

Oznaka poročila: ARRS-CRP-ZP-2014-01/3



ZAKLJUČNO POROČILO CILJNEGA RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	V4-1139
Naslov projekta	Določitev ogljičnega odtisa primarnih lesnih proizvodov
Vodja projekta	19106 Miha Humar
Naziv težišča v okviru CRP	3.03.04 Določitev ogljičnega odtisa primarnih lesnih proizvodov
Obseg raziskovalnih ur	896
Cenovni razred	B
Trajanje projekta	10.2011 - 09.2013
Nosilna raziskovalna organizacija	481 Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	404 Gozdarski inštitut Slovenije 2849 INŠTITUT ZA LESARSTVO IN TRAJNOSTNI RAZVOJ, raziskovanje, razvoj, svetovanje in izobraževanje d.o.o.
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	4 BIOTEHNIKA 4.01 Gozdarstvo, lesarstvo in papirništvo 4.01.02 Lesarstvo
Družbeno-ekonomski cilj	06. Industrijska proizvodnja in tehnologija
Raziskovalno področje po šifrantu FOS	2 Tehniške in tehnološke vede 2.11 Druge tehniške in tehnološke vede

2. Sofinancerji

	Sofinancerji	
1.	Naziv	Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano Republike Slovenije
	Naslov	Dunajska cesta, Ljubljana, Slovenija

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Povzetek raziskovalnega projekta¹

SLO

V okviru Ciljnega raziskovalnega projekta »Določitev ogljičnega odtisa primarnih lesnih proizvodov« smo izračunali ogljični odtis žaganega lesa iglavcev iz slovenskih gozdov. Ogljični odtis smo izračunali po metodologiji PAS 2050 (2011), po korakih, ki so zahtevani v standardu. Cilj izračuna ogljičnega odtisa je bil primerjalno in objektivno dokazati okoljsko prijaznost žaganega lesa iz slovenskih gozdov. Analizirali smo okoljski vpliv »od zibelke do vrat«. Vir kvalitativnih podatkov so bili javno dostopni podatki, podatki podjetij in raziskovalna dela, predstavljena v diplomskih nalogah, medtem ko smo emisijske faktorje, povezane z uporabljenimi materiali in energetskimi potrebami pridobili iz baze podatkov Ecoinvent 2.0 (2010). Modeliranje smo izvedli s programsko opremo Simapro. Izračunali smo, da je ogljični odtis 1 m³ vlažnega žaganega lesa iglavcev 39.8 kg CO₂e, medtem ko je ogljični odtis 1 m³ žaganega lesa iglavcev, ki je dostopen v podatkovni bazi Ecoinvent 2.0 (2010), 48.6 kg CO₂e. Ta nižji odtis je predvsem posledica prevladujočega specifičnega načina sečnje in spravila lesa v slovenskih gozdovih.

ANG

Within the framework of the project "Determination of the carbon footprint of primary wood products", the carbon footprint of sawn softwood from Slovenian forests was calculated. Carbon footprint was calculated according to the methodology PAS 2050 (2011), following the steps that are required in the standard. The aim of calculating the carbon footprint was to compare and objectively demonstrate the environmental friendliness of sawn timber from Slovenian forests. The environmental impact was analysed using the "cradle-to-gate" variant. Sources of qualitative data were publicly available data, information from the industry, and research work presented in graduation theses, while the emission factors associated with the used materials and the energy requirements were obtained from the database Ecoinvent 2.0 (2010). Modelling was performed using the Simapro software. The determined carbon footprint of 1 m³ of sawn softwood with 70% humidity is 39.8 kg CO₂e, while the carbon footprint of 1 m³ of sawn softwood, which is available in the database Ecoinvent 2.0 (2010), is 48.6 kg CO₂e. The significantly lower footprint is mainly the result of specific logging and harvesting practices in Slovene forests.

4. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu²

Pred opisom problematike je zelo pomembno poznati dejstvo, da gozdovi pokrivajo prek 60 % nacionalnega ozemlja Slovenije. Njihova površina se je od l. 1875 (737 000 ha) do danes povečala za približno 500.000 ha! Kljub dolgoletni tradiciji sonaravnega gospodarjenja z gozdom in rabe lesa pa posek močno zaostaja za prirastkom, kar se kaže tudi v hitrem staranju gozdov in posledično padcu kakovosti lesa. Zato je pomembno čim bolj spodbuditi zdravo rabo lesa. Pomen gozda in lesa v zadnjem času močno narašča, saj je obdelava lesa energetsko manj potratna ter zato okolju prijazna (z izkoriščanjem biomase lesna podjetja lahko pridelajo velik delež lastne energije potrebne za opravljanje dejavnosti). Poleg tega vedno bolj prihaja v ospredje dejstvo, da so les in lesni izdelki pomembni tudi z vidika skladiščenja ogljika. Les namreč pri svojem nastanku porablja oz. predeluje in nato tudi skozi celoten življenjski cikel izdelka skladišči ogljikov dioksid.

Trdimo, da je les strateško pomemben material za današnji čas, še posebej v Sloveniji, ki razpolaga s tako velikim lesnim bogastvom. Les je edina surovina, ki jo imamo v relativnem izobilju, zato jo želimo predelati doma do najvišje možne dodane vrednosti. To so tudi cilji slovenske in evropske gozdno-lesne tehnološke platforme. Les je material z

vsaj dvema ali tremi uporabnostnimi cikli: najprej ga uporabimo kot produkt (žagan les, gradbene komponente, pohištvo), drugič kot material v reciklirnem procesu (plošče ali papir) in slednjič za pridobivanje zelene energije. Konkurenčni materiali (plasti, jeklo, beton) sicer utegnejo imeti nekaj tehničnih prednosti, vendar sta njihovo energijsko in okoljsko ravnovesje na podlagi kriterijev ocene življenjskega cikla (LCA) bistveno slabša od lesa. Les je strateška surovina in zato je gozdnatost naše dežele naša strateška prednost. Lesna industrija je okolju prijazna. Strateška usmeritev v lesnopredelovalno industrijo bistveno pripomore k zmanjšanju porabe energije in emisij toplogrednih plinov. Les je izrazito nehomogen material, kar je njegova pomanjkljivost, po drugi strani pa lahko tudi velika prednost, ki ob dobrem poznavanju omogoča izdelavo unikatnih, uporabniku prilagojenih izdelkov. Les predstavlja tudi pomemben dejavnik absorpcije ogljikovega dioksida, omogoča poseljenost in gospodarski razvoj podeželja ter razvoj turizma. V kolikor lesa ne bomo uporabljali se bo zarasla krajina, gozd bo začel propadati, kar bo negativno vplivalo tako na turizem, kot gospodarstvo.

V razvitem svetu, pa tudi v hitro razvijajočih se gospodarstvih tretjega sveta, se ljudje, torej potrošniki, vse bolj zavedajo problema podnebnih sprememb. Zato se pri nakupih vedno bolj odločajo za izdelke, ki niso le kvalitetni in poceni, ampak tudi okolju čimbolj prijazni. Tudi zakonodajalci vse bolj omejujejo škodljive vplive industrij na okolje, zato to postaja ključno vodilo pri razvoju podjetij in njihovih izdelkov ter tehnologij. Sproščanje CO₂ pa v okoljevarstvu današnjega globaliziranega sveta in spremenjenih podnebnih razmerah pomeni pomembno nevarnost, povzročeno ravno zaradi nekontroliranega izpusta CO₂ v ozračje, zaradi energetske ter snovno potratnih svetovnih industrij. Les je eden redkih naravnih obnovljivih materialov, ki zaradi specifične nastanka v procesu fotosinteze, iz ozračja veže CO₂. Les in leseni izdelki v času svoje celotne življenjske dobe tega plina tudi ne sproščajo v ozračje. Nasprotno, v njih je ogljik skladiščen (sekvestracija CO₂). Les je v Sloveniji najpomembnejša naravno obnovljiva surovina. Zaloge lesne mase, ki je primerna za ekonomsko predelavo in s tem za ustvarjanje visoke dodane vrednosti slovenske ekonomije, je po podatkih ZGS 331 mio m³. Letno v Sloveniji v gozdovih priraste cca. 8,1 mio m³ lesne mase, dejansko pa jih uporabimo le dobre 3,4 mio m³ (ZGS, 2010). Razlika v podanih številkah sama pove, da premalo izkoriščamo potencial naših gozdov. Povečati bi morali sečnjo in pospešiti predelavo lesa, vendar ne zaradi povečanja sečnje same kot take. Šele predelava lesa in uporaba lesnih izdelkov prispeva k ohranitvi narave in pomeni prihodnost za človeštvo, saj je les naravno obnovljiv in energetske varčen material, ostanke njegove predelave in lesene izdelke, ki se jim je iztekla življenjska doba, pa lahko uporabimo za pridobivanje energije iz obnovljivega vira. Če ob povečanju poseka ne bi povečali tudi predelave dodatno posekanega lesa v izdelke z višjo možno vrednostjo, bi le še povečali ekonomsko neoptimalno izrabo naših gozdov in izgubo dodane vrednosti, ki jo les lahko nudi nacionalni ekonomiji skozi svojo vrednostno verigo (predelava, izraba ostankov).

Za zagotavljanje primerljivosti in kakovosti izračunov ogljičnega odtisa, smo pripravili sheme zbiranja podatkov skladno s standardom ISO 14044 (2006), v katerem so opredeljene zahteve in podana navodila, kako izdelati analizo življenjskega cikla (LCA - LCA – Life Cycle Assessment) in skladno s trenutno edinemu veljavnemu mednarodnemu standardu za računanje ogljičnega odtisa v EU, britanskemu standardu PAS 2050: 2011 (Specification for the Assessment of the Life Cycle Greenhouse Gas Emissions of Goods and Services). Pri postavljanju shem smo sledili v standardu določenim korakom za izdelavo analize LCA: definicija cilja, pridobivanje podatkov, modeliranje ter analiza in vrednotenje. Določili smo funkcionalne enote in meje sistema. Na sliki 1 so prikazane meje sistema, ki smo jih opredelili za najpomembnejši primarni proizvod, žagan les. Za izračun ogljičnega odtisa 1 m³ žaganega lesa smo opredelili naslednje meje sistema:

Faza 1 – gospodarjenje z gozdom - izven meje sistema

- gradnja cest, setev, saditev dreves, transport, gnojenje

Faza 2 – sečnja, spravilo

- Poraba in vrsta goriv pri obvejevanju, sečnji
- Bilanca in scenarij (naslednje operacije pri posameznih surovinah«)
 - o Hlodovina
 - o Ostanke – npr. za biomaso
 - o Odpadki

Faza 3 – primarna predelava

- Hlodovina
 - o Poraba in vrsta energije ter goriv pri razrezu ali npr. pri termični obdelavi hlodovine
 - o Poraba vode
 - § Poraba vode na izdelek (pitne vode in tehnične vode)
 - § Količina odpadne vode na izdelek in ravnanje z njo
 - § Morebitni obstoj čistilne naprave v okviru produkcijskega obrata
 - § Emisije polutantov v vode (tip in količine) na izdelek
 - o Transport - tip transportnih vozil, razdalje, delež vozila, ki je neizkoriščen (prazen) in delež neizkoriščene povratne vožnje
 - o Odpadki in emisije - Emisije polutantov v zrak (tip in količine polutantov) na m³ in ostali odpadni material, povezan s proizvodnimi procesi, npr: filtri, pepel, itd.
 - o Produkti, ostanke – količina in scenarij
- Ostanke sečnje
 - o Poraba energije in goriv npr. pri izdelavi peletov
 - o Poraba vode
 - § Poraba vode na m³ (pitne vode in tehnične vode)
 - § Količina odpadne vode na izdelek in ravnanje z njo
 - § Morebitni obstoj čistilne naprave v okviru produkcijskega obrata
 - § Emisije polutantov v vode (tip in količine) na izdelek
 - o Transport - tip transportnih vozil, razdalje, delež vozila, ki je neizkoriščen (prazen) in delež neizkoriščene povratne vožnje
 - o Odpadki in emisije - Emisije polutantov v zrak (tip in količine polutantov) na m³ in ostali odpadni material, povezan s proizvodnimi procesi, npr: filtri, pepel, itd.

Faza 4 – sušenje

- Poraba in vrsta energije ter goriv
- Poraba vode
 - § Poraba vode na m³ (pitne vode in tehnične vode)
 - § Količina odpadne vode na izdelek in ravnanje z njo
 - § Morebitni obstoj čistilne naprave v okviru produkcijskega obrata
 - § Emisije polutantov v vode (tip in količine) na izdelek
- Odpadki in emisije - Emisije polutantov v zrak (tip in količine polutantov) na m³ in ostali odpadni material, povezan s proizvodnimi procesi, npr: filtri, pepel, itd.
- Transport - tip transportnih vozil, razdalje, delež vozila, ki je neizkoriščen (prazen) in delež neizkoriščene povratne vožnje
- Produkti

Na podlagi opredeljenih mej sistema, smo pripravili seznam podatkov, ki so potrebni za izračun ogljičnega odtisa. Na podlagi seznamov smo se odločili, za način zbiranja podatkov. Nekatere podatke smo se odločili pridobiti z uporabo modelov s pomočjo kalkulativnih podatkov, druge neposredno od določenih reprezentativnih gospodarskih družb, nekatere iz literature ter nekatere privzeti iz podatkovne baze Ecoinvent. Določili smo odgovorne za pridobivanje določenih podatkov ter pričeli s pridobivanjem podatkov. Vzporedno z zbiranjem podatkov smo pričeli z modeliranjem s programsko opremo

Simapro (SimaPro Analyst Indefinite, Ecoinvent v2, Product Ecology Consultants, PEC, Nizozemska), ki omogoča poenostavljeno natančno sledenje vsem materialnim tokovom skozi življenjski cikel ter dosledno klasifikacijo in kategorizacijo podatkov.

Enak potek dela za izračun ogljičnega odtisa žaganega les, smo uporabili tudi pri drugih primarnih proizvodih. Za vsakega izmed njih smo pripravili shemo oziroma meje sistema za izračun ogljičnega odtisa skladno s standardom ISO 14044 (2006) in britanskemu standardu PAS 2050: 2011 (Specification for the Assessment of the Life Cycle Greenhouse Gas Emissions of Goods and Services). Pri postavljanju sheme smo sledili v standardu določenim korakom za izdelavo analize LCA: definicija cilja, pridobivanje podatkov, modeliranje ter analiza in vrednotenje. Določili smo funkcionalno enoto (1 m³) in opredelili meje sistema. Pri izračunu ogljičnih odtisov posameznih proizvodov smo upoštevali naslednje vire emisij:

V Sloveniji je les lokalno dostopen obnovljivi vir, za njegovo predelavo ne potrebujemo veliko energije, zlahka pa mu poiščemo nov namen uporabe tudi po izteku življenjske dobe prvega izdelka. Izračun ogljičnega odtisa slovenskega žaganega lesa iglavcev, vezane plošče ter pelet in primerjava z ogljičnim odtisom teh izdelkov, podanim v podatkovni bazi Ecoinvent (podatki pridobljeni v Nemčiji ali pa na ravni celotne Evropske unije), sta pokazala, da ima slovenski les zaradi specifične sečnje in izdelave, spravila in krajših transportnih razdalj, nižji ogljični odtis. Poleg tega je les, ki ga imamo v Sloveniji v relativnem izobilju, eden redkih obnovljivih naravnih materialov, ki zaradi nastanka v procesu fotosinteze iz ozračja veže CO₂. Les in leseni izdelki v času svoje celotne življenjske dobe tega plina tudi ne sproščajo v ozračje, ampak je v njih skladiščen (sekvestracija CO₂). Za pridobivanje in vgradnjo lesa je značilna nizka poraba energije, lesne izdelke lahko enostavno razgradimo z možnostjo ponovne uporabe ali pa vsaj za pridobivanje energije iz obnovljivega vira. Rezultati v poročilu predstavljenih izračunov ogljičnega odtisa žaganega lesa iz slovenskih gozdov ter drugih izdelkov slovenske primarne lesnopredelovalne industrije objektivno nakazujejo prednost uporabe slovenskega lesa, kar bomo uporabili za izdelavo predlogov spodbud in ukrepov za pospeševanje rabe lesnih izdelkov iz slovenskega lesa na podlagi objektivnih meril okoljskih obremenitev.

Na temo projekta so potekali štirje raziskovalni bilateralni projekti.

Raziskovalno sodelovanje Slovenija - Kanada: Razvoj izdelkov po konceptu "od zibelke do zibelke" (2011), FPInnovations.

Raziskovalno sodelovanje Slovenija – Kanada: Ogljični odtis primarnih lesnih proizvodov (2012); FPInnovations.

Raziskovalno sodelovanje Slovenija – Nova Zelandija: Razvoj izdelkov z minimalnim okoljskim vplivom (2012); SCION Crown Research Institute (CRI).

Raziskovalno sodelovanje Slovenija -US: Vrednotenje življenjske dobe zunanjih lesenih oblog in njihov vpliv na okolje, Oregon State University

5. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem projektu in zastavljenih raziskovalnih ciljev³

Projektna skupina je v celoti realizirala zastavljene cilje.

6. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta oziroma

sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine⁴

Projektna skupina je bila ves čas izvajanja projekta konstantna in je nismo spreminjali, z izjemo mladih raziskovalcev, ki so zapustili skupino.

7. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁵

		Znanstveni dosežek	
1.	COBISS ID	1024478548	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Ogljični odtis v primerjavi z lastnostmi aluminijastih, plastičnih in lesenih okenskih okvirjev od zibelke do izhoda
		ANG	Carbon footprint versus performance of aluminum, plastic, and wood window frames from cradle to gate
	Opis	SLO	Material okenskega okvirja ima pomemben vpliv na energijsko učinkovitost okna. Poleg tega mora zaradi zahtev trajnostnega razvoja imeti materiali okenskih okvirjev majhne okoljske obremenitve, da ga obravnavamo kot trajnostnega. Zato je potreben celovit pristop pri presoji lastnosti materialov okenskih okvirjev. V raziskavi smo primerjali tri okenske okvirje, izdelane iz aluminija, polivinil klorida (PVC) in lesa. Najprej smo ocenili in primerjali njihovo toplotno učinkovitost z uporabo modela prenosa toplote. Nato smo izračunali ogljični odtis za vse tri materiale, in sicer za 1m ² površine oken s podobnimi toplotnimi lastnostmi. Ugotovljeno je bilo, da je toplotna kot tudi okoljska učinkovitosti lesenega okenskega okvirja boljša od tistih iz aluminija in PVC. Po drugi strani pa so okvirji iz aluminija imeli visok okoljski vpliv in sorazmerno nižjo toplotno učinkovitost. Študija zagotavlja celovit pogled na lastnosti okenskih okvirjev, v katerem upoštevamo tako okoljsko kot toplotno učinkovitost.
		ANG	Window frame material has significant impacts on the thermal performance of the window. Moreover, with sustainable design becoming a necessity, window frame materials needs to have higher metric of environmental performance to be considered sustainable. As a result a holistic performance metric is needed to assess a window frame material. Three similar frames were considered manufactured from aluminum, polyvinyl chloride (PVC), and wood. First their thermal performance was evaluated and compared using a heat transfer model. Then, carbon footprint for the three materials were considered for 1m ² of window area with a similar thermal performance. It was found that the thermal as well as the environmental performance of the wooden window frame was superior to those of aluminum and PVC. On the other hand aluminum frames had high environmental impacts and comparatively lower thermal performance. This study provides a holistic viewpoint on window frames by considering both, environmental and thermal performance.
	Objavljeno v	Molecular Diversity Preservation International; Buildings; 2012; Vol. 2; str. 542-553; Avtorji / Authors: Sinha Arijit, Kutnar Andreja	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
2.	COBISS ID	2112649	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Naravna odpornost lesa na prostem
		ANG	Natural durability of timber exposed above ground
Opis	SLO	Naravna odpornost je ena ključnih lastnosti, ki definirajo možnosti uporabe lesa na prostem. Vendar ima les s primerljivo naravno odpornostjo v različnih podnebnih pasovih, povsem različno življenjsko dobo. Na primer smrekovina na prostem lahko zdrži od 4 do 12 let (v Evropi). Zato smo v tem prispevku zbrali podatke o življenjski dobi najpomembnejših lesnih vrst in jih pregledno prikazali v preglednici. Ti podatki so pomembni predvsem z vidika načrtovanja in vzdrževanja lesnih konstrukcij.	

		<p>Besides its inherent resistance against degrading organisms the durability of timber is influenced by design details and climatic conditions, making it difficult to treat wood durability as an absolute value. Durability classification is therefore based on comparing performance indicators between the timber in question and a reference timber. These relative values are grouped and related to durability classes, which can refer to a high range of service-lives. The insufficient comparability of such durability records has turned out to be a key challenge for service-life prediction. This study reviewed literature data, based on service-life measures, not masked by a durability classification. It focused on natural durability of timber tested in the field above-ground. Additionally, results from ongoing above-ground durability studies in Europe and Australia are presented and were used for further analysis. In total 163 durability recordings from 31 different test sites worldwide based on ten different test methods have been considered for calculation of resistance factors. The datasets were heterogeneous in quality and quantity; the resulting resistance factors suffered from high variation. In conclusion, an open platform for scientific exchange is needed to increase the amount of available service-life related data</p>
	Objavljeno v	Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu;Hrvatsko šumarsko društvo;Croatiadrvo, d. d.;Exportdrvo, p. o.; Drvna industrija; 2013; Vol. 64, no. 2; str. 113-129; Impact Factor: 0.196;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.87; WoS: PJ; Avtorji / Authors: Brischke Christian, Meyer Linda, Alfredsen Gry, Humar Miha, Francis Lesley, Flote Per-Otto, Larsson Pia Brelid-
	Tipologija	1.02 Pregledni znanstveni članek
3.	COBISS ID	3638694 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<p>SLO Ogljični odtis žaganega lesa iglavcev iz slovenskih gozdov</p> <p>ANG Carbon footprint of sawn softwood timber from Slovenian forests</p>
	Opis	<p>SLO V okviru Ciljnega raziskovalnega projekta »Določitev ogljičnega odtisa primarnih lesnih proizvodov« smo izračunali ogljični odtis žaganega lesa iglavcev iz slovenskih gozdov. Ogljični odtis smo izračunali po metodologiji PAS 2050 (2011), po korakih, ki so zahtevani v standardu. Cilj izračuna ogljičnega odtisa je bil primerjalno in objektivno dokazati okoljsko prijaznost žaganega lesa iz slovenskih gozdov. Analizirali smo okoljski vpliv »od zibelke do vrat«. Vir kvalitativnih podatkov so bili javno dostopni podatki, podatki podjetij in raziskovalna dela, predstavljena v diplomskih nalogah, medtem ko smo emisijske faktorje, povezane z uporabljenimi materiali in energetskimi potrebami pridobili iz baze podatkov Ecoinvent 2.0 (2010). Modeliranje smo izvedli s programsko opremo Simapro. Izračunali smo, da je ogljični odtis 1 m³ vlažnega žaganega lesa iglavcev 39.8 kg CO₂e, medtem ko je ogljični odtis 1 m³ žaganega lesa iglavcev, ki je dostopen v podatkovni bazi Ecoinvent 2.0 (2010), 48.6 kg CO₂e. Ta nižji odtis je predvsem posledica prevladujočega specifičnega načina sečnje in spravila lesa v slovenskih gozdovih.</p> <p>ANG Within the framework of the project "Determination of the carbon footprint of primary wood products", the carbon footprint of sawn softwood from Slovenian forests was calculated. Carbon footprint was calculated according to the methodology PAS 2050 (2011), following the steps that are required in the standard. The aim of calculating the carbon footprint was to compare and objectively demonstrate the environmental friendliness of sawn timber from Slovenian forests. The environmental impact was analysed using the "cradle-to-gate" variant. Sources of qualitative data were publicly available data, information from the industry, and research work presented in graduation theses, while the emission factors associated with the used materials and the energy requirements were obtained from the database Ecoinvent 2.0 (2010). Modelling was performed using the Simapro</p>

		software. The determined carbon footprint of 1 m ³ of sawn softwood with 70% humidity is 39.8 kg CO ₂ e, while the carbon footprint of 1 m ³ of sawn softwood, which is available in the database Ecoinvent 2.0 (2010), is 48.6 kg CO ₂ e. The significantly lower footprint is mainly the result of specific logging and harvesting practices in Slovene forests.
	Objavljeno v	Zveza lesarjev Slovenije; Gozd in les; Les; 2013; Letn. 65, št. 1/2; str. 16-20; Avtorji / Authors: Kutnar Andreja, Krč Janez, Krajnc Nike, Piškur Mitja, Tavzes Črtomir, Humar Miha
	Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci
4.	COBISS ID	1024437844 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Analiza življenjskega cikla (LCA) - objektivno merilo okoljskih zahtev zelenih javnih naročil (ZEJN)
		<i>ANG</i> Life cycle analysis (LCA) - objective assessment of the environmental requirements in the frame of green public procurement
	Opis	<i>SLO</i> Zaradi segrevanja ozračja in podnebnih sprememb je postal trajnostni razvoj pomemben dejavnik pri načrtovanju stavb. Stavbe imajo zaradi številnih vgrajenih materialov najrazličnejše pomembne vplive na okolje. Zato so bile v preteklosti že razvite metode in akreditirani sistemi za ocenjevanje okoljskih vplivov stavb. V članku je predstavljen trenutno vodilni ocenjevalni sistem na trgu sistemov ocenjevanja zelenih stavb, Leadership in Energy and Environmental Design (LEED). LEED ima s spodbujanjem razvoja novega zelenega okolja in s preoblikovanjem obstoječega okolja stavb v "zeleno" pomembno vlogo in številne zasluge pri trajnostnem razvoju stavb. Vsebuje pa tudi nekaj nesmiselnosti in izzivov, ki jih v članku obravnavamo glede na izbor materialov, predvsem lesa in lesnih izdelkov.
		<i>ANG</i> The Decree on Green Public Procurement (Official Gazette of the Republic of Slovenia 102/11) promotes the development of environment protection and the transformation of the existing building practices into "Green Building", through public procurement of environmentally suitable goods, services, and building. However, to achieve an even faster and thorough implementation of the sustainable development goals, a timely enhancement of the Decree by more stringent environmental requirements will be necessary. These environmental requirements should take into the account the environmental suitability of the materials, products, and manufacturing processes in the full life cycle of goods, services, and building. For an impartial evaluation of the environmental impact, it is sensible to utilise only as objective as possible criteria and tools, as are the Life Cycle Assessment (LCA) analysis or Carbon Footprint (CF) calculation.
	Objavljeno v	Zveza lesarjev Slovenije;GZS, Združenje lesarstva; Les; 2012; Letn. 64, št. 6; str. 181-186; Avtorji / Authors: Kutnar Andreja, Krč Janez, Krajnc Nike, Piškur Mitja, Tavzes Črtomir, Humar Miha
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
5.	COBISS ID	1996937 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Green building rating system - leadership in energy and environmental design (LEED)
		<i>ANG</i> Sistem ocenjevanja zelenih stavb - Leadership in Energy and Environmental Design (LEED): Pomen za lesno industrijo
	Opis	<i>SLO</i> Zaradi segrevanja ozračja in podnebnih sprememb je postal trajnostni razvoj pomemben dejavnik pri načrtovanju stavb. Stavbe imajo zaradi številnih vgrajenih materialov najrazličnejše pomembne vplive na okolje. Zato so bile v preteklosti že razvite metode in akreditirani sistemi za ocenjevanje okoljskih vplivov stavb. V članku je predstavljen trenutno vodilni ocenjevalni sistem na trgu sistemov ocenjevanja zelenih stavb,

