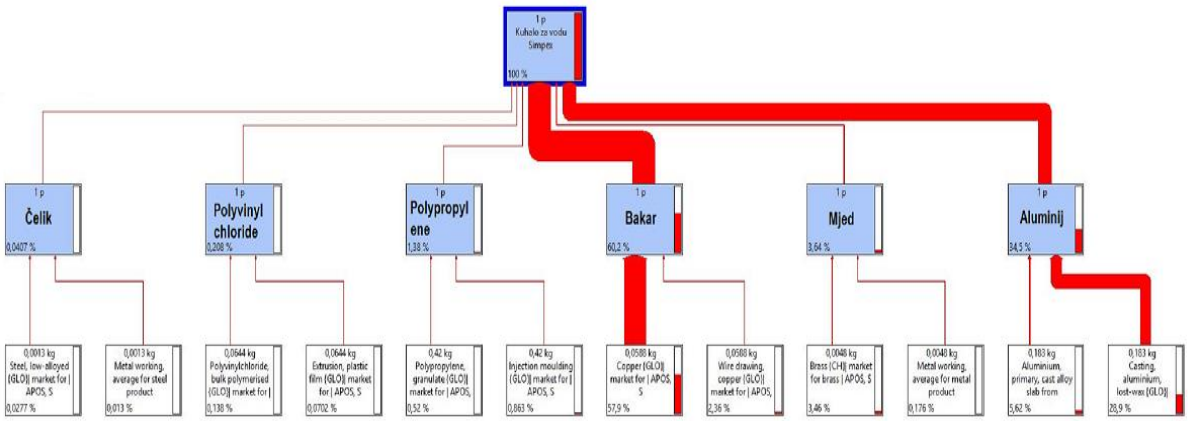


Sl. 4.2.5. Grafički prikaz udjela materijala

4.3.1 Analiza kuhala za vodu Simpex uporabom računalnog programa SimaPro

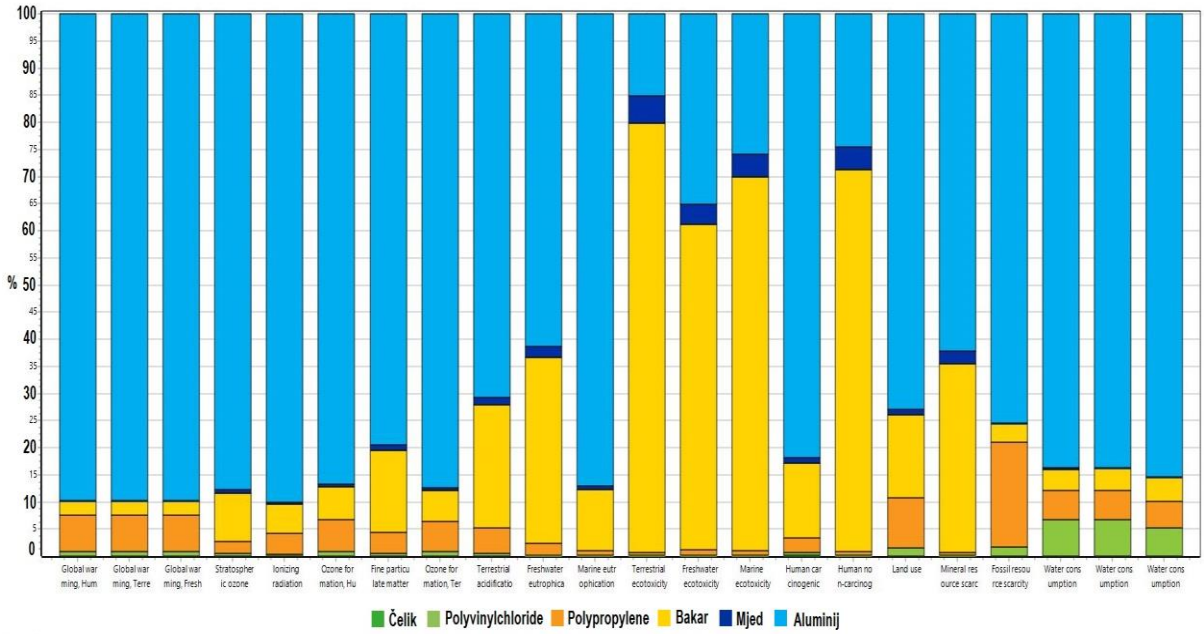
U ovom dijelu analize kuhala vrši se analiza životnog ciklusa kuhala uporabom računalnog programa SimaPro. Iz razloga što je postupak odabira baza podataka, i unosa podataka jednak kao i kod prethodnog kuhala, postupak ćemo preskočiti kod ovoga kuhala.

