

Projekt: LCA 009/2023



LCA ANALIZA S KOMENTARJEM ZA POLNILEC ZA ELEKTRIČNA VOZILA »RDC CHARGER«

Naročnik: Robotina d.o.o. – OIC Hrpelje 38, Hrpelje, SI-6240 Kozina

Izvajalec: M projekti in inovacije d.o.o., pripravljena s strani LCA

strokovnjaka EDIN LAKIĆ

Junij 2023

IZVLEČEK ŠTUDIJE

Podjetje Robotina d.o.o. proizvaja polnilne linije za EV »RDC Charger«. Proizvodnja komponent, njihovo sestavljanje v celoto, uporaba polnilnice, njeno razstavljanje in recikliranje komponent doprinese 82,8 kg CO₂(eq) k emisijam toplogrednih plinov ter za 32,202 mPt skupnih okoljskih vplivov na globalni ravni. Glavni vir vplivov na okolje in zdravje ljudi predstavlja uporaba elektronskih tiskanih vezij in elektronske komponente. Za morebitno izboljšanje okoljske odtisa je potrebno razmišljati o čim bolj popolnem razstavljanju elektronskih komponent in o njihovem recikliranju pri, čemer je najbolj bistveno pridobivanje redkih kovin in mineralov.

KLjučne besede: LCA, polnilnica za električna vozila, recikliranje elektronskih komponent

KAZALO

1.	UVOD	1
1.1.	PREDSTAVITEV PODJETJA	1
1.2.	OSNOVE IN DEFINICIJA PROBLEMA	1
1.3.	TEHNIČNE REŠITVE - RDC CHARGER.....	2
1.3.1.	Dinamično polnjenje/delovanje	3
1.3.2.	Tehnične lastnosti	4
2.	CILJI LCA ŠTUDIJE	5
2.1.	RAZLOGI ZA IZVEDBO ŠTUDIJE - OPREDELITEV PROBLEMA.....	5
2.2.	STRUKTURA IN VRSTA ŠTUDIJE.....	5
3.	OBSEG ŠTUDIJE	6
3.1.	FUNKCIONALNA ENOTA (FE).....	6
3.2.	MEJE IZRAČUNANEGA MODELA	7
3.1.1.	Geografske meje predstavljene LCA analize	8
3.1.2.	Časovne omejitve LCA analize	8
3.1.3.	»Cut-off« -kriterij	8
4.	UPORABLJENI PARAMETRI (INVENTAR - LCI)	9
4.1.	Predpostavke in omejitve	9
4.2.	Alokacija snovnih in energetskih tokov.....	9
4.3.	Tabelarična predstavitev LCI.....	10
4.4.	Opis procesa	19
4.5.	Časovni okvir zbiranja podatkov.....	20
4.6.	Omejitve pri uporabi podatkov	20
4.7.	Validacija kakovosti podatkov	20
5.	IZRAČUN LCIA	22
5.1.	MREŽA SOODVISNOSTI	25
5.2.	ANALIZA VPLIVOV.....	27
5.3.	LCA ANALIZA – POJASNILA K REZULTATOM	28
6.	ZAKLJUČEK	29
7.	REFERENCE	29
8.	PRAVNE OSNOVE	30

1. UVOD

1.1. PREDSTAVITEV PODJETJA

Robotina d.o.o. je visokotehnološko podjetje, ki razvija in proizvaja napredne elektronske krmilnike, ki temeljijo na strojnem učenju in uporabi umetne inteligence. V evropskem in svetovnem merilu podjetje utrjuje položaj vodilnega ponudnika »pametnih in povezanih« rešitev, komponent in platform, ki omogočajo razvoj in uveljavljanje novih modelov povezane družbe kar je osnova digitalne preobrazbe. V ta namen razvijajo in implementirajo lastne rešitve, ki so sestavljene iz znanja, strojne in programske opreme ter organizacijske strukture in postopkov.

1.2. OSNOVE IN DEFINICIJA PROBLEMA

Trg polnilnic za električna vozila je bil v letu 2022 ocenjen na 24,4 milijarde EUR in raste po 24,7 % letni stopnji CAGR. Enak trend se pričakuje do leta 2032. EV polnilna postaja je točka, kjer se preko primerne pretvornika polni električno vozilo [1]. Polnjenje električnih vozil je postopek uporabe »EV polnilcev« za dovajanje električne energije v baterijo avtomobila pri čemer se polnilna priključi na električno omrežje. Vozniki električnih vozil lahko svoja vozila polnijo na domači polnilni postaji, javni polnilni postaji ali na delovni polnilni postaji. Polnjenje EV na domači polnilni postaji poteka s polnilniki ki delujejo na »stopnji 2«. Polnjenje na komercialnih in delovnih električnih polnilnicah pa poteka na »stopnji 2« in »stopnji 3«. Polnilnik za električna vozila črpa električni tok iz omrežja in ga dovaja v električno vozilo prek konektorja ali vtiča. Električno vozilo to električno energijo shranjuje v bateriji in jo po potrebi uporabi za napajanje elektromotorja. Za polnjenje električnega vozila se uporablja posebno kablovje, s katerim se priključek na EC priključi na konektor na polnilni postaji. EV baterije lahko sprejmejo samo enosmerni tok (DC).

Obstajajo tri glavne vrste polnjenja električnih vozil: 1. stopnja, 2. stopnja in 3. stopnja, večinoma znana kot hitro polnjenje z enosmernim tokom ali na kratko hitro polnjenje.

Polnjenje po stopnji 1 je mogoče izvesti prek standardnega 120-voltnega zidnega vtiča, ki ga lahko najdete v domovih in garažah v ZDA. Polnjenje 1. stopnje je izredno počasno in je običajno rezervirano za polnjenje doma, kjer polnjenje poteka preko noči. Za popolno polnjenje baterije EV s polnjenjem 1. stopnje lahko traja tudi več kot 24 ur.

Polnilniki stopnje 2 uporabljajo 240 voltov in jih običajno najdemo v domovih po Evropi in javnih polnilnih postajah. Polnilnik 2. stopnje je veliko hitrejši od polnilnika 1. stopnje (tudi do 15-krat hitrejši). Polnilne postaje EV 2. stopnje potrebujejo namensko 208-/240-voltno vtičnico. Večina domov nima dodatne tovrstne vtičnice in za polnjenje potrebujejo namensko vezje, ki ga namesti električar.

Hitri DC polnilniki ali hitri polnilniki uporabljajo 480+ voltov in so danes najhitrejši način za polnjenje električnega avtomobila.

Polnilniki 1. in 2. stopnje dovajajo v električno vozilo izmenični tok (AC), ki ga sistem v EV pretvori v enosmerni tok (DC). Baterija EV lahko sprejema samo enosmerno napajanje. Postaje za hitro polnjenje v EV neposredno dovajajo enosmerni tok in električnega toka ni treba pretvarjati. Polnilniki 1. in 2. stopnje polnijo električna vozila veliko počasneje zaradi postopka pretvorbe AC/DC.

Obstajajo tri vrste polnjenja 3. stopnje ali hitrega polnjenja z enosmernim tokom: kombinirani sistem polnjenja (CCS), CHAdeMO («CHARge de MOve») in Tesla Supercharger. CCS omogoča AC/DC polnjenje prek istih vrat, avtomobili s CHAdeMO imajo ločena vrata za AC polnjenje.

Preko hitrega polnilnika z enosmernim tokom se ne morejo polniti vsa EV. Hitri polnilniki z enosmernim tokom se uporabljajo samo v komercialnih aplikacijah in jih ni mogoče namestiti v domove iz več razlogov: domovi nimajo električne zmogljivosti za hitri polnilnik z enosmernim tokom, vozniki električnih vozil ne potrebujejo tako hitrega polnjenja za nočno polnjenje doma, namestitev za hitro polnjenje z enosmernim tokom je veliko dražja od stopnje 2. zaradi potrebnih izboljšav električne infrastrukture. Po drugi strani pa je lahko hitra polnilna postaja z enosmernim tokom za komercialne aplikacije idealna rešitev za polnjenje električnih vozil za podjetja. Hitri polnilniki z enosmernim tokom so na primer popolni za polnjenje voznih parkov in za javne polnilne postaje na avtocestah.

Obstaja omejeno število LCA študij dosegljivih strokovni in širši javnosti, ki opredeljujejo predvsem vplive uporabe polnilnic za EV [2,3] pri čemer pa je težko izluščiti neposredne vplive proizvodnje polnilnice. Edina dosegljivo LCA analizo, ki se bolj natančno opredeljuje do vplivov same proizvodnje postaje za polnjenje EV je podalo podjetje GARO v juliju 2021 [4] vendar ta analiza nosi oznako interno. V njej avtorji ugotavljajo, da 47 % vseh škodljivih emisij predstavljata aluminij za izgradnjo ohišja in vgrajena elektronika.

Podjetje Robotina d.o.o. na trg polnilnic za električna vozila pošilja svojo polnilnico za polnjenje električnih vozil EV (RDC Charger), ki se po zasnovi razlikuje od polnilnice GARO LS4, predvsem v zasnovi ohišja, kjer se namesto aluminija uporablja jeklo in plastika. Za tahe vrste polnilnic pa ni širši javnosti dosegljivih podatkov.

1.3. TEHNIČNE REŠITVE - RDC CHARGER

EV polnini sistem »RDC Charger« podjetja Robotina d.o.o. je polnilna postaja, ki omogoča hitro polnjenje električnih vozil. Ustreza vsem tehničnim kriterijem, ki so zahtevani za učinkovito in varno delovanje hitre polnilnice:

- Nazivna moč polnjenja 22 kWh zadostuje za polnjenje električnega vozila za razdaljo 100 km v 45 minutah (izračun narejen za porabo 16 kWh na 100 km).
- Moderna in preprosta zasnova. Deluje v skladu s standardoma IP54 & IK10 ter je primerna za notranjo in zunanjo uporabo. Prilagodljive barve ohišja polnilnika.

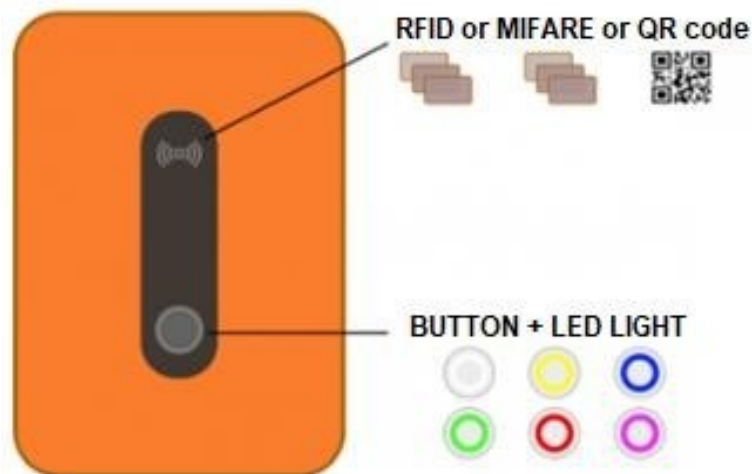
- Gumb s barvno LED lučko za status polnjenja. Različna barva ali barvna kombinacija ima drugačen pomen. Stanje polnilnice se lahko preprosto preveri z barvo LED lučke.
- RFID, MIFARE kartica ali QR koda za nadzor dostopa in uporabe. Za odklepanje in začetek postopka polnjenja se uporabi kartico RFID/MIFARE ali QR kodo. Enostavno upravljanje, dodajanje in odstranjevanje uporabnikov polnilnice.
- Vozilo se lahko polni s presežki obnovljivih virov energije. Primerno za sisteme, kjer je solarni/vetni inverter priključen na domače omrežje.
- S primernim načrtovanjem se lahko optimizira polnjenje (eko polnjenje) v času poceni električnega toka.
- Postaja prioriteto polni pri najvišji možni moči.
- Popolnoma avtonomno delovanje, samodejni zagon po napaki.
- Sistem omogoča nadzor do 8 RDC polnilnic in je primeren tudi za večstanovanjske objekte, hotele, itd. Polnilniki komunicirajo med seboj in omogočajo optimalno delovanje znotraj objekta.
- HEMS – Home Energy Management System omogoča daljinsko upravljanje ključnih porabnikov (toplotna črpalka, akumulatorski hranilnik...). Dinamični omejevalnik toka ohranja porabo energije pod omrežnimi varovalkami.
- Brezžični merilniki moči in releji velikega dosega za namestitve brez kablov omogočajo enostavno namestitve in optimizacijo porabe energije v stavbi.

