

Univerza  
v Ljubljani

Fakulteta za  
*gradbeništvo in  
geodezijo*



Jamova 2  
1000 Ljubljana, Slovenija  
telefon (01) 47 68 500  
faks (01) 42 50 681  
fgg@fgg.uni-lj.si

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ  
GRADBENIŠTVA  
KONSTRUKCIJSKA SMER

Kandidat:

**LENART CAPUDER**

**ANALIZA ŽIVLJENSKEGA CIKLA  
ENOSTANOVANJSKE ZGRADBE S Poudarkom NA  
FAZI PROIZVODNJE GRADBENIH MATERIALOV**

Diplomska naloga št.: 3208/KS

**RESIDENTAL BUILDING LIFE CYCLE ASSESMENT  
FOCUSED TO CONSTRUCTION MATERIALS  
PRODUCTION**

Graduation thesis No.: 3208/KS

**Mentor:**

izr. prof. Jana Šelih

**Somentor:**

dr. Marjana Šijanec Zavrl

**Predsednik komisije:**

izr. prof. dr. Janko Logar

## **STRAN ZA POPRAVKE**

**Stran z napako**

**Vrstica z napako**

**Namesto**

**Naj bo**

## **IZJAVE**

Podpisani Lenart Capuder izjavljam, da sem avtor diplomskega dela z naslovom: „Analiza življenjskega cikla enostanovanjske zgradbe s poudarkom na fazi proizvodnje gradbenih materialov“.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v repozitoriju UL FGG.

Ljubljana, 8.2.2012

---

(podpis)

## **BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK**

<b>UDK:</b>	347.235:022.2(043.2)
<b>Avtor:</b>	Lenart Capuder
<b>Mentorica:</b>	izr. prof. dr. Jana Šelih
<b>Somentorica:</b>	dr. Marjana Šijanec Zavrl
<b>Naslov:</b>	Analiza življenjskega cikla enostanovanjske zgradbe s poudarkom na fazi proizvodnje gradbenih materialov
<b>Obseg in oprema:</b>	94 strani, 11 preglednic, 41 slik, 5 prilog
<b>Ključne besede:</b>	analiza življenjskega cikla, okolje, gradbeni material, okoljska deklaracija proizvodov, okoljski kazalnik

### **Izvleček**

V današnjem času, ko je trajnostni vidik eden ključnih elementov razvoja moramo tudi na področju gradenj razviti kriterije za določevanje okoljske sprejemljivosti stavb in inženirskih objektov. Metoda analize življenjskega cikla (LCA) je zelo primerna za razvoj takšnih kriterijev. Za uspešno uporabo v praksi bi morali biti kriteriji tudi dovolj preprosti, zato je namen te diplomske poiskati praktična orodja za vrednotenje vplivov na okolje, ki temeljijo na metodi LCA. S temi orodji želimo nato analizirati izbrano stavbo oziroma predstaviti okoljski vpliv gradbenih materialov in proizvodov, ki so v stavbo vgrajeni.

V diplomskem delu najprej predstavljamo metodo LCA, tako v splošnem smislu kot v povezavi z gradbeništvom. Med drugim predstavljamo tudi okoljske deklaracije proizvodov (EPD) in bazo okoljskih profilov za gradbene materiale Ökobau.dat. Jedro diplomske naloge predstavlja analiza življenjskega cikla gradbenih materialov in proizvodov, ki so vgrajeni v stavbo Riko ModEko. Za boljšo interpretacijo rezultatov smo osnovno varianto, Riko ModEko z lesenim okvirnim nosilnim sistemom sten, primerjali še s stavbo Riko ModEko, ki ima lepljene lesene masivne stene in zidano-betonsko stavbo. Glavne ugotovitve analize so, da so nekateri okoljski kazalniki še v razvoju, zato je njihova kredibilnost vprašljiva in da se materiali, ki so vgrajeni v zidano-betonsko stavbo v treh primerjanih kategorijah odrežejo precej slabše od materialov, ki so vgrajeni v obeh variantah Riko ModEko.

## **BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT**

<b>UDC:</b>	347.235:022.2(043.2)
<b>Author:</b>	Lenart Capuder
<b>Supervisor:</b>	assoc. prof. dr. Jana Šelih
<b>Co-advisor:</b>	dr. Marjana Šijanec Zavrl
<b>Title:</b>	Residential building life cycle assesment focused to construction materials production
<b>Notes:</b>	94 pages, 11 tables, 41 pictures, 5 annexes
<b>Key words:</b>	life cycle assesment, environment, building material, environmental product declarations, environmental indicator

### **Abstract**

The aspect of sustainability is one of the key elements of development today, and therefore, the criteria for the sustainability assesment for buildings and engineering structures have to be developed. Life cycle assessment, LCA, is suitable for these criteria development. In order to ensure successful implementation of the criteria in practice, they should be simple. The aim of this thesis is consequently to find practical tools for environmental impact assesment that are based on LCA. A selected building will be analysed by using these tools, and environmental impact profile of the in-built construction materials and products will be determined.

First, the thesis describes the LCA method, in general terms as well as in relation with construction. Environmental product declarations (EPSs) and the environmental profile database Ökobau.dat (developed specifically for construction materials) are presented. The core part is the LCA analysis of materials and products built in the selected building (Riko ModEko). The reference wooden frame structural wall system building (Riko ModEko) is compared to the building with the same conceptual design and glued wooden massive walls, and to the concrete masonry-filled frame building. Based on the results of the analysis conducted, it can be concluded that some of the employed environmental indicators are still in the developmental stage and their credibility has to be further confirmed. Further, the materials built in the concrete masonry-filled frame building have a poorer performance in three categories employed, when compared to the Riko ModEko buildings.

## **ZAHVALA**

Iskreno se zahvaljujem mentorici izr. prof. dr. Jani Šelih in somentorici dr. Marjani Šijanec Zavrl za idejo in pomoč pri izdelavi diplomske naloge.

Zahvaljujem se tudi g. Sašu Grozniku iz podjetja Riko Hiše d.o.o. za izčrpne podatke o stavbi, ki smo jo v diplomski nalogi obravnavali.

Na koncu se zahvaljujem tudi vsem svojim bližnjim, predvsem moji družini in puncu Petri za potrpežljivost.

## KAZALO VSEBINE

<b>1 UVOD</b>	<b>1</b>
1.1 Opredelitev problema	3
1.2 Namen diplomskega dela	4
1.3 Vsebina diplomske naloge	4
<b>2 OSNOVE LCA</b>	<b>6</b>
2.1 Zgodovina razvoja LCA	6
2.2 Definicija pojma LCA	8
2.3 Serija standardov ISO 14040	9
2.3.1 SIST EN ISO 14040:2006, Ravnanje z okoljem - Ocenjevanje življenjskega cikla - Načela in okviri	9
2.3.2 SIST EN ISO 14044:2006, Ravnanje z okoljem - Ocenjevanje življenjskega cikla - Zahteve in smernice	10
2.3.3 SIST-TP ISO/TR 14047:2008, Ravnanje z okoljem - Ocenjevanje življenjskega cikla - Primeri uporabe ISO 14042	10
2.3.4 ISO/TS 14048:2002, Ravnanje z okoljem - Ocenjevanje življenjskega cikla - Oblika dokumentiranja podatkov	10
2.3.5 ISO/TR 14049:2000, Ravnanje z okoljem - Ocenjevanje življenjskega cikla - Primer uporabe ISO 14041 opredelitev cilja in obsega študije ter LCI	11
2.4 Faze LCA	11
2.4.1 Faza opredelitve cilja in obsega študije	12
2.4.2 Faza določitve inventarja življenjskega cikla (LCI)	13
2.4.3 Faza vrednotenja vplivov (LCIA)	15
2.4.4 Faza interpretacije analize življenjskega cikla	18
2.5 Obseg obravnave LCA	19
2.6 Pomen metode LCA	19
2.7 Omejitve metode LCA	21
<b>3 UPORABA LCA V GRADBENIŠTVU</b>	<b>22</b>
3.1 Pomen in motivi za uporabo LCA v gradbeništvu	22
3.2 Posebnosti LCA pri analiziranju stavb	24
3.3 Primeri uporabe metode LCA v gradbeništvu	25
3.4 Uporabna orodja, ki temeljijo na podlagi LCA	28
3.4.1 Splošno o okoljskih deklaracijah proizvodov (EPD)	28
3.4.2 EPD za gradbene proizvode	29