Nakon unosa ulaznih podataka, u sljedećim koracima formira se „Stablo procesa“ koje je prikazano na slici 4.3.6. odnosno blok dijagram kojim se predstavlja mreža procesa i potprocesa koji će biti promatrani u analizi.



Sl 4.3.6. Stablo procesa LCA analize kuhala za vodu Simpex Basic

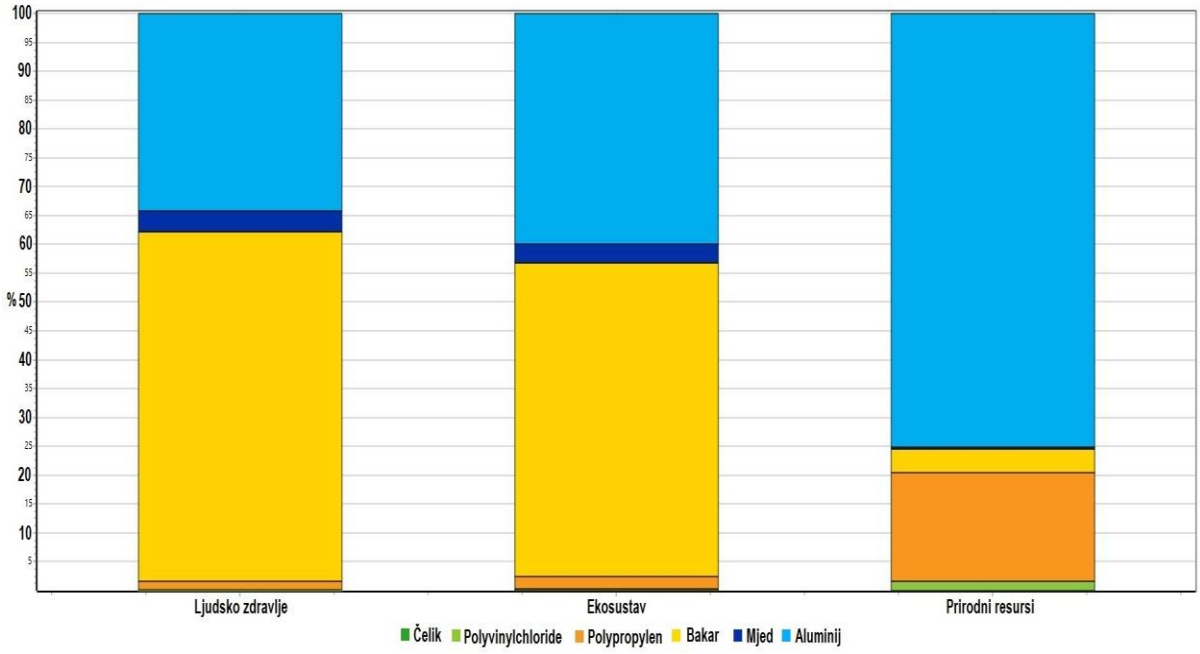
Nakon što je formirano „Stablo procesa“ obradom podataka dobiveni su rezultati životnog ciklusa kuhala za vodu. Na slici 4.3.7. možemo vidjeti kako udjel aluminija te postupak obrade istog ima značajan utjecaj u gotovo svim kategorijama utjecaja.