		Leadership in Energy and Environmental Design (LEED). LEED ima s spodbujanjem razvoja novega zelenega okolja in s preoblikovanjem obstoječega okolja stavb v "zeleno" pomembno vlogo in številne zasluge pri trajnostnem razvoju stavb. Vsebuje pa tudi nekaj nesmiselnosti in izzivov, ki jih v članku obravnavamo glede na izbor materialov, predvsem lesa in lesnih izdelkov.
	ANG	Due to global warming issues and climate change, sustainability became an important factor in building design. Since buildings consist of a multitude of products, they have an important and wide-ranging impact on the environment. Therefore, several environmental assessment methods and accreditation systems for buildings have been developed. In this paper building rating system Leadership in Energy and Environmental Design (LEED), as the global market leader in the green building rating systems, is presented. LEED is a commendable and grand effort in moving towards sustainable development by encouraging development of new green built environment and converting existing built environment green. However, it does have certain pitfalls and challenges, which are discussed with respect to material selection, especially wood and wood products.
Objavljeno v	Zveza lesarjev Slovenije; GZS, Združenje lesarstva; Les; 2012; Letn. 64, št. 1/2; str. 1-5; Avtorji / Authors: Sinha Arijit, Kutnar Andreja	
Tipologija	1.02 Pregledni znanstveni članek	

8. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine⁶

	Družbeno-ekonomski dosežek		
1.	COBISS ID	2109065	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Gozd in les : znanstveno srečanje : zbornik predavanj ob znanstvenem srečanju Gozd in les: izjemni znanstveni dosežki in učinki,
		ANG	Forest and wood : Proceedings of the international meeting
	Opis	SLO	To srečanje so organizirale vodilne organizacije s področja gozdarstva in lesarstva, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta (Oddelek za lesarstvo in gozdarstvo), Gozdarski inštitut Slovenije in Inštitut za celulozo in papir v sodelovanju s predstavniki civilne družbe: Zvezo gozdarskih društev, Zveza lesarjev Slovenije... Glavni namen tega znanstvenega srečanja je zainteresirani znanstveni in strokovni javnosti predstaviti najnovejše raziskovalne dosežke na področju gozdarstva, lesarstva in papirništva. Načrtujemo, da bodo na tem srečanju pridobili možnost predvsem mlajši, neuveljavljeni raziskovalci, da širši javnosti predstavijo svoje raziskovalne dosežke.
		ANG	This meeting was organized by a leading organization in the field of forestry and wood science, University of Ljubljana, Biotechnical Faculty (Department of Wood Science and Forestry), Forestry Institute of Slovenia and the Institute for pulp and paper, in cooperation with representatives of civil society: the Union of Forestry Associations, the Wood Processing Association of Slovenia ... the main purpose of this scientific meeting is to present the latest research achievements in the field of forestry and wood and paper. The purpose of this meeting, is to give the possibility to younger, non-recognised researchers to present their research achievements.
	Šifra	B.01 Organizator znanstvenega srečanja	
	Objavljeno v	Zveza lesarjev Slovenije; 2013; 88 str.; Avtorji / Authors: Humar Miha, Kraigher Hojka	
	Tipologija	2.32 Zbornik recenziranih znanstvenih prispevkov na domači konferenci	

2.	COBISS ID	2022281	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Vrednotenje odpornosti lesa, impregniranega z bakrovimi pripravki na prostem	
	ANG	Service life prediction of wood treated with copper based solutions in outdoor exposure	
Opis	SLO	V raziskavi smo z dvoslojnim testom preučevali življenjsko dobo lesa, izpostavljenega na prostem, v tretjem razredu izpostavitve. Naravnim razmeram smo izpostavili vzorce smrekovine, impregnirane z baker-etanolaminskim biocidnim proizvodom na vodni osnovi (Silvanolin) in posameznimi sestavinami tega pripravka. Za primerjavo smo izpostavili tudi nezaščitene vzorce smrekovine, macesnovine, bukovine in hrastovine. Skozi celotno obdobje izpostavitve smo spremljali klimatske podatke pod vzorci in na vremenski postaji. Rezultati kažejo, da impregnacija s pripravki na osnovi bakrovih spojin dobro zaščiti les. Odpornost lesa, zaščitene z baker-etanolaminskimi pripravki, je odvisna od koncentracije raztopine in dodanih kubiocidov.	
	ANG	In our research, service life of wood exposed outdoor in the third use class, determined with double layer test, was investigated. Therefore, Norway spruce wood specimens were impregnated with a copper-ethanolamine (Silvanolin) water based solution and aqueous solutions of individual components. For comparison, untreated Norway spruce, larch, beech and oak wood specimens were exposed as well. The results showed that impregnation with copper based solutions prolong service life of wood considerably. Resistance of wood was influenced by concentration of solutions and addition of cobiocides.	
Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci		
Objavljeno v	Zveza lesarjev Slovenije; Gozd in les; Les; 2012; Letn. 64, št. 5; str. 156-160; Avtorji / Authors: Thaler Nejc, Lesar Boštjan, Humar Miha		
Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci		
3.	COBISS ID	2017161	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Trajnost lesnih proizvodov - predlog za vzpostavitev baze podatkov.	
	ANG	Durability of timber products-- Part 2: Proposal for an IRGWP - Durability Database	
Opis	SLO	V okviru mednarodnega društva za zaščito lesa, smo predlagali in vzpostavili bazo podatkov, v kateri bodo prosto na voljo podatki o življenjski dobi lesa, lesnih materialov pridobljenimi z različnimi laboratorijskimi in terenskimi testi. Ti podatki so ključni za natančno vzdrževanje lesenih konstrukcij ter za izračun ogljičnega odtisa.	
	ANG	A proposal for a web-based platform for scientific exchange of test data in the field of wood durability and wood protection has been made. The overall aim of the durability data base is to improve the usability of existing test data and to create an added value for durability research and service life prediction. The database allows for test results from standardized and non-standardized laboratory and field tests. Natural durable timber, preservative and water-repellent treated timber, chemically and thermally modified timber as well as composites have been considered. Finally all types of decay organisms and other degrading agents are regarded.	
Šifra	F.11 Razvoj nove storitve		
Objavljeno v	IRG; Proceedings IRG Annual Meeting, Kuala Lumpur, Malaysia, 6-10 May 2012; 2012; Str. 1-13 [IRG 12-20497.pdf]; Avtorji / Authors: Brischke Christian, Meyer Linda, Alfredsen Gry, Humar Miha, Francis Lesley		
Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci		

9. Drugi pomembni rezultati projektne skupine⁷

10. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁸

10.1. Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

Tematiko projekta smo prenesli v izobraževalni proces na Univerzi v Ljubljani in Univerzi na Primorskem
Na temo projekta je objavljenih več člankov, referatov in povzetkov.
Na temo projekta so potekali 4 bilateralni projekti.
Skladno s temo projekta smo raziskovalci v letu 2013 pridobili 3 mednarodne projekte.
Vključili smo se v projekt COST Performance of biobased building materials, dva projektna partnerja sta vključena v ožjo skupino.

ANG

Theme of the project was transferred into the educational process at the University of Ljubljana, and the University of Primorska
On the topic of the project is published several articles, papers and abstracts.
On the topic of the project four bilateral projects took place .
In line with the theme of the project, researchers become members of project teams of the three international projects in frame of the Wood Wisdom net call.
We have joined the project COST Performance of Biobased building materials, two project partners are involved in the core group.

10.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

V Sloveniji je les lokalno dostopen obnovljivi vir, za njegovo predelavo ne potrebujemo veliko energije, zlahka pa mu poiščemo nov namen uporabe tudi po izteku življenjske dobe prvega izdelka. Izračun ogljičnega odtisa slovenskega žaganega lesa iglavcev, vezane plošče ter pelet in primerjava z ogljičnim odtisom teh izdelkov, podanim v podatkovni bazi Ecoinvent (podatki pridobljeni v Nemčiji ali pa na ravni celotne Evropske unije), sta pokazala, da ima slovenski les zaradi specifične sečnje in izdelave, spravila in krajših transportnih razdalj, nižji ogljični odtis. Poleg tega je les, ki ga imamo v Sloveniji v relativnem izobilju, eden redkih obnovljivih naravnih materialov, ki zaradi nastanka v procesu fotosinteze iz ozračja veže CO₂. Les in leseni izdelki v času svoje celotne življenjske dobe tega plina tudi ne sproščajo v ozračje, ampak je v njih skladiščen (sekvestracija CO₂). Za pridobivanje in vgradnjo lesa je značilna nizka poraba energije, lesne izdelke lahko enostavno razgradimo z možnostjo ponovne uporabe ali pa vsaj za pridobivanje energije iz obnovljivega vira. Rezultati v poročilu predstavljenih izračunov ogljičnega odtisa žaganega lesa iz slovenskih gozdov ter drugih izdelkov slovenske primarne lesnopredelovalne industrije objektivno nakazujejo prednost uporabe slovenskega lesa, kar bomo uporabili za izdelavo predlogov spodbud in ukrepov za pospeševanje rabe lesnih izdelkov iz slovenskega lesa na podlagi objektivnih meril okoljskih obremenitev

ANG

In Slovenia, the wood is locally available renewable resource, its processing does not require a lot of energy, but it can be easily reused or recycled after the expiry of the first life cycle. The calculation of the carbon footprint Slovenian sawn softwood, plywood and pellets and comparison with the carbon footprint of products specified in the database Ecoinvent (data obtained in Germany or in the European Union-wide), showed that the Slovenian wood predominately due to the specific in logging and production, harvesting and shorter transport distances, has lower carbon footprint. In addition, the Slovenian wood is in relative abundance. It is one of the few renewable natural materials that due to the formation process of photosynthesis form atmospheric CO₂ sinks. Wood and wood products during their entire lifetime store CO₂ and does not emit it into the atmosphere+ , but it is stored (CO₂

sequestration). Acquisition and installation of wood is characterized by low energy consumption, wood products can be easily decomposed, with the possibility of re-use, or at least to generate energy from a renewable source. The results presented in the report calculations of the carbon footprint of sawn timber from Slovenian forests and other products Slovenian primary wood processing industry objectively indicate the advantage of using the Slovenian wood, which we use for making suggestions incentives and measures to promote the use of wood products from the Slovenian wood on the basis of objective criteria of environmental burdens.

11. Vpetost raziskovalnih rezultatov projektne skupine.

11.1. Vpetost raziskave v domače okolje

Kje obstaja verjetnost, da bodo vaša znanstvena spoznanja deležna zaznavnega odziva?

v domačih znanstvenih krogih

pri domačih uporabnikih

Kdo (poleg sofinancerjev) že izraža interes po vaših spoznanjih oziroma rezultatih?¹¹

Žagarski obrati, Obrati za primarno predelavo lesa, Proizvajalci montažnih hiš
Ogljični odtis je eden izmed najpomembnejših odločitvenih kriterijev pri zelenem javnem naročanju. Obrati, ki predelujejo les lahko z ustrezno izbiro tehnologije za predelavo lesa močno vplivajo na ogljični odtis.
Slovenski okoljski javni sklad
Pri izbire materialov v zeleni gradnji bo potrebno preiti na objektivne kriterije. Ogljični odtis je ena od rešitev, ki omogoči primerjavo različnih materialov.

11.2. Vpetost raziskave v tuje okolje

Kje obstaja verjetnost, da bodo vaša znanstvena spoznanja deležna zaznavnega odziva?

v mednarodnih znanstvenih krogih

pri mednarodnih uporabnikih

Navedite število in obliko formalnega raziskovalnega sodelovanja s tujini raziskovalnimi inštitucijami:¹²

Raziskovalno sodelovanje Slo - Kanada: Razvoj izdelkov po konceptu "od zibelke do zibelke" (2011), FPInnovations.
Raziskovalno sodelovanje Slo - Kanada: Ogljični odtis primarnih lesnih proizvodov (2012); FPInnovations.
Raziskovalno sodelovanje Slo - Nova Zelandija: Razvoj izdelkov z minimalnim okoljskim vplivom (2012); SCION Crown Research Inst. (CRI).
Raziskovalno sodelovanje Slo -US: Vrednotenje življenjske dobe zunanjih lesenih oblog in njihov vpliv na okolje, Oregon State Univ.

Kateri so rezultati tovrstnega sodelovanja:¹³

Znanje, skupne objave, možnost za izmenjave, skupne prijave projektov.

12. Izjemni dosežek v letu 2013¹⁴

12.1. Izjemni znanstveni dosežek

Projekt je bil aplikativne narave, zato znanstvenega dosežka ne predlagamo.

12.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

--

C. IZJAVE

Podpisani izjavljam/o, da:

- so vsi podatki, ki jih navajamo v poročilu, resnični in točni
- se strinjamo z obdelavo podatkov v skladu z zakonodajo o varstvu osebnih podatkov za potrebe ocenjevanja in obdelavo teh podatkov za evidence ARRS
- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v pisni obliki
- so z vsebino zaključnega poročila seznanjeni in se strinjajo vsi soizvajalci projekta
- bomo sofinancerjem istočasno z zaključnim poročilom predložili tudi elaborat na zgoščenki (CD), ki ga bomo posredovali po pošti, skladno z zahtevami sofinancerjev.

Podpisi:

*zastopnik oz. pooblaščenca oseba
raziskovalne organizacije:*

in

vodja raziskovalnega projekta:

Univerza v Ljubljani, Biotehniška
fakulteta

Miha Humar

ŽIG

Kraj in datum:

Ljubljana	15.3.2014
-----------	-----------

Oznaka prijave: ARRS-CRP-ZP-2014-01/3

¹ Napišite povzetek raziskovalnega projekta (največ 3.000 znakov v slovenskem in angleškem jeziku). [Nazaj](#)

² Napišite kratko vsebinsko poročilo, kjer boste predstavili raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja, rezultate in učinke raziskovalnega projekta in njihovo uporabo ter sodelovanje s tujimi partnerji. Največ 12.000 znakov vključno s presledki (približno dve strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

³ Realizacija raziskovalne hipoteze. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

⁴ V primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa raziskovalnega projekta, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega projekta oziroma v primeru sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine v zadnjem letu izvajanja projekta, napišite obrazložitev. V primeru, da sprememb ni bilo, to navedite. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

⁵ Navedite znanstvene dosežke, ki so nastali v okviru tega projekta. Raziskovalni dosežek iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A" ali A'. [Nazaj](#)

⁶ Navedite družbeno-ekonomske dosežke, ki so nastali v okviru tega projekta. Družbeno-ekonomski rezultat iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A" ali A'.

Družbeno-ekonomski dosežek je po svoji strukturi drugačen kot znanstveni dosežek. Povzetek znanstvenega dosežka je praviloma povzetek bibliografske enote (članka, knjige), v kateri je dosežek objavljen.

Povzetek družbeno-ekonomskega dosežka praviloma ni povzetek bibliografske enote, ki ta dosežek dokumentira, ker je dosežek sklop več rezultatov raziskovanja, ki je lahko dokumentiran v različnih bibliografskih enotah. COBISS ID zato ni enoznačen izjemoma pa ga lahko tudi ni (npr. prehod mlajših sodelavcev v gospodarstvo na pomembnih raziskovalnih nalogah, ali ustanovitev podjetja kot rezultat projekta ... - v obeh primerih ni COBISS ID). [Nazaj](#)

⁷ Navedite rezultate raziskovalnega projekta iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 7 in 8 (npr. ni voden v sistemu COBISS). Največ 2.000 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)

⁸ Pomen raziskovalnih rezultatov za razvoj znanosti in za razvoj Slovenije bo objavljen na spletni strani:

<http://sicris.izum.si/> za posamezen projekt, ki je predmet poročanja. [Nazaj](#)

⁹ Največ 4.000 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)

¹⁰ Največ 4.000 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)

¹¹ Največ 500 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)

¹² Največ 500 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)

¹³ Največ 1.000 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)

¹⁴ Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega projekta v letu 2013 (največ 1000 znakov, vključno s presledki). Za dosežek pripravite diapozitiv, ki vsebuje sliko ali drugo slikovno gradivo v zvezi z izjemnim dosežkom (velikost pisave najmanj 16, približno pol strani) in opis izjemnega dosežka (velikost pisave 12, približno pol strani). Diapozitiv/-a priložite kot priponko/-i k temu poročilu.

Vzorec diapozitiva je objavljen na spletni strani ARRS <http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/>, predstavitev dosežkov za pretekla leta pa so objavljena na spletni strani <http://www.arrs.gov.si/sl/analize/dosez/> [Nazaj](#)

Obrazec: ARRS-CRP-ZP/2014-01 v1.00

BB-54-29-88-0F-E6-7E-47-2A-CC-5C-B5-66-BB-A0-49-83-F7-37-4F

**Vsebinsko poročilo projektu v okviru ciljnega
raziskovalnega programa (CRP) »ZAGOTOVIMO.SI
HRANO ZA JUTRI« 2011 – 2020«**

**Določitev ogljičnega odtisa primarnih lesnih
proizvodov (V4-1139)**

Poročilo pripravili: Črtomir Tavzes, Andreja Kutnar, Janez Krč, Mitja Piškur, Nike Krajnc in Miha Humar

Povzetek:

Gozdno-lesna proizvodna veriga se sooča s posledicami krize, upadom obsega gradbenih del, zmanjševanjem števila zaposlenih v lesni industriji in konkurenco tujih podjetij. Večja okoljska sprejemljivost lesnih izdelkov iz slovenskega lesa bi bila spodbuda za večjo prepoznavnost in konkurenčno prednost lesnih proizvodov iz domače surovine. Objektivna analiza okoljskih obremenitev, ki nastanejo med procesi v gozdarstvu, transportu in primarni predelavi, ter njihova alokacija omogoča primerljivost med posameznimi vrstami predelave najpomembnejših lesnih sortimentov.

Izračun ogljičnega odtisa slovenskega žaganega lesa iglavcev, vezane plošče ter pelet in primerjava z ogljičnim odtisom teh izdelkov, podanim v podatkovni bazi Ecoinvent (podatki pridobljeni v Nemčiji ali pa na ravni celotne Evropske unije), sta pokazala, da ima slovenski les zaradi specifične sečnje in izdelave, spravila in krajših transportnih razdalj, nižji ogljični odtis.

KAZALO VSEBINE

1.	Opis namena in ciljev raziskave.....	5
2.	Kratek povzetek ključnih ugotovitev iz literature;	7
2.1	Analiza LCA.....	7
2.2	Zgodovina LCA.....	8
2.3	Kaj je LCA?.....	10
2.3.1	Opredelitev cilja in obseg študije	14
2.3.2	Funkcionalna enota	15
2.3.3	Meje sistema	15
2.3.4	Stopnje obsega študije	16
2.3.5	Inventar življenjskega cikla (LCI).....	18
2.3.5.1	Razpoložljivost in kvaliteta podatkov	19
2.3.5.2	Metodologija inventarja	20
2.3.5.3	Vrednotenje rezultatov LCI	21
2.3.6	Vrednotenje vplivov (Life Cycle Impact Assessment – LCIA).....	21
2.3.6.1	Klasifikacija	22
2.3.6.2	Karakterizacija	22
2.3.6.3	Normalizacija	24
2.3.7	Interpretacija rezultatov	25
2.4	Prednosti LCA	25
2.5	Omejitve LCA	26
2.6	Mednarodni standardi - ISO.....	27
2.6.1	Prednosti mednarodnih standardov.....	28
2.6.1.1	ISO 14000	29
2.6.1.2	ISO 14025 Tip III:.....	30
2.6.1.3	Okoljska deklaracija (EPD)	31
2.6.1.4	Mednarodne okoljske deklaracije (International EPD)	32
2.6.1.4.1	Deklaracija klimatskih sprememb	34
2.6.1.4.2	Pravila za kategorijo proizvodov (PCR)	35
2.6.1.4.3	Popolna uvrstitev izdelka (Complete product classification – CPC)	35
2.6.1.4.4	Sestava dokumenta pravila kategorij proizvoda	36
2.7	Ogljični odtis	38
2.7.1	Oznake ogljičnega odtisa	41
3.	Uporabljena metoda dela.....	45
4.	Rezultati raziskave.....	47

4.1	Žagan les.....	47
4.2	Vezana plošča	55
4.3	Peleti.....	57
5.	Promocija.....	59
6.	Dodatne aktivnosti, ki niso bile predvidene v prijavi projekta	61
7.	Razprava, zaključki in priporočila naročniku	62

KAZALO SLIK

Slika 1:	Stopnje življenjskega cikla (EPA, 2013).	12
Slika 2:	Ključni koraki pri analizi življenjskega cikla (ISO 14040, 2006).	13
Slika 3:	Vzorčne stopnje življenjskega cikla (Life cycle assesment, 2006).....	18
Slika 4:	Koraki priprave PCR (ISO 14025, 2006).	37
Slika 5:	Meje sistema (pod črto) za izračun ogljičnega odtisa žaganega lesa iglavcev.....	47
Slika 6:	Prispevek posameznih virov emisij k ogljičnemu odtisu 1 m ³ slovenskega žaganega lesa iglavcev iz slovenskih gozdov.	49
Slika 7:	Meje sistema za izračun ogljičnega odtisa žaganega lesa sušenega v sušilnici.	53
Slika 8:	Shematični prikaz sledenja materialih tokov pri modeliranju zbranih podatkov za izračun ogljičnega odtisa 1.63 m ³ hlodovine iglavcev z vlažnostjo 70 % iz slovenskih gozdov.	54
Slika 9:	Shematični prikaz sledenja materialih tokov pri modeliranju zbranih podatkov za izračun ogljičnega odtisa 1 m ³ vezane plošče iz slovenskih proizvodnih obratov.....	57
Slika 10:	Shematični prikaz sledenja materialih tokov pri modeliranju zbranih podatkov za izračun ogljičnega odtisa 1 m ³ slovenskih pelet.	59

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1:	Emisijski faktorji toplogrednih plinov (IPCC, 2007).....	39
Preglednica 2:	Primerjava ogljičnega odtisa 1 m ³ slovenskega žaganega lesa iglavcev z vlažnostjo 70 % iz slovenskih gozdov (SLO) ter podatkovne baze	

Ecoinvent 2.0 (ECO) (viri emisij in prispevek virov emisij k celotnemu ogljičnemu odtisu).	48
Preglednica 3: Primerjava ogljičnega odtisa 1.63 m ³ hlodovine iglavcev z vlažnostjo 70 % iz slovenskih gozdov (SLO) ter podatkovne baze Ecoinvent 2.0 (ECO) (viri emisij in prispevek virov emisij k celotnemu ogljičnemu odtisu).	50
Preglednica 4: Primerjava ogljičnega odtisa 1 m ³ vezane plošče iz slovenskih proizvodnih obratov (SLO) ter iz podatkovne baze Ecoinvent 2.0 (ECO) (viri emisij in prispevek virov emisij k celotnemu ogljičnemu odtisu).	56
Preglednica 5: Primerjava ogljičnega odtisa 1 m ³ slovenskih pelet (SLO) ter podatkovne baze Ecoinvent 2.0 (ECO) (viri emisij in prispevek virov emisij k celotnemu ogljičnemu odtisu).	58

1. Opis namena in ciljev raziskave

V razvitem svetu, pa tudi v hitro razvijajočih se gospodarstvih tretjega sveta, se ljudje, torej potrošniki, vse bolj zavedajo problema podnebnih sprememb. Zato se pri nakupih vedno bolj odločajo za izdelke, ki niso le kvalitetni in poceni, ampak tudi okolju čim bolj prijazni. Tudi zakonodajalci vse bolj omejujejo škodljive vplive industrij na okolje, zato njihovo zmanjševanje postaja ključno vodilo pri razvoju podjetij in njihovih izdelkov ter tehnologij. Sproščanje CO₂ pa v ekologiji današnjega globaliziranega sveta in spremenjenih podnebnih razmerah pomeni pomembno grožnjo, nastalo ravno zaradi nekontroliranega izpusta CO₂ v ozračje, zaradi energetske ter snovno potratnih svetovnih industrij. Les je eden redkih naravnih obnovljivih materialov, ki zaradi specifične nastanka v procesu fotosinteze, iz ozračja veže CO₂. Les in leseni izdelki v času svoje celotne življenjske dobe tega plina tudi ne sproščajo v ozračje. Nasprotno, v njih je ogljik skladiščen (sekvestracija CO₂).