3.4.3	Ökobau.dat	31
<b>4</b>	<b>FAZA PROIZVODNJE GRADBENEGA MATERIALA IN PROIZVODOV</b>	<b>32</b>
4.1	Zgodovinski razvoj gradbenih materialov	32
4.2	Razvrstitev gradbenih materialov	33
4.2.1	Splošna razvrstitev	33
4.2.2	Razvrstitev glede na izvor	33
4.2.3	Razvrstitev glede na namembnost	34
4.3	Definicija pojma gradbeni proizvod in bistvene zahteve za gradbene objekte	34
4.4	Značilnosti proizvodnje gradbenih materialov in proizvodov	36
<b>5</b>	<b>ANALIZA ŽIVLJENJSKEGA CIKLA ENOSTANOVANJSKE STAVBE MODEKO</b>	<b>37</b>
5.1	Opis stavbe Riko ModEko – okvirni nosilni sistem	37
5.2	Okoljski kazalniki	43
5.2.1	Kazalniki inventarja – vhodne količine	43
5.2.1.1	Poraba primarne neobnovljive in obnovljive energije	43
5.2.1.2	Poraba sekundarnih goriv	44
5.2.1.3	Poraba vode	44
5.2.2	Kazalniki inventarja – izhodne količine	44
5.2.2.1	Količina odpadkov	44
5.2.3	Kazalniki vplivov na okolje	45
5.2.3.1	Potencial globalnega segrevanja	45
5.2.3.2	Potencial za zmanjševanje koncentracije ozona v stratosferi	46
5.2.3.3	Potencial zakisanosti ozračja	47
5.2.3.4	Potencial evtrofikacije	48
5.2.3.5	Potencial fotokemičnega nastajanja ozona (poletni smog) v nižjih plasteh ozračja	49
5.3	Sistemske omejitve in predpostavke	50
5.4	Rezultati analize	51
5.4.1	Volumski in masni delež materialov	51
5.4.2	Okoljski kazalniki	54
5.4.2.1	Primarna neobnovljiva energija	54
5.4.2.2	Primarna obnovljiva energija, sekundarna goriva in poraba vode	56
5.4.2.3	Količina odpadkov	56
5.4.2.4	Potencial globalnega segrevanja	59
5.4.2.5	Potencial za zmanjševanje koncentracije ozona v stratosferi	60
5.4.2.6	Potencial zakisanosti ozračja	60
5.4.2.7	Potencial evtrofikacije	61



5.4.2.8	Potencial fotokemičnega nastajanja ozona (poletni smog) v nižjih plasteh ozračja	62
5.4.3	Primerjava med verzijama Ökobau.dat 2009 in 2011	62
<b>6</b>	<b>PRIMERJAVA OKOLJSKIH KAZALNIKOV ZA RAZLIČNE IZVEDBE STAVBE</b>	<b>69</b>
6.1	Opis stavbe Riko ModEko – masivne stene	69
6.2	Opis zidano-betonske stavbe	71
6.3	Sistemske omejitve in predpostavke	74
6.3.1	Sistemske omejitve in predpostavke za Riko ModEko – masivne stene	75
6.3.2	Sistemske omejitve in predpostavke za zidano-betonsko stavbo	75
6.4	Rezultati analize	78
6.4.1	Volumski in masni delež materialov	78
6.4.2	Okoljski kazalniki	83
6.4.2.1	Poraba primarne neobnovljive energije	83
6.4.2.2	Poraba primarne obnovljive energije	84
6.4.2.3	Potencial globalnega segrevanja	86
<b>7</b>	<b>ZAKLJUČEK</b>	<b>87</b>
<b>VIRI</b>		<b>89</b>

## **KAZALO PREGLEDNIC**

Preglednica 1: Vsebina okoljskih vidikov v EPD za gradbene proizvode (Šijanec Zavrl, 2010)	30
Preglednica 2: Masni in volumski deleži posameznih skupin materialov (Riko ModEko - okvirni nosilni sistem)	52
Preglednica 3: Kazalniki inventarja – vhodni tokovi (Riko ModEko – okvirni nosilni sistem)	52
Preglednica 4: Kazalniki inventarja – izhodni tokovi (Riko ModEko – okvirni nosilni sistem)	57
Preglednica 5: Kazalniki vplivov na okolje (Riko ModEko – okvirni nosilni sistem)	58
Preglednica 6: Primerjava okoljskih kazalnikov med verzijama Ökobau.dat 2009 in 2011	62
Preglednica 7: Primerjava volumskih in masnih deležev skupin materialov med variantami izvedbe stavbe	76
Preglednica 8: Primerjava okoljskih kazalnikov pri vseh treh izvedbah stavbe	79
Preglednica 9: Primerjava porabe primarne obnovljive energije pri vseh treh izvedbah stavbe	80
Preglednica 10: Primerjava porabe primarne obnovljive energije pri vseh treh izvedbah stavbe	81
Preglednica 11: Primerjava potenciala globalnega segrevanja pri vseh treh izvedbah stavbe	82

## KAZALO SLIK

Slika 1: Shema trajnostnega razvoja (Dréo, 2006)	1
Slika 2: Faze analize življenjskega cikla (SIST EN 14040, 2006)	11
Slika 3: Razlika med fazo določitve inventarja življenjskega cikla in fazo vrednotenja vplivov (Wittstock, 2009)	13
Slika 4: Shematičen prikaz življenjskega cikla stavbe (Šijanec Zavrl, 2010)	24
Slika 5: Enostanovanjska stavba Riko ModEko (Riko Hiše, 2011)	37
Slika 6: Sestava zunanje ometane stene (Riko ModEko - okvirni nosilni sistem)	38
Slika 7: Sestava zunanje stene s prezračevano fasado (Riko ModEko - okvirni nosilni sistem)	38
Slika 8: Sestava strešne konstrukcije (Riko ModEko - okvirni nosilni sistem)	39
Slika 9: Sestava talne konstrukcije (Riko ModEko - okvirni nosilni sistem)	40
Slika 10: Sestava medetažne konstrukcije (Riko ModEko - okvirni nosilni sistem)	40
Slika 11: Sestava predelne stene tipa A (Riko ModEko - okvirni nosilni sistem)	41
Slika 12: Sestava predelne stene tipa B (Riko ModEko - okvirni nosilni sistem)	41
Slika 13: Sestava predelne stene tipa C (Riko ModEko - okvirni nosilni sistem)	42
Slika 14: Sestava predelne stene tipa D (Riko ModEko - okvirni nosilni sistem)	42
Slika 15: Učinek tople grede (Methodische Grundlagen, 2007)	46
Slika 16: Zmanjševanje koncentracije ozona v stratosferi (Methodische Grundlagen, 2007)	47
Slika 17: Zakisanost ozračja (Methodische Grundlagen, 2007)	48
Slika 18: Evtrofikacija zemlje in vode (Methodische Grundlagen, 2007)	49
Slika 19: Fotokemično nastajanje ozona (Methodische Grundlagen, 2007)	50
Slika 20: Masni (notranji diagram) in volumski (zunanji diagram) deleži posameznih skupin materialov (Riko ModEko – okvirni nosilni sistem)	52
Slika 21: Kazalniki inventarja – vhodni tokovi (Riko ModEko – okvirni nosilni sistem)	53
Slika 22: Kazalniki inventarja – izhodni tokovi (Riko ModEko – okvirni nosilni sistem)	57
Slika 23: Kazalniki vplivov na okolje (1. del) (Riko ModEko – okvirni nosilni sistem)	58
Slika 24: Kazalniki vplivov na okolje (2. del) (Riko ModEko – okvirni nosilni sistem)	61
Slika 25: Primerjava okoljskih kazalnikov med verzijama Ökobau.dat 2009 in 2011 (1.del) (Riko ModEko – okvirni nosilni sistem)	63
Slika 26: Primerjava okoljskih kazalnikov med verzijama Ökobau.dat 2009 in 2011 (2.del) (Riko ModEko – okvirni nosilni sistem)	64
Slika 27: Primerjava okoljskih kazalnikov med verzijama Ökobau.dat 2009 in 2011 (3.del) (Riko ModEko – okvirni nosilni sistem)	65
Slika 28: Primerjava okoljskih kazalnikov med verzijama Ökobau.dat 2009 in 2011 (4.del) (Riko ModEko – okvirni nosilni sistem)	66
Slika 29: Sestava zunanje ometane stene (Riko ModEko - masivne stene)	69
Slika 30: Sestava zunanje stene s prezračevano fasado (Riko ModEko - masivne stene)	70