Sl 4.3.7. Grafički prikaz utjecaja materijala i procesa obrade

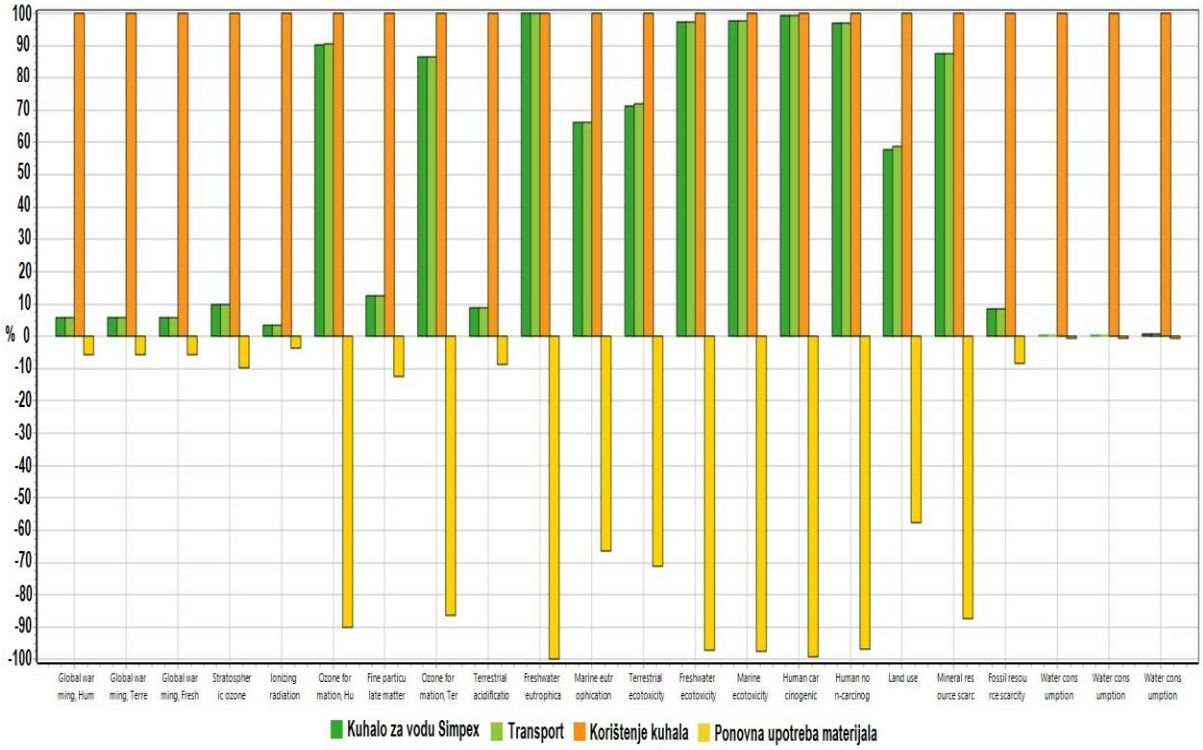
Možemo vidjeti da aluminij i proces njegove obrade imaju gotovo 90% ukupnog utjecaja na globalno zagrijavanje, ionizirajuće zračenje, stvaranje ozonskog omotača, eutrofikaciju mora i oceana. Udio bakra i procesi njegove obrade također imaju veliki utjecaj u pojedinim kategorijama. Za razliku od aluminija, bakar i njegovi procesi najveći utjecaj imaju na zagađenje tla, eko toksičnost pitke vode, eko toksičnost mora i oceana te utjecaj na ljudsko zdravlje uzrokovano ne kancerogenim česticama. Ostali materijali i njihovi postupci obrade imaju veoma mali utjecaj na promatrane kategorije gdje je njihov ukupni utjecaj manji od 10% po promatranoj kategoriji.

Na sljedećoj slici 4.3.8. možemo vidjeti grafički prikaz utjecaja odabranih materijala i njihovih procesa na tri kategorije. U kategoriji „Ljudsko zdravlje“ najveći utjecaj pridonosi bakar sa 60% utjecaja, zatim aluminij sa 34% ukupnog utjecaja, mjed sa 4% utjecaja te ostali materijali sa ukupnim utjecajem od 2%. U kategoriji utjecaja na „Ekosustav“ imamo približno jednake rezultate kao i utjecaj na „Ljudsko zdravlje“. U kategoriji „Resursi“ najveći utjecaj ima aluminij čiji ukupni utjecaj iznosi 66%, te bakar sa utjecajem od 19%.



