

Uporaba analize življenjskega cikla za oceno vplivov na okolje pri pridobivanju toplote iz različnih energetskih virov

16. posvet Sekcije za okolje in energijo: Energetski preboji in zeleni prehod ter pot k 0 izpustom CO₂ v Novem mestu

dr. Jelena Topić Božič
jelena.topic-bozic@fini.unm.si
jelena.topic.bozic@rudolfovo.eu

Novo mesto, 6. 6. 2024



Agenda

Agenda predavanja

- 01** Uvod
- 02** Analiza življenjskega cikla (LCA)
- 03** Faze LCA
- 04** Študije primerov LCA
- 05** Zaključki

Prehod v trajnostno družbo predstavlja izzive za oblikovanje politik še posebej kar zadeva celovito oceno vplivov in kompromise med okoljskimi pritiski in vplivi ter ukrepi za njihovo omejevanje.

Oblikovalci politik se srečujejo z večplastnimi izzivi, pri katerih je potrebno upoštevati okoljska in družbeno-ekonomska vprašanja, in izzive spremeniti v pozitivne ukrepe v smeri trajnosti.

Trajnostni vplivi tako zajemajo tri dimenzije:

- okoljsko
- socialno
- Ekonomsko

Pri tem se srečujemo s konceptom razmišljanja o celotnem življenjskem ciklu (*ang. Life Cycle Thinking - LCT*), ki ga vpeljujejo tudi nove smernice na mednarodni in EU ravni.

Analiza življenjskega cikla (LCA)

Analiza življenjskega cikla (Life Cycle Assessment, LCA) – **def.:** celovita kvantitativna metoda za ocenjevanje vplivov na okolje zaradi uporabe surovin in emisij v okolje skozi celoten življenjski cikel izdelka, procesa, sistema ali storitve (Sanyé-Mengual & Sala, 2022).

Glede na definicijo standarda ISO 14040 lahko LCA opredelimo tudi kot metodo za ugotavljanje potencialnih okoljskih vidikov in vplivov, povezanih s proizvodom, storitvijo ali procesom, z zbiranjem vhodnih in izhodnih podatkov sistema; oceno morebitnih vplivov na okolje, povezanih s temi vložki in rezultati; ter interpretacijo rezultatov iz inventarja in stopenj vpliva, povezanih s predmeti študije.

LCA temelji in gradi na LCT perspektivi da zagotovi dragocene celovite kvantitativne informacije o okoljskih vplivih izdelkov in procesov.



Vir: Prirejeno po <https://riso.si/en/splosno/lca-analiza-kaj-prinasa-podjetju-2/>

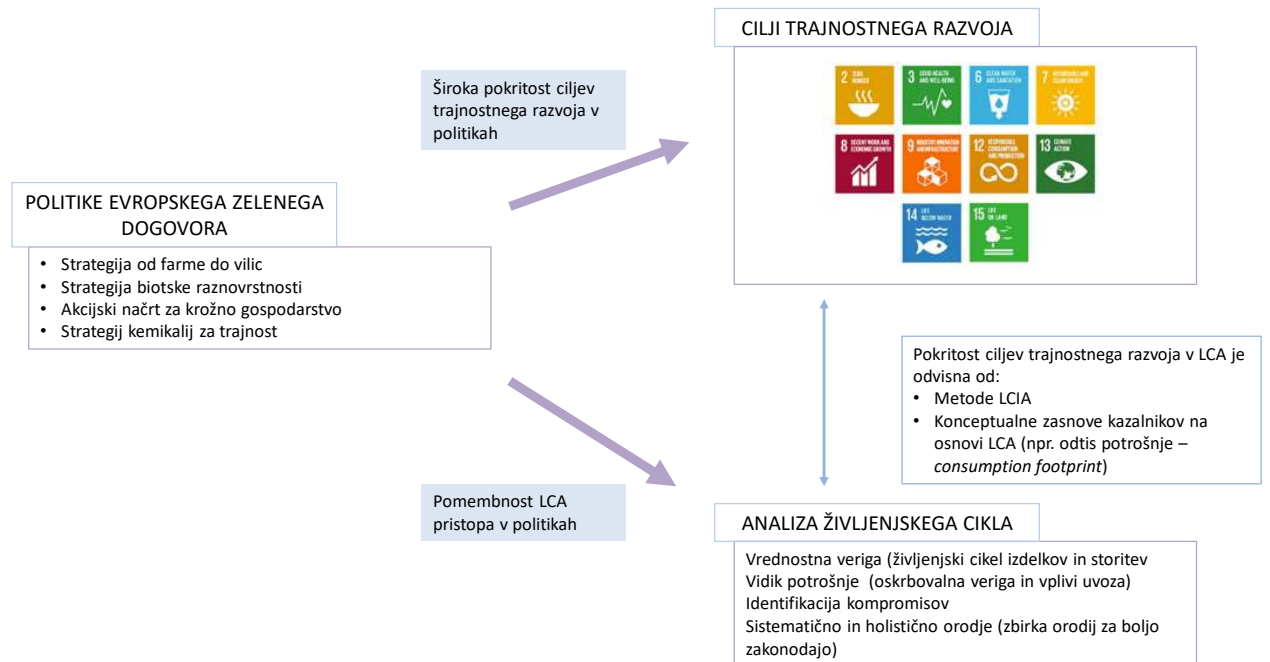
LCA je ena od najbolj uporabljenih metodologij za izboljšanje trajnosti izdelkov, postopkov in dejavnosti.