Slika 31: Sestava zunanje ometane stene (Zidano-betonska stavba)	71
Slika 32: Sestava zunanje stene s prezračevano fasado (Zidano-betonska stavba)	71
Slika 33: Sestava talne konstrukcije (Zidano-betonska stavba)	72
Slika 34: Sestava medetažne konstrukcije (Zidano-betonska stavba)	72
Slika 35: Sestava previsne konstrukcije (Zidano-betonska stavba)	73
Slika 36: Sestava strešne konstrukcije (Zidano-betonska stavba)	73
Slika 37: Sestava predelnih sten (Zidano-betonska stavba)	74
Slika 38: Primerjava volumskih (zunanji diagram) in masnih (notranji diagram) deležev skupin materialov pri različnih izvedbah stavbe	75
Slika 39: Primerjava porabe primarne obnovljive energije pri vseh treh izvedbah stavbe	80
Slika 40: Primerjava porabe primarne obnovljive energije pri vseh treh izvedbah stavbe	81
Slika 41: Primerjava potenciala globalnega segrevanja pri vseh treh izvedbah stavbe	82

## **KAZALO PRILOG**

PRILOGA A: DEFINICIJA POMEMBNEJŠIH POJMOV POVEZANIH Z ANALIZO ŽIVLJENJSKEGA CIKLA	A1
PRILOGA B: PREDSTAVITEV ZAPISA OKOLJSKEGA PROFILA	B1
PRILOGA C: RAZVRSTITEV MATERIALOV PO SKUPINAH, KOLIČINE MATERIALOV, PODATKI IZ OKOLJSKIH PROFILOV ÖKOBADAT IN EOL SCENARIJI	C1
PRILOGA D: IZRAČUN OKOLJSKIH KAZALNIKOV PO VERZIJI 2009	D1
PRILOGA E: IZRAČUN OKOLJSKIH KAZALNIKOV PO VERZIJI 2011	E1

## OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

AP	Potencial zakisanosti
BMVBS	Nemško ministrstvo za promet, gradnjo in razvoj
CEN	Evropski komite za standardizacijo
EOL	Faza ob konec življenjskega cikla
EPD	Okoljska deklaracija proizvodov
EPDM	Etilen propilen dien monomer
GWP	Potencial globalnega segrevanja
IPP	Integrirana politika do proizvodov
IPTS	Inštituta za perspektivne tehnološke študije
ISO	Mednarodna organizacija za standardizacijo
JRC	Skupni raziskovalni center Evropske komisije
KVH	Konstrukcijski les
LCA	Analiza življenjskega cikla
LCI	Določitev inventarja življenjskega cikla
LCIA	Vrednotenje vplivov življenjskega cikla
LCT	Upoštevanje življenjskega cikla
ODP	Potencial za zmanjševanje koncentracije ozona v stratosferi
OSB	Usmerjene pramenske plošče
PCR	Pravila za kategorije proizvodov
PE	Polietilen
POCP	Potencial fotokemičnega nastajanja ozona v nižjih plasteh ozračja
PP	Polipropilen
REPA	Analiza virov in okoljskega profila
SETAC	Zavod za okoljsko toksikologijo in kemijo
UNFCCC	Okvirna konvencija Združenih narodov o podnebnih spremembah
ZGO	Zakon o graditvi objektov
ZGPro	Zakon o gradbenih proizvodih
ZRMK	Zavod za raziskavo materiala in konstrukcij

## 1 UVOD

V zadnjem času zelo pogosto uporabljen izraz „trajnostni razvoj“ je po definiciji poročila komisije Brundtlandove iz leta 1987 (Report of the World Commission..., 2011): „razvoj, ki zadovoljuje potrebe sedanjosti, ne da bi ogrozil možnosti prihodnjih generacij, da zadovoljijo svoje potrebe“. Leta 2005 so Združeni Narodi na Svetovnem vrhu sprejeli strategijo trajnostnega razvoja (2005 World Summit Outcome, 2005), ki obsega tri stebre (shema trajnostnega razvoja je prikazana tudi na spodnji sliki 1):

- gospodarski razvoj
- družbeni razvoj
- varstvo okolja

Trajnostni razvoj je zagotovo koncept, kateremu bi moralo človeštvo še posebej v današnjem času slediti, vendar pa je prehod iz strateških usmeritev v praktično uporabo ponavadi zelo težaven.



*Slika 1: Shema trajnostnega razvoja (Dréo, 2006)*

Tudi v gradbeništvu večkrat srečamo izraz „trajnostna gradnja“, kar naj bi pomenilo, da stavbe in inženirski objekti v času načrtovanja, gradnje, uporabe in odstranitve sledijo načelom trajnostnega razvoja; upoštevati moramo torej vse tri vidike: gospodarske, družbene in okoljske. Od strateških usmeritev do udejanjanja načel trajnostne gradnje v praksi pa je dolga pot. Ključno težavo predstavlja razvoj kriterijev za trajnostno gradnjo, s katerimi lahko dokazujemo okoljsko prijaznost, ekonomsko učinkovitost in družbeno sprejemljivost zasnovanega gradbenega objekta. Razvoj kriterijev za trajnostno gradnjo je proces, ki terja soglasje vseh ključnih deležnikov v postopku graditve in je zato specifičen za določeno geografsko področje (regijo, državo ali širše gospodarsko interesno območje)

ter ustreza zastavljenim ciljem, prioritetam in trendom trajnostnega razvoja na lokaciji graditve. Nekateri kriteriji so privzeti z mednarodnim konsenzom, ki se oblikuje v okviru mednarodne (angl. International Organization for Standardization – ISO) ali evropske standardizacije (angl. European Committee for Standardization - CEN), pa tudi v okviru mednarodne iniciative organizacij, ki so v preteklosti že razvile metode trajnostnega vrednotenja stavb. Tako je bilo na ravni delovne skupine CEN TC 350 sprejeto soglasje o indikatorjih za trajnostno vrednotenje stavbe (ne pa tudi o referenčnih vrednostih in utežeh), kar predstavlja dolgoročno vizijo o kriterijih trajnostne gradnje. Na področju standardizacije in na področju drugih prostovoljnih kvalitativnih metod lahko ugotovimo, da je precej dobro dorečen nabor okoljskih indikatorjev, zaznamo pa težave z obvladovanjem ekonomskih kazalnikov in z opredelitvijo družbenih indikatorjev trajnostne gradnje; oboji se namreč hitro razvijajo (Kriteriji za trajnostno gradnjo..., 2011). Ker so torej okoljski kriteriji za trajnostno gradnjo veliko bolj definirani od družbenih in ekonomskih, sem se v nadaljevanju diplomske naloge osredotočil zgolj nanje.