Sl 4.3.8. Grafički prikaz utjecaja materijala i procesa obrade

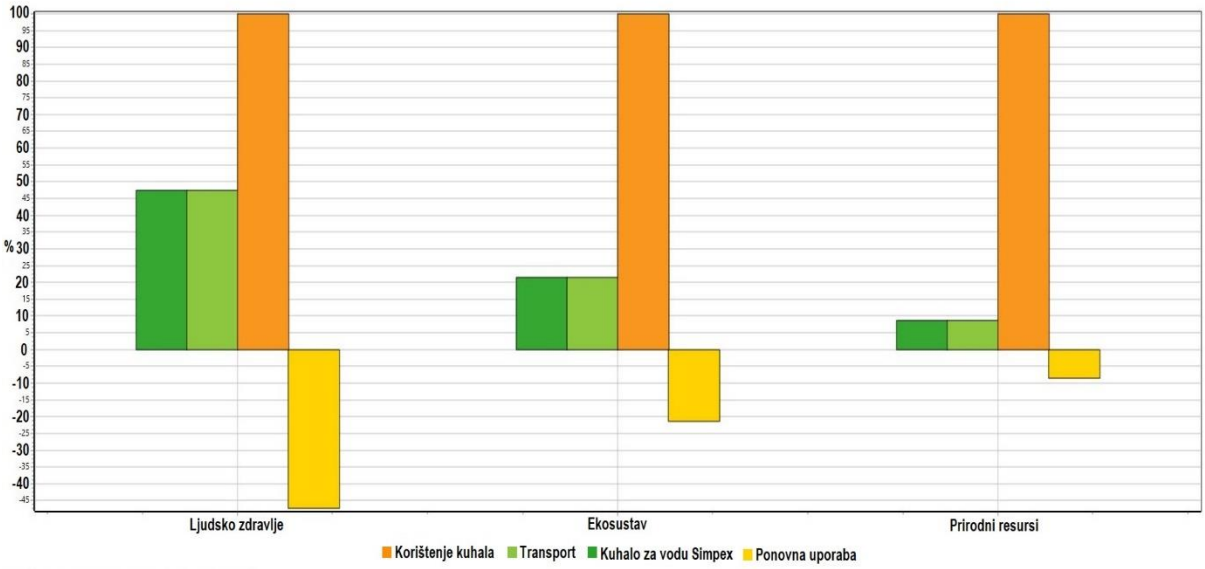
Na slici 4.3.9. grafički je prikazan utjecaj faza životnog ciklusa kuhala za vodu na pojedine kategorije. Na grafu možemo vidjeti da faza korištenja kuhala pokazuje maksimalne vrijednosti odnosno 100% utjecaj u svim kategorijama. Takav rezultati dobili smo iz istog razloga koji je naveden kod analize kuhala MyDomo. Faza transporta tijekom životnog ciklusa kuhala također velikim udjelom opterećuje pojedine kategorije kao što su stvaranje ozonskog omotača, eutrofikacija pitke vode, eutrofikacija mora i oceana, eko toksičnost mora i oceana, iskorištavanje minerala, utjecaj kancerogenih čestica na ljudsko zdravlje, uporaba tla. Faza životnog ciklusa ponovne uporabe materijala utječe na smanjenje ozonskog omotača, eutrofikaciju pitke vode, zagađenje tla, mora i oceana, kancerogenost, smanjenje iscrpljivanje prirodnih materijala te uporabe tla.