1.3.1. Dinamično polnjenje/delovanje

Kazalnik vpliva: Potencial pomanjkanja pitne vode (poraba vode, ponderirana s pomanjkanjem). Relativna preostala razpoložljiva voda (AWARE) je količina vode na določenem območju, potem ko so bile izpolnjene potrebe ljudi in vodnih ekosistemov. Ta kazalnik se priporoča samo za karakterizacijo

Polnilnica RDC omogoča, da se vsi visoko energijski porabniki lahko prilagodijo RDC polnilniku in njegovim energetskim potrebam. Ker RDC Charger deluje kot sistem HEMS lahko podreja, obvladuje in krmili tudi druge obremenitve, kar omogoča optimiziranje pretoka energije po stavbi. Vsebuje dinamični omejevalnik toka, ki preprečuje sprožitev odklopnika (preobremenitev), ki jo lahko povzročijo visoko energijsko potratne naprave, ki delujejo istočasno. DCL spremlja trenutno porabo naprav in v realnem času dodeljuje razpoložljivo zmogljivost, kar jim omogoča delovanje brez preobremenitve. Različne visoko energijsko potratne naprave v stavbi se lahko različno razporedi po prioritetah z enim samim pritiskom na gumb. Enako velja, če je v stavbi več (do 8) RDC polnilnic. Med njimi se lahko določi prioritete. Če en polnilnik hitro potrebuje veliko energije, bo drugi polnilnik zmanjšal moč polnjenja.

1.3.2. Tehnične lastnosti



Slika 1.1 prikazuje kontrolno ploščo »RDC Charger« polnilnika za EV vozila.

Osnovne značilnosti

- Polnjenje se začne samodejno, takoj ko je vozilo priključeno z kablom,
- Kratek pritisk gumba za preklop omogoči/začasno ustavi polnjenje,
- Dolg pritisk gumba za preklop prednostnega/varčnega polnjenja,
- LED indikator za stanje polnjenja,
- Povlecite kartico RFID/MIFARE/QR, da odklenete polnilnik RDC.

Tabela 1.1. Tehnične specifikacije »RDC Charger« podjetja Robotina d.o.o.

Nazivna napetost	1x230Vac 50/60Hz, 3x230/400Vac 50/60Hz
Maksimalni tok	1x32A, 3x32A
Maksimalna moč polnjenja	Enofazni priklop → 7.4kW Trifazni priklop → 22kW
Polnilni kabel	Tip 2, dolžine 5m
Omrežna povezava	Ethernet 100M RJ45
	4G LTE (opcija)
Brezžični doseg	300m open / 50m indoor *doseg varira glede na dejansko stanje objekta montaže
Frekvenčni pas	868Mhz
Nivo zaščite ohišja	IP54
Odpornost na udarce	IK10
Delovna temperatura	-20°C to +60°C
Izolacija	1200Vac

Možnosti montaže

Nosilec polnilnega kabla je lahko nameščen neposredno na RDC polnilnico ali pa neodvisno na zid.



Slika 1.2 prikazuje možnost namestitve polnilnega kabla.

2. CILJI LCA ŠTUDIJE

2.1. RAZLOGI ZA IZVEDBO ŠTUDIJE - OPREDELITEV PROBLEMA

Podjetje Robotina d.o.o. deluje v skladu z standardi kakovosti ISO 9001 in standardi za ravnanje z okoljem ISO 14000. Poslovna politika podjetja temelji na uveljavljanju poslovnih praks, ki upoštevajo modele krožnega gospodarstva. V ta namen se je poslovodstvo podjetja odločilo, da ugotovijo in se opredelijo do tega, kakšen je globalni vpliv njihovih proizvodnih procesov in njihovih izdelkov na okolje. V ta namen so se odločili za pristop izdelave EPD (Environmental Product Declaration) za posamezne izdelke, ki bo uporabnike njihovih izdelkov sproti obveščal, kakšen je globalni vpliv pri nakupu in uporabi posameznega proizvoda. Z izdelavo tega dokumenta bodo neposrednim uporabnikom omogočili primerjavo njihovega produkta s konkurenčnimi produkti drugih proizvajalcev tovrstnih izdelkov glede na trajnost proizvoda, poslovnim uporabnikom pa omogočili lažje ovrednotenje lastnih proizvodnih procesov. Osnova za izdelavo EPD je konsistentna in natančna LCA analiza posameznega izdelka.

2.2. STRUKTURA IN VRSTA ŠTUDIJE

Na podlagi ISO standardov ISO 14040:2006 in ISO 14044:2006 je struktura LCA razdeljena na štiri faze: opredelitev cilja in obsega, analiza inventarja, ocena vpliva življenjskega cikla in interpretacija skozi iterativne procese [5-10]. V tej študiji je struktura LCA analize prilagojena za primer ovrednotenja vplivov izdelave polnilne postaje za električna vozila na okolje. Obseg analize je določen od opredelitve ciljev in namena uporabe, pri čemer je potrebno natančno opredeliti funkcionalno enoto ter natančno definirati meje izračuna glede enoto izdelka ali sistema, ki ga je treba analizirati. V opredelitvi cilja se

določi obseg analize. Obseg analize se lahko razdeli na več življenjskih faz. Analiza **od zibelke do vrat** upošteva vpliv procesov za izdelavo opreme. Tej fazi sledi analiza **od vrat do vrat** katera se osredotoča na sam postopek vzdrževanja in upravljanja opreme, da bi se upoštevalo življenjske faze pred proizvodnjo. Zadnjo življenjsko fazo predstavlja faza **od vrat do groba**, ki vključuje način njegove razgradnje. Vse tri faze se lahko združuje v LCA **od zibelke do groba**, ki holistično opiše celoten življenjski cikel izdelave in uporabe opreme (polnilne postaje). Funkcionalna enota je ena polnilna postaja. Po svoji osnovni strukturi je bila izvedena celovita (absolutna) študija proizvodnje, uporabe in razgradnje polnilca za EV »RDC Charger«. LCA je narejena po principu »Od zibelke do groba«. Meje študije bodo podrobneje opredeljene v nadaljevanju, polnilec je opisan v poglavju 1.3 tega dokumenta.

Študija je podana za področje Evrope za leto 2023, vendar se ob kritičnem pregledu lahko uporabi na različnih teritorialnih območjih in v različnih časovnih obdobjih.

Z izdelavo tega dokumenta bodo neposrednim uporabnikom omogočili primerjavo njihovega produkta s konkurenčnimi produkti drugih proizvajalcev tovrstnih izdelkov glede na trajnost proizvoda, poslovnim uporabnikom pa omogočili lažje ovrednotenje lastnih proizvodnih procesov.

Študija je namenjena zainteresiranim uporabnikom (kupcem naprave) za ocenitev svojega okoljskega odtisa pri uporabi naprave.

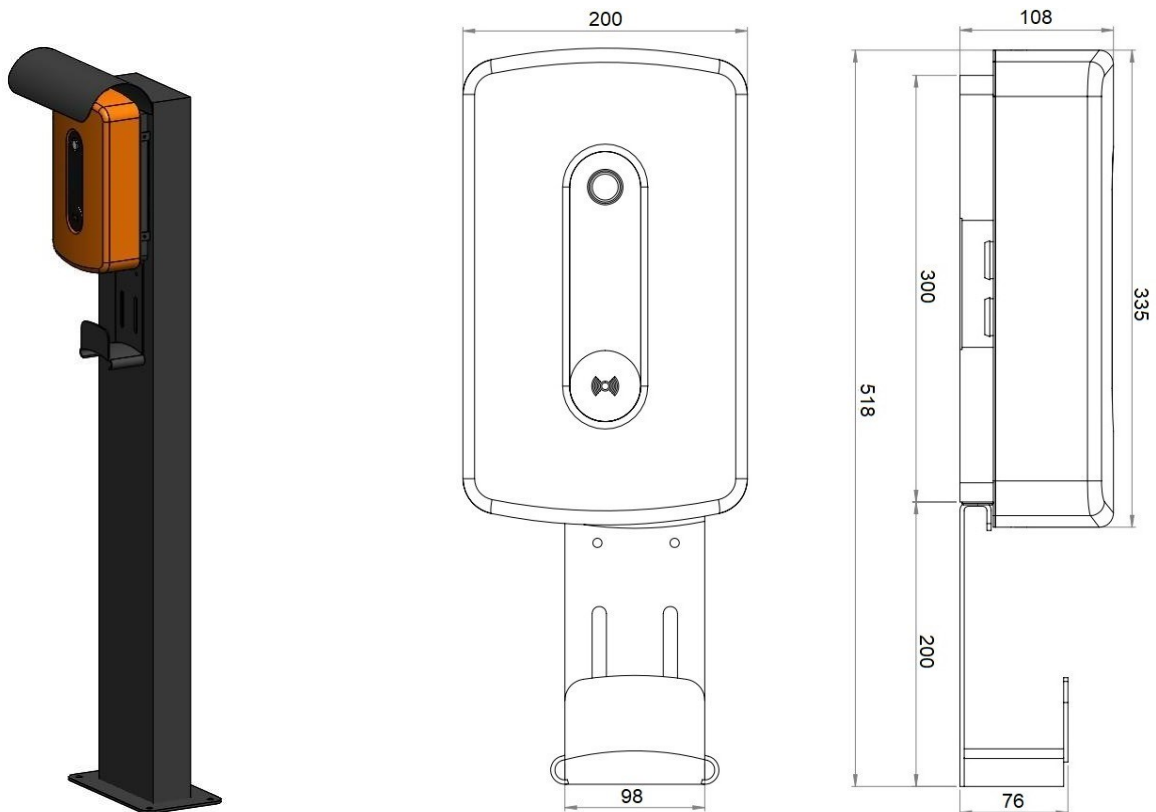
3. OBSEG ŠTUDIJE

3.1. FUNKCIONALNA ENOTA (FE)

Funkcionalna enota (FU) je en polnilna enota za električna vozila »RDC Charger« podjetja Robotina d.o.o. s pripadajočim polnilnim kablom in stojalom za namestitev.

Tabela 3.1 teža glavnih komponent in skupna teža, »RDC Charger«, ki je opredeljena kot 1 funkcionalna enota (FE).

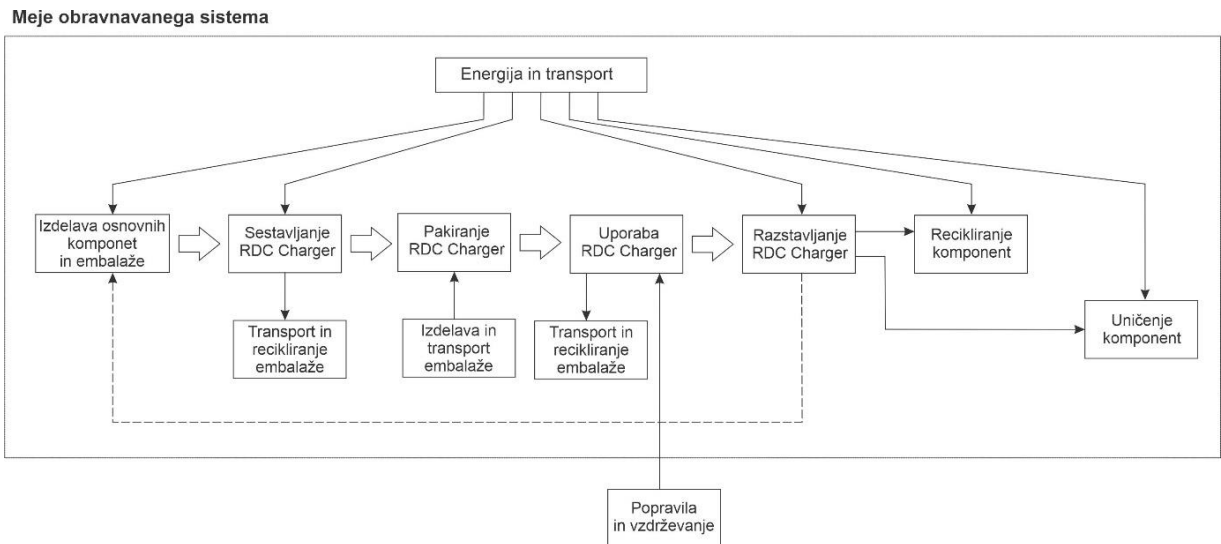
Komponenta	Masa v g
Polnilni modul	6250
Polnilni kabel	2800
Stojalo	850
Skupaj	9900



Slika 3.1 prikazuje polnilno postajo in dimenzijske mere »RDC Charger«, ki je opredeljena kot 1 funkcionalna enota (FE).