V zadnjih dveh desetletjih 20. stoletja se je človeštvo začelo zavedati problema podnebnih sprememb, ki jih je s svojimi aktivnostmi povzročilo. Zaradi vse bolj očitnih in zaskrbljujočih posledic podnebnih sprememb je bila ustanovljena Okvirna konvencija Združenih narodov o podnebnih spremembah (angl. The United Nations Framework Convention on Climate Change – UNFCCC), ki predstavlja splošen okvir medvladnih ukrepov na področju reševanja problemov, povezanih s podnebnimi spremembami. Konvencija ima skoraj univerzalno članstvo, saj jo je ratificiralo 189 držav. V veljavo je stopila 21. marca 1994. Le leto zatem, ko je v veljavo stopila Okvirna konvencija o podnebnih spremembah, so njene podpisnice spoznale, da je konvenciji treba dodati sporazum, ki bi imel strožje zahteve po zmanjšanju izpustov toplogrednih plinov. Nastajati je začel Kjotski protokol, katerega besedilo je bilo soglasno sprejeto leta 1997, v veljavo pa je za industrializirane države stopil šele 16.2.2005. Pomembna odlika Kjotskega protokola je, da vodilna gospodarstva sveta, ki so ga sprejela, zavezuje k obveznim ciljnim vrednostim izpustov toplogrednih plinov. Te zaveze se od države do države razlikujejo in so v razponu od -8 do +10 odstotkov ravni izpustov posamezne države v izhodiščnem letu 1990. Namen je, da naj bi se količina izpustov teh plinov zmanjšala za vsaj 5 odstotkov pod raven iz leta 1990 v obdobju od 2008 do 2012 (Okvirna konvencija Združenih narodov..., 2007).



Evropska Skupnost se je odločila, da bo v boju zoper podnebne spremembe odigrala eno vodilnih vlog v svetu. Zato je sprejela še strožje ukrepe v primerjavi s kjotskim protokolom. Ti ukrepi, poimenovani tudi Podnebno energijski paket 20-20-20 do 2020, so naslednji (Boj proti podnebnim spremembam, 2008) :

- z izboljšanjem energetske učinkovitosti privarčevati 20% pri porabi energije v primerjavi z napovedmi za leto 2020,
- do leta 2020 za 20% povečati delež obnovljivih virov energije v celotni porabi energije in tako skoraj potrojiti trenutno raven,
- razvijati in spodbujati tehnologijo, ki povzroča malo ali celo nič emisij, tako da bo lahko bistveno prispevala k zmanjšanju emisij do leta 2020.

Vprašamo se lahko, kakšno vlogo lahko v boju proti podnebnim spremembam odigra gradbeni sektor. Vsekakor zelo pomembno, če verjamemo ocenam (Kunič, 2010), da gradbena industrija predstavlja 40% celotne svetovne porabe vseh materialov in surovin, da tekom gradnje in uporabe gradbeni objekti porabijo približno 40% vse potrebe po energiji in naravnih virov v svetu in da po sklenjenem življenjskem ciklu predstavljajo gradbeni odpadki 40% vseh povzročenih odpadkov na svetu. Omenjeni visoki deleži so zgovorni dovolj sami po sebi, zato je potrebno, da se vsi vpleteni v gradbeni sektor zavedamo, da delujemo v panogi, ki ima zares velik vpliv na okolje in moramo po svojih najboljših močeh si prizadevati, da škodljive vplive nanj vsaj omejimo, če jih že ne moremo odpraviti. Zelo pomembno vlogo pri določevanju okoljskih kriterijev za trajnostno gradnjo predstavlja metoda analize življenjskega cikla (angl. Life Cycle Assessment; v nadaljevanju diplome je večinoma uporabljena mednarodno uveljavljena kratica LCA), ki je, čeprav iz samega poimenovanja metode ni razvidno, že po definiciji (predstavljena je v razdelku 2.2) tesno povezana s prepoznavanjem in vrednotenjem vplivov na okolje. Ena bistvenih značilnosti metode je celovit pristop, saj se obravnava celoten življenjski cikel proizvoda, s tem pa se izognemo prelaganju bremen iz ene faze v drugo. V naslednjih dveh poglavjih je metoda LCA bolj podrobno predstavljena (v 2. poglavju splošno, v 3. pa LCA v gradbeništvu), saj služi kot osnova za izvedbo analize življenjskega cikla gradbenih proizvodov, kar je tudi osrednja tema te diplome. Cilj diplome pa je tudi kako lahko z LCA analizo gradbenih proizvodov podpremo okoljsko presojo stavbe.

## **1.1 Opredelitev problema**

Stavbe imajo v vsaki fazi svojega življenjskega cikla pomemben vpliv na okolje. V fazi proizvodnje gradbenih materialov in proizvodov nastopajo energetske potratni in emisijsko problematični procesi (npr. proizvodnja cementa). V fazi gradnje se v večini primerov uporablja težka mehanizacija, ki za svoje delovanje uporablja fosilna goriva, torej neobnovljive vire energije. Faza uporabe stavbe je še posebej problematična, saj namreč od vseh tudi traja najdlje. V tej fazi ima največji vpliv na okolje

zagotavljanje primernih razmer za bivanje, torej segrevanje in hlajenje prostorov. Ob koncu življenjskega cikla stavbe se pojavijo problemi z odlaganjem gradbenih odpadkov, saj se veliko gradbenih materialov ne da reciklirati oziroma ponovno uporabiti.

Problem se pojavi, ko želimo vse našteje faze in pojave ovrednotiti, ko nas zanima, katera faza ima večji in katera manjši vpliv na okolje, kakšni so vplivi v absolutnem smislu. Postavi se vprašanje, kako to storiti. Za gradbeno prakso je pomemben razvoj uporabnih in kar se da preprostih orodij, ki bi nam omogočila hitro in učinkovito oceno vplivov življenjskega cikla stavbe na okolje. Takšna orodja v določeni meri že obstajajo, po večini pa so še v razvoju. Če želimo torej analizirati življenjski cikel stavbe, moramo raziskati tržišče, prepoznati orodja, ki so uporabna za takšno analizo in z njihovo pomočjo analizo izvesti.

## **1.2 Namen diplomskega dela**

Namen mojega diplomskega dela je v prvem koraku predstavitev metode LCA tako splošno kot tudi njena uporaba v gradbeništvu. V nadaljevanju želim poiskati praktična orodja za vrednotenje vplivov na okolje, ki temeljijo na metodi LCA. S temi orodji želim nato analizirati izbrano stavbo oziroma predstaviti okoljski vpliv gradbenih materialov, ki so v stavbo vgrajeni. Za izvedbo analize torej želim uporabiti dokumente, ki že imajo pripravljene podatke o vplivih posameznih materialov na okolje. Takšne zbirke podatkov obstajajo, vendar pa je nabor materialov dostikrat omejen in ne nudi podatkov za vse materiale, ki se pojavljajo v stavbi. Iz tega izvira še cilj, da se izvede analiza na nivoju stavbe in ne samo nekaterih izmed konstrukcijskih sklopov. V parametrični študiji, kjer bom primerjal različne gradbene materiale, želim prikazati kateri materiali so bolj okolju prijazni od drugih. Nalogo zaključuje razprava o pomanjkljivostih uporabljene metode in praktičnih orodij na njeni osnovi ter kje so mogoče njihove izboljšave.