Les je v Sloveniji najpomembnejša naravno obnovljiva surovina. Lesna zaloga, je po podatkih Zavoda za gozdove Slovenije (ZGS) v letu 2011 znašala 334 mio m³. Letno v Sloveniji v gozdovih priraste 8,3 mio m³ lesa, dejansko pa jih posekamo 3,9 mio m³ (ZGS, 2012). Razlika v podanih številkah pove, da premalo izkoriščamo potencial naših gozdov. Povečati bi morali sečnjo in pospešiti predelavo lesa, vendar ne zaradi povečanja same sečnje. Šele predelava lesa in uporaba lesnih izdelkov prispeva k ohranitvi narave in pomeni naravi in človeku prijazno prihodnost, saj je les naravno obnovljiv in energetsko varčen material, ostanke pri njegovi predelavi in lesene izdelke, ki se jim je iztekla življenjska doba, pa lahko uporabimo za pridobivanje energije iz obnovljivega vira. Če ob povečanju poseka ne bi povečali tudi predelave dodatno posekanega lesa v izdelke z višjo možno vrednostjo, bi le še povečali ekonomsko neoptimalno izrabo naših gozdov in izgubili priložnost za dodano vrednost, ki jo les lahko nudi nacionalni ekonomiji skozi svojo vrednostno verigo (predelava, izraba ostankov). Žal se gozdno-lesna proizvodna veriga trenutno sooča s posledicami krize, upadom obsega gradbenih del, zmanjševanjem števila zaposlenih v lesni industriji in

konkurenco tujih podjetij. Rešitev trenutno neugodnega položaja slovenske lesne industrije in potreben ukrep za prodor in ohranitev njihove konkurenčnosti na svetovnem trgu je razvoj v smeri izdelkov z minimalnim okoljskim vplivom. Večja okoljska sprejemljivost lesnih izdelkov in uporaba slovenskega lesa bi bila lahko spodbuda za večjo prepoznavnost in konkurenčno prednost lesnih proizvodov iz domačega lesa.

Veriga dodane vrednosti od gozda do lesnih izdelkov in obnovljive energije lahko prispeva pomemben delež k trajnostnemu razvoju Slovenije preko trajnostne rabe pomembnega naravnega vira, ustvarjanja dodane vrednosti v zaključeni verigi, ohranjanja delovnih mest, regionalnega razvoja, prispevka k boju proti podnebnim spremembam z akumulacijo ogljika v gozdu in lesu, prispevka k ohranjanju biotske raznovrstnosti ter nadomeščanja fosilnih goriv in materialov z visokim ogljičnim odtisom. Slovenski gozd in les sta lahko visoko donosni blagovni znamki za znanje, kreativnost, kakovost in trajnost s celostno uporabo lesa v vsakdanjem življenju: "živeti z lesom", "graditi z lesom" in "zelena energija iz lesa". Izkoriščanje tega potenciala, z razvojem na znanju (svetovna odličnost) temelječih proizvodnih verig, bi pripomoglo k bistvenemu izboljšanju slovenskega gospodarstva in družbe v celoti, ter predstavljalo pomemben korak v prehodu Slovenije v nizkoogljično družbo. Tak razvoj bi bil tudi popolnoma skladen s štirimi »"Europe 2020" Flagship initiatives« (Innovation Union, A resource-efficient Europe, An industrial policy for the globalisation era in Agenda for new skills and jobs) in bi s tem pomagal Sloveniji k uresnitvi zavez, danih Evropski Komisiji, ter prihodnjih neizogibnih zahtev po trajnostnem razvoju.

V bazah podatkov, kot je Ecoinvent 2.0 (2010), so sicer dostopni podatki o emisijskih faktorjih različnih surovinskih virov in primarnih lesnih proizvodov, vendar so ti podatki v večini pridobljeni z izračuni na podlagi povprečnih podatkov iz obratov iz Švice, Nemčije in Združenih držav Amerike. Domnevamo, da je zaradi manjših transportnih razdalj in nizkih emisij pri pridobivanju lesa v Sloveniji verjetno ogljični odtis primarnih lesnih izdelkov nižji od konkurenčnih materialov in lesnih izdelkov iz uvoženega lesa (dolge transportne razdalje). Ta potencialna konkurenčna prednost slovenskih

podjetij v gozdno-lesni proizvodni verigi ni izkoriščena. Zato je še toliko bolj pomembno, da se slovenska gozdno lesna veriga pripravi na bodoče zahteve. V literaturi so objavljene številne analize LCA gospodarjenja z gozdom in primarnih lesnih proizvodov (Richter 2001, Petersen in Solberg 2005, Puettmann in Wilson 2005, Rivela in sod. 2006, Werner in Richter 2007, Tucker in sod. 2009, Cherubini in sod. 2009, Lindholm in sod. 2010, Neupane in sod. 2010, Oneil in sod. 2010, Puettmann in sod. 2010, Carre 2011, Cherubini in sod. 2011), vendar se nobena neposredno ne nanaša na slovenske lesne proizvode.

Raziskave, ki bi temeljile na mednarodni metodologiji analize življenjskega kroga (Life Cycle Assessment, LCA), so na področju različnih lesnih proizvodov iz lesa iz slovenskih gozdov redke. Objektivna analiza okoljskih obremenitev, ki nastanejo med procesi v gozdarstvu, transportu in primarni predelavi, ter njihova alokacija, bi omogočila primerljivost med posameznimi vrstami predelave gozdnih lesnih sortimentov. Zato smo raziskovalci iz Biotehniške fakultete UL, Gozdarskega inštituta Slovenije in inštituta ILTRA d. o. o. pripravili projekt »Določitev ogljičnega odtisa primarnih lesnih proizvodov«, za katerega smo pridobili financiranje na razpisu Ciljnega raziskovalnega programa (CRP) »Zagotovimo si hrano za jutri« v letu 2011. V projektu smo ovrednotili ogljični odtis primarnih lesnih proizvodov, ki so narejeni iz slovenskega lesa.

2. Kratek povzetek ključnih ugotovitev iz literature;

2.1 Analiza LCA

Analiza LCA je analitično orodje za sistematično objektivno vrednotenje vseh bistvenih vplivov, ki jih ima izdelek, storitev ali subjekt na okolje v svojem življenjskem ciklu. Z njo ovrednotimo vplive na okolje pri pridobivanju surovin (npr. sečnja) in proizvodnji polizdelkov ter porabo energije in emisije (v zrak in vodo) škodljivih snovi pri proizvodnji izdelka. Ovrednotimo tudi vpliv vseh vrst

transporta in odpadkov/stranskih produktov v celotnem življenjskem ciklu izdelka.

Od metodoloških začetkov LCA v osemdesetih letih prejšnjega stoletja do danes je bilo razvitih več metodologij, ki na različne načine klasificirajo, karakterizirajo in normalizirajo vplive na okolje. Najbolj pogoste metodologije, npr. CML 2 (2000), IPCC Greenhouse gas emissions, Ecopoints 97 in Eco-indicator 99 (PRé Consultants, 2010), se tako osredotočajo na naslednje skupine indikatorjev: acidifikacija, eutrofikacija, tanjšanje ozonske plasti, različni tipi ekotoksičnosti, onesnaženost zraka, uporaba virov in emisije toplogrednih plinov. Medtem ko je bil na začetku razvoja analize LCA velik poudarek na okoljskih problemih, kot so acidifikacija in nitrifikacija, so v zadnjih nekaj letih prevladujoča tema toplogredni plini. Emisije toplogrednih plinov, povezane z izdelkom, imenujemo tudi ogljični odtis (ang. Carbon Footprint) po količinsko najbolj pomembnem toplogrednem plinu – CO₂, ki služi kot osnovna enota. Podatki o ogljičnem odtisu postajajo v Evropi vse bolj zaželeni ali celo nujna informacija. V Franciji je na primer zakonsko sprejeto, da bodo morali proizvajalci in prodajalci z januarjem 2011 postopno označevati svoje izdelke z ogljičnim odtisom in drugim indikatorji LCA - zakonodaja v okviru *Grenelle de l'environnement* (das Gupta, 2009).

Za zagotavljanje primerljivosti in kakovosti študij LCA je Mednarodna organizacija za standardizacijo izdala skupino standardov ISO 14040 (2006), katerih najnovejša veljavna verzija nosi zaporedno številko ISO 14044 (2006).

2.2 Zgodovina LCA

Prve študije življenjskega cikla (Life Cycle Assessment, LCA) proizvodov so nastale v poznih šestdesetih in zgodnjih sedemdesetih letih dvajsetega stoletja (Jensen in sod., 1997). Poudarek raziskovalnih vprašanj je bil na energetske učinkovitosti, porabi surovin in odstranjevanju odpadkov. Leta 1969 je podjetje Coca Cola financiralo študijo, kjer so proučevali uporabo virov iz okolja, povezanih z nastalo embalažo pijače. Medtem so v Evropi razvili inventar, pozneje znan kot »Ecobalance« (Jensen in sod., 1997).

Od metodoloških začetkov LCA v osemdesetih letih prejšnjega stoletja do danes je bilo razvitih več metodologij, ki na različne načine klasificirajo, karakterizirajo in normalizirajo vplive na okolje. Medtem ko je bil na začetku razvoja analize LCA velik poudarek na okoljskih vplivih zaradi porabe energije višja prioriteta, so v zadnjih letih prevladujoča tema odpadki in emisije. Po naftni krizi, leta 1973, je prioriteta porabe energije upadla, zanimanje za LCA pa se je nadaljevalo. Hiter porast zanimanja se je začel v začetku devetdesetih let, predvsem za proizvode, in sicer »od zibelke do groba« (Jensen in sod., 1997).

Zaradi zaskrbljenosti glede neustrezne uporabe LCA, so v ZDA prepovedali uporabo rezultatov LCA analiz za promocijo izdelkov, saj takrat še niso bile razvite enotne metode za ocenjevanje in interpretacijo rezultatov (Life cycle assesment, 2006). Za zagotavljanje primerljivosti in kakovosti študij LCA je Mednarodna organizacija za standardizacijo izdala skupino standardov ISO 14040 (2006). V standardu z zaporedno številko ISO 14044 (2006) so opredeljene zahteve in podana navodila, kako izdelati analizo LCA.

Na konferenci Združenih narodov o okolju in razvoju, leta 1992 v Rio de Janeiro so bili skupnega mnenja, da je metodologija življenjskega cikla najbolj obetavno novo orodje za vrednotenje vplivov na okolje. Prišlo je do razvoja programske opreme in posledično do širše uporabe LCA. Kljub temu še danes ostajajo številne težave, ki so odvisne od stroke same, kot so kompleksnost številnih metodologij in procesov, visoki stroški in dolgoročne časovne lestvice, pomanjkanje mednarodnih standardov in težko preverljiva kakovost uporabljenih podatkov (Jensen in sod., 1997).

Osupljivo je, da je velik delež interesa za računanje vplivov na okolje prišlo prav iz industrijskih sektorjev. Rezultati analize igrajo ključno vlogo pri odločitvah glede naročil, zaradi konkurenčnosti podjetij. O analizi so razpravljali strokovnjaki za zaprtimi vrati in v laboratorijih za raziskave ter razvoj, z malo mnenja javnosti in posvetovanja. Vendar se je trend spremenil,

pokazala se je velika potreba po komuniciranju z javnostjo o disciplini in posledicah za prihodnost (Jensen in sod., 1997).

Tako sta leta 2002 Program Združenih narodov za okolje (United Nations Environmental Programme - UNEP) in Društvo za okoljsko toksikologijo in kemijo (Society of Environmental Toxicology and Chemistry – SETAC) združila moči in sprožila pobudo za analizo življenjskega cikla z mednarodnim partnerstvom. Izboljšala so se ustrezna orodja s pomočjo boljših podatkov in kazalnikov (Life cycle assesment, 2006).

2.3 Kaj je LCA?

Analiza življenjskega cikla je analitično orodje za sistematično objektivno vrednotenje vseh bistvenih vplivov, ki jih ima izdelek, storitev ali subjekt na okolje v svojem življenjskem ciklu. Namen analize LCA je optimizirati dizajn, proizvodne in tržne postopke ter izbiro materiala tako, da so poraba energije, vode in drugih virov ter emisije škodljivih snovi v okolje čim manjši (ISO 14040, 2006). LCA je metodologija, ki to presoja na celovit in pregleden način na podlagi dejstev in strokovnega znanja.

LCA je orodje za analizo obremenitev okolja proizvodov v vseh fazah njihovega življenjskega cikla - pridobivanje sredstev, proizvodnja surovin, deli in uporaba izdelka, upravljanje in odstranjevanje odsluženih izdelkov z recikliranjem oz. ponovno uporabo materialov ali odlaganjem na odpad (od zibelke do groba) (Guinée, 2002).

V LCA analizi poznamo več različic, slednje so najpogostejše (DuPont Packaging Graphics, 2008):

- *Od zibelke do groba (ang. Cradle-to-grave)*: je analiza, ki spremlja proizvodnjo izdelka od začetka nastanka do konca njegove življenjske dobe.
- *Od zibelke do izhoda (ang. Cradle-to-gate)*: je analiza delnega življenjskega cikla od proizvodnje (»zibelke«) do vrat tovarne, preden

pride do uporabnika ali potrošnika. Pogosto so osnova za okoljske deklaracije proizvoda.

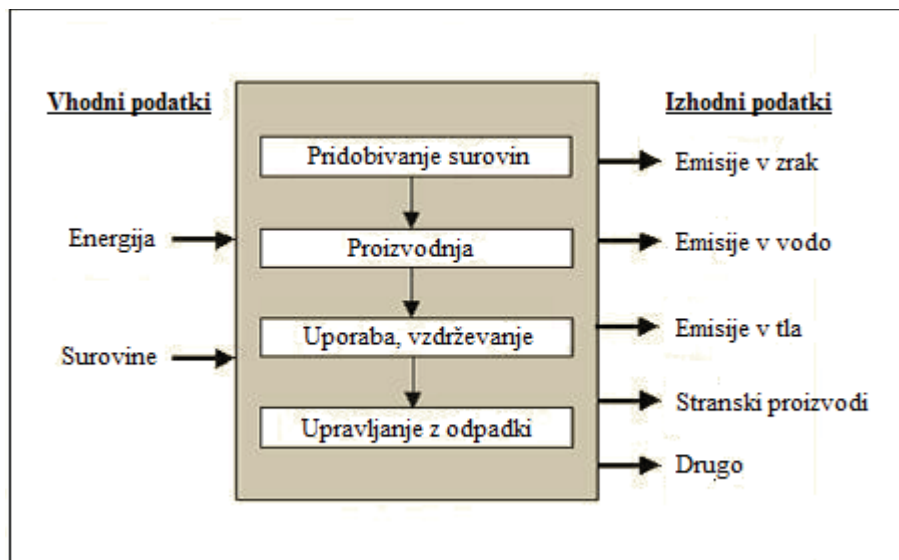
- *Od zibelke do zibelke (ang. Cradle-to-cradle)*: je oblikovana analiza, ki se zavzema za odpravo odpadkov z recikliranjem materiala, namesto odlaganja. Je metoda za zmanjševanje vpliva izdelkov na okolje z uporabo trajnostne proizvodnje, delovanja in načini odstranjevanja.

Analiza življenjskega cikla »od zibelke do groba« je pristop za ocenjevanje industrijskih sistemov. Vse faze v življenjskem ciklu izdelka so soodvisne, kar pomeni, da ena operacija vodi k naslednji. Omogoča oceno kumulativnih vplivov na okolje, ki izhajajo iz vseh faz, vključno s posledicami, ki jih tradicionalne analize ne upoštevajo (npr. pridobivanje surovin, prevoz materiala, odstranitev izdelka, itd.). Analiza LCA zagotavlja celovit pregled nad okoljskimi vidiki izdelka ali procesa, z vključitvijo omenjenih vplivov v celotnem življenjskem ciklu proizvoda (Life cycle assesment, 2006).

Izraz »življenjski cikel« se nanaša na glavne dejavnosti; od njegove izdelave, uporabe in vzdrževanja, do končnega odlaganja, vključno s surovinami potrebnimi za izdelavo izdelka (Principles and practice, 2006). Možne stopnje življenjskega cikla, ki jih vključuje analiza LCA ter značilni vhodi in izhodi obravnavanega sistema so predstavljene na Slika 1.

Glavne vloge analize LCA so (Guinée, 2002):

- analiza izvora težav, povezanih z določenim proizvodom;
- primerjava različnih verzij proizvoda;
- oblikovanje novih proizvodov;
- številčnejša izbira med proizvodi.



Slika 1: Stopnje življenjskega cikla (EPA, 2013).

Obremenitev okolja zajema vse vplive na okolje, vključno emisije nevarnih snovi, pridobivanje različnih vrst virov ter rabe različnih vrst zemljišč. Izraz proizvod oz. izdelek analize je uporabljen v najširšem pomenu besede. Vključuje materialne dobrine, kot tudi storitve na operativni in strateški ravni. V primerjalnih študijah analize se ne primerja izdelek, ki tvori osnovo za primerjavo, ampak funkcija izdelka (Guinée, 2002).

Skladno s standardom ISO 14040 (2006), analiza zajema štiri korake življenjskega cikla (Life cycle assesment, 2006) (Slika 2):

1. *Opredelitev cilja in obsega študije* - Definicija in opis izdelka, procesa ali dejavnosti. Določijo se meje sistema oz. obseg študije ter vplivi na okolje, katere želimo ovrednotiti. Opredeli se tudi funkcionalna enota, na katere so preračunajo okoljski vplivi.
2. *Pridobivanje podatkov (inventar)* – Zberejo se dve skupini podatkov. Kvalitativni podatki o uporabljenih materialih, porabljeni energiji itd. in emisijski faktorji, povezani z uporabljenimi materiali in energetske potrebe.
3. *Modeliranje* - Modeliranje pomeni grupiranje podatkov (npr. material / proces x njegov emisijski faktor) za vsako stopnjo in podstopnjo. Ker je podatkov ponavadi zelo veliko in je potrebno v vsakem koraku zagotavljati masno bilanco materialov, se

modeli oblikujejo v obliki podsistemov in mrež. Uporaba napredne programske opreme omogoča poenostavljeno natančno sledenje vsem materialnim tokovom skozi življenjski cikel ter dosledno klasifikacijo in kategorizacijo podatkov - Oceniti moramo morebitne človeške in ekološke učinke uporabe energije, vode in surovin, ki so opredeljeni v analizi inventarja.

4. *Interpretacija rezultatov* - Ovrednotenje rezultatov analize, s katerimi pridobimo informacijo o želenem izdelku, procesu ali dejavnosti.



Slika 2: Ključni koraki pri analizi življenjskega cikla (ISO 14040, 2006).

Analiza LCA zajema procese, ki se začnejo s pridobivanjem surovin in proizvodnjo energije, ki se uporabljajo pri izdelavi, ter vse do konca življenjskega cikla izdelka. Kadar imamo dve ali več alternativ, takrat LCA lahko pomaga pri odločanju ustrežnejšega izdelka, procesa ali storitve (Life cycle assesment, 2006).

2.3.1 Opredelitev cilja in obseg študije

Opredelitev cilja in obseg študije je prva korak analize LCA. Določi se delovni načrt analize LCA. Cilj raziskave je oblikovan tako, da je določena ciljna skupina, predvidena uporaba rezultatov in natančno vprašanje raziskave. Obseg študije je opredeljen na časovno, geografsko in tehnološko pokritost ter na stopnjo razvitosti študije v skladu z njenim ciljem. Izdelki ali procesi so opisani kot funkcija, funkcionalna enota ali referenčni tokovi (Guinée, 2002).

ISO 14044 (2006) navaja, da je pri opredelitvi cilja pomembno, da je določena vloga in da so znani razlogi za izvedbo študije. Potrebno je predvideti ciljno skupino, katerim želimo posredovati rezultate študije in kateri rezultati so namenjeni širši javnosti.

Ko določamo obseg LCA, morajo biti naslednje postavke jasno opisane (ISO 14044, 2006):

- Sistem proizvoda
- Funkcija sistema proizvoda, v primeru primerjalnih študij - sistemi
- Funkcionalna enota
- Meje sistema
- Postopki dodeljevanja
- Metodologija vrednotenja vplivov in vrsta vplivov
- Interpretacija in predpostavke
- Omejitve
- Zahteve kakovosti podatkov
- Kritični pogled, če obstaja
- Vrsta in format poročila

Guinée (2002) omenja, da rezultati cilja in obseg študije sestavljajo jasno specifikacijo cilja študije, funkcionalne enote in referenčnih tokov. Obseg študije vodi odločitve v naslednjih fazah. Ti rezultati predstavljajo input za naslednjo fazo LCA, določitev inventarja življenjskega cikla.

2.3.2 Funkcionalna enota

Funkcionalna enota opisuje primarno funkcijo sistema izdelka. Omogoča, da se različni sistemi obravnavajo kot enakovredni. Funkcije morajo biti opredeljene čim bolj na končno uporabo izdelka, odvisno od cilja in obsega študije, standardov ali priporočene uporabe referenčnih tokov. Velikost funkcionalne enote izberemo poljubno glede na izdelek. (Guinée, 2002). Funkcionalna enota mora biti skladna s ciljem in obsegom študije. Eden glavnih namenov funkcionalne enote je zagotovitev normaliziranih vhodnih in izhodnih podatkov v matematičnem smislu. Enota mora biti jasno opredeljena in merljiva. Sisteme primerjamo na podlagi iste funkcije ali iste funkcionalne enote v obliki referenčnih tokov. Moramo potrebno in ustrezno pojasniti ter dokumentirati, če se dodatne funkcije katerega koli sistema ne upoštevajo pri primerjavi ostalih funkcionalnih enot. Kot alternativa se lahko sistemu dodajo meje drugega sistema, da bi bili sistemi bolj primerljivi med seboj. V takšnih primerih je potrebno izbrane postopke pojasniti in dokumentirati (ISO 14044, 2006).

2.3.3 Meje sistema

Meje sistema določijo, katere enote procesa se vključujejo v analizo življenjskega cikla. Določimo jih v skladu s ciljem študije. Izbris faze v ciklu, procesov, vhodnih in izhodnih podatkov je dovoljena le, če se zaključek študije bistveno ne spremeni. Vsaka odločitev glede opustitve faze življenjskega cikla se jasno navede, ter doda razloge in morebitne posledice (ISO 14044, 2006).

Meje prvotnega sistema določajo postopke o enotah, ki bodo vključene v oblikovan sistem. V idealnem primeru mora sistem biti oblikovan na takšen način, da so vhodi in izhodi na meji z osnovnimi tokovi. Vendar iz praktičnega vidika, običajno ni nikoli dovolj časa, podatkov ali virov za izvedbo obsežne študije (Jensen in sod., 1997).

Potrebna sredstva ni potrebno porabiti za izmero manjših in zamerljivih vhodnih ter izhodnih podatkov, ki ne bi bistveno spremenili splošne ugotovitve študije. Določiti je potrebno kateri izpusti bodo podrobno opisani v analizi. Pravila, ki odločajo pri izbiri vhodnih in izhodnih podatkov, morajo biti jasno opisana. Vsako opustitev procesa, cikla ali podatkov je potrebo jasno navesti in utemeljiti. Stopnja zaupanja je edino merilo pri odločanju sistemskih mej, pri kateri niso ogroženi rezultati študije (Jensen in sod., 1997).