3.2. MEJE IZRAČUNANEGA MODELA

LCA je namenjena oceni vplivov na okolje in zdravje ljudi pri izdelavi polnilne postaje »RDC Charger« podjetja Robotina d.o.o. Za izračun je bil uporabljen holističen pristop po sistemu »Od zibelke do groba«, kjer smo v izračun upoštevali izdelavo osnovnih sestavnih (osnovnih) komponent), njihovo sestavljanje v celoto, razgradnjo celote nazaj na sestavne komponente in recikiranje oziroma uničenje sestavnih komponent. V izračun je bila upoštevana poraba električne energije za proizvodnjo in razstavljanje celote, kot tudi sestavljanje in recikiranje (uničenje) sestavnih komponent. Upoštevan je bil vpliv transporta sestavnih komponent na mesto sestavljanja polnilne postaje, transport polnilne postaje na mesto uporabe, transport odrabljene polnilne postaje na mesto razstavljanja ter transport izrabljenih sestavnih komponent na mesto recikiranja oziroma uničenja. Izračun temelji na upoštevanju »cut-off« pristopa, kjer so meje za posamezne materiale in procese postavljene v bazi podatkov EcoInvent 3.8. Zaradi natančnosti analize smo uporabili knjižnice po enotah (»Unit«).



Slika 3.1 prikazuje meje izračuna.

3.1.1. Geografske meje predstavljene LCA analize

Določitev LCI je bila narejena na sedežu podjetja Robotina d.o.o. v Hrpeljah pri Kozini. Večina sestavnih delov je bila nabavljena na področju EU. Energija, ki je bila vgrajena v proizvodnjo 1 FE je bila dobljena iz Slovenskega elektro omrežja. Čeprav so posamezni elektronski sklopi nabavljeni znotraj EU pa se večina elektronskih komponent proizvaja izven EU in velikokrat proizvajalec teh elektronskih komponent ni znan. Podatki dobljeni za procese: sestavljanja, uporabe, razstavljanja, recikliranja RDC Charger, uporabe in recikliranje embalaže ter uničenja posameznih komponent veljajo za področje EU medtem ko so podatki za izdelavo osnovnih komponent ocenjeni na podlagi globalnih podatkov in so manj zanesljivi. V osnovi pa izdelana analiza velja za področje EU.

3.1.2. Časovne omejitve LCA analize

Vsi podatki so bili izmerjeni v juniju 2023. Masna bilanca za sestavo 1 FE se ne spreminja in glede na masno bilanco, je LCA študija veljavna dokler se ne spremeni tehnološka zasnova funkcionalne enote. Energetska bilanca sloni na košarici virov električne energije, kot so določeni v bazi podatkov EcoInvent 3.8. Podatki so veljavni dokler se na področju RS ne spremeni košarica virov električne energije. Izdelava elektronskih komponent vključuje globalne podatke kot so določeni v bazi podatkov EcoInvent 3.8. LCA študija ima veljavnost dokler se ne spremeni sestava podatkov, ki so navedeni zgoraj. Na podlagi izkušenj avtor študije ocenjuje, da je LCA študija veljavna najmanj 5 let.

3.1.3. »Cut-off« -kriterij

V skladu z evropskim standardom EN 14044:2006 je bila izvedena poenostavitev izračuna z uporabo »Cut-off« pravila, kjer se je v izračun upoštevalo samo vplive, ki dosegajo več kot 1 % skupnih vplivov glede na opazovani model, kot je to prikazano na sliki 3.9.

4. UPORABLJENI PARAMETRI (INVENTAR - LCI)

Popis življenjskega cikla (inventar) združuje energijske in materialne tokove, ki so vključeni v meje preučevanega sistema. Tipične informacije v oceni življenjskega cikla izdelave polnilne postaje vključujejo količino materiala in energije za izdelavo opreme (npr. surovine, pomožni materiali, energija, transport), procese za vzdrževanje in procese za razgradnjo in recikliranje materialov (transport in energija) oziroma uničenje odpadkov. Ko se zbere popis različnih idej o možnih vplivih, se kazalniki inventarja z uporabo standardiziranih metod in orodij za presojo vplivov na okolje (npr. EF3.0, ReCiPe, CML, TRACI) [11,12] pretvorijo v vrsto kategorij vplivov na okolje in zdravje ljudi ter živali. Tipičen seznam kategorij vplivov po LCA vključuje: potencial zakisanja, podnebne spremembe, potencial evtrofikacije, potencial ekotoksičnosti sladkovodnih vodnih usedlin, potencial ekotoksičnosti morskih vodnih usedlin, potencial ekotoksičnosti na kopnem, potencial strupenosti za ljudi, vpliv ionizirajočega sevanja, nastanek fotokemičnih oksidantov, potencial abiotskega izčrpavanja in potencial tanjšanja ozonskega plašča. Ko so učinki določeni se v zadnjem koraku LCA analize interpretira rezultate, čemur sledi obrazložitev in zaključek.

4.1. Predpostavke in omejitve

Vsi podatki v LCA so bili pridobljeni z neposrednim tehtanjem posameznih sestavnih komponent. Energija za sestavljanje produkta je bila izmerjena na celotno proizvodnjo in porazdeljena na posamezno enoto produkta. Transportne poti so bile ocenjene. Transportna pot za dostavo sestavnih komponent je bila ocenjena v povprečju na 500 ± 50 km, dostava končnega produkta uporabniku na 250 ± 25 km, transport odrabljenega produkta na mesto razgradnje 250 ± 25 km in transport sestavnih komponent na mesto recikliranja in/ali uničenja 250 ± 25 km.

Podatki uporabljeni v študiji so bili izmerjeni s pomočjo tehtanja posameznih komponent iz katerega sestavljen produkt in so določeni z mejo zanesljivosti tehtnice. Energija uporabljena za sestavljanje 1 enote je zaradi kompleksnosti operacij in drugih dejavnikov (vzdrževanje mikroklima delovnih prostorov) težko določljiva zato je bila energija izmerjena na celotno proizvodnjo in porazdeljena na posamezno enoto produkta. Transportne poti so bile ocenjene, ker se točno lokacijo naprave težko določi in je bilo potrebno razdalje smiselno povprečiti.

4.2. Alokacija snovnih in energetskih tokov

Izvedena je bila celovita LCA študija. Obseg in način izvedbe študije je v skladu s priporočili EN ISO 14044:2006 nastavljen na način, da je izračun neposreden in se nanaša neposredno na proizvodnjo 1 polnilne enote. Alokacije za posamezne materiale, komponente, transport in energije so upoštevane že v podatkih pridobljenih iz baze podatkov EcoInvent 3.8.1. Neposredni alokacij pri proizvodnji polnilnice ni bilo saj so bili vsi materiali, komponente, transport in energija uporabljeni za sestavljanje

polnilnice. Ekonomske alokacije nismo predvidevali, ker se študija ne nanaša na ekonomske parametre projekta.

4.3. Tabelarična predstavitev LCI

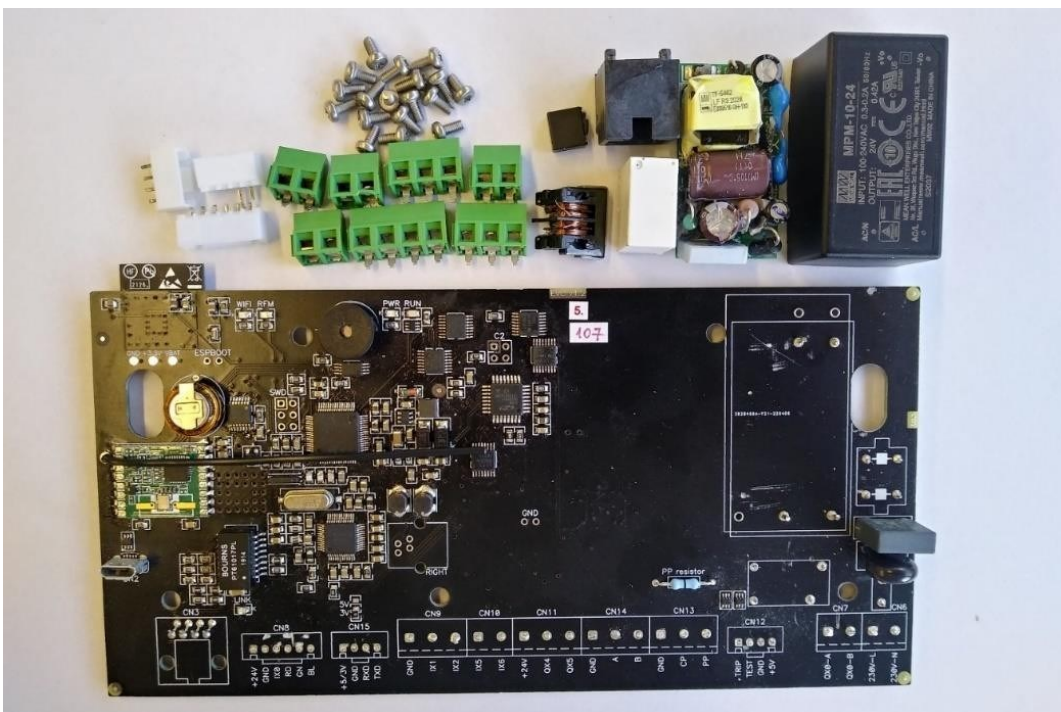
V tabeli 3.1 in slikah 3.2 do 3.8 je prikazan inventar pri izdelavi 1 FE (RDC Charger).

Table 3.1 Kosovnica polnilne postaje »RDC Charger«.

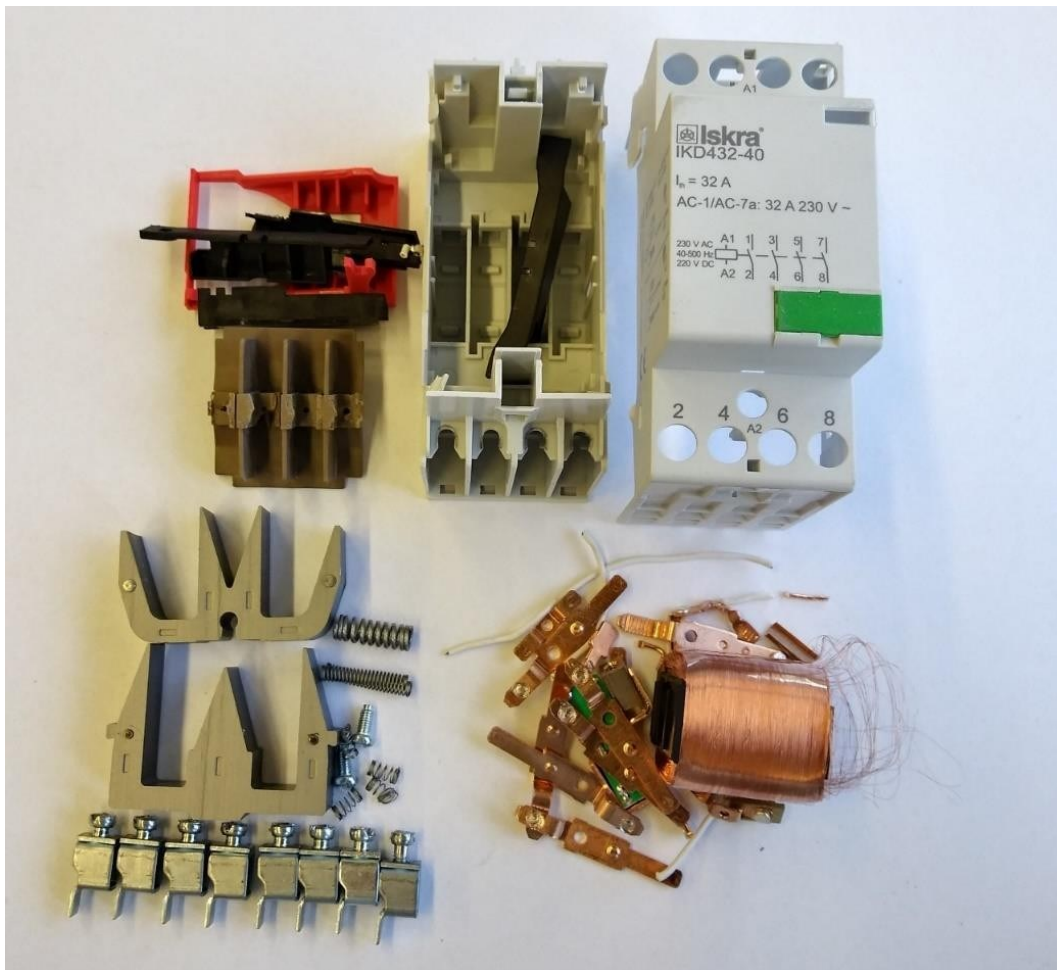
ID	Opis	Kol.	Baker	Pocinkana pločevina	Plastika izolacija	Tiskano vezje	Papir
			[g]	[g]	[g]	[g]	[g]
F-0001	EPDM tesnilo	1			2		
F-0002	Vijaki	1		53			
F-0003	Žice in kabli	1	75		27		
F-0004	Embalaža				112		1150
F-0519	DIN-Rail	0,4		86			
F-0671	Ploščica WAP 2.5-10	1			3		
F-0997	Sponka WDU 6	1	3	5	12		
F-0998	Sponka WDU 6	3	9	15	18		
F-0999	Sponka WDU 6	1	3	5	6		
F-1362	Stepped collar (cable gland)	2			8		
F-1434	3-phase power meter, DIN rail	1	45	49	136	106	
F-1809	Installation Contactor	1	82	116	61		
F-1810	Dno ohišja polnilne postaje	1		1500			
F-1811	Obešalo za kabel	1		850			
F-1812	Pokrov ohišja polnilne postaje	1			450		
F-1813	PCB EVC-polnilnica mockup/P	1	4	12	22	92	
F-1815	Gumi uvodnica	1			5		
F-1818	Zaščitna pločevina	1		550			
F-1819	Zaporni čep	1			4		
F-1822	RGB Pushbutton Switch	1	6	20	4		
F-1823	Residual Current senzor	1	25		7		
F-1825	RFID Reader Wireless Module Uart	1	2			3	
F-1839	Cable 3 phase, opened end,type2	1	1500		1300		
F-1854	Streme EW 35 vijačno	2		5	12		
F-1855	Montažna plošča, dekap.ploč	1		550			