## **1.3 Vsebina diplomske naloge**

V naslednjih dveh poglavjih bom najprej predstavil metodo LCA. V drugem poglavju so razložene osnove metode, njen razvoj skozi čas, definicija samega pojma ter relevantni standardi metode. Tretje poglavje predstavlja uporabo metode LCA v gradbeništvu: pomen, motiv, posebnosti, primeri uporabe LCA v gradbeništvu in uporabna orodja na podlagi LCA. Ker je poudarek diplomske naloge na fazi proizvodnje gradbenih materialov, je tej fazi posvečeno svoje poglavje. Tu ne moremo iti mimo definicije pojma gradbeni proizvod in bistvenih zahtev za gradbene objekte, kot jih predpisuje Direktiva o gradbenih proizvodih (Direktiva 89/106/EGS..., 1989).

Jedro diplomskega dela predstavljata dve poglavji, ki podrobno analizirata življenjski cikel enostanovanjske stavbe Riko ModEko in prikazujeta ter interpretirata parametrično študijo obravnavane stavbe. V prvem izmed omenjenih dveh poglavij je predstavljena stavba Riko ModEko, katera služi kot osnova za analizo, nato so predstavljene tudi vse predpostavke, pod katerimi smo izvedli analizo, kar je ključno za verodostojnost in interpretacijo rezultatov. Rezultati izvedene analize so predstavljeni na koncu tega poglavja. V parametrični študiji sta predstavljeni še dve različici izvedbe podobne enostanovanjske stavbe, ki imata podobno zasnovo, vgrajeni materiali pa so različni. V zadnjem poglavju podajam zaključke opravljene analize in priporočila za nadaljnje delo.

## 2 OSNOVE LCA

V tem poglavju diplomske naloge so bolj podrobno predstavljena splošna načela analize življenjskega cikla. Najprej je potrebno predstaviti sam zgodovinski razvoj te metode, da spoznamo njene korenine. Sledita podpoglavje z definicijo pojma LCA in predstavitevijo serije standardov ISO 14040, ki so veljavni tudi na področju naše domovine in jih postopoma prevzema Slovenski inštitut za standardizacijo. Vse štiri osnovne faze LCA so predstavljene v razdelku 2.4, saj je njihovo dobro poznavanje ključno za izvedbo kvalitetne študije. Zaradi različnih razlogov se včasih zavestno odločimo, da ne bomo obravnavali celotnega življenjskega cikla, te možnosti obravnave življenjskega cikla so tudi predstavljene v tem poglavju. Zaključimo ga s predstavitevijo pomena metode LCA in njenimi omejitvami.

### 2.1 Zgodovina razvoja LCA

Zgodovina metode LCA sega v 60. in 70. leta prejšnjega stoletja, ko so bile opravljene nekatere študije o optimiziranju porabe energije v industriji. Kasneje je sledilo še več raziskav, ki so upoštevale tudi porabo surovin in emisije plinov. Verjetno prva znana večkriterijska raziskava, ki je upoštevala vrsto okoljskih dejavnikov, vključno s pridobivanjem surovin in alternativam odlaganja odpadkov, je bila izvedena leta 1969 v ZDA na Midwest Research Institute po naročilu podjetja Coca Cola, da bi ugotovili, katera izmed obravnavanih embalaž porabi manj virov in v manjši meri onesnažuje okolje (Pregrad, Musil, 2000). Med drugim je bilo proti vseni pričakovanji ugotovljeno, da naj bi bile plastenke okolju bolj prijazne od steklenic. Uporabljena metoda takšnega ugotavljanja vplivov nekega izdelka na okolje je kasneje postala znana kot metoda REPA (angl. Resource and Environmental Profile Analysis) in pomeni nekakšno predhodnico metode LCA, kot jo poznamo danes.

V času naftnih kriz v sredini sedemdesetih let prejšnjega stoletja so v mnogih industrijskih državah izvedli obsežne energetske študije za različne industrijske sisteme. Manjše število podobnih raziskav je bilo v tistem času opravljenih v Evropi. Omeniti velja pristop, razvit v Veliki Britaniji leta 1972, ki je bil kasneje poimenovan ekološka bilanca (angl. Ecobalance). Šele po naftnih krizah v sedemdesetih letih prejšnjega stoletja se je pokazal večji pomen racionalne rabe naravnih virov. Vendar omenjene metode ovrednotenja vplivov izdelkov na okolje iz tega začetnega obdobja nikakor niso enake tistim, ki jih razumemo pod tem pojmom danes.

V osemdesetih letih prejšnjega stoletja beležimo razmah zelenih gibanj in okoljskih organizacij, ki so začele opozarjati na različne okoljske probleme, kot so na primer razgradnja ozonskega sloja in globalno segrevanje ozračja. V analize vplivov na okolje so pričeli vključevati podatke o emisijah v zrak. S tem se je razvijala in izboljševala predvsem metodologija, interes za tovrstne študije pa se je

preselil v Evropo. Šele v drugi polovici osemdesetih let in v začetku devetdesetih let dvajsetega stoletja beležimo očitni porast interesa za metode tovrstnega vrednotenja vplivov izdelkov na okolje. Takrat so razvijali in uporabljali takšne metode predvsem v Nemčiji, Švici, Grčiji, na Švedskem, na Nizozemskem in v Veliki Britaniji. V tem obdobju se pojavita pojma „analiza življenjskega cikla“ in „analiza linije izdelka“. Večjo popularnost pa dobijo te metode dejansko po letu 1990, ko so se za ta instrument varstva okolja začele v večji meri zanimati industrija in državne institucije. Ves čas je razvoj ekoloških bilanc oz. LCA spremljala debata o objektivnosti objavljenih rezultatov, saj je imela npr. embalažna industrija že od začetka velik interes za ugodno interpretacijo rezultatov analize. Ugodni okoljski profil nekega embalažnega izdelka lahko namreč poveča interes pri vseh vpletenih strankah, negativni pa ga zmanjša.

V devetdesetih letih dvajsetega stoletja so pobudo za nastanek referenčnih metodoloških načel analiz okoljskih vplivov pripravili strokovnjaki, ki delujejo v okviru mednarodnega Zavoda za okoljsko toksikologijo in kemijo (angl. Society of Environmental Toxicology and Chemistry – SETAC), odmevno pa nadgradili in konkretizirali na inštitutu okoljskih znanosti, Univerze v Leidnu. S tem so bili postavljeni okviri izdelave mednarodno poenotene in primerljive metodologije analize okoljskih vplivov. Le-ta temelji na modelu analize življenjskega cikla in opredeljuje strukturne elemente (faze), ki zajemajo natančno opredelitev ciljev in namenov izvajanja analiz, inventarizacijo vseh transformacijskih tokov znotraj meja sistema, čim bolj celovito ovrednotenje vplivov na okolje in človekovo zdravje ter ustrezne možnosti izboljšav stanja. Predvsem na slednjih področjih, ki temeljijo na znanstvenih spoznanjih mehanizmov delovanja škodljivih snovi na okolje, je bil dosežen izrazitejši napredek v primerjavi s preteklimi metodologijami.

Konec devetdesetih let prejšnjega stoletja je Mednarodni urad za standardizacijo začel s standardizacijo LCA, najprej s serijo štirih standardov: ISO 14040 (1997), 14041 (1998), 14042 in 14043 (2000). Kasneje so bili te standardi vključeni v ISO 14047 (2003), 14048 (2002) in 14049 (2000), v zadnjem desetletju pa tudi zamenjani s strani ISO 14040 in 14044 (2006). Standarde bom na kratko predstavil v enem izmed naslednjih pod poglavij.