OKOLJSKE POLITIKE IN LCA I

LCA ima pomembno vlogo pri politikah Evropskega zelenega dogovora (EGD):

- Pomembnost oskrbovalne in dobavne verige
- Nujnost upoštevanje trgovanja z dobrinami pri oceni odtisov
- Cilj zmanjšanja okoljskega odtisa produktov in odtisa potrošnje na EU ravni
- Pripravljenost ozaveščanja potrošnikov o okoljskih odtisih izdelkov

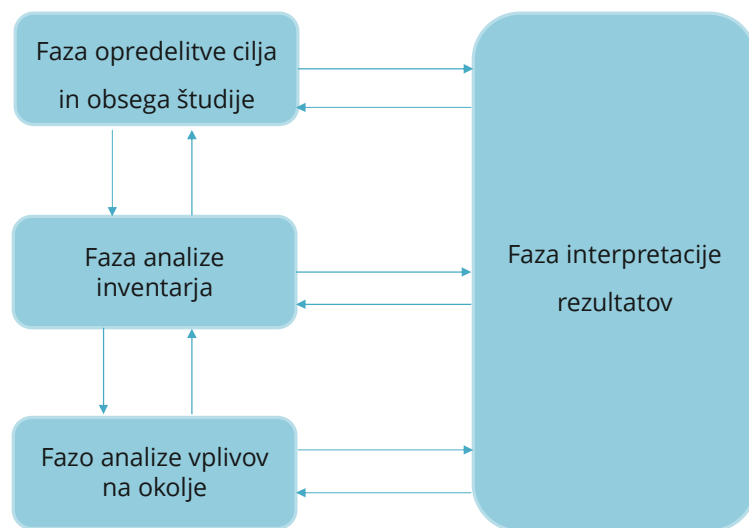
Raven do katere je lahko LCA podpora politikam EU pri obravnavanju ciljev trajnostnega razvoja in projektov je odvisna od cilja LCA študije in uporabljene metode LCIA za analizo vplivov



Povezanost med Evropskim zelenim dogovorom (EGD), Cilji trajnostnega razvoja (SDG) in Analizo življenjskega cikla (LCA).

Vir: prirejeno po Sanyé-Mengual & Sala, 2021

FAZE LCA



Faze LCA: povzeto po ISO14044

Standardizirani postopki za izvajanje LCA so vključeni v serijo standardov za okoljsko ravnanje, zlasti v ISO 14040 in ISO 14044:

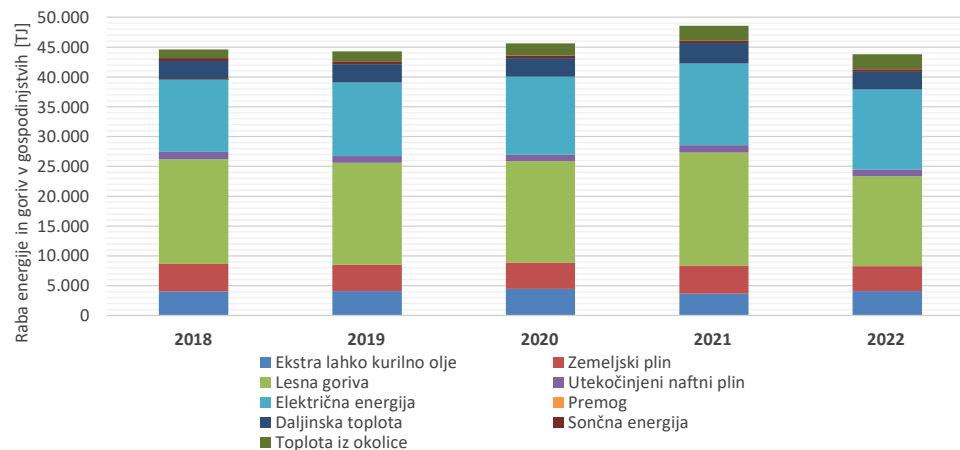
- ISO 14040 vsebuje "načela in okvir"
- ISO 14044 pa "zahteve in smernice".

ISO 14044 standard je standard, ki opredeljuje faze LCA

1. Opredelitev cilja in obseg študija
 - Določijo se ključni elementi študije: funkcija sistema, funkcionalna enota
2. Analiza inventarja
 - popis in kvantifikacija emisij polutantov (kategorije voda, zrak, tla)
 - Ekstrakcije obnovljiv in neobnovljivih virov
 - Uporaba virov, potrebnih za delovanje
3. Analiza vplivov na okolje
 - Ovrednotenje vplivov, ki je razdeljeno na več korakov (izbira kategorij vplivov)
 - Razvrstitev emisij
4. Interpretacija rezultatov
 - Interpretacija pridobljenih rezultatov, ovrednotenje negotovosti
 - Identifikacija ključnih parametrov in možnosti izboljšav

VIRI OGREVANJA V SLOVENIJI

Sektor ogrevanja pomembno prispeva k podnebnim spremembam, saj se v Evropi 67 % energije porabi za ogrevanje prostorov in 13 % za ogrevanje vode (Evropska komisija (EK) 2022; Masternak idr. 2024).