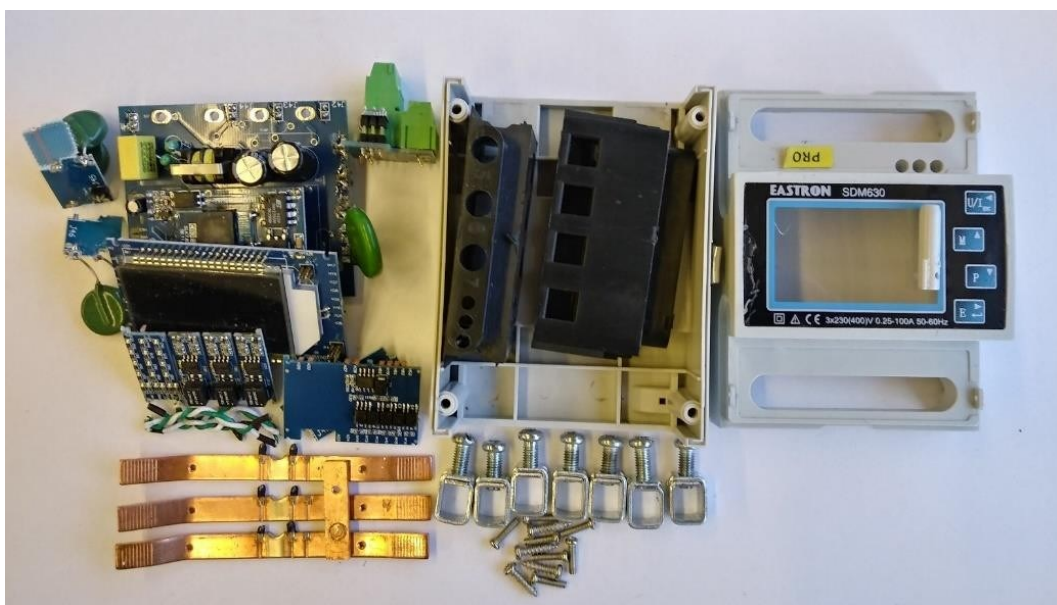
Slika 3.2 Polnilna enota »RDC Charger«.



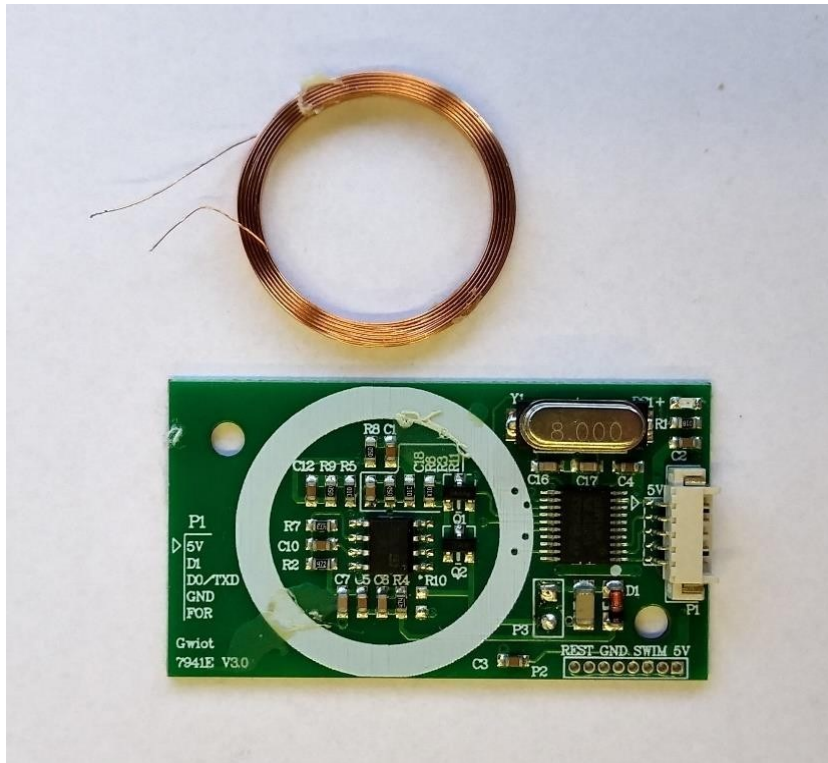
Slika 3.3 Tiskano vezje z elektronskimi komponentami F-1813 PCB EVC-polnilnica mockup/P.



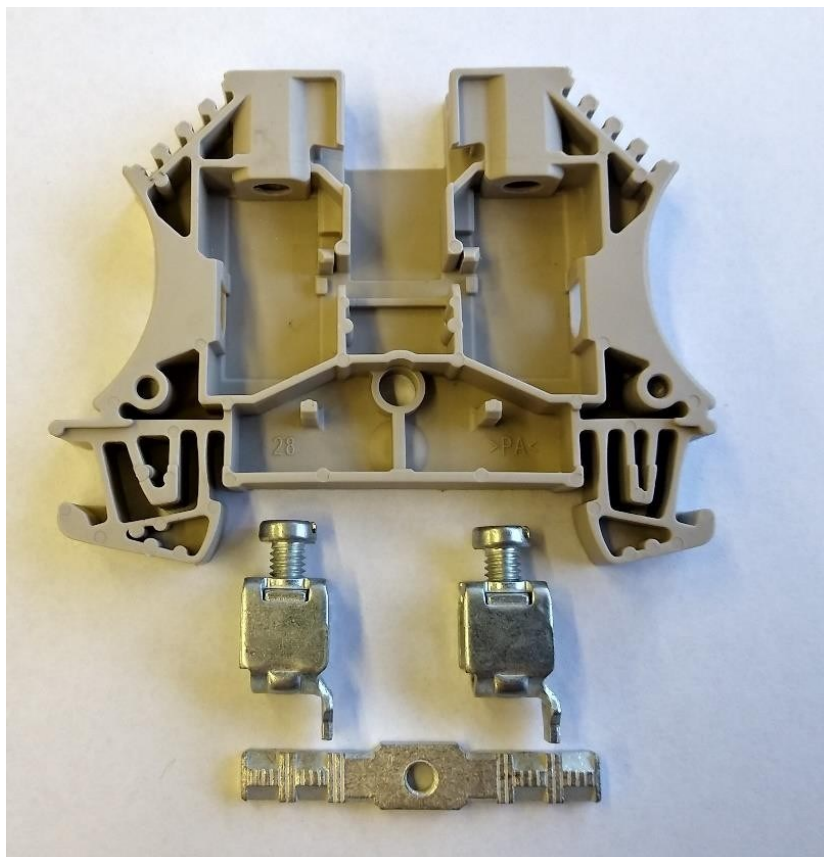
Slika 3.4 Priključek za inštalacijo F-1809 Installation Contactor IKD432-40.



Slika 3.5 3 fazni merilnik moči F-1434 3 Phase Power Meter.



Slika 3.6 Elektronski čitalnik F-1825 RFID Reader Wireless Module.



Slika 3.7 Sponka F-0998 Sponka WDU 6.



Slika 3.8 Pripadajoče žice in kabli.

Tabela 3.2 Prikazuje inventar (LCI) uporabljen v izračunih po bazi Ecoinvent za sestavo polnilnice.

Materials/assemblies – RDC Charger		
F-0001 EPDM Plastic Foam	1	p
F-0002 Screws	1	p
F-0003 Wires and Cables	1	p
F-0004 Package	1	p
F-0519 DIN Rail	1	p
F-0671 WAP Plate	1	p
F-0997 Clamp WDU 6	1	p
F-0998 Clamp WDU 6	3	p
F-0999 Clamp WDU 6	1	p
F-1362 Stepped Collar	2	p
F-1434 3 phase power meter, DIN rail	1	p
F-1809 Installation contactor IKD432-40	1	p
F-1810 Housing Bottom	1	p
F-1811 Cable Hanger	1	p
F-1812 Cover	1	p
F-1813 PCB EVC mockup/P	1	p
F-1815 Rubber Gland	1	p
F-1818 Protection Metal	1	p
F-1819 Closing Plug	1	p
F-1822 RGB Push Button	1	p

F-1823 Residual Current Sensor	1	p
F-1825 RFID Reader WiFi Module Uart 3PIN 125 KHZ	1	p
F-1839 Cable 3 Phase, 22 kW, 32 A, opened end, Typ	1	p
F-1854 Streme EW 35, screw	2	p
F-1855 Mounting Plate	1	p
Transport of input materials	1	p
Transport of RDC Charger	1	p

Processes		
Electricity, low voltage {SI} market for Cut-off, U	4,625	kWh
Transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, euro6 {RER} market for transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO6 Cut-off, U	2475	kgkm

Inputs from technosphere: materials/fuels F-0001 EPDM Plastic Foam		
Polymer foaming {RER} processing Cut-off, U	2	g
Fleece, polyethylene {RER} production Cut-off, U	2	g

Inputs from technosphere: materials/fuels F-0002 Screws		
Cast iron {RER} production Cut-off, U	48	g
Zinc coat, pieces {RER} zinc coating, pieces Cut-off, U	5	cm2

Inputs from technosphere: materials/fuels F-0003 Wires and Cables		
_57 Copper basic, virgin, EU27	75	g
Wire drawing, copper {RER} processing Cut-off, U	75	g
PVC injection moulding E	27	g

Inputs from technosphere: materials/fuels F-0004 Package		
Fleece, polyethylene {RER} production Cut-off, U	112	g
Polymer foaming {RER} processing Cut-off, U	112	g
_35 Paper and paper products, EU27	1150	g

Inputs from technosphere: materials/fuels F-0004 Package		
Polymer foaming {RER} processing Cut-off, U	170	g
Fleece, polyethylene {RER} production Cut-off, U	170	g
_35 Paper and paper products, EU27	620	g

Inputs from technosphere: materials/fuels F-0005 Energy for production		
Electricity, low voltage {SI} market for Cut-off, U	4,625	kWh

Inputs from technosphere: materials/fuels F-0519 DIN Rail		
Cast iron {RER} production Cut-off, U	81	g
Zinc coat, pieces {RER} zinc coating, pieces Cut-off, U	5	cm2

Inputs from technosphere: materials/fuels F-0005 Energy for production		
Polypropylene injection moulding E	3	g

Inputs from technosphere: materials/fuels F-0997 Clamp WDU 6		
_57 Copper basic, virgin, EU27	3	g
Polypropylene injection moulding E	12	g
Cast iron {RER} production Cut-off, U	4	g
Zinc coat, pieces {RER} zinc coating, pieces Cut-off, U	1	cm2

Inputs from technosphere: materials/fuels F-0998 Clamp WDU 6		
_57 Copper basic, virgin, EU27	3	g
Polypropylene injection moulding E	6	g
Cast iron {RER} production Cut-off, U	4	g
Zinc coat, pieces {RER} zinc coating, pieces Cut-off, U	1	cm2

Inputs from technosphere: materials/fuels F-0999 Clamp WDU 6		
_57 Copper basic, virgin, EU27	3	g
Polypropylene injection moulding E	6	g
Cast iron {RER} production Cut-off, U	4	g
Zinc coat, pieces {RER} zinc coating, pieces Cut-off, U	1	cm2

Inputs from technosphere: materials/fuels F-1362 Stepped Collar		
Polypropylene injection moulding E	4	g