V industrijsko razvitih državah posvečajo v zadnjem desetletju metodi LCA zaradi možnih koristi veliko pozornosti. Večina pobud za izdelavo študij LCA je v preteklih letih prišla prav iz industrijskih podjetij, ki so na ta način želela dokazati, da so njihovi izdelki v primerjavi s konkurenčnimi okolju prijaznejši. Vendar se je hkrati pojavilo tudi veliko napačnih in prirejenih rezultatov, zato so rezultati različnih porekel redkokdaj medsebojno primerljivi. Presoje o učinkih na okolje so namreč temeljile na različnih metodoloških pristopih in se razlikovale glede na definicijo funkcionalne enote, meja sistemov, podatkov, zbranih v različnih časovnih obdobjih ali prednosti preučevanega učinka. Vrsta izvedenih analiz LCA s strani industrije naj bi pomagala analizirati tako okoljsko ustreznost poslovne

prakse kot tudi vzpostavitev novih trendov. Velik premik se je zgodil tudi na strani državnih inštitucij, ki začenjajo uporabljati LCA kot eno izmed najbolj pomembnih orodij za analizo vplivov na okolje. V nekaterih primerih je uporaba LCA celo zakonsko predpisana. To področje bom podrobneje predstavil v nadaljevanju. Metodologije se še vedno spreminjajo ter dopolnjujejo, saj gre za razmeroma nov način vrednotenja učinkov na okolje (Fullana in sod. 2009; Radonjič, 2008).

## 2.2 Definicija pojma LCA

V tem poglavju je navedenih nekaj definicij samega pojma analize življenjskega cikla. Definicije ostalih pomembnejših pojmov povezanih z analizo življenjskega cikla so predstavljene v prilogi A.

Leta 1993 je mednarodno združenje SETAC (angl. Society of Environmental Toxicology and Chemistry) (Consoli in sod., 1993) zapisalo svojo definicijo LCA, ki jo je kasneje modificirala organizacija LCA-Nordic (Lindfors in sod., 1995) kot: „Proces, ki ovrednoti okoljske obremenitve povezane s sistemom proizvoda oz. dejavnosti z določitvijo in kvantitativnim opisom uporabljene energije, materiala ter odpadkov odloženih v okolje, vključujoč izvedbo ocene okoljskih vplivov uporabljene energije, materiala in odpadkov. Analiza vsebuje cel življenjski cikel proizvoda oz. dejavnosti, ki zajemajo pridobivanje in obdelavo surovin, proizvodnjo, distribucijo, uporabo, ponovno uporabo, vzdrževanje, recikliranje ter končno odlaganje, vključno z vsemi prevozi. LCA preučuje okoljske obremenitve sistema na področju ekoloških sistemov, človeškega zdravja in izrabe virov. Ne upošteva ekonomskih in socioloških efektov.“

ISO je kasneje definiral v standardu ISO 14040 (2006) LCA kot „tehniko za ocenjevanje potencialnih okoljskih pojavov povezanih s proizvodom (ali storitvijo), pri kateri se izdelava inventar pomembnih vhodnih in izhodnih podatkov, ovrednoti potencialne okoljske vplive, povezane s temi vhodnimi in izhodnimi podatki ter interpretira rezultate faz inventarizacije in vrednotenja vplivov povezanih s predmeti študije.“

Skladno s standardom ISO 14040 (2006) obsega analiza življenjskega cikla 4 glavne faze:

- Opredeleitev cilja in obsega študije
- Določitev inventarja (angl. Life Cycle Inventory – LCI)
- Vrednotenje vplivov (angl. Life Cycle Impact Assessment - LCIA)
- Interpretacija rezultatov

V podpoglavju 2.4 so omenjene glavne faze bolj podrobno razložene, še prej pa predstavljamo celotno serija standardov ISO 14040.

### **2.3 Serija standardov ISO 14040**

Vrednost metode LCA je odvisna od ponovljivosti in primerljivosti dobljenih rezultatov. Zato je ključen poenoten metodološki okvir. V ta namen so bili oblikovani in izdelani mednarodni standardi serije ISO 14040, ki opredeljujejo metodologijo izdelave in vrednotenje dobljenih rezultatov. LCA je tako prva in edina mednarodno standardizirana metoda vrednotenja vplivov izdelkov na okolje.

Metodologija LCA je tesno povezana tudi s standardi serije ISO 14020, ki opredeljujejo usklajena merila za podeljevanje okoljskih oznak za izdelke. Izsledki LCA so namreč dokaj zanesljiva zbirka podatkov, na kateri lahko temelji izjava o okoljski primernosti izdelkov. Čeprav rezultati določene analize LCA niso kar splošno prenosljivi v vse situacije, je primerjava različnih, že opravljenih analiz za istovrstne izdelke, lahko tudi posredno koristna pri pridobivanju občutka zapletenosti vplivov na okolje v življenjskem ciklu izdelka, po drugi strani pa pomembna informacijska podpora menedžmentu pri ugotavljanju pogostnosti nekega okoljskega problema za določeni izdelek oziroma sistem obravnave (Radonjič, 2008).

Kot je že bilo omenjeno, sta dva novejša standarda iz leta 2006, ISO 14040 in ISO 14044, ki sta trenutno veljavna, strnjena in ponovno pregledana verzija prejšnjih verzij ISO 14040 – 14043. Ta standard je prevzela tudi Slovenija. Jedro tehničnih vsebin je ostalo nespremenjeno, sicer pa je vsebina posameznih veljavnih standardov naslednja:

#### **2.3.1 SIST EN ISO 14040:2006, Ravnanje z okoljem - Ocenjevanje življenjskega cikla - Načela in okviri**

Opisuje načela in okvire za analizo življenjskega cikla vključno z: opredelitvijo cilja in obsega analize življenjskega cikla, fazo določitve inventarja življenjskega cikla, fazo vrednotenja vpliva, fazo interpretacije rezultatov življenjskega cikla, načinom poročanja in kritične ocene LCA, omejitvami LCA, razmerji med posameznimi fazami LCA ter pogoji uporabe izbranih vrednosti in neobveznih elementov. Standard ne opisuje detajlov tehnik izvedbe LCA, niti ne določa metodologij za posamezne faze LCA. Namen uporabe rezultatov LCA in LCI je določen v fazi opredelitve cilja in obsega študije, same uporabe LCA pa ta ISO standard ne obravnava (Fullana in sod., 2009).

### **2.3.2 SIST EN ISO 14044:2006, Ravnanje z okoljem - Ocenjevanje življenjskega cikla - Zahteve in smernice**

Določa zahteve in smernice za analizo življenjskega cikla vključno z: opredelitvijo cilja in obsega analize življenjskega cikla, fazo določitve inventarja življenjskega cikla, fazo vrednotenja vpliva, fazo interpretacije rezultatov življenjskega cikla, načinom poročanja in kritične ocene LCA, omejitvami LCA, razmerji med posameznimi fazami LCA ter pogoji uporabe izbranih vrednosti in neobveznih elementov (Fullana in sod., 2009).

Trije dodatni ISO standardi 14047, 14048 in 14049 so sestavljeni iz dveh tehničnih poročil (14047 in 14049) in tehnične specifikacije (14048), kateri dopolnjujejo in zaključujejo glavne sklope standardov.