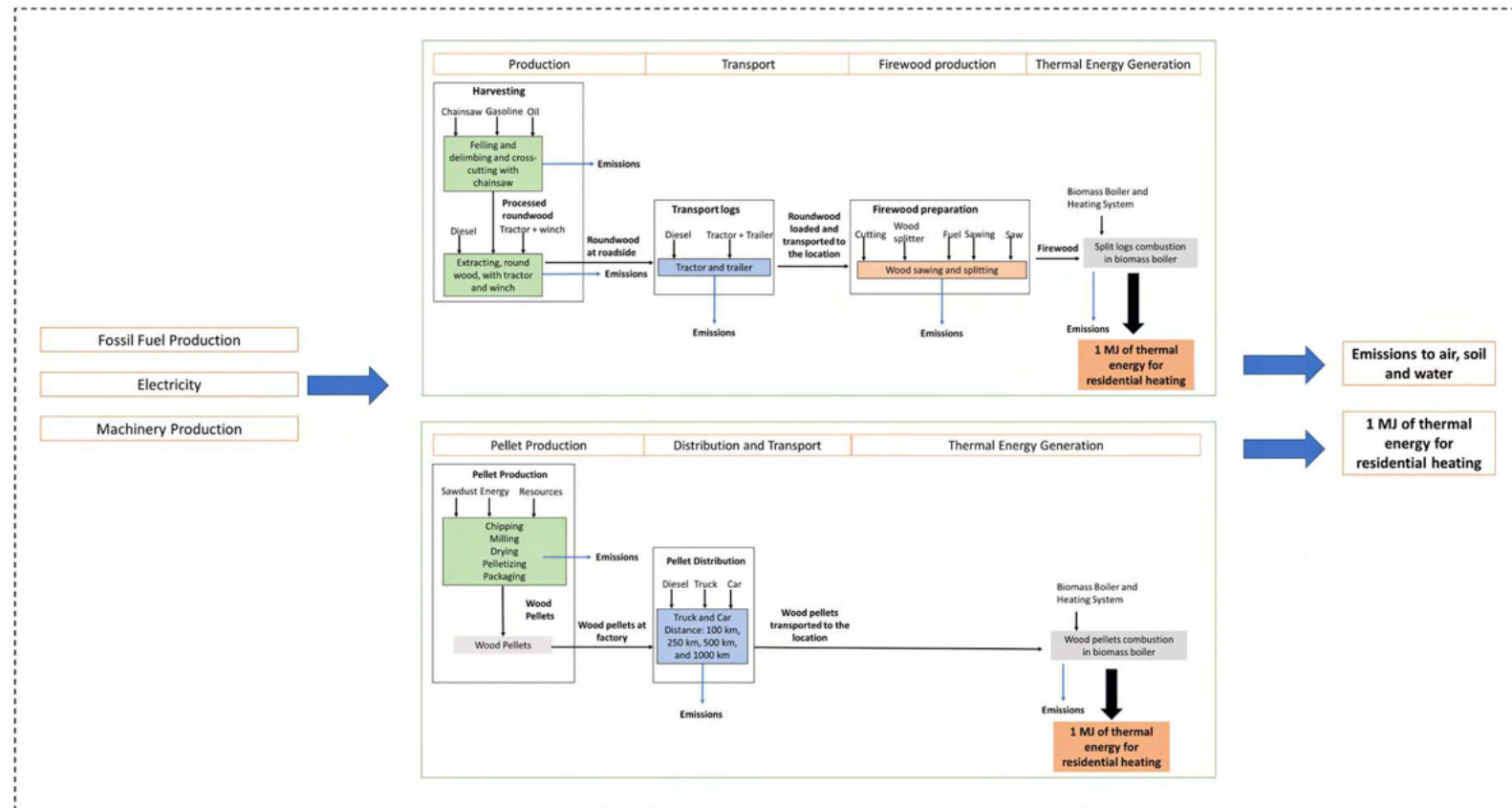


Slika: Raba energije in goriv v gospodinjstvih v letih 2018-2022 (vir: STAT).

- Povprečna raba energije v gospodinjstvu v letih 2018–2022 je bila 45,4 Tj.
- Največ je bilo porabljenih za ogrevanje prostorov (61 %), razsvetljavo in električne naprave (17 %) ter ogrevanje sanitarne vode.
- V Sloveniji prevladujejo lesna goriva, ki so primarni energent za ogrevanje. Podatki za leto 2022 so pokazali, da imajo lesna goriva 34-odstotni delež, sledi zemeljski plin z 10-odstotnim deležem. Drugi viri so imeli delež pod 10 %, pri čemer ekstra lahko olje 9 %, daljinsko ogrevanje s skoraj 7 %, toplota okolice (skoraj 6 %), utekočinjeni naftni plin (skoraj 3 %) in sončna energija (1 %).

LCA ANALIZA UPORABE DRV IN PELETOV

Primer 1: ANALIZA ŽIVLJENSKEGA CIKLA UPORABE DRV IN PELET KOT VIRA OGREVANJA (Topić Božič et al., 2024)



Shema: Sistemske meje študije

Funkcionalna enota:
1 MJ proizvedene toplotne energije.

Sistemske meje: od vrat do groba (angl. gate-to-craddle)

Drva – Faze:

- Sečnja in spravilo lesa
- Transport
- Priprava drv
- Kurjenje

Lesni peleti – Faze:

- Izdelava lesnih peletov
- Distribucija in transport
- Kurjenje

LCA ANALIZA UPORABE DRV IN PELETOV

Primer 1: ANALIZA ŽIVLJENSKEGA CIKLA UPORABE DRV IN PELET KOT VIRA OGREVANJA (Topić Božič et al., 2024)

Tabela 1: Analiza vplivov na okolje po posameznih kategorijah vpliva na okolje (Primerjava drv in peletov s 500 km razdalje) (Topić Božič et al., 2024)