Inputs from technosphere: materials/fuels F-1434 3 Phase Power Meter		
Capacitor, electrolyte type, < 2cm height {GLO} market for Cut-off, U	25	g
Polypropylene injection moulding ECapacitor, for surface-mounting {GLO} market for Cut-off, U	5	g
Liquid crystal display, unmounted {GLO} production Cut-off, U	20	g
Integrated circuit, logic type {GLO} market for Cut-off, U	6	g
Printed wiring board, surface mounted, unspecified, Pb free {GLO} market for Cut-off, U	50	g
_57 Copper basic, virgin, EU27	45	g
PVC injection moulding E	136	g
Cast iron {RER} production Cut-off, U	45	g
Zinc coat, pieces {RER} zinc coating, pieces Cut-off, U	4	cm2

Inputs from technosphere: materials/fuels F-1809 Installation Contact. IKD32-40		
_57 Copper basic, virgin, EU27	85	g
Wire drawing, copper {RER} processing Cut-off, U	82	g
PVC injection moulding E	61	g
Cast iron {RER} production Cut-off, U	115	g
Zinc coat, pieces {RER} zinc coating, pieces Cut-off, U	3	cm2

Inputs from technosphere: materials/fuels F-1810 Housing Bottom		
Cast iron {RER} production Cut-off, U	1400	g
Zinc coat, pieces {RER} zinc coating, pieces Cut-off, U	1982	cm2

Inputs from technosphere: materials/fuels F-1811 Cable Hanger		
Cast iron {RER} production Cut-off, U	840	g
Zinc coat, pieces {RER} zinc coating, pieces Cut-off, U	896	cm2

Inputs from technosphere: materials/fuels F-1812 Cover		
Polypropylene injection moulding E	450	g

Inputs from technosphere: materials/fuels F-1813 PCB EVC mockup/P		
Resistor, wirewound, through-hole mounting {GLO} production Cut-off, U	20	g
Capacitor, electrolyte type, > 2cm height {GLO} market for Cut-off, U	10	g
Capacitor, electrolyte type, < 2cm height {GLO} market for Cut-off, U	20	g
Transistor, wired, small size, through-hole mounting {GLO} market for Cut-off, U	4	g
Printed wiring board, surface mounted, unspecified, Pb free {GLO} market for Cut-off, U	5	g
Integrated circuit, logic type {GLO} market for Cut-off, U	5	g
Printed wiring board, surface mounted, unspecified, Pb free {GLO} market for Cut-off, U	87	g
Electric connector, wire clamp {GLO} market for Cut-off, U	22	g
Cast iron {RER} production Cut-off, U	21	g
Zinc coat, pieces {RER} zinc coating, pieces Cut-off, U	4	cm2

Inputs from technosphere: materials/fuels F-1815 Rubber Gland		
Synthetic rubber {RER} production Cut-off, U	5	g

Inputs from technosphere: materials/fuels F-1818 Protection Metal		
Cast iron {RER} production Cut-off, U	500	g
Zinc coat, pieces {RER} zinc coating, pieces Cut-off, U	1530	cm2

Inputs from technosphere: materials/fuels F-1819 Closing PLug		
Synthetic rubber {RER} production Cut-off, U	4	g

Inputs from technosphere: materials/fuels F-1822 RGB Push Button		
_57 Copper basic, virgin, EU27	6	g
Polypropylene injection moulding E	4	g
Cast iron {RER} production Cut-off, U	19	g
Zinc coat, pieces {RER} zinc coating, pieces Cut-off, U	1	cm2

Inputs from technosphere: materials/fuels F-1823 Residual Current Sensor		
_57 Copper basic, virgin, EU27	25	g
Polypropylene injection moulding E	7	g

Inputs from technosphere: materials/fuels F-1825 RFID Reader WiFi Module		
Capacitor, electrolyte type, < 2cm height {GLO} market for Cut-off, U	0,25	g
Resistor, wirewound, through-hole mounting {GLO} production Cut-off, U	0,25	g
Integrated circuit, logic type {GLO} market for Cut-off, U	0,25	g

Printed wiring board, surface mounted, unspecified, Pb free {GLO} market for Cut-off, U	2,25	g
_57 Copper basic, virgin, EU27	2	g

Inputs from technosphere: materials/fuels F-1839 Cable 3 Phase, 22 kW, 32 A		
_57 Copper basic, virgin, EU27	1500	g
Wire drawing, copper {RER} processing Cut-off, U	1500	g
PVC injection moulding E	1300	g

Inputs from technosphere: materials/fuels F-1854 Streme EW 35, screw		
PVC injection moulding E	12	g
Cast iron {RER} production Cut-off, U	5	g
Zinc coat, pieces {RER} zinc coating, pieces Cut-off, U	1	cm2

Inputs from technosphere: materials/fuels F-1855 Mounting Plate		
Cast iron {RER} production Cut-off, U	540	g
Zinc coat, pieces {RER} zinc coating, pieces Cut-off, U	650	cm2

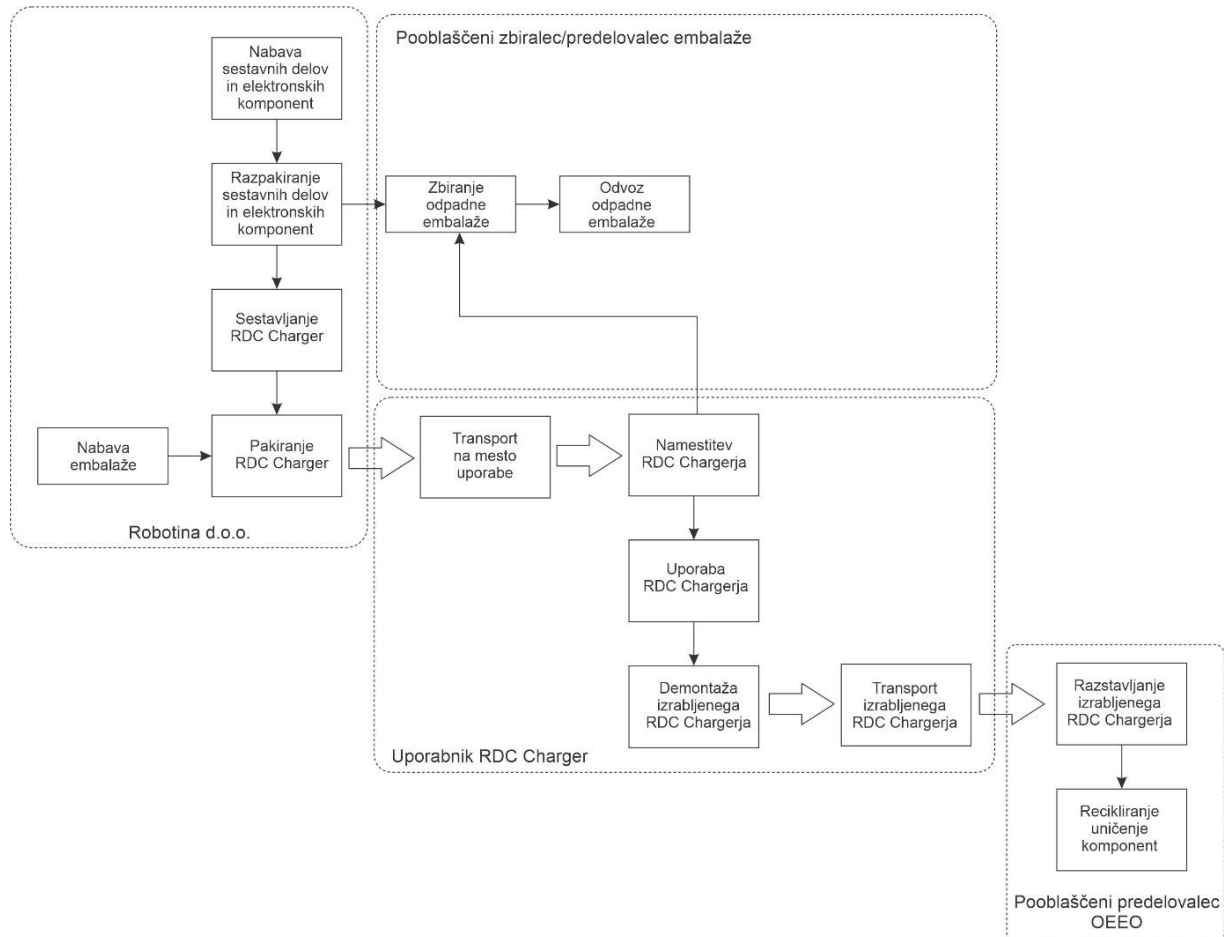
Tabela 3.3 Prikazuje inventar (LCI) uporabljen v izračunih po bazi Ecoinvent za razgradnjo polnilnice.

Disposal scenarios	Reuse	Waste	Transport	Energy
	%	%	kgkm	Wh
F-0001 EPDM Rubber	0	100	1	0
F-0002 Screws	100	0	26,5	0,01
F-0003 Wires and Cables	73	27	64,77	0,2
F-0004 Package	10	90	200	0
F-0519 DIN-Rail	100	0	43	0,02
F-0671 WAP Plate	0	100	1,5	0
F-0997 Clamp WDU 6	40	60	11,2	0,01
F-0998 Clamp WDU 6	40	60	11,2	0,01
F-0999 Clamp WDU 6	40	60	11,2	0,01
F-1362 Stepped Collar	0	100	2	0
F-1434 3 Phase Power Meter, DIN Rail	30	70	336	0,2
F-1809 Installation Contactor IKD432-40	75	25	260	0,4
F-1810 Housing Bottom	100	0	750	3
F-1811 Cable Hanger	100	0	425	1,75
F-1812 Cover	0	100	225	0
F-1813 PCB EVC mockup/P	50	50	195	5
F-1815 Rubber Gland	0	100	2,5	0
F-1818 Protection Metal	100	0	275	1
F-1819 Closing Plug	0	100	2	0
F-1822 RGB Push Button	25	75	40	3,8
F-1823 Residual Current Sensor	80	20	19,2	0,05
F- 1825 RFID Reader Wifi Module Uart 3 p	0	100	2,5	0
F-1839 Cable 3 Phas, 22 kW, 32 A, open	55	45	2030	3
F-1839 Streme EW 35m screw	30	70	9	3
F-1855 Mounting Plate	100	0	275	1

Transport - Transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, euro6 {RER} | market for transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO6 | Cut-off, U,
Energy - Electricity, low voltage {SI} | market for | Cut-off, U.

4.4. Opis procesa

Potek izdelave, uporabe in razgradnje 1 FE (RDC Charger) je prikazan na sliki 3.9.



Slika 3.9 prikazuje proces izdelave, uporabe in razgradnje polnilne postaje RDC Charger.

Robotina d.o.o. kupi elektronske komponente in sestavne dele od prodajalcev elektronskih komponent, medtem ko sestavne dele iz jekla in plastike kupi neposredno od proizvajalcev. Elektronske komponente in sestavne dele se skladišči v namenskem skladišču do njihove uporabe. Elektronske komponente in sestavne dele se pred sestavljanjem polnilne postaje zbere in prenese na delovni pult, kjer delavec elektronske komponente in sestavne dele razpakira in razvrsti po delovnem pultu. Primarno in sekundarno embalažo v katero so bile pakirane elektronske komponente in sestavni deli se zbere in prepušča zunanjemu izvajalcu, ki zbira in reciklira odpadno embalažo. Delavec/sestavljalec ročno združi in sestavi elektronske komponente v funkcionalno celoto (polnilno postajo). KO je polnilna postaja sestavljena se jo testira in pakira v embalažo. Pakirano polnilno postajo se skladišči v namenskem skladišču do odpreme v dispečerski center ali končnemu uporabniku. Končni

uporabnik s pomočjo strokovnjaka elektro stroke namesti polnilno postajo na mesto uporabe. Po uporabi strokovna oseba elektro stroke demontira opremo, nakr se prepusti zbiralcu predelovalcu OEEO, ki organizira razstavljanje, izločevanje koristnih elektronski komponent, recikliranje ali uničenje izrabljenih elektronskih komponent in sestavnih delov.

4.5. Časovni okvir zbiranja podatkov

Vsi podatki so bili izmerjeni in pridobljeni v juniju 2023. Masna bilanca za sestavo 1 FE se ne spreminja in glede na masno bilanco, je LCA študija veljavna dokler se ne spremeni tehnološka zasnova funkcionalne enote. Energetska bilanca sloni na košarici virov električne energije, kot so določeni v bazi podatkov EcoInvent 3.8. Podatki so veljavni dokler se na področju RS ne spremeni košarica virov električne energije. Izdelava elektronskih komponent vključuje globalne podatke kot so določeni v bazi podatkov EcoInvent 3.8. LCA študija ima veljavnost dokler se ne spremeni sestava podatkov, ki so navedeni zgoraj. Na podlagi izkušenj avtor študije ocenjuje, da je LCA študija veljavna najmanj 5 let.