2.3.4 Stopnje obsega študije

Program Združenih narodov za okolje (UNEP) in Društvo za okoljsko toksikologijo in kemijo (SETAC) sta metodi življenjskega cikla dodelila štiri glavne faze oz. stopnje (Life cycle assesment, 2006), ki jih prikazuje Slika 3:

- Pridobivanje surovin
- Proizvodnja
- Uporaba, vzdrževanje
- Recikliranje, upravljanje z odpadki

Pridobivanje surovin:

Življenjski cikel izdelka se začne s pridobivanjem surovin. V tej fazi je vključen tudi transport surovin iz ene na drugo točko prevzema (Life cycle assesment, 2006).

Proizvodnja:

V fazi proizvodnje se surovine preoblikujejo v izdelek ali embalažo. Končni izdelek se nato dobavi potrošniku. Faza proizvodnje je sestavljena iz treh korakov: izdelava materialov, izdelava izdelka oz. proizvoda ter polnjenje, embalaža in distribucija (Life cycle assesment, 2006).

Pri izdelavi materialov so v proizvodnjo vključene aktivnosti, ki pretvarjajo surovine v obliko končnega izdelka. Izdelava izdelka je korak, kjer se dokončajo procesi ter proizvede gradivo za izdelek, ki je pripravljen, da se napolni ali spakira. Pri polnjenju, embalaži in distribuciji se izdelek pripravi na

pošiljko. Ta korak vsebuje vse proizvodne in transportne dejavnosti, ki so potrebne za distribucijo končnega izdelka. Izdelki so pripeljeni v trgovine ali neposredno k potrošniku. Ta faza vsebuje vplive na okolje s transportom, predvsem z ladjami in tovornjaki (Life cycle assesment, 2006).

Uporaba, vzdrževanje:

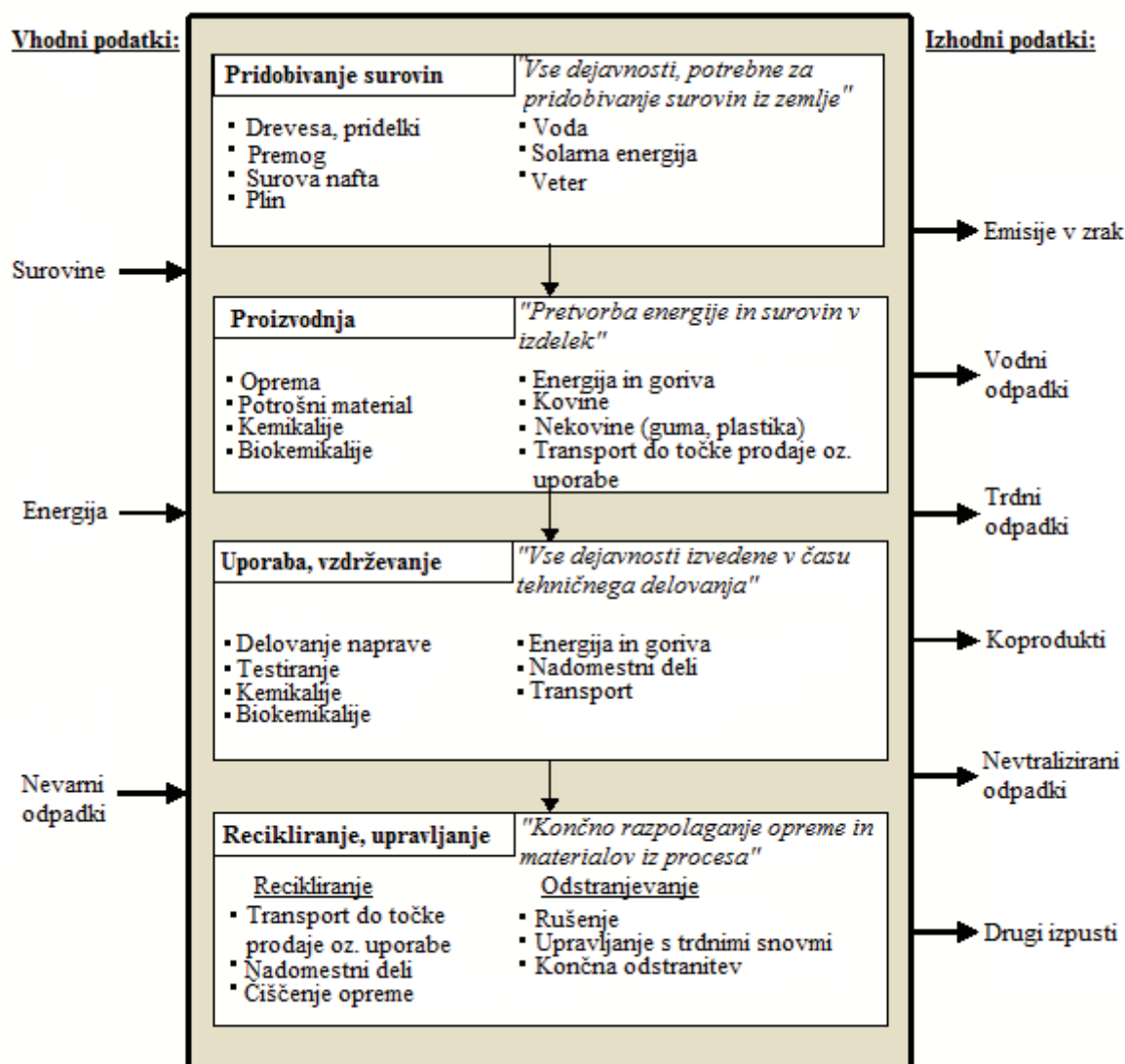
Ta faza vključuje dejanske rabe potrošnikov, ponovno uporabo in vzdrževanje proizvoda. Ko je izdelek dodeljen potrošniku, so vse dejavnosti, povezane z življenjsko dobo proizvoda vključene v tej fazi. Vključuje zahteve po energiji in okoljske odpadke. Če proizvod potrebuje obnovo, se ga popravi, da lahko ohrani svojo zmogljivost. Ko potrošnik ne potrebuje več določenega proizvoda, se izdelek reciklira ali odstrani (Life cycle assesment, 2006).

Recikliranje in upravljanje z odpadki:

Faza recikliranja in upravljanja z odpadki vključuje energetske zahteve in okoljske odpadke, povezane z dispozicijo izdelka ali materiala (Life cycle assesment, 2006).

Vsak korak v življenjskem ciklu izdelka, embalaže ali materiala, je mogoče razvrstiti v samo eno od teh faz življenjskega cikla. Proces ali korak je mogoče gledati kot podsistem celotnega sistema izdelka. To omogoča zbiranje podatkov za popis sistema kot celote.

Pri stopnji obsega študije je odvisno katero različico LCA analize povzamemo. Če obravnavamo »od zibelke do izhoda«, nas zanima pridobivanje surovin in proizvodnja. Pri različici »od zibelke do groba« potrebujemo tri glavne faze: pridobivanje surovin, proizvodnja in uporaba ter vzdrževanje. »Od zibelke do zibelke« potrebujemo vse štiri glavne faze.



Slika 3: Vzorčne stopnje življenjskega cikla (Life cycle assesment, 2006)

2.3.5 Inventar življenjskega cikla (LCI)

Inventar življenjskega cikla je faza, v kateri se zbirajo vsi pomembni podatki. Je postopek, ki vključuje energijo, surovine, emisije v zraku ter vodi, trde odpadke in ostale vplive za celoten življenjski cikel izdelka, dejavnosti ali procesa. Brez LCI nimamo podlage za vrednotenje primerljivih okoljskih vplivov ali možnih izboljšav. Natančnost in podrobnost podatkov se odraža skozi ostale korake analize LCA (Life cycle assesment, 2006).

Analiza inventarja življenjskega cikla se lahko uporablja na različne načine. Različne organizacije lahko pomagajo pri primerjavi izdelkov ali procesov, ob

upoštevanju okoljskih dejavnikov pri izbiri materiala. Podatki iz inventarja se lahko uporabljajo pri oblikovanju političnih namenov, s pomočjo zastavljenih pravih glede rabe virov in okoljskih emisij. Kot rezultat analize se izdelata seznam, ki vključuje onesnaževala, izpuščena v okolje in količino energije ter porabljen material. Rezultate je mogoče deliti s stopnjo življenjskega cikla, mediji (zrak, voda in zemlja) ali posebnimi procesi (Life cycle assesment, 2006).

2.3.5.1 Razpoložljivost in kvaliteta podatkov

Razpoložljivost in kvaliteta podatkov se zelo razlikuje, saj je analiza LCA po svetu na različnih stopnjah napredka. Delavci v industriji, vladne in raziskovalne ustanove ter svetovalne pisarne se trenutno zanašajo predvsem na podatkovne baze, ki so jih ustvarili zasebni ali akademski razvijalci baz. Trenutno je pomanjkanje dostopa do splošnih, javno dostopnih baz podatkov (Udo de Haes in sod., 2005). Portali za dostop do podatkovnih baz bi morali biti zasnovani tako, da bi dopolnjevali, krepili in bogatili pomembne podatkovne baze, ob istem času pa se izognili podvajanju svojih izsledkov.

V Evropi in tudi v državah, kot sta Nemčija in Švica, ki sta bili aktivni v razvoju podatkovnih baz za inventar, je trenutni izziv povezovanje in zagotavljanje primerljivosti in izmenljivosti različnih baz inventarja. Da bi bili najboljše podatki javno dostopni, je potrebno spremljati proces integracije, zagotavljati kakovost, ki vodi do nenehnega izboljševanja kakovosti podatkov, od katerih je odvisno zanesljivost rezultatov. Na primer v Nemčiji se predhodna študija imenuje »Nadzor kakovosti in razpoložljivost podatkov o življenjskem ciklu za praktično uporabo«. V tej študiji je uveljavljen dolgoročni splošni koncept za usmerjenje podatkov življenjskega cikla s pomočjo zunanjih strokovnjakov (Udo de Haes in sod., 2005).

Obstaja večje število zbirk podatkov za LCA analizo, ki temeljijo na input – output analizah (IOA) (Udo de Haes in sod., 2005). Široka paleta podatkov inventarja prinaša kakovost, obliko in načrtovanje. Pomanjkanje doslednosti in preglednosti otežuje preverjanje in dokumentiranje podatkovnih baz.

2.3.5.2 Metodologija inventarja

Mednarodni standardi, kot je ISO, so priskrbeli vodilna načela, ki se uporabljajo pri analizi življenjskega cikla, vključno z vprašanji v fazi inventarja. V nekaterih primerih standardi dajejo posebne smernice in pravila, ki jih je potrebno upoštevati. Vendar na mnogih drugih področjih, so ti standardi dvoumni. To omogoča široko paleto metod, pristopov in aplikacij (Udo de Haes in sod., 2005). Mnogim metodam primanjkuje preglednosti na več ključnih metodoloških vprašanjih, kar otežuje primerjavo z drugimi metodami. Izboljšana preglednost bi pozitivno vplivala na skladnost in doslednost inventarja in tako vodila k razvoju boljših metod.

Pomemben del analize inventarja je definicija meje sistema. Meje sistema so oblikovane na podlagi obsega študije in na začetnem zbiranju podatkov. Na rezultate analize inventarja lahko bistveno vplivamo z opredelitvijo mej sistema. Razlikujemo tri vrste mej v LCI (Udo de Haes in sod., 2005):

- Meje med sistemom in okoljem
- Meje med sistemom v okviru študije in drugih sorodnih sistemov
- Meje med pomembnimi in nepomembnimi procesi

Prva vrsta sistemskih mej oblikuje okoljske in ekonomske procese, ki so bodisi vključeni bodisi izključeni. Zelo pomembno je, da so meje jasno opisane, saj lahko bistveno vplivajo na rezultate študije (Udo de Haes in sod., 2005).

Druga vrsta sistemskih mej se nanaša na to, kako je obremenitev okolja dodeljen v »večnamenske procese«. Številni procesi proizvedejo več različnih izdelkov, ki so posledica koprodukcije, recikliranja ali predelave odpadkov. Takšni postopki se imenujejo »večnamenski postopki«, npr. rafinerija nafte. Emisije in viri ekstrahiranih takšnih postopkov morajo biti ustrezno porazdeljeni ali dodeljeni v različne funkcije, ki tak postopek zagotavljajo. To je odvisno od meje, ali so vsi izdelki v določenem postopku vključeni v analizo, ali samo eden. Dodelitev lahko temelji na masi, komercialni vrednosti, vsebnosti energije ali podobni lastnosti izdelka (Udo de Haes in sod., 2005).

Tretja vrsta mej sistema se nanaša na odstranitev procesov, ki so znotraj določenih mej, iz analize inventarja. Procesi se odstranijo zaradi dveh razlogov: zaradi poenostavitve; procesi, ki ne predstavljajo velik del denarnega toka oz. imajo zamerljive posledice za okolje, ali zaradi pomanjkanja dostopnosti podatkov (Udo de Haes in sod., 2005).

Poleg LCA analize metod in orodij, kot so te tri meje sistema, so na voljo tudi smernice. Nekatere od njih so visoke kakovosti in zagotavljajo podrobne informacije, vendar večina smernic temelji na posameznih skupinah, državah ali regijah. Uporaba teh virov je omejena na mednarodni ravni (Udo de Haes in sod., 2005).

2.3.5.3 *Vrednotenje rezultatov LCI*

Pri pisanju poročila končnih rezultatov življenjskega cikla inventarja je pomembno, da natančno opišemo metodologijo za analizo. Poročilo mora jasno opredeliti in analizirati meje, ki so določene. Vse predpostavke pri izvedbi popisa je potrebno jasno razložiti. Študije inventarja ustvarjajo veliko informacij, ki so pogosto raznolike narave. Analitik mora izbrati obliko predstavitve in vsebino, ki je skladna z namenom analize in ne sme samovoljno poenostavljati informacije. Koristno je opredeliti različne kritične poglede, ki izhajajo iz podatkov inventarja (Life cycle assesment, 2006). Rezultate je najbolj smiselno in razumljivo predstaviti v obliki tabele. Izbira tabele se razlikuje glede na cilj in obseg študije.

2.3.6 *Vrednotenje vplivov (Life Cycle Impact Assessment – LCIA)*

Vrednotenje vplivov je tretja faza, v kateri se nadaljuje obdelava in interpretiranje nizov rezultatov inventarja (predvsem tabele) okoljskih vplivov in družbenih preferenc. V ta namen so opredeljeni sezname vplivov ter izbrani modeli, ki se nanašajo na okoljske intervencije s primernimi kazalniki različnih kategorij. Dejanski rezultati so modelirani v karakterizaciji, pri neobvezni normalizaciji pa se izračuna delež rezultatov modela na svetovni ali regionalni stopnji (Guinée, 2002).

Naslednji koraki so sestavni del analize vrednotenja vplivov (Life cycle assesment, 2006):

- *Izbor in opredelitev kategorij vplivov* – opredelitev ustreznih kategorij vplivov na okolje (npr. globalno segrevanje, toksičnost)
- *Klasifikacija* – razvrstitev rezultatov iz inventarja v kategorije vplivov (npr. razvrščanje emisij ogljikovega dioksida na globalno segrevanje)
- *Karakterizacija* – modeliranje vplivov znotraj kategorij z uporabo znanstveno utemeljenih faktorjev
- *Normalizacija* – izražanje možnih vplivov na način, ki je primeren za primerjavo (npr. primerjava vplivov ogljikovega dioksida in metana na globalno segrevanje)
- *Združevanje* – sortiranje ali razvrstitev kazalnikov
- *Ocenjevanje in poročanje rezultatov LCIA*

2.3.6.1 *Klasifikacija*

Glavni namen klasifikacije je organizirati in razvrstiti rezultate iz faze inventarja v fazo vrednotenja vplivov. Kadar ima inventar življenjskega cikla samo eno kategorijo vplivov, je postopek enoličen. Tak primer so emisije ogljikovega dioksida, ki se dodelijo v kategorijo globalnega segrevanja. Če obstaja več različnih vplivov, je potrebno razvrščati po pravilu za razvrstitev. Po ISO standardu obstajata dva načina (Life cycle assesment, 2006):

- Delež rezultatov inventarja se razvrsti v posamezne kategorije vplivov (na katere imajo vpliv). Izvaja se takrat, ko so učinki medsebojno odvisni.
- Celoten del rezultatov inventarja se razvrsti vsem kategorijam vplivov. Izvaja se takrat, ko so učinki medsebojni neodvisni.

2.3.6.2 *Karakterizacija*

Pri karakterizaciji se uporabljajo znanstveno utemeljeni oz. karakterizacijski faktorji. Z njimi neposredno primerjamo rezultate inventarja znotraj posamezne kategorije, jih preoblikujemo in sortiramo v ustrezne kazalnike

vplivov na naravo in človekovo zdravje. Med drugimi nam karakterizacija omogoča primerjave vplivov na ekotoksičnost zemlje med kromom, svincem in cinkom (Life cycle assesment, 2006).

Uporaba rezultatov kazalcev za določen cilj in obseg je odvisna od natančnosti, veljavnosti in karakterizacijskih dejavnikov (ISO 14044, 2006). Izračun karakterizacije vključuje konverzijo rezultatov inventarja, ki je sestavljena iz pretvorjenih rezultatov znotraj iste kategorije vpliva. Pri pretvorbi se uporabljajo karakterizacijski faktorji, ki podajo izračun v numerični obliki. Način računanja se mora opredeliti in dokumentirati, vključno z izbirno vrednostjo in predpostavkami. Če rezultati iz druge faze niso na voljo ali niso dovolj kakovostni za doseg cilja in obsega študije v LCIA, se morajo slednjemu prilagoditi. Razlike v kakovosti kategorij kazalnikov lahko vplivajo na splošno natančnost analize življenjskega cikla, predvsem zaradi razlik v kompleksnosti okoljskih mehanizmov med mejami sistema in kategorijami, med prostorskimi in časovnimi značilnostmi (npr.: obstojnost snovi v okolju) in v odzivu karakterizacije (ISO 14044, 2006).

Določene so različne vrste kategorij vplivov, ki se delijo na globalne, krajevne in lokalne vplive (Life cycle assesment, 2006):

- Globalni vplivi:
 - *Globalno segrevanje* – taljenje ledenikov, izguba vlažnosti zemlje, izguba gozdov, spremembe v obnašanju vetrov in morja
 - *Tanjšanje ozonske plasti* – povečano ultravijolično sevanje
 - *Izraba neobnovljivih virov surovin* – zmanjšanje virov za prihodnje generacije
- Krajevni vplivi
 - *Fotokemični smog* – draženje oči, vnetje dihal, zmanjšana vidljivost, negativni vpliv na vegetacijo
 - *Zakisovanje* – vpliv na tla in vegetacijo, povzročanje korozije, zakisovanje vode
- Lokalni vplivi
 - *Človeško zdravje* – povečana umrljivost in bolezni

- *Toksičnost zemlje* – zmanjšanje biotske raznovrstnosti, upad številčnosti prostoživečih živali za lov in opazovanje
- *Toksičnost vode* – zmanjšanje vodnih rastlin, manjša raznovrstnost insektov, zmanjšanje komercialnega in rekreacijskega ribolova
- *Evtrofikacija* – vnos hranil (fosfor in dušik) v vodo, kar povzroča prekomerno rast rastlin in izčrpanje kisika
- *Raba zemljišč* – izguba habitatov za prostoživeče živali, zmanjšanje deponijskega prostora
- *Uporaba vode* – izguba razpoložljivosti vode iz podzemnih in površinskih vodnih virov

2.3.6.3 Normalizacija

Normalizacija je orodje LCIA, ki služi za pretvorbo podatkov kazalnikov vplivov v takšno obliko, da lahko medsebojno primerjamo kategorije vplivov. Rezultati se normalizirajo z izbrano referenčno vrednostjo. Obstaja več različnih načinov metod za določitev referenčne vrednosti (Life cycle assesment, 2006):

- Skupne emisije in izraba virov za določeno območje (globalno, krajevno, lokalno)
- Skupne emisije in izraba virov na določenem območju glede na prebivalca
- Koeficient dveh alternativ (npr. izhodiščnih alternativ)
- Najvišja vrednost med vsemi možnostmi

Na izbiro ustrezne referenčne vrednosti lahko vpliva zastavljen cilj in obseg LCA. Potrebno je upoštevati, da lahko normirane podatke primerjamo le znotraj kategorij vplivov. Na primer, učinke zakisljevanja ne moremo neposredno primerjati s toksičnostjo vode, saj so karakterizacijski faktorji izračunani na podlagi različnih znanstvenih metod (Life cycle assesment, 2006).

2.3.7 Interpretacija rezultatov

Zadnji del analize življenjskega cikla je interpretacija rezultatov in predstavlja zaključek celotnega dela. Je faza, kjer so zbrani vsi rezultati in predpostavke predhodnih faz, ki so se ustvarili v času analize. Glavni elementi interpretacije so: vrednotenje rezultatov (v smislu doslednosti in popolnosti), analiza rezultatov ter oblikovanje sklepov oz. zaključkov in poročil (Guinée, 2002).

Med izvajanjem faze inventarja in faze vrednotenja vplivov je potrebno narediti predpostavke in odločitve, ki temeljijo na vrednotah ljudi, ki so zainteresirani za rezultate analize. Vsaka odločitev mora biti vidna v končnih rezultatih in jasno pojasnjena v zaključku poročila. V nekaterih primerih lahko pride do negotovosti rezultatov, saj ni mogoče ugotoviti katera alternativa je boljša. Vendar analiza življenjskega cikla daje informacije, s katerimi pridobimo boljše razumevanje obsega vplivov na okolje in zdravje ljudi, na lokalni, krajevni ali globalni ravni (Life cycle assesment, 2006).

2.4 Prednosti LCA

S pomočjo LCA lahko izberemo izdelek, proces ali dejavnost, ki ima najmanjši vpliv na okolje. Metoda opredeljuje prenos okoljskih vplivov med sredstvi in/ali obdobju življenjskega cikla. Z analizo lahko analitiki pridobijo sistematično vrednotenje okoljskih posledic, povezanih z določenim proizvodom. Prav tako lahko analiziramo kompromisne okoljske rešitve, z enim ali več izbranimi specifičnimi izdelki ali procesi (Life cycle assesment, 2006).

V posamezni stopnji življenjskega cikla ocenimo okoljske vplive pri izpustih emisij v zrak, vodo ter tla in tako lahko ocenimo ekološke in človeške učinke pri porabi materialov in okoljskih izpustov na lokalno skupnost, regijo ali svet. Kadar imamo dva ali več konkurenčnih izdelkov, lahko s primerjavo vplivov na okolje in človekovo zdravje, prepoznamo vplive ter postopke posameznega izdelka ali procesa (Life cycle assesment, 2006).

LCA lahko ima koristno vlogo pri upravljanju z izdelki v javni ali zasebni lasti. Lahko vključuje primerjavo okoljskih vplivov med obstoječimi izdelki ali novo nastalimi izdelki, ter vključuje primerjavo s prototipi (Guinée, 2002).

2.5 Omejitve LCA

Za analizo življenjskega cikla je značilen celosten značaj, ki je hkrati velika prednost, a hkrati omejitev. Široko področje analiziranja celotnega življenjskega cikla izdelka povzroči poenostavitve nekaterih drugih vidikov (Guinée, 2002). Osredotoča se na fizične značilnosti industrijskih dejavnosti in druge ekonomske procese, ne vključuje pa tržnih mehanizmov ali sekundarnih učinkov tehnološkega razvoja. Temelji na linearnem modeliranju (Guinée, 2002).

Okoljski vplivi so pogosto opisani kot »možni vplivi«, saj ti niso določeni v času in prostoru, ampak so povezani z določeno funkcionalno enoto. Pomembno vlogo imajo standardi ISO, ki preprečijo samovoljnost pri interpretiranju. Cilj je, da se poveča preglednost pri predpostavkah izračuna (Guinée, 2002).

Dodatne omejitve se lahko skrivajo v razpoložljivosti podatkov. Podatkovne baze, ki jih razvijajo v različnih državah so lahko drugačno oblikovane. V praksi so podatki pogosto zastareli, neprimerljivi ali neznane kakovosti. Podatki so na splošno na voljo na ravni skupnih procesov in ne posameznih. Analiza LCA je analitično orodje, s katerim pridobimo informacije za odločanje, zato same informacije ne morejo določiti procesa, lahko le pomagajo pri odločitvi (Guinée, 2002).

Pomembno je pretehtati razpoložljivost podatkov, saj je to eden najpomembnejših vplivov na točnost rezultatov in določiti potreben čas za izvedbo študije ter za to potrebnih finančnih sredstev. Analiza LCA lahko pomaga identificirati potencialne okoljske kompromisne rešitve, vendar za pretvorbo rezultatov zahteva prisotnost ustvarjalca študije. Lahko se izvede

na različne načine, vendar ne sme temeljiti samo na naravoslovnih podatkih (Life cycle assesment, 2006).

Vhodni in izhodni podatki so zbrani glede na to, kje jih najdemo, nato pa so prevedeni v okoljske vplive na globalni ali regionalni lestvici. Rezultati iz analize pokažejo morebitne vplive na okolje in ne izračun dejanskih učinkov, zato analiza LCA ne more nadomestiti lokalnih študij. Rezultati so povzeti glede na geografsko območje, kjer se podatki zbirajo (Life Cycle Assessment..., 2010).