Sl 4.3.9. Grafički prikaz utjecaja faza životnog ciklusa

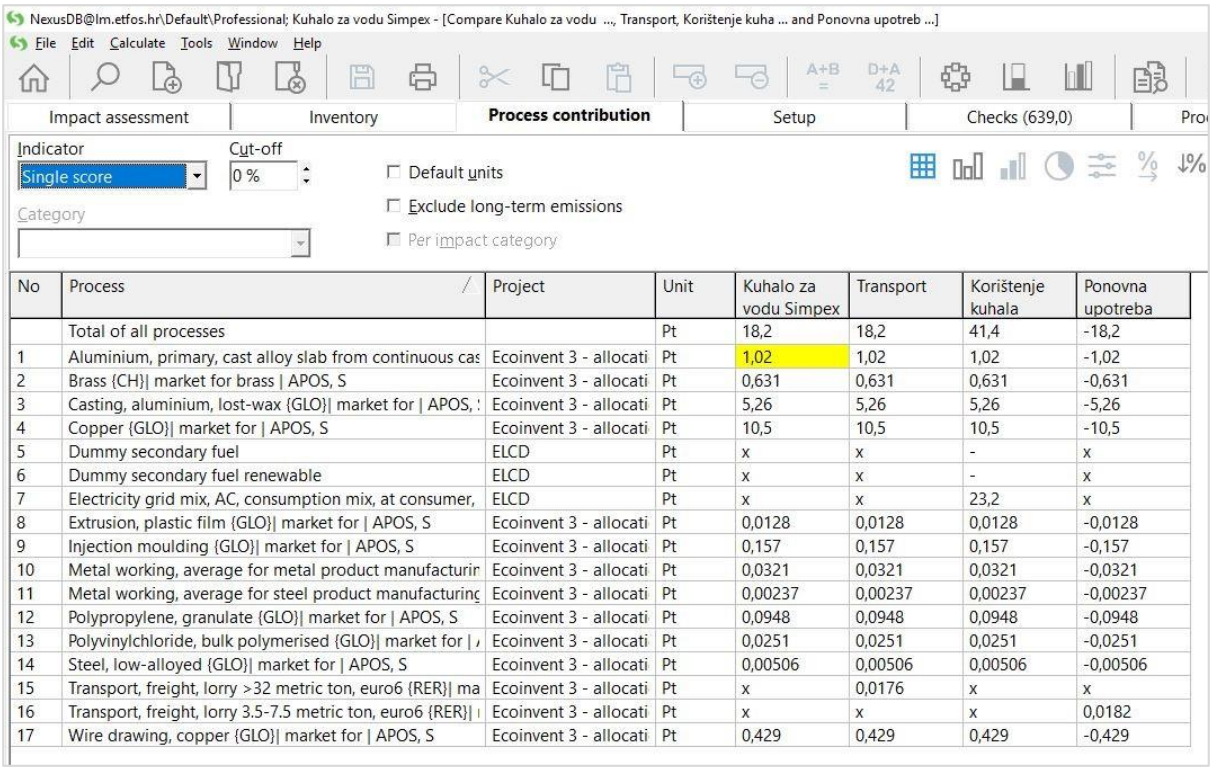
Utjecaj faza životnog ciklusa na ljudsko zdravlje, eko sustav i resurse grafički je prikazan na slici 4.3.10. Na slici možemo vidjeti kako faza nastanka kuhala i transport jednako djeluju na ljudsko zdravlje udjelom od 47% dok korištenje kuhala ima 100% udjela. Faza ponovne upotrebe materijala iznosi 47% što je jednako kao i proizvodnja, što bi značilo da je kuhalo

izrađeno od 100% recikličnih materijala. Kategoriju eko sustava najviše opterećuje faza korištenja kuhala, također i iskorištenje resursa.



Sl 4.3.10. Grafički prikaz utjecaja faza životnog ciklusa

U programu također možemo vidjeti i tablicu vrijednosti eko indikatora za faze životnog ciklusa kuhala za vodu iskazane u milibodovima vidljivu na slici 4.2.11.



No	Process	Project	Unit	Kuhalo za vodu Simpex	Transport	Korištenje kuhala	Ponovna upotreba
	Total of all processes		Pt	18,2	18,2	41,4	-18,2
1	Aluminium, primary, cast alloy slab from continuous cas	Ecoinvent 3 - allocati	Pt	1,02	1,02	1,02	-1,02
2	Brass {CH}| market for brass | APOS, S	Ecoinvent 3 - allocati	Pt	0,631	0,631	0,631	-0,631
3	Casting, aluminium, lost-wax {GLO}| market for | APOS, S	Ecoinvent 3 - allocati	Pt	5,26	5,26	5,26	-5,26
4	Copper {GLO}| market for | APOS, S	Ecoinvent 3 - allocati	Pt	10,5	10,5	10,5	-10,5
5	Dummy secondary fuel	ELCD	Pt	x	x	-	x
6	Dummy secondary fuel renewable	ELCD	Pt	x	x	-	x
7	Electricity grid mix, AC, consumption mix, at consumer,	ELCD	Pt	x	x	23,2	x
8	Extrusion, plastic film {GLO}| market for | APOS, S	Ecoinvent 3 - allocati	Pt	0,0128	0,0128	0,0128	-0,0128
9	Injection moulding {GLO}| market for | APOS, S	Ecoinvent 3 - allocati	Pt	0,157	0,157	0,157	-0,157
10	Metal working, average for metal product manufacturir	Ecoinvent 3 - allocati	Pt	0,0321	0,0321	0,0321	-0,0321
11	Metal working, average for steel product manufacturing	Ecoinvent 3 - allocati	Pt	0,00237	0,00237	0,00237	-0,00237
12	Polypropylene, granulate {GLO}| market for | APOS, S	Ecoinvent 3 - allocati	Pt	0,0948	0,0948	0,0948	-0,0948
13	Polyvinylchloride, bulk polymerised {GLO}| market for |	Ecoinvent 3 - allocati	Pt	0,0251	0,0251	0,0251	-0,0251
14	Steel, low-alloyed {GLO}| market for | APOS, S	Ecoinvent 3 - allocati	Pt	0,00506	0,00506	0,00506	-0,00506
15	Transport, freight, lorry >32 metric ton, euro6 {RER}| ma	Ecoinvent 3 - allocati	Pt	x	0,0176	x	x
16	Transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, euro6 {RER}|	Ecoinvent 3 - allocati	Pt	x	x	x	0,0182
17	Wire drawing, copper {GLO}| market for | APOS, S	Ecoinvent 3 - allocati	Pt	0,429	0,429	0,429	-0,429