4.6. Omejitve pri uporabi podatkov

Vsi podatki v LCA so bili pridobljeni z neposrednim tehtanjem posameznih sestavnih komponent. Energija za sestavljanje produkta je bila izmerjena na celotno proizvodnjo in porazdeljena na posamezno enoto produkta. Transportne poti so bile ocenjene. Transportna pot za dostavo sestavnih komponent je bila ocenjena v povprečju na 500 ± 50 km, dostava končnega produkta uporabniku na 250 ± 25 km, transport odrabljenega produkta na mesto razgradnje 250 ± 25 km in transport sestavnih komponent na mesto recikliranja in/ali uničenja 250 ± 25 km.

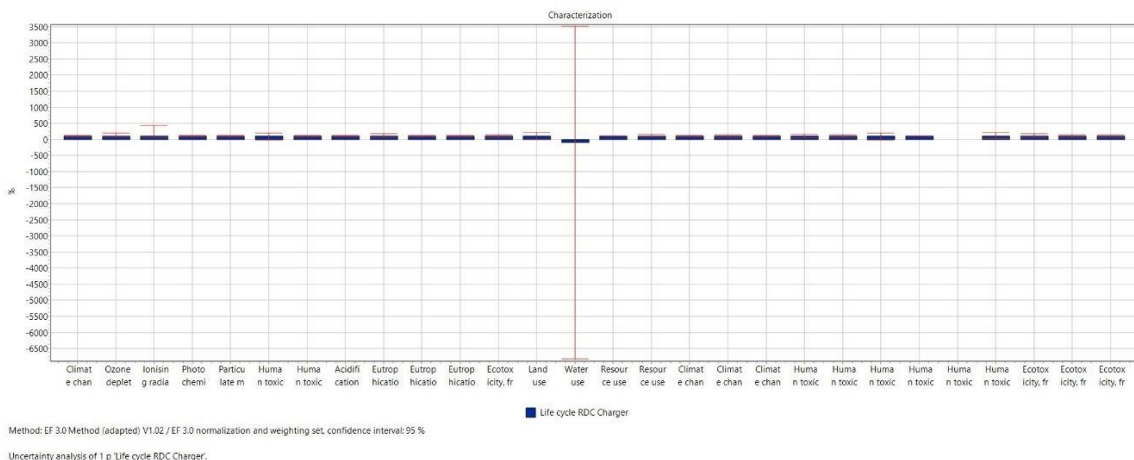
Podatki uporabljeni v študiji so bili izmerjeni s pomočjo tehtanja posameznih komponent iz katerega sestavljen produkt in so določeni z mejo zanesljivosti tehtnice. Energija uporabljena za sestavljanje 1 enote je zaradi kompleksnosti operacij in drugih dejavnikov (vzdrževanje mikroklimne delovnih prostorov) težko določljiva zato je bila energija izmerjena na celotno proizvodnjo in porazdeljena na posamezno enoto produkta. Transportne poti so bile ocenjene, ker se točno lokacijo naprave težko določi in je bilo potrebno razdalje smiselno povprečiti.

4.7. Validacija kakovosti podatkov

Za validacijo podatkov je bil uporabljen programski paket SimaPro 9.3.0.3. – funkcija "Uncertainty Analysis". Upoštevani podatki imajo triangularno porazdelitev, ker so bile spodnje in zgornje meje porazdelitve statistično določljive, podatki iz EcoInvent pa zvezno verjetnostno porazdelitev naključne spremenljivke (lognormal). Potencial globalnega segrevanja je bil določen glede na 100 letni horizont. Za potrebe preverjanja in opredelitve metodologije za določitev stopnje zaupanja za uporabljena scenarija je bila uporabljena rodovniška matrika iz baze podatkov EcoInvent 3.8.1. Siplanje rezultatov je bilo ovrednoteno z uporabo simulacijske metode »Monte Carlo«, kjer je bilo upoštevano 5000 vzorčnih točk. Rezultati so prikazani v tabelah 3.6, 3.7 in 3.8.

Tabela 3.6 stopnja zaupanja v LCA rezultate za primer proizvodnje 30 kapsul, njihovo pakiranje v pretisni oмот po 10 kapsul na oмот in pakiranje 3 pretisnih omotov v kartonasto škatlico.

Kategorija vpliva	Enota	Srednja	Median	SD	CV	2,5%	97,5%	SEM
Zakisanje	mol H+ eq	5,274E-01	5,107E-01	3,581E-02	6,790E+00	4,703E-01	5,820E-01	7,162E-03
Klimatske spremembe	kg CO2 eq	8,430E+01	8,295E+01	4,831E+00	5,731E+00	7,645E+01	9,423E+01	9,662E-01
Klim. spremembe – biogenske	kg CO2 eq	1,402E-01	1,398E-01	1,594E-02	1,137E+01	1,127E-01	1,915E-01	3,189E-03
Klim. spremembe – fosilne	kg CO2 eq	8,408E+01	8,272E+01	4,813E+00	5,725E+00	7,623E+01	9,397E+01	9,627E-01
Klim. spremembe – izraba virov	kg CO2 eq	8,747E-02	8,532E-02	7,301E-03	8,347E+00	7,651E-02	1,039E-01	1,460E-03
Strup. za okolje, sveža voda	CTUe	4,518E+03	4,363E+03	6,679E+02	1,478E+01	3,335E+03	6,340E+03	1,336E+02
Strup. za okolje, anorgansko	CTUe	6,310E+02	6,347E+02	1,175E+02	1,863E+01	4,556E+02	8,774E+02	2,351E+01
Strup. za okolje, kovine	CTUe	3,861E+03	3,734E+03	6,242E+02	1,617E+01	2,660E+03	5,644E+03	1,248E+02
Strup. za okolje, organske snovi	CTUe	2,688E+01	2,421E+01	7,029E+00	2,615E+01	1,670E+01	4,294E+01	1,406E+00
Evtrofikacija, sladka voda	kg P eq	7,168E-02	7,021E-02	1,638E-02	2,285E+01	5,031E-02	1,144E-01	3,275E-03
Evtrofikacija, morje	kg N eq	1,000E-01	9,662E-02	1,061E-02	1,060E+01	8,182E-02	1,202E-01	2,122E-03
Evtrofikacija, zemljine	mol N eq	1,053E+00	1,015E+00	1,173E-01	1,113E+01	8,564E-01	1,262E+00	2,346E-02
Strupenost za ljudi, rakotvorna	CTUh	6,942E-07	6,850E-07	5,624E-08	8,101E+00	6,005E-07	8,265E-07	1,125E-08
Strup. za ljudi, rakotvorne-anorganske	CTUh	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
Strup. za ljudi, rakotvorne-kovine	CTUh	1,225E-07	1,151E-07	5,715E-08	4,666E+01	3,469E-08	2,582E-07	1,143E-08
Strup. za ljudi, rakotvorne-organske snovi	CTUh	5,717E-07	5,726E-07	9,773E-09	1,709E+00	5,599E-07	5,999E-07	1,955E-09
Strupenost za ljudi, ne-rakotvorna	CTUh	3,327E-06	3,560E-06	1,818E-06	5,465E+01	-6,197E-07	6,519E-06	3,636E-07
Strup. za ljudi, ne-rakotvorne-anorg. snovi	CTUh	2,586E-07	2,475E-07	3,949E-08	1,527E+01	1,951E-07	3,344E-07	7,899E-09
Strupenost za ljudi, ne-rakotvorne-kovine	CTUh	2,911E-06	3,189E-06	1,791E-06	6,152E+01	-1,075E-06	6,024E-06	3,582E-07
Strupenost za ljudi, ne-rakotvorne-org. sn.	CTUh	1,640E-07	1,549E-07	4,266E-08	2,602E+01	9,341E-08	2,474E-07	8,532E-09
Ionizacijsko sevanje	kBq U-235 eq	7,683E+00	5,640E+00	4,938E+00	6,427E+01	3,737E+00	2,394E+01	9,876E-01
Izraba zemljišča	Pt	3,993E+02	4,193E+02	2,258E+02	5,655E+01	-4,513E+01	8,353E+02	4,516E+01
Tanjšanje ozonskega plašča	kg CFC11 eq	9,354E-06	8,684E-06	2,480E-06	2,651E+01	6,587E-06	1,683E-05	4,959E-07
Emisije trdnih delcev	disease inc.	4,616E-06	4,636E-06	5,071E-07	1,099E+01	3,657E-06	5,797E-06	1,014E-07
Fotokemijska tvorba ozona	kg NMVOC eq	3,106E-01	3,125E-01	3,060E-02	9,851E+00	2,506E-01	3,653E-01	6,119E-03
Izraba fosilnih virov	MJ	1,167E+03	1,179E+03	6,293E+01	5,391E+00	1,037E+03	1,243E+03	1,259E+01
Izraba mineralov in kovin	kg Sb eq	1,842E-02	1,746E-02	2,875E-03	1,561E+01	1,467E-02	2,702E-02	5,750E-04
Izraba vodnih virov	m3 depriv.	-8,945E+01	-3,962E+01	8,899E+02	-9,949E+02	-2,703E+03	1,391E+03	1,780E+02
Interval zaupanja:	95 %							



Graf 3.1 prikazuje stopnjo zaupanja v LCA rezultate za primer proizvodnje, uporabe in uničenja 1 FE.

Stopnja zaupanja v rezultate je zadovoljivo velika v vseh izračunanih kategorijah raze pri izrabi vodnih virov. Razlog verjetno leži v temu, da je težko dobiti podatke za lokalno območje in se je pri izračunih bilo potrebno naslanjati na podatke iz globalnih virov, kjer pa je sipanje med samimi podatki in tudi med kakovostjo podatkov veliko. Nezan esljivost je izračunana upoštevajoč metodo EF 3.0 in rodovniško matriko iz baze podatkov Ecoinvent 3.8.1.

5. IZRAČUN LCIA

Za namene izdelave LCA študije za polnilno postajo »RDC Charger« je bila uporabljena **metodologija »Environmental Footprint« EF 3.0**, ki je najnovejša različica metode EF in ustreza standardoma ISO 14040 in 14044. Metoda EF je metoda presoje vplivov, sprejeta v prehodni fazi za določanje okoljskega odtisa, kot ga je predpisala Evropska komisija. Vključuje normalizacijske in utežne faktorje, objavljene novembra 2019 v uradnem listu EU. Nabori za normalizacijo in ponderiranje so povzeti iz Priloge 2 Smernic za kategorijo okoljskega odtisa izdelka pri EK [13]. Za izračun NF (normaliziranih rezultatov) je bila upoštevana svetovna populacija (6.895.889.018 ljudi) [14], za ponderiranje rezultatov pa navodila po Sala in sodelavcih [15].

V izračunu je bilo upoštevanih 15 predpisanih kriterijev:

2.3.1 Klimatske spremembe

Kazalnik vpliva: Emisije kot potencial globalnega segrevanja (GWP100);

Uporabljen je bil osnovni model IPCC 2013 upoštevajoč nekatere dejavnike, prilagodne iz smernic EF:

- za emisije ogljikovega dioksida v zrak je bil uporabljen faktor 1 (kot fosilni ogljikov dioksid po izvorni metodi),
- za emisije ogljikovega dioksida v tla ali zalogo biomase je bil uporabljen faktor -1 (ta tok je nujen za pravilno modeliranje rabe zemljišč po Ecoinventu 3.0),
- za ogljikov dioksid, ki je bil porabljen kot surovina, je bil uporabljen faktor 0 (fosilni in biogeni ogljikov dioksid).

2.3.2. Tanjšanje ozonske plasti

Kazalnik vpliva: Vpliv na tanjšanje ozona (ODP) skozi ovrednotenje uničujočih učinkov na stratosferski ozonski plašč v časovnem obdobju 100 let.

2.2.3. Ionizacijska radiacija

Kazalnik vpliva: Vpliv ionizirajočega sevanja skozi ovrednotenje vpliva ionizirajočega sevanja na prebivalstvo v primerjavi z uranom 235.

2.2.4. Fotokemična tvorba ozona

Kazalnik vpliva: Prikazuje fotokemični potencial ustvarjanja ozona (POCP) oziroma vpliv potencialnega prispevka k fotokemični tvorbi ozona. Vključuje prostorsko diferenciacijo. Ob upoštevanju mejnega povečanja tvorbe ozona je bil uporabljen prostorsko diferencirani model LOTOS-EUROS, v povprečju vključuje več kot 14.000 mrežnih celic za opredelitev evropskih dejavnikov.