2.6 Mednarodni standardi - ISO

Mednarodna organizacija za standardizacijo (ang. The International Organization for Standardization - ISO) je svetovna zveza nacionalnih organov za standardizacijo. Priprava mednarodnih standardov se običajno izvaja z mednarodnim tehničnim odborom za standardizacijo. Večina vladnih in nevladnih mednarodnih organizacij sodeluje s standardom ISO (ISO 14025, 2006).

Mednarodni standardi ISO 14000, ki obravnavajo ravnanje z okoljem, so namenjeni za pomoč organizacijam, ki se ukvarjajo z okoljskimi vplivi. Serije ISO 14000 so podobne serijam ISO 9000, ki so bile objavljene leta 1987. Namen serije ISO 9000 je spodbuditi organizacije k uvedbi kakovostnih programov za upravljanje tveganj. Čeprav se ISO 9000 ukvarja s splošnim upravljanjem, ISO 14000 pa z upravljanjem vplivov na okolje, se oba standarda ukvarjata s procesi, kjer se pojavljajo kombinacije obeh standardov. Namen mednarodnih standardov je olajšati mednarodno trgovino in sodelovanje v gospodarstvu (Martincic, 1997).

Organizacijo, ki je danes znana kot ISO so ustanovili leta 1926 kot Mednarodno federacijo nacionalnih združenj za standardizacijo (ang. International Federation of the National Standardizing Associations - ISA). Bila je močno osredotočena na področje strojništva. Leta 1942 je bila

razpuščena, vendar so jo med drugo svetovno vojno ponovno obnovili pod sedanjim imenom ISO (Martincic, 1997).

Ime »ISO« ni kratica, ampak izvira iz grške besede »isos«, ki pomeni »enako«. Primerjava proizvodov, ki izpolnjujejo enake standarde, bi morala biti enakopravna. To ime odpravlja nejasnosti, ki bi lahko nastale pri prevodu »Mednarodne organizacije za standardizacijo« v različne jezike, saj bi vodilo do različnih kratic (Martincic, 1997).

2.6.1 Prednosti mednarodnih standardov

Mednarodni standardi prinašajo tehnološke, gospodarske in družbene koristi. Pomagajo uskladiti tehnične specifikacije proizvodov in storitev, zaradi česar je industrija bolj učinkovita ter hkrati odstranjuje ovire v mednarodni trgovini. Skladnost z mednarodnimi standardi pomaga potrošnikom zagotoviti, da so izdelki varni, učinkoviti in dobri za okolje (Benefits of International Standards, 2013).

Standardi se vsakodnevno uporabljajo v različnih podjetjih, saj so strateška orodja in smernice, ter nudijo pomoč podjetjem in tako rešujejo najbolj zahtevne izzive sodobnega poslovanja. Zagotavljajo učinkovito poslovanje, povečujejo produktivnost in podjetjem olajšajo dostop do novih trgov. Prednosti so številne: prihranki pri stroških (ISO optimizira poslovanje in s tem izboljša izhodišče), izboljšanje kakovosti, zadovoljstvo strank in povečanje prodaje, omogočanje širšega dostopa na nove trge, povečanje tržnega deleža (poveča se produktivnost in konkurenčna prednost) ter prispevanje k zmanjšanju negativnih vplivov na okolje (Benefits of International Standards, 2013).

ISO pozna več kot 19.500 standardov, ki se dotikajo družbe v skoraj vseh vidikih vsakdanjega življenja. Proizvodi, ki so v skladu z mednarodnimi standardi, so vredni zaupanja, so varni, zanesljivi in kakovostni. Standardi ISO o varnosti v cestnem prometu, varnosti igrač in varne embalaže za

zdravila, so le nekateri izmed tistih, ki pomagajo, da je svet varnejši. Poleg tega podpirajo vključevanje potrošnikov v odbor za potrošniško politiko. Mednarodni standardi o kakovosti zraka, vode in tal, o emisijah plinov ter sevanja, prispevajo za ohranitev okolja in zdravje državljanov (Benefits of International Standards, 2013).

So ključen vir za razvoj predpisov v državnih institucijah. Podajo strokovno mnenje, saj so jih napisala strokovnjaki. Standardi so mednarodni, sprejele so jih že številne vlade, kar omogoča dostop do svetovne trgovine. Z vključevanjem v nacionalno ureditev se državam zagotavlja, da so zahteve za uvoz in izvoz enake po vsem svetu in tako je pretok blaga ter storitev med posameznimi državami lažji (Benefits of International Standards, 2013).

2.6.1.1 ISO 14000

Leta 1899 so napisali prvi zakon o varstvu okolja v Združenih državah Amerike, vendar ni bil sprejet. Okolje je čez desetletja postalo politični in potrošniški problem. Okoljski aktivizem se je povečal v letu 1980, prav tako tudi ozaveščenost potrošnikov. Sprejetih je bilo vedno več okoljskih predpisov. Podjetja so začela uporabljati te predpise, predvsem kot marketinško orodje. Začeli so poudarjati pomembnost varstva okolja, kot npr. Konferenca o okolju in razvoju (UNCED) v Rio leta 1992, kjer je bil poudarek na globalni skrbi za okolje in varstvo okolja (Martincic, 1997).

Okoljski standardi ISO 14000 se ukvarjajo s tem, kako podjetja upravljajo z okoljem znotraj svojih objektov in neposredno z zunanjim okoljem. Standardi zahtevajo tudi analizo celotnega življenjskega cikla produkta, od surovin do končne faze oz. izločitve izdelka. Pri tem ne zahtevajo določene ravni onesnaženosti ali učinkovitosti, ampak se osredotočajo na ozaveščanje o procesih in postopkih, ki vplivajo ali bi lahko vplivali na okolje (Martincic, 1997).

Nekateri standardi v seriji ISO 14000 (Martincic, 1997):

- *ISO 14001* – Specifikacija sistemov ravnanja z okoljem

- *ISO 14004* – Smernice standarda
- *ISO 14010 do ISO 14015* – Okoljski nadzor in s tem povezane dejavnosti
- *ISO 14020 do ISO 14924* – Okoljsko označevanje
- *ISO 14031 in ISO 14032* – Ocenjevanje uspešnosti okolja
- *ISO 14040 do ISO 14043* – Analiza življenjskega cikla (LCA)
- *ISO 14050* – Pogoji in opredelitve

2.6.1.2 *ISO 14025 Tip III:*

Mednarodna organizacija za standardizacijo je razvila tri tipe standardov za okoljske vplive proizvoda, imenovani Tip I, II in III. Ti so opisani kot (Allison in Carter, 2000):

- *Tip I (ISO 14024)* – temelji na kriterijih tretje osebe ter obsega širši spekter področja, saj temelji na vplivih življenjskega cikla proizvoda. Organ za dodelitev je lahko nevladna organizacija ali zasebni nekomercialni subjekt.
- *Tip II (ISO 14021)* – temelji na lastnih izjavah s strani proizvajalcev ali trgovcev.
- *Tip III (ISO 14025)* – obsega informacije o izdelku, ki temeljijo na vrednotenju vplivov življenjskega cikla. Ti vplivi so predstavljeni v obliki, ki omogoča primerjavo med izdelki (npr. nabor parametrov).

Okoljska deklaracija tipa III predstavlja količino okoljskih informacij o analizi življenjskega cikla produkta, ki omogočajo primerjavo med proizvodi, ki imajo isto funkcijo. Takšne deklaracije ustvari ena ali več organizacij, ki temeljijo na neodvisnem preverjanju analize življenjskega cikla v skladu z ISO 14040, uporabljajo vnaprej določene parametre in so namenjene industrijskim sektorjem, javnim organom, agencijam, podjetjem ali drugim organizacijam (ISO 14025, 2006).

Namenjene so predvsem za uporabo v poslovni komunikaciji, vendar njihova uporaba v komunikaciji med podjetji in potrošniki ni izključena. Pri ISO 14025 tip III ne moremo natančno določiti ciljno občinstvo. Vendar je potrebno upoštevati potrebo po informacijah za različne kupce ali skupino uporabnikov, na primer velika, mala in srednja podjetja, agencije za javna naročila ter potrošnike. Pozornost mednarodnega standarda je potrebno nameniti ciljnemu občinstvu. Organizacije, ki sodelujejo na tem mednarodnem standardu, morajo zagotoviti, da so podatki posamično preverljivi bodisi znotraj ali zunaj. ISO določa splošno opredelitev s »certifikacijo« (postopek, s katerim tretja oseba poda pisno zagotovilo, da je izdelek ali postopek v skladu z določenimi zahtevami). Izvaja se v različnih regijah, da bi se izognili zmedi, se tako uporablja izraz »preverjanje tretje osebe« (ang. Third party verification) namesto »certifikacija« (ISO 14025, 2006). Spodbuja usklajevanje pri splošnih navodilih programov, zlasti pri pravih kategorije proizvodov (PCR), saj se tako izpolnjujejo načela primerljivosti. To vključuje medsebojno priznavanje v zvezi z razvojem PCR, pregled PCR in upravnih postopkov (ISO 14025, 2006).

2.6.1.3 *Okoljska deklaracija (EPD)*

Certifikat EPD[®] oz. okoljska deklaracija proizvoda poroča o okoljskih vplivih izdelka, ki temeljijo na analizi življenjskega cikla in v skladu z mednarodnim standardom ISO 14025. Okoljska deklaracija je opredeljena v standardu ISO 14025, kot okoljski vpliv izdelka v vnaprej določeni kategoriji parametrov, ki temeljijo na mednarodnih standardih ISO 14040, vendar pri tem ne izključuje dodatnih informacij o okolju (EPD[®], 2013).

Dodane so nove tržne dimenzije informacij o vplivih izdelka na okolje in storitve, s ključnimi značilnostmi in vodilnimi načeli, ki prinašajo številne prednosti tako za organizacije, ki ustvarjajo EPD[®], kot tudi za tiste, ki uporabljajo informacije EPD[®] (EPD[®], 2013).

Skupni cilj okoljskih deklaracij je zagotovitev ustrezne in preverljive informacije, ki izpolnjuje različne komunikacijske potrebe. Pomemben vidik je

vsekakor zagotovitev objektivne primerjave med proizvodi in storitvami. V daljšem časovnem obdobju lahko proizvodi in storitve odražajo izboljšanje vplivov na okolje in nato se s pomočjo okoljske deklaracije zberejo ustrezne informacije. EPD temelji na načelih, ki so del standarda ISO tipa III (ISO 14025) in imajo tako razširjeno mednarodno priznanje (EPD[®], 2013).

Glavne značilnosti okoljske deklaracije so (EPD[®], 2013):

- *Objektivnost* – temelji na uporabi mednarodnih priznanih in potrjenih metod za analizo življenjskega cikla. To omogoča opredelitev in osredotočenje na najpomembnejše okoljske vplive celostnega vidika, ki vodi k nenehnemu izboljševanju.
- *Verodostojnost* – zahteva kritičen pogled, odobritev in spremljanje objektivnega preverjanja
- *Nevtralnost* – ni okoljskih terjatev, cenitev ali vnaprej določenih ravni uspešnosti
- *Primerljivost* – omogoča primerjave s pomočjo pravil za kategorijo proizvodov (PCR) za izbrane skupine izdelkov ali storitev. PCR opisuje usklajenost pravil analize življenjskega cikla za zbiranje podatkov, metodologijo, izračun podatkov in predstavitev rezultatov
- *Dostopnost* – dostopno je vsem zainteresiranim strankam, saj so informacije enostavno dostopne na internetu
- *Usmerjenost okoljskih vplivov* – zagotavlja možnosti za vključitev možnih vplivov na okolje
- *Poučevanje* – sistem EPD poskuša razložiti podatke, s pomočjo razlage izrazov, definicij, konceptov, kot tudi splošnih informacij o pomembnih okoljskih problemih

2.6.1.4 Mednarodne okoljske deklaracije (International EPD)

Danes povpraševanje na svetovnega trgu temelji na preverljivih in primerljivih informacijah o okoljski uspešnosti storitev. Povpraševanje prihaja iz številnih tržnih mest, kot npr. priprava surovin za razvoj izdelka pri zelenem javnem naročanju. Mednarodni sistem EPD nudi pomoč in podporo organizacijam, da

obrazložijo okoljsko učinkovitost izdelka na verodostojen in razumljiv način (EPD[®], 2013).

Mednarodni sistem EPD ponuja celovit program za vse zainteresirane organizacije, v kateri koli državi, v skladu z ISO 14025:2006 in EN 15804:2012 (Trajnostnost gradbenih objektov – Okoljske deklaracije na proizvodih – Osnovna pravila za kategorije proizvodov za gradbene proizvode) , ter ogljični odtis v skladu z ISO/TS 14067:2013. Podpirajo druge programske okoljske deklaracije (nacionalne, sektorske) za sodelovanje in usklajevanje ter nudijo pomoč organizacijam na mednarodnem trgu (EPD[®], 2013).

Vodilna načela mednarodne okoljske deklaracije po mednarodnem standardu ISO 14025 so (EPD[®], 2013):

- *Prostovoljnost* – ni obvezno
- *Preglednost* – skozi vse faze razvoja in delovanja programa
- *Dostopnost* – dostopna za vse potencialne kandidate, ki izpolnjujejo zahteve programa
- *Komunikacija zainteresiranih strank in posvetovanje o PCR* – formalno in javno posvetovanje z zainteresiranimi strankami, da bi pridobili mnenja o PCR dokumentu
- *Funkcionalnost izdelka* – predvidena uporaba in učinkovitost izdelka
- *Znanstvena utemeljitev* – temelji na podlagi metodologije za razvoj EPD, ki temeljijo na znanstvenih uveljavljenih metodah LCA
- *Zaupnost* – zagotovitev popolne zaupnosti določenih informacij
- *Učinkovitost stroškov* – temelji na odprtih, uveljavljenih, tržno usmerjenih in mednarodnih priznanih sistemih za preverjanje in registracijo

Mednarodni sistemi EPD se uporabljajo za vse vrste proizvodov in storitev v okviru jasno določenih kategorij proizvodov. Zasnovani so za izpolnitev različnih potreb po informacijah v dobavni verigi in za končne proizvode, tako

v zasebnem kot v javnem sektorju, kot tudi za bolj splošne namene (EPD[®], 2013).

Glavne prednosti, za tiste, ki ustvarjajo EPD in zagotavljajo informacije o trgu so (EPD[®], 2013):

- *Objektivnost* – z uporabo znanstvenih veljavnih metod, ki temeljijo na mednarodnih standardih analize življenjskega cikla
- *Neselektivnost in nevtralnost* – ni vnaprej določenih ravni okoljskih uspešnosti
- *Prilagojenost* – omogoča spremembe in izboljšanje EPD, ki jih podjetje ali organizacija zahteva

Za tiste, ki uporabljajo EPD informacije za različne namene pa so (EPD[®], 2013):

- *Primerljivost* – podatki v EPD omogočajo primerljivost, ker so zbrani in izračunani na podlagi sprejetih mednarodnih pravilnih
- *Verodostojne* – redni inšpekcijski pregledi, spremljanje s strani neodvisnega člana
- *Natančnost* – informacije so redno posodobljene

2.6.1.4.1 Deklaracija klimatskih sprememb

Informacije okoljske deklaracije so včasih nespecifične in zajemajo preširok spekter sprejemanja ter tako zajemajo tudi vse pomembne okoljske vplive na izdelek. V večini primerov potrebujemo različne informacije vplivov, kot na primer za preverjanje odsotnosti nevarnih kemikalij ali kateri so možni vplivi na okolje za izbrani izdelek (EPD[®], 2013).

informacije EPD so običajno navedene v obliki, kjer so že vnaprej določeni obvezni podatki za ustrezne kategorije vpliva. Zaradi kompleksnosti je prišlo do sorazmerno malega pretoka tržnih informacij EPD. Mednarodni sistem okoljskih deklaracij je predstavil koncept »enovrstnih okoljskih deklaracij«, in tako so prilagodili potrebne informacije v preprostejšo obliko, da lahko bolje ustrezajo zahtevam kupcev in trgov (EPD[®], 2013).

Področje z vedno večjim povpraševanjem po informacijah je povezano s podnebnimi spremembami. Izdali so deklaracijo klimatskih sprememb, kot primer »enovrstne okoljske deklaracije«. Deklaracija klimatskih sprememb opisuje emisije toplogrednih plinov, izraženih kot ekvivalent CO₂ za analizo življenjskega cikla. Temelji na preverjenih rezultatih iz LCA, ki temelji na informacijah v skladu z ISO 14025 (EPD[®], 2013).

2.6.1.4.2 *Pravila za kategorijo proizvodov (PCR)*

Pravila za kategorijo proizvoda (PCR) je dokument, ki opredeli zahteve EPD za določeno kategorijo izdelka. Je bistvenega pomena za koncept okoljskih deklaracij, saj omogoča preglednost in primerljivost med različnimi deklaracijami, ki temeljijo na istih pravilih za kategorijo proizvoda (EPD[®], 2013).

Okoljska deklaracija ni enaka analizi življenjskega cikla. Analiza življenjskega cikla je sestavni del okoljskih deklaracij in mora izpolnjevati določene izračune ter zahteve za specifični izdelek, tako imenovana pravila za kategorijo proizvodov. Pravila za kategorijo proizvodov pomagajo zmanjšati tržno zmedo s poenostavitvijo postopkov, pri katerih se proizvodi ocenjujejo glede na okoljske vplive in zbiranje podatkov ter usklajeno analiziranje na svetovni ravni. To omogoča objektivne primerjave vplivov na okolje med podobnimi izdelki. Pravila kategorij proizvodov se razvijajo s sodelovanjem z javnostjo, podobno kot industrijski standardi. Zainteresirane stranke lahko sodelujejo pri posvetovanju odprtega tipa, postavljajo vprašanja in delijo komentarje (Product category rules, 2013).

2.6.1.4.3 *Popolna uvrstitev izdelka (Complete product classification – CPC)*

Shema za popolno uvrstitev izdelka zajema izdelke in storitve, ter temelji na njihovih fizikalnih lastnostih. Običajna uvrstitev v shemo je le z eno

dejavnostjo, na način, ki je opredeljen v mednarodni standardni klasifikaciji vseh gospodarskih dejavnosti (PCR Basic Module, 2011).

Sistem popolne uvrstitve izdelka v strukturi pravil kategorij proizvodov vsebuje dve dimenziji (PCR Basic Module, 2011):

- *Horizontalna dimenzija* – opisuje verige vrednosti proizvoda, ki so razdeljene po poslovnih področjih
- *Vertikalna dimenzija* – opredeljuje vsak posamezni informacijski modul

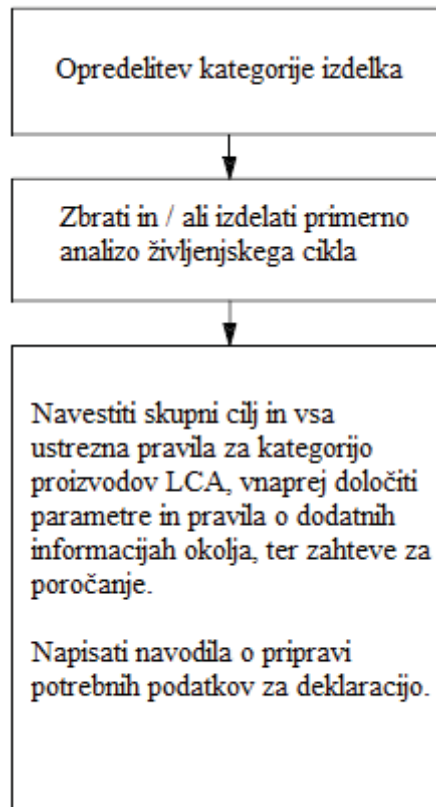
Koncept popolne uvrstitve izdelka služi kot osnova za strukturo pravil kategorij proizvodov, saj zagotavljajo strukturo za »core« modul, »up-stream« modul in »down-stream« modul znotraj mej sistema (PCR Basic Module, 2011).

2.6.1.4.4 Sestava dokumenta pravila kategorij proizvoda

Osnovni modul dokumenta PCR vključuje (PCR Basic Module, 2011):

- *Besedilo, ki je skupno vsem pravilom kategorije proizvodov glede na skupino izdelka*
- *Besedilo, vključno z zahtevami, ki so skupne za vse proizvode, ki spadajo v določeno skupino izdelkov (npr. CPC Division 32: Vlakinne, papir in papirni izdelki, tiskovine in sorodni izdelki)*
- *Identifikacijo posebnih zahtev ali informacij, napisano v poševnem tisku, ki mora biti bolj podrobno določena kot CPC Divison*

PCR določa pravila za odločitev katero metodologijo ter podatke bomo uporabili v analizi življenjskega cikla. Ima tudi zahteve glede informacij, navedenih v okoljski deklaraciji, na primer dodatne informacije o okolju. Splošna zahteva glede podatkov, ki so vključeni v okoljski deklaraciji, je preverljivost (PCR Basic Module, 2011).



Slika 4: Koraki priprave PCR (ISO 14025, 2006).

PCR opredeli in dokumentira cilj ter obseg študije analize življenjskega cikla za pravila kategorij proizvodov in pravila za proizvodnjo dodatnih informacij okolja na kategorija izdelka. Določi tudi stopnje življenjskega cikla, ki morajo biti vključene in parametre, katere je potrebno zajeti ter poročati o njih. Zaradi popolnosti in doslednosti, PCR temelji na eni ali več analizah življenjskega cikla (v skladu s standardom ISO 14040) in drugih ustreznih študijah o vplivih na okolje. Vse študije so navedene v dokumentu PCR (ISO 14025, 2006).

Dokument PCR mora vsebovati naslednje elemente (ISO 14025, 2006), ki so predstavljeni tudi na Slika 4:

- *Opredelitev in opis kategorije proizvodov* - npr. funkcija, tehnične zmogljivosti, uporaba)
- *Cilj in obseg študije analize življenjskega cikla v skladu z ISO 14040 vključno z:*
 - Funkcionalno enoto
 - Meje sistema
 - Opis podatkov

- Merila za vključitev inputov in outputov
- Zahteve glede kakovosti podatkov, vključno s pokritostjo in natančnostjo
- Enote
- *Analiza inventarja*
- *Izbira kategorij vplivov*
- *Določitev parametrov za poročanje LCA podatkov*
- *Zahteve za zagotavljanje dodatnih okoljskih informacij*
- *Navedene materiale in snovi – npr. informacije o vsebini izdelka*
- *Navodila za pripravo podatkov, potrebnih za vzpostavitev deklaracije*
- *Navodila o vsebini v obliki okoljske deklaracije tipa III*
- *Informacije, pri katerih se ne upoštevajo faze, če deklaracija ne temelji na LCA*
- *Rok veljavnosti*

2.7 Ogljični odtis

Ogljični odtis je seštevek izpustov toplogrednih plinov, ki jih neposredno ali posredno povzročijo organizacija, izdelek, storitev ali druga aktivnost, ki povzroča, ali prispeva k povzročanju izpustov toplogrednih plinov v določenem časovnem obdobju. Opredeljen je v enoti ekvivalenta CO₂ (CO₂e) (Le Treut in sod., 2007). V enoto CO₂e so preračunani vplivi najpomembnejših šestih toplogrednih plinov TPG (ang.: greenhouse gas GHGs): ogljikov dioksid CO₂, metan CH₄, dušikov oksid N₂O, fluorirani ogljikovodiki (HFCs), perfluorirani ogljikovodiki (PFCs) in žveplov heksafluorid (SF₆) v časovnem intervalu 100 let (Preglednica 1). Povprečje vseh teh plinov, ki povzročajo segrevanje ozračja je poznano kot potencial globalnega segrevanja (ang. global warming potential) (GWP) in je največkrat podan v časovnem okvirju 100 let. Njihove emisije so različne in so podane v Preglednica 1.

Preglednica 1: Emisijski faktorji toplogrednih plinov (IPCC, 2007).

Ime plina	GWP 100 (CO ₂ e)
ogljikov dioksid (CO ₂)	1
metan (CH ₄)	25
didušikov oksid (N ₂ O)	298
fluorirani ogljikovodiki (HFC)	124 - 14.800
perfluorirani ogljikovodiki (PFC)	7.390 - 12.200
žveplov heksafluorid (SF ₆)	22.800

Les, ki je naravni material, nastaja z biološkimi procesi, ki iz atmosfere vežejo CO₂ in se v procesu fotosinteze pretvori v glukozo, ki se nato preko zapletenih reakcij pretvori v osnovne komponente lesa, kot so celuloza, polioze, lignin in ekstraktivne snovi. Tako vezan ogljik v organskih molekulah lesa, ki je lahko predelan v izdelek ne razgradi nazaj v CO₂ in vodo – z izgorevanjem ali razkrojem gliv, štejeemo, da je ekvivalent CO₂ skladiščen v izdelku. To velja v fazi prodaje izdelka – končna usoda skladiščenega ogljikovega dioksida je odvisna od ravnanja z izdelkom ob koncu življenjske dobe. Če izdelek ostane v rabi ali ponovni izrabi več kot sto let, se šteje, da je njegova proizvodnja zmanjšala emisije za količino skladiščenega ekvivalenta CO₂.