Sl 4.2.11. Tablica utjecaja faza životnog ciklusa izraženih u milibodovima

Prema dobivenim rezultatima možemo vidjeti kako je najveći utjecaj na ljudsko zdravlje u kategoriji kancerogenost, globalno zagrijavanje, iskorištenje prirodnih resursa, te uporaba fosilnih goriva, dok su vrijednosti u ostalim kategorijama veoma male. U fazi ponovne upotrebe možemo vidjeti predznak minus koji se pojavljuje zbog postupka recikliranja kuhala za vodu i ponovne uporabe nastalog materijala. Ukupni rezultat izražen u milibodovima dobiva se zbrojem svih vrijednosti milibodova.

4. ZAKLJUČAK

U završnom radu opisana je LCA metoda analize te povijest njezinog nastanka, opisane su faze analize, obilježja i principi. Isto tako obrađena je i tema eko indikatora gdje su oni detaljno opisani, navedeni su standardni eko indikatori te njihova uporaba.

Provedenom LCA analizom kuhala za vodu MyDomo 631 i Simpex Basic pomoću računalnog programa SimaPro te usporedbom dobivenih rezultata, možemo uočiti da udio aluminija koji je korišten u izradi kućišta grijača oba kuhala najviše utječe na pojedine kategorije kao što su globalno zagrijavanje, ionizirajuće zračenje, stvaranje ozonskog omotača, eutrofikaciju mora i oceana. U cilju smanjena opterećenja okoliša trebalo bi razmisliti o zamjeni aluminija nekim drugim materijalom pri izradi kućišta grijaća. Također transport uvelike utječe na zagađenje okoliša, ispuštanjem velikih količina štetnih čestica. U skorijoj budućnosti trebalo bi doći do upotrebe transportnih vozila pokretanih električnim pogonom, gdje su emisije štetnih plinova jednake nuli. Uz aluminij, bakar koji se nalazi u napojnom kabelu i vodičima također stvara značajan utjecaj u pojedinim kategorijama analiza, međutim što se kabela i vodiča tiče tu nemamo mjesta za ikakva poboljšanja. Glavna razlika u konstrukcijskoj izvedbi s aspekta odabira materijala analiziranih kuhala je u kućištu u kojem se nalazi voda za zagrijavanje. Kod kuhala MyDomo ono je izrađeno od nehrđajućeg čelika a kod kuhala Simpex izrađeno je od termoplasta (polipropilen). Upravo zbog toga kuhalo MyDomo mnogo više opterećuje okoliš u smislu iscrpljivanja prirodnih resursa iz zemlje zbog eksploatacije željezne rude.

Razvojem novih tehnologija, spoznajom novih informacija o postojećim materijalima te o nastancima suvremenih, uporabom novih tehnoloških postupaka obrade materijala potrebno je konstantno nadograđivati i poboljšavati programske alate koji se koriste za obradu podataka prilikom provođenja LCA metode kako bi analiza bila što točnija. Veoma je važno da se razvijaju novi programski alati koji bi znanstvenicima i injženjerima u svijetu bili što dostupniji i jednostavniji za korištenje, a sve u cilj poboljšanja proizvodnje i proizvoda koji bi u konačnici imali manji utjecaj na okoliš i ljudsko zdravlje.