Impact Category	Unit	1 MJ of Thermal Heat from logs_10 km	1 MJ of Thermal Heat Generated from Pellets_500 km
Global warming	kg CO ₂ eq	0.016	0.041
Stratospheric ozone depletion	kg CFC11 eq	2.19×10^{-7}	5.97×10^{-8}
Ionizing radiation	kBq Co-60 eq	0.00048	0.0039
Ozone formation, Human health	kg NO _x eq	0.00017	0.00026
Fine particulate matter formation	kg PM _{2.5} eq	9.50×10^{-5}	1.18×10^{-5}
Ozone formation, Terrestrial ecosystems	kg NO _x eq	0.00018	0.00027
Terrestrial acidification	kg SO ₂ eq	8.57×10^{-5}	0.00017
Freshwater eutrophication	kg P eq	6.55×10^{-6}	1.25×10^{-5}
Marine eutrophication	kg N eq	1.58×10^{-6}	2.05×10^{-6}
Terrestrial ecotoxicity	kg 1,4-DCB	0.14	0.39
Freshwater ecotoxicity	kg 1,4-DCB	0.00065	0.0016
Marine ecotoxicity	kg 1,4-DCB	0.00093	0.0023
Human carcinogenic toxicity	kg 1,4-DCB	0.0011	0.0031
Human non-carcinogenic toxicity	kg 1,4-DCB	0.039	0.054
Land use	m ² a crop eq	0.034	0.046
Mineral resource scarcity	kg Cu eq	4.72×10^{-5}	0.00013
Fossil resource scarcity	kg oil eq	0.0028	0.011
Water consumption	m ³	4.35×10^{-5}	0.00029

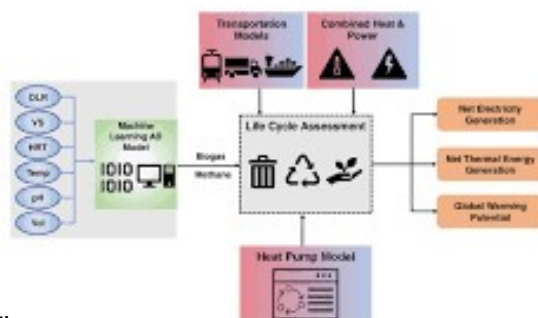
- Rezultati so pokazali, da imajo drva imajo precej večji vpliv na tanjšanje stratosferskega ozona, nastajanje ozona in nastajanje finih trdnih delcev (PM) kot zgorevanje lesnih peletov.
- Zgorevanje lesnih peletov je povzročilo nižje emisije CO₂ in NO_x v zrak v primerjavi z drvi, .

LCA ANALIZA UPORABE DVEH VRST TOPLOTNIH ČRPALK

V luči ukrepov za razogljčenje v Sloveniji in EU, ki podpirajo uvedbo toplotnih črpalk kot vira toplote, smo izvedli oceno okoljskih vplivov toplote, proizvedene iz toplotnih črpalk zrak-voda in zemlja-voda z uporabo LCA

Za izračune so bili uporabljeni razpoložljivi nabori podatkov za dva procesa, ki sta na voljo v bazi podatkov in Ecoinvent za geografsko območje Evrope:

- 1 MJ proizvedene toplote iz toplotnih črpalk zrak-voda (10 kW) s sezonskim faktorjem učinkovitosti 2,8
- 1 MJ proizvedene toplote iz toplotnih črpalk zemlja-voda (10 kW) s sezonskim faktorjem učinkovitosti 3,9



Vir:

https://www.gla.ac.uk/news/archiveofnews/2022/december/headline_905103_en.html

Impact category	Unit	Zrak – voda črpalka	Zemlja – voda črpalka
Global warming	kg CO ₂ eq	0.0453076	0.0325183
Ionizing radiation	kBq Co-60 eq	0.0199897	0.0143553
Ozone formation, Human health	kg NOx eq	0.0000860	0.0000676
Fine particulate matter formation	kg PM _{2.5} eq	0.0001583	0.0001148
Ozone formation, Terrestrial ecosystems	kg NOx eq	0.0000873	0.0000687
Land use	m ² a crop eq	0.0007459	0.0005375
Mineral resource scarcity	kg Cu eq	0.0001782	0.0001253
Fossil resource scarcity	kg oil eq	0.0087296	0.0065231
Water consumption	m ³	0.0004553	0.0003281