2.2.5. Trdni delci

Kazalnik vpliva: Prikazuje pojavnost bolezni zaradi izpustov trdnih delcev, normirano na 1kg izpuščenih PM_{2,5}. Kazalnik se izračunava z uporabo povprečnega naklona med delovno točko funkcije odziva na

emisije (ERF) in teoretično najmanjšo stopnjo tveganja. Model izpostavljenosti temelji na arhetipih, ki vključujejo urbana okolja, podeželska okolja in notranja okolja v mestnih in podeželskih območjih.

2.1.6. Strupenost za ljudi – ne rakotvorna

Kazalnik vpliva: Primerjalna enota strupenosti za človeka (CTUh), izračunana na podlagi usklajenega multimedijskega USEtox modela. Obsega dve prostorski lestvici: celinsko lestvico, sestavljeno iz šestih območij (mestni zrak, podeželski zrak, kmetijska naravna tla, sladka voda, obalna morska voda), in globalno lestvico z enako strukturo, vendar brez upoštevanja mestnega zraka. Posebne skupine kemikalij še niso upoštevane in zahtevajo nadaljnje ocenjevanje.

2.1.7. Strupenost za ljudi - rakotvorna

Kazalnik vpliva: Primerjalna enota strupenosti za človeka (CTUh), izračunana na podlagi usklajenega multimedijskega USEtox modela. Obsega dve prostorski lestvici: celinsko lestvico, sestavljeno iz šestih predelkov (mestni zrak, podeželski zrak, kmetijska naravna tla, sladka voda, obalna morska voda), in globalno lestvico z enako strukturo, vendar brez mestnega zraka. Posebne skupine kemikalij še niso upoštevane in zahtevajo nadaljnje ocenjevanje.

2.1.8. Zakisanje

Kazalnik vpliva: Akumulirane presežne vrednosti (AE), ki označujejo spremembo pri prekoračitvah kritične obremenitve na občutljivih območjih v kopenskih in sladkovodnih ekosistemih, na katere se odlagajo zakisajoče snovi.

2.1.9. Evtrofikacija vodnih virov

Kazalnik vpliva: Fosforjevi ekvivalenti, ki kažejo na stopnjo, pri kateri oddane hranilne snovi dosežejo zgornjo mejo v sladkih vodah, pri katerih začne prihajati do spremembe naravnega kroženja hranilnih snovi (fosfor se šteje za omejevalni dejavnik v vodi).

2.1.10. Evtrofikacija sladkovodnih vodnih virov

Kazalnik vpliva: Fosforjevi ekvivalenti, ki kažejo na stopnjo, pri kateri oddane hranilne snovi dosežejo zgornjo mejo v sladkih vodah, pri katerih začne prihajati do spremembe naravnega kroženja hranilnih snovi (fosfor se šteje za omejevalni dejavnik v površinskih vodah).

2.1.11. Evtrofikacija morja

Kazalnik vpliva: Fosforjevi ekvivalenti, ki kažejo na stopnjo, pri kateri oddane hranilne snovi dosežejo zgornjo mejo v sladkih vodah, pri katerih začne prihajati do spremembe naravnega kroženja hranilnih snovi (fosfor se šteje za omejevalni dejavnik v morju).

2.1.12. Evtrofikacija zemlje

Kazalnik vpliva: Akumulirana presežnost (AE), ki označuje spremembo kritične obremenitve prekoračitve občutljivega območja, na katero se odlagajo evtrofikacijske snovi.

2.1.13. Eko toksičnost za sladko vodo

Kazalnik vpliva: Primerjalna enota za zastrupljenost ekosistemov (CTUe), izračunana na podlagi usklajenega multimedijskega USEtox modela. Obsega dve prostorski lestvici: celinsko lestvico, sestavljeno iz šestih predelkov (mestni zrak, podeželski zrak, kmetijska naravna tla, sladka voda, obalna morska voda), in globalno lestvico z enako strukturo, vendar brez mestnega zraka. Posebne skupine kemikalij zahtevajo nadaljnje delo.

2.1.14. Izraba zemlje

Kazalnik vpliva: Indeks kakovosti tal, izračunan iz nabora CF na podlagi modela LANCA® v 2.2. Od 5 originalnih kazalnikov so bili v agregacijo vključeni le 4 (fizikalno-kemijska filtracija je bila izključena zaradi visoke korelacije z mehansko filtracijo).

2.1.15. Izraba vode

Kazalnik vpliva: Potencial pomanjkanja pitne vode (poraba vode, ponderirana s pomanjkanjem). Relativna preostala razpoložljiva voda (AWARE) je količina vode na določenem območju, potem ko so bile izpolnjene potrebe ljudi in vodnih ekosistemov. Ta kazalnik se priporoča samo za karakterizacijo porabe modre vode, kjer je poraba opredeljena kot razlika med odvzemom in izpustom modre vode. Zelenih voda, fosilnih voda, morske vode in deževnice s tem kompletom kazalnikov ni mogoče pravilno označiti. V AWARE100 ni vključeno: razlikovanje med kmetijstvom in ne kmetijstvom na ravni države, časovna (mesečna) specifikacija, faktorji karakterizacije na ravni razvodja.

2.1.16. Izraba virov, energenti

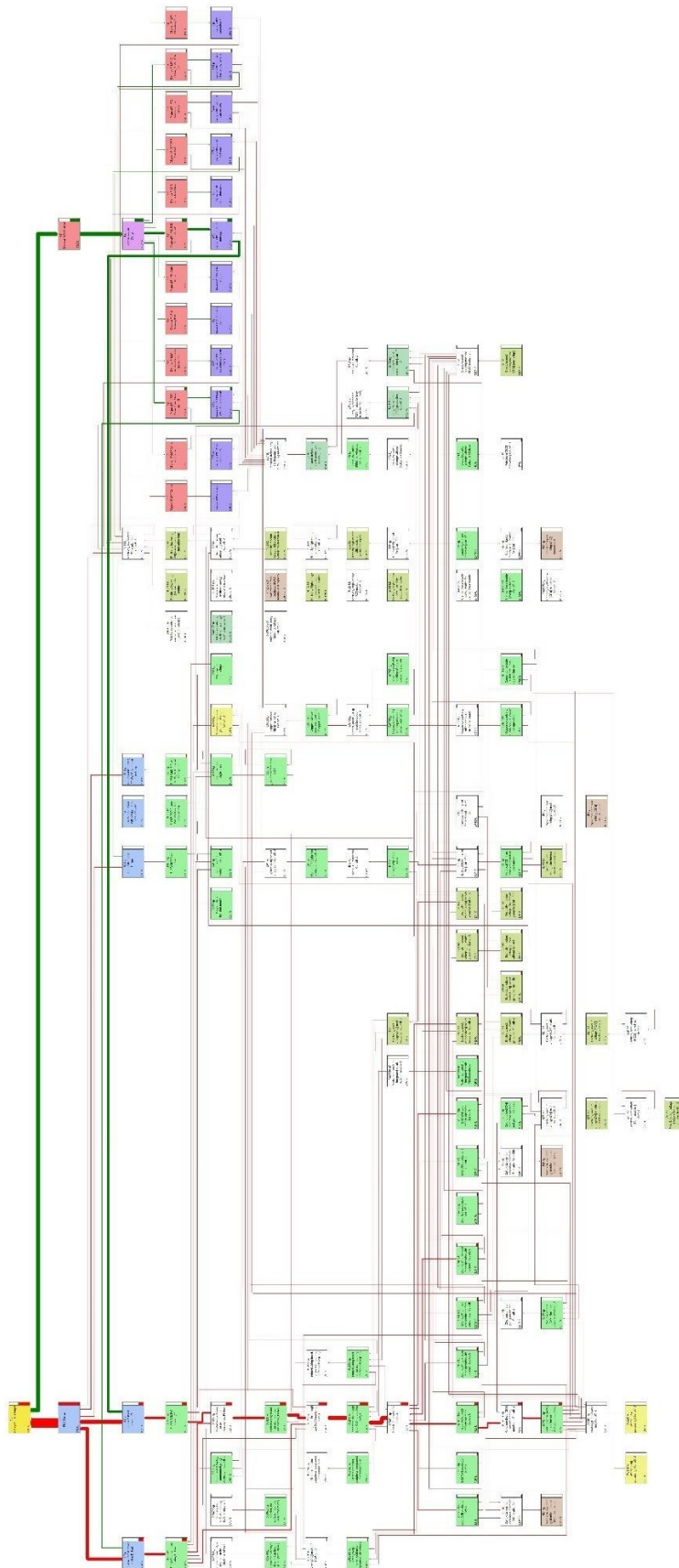
Kazalnik vpliva: Izraba fosilnih goriv zaradi izčrpavanja abiotskih virov (ADP-fosil) upoštevajoč nižje ogrevalne vrednosti ADP za energente, izračunane po van Oersu in sodelavci 2002, ki so vključene v CML 4.8 (2016). Model izčrpavanja temelji na razmerju med uporabo in razpoložljivostjo. Predvideva se možnost popolne zamenjave med fosilnimi energenti.

2.1.17. Izraba virov, mineralov in kovin

Kazalnik vpliva: Izčrpavanje abiotskih virov (končna rezerva ADP), izračunano na osnovi korelacij po van Oersu in sodelavcih 2002, vključeno v CML, v. 4.8 (2016). Model izčrpavanja temelji na razmerju med uporabo in razpoložljivostjo. Predvideva se možna popolna zamenjava med fosilnimi energenti. Posameznim regijam je dodeljen nacionalni karakterizacijski faktor. Povezanim (npr. energetsko) regijam, ki zajemajo več kot eno državo (npr. WECC), je dodeljen faktor karakterizacije GLO.

Za oceno učinkovitosti uvedbe sistema za oddaljeno spremljanje stanja čebeljih družin na daljavo smo opravili primerjalno analizo krožnega cikla (LCA) pri čemer smo kot referenčno stanje povzeli stanje, kjer se upravljanje s panji opravlja ročno skladno s splošno prejetimi navodili »Dobre čebelarske prakse« [96] in to stanje primerjali s stanje po uvedbi sistema za spremljanje čebelje družine na daljavo. LCA je bila izračunavana metodi EF3.0 z uporabo programskega paketa SimaPro 9.5.0. in ob upoštevanju referenčnih podatkov iz baze Ecolnvent 3.8.

5.1. MREŽA SOODVISNOSTI



Slika 3.10 Mreža soodvisnosti procesov, ki imajo več kot 1 % vpliv na rezultate LCA.

5.2. ANALIZA VPLIVOV

Izvedena je bila LCA študija za določitev vplivov na okolje in zdravje ljudi pri izdelavi polnilnice »RDC Charger«.

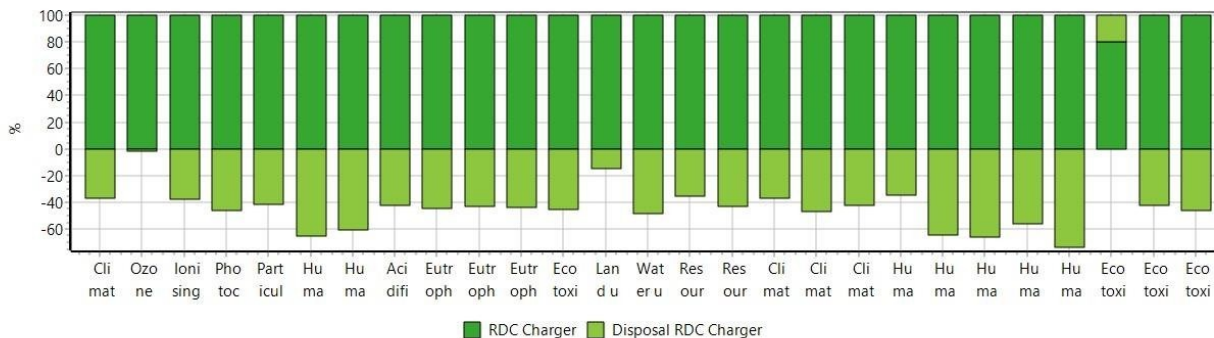
Tabela 3.4 Skupni rezultati LCA študije pri izdelavi polnilnice »RDC Charger«.