LITERATURA

[1] https://www.semtrio.com/en/history-of-life-cycle-assessment, pristup ostvaren 22.3.2020.

[2] https://www.plantagbiosciences.org/people/nyamisi-kweba/2019/06/25/life-cycle-assessment/, , pristup ostvaren 22.3.2020.

[3] https://www.e-education.psu.edu/eme807/node/690, , pristup ostvaren 24.3.2020.

[4] https://www.e-education.psu.edu/egee401/sites/www.e-education.psu.edu.egee401/files/A%20Brief%20History%20of%20Life-Cycle%20Assessment.pdf, , pristup ostvaren 29.3.2020.

[5] http://michaelminn.net/energy/life-cycle-analysis/, pristup ostvaren 28.3.2020.

[6] https://www.semtrio.com/en/life-cycle-assessment-steps , pristup ostvaren 12.4.2020.

[7] https://www.researchgate.net/figure/Eco-indicator-99-Methods-classic-and-updated-impact-categories-structures_fig1_259865856, , pristup ostvaren 12.4.2020.

[8] https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/eco-indicator , pristup ostvaren 18.4.2020.

[9] https://www.adm-global.org/productionsupporttools/Impact_Analysis_Ecoindicator99.html , pristup ostvaren 3.5.2020.

[10] https://simapro.com/, , pristup ostvaren 16.5.2020.

[11] https://www.ecoinvent.org/partners/resellers/resellers.html , pristup ostvaren 17.5.2020.

[12] Birgit Grahl, Walter Klöpffer, Life Cycle Assessment (LCA): A Guide to Best Practice , 2014.

[13] Alexandre Jolliet, Olivier Jolliet, Pierre Crettaz, Myriam Saade-Sbeih, Shanna Shaked, Environmental Life Cycle Assessment, 18. studenog 2015.

SAŽETAK

„Cjelovito bilansiranje na primjeru kućanskog aparata primjenom računalnog programa simapro“

U ovom završnom radu provedena je analiza utjecaja životnog ciklusa kućanskog aparata u ovom slučaju kuhala za vodu na okoliš i ljudsko zdravlje te ostale kategorije uporabom računalnog programa SimaPro. Usporedbom i analizom dvaju kuhala vidljivo je kako je odabir materijala u izradi kuhala veoma bitan, iz razloga što „pametnim“ odabirom materijala možemo uvelike promijeniti utjecaj na okoliš i ljudsko zdravlje. Također u radu je opisana povijest nastanka LCA (engl. *Life cycle-assessment, Life cycle analysis, LCA*) analize, opisani su eko indikatori te njihova podjela, standardni eko indikatori te uporaba istih. U završnom radu opisan je računalni program SimaPro te su objašnjene sve njegove dostupne licence. Pri analizi kuhala objašnjen je postupak rada u računalnom programu.

KLJUČNE RIJEČI: životni ciklus, zbrinjavanje, otpad, materijali, metal, plastika, recikliranje, eko indikatori, bakar, analiza

SUMMARY

„General analysis on the example of a household appliance using the SimaPro cumputer program“

In this final paper, an analysis of the impact of the life cycle of a household appliance in this case of a water cooker on the environment and human health and other categories was done using the computer program SimaPro. Comparing and analyzing the two water cookers shows that the choice of materials in the manufacture of cookers is very important, because "smart" choice of materials can greatly change the impact on the environment and human health. The paper also describes the history of LCA (Life cycle-assessment, Life cycle analysis, LCA) analysis, describes eco-indicators and their division, standard eco-indicators and their use. The final paper describes the computer program SimaPro and explains all its available licenses. During the analysis of the cooker, the procedure of working in a computer program was explained.

KEY WORDS: life cycle, disposal, waste, materials, metal, plastic, recycling, eco indicators, copper, analysis

ŽIVOTOPIS

Domagoj Skorup rođen je 13. rujna 1996. u Našicama. Živi u Donjem Miholjcu te je nakon završene osnovne škole August Harambašić Donji Miholjac upisao smjer strojarski tehničar u Srednjoj školi Donji Miholjac. Nakon završetka srednje škole 2015.god, 2016. upisao je Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija u Osijeku smjer Elektroenergetika. Poznaje znanja rada u AutoCAD, CATIA, MS word programskim alatima.