V primeru uporabe toplotne črpalke zemlja-voda zaradi višje učinkovitosti vrednosti nižje v kategorijah vpliva globalno segrevanje (za 28,2 %), tanjšanje ozonske plasti (za 29,6 %), nastanek trdnih delcev (za 27,5 %), in ionizirajočega sevanja (za 28,2 %) kot pri uporabi toplotne črpalke zrak-voda.

LCA ANALIZA UPORABE TOPLOTNIH ČRPALK GLEDE NA SCENARIJE PROIZVEDENE ELEKTRIČNE ENERGIJE

- Okoljski vpliv uporabe je odvisen tudi od načina dekarbonizacije sestave elektroenergetskega sistema (virov proizvodnje električne energije) elektroenergetskega sistema – trenutna sestava virov elektro sistema in scenariji nacionalnega energetskega in podnebne načrta (NECP) za leto 2030 za Slovenijo.
- Analizirana je bila uporaba toplotnih črpalk v primeru različnih scenarijev sestave proizvodnih virov.

Scenariji:

- SI_Proizvodnja: sestava proizvodnih virov elektroenergetskega sistema za Slovenijo za Slovenijo (2020)
- SI_Green_2030: sestava proizvodnih virov elektroenergetskega sistema za Slovenijo, ki modelira upad TEŠ in sorazmerno povečanje deleža sončne energije

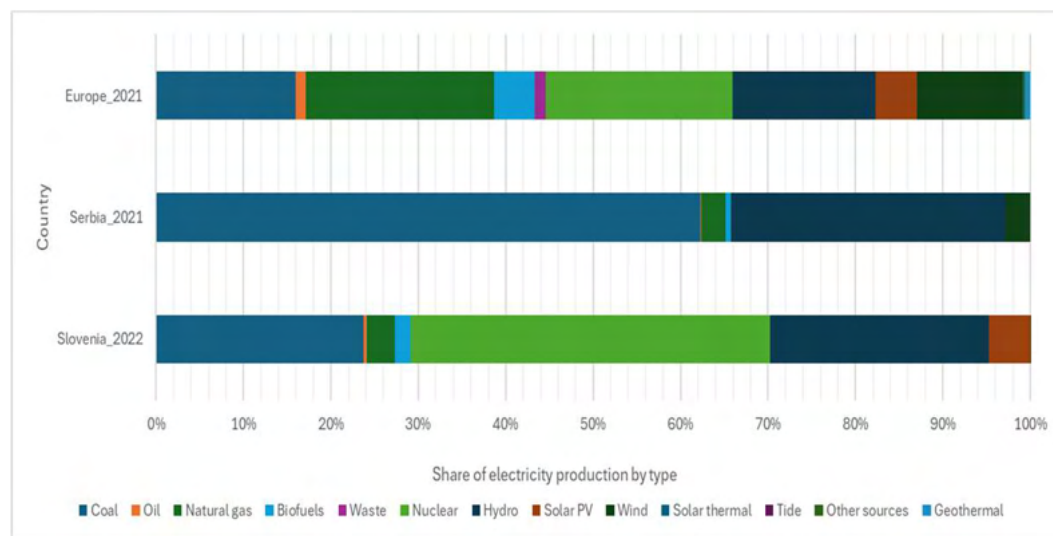
Tabela: Ocena vplivov na okolje v izbranih kategorijah vpliva 1 MJ toplote, proizvedene s toplotno črpalko zemlja-voda trenutni proizvodni mix in 2030 mix scenarij.