Izpusti TPG so vsakodnevni pojav in so posledica vsakovrstne človekove dejavnosti. Tako lahko izračunamo ogljični odtis vsaki dejavnosti, produktu, podjetju, dogodku, če poznamo vse vire emisije. Emisije pa nastajajo pri porabi energije (npr. elektrika), izgorevanju fosilnih goriv, kemičnih reakcijah, izgubah hladilnih sredstev, uporabi zemlje, kmetijskih procesih, razgradnji odpadkov,... Ker je dejavnosti veliko, je potrebno vedno postaviti meje sistema, v katerih določimo ogljični odtis samo za določeno fazo ali aktivnost. Ločimo lahko ogljični odtis izdelka ali podjetja.

Spremljanje ogljičnega odtisa posameznih dejavnosti postaja zakonska norma, tržno orodje in standard kakovosti. Spodbuja rabo obnovljivih virov, povečuje energetska učinkovitost, hkrati pa je tudi eno temeljnih orodij za upravljanje z izpusti toplogrednih plinov. Ogljični odtis podjetja za sedaj ostaja na prostovoljni ravni. Lahko pa pomeni zniževanje stroškov in boljše

upravljanje s tveganji v dobaviteljski verigi in večjo prepoznavnost izdelkov. V podjetju je lahko določitev ogljičnega odtisa prvi korak k zmanjševanju emisij in zmanjševanju stroškov. Podjetja, ki so bolj usmerjena k potrošniku se poslužujejo ogljičnega odtisa tudi zaradi »zelenega« videza, da kupcem ponudijo neko zeleno alternativo oz. da sebe predstavljajo kot bolj okoljsko ozaveščene. Tako lažje ohranjajo svoj tržni delež, širijo poslovanje in ostajajo konkurenčna.

Ogljični odtis in analiza LCA sta neposredno uporabna za razvijanje in izboljševanje izdelkov, strateško planiranje, delo z javnostmi, trženje in za optimizacijo produktov. Uporabimo ga lahko pri optimiziranju dizajna, proizvodnih in tržnih postopkih ter pri izbiri materiala tako, da so poraba energije, vode in drugih virov ter emisije škodljivih snovi v okolje čim manjši (ISO 14040, 2006). Ogljični odtis je tudi uporabno orodje za sodelovanje med zaposlenimi, dobavitelji, investitorji in kupci. Lahko motivira zaposlene, da aktivno sodelujejo pri zmanjšanju emisij in prispevajo k širši ideji o skrbi za okolje in naš planet. Vpliva lahko na krepitev, vrednost in pozicioniranje blagovne znamke, kot okolju prijazne. Neposredno se ta vpliv širi še na dobaviteljsko verigo in vpliva na zmanjšanje stroškov.

Ogljični odtis služi kot indikator za:

- identifikacijo ključnih virov emisij,
- postavljanje ciljev in prioritet za zniževanje emisij,
- razumevanje ogljične intenzivnosti dobaviteljske verige,
- analiziranje izboljšav v proizvodih,
- osveščanje kupcev, zaposlenih,
- primerjavo z drugimi podjetji,
- označevanje proizvodov.

Ko tako analiziramo vse faze in jih ovrednotimo, lahko zmanjšamo porabo materiala, energije, prevozov in odpadkov in tako znižamo stroške poslovanja. Pri takšnem pregledu imamo boljši nadzor nad celotno dobaviteljsko verigo, kjer imamo neposreden vpliv na zmanjšanje emisij in tudi stroškov. Tako

lahko aktivno vplivamo na zmanjšanje emisij TPG in izboljšanje odnosov v dobaviteljski verigi z odstranitvijo neučinkovitih procesov.

2.7.1 Oznake ogljičnega odtisa

V okviru Okvirne konvencije ZN o spremembi podnebja in drugih mednarodnih organizacij se že uveljavljajo standardi za izračunavanje ogljičnega odtisa organizacij in izdelkov oz. storitev. Standardizacija izračuna ogljičnega odtisa za izdelke in storitve je prav v današnjem času v izjemno dinamičnem razvoju. Zaenkrat edini veljavni mednarodni standard za to področje v EU je britanski PAS 2050: 2008 (Specification for the Assessment of the Life Cycle Greenhouse Gas Emissions of Goods and Services), ki vključuje tudi zunanjo presojo. V procesu snovanja in testiranja sta še dva standarda, katerih izid je bil napovedan za leto 2011 (GHG Protocol: The Product Accounting & Reporting Standard in ISO 14067 – Carbon Footprint of Products). Slednji ni bil sprejet in je bil maja 2013 objavljen kot tehnična smernica ISO/TS 14067. Za okoljsko označevanje (labeling) ogljičnega odtisa izdelkov obstaja vrsta shem; v EU sta najbolj prepoznavna Carbon Trust v Veliki Britaniji in BP X30-323 v Franciji, v Nemčiji pa so oznako ogljičnega odtisa izdelkov povezali z okoljskim znakom Modri angel.

Organizacija Carbon trust (<http://www.carbontrust.com/client-services/footprinting/footprint-certification/carbon-reduction-label>) izdaja oznake, ki dokazujejo, da organizacija, izdelek ali storitev vrednoti izpuste toplogrednih plinov. Tako ponujajo dve vrsti oznak v obliki odtisa noge; Carbon trust reducing CO₂ in Carbon trust measured CO₂. S tema oznakama organizacija, izdelek ali storitev na preprost in učinkovit način dokazuje svoje zavedanje za izpuste toplogrednih plinov in skrb za čisto okolje. Tako krepi svoj ugled in zaupanje pri svojih strankah. Z oznako Carbon trust reducing dokazuje zavezanost k zmanjševanju izpustov toplogrednih plinov. Oznako je potrebno vsake dve leti ponovno obnavljati in dokazovati, da se je količina izpustov toplogrednih plinov res zmanjšala. Oznaka Carbon trust measured dokazuje, da ima izdelek izmerjen in izračunan ogljični odtis ne vsebuje pa

zaveze k zmanjševanju le tega. Vse več potrošnikov na današnjem trgu se odloča za blagovne znamke, ki kažejo na zavezanost k zmanjševanju emisij ogljikovega dioksida saj se zavedajo pomembnosti emisij, proizvedenih v celotni življenjski cikel izdelka - od surovin, proizvodnje in uporabe, do odstranjevanja.

Vsi standardi in oznake so zaenkrat prostovoljni. Evropska komisija je v postopku analize različnih standardov in razmisleka o morebitnem skupnem urejanju ogljičnega odtisa za izdelke na ravni EU. Ogljični odtis proizvodov pridobiva na pomembnosti tudi izven Evrope. V LEED certifikacijskem sistemu, ki ga je razvil US Green Building Council, identificirajo praktične in merljive rešitve »zelenega« oblikovanja, konstrukcij, upravljanja in vzdrževanja. Za lesene izdelke LEED trenutno nagradi izdelek s točkami le, če so ti izdelani iz lesa iz FSC certificiranega gozda. Z letom 2012 pa načrtujejo vpeljati zahtevo izdelave analize LCA oziroma izračun ogljičnega odtisa (Webb 2011). V zadnjem času postaja LEED certifikacijski sistem vse bolj uporabljen tudi v Evropi.

V bazah podatkov, kot je Ecoinvent 2.0 (2010), so sicer dostopni podatki o emisijskih faktorjih različnih surovinskih virov in primarnih lesnih proizvodov, vendar so ti podatki v večini pridobljeni z izračuni na podlagi povprečnih podatkov iz obratov iz Švice, Nemčije in Združenih držav Amerike. Zaradi verjetno manjših transportnih razdalj in nizkih emisij pri pridobivanju lesa v Sloveniji je verjetno ogljični odtis primarnih lesnih izdelkov nižji od konkurenčnih materialov in lesnih izdelkov iz uvoženega lesa (dolge transportne razdalje). V literaturi so objavljene številne analize LCA gospodarjenja z gozdom in primarnih lesnih proizvodov (Richter 2001, Petersen in Solberg 2005, Puettmann in Wilson 2005, Rivela in sod. 2006, Werner in Richter 2007, Tucker in sod. 2009, Cherubini in sod. 2009, Lindholm in sod. 2010, Neupane in sod. 2010, Oneil in sod. 2010, Puettmann in sod. 2010, Carre 2011, Cherubini in sod. 2011), vendar se nobena od njih neposredno ne nanaša na slovenske lesne proizvode.

Pomembnost izračunov analiz LCA surovinskih virov lesnih izdelkov in težave pri primerljivosti analiz LCA je v Sloveniji izpostavil že Košir (1999). Zgoraj omenjeni standardi na področju izračunov ogljičnega odtisa v določeni meri znižujejo težave primerljivosti, vendar se problemu popolne primerljivosti še vedno ni moč popolnoma izogniti. Pri zajemanju podatkov se je namreč nemogoče izogniti določenim približkom. Kot primer lahko izpostavimo porabo energije (goriv) motorne žage pri sečnji in traktorja pri spravilu lesa. Košir (1998) je pri presoji koncepta zgodnjih redčenj z vidika porabe energije v izračunih porabe časa pri sečnji uporabil regresijsko krivuljo, ki jo je izračunal iz podatkov o učinkih sečnje za dve leti. Z uporabo normativov za sečnjo in spravilo je nato izračunal porabo goriva za motorno žago in porabo dizelskega goriva pri spravilu na m³ proizvedenih gozdnih lesnih sortimentov.

Upoštevati je potrebno tudi pomembnost lesa z vidika skladiščenja (sekvestracije) CO₂. Les nastaja z biološkimi procesi, ki iz atmosfere vežejo CO₂ (fotosinteza). Dokler se ogljik (organska snov), vezan v organskih molekulah v izdelku, z izgorevanjem ali razkrojem ne pretvori nazaj v CO₂ in vodo, štejemo, da je CO₂ sekvestriran v izdelku. Zavedati pa se moramo, da to velja za ves čas rabe izdelka, medtem ko je končna usoda skladiščenega ogljikovega dioksida odvisna od ravnanja z izdelkom ob koncu dobe uporabe. Če izdelek ostane v rabi ali ponovni izrabi več kot sto let, se šteje, da je njegova proizvodnja zmanjšala emisije za količino skladiščenega ekvivalenta CO₂ (PAS 2050, 2008). Hofer in sod. 2007 so proučili vpliv gozdov in lesnega sektorja v Švici na zmanjšanje toplogrednih plinov ter predlagali kaskadno uporabo lesa z namenom minimiziranja vplivov na okolje oziroma za podaljšanje časa, ko je ogljikov dioksid skladiščen v lesnih izdelkih.

Piškur in Humar (2010) sta predstavila dinamiko zalog ogljika v žaganem lesu listavcev in iglavcev ter ivernih in vlaknenih ploščah. Uporabila sta model s fiksno življenjsko dobo, prilagoditev po funkciji Weibull in metodo, ki upošteva razkroj prvega reda (First order decay – FOD). Modelni izračuni so bili narejeni za življenjski dobi 30 in 43 let za vse izbrane lesne proizvode. Vhodni podatki so predstavljali porabo izbranih lesnih proizvodov v Sloveniji v obdobju 1900-2008. Njuni rezultati po vseh modelnih izračunih nakazujejo, da

je v Sloveniji še vedno prisotno povečevanje zalog ogljika v lesnih proizvodih. Z uporabo pristopa sprememb zalog ogljika (Stock change approach - SCA) za najpomembnejše skupine lesnih proizvodov, se letna akumulacija ogljika, izraženega v CO₂ ekvivalentih, giblje med 1 % in 2 % letnih emisij Slovenije. White in sod. (2005) so določili zaloge ogljika v različnih gozdovih v Ameriki in izračunali t.i. neto zaloge ogljika po proizvodnji primarnih lesnih proizvodov.

Naslednji faktor, ki vpliva na rezultate izračunov analize LCA, je izbor alokacije okoljskih obremenitev. Jungmeier in sod. (2002) so v raziskavi vpliva izbora alokacije okoljskih obremenitev pri analizah LCA izdelkov narejenih iz lesa zaključili, da je potrebno rezultate analiz LCA predstaviti s podporo analize občutljivosti različnih alokacijskih izborov. Werner (2002) je na primeru ivernih plošč in železniških pragov predstavil vpliv alokacijskih izborov na rezultate analize LCA, ki so temeljili na ekonomski vrednosti ali na masi produktov in koproduktov v proizvodni verigi.

Podjetja Brest - pohištvo d.o.o. Cerknica, TOM d.d. Mokronog, SVEA d.d. Zagorje ob Savi, KOLPA Proizvodnja in predelava plastičnih mas, d.d., Metlika in Silvaprodukt, d.o.o. Ljubljana so se povezali v konzorcij v okviru raziskovalno-razvojnega-investicijskega projekta Multifunkcionalno pohištvo - inovativne produktne enote bivanjskih prostorov prihodnosti (RIP09 MFP). Pomemben vidik razvoja multifunkcionalnega pohištva je bil okolju čim bolj prijazen izdelek s čim manjšim okoljskim vplivom. Zato je vzporedno z razvojem novih materialov, izdelkov in tehnologij potekalo objektivno vrednotenje le-teh na okolje, in sicer analiza in ocena sprejemljivosti posega z vidika vseh dejanskih in možnih obremenitev okolja in glede vseh predvidljivih kratkoročnih ali dolgoročnih, neposrednih ali posrednih posledic za okolje kot celoto in za njegove posamezne sestavine. V podjetju ILTRA d.o.o so za projektne izdelke multifunkcionalnega pohištva sistematično vrednotili okoljske vplive novih materialov, izdelkov in tehnologij od izvora, proizvodne faze, rabe oziroma predelave, pa vse do njegovega odlaganja ali ponovne uporabe oziroma recikliranja, ter izvajali analizo LCA (Kutnar in Tavzes, 2011). Pri izvajanju analize niso imeli na voljo podatkov za slovenske primarne proizvode, zato so emisijske faktorje primarnih lesnih proizvodov

pridobili iz baze podatkov Ecoinvent 2.0 (2010). V okviru projekta so v podjetju ILTRA izračunali tudi ogljični odtis termično modificiranega lesa, vendar so emisijske faktorje žaganega lesa prav tako pridobili iz podatkovne baze Ecoinvent 2.0 (2010). V predlaganem projektu določena metodologija izračuna ogljičnega odtisa primarnih lesnih proizvodov iz slovenskega lesa bo tako vplivala tudi na kakovost analiz LCA izdelkov, izdelanih iz slovenskih primarnih lesnih proizvodov.

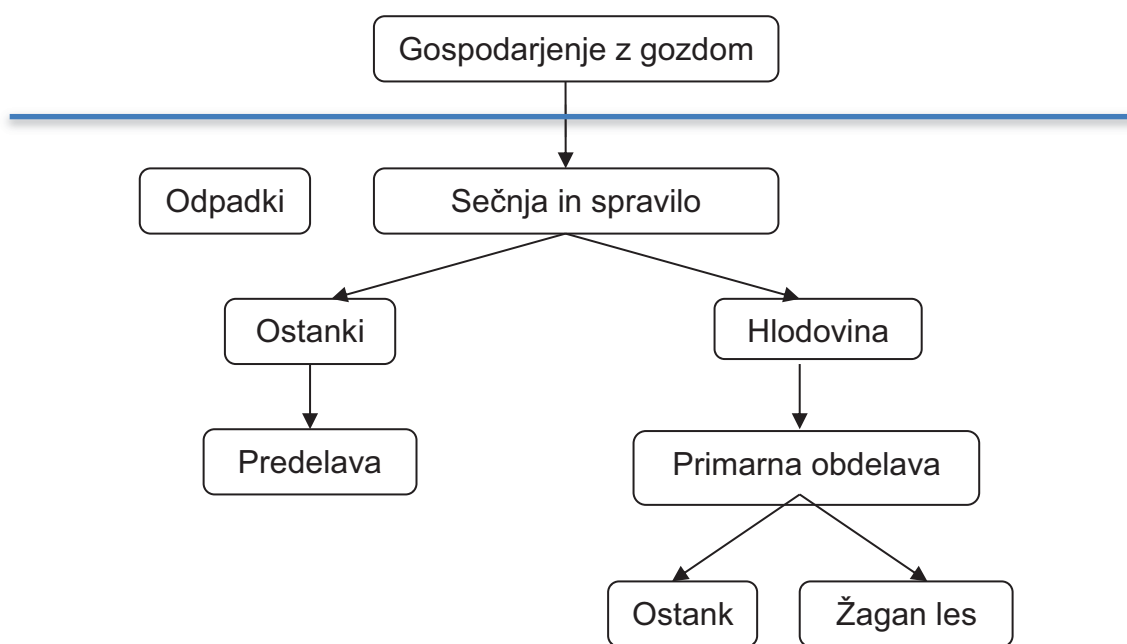
3. Uporabljena metoda dela

Ogljični odtis žaganega lesa iglavcev smo izračunali po metodologiji PAS 2050 (2011), po korakih, ki so zahtevani v standardu. Postavili smo si cilj izračuna ogljičnega odtisa – primerjalno in objektivno dokazati okoljsko prijaznost žaganega lesa iz slovenskih gozdov. Izračunali smo ogljični odtis 1 m³ žaganega lesa iglavcev in ga primerjali z ogljičnim odtisom žaganega lesa iglavcev, ki je podan v podatkovni bazi Ecoinvent 2.0 (2010) in se uporablja za potrebe metodologije LCA. Cilj izračuna je bil tudi pridobiti rezultate, ki jih lahko uporabimo za izdelavo predlogov spodbud in ukrepov za pospeševanje rabe lesnih izdelkov iz slovenskega lesa na podlagi objektivnih meril okoljskih obremenitev ter izdelavo podlag za promocijo okoljske primernosti lesnih proizvodov iz slovenskega lesa.

Analizirali smo okoljski vpliv »od zibelke do vrat«, po stopnjah proizvodnje žaganega lesa, kot so prikazane na Slika 5. V analizo so bili vključeni gojenje gozdov, posek, spravilo, transport do žagarskega obrata, poraba elektrike in energentov v proizvodnji, odpadki ter emisije, nastale pri proizvodnji žaganega lesa. Podatki o materialih so bili enostopenjski - življenjske stopnje pred dobavo materiala nismo analizirali, temveč so bila njihova okoljska bremena vključena preko pridobljenih emisijskih faktorjev ali iz obstoječih baz. Analiza ni vključevala bremen, povezanih z izdelavo opreme (npr. strojev, uporabljenih v proizvodnji), gradnjo stavb (predvideva se, da so le te obstoječe in njihov obstoj ni pogojen s proizvodnjo izdelka) in poslovanja vključenih poslovnih subjektov (npr. poslovnih potovanj, ogrevanja poslovnih

prostorov). Podatki, potrebni za izračun ogljičnega odtisa sečnje in spravila lesa, so bili pridobljeni iz gozdarskega informacijskega sistema, ki ga je oblikoval in ga vzdržuje Zavod za gozdove Slovenije (Poročilo o gozdovih 2010). Preko dostopnih podatkov smo opredelili reprezentativne okoliščine v katerih se odvija gozdna proizvodnja oz. pridobivanje lesa v Sloveniji. Izbrane so bile tehnologije, ki prevladujejo v slovenskih gozdovih. Vir kvalitativnih podatkov, kot so masna bilanca, energija, voda, količine in vrste odpadkov, emisije in transport, so bili javno dostopni podatki, podatki podjetij in raziskovalna dela predstavljena v diplomskih nalogah, medtem ko smo emisijske faktorje, povezane z uporabljenimi materiali in energetskimi potrebami pridobili iz baze podatkov Ecoinvent 2.0 (2010). Pri transportu smo kilometrino šteli enojno, ker smo upoštevali, da je bil transport v povratni vožnji polno izkoriščen. Emisijske faktorje uporabljenih materialov, energentov, odpadkov in emisij smo pridobili iz baze podatkov Ecoinvent 2.0 (2010).

Modeliranje je potekalo s programsko opremo Simapro (*SimaPro Analyst Indefinite, Ecoinvent v2, Product Ecology Consultants, PEC, Nizozemska*), ki omogoča poenostavljeno natančno sledenje vsem materialnim tokovom skozi življenjski cikel ter dosledno klasifikacijo in kategorizacijo podatkov. Ogljični odtis smo določili z metodo IPCC 2001 GWP 100a V1.02 (Climate Change, 2001). Metoda vključuje faktorje glede na časovni okvir 100 let. Faktorje karakterizira (z izjemo CH₄) glede na potencial globalnega segrevanja emisij v zrak, pri čemer ne upošteva posrednih vplivov emisij CO, tvorjenja didušikovih monoksidov iz dušikovih emisij, ne upošteva oddajajoče sile zaradi emisij NO_x, vode, sulfatov,... v nižji stratosferi in zgornji troposferi.



Slika 5: Meje sistema (pod črto) za izračun ogljičnega odtisa žaganega lesa iglavcev.

Enako metodologijo, vendar z ustrezno drugimi podatki, smo uporabili tudi za izračun ogljičnega odtisa vezane plošče ter peletov. Podrobnejša analiza pridobljenih podatkov je predstavljena v naslednjem poglavju.

4. Rezultati raziskave

4.1 Žagan les

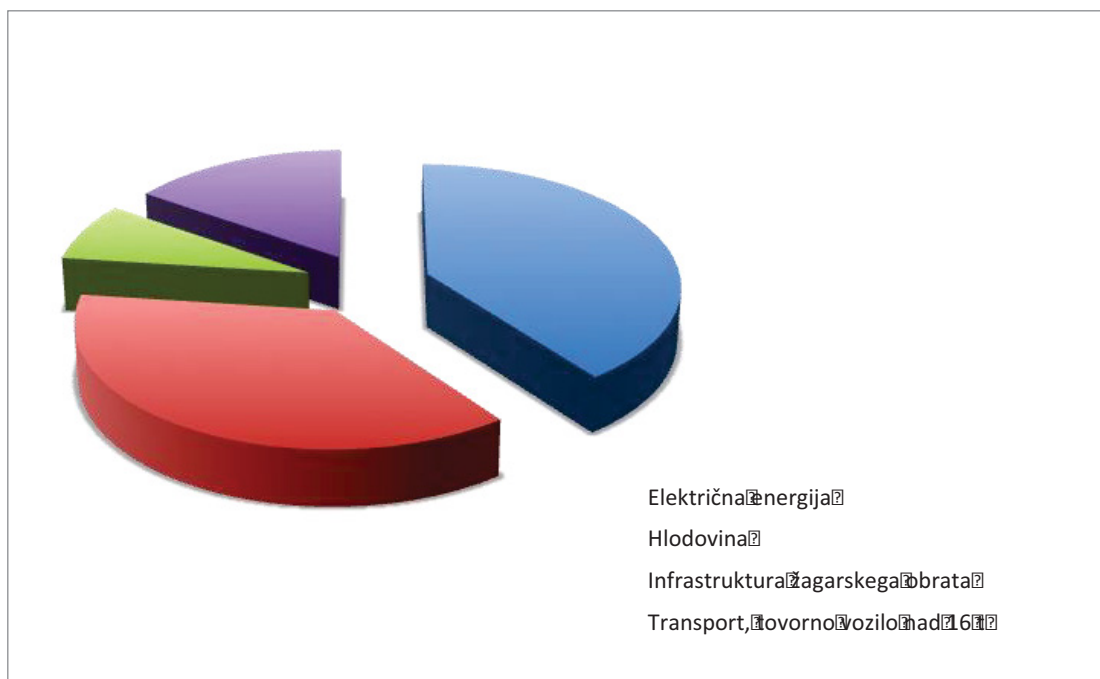
V Preglednica 2 in na Slika 6 podajamo podatke virov emisij in njihov prispevek k ogljičnemu odtisu 1 m³ žaganega lesa (vlažnost 70 %) iglavcev iz slovenskih gozdov, ki znaša 39.8 kg CO₂e. Od tega 40 % emisij prispeva poraba električne energije za razrez hlodovine, 37 % pa gojenje, sečnjo in izdelavo ter spravilo lesa do gozdne ceste (»hlodovina«). Transport hlodov iz gozdne ceste do žagarskega obrata prispeva 15 %. Pri izračunih v podatkovni bazi Ecoinvent upoštevajo tudi vpliv na okolje, ki ga je povzročila gradnja žagarskega obrata. Ker v naši raziskavi nismo ocenjevali vplivov na okolje izgradnje žagarskega obrata, smo podatek prevzeli iz podatkovne baze

Ecoinvent 2.0 (2010). Kot je razvidno iz preglednice 1 (SLO), k ogljičnemu odtisu 1 m³ žaganega lesa iglavcev izgradnja žagarskega obrata prispeva 8 % skupnih emisij. Pri izračunih smo upoštevali, da za pridobitev 1 m³ žaganega lesa potrebujemo 1.63 m³ hlodovine iglavcev (brez skorje) kot vhodne surovine.

Preglednica 2: Primerjava ogljičnega odtisa 1 m³ slovenskega žaganega lesa iglavcev z vlažnostjo 70 % iz slovenskih gozdov (SLO) ter podatkovne baze Ecoinvent 2.0 (ECO) (viri emisij in prispevek virov emisij k celotnemu ogljičnemu odtisu).