### **2.3.3 SIST-TP ISO/TR 14047:2008, Ravnanje z okoljem - Ocenjevanje življenjskega cikla - Primeri uporabe ISO 14042**

Vsebuje primere, ki ilustrirajo trenutno prakso pri izvajanju analize vrednotenja vplivov življenjskega cikla v skladu z ISO 14042 (kasneje ISO 14040:2006). To so samo nekateri možni primeri uporabe, ki zadoščajo pogojem standarda ISO 14042 (kasneje ISO 14040:2006) in odražajo ključne elemente faze vrednotenja vpliva (Fullana in sod., 2009).

### **2.3.4 ISO/TS 14048:2002, Ravnanje z okoljem - Ocenjevanje življenjskega cikla - Oblika dokumentiranja podatkov**

Vsebuje zahteve in strukturo dokumentiranja podatkov, kar naj bi vodilo v pregledno in nedvoumno dokumentacijo. Ta tehnična specifikacija obravnava tudi izmenjavo podatkov med analizo življenjskega cikla in določitvijo inventarja življenjskega cikla, kar s specifikacijo in strukturiranjem pomembnih informacij omogoča dosledno dokumentiranje podatkov, opis zbiranja podatkov, izračun podatkov in kvaliteto podatkov. Tehnična specifikacija ne določa točnih zaporedij operacij, grafičnih ali proceduralnih rešitev za predstavitev in obravnavanje podatkov. Prav tako ne omenja specifičnih metodologij modeliranja podatkov za LCA in LCI (Fullana in sod., 2009).



### 2.3.5 ISO/TR 14049:2000, Ravnanje z okoljem - Ocenjevanje življenjskega cikla - Primer uporabe ISO 14041 opredelitev cilja in obsega študije ter LCI

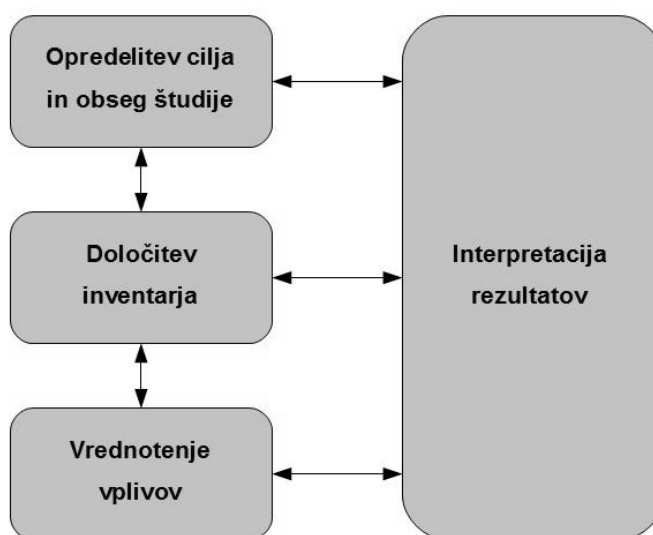
Vsebuje primere, ki ilustrirajo trenutno prakso pri izvajanju analize vrednotenja vplivov življenjskega cikla v skladu z ISO 14041 (kasneje ISO 14040:2006). To so samo nekateri možni primeri uporabe, ki zadoščajo pogojem standarda ISO 14041 (kasneje ISO 14040:2006) in odražajo ključne elemente faze opredelitve cilja in obsega študije ter faze LCI (Fullana in sod., 2009).

### 2.4 Faze LCA

Glede na ISO standarde, mora biti LCA izvedena v štirih fazah:

1. Opredelitev cilja in obsega študije
2. Določitev inventarja življenjskega cikla (LCI)
3. Vrednotenje vplivov (LCIA)
4. Interpretacija rezultatov življenjskega cikla

Shematičen prikaz celotnega poteka LCA je ilustriran na spodnji sliki 2.



Slika 2: Faze analize življenjskega cikla (SIST EN 14040, 2006)

Poudariti je potrebno, da faza vrednotenja vplivov zaradi svoje zapletenosti še ni povsem metodološko dorečena, medtem ko faza interpretacije z ovrednotenjem izboljšav že sodi v širši okvir okoljskega menedžmenta. Pri metodi LCA nikakor ne gre le za zbiranje podatkov o emisijah ali porabljeni energiji, kot je temu tako pri kakšnih drugih metodah (Radonjič, 2008).

#### **2.4.1 Faza opredelitve cilja in obsega študije**

Obseg, vključno z omejitvijo opazovanega sistema in z določitvijo stopnje natančnosti, je odvisen od predmeta in nameravane uporabe študije. Širina in natančnost LCA študije se lahko močno razlikuje glede na njen cilj. Potrebno je opredeliti tudi razloge za študijo ter ciljne skupine, ki so jim dobljeni rezultati namenjeni. Ta faza je izjemno pomembna in jo moramo ves čas izvajanja študije upoštevati. Lahko se sredi analize izkaže, da meje opazovanega sistema niso dobro definirane. V takem primeru moramo temeljito preveriti, kako spremembe meja vplivajo na rezultate in ali imamo na voljo konsistentne vhodne podatke.

Čeprav se morda na prvi pogled zdi, da je opredelitev ciljev ena izmed lažjih faz analize življenjskega cikla, je v nekaterih primerih jasna in nedvoumna definicija le-teh lahko zelo težavna. Zahteve standarda ISO 14040 v tej fazi so:

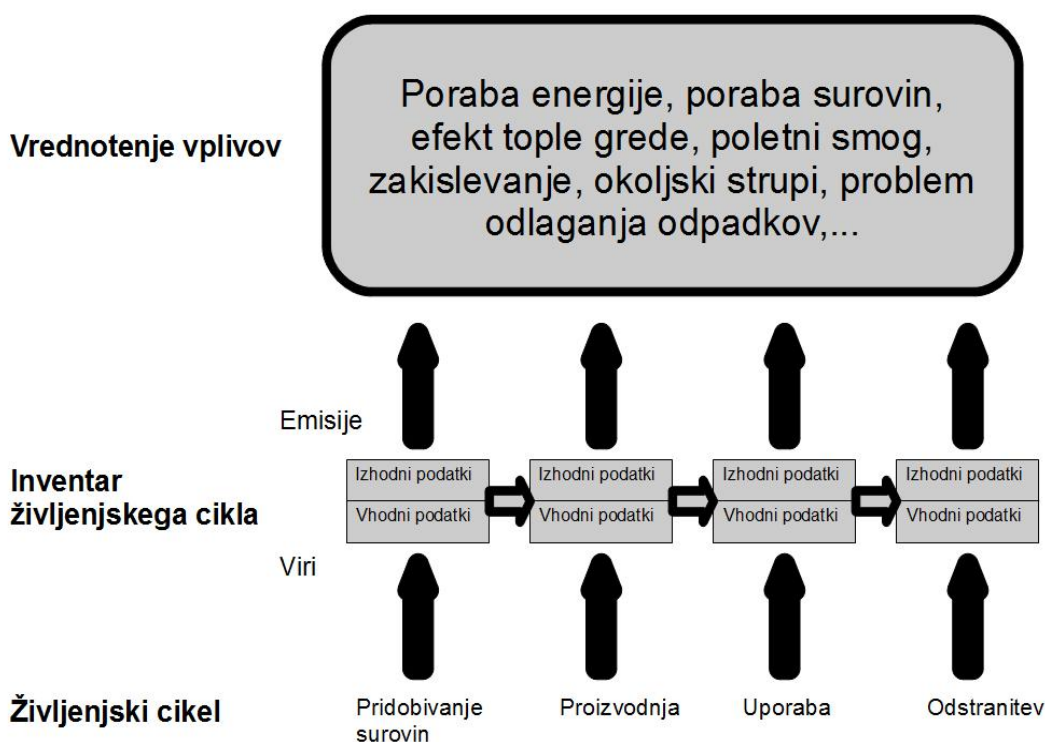
- obseg študije mora biti jasno naveden
- definirana mora biti funkcionalna enota analiziranega postopka ali proizvoda (npr. 1 kWh elektrike, 1 avtomobil, 1 kg betona...)
- sistemske omejitve morajo biti postavljene
- narejen mora biti seznam potrebnih podatkov
- navedene morajo biti osnovne predpostavke
- definirani morajo biti postopki preverjanja

Še posebej je potrebno poudariti sledeče: enega ključnih elementov vsake LCA študije predstavlja funkcionalna enota, ki služi kot primerjalna referenca in na katero je vezana interpretacija učinkov na okolje. Ustrezno izbrana funkcionalna enota je nujno potrebna za dejansko primerljivost rezultatov. Če obstajajo možnosti uporabe različnih izdelkov za isti namen uporabe, se lahko spreminjajo različni dejavniki, le namen uporabe, ki je zajet v funkcionalni enoti, mora ostati enak, če želimo izdelke primerjati.