Impact category	Unit	SLO_Current production mix	SLO_Green2030
Global warming	kg CO ₂ eq	0.031673	0.022619
Ionizing radiation	kBq Co-60 eq	0.018795	0.018732
Ozone formation, Human health	kg NOx eq	0.000069	0.000048
Fine particulate matter formation	kg PM _{2.5} eq	0.000144	0.000089
Ozone formation, Terrestrial ecosystems	kg NOx eq	0.000071	0.000049
Land use	m ² a crop eq	0.000109	0.000234
Mineral resource scarcity	kg Cu eq	0.000063	0.000071
Fossil resource scarcity	kg oil eq	0.005995	0.004121
Water consumption	m ³	0.000178	0.000179

- V primeru uporabe toplotne črpalke zemlja-voda je doseženo zmanjšanje vpliva v scenariju 2030 v kategorijah
- globalno segrevanje
- nastajanje finih trdnih delcev (-38,2 %) in pomanjkanje fosilnih virov (-31,3 % Slovenija), na kar neposredno vpliva delež energije iz premoga.
- Povečanje vpliva v kategoriji pomanjkanje mineralnih virov (12,7 %) in raba zemljišč (114,7 % Slovenija) zaradi prodora in večjega deleža fotovoltaike.

LCA ANALIZA UPORABE TOPLOTNIH ČRPALK GLEDE NA SCENARIJE PROIZVEDENE ELEKTRIČNE ENERGIJE

- Primer dveh različnih elektroenergetskih sistemov in razlike v vplivih na okolje pri uporabi toplotne črpalke: SLO - SER



Slika: Primerjava deležev glede na vir proizvodnje (source of data (International Energy Agency (IEA) 2024c; 2024b).

Tabela: Ocena vplivov na okolje v izbranih kategorijah vpliva 1 MJ toplote, proizvedene s toplotno črpalko zemlja-voda trenutni proizvodni mix SER in SLO

Impact category	Unit	SER_Current production mix	SLO_Current production mix
Global warming	kg CO ₂ eq	0.074144	0.031673
Ionizing radiation	kBq Co-60 eq	0.000471	0.018795
Ozone formation, Human health	kg NOx eq	0.000128	0.000069
Fine particulate matter formation	kg PM _{2.5} eq	0.000371	0.000144
Ozone formation, Terrestrial ecosystems	kg NOx eq	0.000129	0.000071
Land use	m ² a crop eq	0.000143	0.000109
Mineral resource scarcity	kg Cu eq	0.000047	0.000063
Fossil resource scarcity	kg oil eq	0.017748	0.005995
Water consumption	m ³	0.000225	0.000178

Večji delež termoelektrarn v Srbiji ima za posledico višje vrednosti v kategorijah globalno segrevanje, nastajanje ozona, zdravje ljudi, nastajanje finih delcev, nastajanje ozona, kopenski ekosistemi in pomanjkanje fosilnih virov v Srbiji v primerjavi s Slovenijo
Slovenija: višji vpliv v kategoriji ionizirajoče sevanje (nuklearna energije) in pomanjkanje mineralov (fotovoltaika)

- Zgorevanje lesnih peletov je povzročilo nižje emisije CO₂ in NO_x v zrak v primerjavi z drvi, kar podpira predpostavko, da lahko uporaba drv prispeva k lokalnemu onesnaženju zraka in da so lahko lesni peleti alternativa.
- Za določitev okoljskega vpliva izgorevanja lesnih peletov je potrebno upoštevati prispevek transporta, zlasti če je večina peletov, ki se uporabljajo za ogrevanje, uvoženih
- Na okoljske vplive uporabe toplotne črpalke ima poleg koeficienta učinkovitosti velik vpliv tudi sestava in delež proizvodnih virov električne energije
- LCA obravnava samo škodljive vplive na okolje, ne da bi obravnavala socialne in ekonomske učinke. Kadar je potrebno upoštevati še ti dimenziji, jih je potrebno ovrednotiti z dodatnimi orodji, kot je ocena stroškov življenjskega cikla (LCC) ali družbeni LCA (SLCA)
- LCA zagotavlja močno orodje za upoštevanje ne le zmanjšanja emisij toplogrednih plinov, ampak tudi drugih okoljskih vplivov, kot sta raba zemljišč in pomanjkanje mineralnih virov, in se lahko uporablja pri podpori nosilcem odločanja, ki se ukvarjajo s prihodnjimi nacionalnimi energetskega načrti in strategijami za razogljičenje.

HVALA ZA POZORNOST!