Kategorija vpliva	Enota	Sestavljanje	Razstavljanje	Skupaj
Klimatske spremembe	kg CO2 eq	1,31E+02	-4,84E+01	8,28E+01
Tanjšanje ozonskega plašča	kg CFC11 eq	8,78E-06	-1,36E-07	8,65E-06
Ionizacijsko sevanje	kBq U-235 eq	1,36E+01	-5,19E+00	8,45E+00
Fotokemijska tvorba ozona	kg NMVOC eq	5,32E-01	-2,44E-01	2,88E-01
Emisije trdnih delcev	disease inc.	7,97E-06	-3,30E-06	4,67E-06
Strupenost za ljudi, nerakotvorna	CTUh	1,14E-05	-7,42E-06	3,94E-06
Strupenost za ljudi, rakotvorna	CTUh	1,77E-06	-1,07E-06	6,94E-07
Zakisanje	mol H+ eq	8,71E-01	-3,68E-01	5,03E-01
Evtrofikacija, sladka voda	kg P eq	1,26E-01	-5,66E-02	6,92E-02
Evtrofikacija, morje	kg N eq	1,60E-01	-6,92E-02	9,09E-02
Evtrofikacija, zemljine	mol N eq	1,69E+00	-7,36E-01	9,50E-01
Strupenost, sveža voda	CTUe	8,56E+03	-3,87E+03	4,68E+03
Izraba zemljišča	Pt	4,73E+02	-7,06E+01	4,03E+02
Izraba vodnih virov	m3 depriv.	3,29E+01	-1,60E+01	1,69E+01
Izraba fosilnih virov	MJ	1,75E+03	-6,15E+02	1,13E+03
Izraba mineralov in kovin	kg Sb eq	3,26E-02	-1,42E-02	1,84E-02
Klimatske spremembe – fosilne	kg CO2 eq	1,31E+02	-4,83E+01	8,26E+01
Klimatske spremembe – biogenske	kg CO2 eq	2,56E-01	-1,20E-01	1,36E-01
Klimatske spremembe - izraba virov	kg CO2 eq	1,48E-01	-6,28E-02	8,54E-02
Strupenost za ljudi, nerakotvorne, organske sn.	CTUh	2,33E-07	-7,99E-08	1,53E-07
Strupenost za ljudi, nerakotvorne, anorganske	CTUh	7,56E-07	-4,89E-07	2,67E-07
Strupenost za ljudi, nerakotvorne, kovine	CTUh	1,04E-05	-6,86E-06	3,53E-06
Strupenost za ljudi, rakotvorne, organske snovi	CTUh	1,30E-06	-7,26E-07	5,70E-07
Strupenost za ljudi, rakotvorne, anorganske sn.	CTUh	4,74E-07	-3,49E-07	1,24E-07
Strupenost za ljudi, rakotvorne, kovine	CTUh	2,26E+01	5,61E+00	2,82E+01
Strupenost za vodne vire, organske	CTUe	1,15E+03	-4,89E+02	6,66E+02
Strupenost za vodne vire, anorgans.	CTUe	7,38E+03	-3,39E+03	3,99E+03
Strupenost za vodne vire, kovine	CTUe	1,31E+02	-4,84E+01	8,28E+01

Tabela 3.5 Skupni normalizirani in uteženi rezultati LCA študije za polnilnico EV »RDC Charger« podjetja Robotina d.o.o.

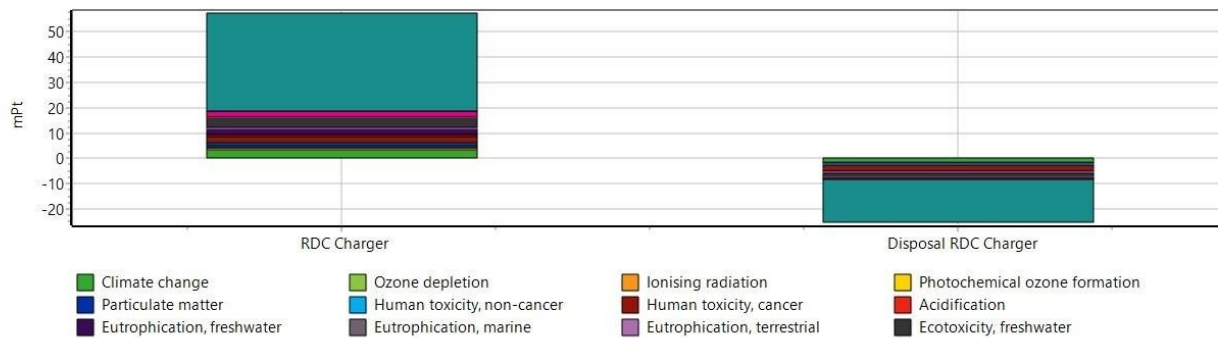
Kategorija vpliva	Enota	Sestavljanje	Razstavljanje	Skupaj
Skupni vpliv	mPt	57,384	-25,182	32,202
Klimatske spremembe	mPt	3,413	-1,260	2,153
Tanjšanje ozonskega plašča	mPt	0,010	0,000	0,010
Ionizacijsko sevanje	mPt	0,162	-0,062	0,100
Fotokemijska tvorba ozona	mPt	0,626	-0,287	0,339
Emisije trdnih delcev	mPt	1,200	-0,497	0,703
Strupenost za ljudi, nerakotvorna	mPt	0,910	-0,595	0,316
Strupenost za ljudi, rakotvorna	mPt	2,230	-1,355	0,875

Zakisanje	mPt	0,972	-0,410	0,561
Evtrofikacija, sladka voda	mPt	2,193	-0,987	1,207
Evtrofikacija, morje	mPt	0,242	-0,105	0,138
Evtrofikacija, zemljine	mPt	0,354	-0,155	0,199
Strupenost, sveža voda	mPt	3,849	-1,743	2,106
Izraba zemljišča	mPt	0,046	-0,007	0,039
Izraba vodnih virov	mPt	0,244	-0,119	0,125
Izraba fosilnih virov	mPt	2,236	-0,786	1,449
Izraba mineralov in kovin	mPt	38,697	-16,816	21,881



Method: EF 3.0 Method (adapted) V1.02 / EF 3.0 normalization and weighting set / Characterization
Analyzing 1 p 'Life cycle RDC Charger';

Graf 3.2 prikazuje skupni rezultat vplivov na okolje in zdravje ljudi po posamznih parametrih pri izračunu LCA za polnilnico EV »RDC Charger« podjetja Robotina d.o.o.



Method: EF 3.0 Method (adapted) V1.02 / EF 3.0 normalization and weighting set / Single score
Analyzing 1 p 'Life cycle RDC Charger';

Graf 3.3 prikazuje normalizirane rezultate LCA študije za polnilnico EV »RDC Charger« podjetja Robotina d.o.o.

5.3. LCA ANALIZA – POJASNILA K REZULTATOM

LCA je pokazala, da proizvodnja polnilne linije »RDC Charger«, njena dostava na mesto uporabe, njeno razstavljanje in recikliranje doprinese za 32,202 mPt pri čemer največji delež obremenitev na okolje odpade na izrabo mineralov in kovin (67,9 %), sledi vpliv na klimatske spremembe (6,67 %), vplivi na izvore pitne vode (6,54 %) itd. (glej. Tabela 3.5). Iz Slik 3.10 in 3.11 je razvidno, da večino okoljskega vpliva doprinesejo elementi, ki vsebujejo PCB in elektronske komponente. Do tega prihaja zaradi pridobivanja redkih kovin, predvsem zlata. Pri LCA smo upoštevali, da se uspešno reciklira 50 %

matične plošče (F-1813 PCB EVC mockup/P), 30 % merilnika moči (F-1434 3 Phase Power Meter) in 25 % kontaktorja (Installation Contactor IKD432-40). Simulacija je pokazala, da pri proizvodnji in uporabi »RDC Charger« to doprinese k zmanjšanju skupnega vpliva na okolje in zdravje ljudi za 36,73 %. V kolikor bi uspeli v popolnosti reciklirati komponente, ki vsebujejo PCB in elektronske komponente bi se vpliv na okolje lahko zmanjšal na vsega 6,26 mPt oziroma za 80,56 % glede na trenutno stanje in za 87,70 % glede na izhodiščno stanje (nobenega recikliranja elektronske opreme in PCB).

Glede na LCA je potrebno razmišljati o načinih optimalnega recikliranja posameznih komponent, predvsem o načinu optimalnega in okolju prijaznega pridobivanja redkih mineralov in kovin iz elektronskih tiskanih vezij in elektronskih komponent.

6. ZAKLJUČEK

Podjetje Robotina d.o.o. proizvaja polnilne linije za EV »RDC Charger«. Proizvodnja komponent, njihovo sestavljanje v celoto, uporaba polnilnice, njeno razstavljanje in recikliranje komponent doprinese 82,8 kg CO_{2(eq)} k emisijam toplogrednih plinov ter za 32,202 mPt skupnih okoljskih vplivov na globalni ravni. Glavni vir vplivov na okolje in zdravje ljudi predstavlja uporaba elektronskih tiskanih vezij in elektronske komponente. Za morebitno izboljšanje okoljske odtisa je potrebno razmišljati o čim bolj popolnem razstavljanju elektronskih komponent in o njihovem recikliranju pri, čemer je najbolj bistveno pridobivanje redkih kovin in mineralov.

7. REFERENCE

1. GMI; Electric Vehicle Charging Station Market Size – By Current (AC (Level 1, level 2), DC (DC Fast), BY charging Site (Public, Private) & Global Forecast, 2023-2032; Report ID: GMI5313; Url: <https://www.gminsights.com/industry-analysis/electric-vehicle-charging-station-market>, dostop: 01.06.2023.
2. Keisuke Nansai K., Tohno S., Kono M., Kasahara M., Moriguchi Y.; 2001; Life-cycle analysis of charging infrastructure for electric vehicles; Applied Energy; Volume 70, Issue 3, November 2001, Pages 251-265.
3. Zhang Z., Xin S., Ning D. Jianxin Y.; 2019; Life cycle environmental assessment of charging infrastructure for electric vehicles in China. Journal of Cleaner Production. 227. 10.1016/j.jclepro.2019.04.167.
4. Persson J., Erselius G.; 2021; Life Cycle Assessment of the charging station GARO LS4; 2050 Fast Forward to Greener Future; 9 strani.
5. Lettmann, M., and Chauzat, M.-P.; 2018; Les outils connectés en apiculture: Evaluation de leurs application auprès des apiculteurs français; Url: https://be.anses.fr/sites/default/files/O-028_2018-12-28_Outilsabeilles_Lettmann_VF.pdf; 2018; dostop 26.03.2023.
6. Chang, Y., Schau, E.M., Finkbeiner, M., Application of Life Cycle Sustainability Assessment to the Bamboo and Aluminum Bicycle in Surveying Social Risks of Developing Countries, The 2nd World Sustainability Forum, November 1-302012.
7. Pelletier, N., Maas, R., Goralcyk, M., Wolf, M-A, Towards a Life-Cycle Based European Sustainability Footprint Framework, Luxemburg 2012.

8. ISO 14040, Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework (ISO 14040:2006), 2. ed. July 2006 ed. Geneva: ISO, 2006.
9. ISO 14044, Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines (ISO 14044:2006). Geneva: ISO, 2006.
10. Schau, E.M., Chang, Y., Scheumann R., Finkbeiner, M., Manufactured products - how can their life cycle sustainability be measured? A case study of a bamboo bicycle, The 10th Global Conference on Sustainable Manufacturing, Istanbul, Turkey 2012.
11. Heijungs, R., Guinée, J.B., Huppes, G., Lankreijer, R.M., Udo de Haes, H.A., Wegener Sleeswijk, A., Ansems, A.M.M., Eggels, P.G., van Duin, R., de Goede, H.P. Environmental Life Cycle Assessment of Products: Guide and Backgrounds (Part 1). Available online: <https://openaccess.leidenuniv.nl/handle/1887/8061> (accessed on 7 August 2018).
12. Guinée, J. (Ed.), Handbook on Life Cycle Assessment: Operational Guide to the ISO Standards, Eco-Efficiency in Industry and Science, Springer: Dordrecht, The Netherlands, 2002; ISBN 978-1-4020-0228-1.
13. Fazio, S., Castellani, V., Sala, S., Schau, EM., Secchi, M., Zampori, L., Supporting information to the characterisation factors of recommended EF Life Cycle Impact Assessment methods, EUR 28888 EN, European Commission, Ispra, 2018, ISBN 978-92-79-76742-5, doi:10.2760/671368, JRC109369.
14. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, World Population Prospects: The 2010 Revision, DVD Edition – Extended Dataset, 2011 United Nations publication, Sales No. E.11.XIII.7.
15. Sala S., Cerutti A.K., Pant R., Development of a weighting approach for the Environmental Footprint, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018, ISBN 978-92-79-68041-0.

8. PRAVNE OSNOVE

Analiza je bila narejena na osnovi: tehničnih podatkov, ki jih je posredovali strokovnjaki podjetja Robotina d.o.o., ki proizvaja polnilne linije za električna vozila »RDC Charger«. Izračuni so bili narejeni na programskem paketu SimaPro 9.3.0.3 Analyst in na podlagi pripadajočih baz podatkov Ecoinvent 3.8. in Industry Data 2.0. Študija je v lasti podjetja Robotina d.o.o. Za vsako dajanje na vpogled tretjim osebam, kopiranje ali kakršnokoli drugačno uporabo študije je potrebno pridobiti dovoljenje podjetja Robotina d.o.o.