	Ogljični odtis		Prispevek k ogljičnemu odtisu [%]	
	[kg CO ₂ e]			
	SLO	ECO	SLO	ECO
Električna energija	15.8	16.6	40	34
Hlodovina	14.8	21.8	37	45
Infrastruktura žagarskega obrata	3.06	3.06	8	6
Transport, tovorno vozilo nad 16 t	6.08	7.17	15	15
SKUPAJ	39.8	48.6	100	100

Rezultat izračuna ogljičnega odtisa žaganega lesa iglavcev smo primerjali z ogljičnimi odtisom žaganega lesa iglavcev, ki je dostopen v podatkovni bazi Ecoinvent 2.0 (2010). V tej bazi podatkov so namreč dostopni podatki o emisijskih faktorjih različnih surovinskih virov in primarnih lesnih proizvodov, vendar so ti podatki v večini pridobljeni z izračuni na podlagi povprečnih podatkov iz obratov iz Švice, Nemčije in Združenih držav Amerike. Podatki za izračun rezultata v preglednici 1 (ECO) so bili pridobljeni v Nemčiji. Ogljični odtis 1 m³ žaganega lesa iglavcev z vlažnostjo 70 % je 48.6 kg CO₂e. Od tega 45 % emisij prispeva gojenje, sečnja in izdelava ter spravilo lesa. Kar 34 % k ogljičnemu odtisu prispeva poraba električne energije za razrez hlodovine. Transport hlodovine z gozdne ceste do žagarskega obrata prispeva 15 % (Preglednica 2).



Slika 6: Prispevek posameznih virov emisij k ogljičnemu odtisu 1 m³ slovenskega žaganega lesa iglavcev iz slovenskih gozdov.

Če primerjamo rezultate v Preglednica 2 (SLO in ECO) lahko zaključimo, da je ogljični odtis žaganega lesa iglavcev iz slovenskih gozdov (SLO) nižji od ogljičnega odtisa žaganega lesa iglavcev podanega v bazi Ecoinvent 2.0 (2010), ki je bil izračunan iz podatkov pridobljenih v Nemčiji (ECO). Razlog za nižji ogljični odtis slovenskega žaganega lesa iglavcev je predvsem v nižjem ogljičnem odtisu sečnje in izdelave ter spravila lesa do gozdne ceste (»hlodovina«). Ogljični odtis 1.63 m³ hlodovine (potrebno za pridobitev 1 m³ žaganega lesa) iglavcev je 14.8 kg CO₂e (Preglednica 2 (SLO)), h kateremu poraba goriva za obratovanje strojev pri sečnji k ogljičnemu odtisu prispeva 33 %, 43 % odstotkov emisij povzroči uporaba motorne žage in 24 % osnovanje sestoja, redčenje in priprava rastišča (Preglednica 3 (SLO)). Ogljični odtis 1.63 m³ hlodovine iglavcev, ki je podan v podatkovni bazi Ecoinvent 2.0 (2010), pa je 21.8 kg CO₂e, h kateremu poraba goriva za obratovanje strojev pri sečnji in spravilu k ogljičnemu odtisu prispeva 70 %, 14 % odstotkov emisij povzroči uporaba motorne žage in 16 % osnovanje sestoja, redčenje in priprava rastišča (Preglednica 3 (ECO)). Emisije povezane z osnovanjem sestoja, redčenji in pripravo rastišča nismo posebej

obravnavali, ampak smo privzeli podatke iz podatkovne baze Ecoinvent 2.0 (2010). Zato je ogljični odtis osnovanja sestoja, redčenja in priprave rastišča enak v izračunih za slovenski les (Preglednica 3 (SLO)) kot v podatkovni bazi Ecoinvent 2.0 (2010) (Preglednica 3 (ECO)), čeprav je lahko le ta zaradi intenzivnejšega gojenja v Sloveniji nekoliko višji kot v Nemčiji. Nižji ogljični odtis hlodovine iz slovenskih gozdov je predvsem posledica prevladujočega drugačnega načina sečnje. Strojna (v celoti mehanizirana) sečnja ima izrazito višje emisije CO₂ na enoto proizvoda kot sečnja z motorno žago (Karjalainen in Asikainen 1996), nasprotno pa ima spravilo s forwarderjem nižje emisije kot traktorsko spravilo. Ključni razlog za nižji ogljični odtis hlodovine iglavcev v Sloveniji glede na Nemčijo je torej predvsem v prevladujoči sečnji z motorno žago. Razlog za nižji ogljični odtis slovenskega žaganega lesa iglavcev je tudi v nižjem ogljičnem odtisu porabljene električne energije. Povprečne emisije električne energije v Sloveniji so namreč nižje od povprečnih emisij električne energije v Evropi.

Preglednica 3: Primerjava ogljičnega odtisa 1.63 m³ hlodovine iglavcev z vlažnostjo 70 % iz slovenskih gozdov (SLO) ter podatkovne baze Ecoinvent 2.0 (ECO) (viri emisij in prispevek virov emisij k celotnemu ogljičnemu odtisu).

	Ogljični odtis		Prispevek k ogljičnemu	
	[kg CO ₂ e]		odtisu [%]	
	SLO	ECO	SLO	ECO
Poraba goriva (diesel) za stroje	4.9	15.3	33	70
Motorna žaga	6.4	3	43	14
Osnovanje sestoja, redčenje, priprava rastišča	3.5	3.5	24	16
SKUPAJ	14.8	21.8	100	100

Za zagotavljanje primerljivosti in kakovosti izračunov ogljičnega odtisa, smo pripravili sheme zbiranja podatkov skladno s standardom ISO 14044 (2006), v katerem so opredeljene zahteve in podana navodila, kako izdelati analizo

življenjskega cikla (LCA – Life Cycle Assessment) in skladno s trenutno edinim veljavnim mednarodnim standardu za računanje ogljičnega odtisa v EU, britanskem standardu PAS 2050: 2011 (Specification for the Assessment of the Life Cycle Greenhouse Gas Emissions of Goods and Services). Pri postavljanju shem smo sledili v standardu določenim korakom za izdelavo analize LCA: definicija cilja, pridobivanje podatkov, modeliranje ter analiza in vrednotenje. Določili smo funkcionalne enote in meje sistema. Na Slika 7 so prikazane meje sistema, ki smo jih opredelili za najpomembnejši primarni proizvod, žagan les. Za izračun ogljičnega odtisa 1 m³ žaganega lesa smo opredelili naslednje meje sistema:

Faza 1 – gospodarjenje z gozdom - izven meje sistema

- gradnja cest, setev, saditev dreves, transport, gnojenje

Faza 2 – sečnja, spravilo

- Poraba in vrsta goriv pri obvejevanju, sečnji
- Bilanca in scenarij (naslednje operacije pri posameznih surovinah«)
 - o Hlodovina
 - o Ostanki – npr. za biomaso
 - o Odpadki

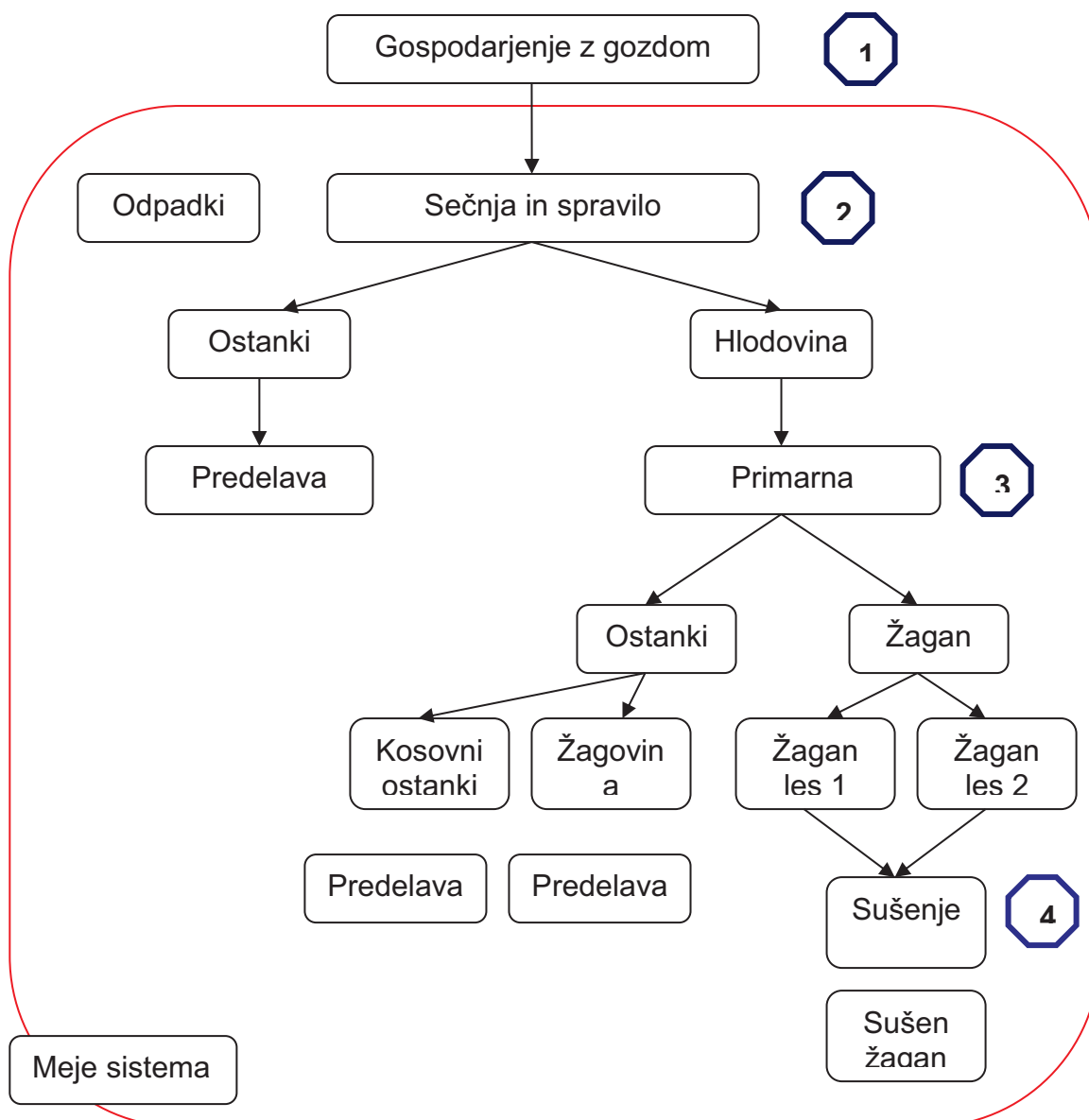
Faza 3 – primarna predelava

- Hlodovina
 - o Poraba in vrsta energije ter goriv pri razrezu ali npr. pri termični obdelavi hlodovine
 - o Poraba vode
 - Poraba vode na izdelek (pitne vode in tehnične vode)
 - Količina odpadne vode na izdelek in ravnanje z njo
 - Morebitni obstoj čistilne naprave v okviru produkcijskega obrata
 - Emisije polutantov v vode (tip in količine) na izdelek
 - o Transport - tip transportnih vozil, razdalje, delež vozila, ki je neizkoriščen (prazen) in delež neizkoriščene povratne vožnje
 - o Odpadki in emisije - Emisije polutantov v zrak (tip in količine polutantov) na m³ in ostali odpadni material, povezan s proizvodnimi procesi, npr: filtri, pepel, itd.
 - o Produkti, ostanki – količina in scenarij

- Ostanke sečnje
 - Poraba energije in goriv npr. pri izdelavi peletov
 - Poraba vode
 - Poraba vode na m³ (pitne vode in tehnične vode)
 - Količina odpadne vode na izdelek in ravnanje z njo
 - Morebitni obstoj čistilne naprave v okviru produkcijskega obrata
 - Emisije polutantov v vode (tip in količine) na izdelek
 - Transport - tip transportnih vozil, razdalje, delež vozila, ki je neizkoriščen (prazen) in delež neizkoriščene povratne vožnje
 - Odpadki in emisije - Emisije polutantov v zrak (tip in količine polutantov) na m³ in ostali odpadni material, povezan s proizvodnimi procesi, npr: filtri, pepel, itd.

Faza 4 – sušenje

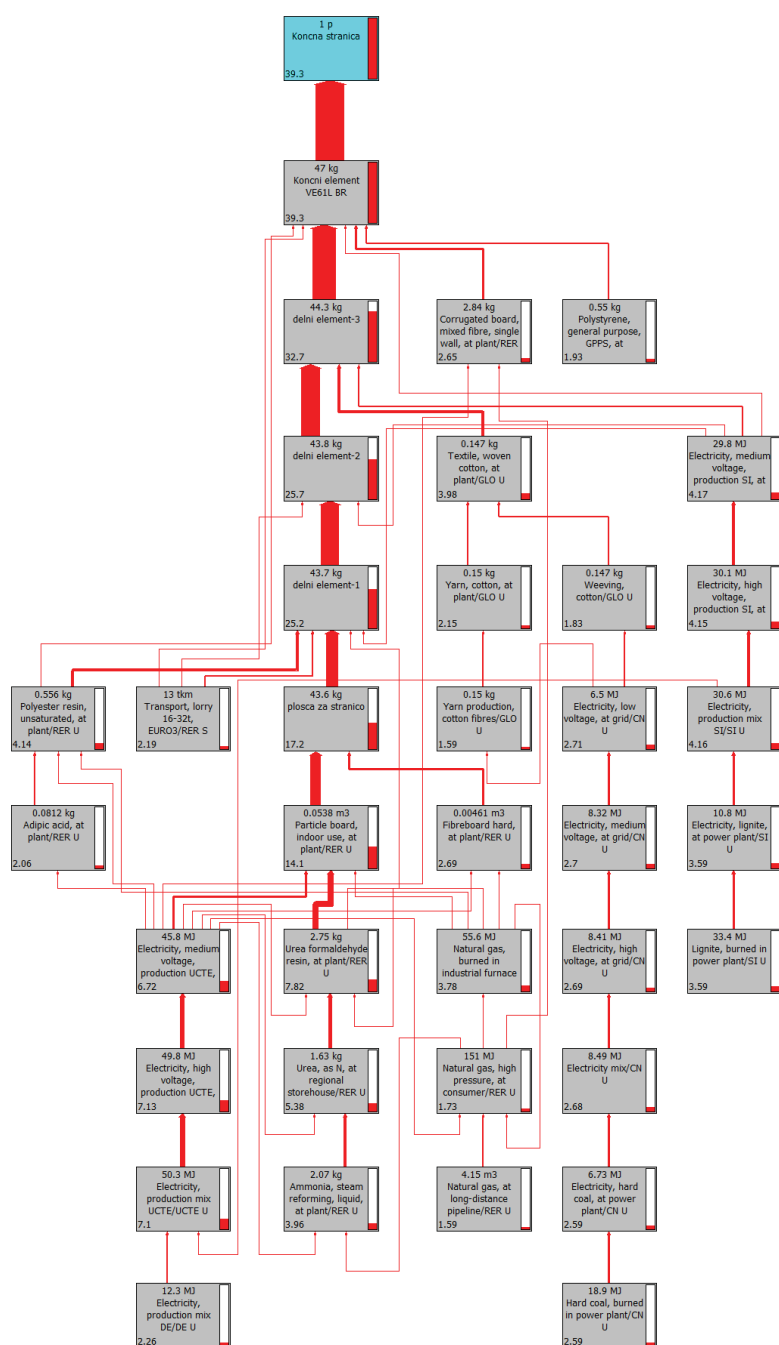
- Poraba in vrsta energije ter goriv
- Poraba vode
 - Poraba vode na m³ (pitne vode in tehnične vode)
 - Količina odpadne vode na izdelek in ravnanje z njo
 - Morebitni obstoj čistilne naprave v okviru produkcijskega obrata
 - Emisije polutantov v vode (tip in količine) na izdelek
- Odpadki in emisije - Emisije polutantov v zrak (tip in količine polutantov) na m³ in ostali odpadni material, povezan s proizvodnimi procesi, npr: filtri, pepel, itd.
- Transport - tip transportnih vozil, razdalje, delež vozila, ki je neizkoriščen (prazen) in delež neizkoriščene povratne vožnje
- Produkti



Slika 7: Meje sistema za izračun ogljičnega odtisa žaganega lesa sušenega v sušilnici.

Na podlagi opredeljenih mej sistema, smo pripravili seznam podatkov, ki so potrebni za izračun ogljičnega odtisa. Na podlagi seznamov smo se odločili, za način zbiranja podatkov. Nekatere podatke smo se odločili pridobiti z uporabo modelov s pomočjo kalkulativnih podatkov, druge neposredno od določenih reprezentativnih gospodarskih družb, nekatere iz literature ter nekatere privzeti iz podatkovne baze Ecoinvent. Določili smo odgovorne za pridobivanje določenih podatkov ter pričeli s pridobivanjem podatkov. Vzporedno z zbiranjem podatkov smo pričeli z modeliranjem s programsko opremo Simapro (SimaPro Analyst Indefinite, Ecoinvent v2, Product Ecology Consultants, PEC, Nizozemska), ki omogoča poenostavljeno natančno

sledenje vsem materialnim tokovom skozi življenjski cikel ter dosledno klasifikacijo in kategorizacijo podatkov (Slika 8).



Slika 8: Shematični prikaz sledenja materialnih tokov pri modeliranju zbranih podatkov za izračun ogljičnega odtisa 1.63 m³ hlodovine iglavcev z vlažnostjo 70 % iz slovenskih gozdov.

Enak potek dela kot za izračun ogljičnega odtisa žaganega lesa smo uporabili tudi pri drugih primarnih proizvodih. Za vsakega izmed njih smo pripravili

shemo oziroma meje sistema za izračun ogljičnega odtisa skladno s standardom ISO 14044 (2006) in britanskim standardom PAS 2050: 2011 (Specification for the Assessment of the Life Cycle Greenhouse Gas Emissions of Goods and Services). Pri postavljanju sheme smo sledili v standardu določenim korakom za izdelavo analize LCA: definicija cilja, pridobivanje podatkov, modeliranje ter analiza in vrednotenje. Določili smo funkcionalno enoto (1 m^3) in opredelili meje sistema. Pri izračunu ogljičnih odtisov posameznih proizvodov smo upoštevali naslednje vire emisij:

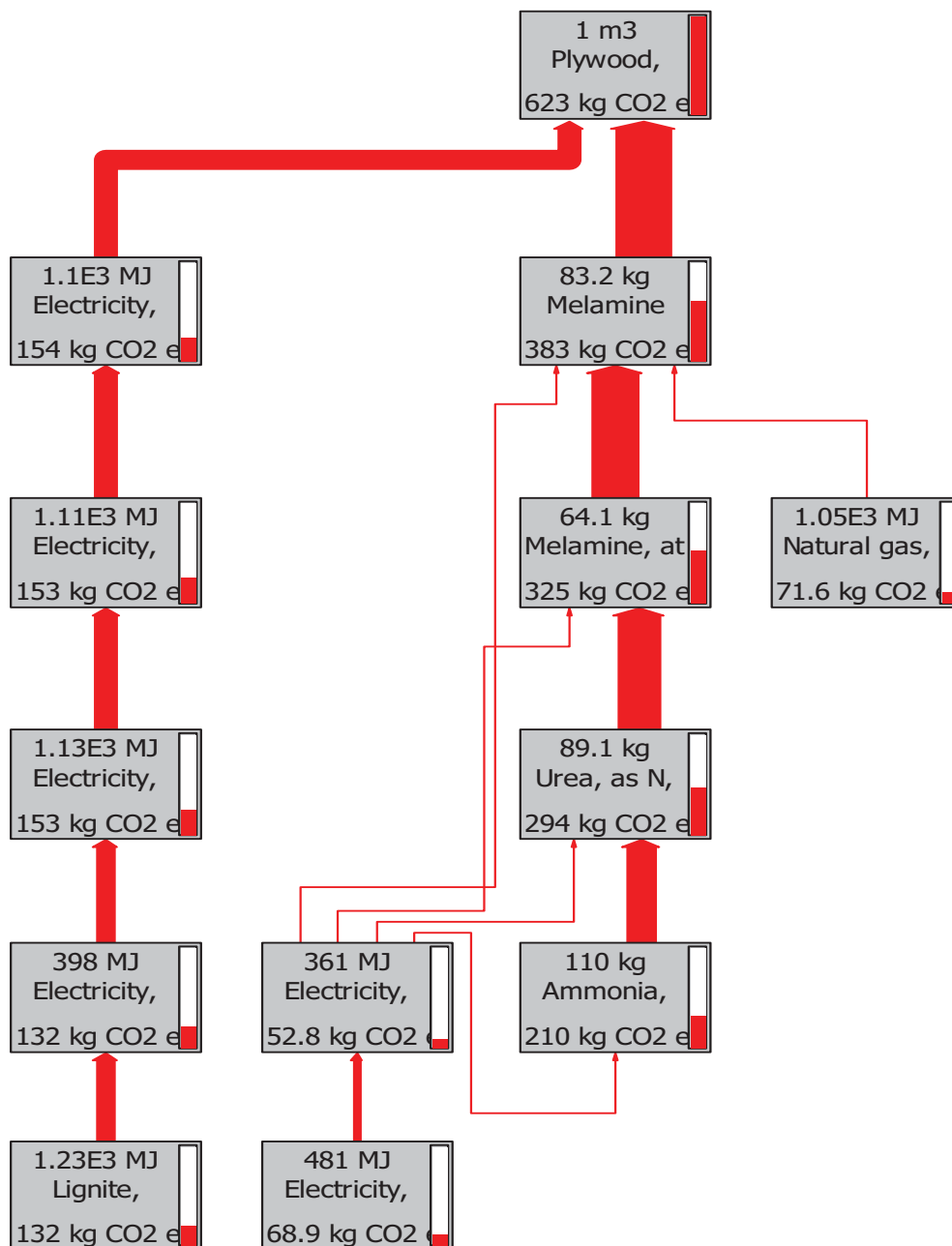
4.2 Vezana plošča

V Preglednica 4 podajamo podatke virov emisij (na Slika 9 pa materialne tokove) in njihov prispevek k ogljičnemu odtisu 1 m^3 vezane plošče iz slovenskih proizvodnih obratov, ki znaša $623 \text{ kg CO}_2\text{e}$. Od tega 61.5 % emisij prispeva za izdelavo plošč uporabljena melamin-formaldehidna smola, 24.7 % poraba električne energije ter 4.9 % toplotna energija iz lesnih sekancev, ki jo potrebujejo v proizvodnem procesu, le 3.9 % pa sama lesna surovina. Skupen transport hlodov iz gozdne ceste do proizvodnega obrata prispeva 5.3 %. Pri izračunih nismo upoštevali vpliva na okolje, ki ga je povzročila gradnja proizvodnega obrata.

Če primerjamo rezultate v Preglednica 4 (SLO in ECO) lahko zaključimo, da je ogljični odtis vezane plošče iz slovenskih proizvodnih obratov (SLO) nižji od ogljičnega odtisa vezane plošče podanega v bazi Ecoinvent 2.0 (2010), ki je bil izračunan iz podatkov pridobljenih na ravni celotne Evropske unije (ECO). Razlog za nižji ogljični odtis vezane plošče iz slovenskih proizvodnih obratov je predvsem v nižjem ogljičnem odtisu sečnje in izdelave ter spravila lesa do gozdne ceste («Okrogli les-iglavci-na gozdni cesti») in emisij v Sloveniji proizvedene električne energije.

Preglednica 4: Primerjava ogljičnega odtisa 1 m³ vezane plošče iz slovenskih proizvodnih obratov (SLO) ter iz podatkovne baze Ecoinvent 2.0 (ECO) (viri emisij in prispevek virov emisij k celotnemu ogljičnemu odtisu).

	Ogljični odtis		Prispevek k ogljičnemu odtisu [%]	
	SLO	ECO	SLO	ECO
Poraba goriva (diesel) za stroje	0.292	0.292	0.0	0.0
Električna energija	154	161	24.7	25.0
Melamin-formaldehidna smola	383	383	61.5	59.6
Okrogli les-iglavci-na gozdni cesti	24.5	37.1	3.9	5.8
Transport, železnica	13.6	13.6	2.2	2.1
Transport, tovorno vozilo nad 16 t	19.6	19.6	3.1	3.0
Ravnanje z odpadno vodo	1.6	1.6	0.3	0.2
Energija iz lesnih sekancev	30.5	30.5	4.9	4.7
Lesni sekanci	-6.47	-6.47	-1.0	-1.0
Lesna plošča	2.28	2.28	0.4	0.4
SKUPAJ	623	643	100	100



Slika 9: Shematični prikaz sledenja materialnih tokov pri modeliranju zbranih podatkov za izračun ogljičnega odtisa 1 m³ vezane plošče iz slovenskih proizvodnih obratov.

4.3 Peleti

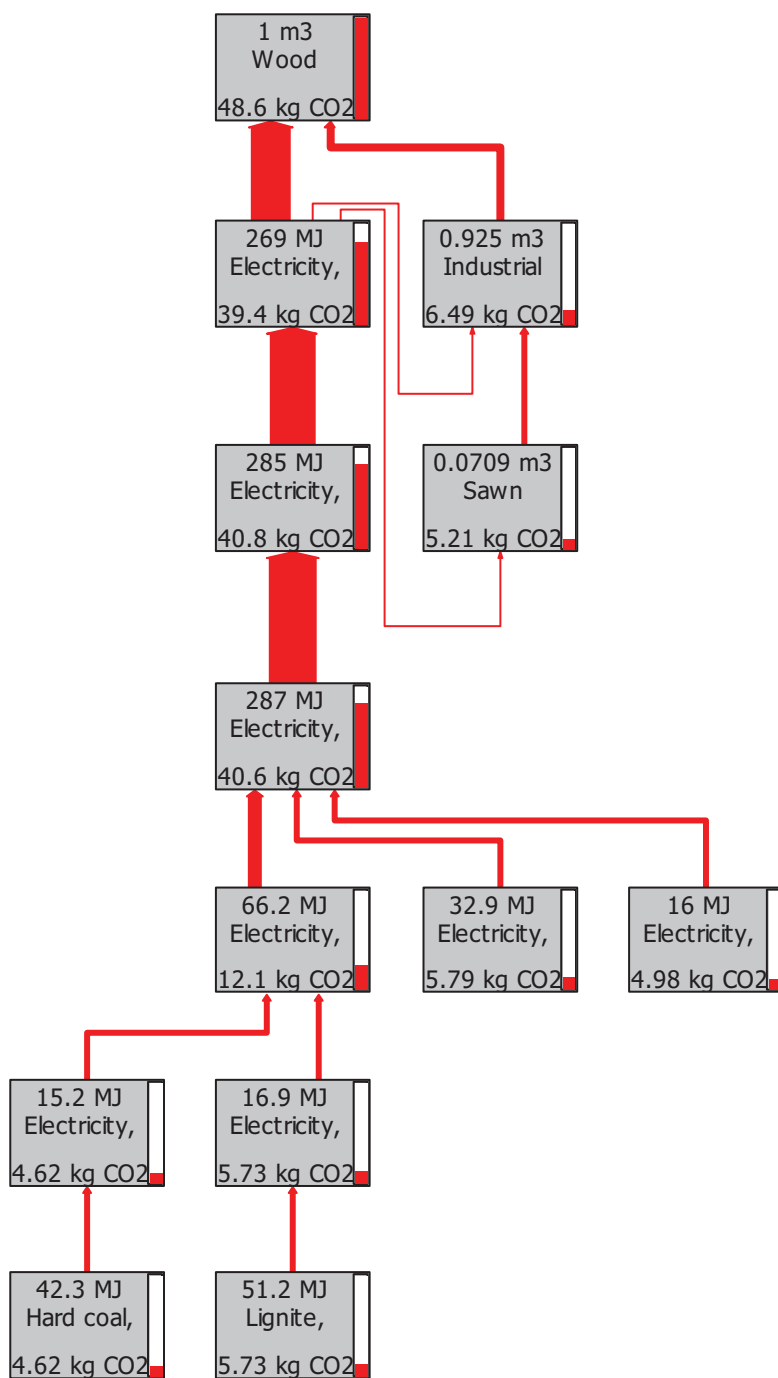
V Preglednica 5 podajamo podatke virov emisij (na Slika 9 pa materialne tokove) in njihov prispevek k ogljičnemu odtisu 1 m³ slovenskih pelet, ki znaša 48.4 kg CO₂e. Od tega daleč največ, 70.9 % prispeva poraba električne energije ter 18.1 % prispevek lesnih sekancev (kot industrijski ostanek, združeno iglavci in listavci). Skupne emisije transporta prispevajo 11 % emisij.

V Preglednica 5 je tudi razvidno, da je vpliv na okolje, ki ga je povzročila gradnja proizvodnega obrata, zanemarljiv (0.000634 kg CO₂e).

Če primerjamo rezultate v Preglednica 5 (SLO in ECO) lahko zaključimo, da je ogljični odtis slovenskih pelet (SLO) nižji od ogljičnega odtisa, podanega v bazi Ecoinvent 2.0 (2010), ki je bil izračunan iz podatkov pridobljenih na ravni celotne Evropske unije (ECO). Razlog za nižji ogljični odtis slovenskih pelet je predvsem v nižjem ogljičnem odtisu v Sloveniji proizvedene električne energije (tudi poraba manjša, saj sta v celotnem sistemu le dva energenta – elektrika za delovanje transportnih trakov, bobenskega sušilnika, kladivarja in peletirke ter sekanci za proizvodnjo procesne toplote) in krajšem transportu (peletirni obrati so največkrat v sklopu drugih lesnopredeleovalnih obratov – sekanci potujejo samo po transportnem traku do sušilnika in naprej do kladivarja).

Preglednica 5: Primerjava ogljičnega odtisa 1 m³ slovenskih pelet (SLO) ter podatkovne baze Ecoinvent 2.0 (ECO) (viri emisij in prispevek virov emisij k celotnemu ogljičnemu odtisu).

	Ogljični odtis [kg CO ₂ e]		Prispevek k ogljičnemu odtisu [%]	
	SLO	ECO	SLO	ECO
Električna energija	34.3	86.5	70.9	84.0
Industrijski lesni ostanki (listavci)	2.28	2.28	4.7	2.2
Industrijski lesni ostanki (iglavci)	6.49	6.49	13.4	6.3
Transport, železnica	2.8	2.8	5.8	2.7
Transport, tovorno vozilo nad 16 t	2.5	4.48	5.2	4.3
Infrastruktura peletirnega obrata	0.0	0.0	0.0	0.0
SKUPAJ	48.4	103	100	100



Slika 10: Shematični prikaz sledenja materialnih tokov pri modeliranju zbranih podatkov za izračun ogljičnega odtisa 1 m³ slovenskih pelet.

5. Promocija

Že v prvih mesecih projekta pa smo pričeli s promocijo vsebine našega projekta v Sloveniji in svetu. Objavili smo več strokovnih člankov v slovenskih

revijah in znanstvenih prispevkov na mednarodni konferenci. Članica projektne skupine, dr. Andreja Kutnar, je v okviru predavanj konec oktobra 2011 na Oregon State University, Corvallis, ZDA predstavila projekt in promovirala trajnostni razvoj v slovenskem lesarstvu. Sodelavka je v prvih mesecih trajanja projekta obiskala številne priznane inštitucije v Evropi in svetu, na katerih se je sestala s strokovnjaki na področju vrednotenja okoljskih vplivov v lesnem sektorju. Srečala se je s strokovnjaki in raziskovalci iz inštituta Fraunhofer WKI v Braunschweigu, Nemčija, inštituta FPInnovations, Vancouver, Kanada, University of British Columbia, Department of Wood Science, Faculty of Forestry, Vancouver, Kanada, inštituta EMPA, Duebendorf, Švica, inštitut Institute for building materials na Swiss Federal Institute of Technology Zürich, ETH, Zürich, Švica in Bern University of Applied Sciences, Biel v Švici. Na obiskih je promovirala naše aktivnosti na projektu in si s priznanimi strokovnjaki izmenjala izkušnje, ideje ter predvsem dobila pregled nad trenutnim stanjem na področju ogljičnega odtisa primarnih lesnih proizvodov v Evropi in svetu. Sodelavka se je v decembru 2011 srečala tudi z enim izmed začetnikom analize LCA v lesnem sektorju, dr. Frankom Wernerjem iz Environment & Development, Zürich, Švica, s katerim se je dogovorila, da bo izvedel zunanjo presojo naših izračunov ogljičnih odtisov primarnih lesnih proizvodov.

Februarja sta se sodelavca dr. Kutnar in dr. Tavzes izmenjala izkušnje na področju pridobivanja podatkov za računanje ogljičnega odtisa s kolegij iz Aalto University iz Finske, ki so vključeni v WoodWisdom projektu €CO2 Wood in Carbon Efficient Construction.

V mesecu marcu smo aktivno sodelovali na konferenci Uredba o zelenih javnih naročilih, priložnosti in izzivi za lesarje in gradbince, ki je bila organizirana v okviru Sejma Dom 2012. Na konferenci je sodelavka dr. Andreja Kutnar predstavila naš projekt v okviru predavanja »Analiza življenjskega cikla (LCA) – objektivno merilo okoljskih zahtev zelenih javnih naročil (ZeJN)«, kjer je predstavila in zagovarjala prepričanje, da je za nepristransko vrednotenje vplivov na okolje edino smiselno uporabiti objektivna merila okoljskih obremenitev, kot je analiza življenjskega cikla

(LCA). Na konferenci, katere so se udeležili predstavniki ministrstev, predstavniki iz gospodarstva in strokovnjaki iz inštitucij znanja, smo tako predstavili naš projekt in poudarili, da se lesni sektor že pripravlja na prihodnje, še ostrejšje, okoljske zahteve zelenih javnih naročil.

V aprilu je sodelavka dr. Kutnar obiskala dr. Maureen Puettmann, priznano strokovnjakinjo na področju analize LCA, v Oregonu, ZDA. Dr. Puettmann je vključena v CORRIM (Consortium for Research on Renewable Industrial Materials), v okviru katerega že 15 let izvaja analize LCA na področju gozdarstva, lesnih proizvodov in biogoriv. Z dr. Puettmann si je dr. Kutnar izmenjala izkušnje, ideje ter predvsem dobila pregled nad trenutnim stanjem na področju ogljičnega odtisa primarnih lesnih proizvodov v ZDA in metodami, ki jih uporabljajo za zbiranje podatkov za analize LCA.

Sodelavec prof. dr. Janez Krč je v juniju rezultate izračunov ogljičnega odtisa sečnje in spravila slovenskega lesa predstavil na simpoziju IUFRO 4.05.00 - Managerial Economics and Accounting Annual Symposium Economic and Accounting Criteria and Indicators for Sustainable Forest Management v Tennessee, ZDA. Predstavitev je sprožila številna zanimanja o ogljičnem odtisu sečnje in spravila lesa v Sloveniji in drugih državah, saj je sodelavec ogljične odtise sečnje in spravila lesa primerjal z ogljičnimi odtisi, ki so dostopni v podatkovni bazi Ecoinvent v2.

6. Dodatne aktivnosti, ki niso bile predvidene v prijavi projekta

Poleg navedenih aktivnosti smo pregledali osnutek novega ISO standarda ISO14067 za računanje ogljičnega odtisa izdelkov in ga primerjali s standardom PAS2050. Novi ISO standard ne razlikuje med biogenim in fosilnim ogljikom. Ne upošteva shranjevanja CO₂, katerega standard PAS2050 upošteva. Razlike so tudi pri zahtevah alokacij izračuna. Standard ISO14067 zahteva masno alokacijo, ki pa ne podpira kaskadne rabe lesa oziroma kaskadna raba ne vpliva pozitivno na znižanje ogljičnega odtisa. Zaradi identificiranih zahtev standarda, ki nepravilno oziroma negativno

vplivajo na izračun ogljičnega odtisa lesa in lesnih izdelkov, smo se vključili v diskusijo pripomb na osnutek standarda, ki se je odvijala med evropskimi proizvajalci ivernih plošč in strokovnjaki iz inštitucij znanja. Podprli smo predlog, da se v standard vključi upoštevanje skladiščenega CO₂ in da se opredeli zahteva, da se pri računanju ogljičnega odtisa lesa in lesnih izdelkov vedno uporabi ekonomska alokacija. Poleg tega je mnenje projekte skupine doc. dr. Andreja Kutnar predstavila enemu izmed pripravljavcem omenjenega standarda Alessandru Manzardo iz univerze v Padovi. Kolegica je od gospoda Manzardo tudi dobila informacije, da je novi predvideni datum izzida standarda sredina leta 2013. Zato smo v našem raziskovalnem delu nadaljevali po standardu PAS2050.

7. Razprava, zaključki in priporočila naročniku

V Sloveniji je les lokalno dostopen obnovljivi vir, za njegovo predelavo ne potrebujemo veliko energije, zlahka pa mu poiščemo nov namen uporabe tudi po izteku življenjske dobe prvega izdelka. Izračun ogljičnega odtisa slovenskega žaganega lesa iglavcev, vezane plošče ter pelet in primerjava z ogljičnim odtisom teh izdelkov, podanim v podatkovni bazi Ecoinvent (podatki pridobljeni v Nemčiji ali pa na ravni celotne Evropske unije), sta pokazala, da ima slovenski les zaradi specifične sečnje in izdelave, spravila in krajših transportnih razdalj, nižji ogljični odtis. Poleg tega je les, ki ga imamo v Sloveniji v relativnem izobilju, eden redkih obnovljivih naravnih materialov, ki zaradi nastanka v procesu fotosinteze iz ozračja veže CO₂. Les in leseni izdelki v času svoje celotne življenjske dobe tega plina tudi ne sproščajo v ozračje, ampak je v njih skladiščen (sekvestracija CO₂). Za pridobivanje in vgradnjo lesa je značilna nizka poraba energije, lesne izdelke lahko enostavno razgradimo z možnostjo ponovne uporabe ali pa vsaj za pridobivanje energije iz obnovljivega vira. Rezultati v poročilu predstavljenih izračunov ogljičnega odtisa žaganega lesa iz slovenskih gozdov ter drugih izdelkov slovenske primarne lesnopredelovalne industrije objektivno nakazujejo prednost uporabe slovenskega lesa, kar bomo uporabili za

izdelavo predlogov spodbud in ukrepov za pospeševanje rabe lesnih izdelkov iz slovenskega lesa na podlagi objektivnih meril okoljskih obremenitev.

REFERENCE

Allison C., Carter A. 2000. Study on different types of Environmental Labelling (ISO Type II and III labels): Proposal for an Environmental Labelling Strategy. Final report. Oxford. Environmental Resources Management: 1 str.

Benefits of International Standards. ISO – International Organization for Standardization. <http://www.iso.org/iso/home/standards/benefitsofstandards.htm> (14. avg. 2013)

Carre A. (2011) A Comparative Life Cycle Assessment of alternative constructions of a typical Australian house design. Forest and Wood Products Australia Limited, 121 str. (www.fwpa.com.au)

Cherubini F., Bird N.D., Cowie A., Jungmeier G., Schlamadinger B., Gallasch S. 2009. Energy- and greenhouse gas-based LCA of biofuel and bioenergy systems: Key issues, ranges and recommendations. Resources, Conservation and Recycling, 53: 434-447.

Cherubini F., Strømman A.H. 2011. Life cycle assessment of bioenergy systems: State of the art and future challenges. Bioresource Technology 102: 437-451.

Das Gupta J. (2009) Eco Indicators on every product. <http://thegreentake.wordpress.com/2009/11/30/eco-indicators-on-every-product/> (27.12.2010).

DuPont Packaging Graphics. 2008. A Glossary of Common Sustainability Terms. Du pont.

Ecoinvent 2.0 (2010) Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, Švica.

EPD®. The green yardstick. <http://www.environdec.com> (15. avg. 2013) framework. 2 str.

Guinée B. J., Gorrée M., Heijungs R., Huppes G., Kleijn R., Van Oers L., De Koning A., Wegener Sleeswijk A., Suh S., Udo de Haes H. A., De Bruijn H., Van Duin R., Huijbregts M. A. J. 2002. Handbook on Life Cycle Assessment. Operational Guide to the ISO Standards. Dordrecht , Kluwer Academic Publishers: 5 - 9 str., 63 - 65str. (31. jul. 2013)

http://www.pre.nl/simapro/impact_assessment_methods.htm#EP97

Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC). 2001. Reference Document on Best Available Techniques in the Pulp and Paper Industry. European commission: 9, 31 – 57 str.

ISO 14025, 2006. Environmental labels and declarations – Type III environmental declarations – Principles and procedures. 8 – 10 str.

ISO 14040 (2006) Environmental management -- Life cycle assessment -- Principles and framework.

ISO 14040, 1997. Environmental management – Life cycle assessment – Principles and

ISO 14044 (2006) Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines.

ISO 14044, 2006. Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines. 8 str.

Jensen A., Hoffman L., Møller B., Schmidt A., Christiansen K., Elkington J., 1997. Life Cycle Assessment, A guide to approaches, experiences and information sources, European Environment Agency: 13-16 str. (31. jul. 2013)

Jungmeier G., Werner F., Jarnehammar A., Hohenthal C., Rihter K. (2002) Allocation in LCA of Wood-based Products. Experiences of Cost Action E9. International Journal of Life Cycle Assessment, 7(6): 369–375.

Košir B. (1998) Presoja koncepta zgodnjih redčenj z vidika porabe energije in poškodb sestojev. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 56: 55-71.

Košir B. (1999) Ocena življenjskega kroga proizvodov v gozdarstvu. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 59: 89–120.

Kutnar A., Tavzes Č. (2011) RIP09 - multifunkcionalno pohištvo - inovativne produktne enote bivanjskih prostorov prihodnosti (TIA) : ogljični odtis "od zibelke do vrat" elementov dnevne sobe Tina. Les, 63(5): 238-243.

Le Treut H., Somerville R., Cubasch U., Ding Y., Mauritzen C., Mokssit A., Peterson T., Prather M. (2007) Historical Overview of Climate Change. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Solomon S., Qin D., Manning M., Chen Z., Marquis M., Averyt K.B., Tignor M., Miller H.L. (eds.)). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Life cycle assesment: Principles and practice. 2006. Ohio. National Risk Management Research Laboratory. Scientific Applications International Corporation (SAIC): 2, 4, 11-14 str. (http://www.epa.gov/nrmrl/std/lca/pdfs/chapter1_frontmatter_lca101.pdf) (1. avg. 2013)

Life Cycle Assessment and Forest Products. 2010. A White Paper. Feel good about Canadian pulp, paper, and wood. Forest Products Association of Canada: 7 str. (31. jul. 2013)

Lindholm E.L., Berg S., Hansson P.A. (2010) Energy efficiency and the environmental impact of harvesting stumps and logging residues. Eur J Forest Res, 129: 1223-1235.

Martincic J. C. 1997. The ISO 14000 Series of Standards. <http://www.sis.pitt.edu/~mbsclass/standards/martincic/iso14000.htm> (17. avg. 2013)

Municipal solid waste. U.S. Environmental protection agency <http://web.archive.org/web/20060308134427/http://www.epa.gov/epaoswer/non-hw/muncpl/recycle.htm> (1. sept. 2013)

Neupane B., Halog A., Dhungel S. (2010) Attributional Life Cycle Assessment of wood chips for bioethanol production. *Journal of Cleaner Production*, doi:10.1016/j.jclepro.2010.12.002

Oneil E.E., Johnson L.R., Lippke B.R., McCarter J.B., McDill M.E., Roth P.A. Finley J.C. (2010) Life-cycle impacts of inland Northwest and Northeast/North central forest resources. *Wood and Fiber Science*, 42: 29–51.

Paper recycling. U.S. Environmental protection agency <http://www.epa.gov/epawaste/conserva/materials/paper/basics/index.htm> (24. avg. 2013)

PAS 2050 (2008) Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services.

Petersen A.K., Solberg B. (2005) Environmental and economic impacts of substitution between wood products and alternative materials: a review of micro-level analyses from Norway and Sweden. *Forest Policy and Economics*, 7: 249-259.

Piškur M., Humar M. (2010) Dinamika zalog ogljika v lesnih izdelkih v Sloveniji. *LesWood*, 62(5): 229–236.

PRé Consultants (2010) Impact assessment methods.

Product category rules – PCR Basic Module – CPC Division 32: Pulp, paper and paper products; printed matter and related articles. 2011. The International EPD system. Version 1.1.

Product Category Rules (PCRs). UL. <http://www.ul.com/global/eng/pages/offering/businesses/environment/services/epd/pcr/> (16. avg. 2013)

Puettmann M.E., Bergman R., Hubbard S., Johnson L., Lippke B., Oneil E., Wagner F.G. (2010) Cradle-to-gate life-cycle inventory of US wood products production: cradle phase I and phase II products. *Wood and Fiber Science*, 42: 15 – 28.

Puettmann M.E., Wilson J.B. (2005) Life-cycle analysis of wood products: cradle-to-gate LCI of residential wood building materials. *Wood and Fiber Science*, 37: 18 – 29.

Richter K. (2001) LCA – reuse/recycle. In: *Wood adhesion and glued products, Report on the State of the Art of COST Action E13*. Edited by Johansson C.J., Pizzi T., Van Leemput M.: 161-180.

Rivela B., Hospido A., Moreira T., Feijoo G. (2006) Life cycle inventory of particleboard: a case study in the wood sector. *Int J LCA*, 11(2): 106-113.

Simapro (2009) SimaPro Analyst Indefinite, Ecoinvent v2, Product Ecology Consultants, PEC, Nizozemska www.pre.nl/default.htm

Tucker S., Syme M., Foliente G. (2009) Life Cycle Assessment of forest and wood products in Australia. *New Zealand Timber Design Journal*, 17(4): 3–9.

Udo de Haes A. H., Van Rooijen M. 2005. Life cycle approaches. The road from analysis to practice, UNEP: 45 str. (11. avg. 2013)

Webb C. (2011) USGBC floats plan to let wood-cert groups qualify for LEED. Forest Business Network, <http://www.forestbusinessnetwork.com/4904/usgbc-floats-plan-to-let-wood-cert-groups-qualify-for-leed/> (13.07.2011)

Werner F. (2002) Modelling of wood products in Life Cycle Assessment with special emphasis on recycling and end-of-life. Model requirements, allocation procedures and recommendations derived from LCAs of railway sleepers and particleboard. Research and Work Report 115/48. EMPA Laboratory 115, Group Ecology: 107 str.

Werner F., Richter K. (2007) Wood building products in comparative LCA. A literature review. *Int J LCA*, 12(7): 470-479.

White M.K., Gower S.T., Ahl D.E. (2005) Life cycle inventories of roundwood production in northern Wisconsin: Inputs into an industrial forest carbon budget. *Forest Ecology and Management*, 219: 13–28.

ZGS (2010) ZGS letno poročilo o gozdovih za leto 2010. http://www.zgs.gov.si/fileadmin/zgs/main/img/PDF/LETNA_POROCILA/Porgozd10_Solc1.pdf (19.07.2011)

Priloge – objavljeni članki

BRISCHKE, Christian, MEYER, Linda, ALFREDSEN, Gry, HUMAR, Miha, FRANCIS, Lesley, FLÖETE, Per-Otto, LARSSON, Pia Brelid-. Natural durability of timber exposed above ground : a survey. *Drv. ind.*, 2013, vol. 64, no. 2, str. 113-129. [COBISS.SI-ID 2112649]

KRČ, Janez, KUTNAR, Andreja. Evaluation of carbon footprint of primary wood products produced out of domestic wood. V: Abstracts : International symposium Criteria and indicators for sustainable forest management : contributions of managerial economics and accounting : [Knoxville, Tennessee (USA), 6-9 June 2012]. [S. l.: s. n., 2012], str. 2. [COBISS.SI-ID 3394982]

KUNIČ, Roman, TAVZES, Črtomir, KUTNAR, Andreja. Ogljični odtis toplotnoizolacijskih materialov v toplotnem ovoju stavb = Carbon footprint of thermal insulation materials in building envelopes. *Gradb. vestn.*, sep. 2012, letn. 61, str. 206-214, ilustr. [COBISS.SI-ID 1024461908]

KUTNAR, Andreja, KRČ, Janez, KRAJNC, Nike, PIŠKUR, Mitja, TAVZES, Črtomir, HUMAR, Miha. Analiza življenjskega cikla (LCA) - objektivno merilo okoljskih zahtev zelenih javnih naročil (ZEJN) = Life cycle analysis (LCA) - objective assessment of the environmental requirements in the frame of green public procurement. *Les (Ljublj.)*, 2012, letn. 64, št. 6, str. 181-186. [COBISS.SI-ID 1024437844]

KUTNAR, Andreja, KRČ, Janez, KRAJNC, Nike, PIŠKUR, Mitja, TAVZES, Črtomir, HUMAR, Miha. Ogljični odtis žaganega lesa iglavcev iz slovenskih gozdov = Carbon footprint of sawn softwood timber from Slovenian forests. V: HUMAR, Miha (ur.), KRAIGHNER, Hojka (ur.). *Gozd in les : gozd in les - certificiranje v gozdarstvu in lesarstvu : znanstveno srečanje : zbornik predavanj ob znanstvenem srečanju Gozd in les: certificiranje v gozdarstvu in lesarstvu*, (Les, letn. 65 (2013), št. 1/2). Ljubljana: Zveza lesarjev Slovenije, 2013, 2013, letn. 65, št. 1/2, str. 16-20, ilustr. [COBISS.SI-ID 3638694]

SINHA, Arijit, GUPTA, Rakesh Kumar, KUTNAR, Andreja. Sustainable development and green buildings = Održivi razvoj i zelena gradnja. *Drv. ind.*, 2013, let. 64, št. 1, str. 45-53, doi: 10.5552/drind.2013.1205. [COBISS.SI-ID 102449723]

SINHA, Arijit, KUTNAR, Andreja. Carbon footprint versus performance of aluminum, plastic, and wood window frames from cradle to gate. *Buildings (Basel)*, 2012, vol. 2, str. 542-553, doi: 10.3390/buildings2040542. [COBISS.SI-ID 1024478548]

SINHA, Arijit, KUTNAR, Andreja. Green building rating system - leadership in energy and environmental design (LEED) : significance for wood industry = Sistem ocenjevanja zelenih stavb - leadership in energy and environmental design (LEED) : pomen za lesno industrijo. *Les (Ljublj.)*, 2012, letn. 64, št. 1/2, str. 1-5. [COBISS.SI-ID 1996937]