Ta faza je kritična, ker so vse nadaljnje faze od nje odvisne. Tako lahko v nekaterih primerih rahla sprememba v začetku zastavljenih sistemskih omejitev povzroči precejšnjo spremembo kasneje pri rezultatih vrednotenja vplivov (Fullana in sod. 2009; Radonjič, 2008).

## 2.4.2 Faza določitve inventarja življenjskega cikla (LCI)

Inventarizacija je podatkovno jedro LCA. V tej fazi se obravnavajo vsi vhodni in izhodni tokovi različnih procesnih korakov znotraj analiziranega sistema. Vključuje zbirko potrebnih podatkov za doseg cilja določene študije in tvori informacijsko osnovo za naslednjo fazo – vrednotenje vpliva. Območje preučevanja se lahko razširi do te mere, da se sledi tudi vsem indirektnim materialnim in energijskim zahtevam ter emisijam, ki so povezani z direktnimi vhodnimi podatki sistema. Kakovost in zanesljivost uporabljenih podatkov je bistvenega pomena, saj rezultati analize v nobenem primeru ne morejo biti boljši od vhodnih podatkov samih. Večkrat prihaja do nejasnosti glede razlik med LCI in LCIA, na sliki 3 pa je razlika shematsko predstavljena.



Slika 3: Razlika med fazo določitve inventarja življenjskega cikla in fazo vrednotenja vplivov (Wittstock, 2009: 11)

Možne so tri vrste zbiranja podatkov, ki jih v nadaljevanju predstavljam. Pri tem so načini zbiranja razporejeni po padajočem vrstnem redu glede na zanesljivost in zaželenost:

- Podatki pridobljeni preko direktnih meritev: pridobljeni so lahko s strani izvajalca LCA ali s strani proizvajalca analiziranega proizvoda. Take vrste podatki so ponavadi najbolj zanesljivi od vseh, so pa tudi zelo specifični za določen proces in se v večini primerov ne smejo brez razmisleka uporabiti za druge analize.
- Podatki iz že izvedenih študij, dostopni v znanstveni literaturi in preverjenih mednarodnih LCI baz: Izvajalec analize ima manj direktne kontrole nad takšnimi podatki, imajo pa to prednost, da so že bili pregledani s strani relevantnih strokovnjakov.
- Podatki, ki izhajajo iz ugibanj in približkov, in ki temeljijo na predhodnih analizah in izkušnjah izvajalca analize LCA: Za takšne podatke je značilna velika nezanesljivost, čeprav so v primeru ustreznih izkušenj izvajalca analiz lahko povsem sprejemljivi.

Pri vhodnih podatkih, uporabljenih za fazo LCI ne smejo manjkati naslednje informacije:

- časovno obdobje, na katerega se podatki nanašajo
- geografsko področje, v katerem so bili podatki zbrani
- vrsta tehnologije, na katero se podatki nanašajo (tj. zastarela, najslabša možna, povprečna, moderna, najboljše možna, napovedi za prihodnost)
- reprezentativnost podatkov (tj. pridobljeni iz enega same procesa, teoretični izračuni, povprečje nekaterih podobnih procesov)
- pravila alokacije, privzeta v primeru stranskih proizvodov (tj. alokacija mas, ekonomska alokacija, brez alokacije)

Pri pripravi inventarja je še posebej potrebno poudariti področje energetike, ki je zelo zahtevno in ima velik vpliv na okolje. Vsaka regija oziroma država ima drugačen energetski sistem in različne obrate za proizvodnjo energije, prav tako se le-ti razlikujejo glede na trenutno stopnjo uporabljene tehnike. Že samo zaradi te postavke se lahko posledično v različnih državah končni rezultati analize LCA za iste izdelke razlikujejo.

Kljub najboljšim namenom so izvajalci analize včasih prisiljeni uporabiti podatke neustrezne kakovosti. Ob tem je potrebno dodati, da je včasih uporaba »slabih« vhodnih podatkov edina možnost. V takšnem primeru je potrebno jasno izraziti, da uporabljeni podatek nima zadostne natančnosti.

Nadalje je potrebno izvesti analizo občutljivosti končnih LCIA rezultatov glede na variabilne vhodne parametre. S tem se lahko preveri njihov vpliv na zanesljivost končnih rezultatov. Eno od temeljnih načel, ki ga ne smemo zanemariti, je tudi, da v eni analizi ne uporabljamo podatkov, ki izvirajo iz različnih podatkovnih zbirk, še zlasti, če ne vemo natančno, kakšne so predpostavke in načini priprave uporabljen zbirke. Komercialno dostopne zbirke podatkov (predvsem računalniške) že omogočajo hitrejše in bolj prilagodljive izvedbe LCA. Danes je na voljo več računalniških paketov z obsežnimi podatkovnimi bazami o materialih in procesih za podporo izvedbe LCI in v končni fazi tudi LCA (Fullana in sod. 2009; Jordan in sod., 2010; Radonjič, 2008).

### **2.4.3 Faza vrednotenja vplivov (LCIA)**

V splošnem gre za poskus povezati pridobljene podatke o vrstah in količinah snovi iz predhodne faze z njihovimi škodljivimi učinki na okolje. Značilnost metode LCA je namreč tako kvantitativno kot tudi kvalitativno ovrednotenje vplivov na okolje. To vrednotenje temelji na znanstvenih spoznanjih o vplivih škodljivih emisij na okolje in zdravje. Ta faza je najbrž najbolj kritični del analize življenjskega cikla, saj prihaja znotraj te faze do najvišje stopnje negotovosti in previdnosti. Izvedemo jo v sledečih treh zaporednih korakih:

#### **1. Klasifikacija**

Standard ISO 14040 (2006) narekuje, da se vse vhodne materiale in emisije iz LCI razvrsti v različne kategorije vplivov, glede na vrsto vpliva na okolje, ki ga lahko povzročajo. V splošnem lahko kategorije okoljskih vplivov razdelimo v dve večji skupini: tiste, ki se koncentrirajo na količino porabljenih virov na enoto proizvoda (ti. „upstream“ kategorije) in tiste, ki se ukvarjajo s posledicami emisij sistema (ti. „downstream“ kategorije).

V prvi skupini kategorij so najpomembnejše naslednje (možne so tudi njihove variacije):

- abiotska izraba virov (izraba neživega dela narave, npr. zraka, toplote, mineralnih snovi...)
- biotska izraba virov (izraba živega dela narave, npr. živali, rastlin, ostalih organizmov...)
- izraba vodnih virov
- potreba po komercialni primarni energiji
- izraba zemlje

V skupini „downstream“ kategorij so največkrat uporabljene naslednje:

- krepitev toplogrednih učinkov (globalno segrevanje)
- zakisanost
- zmanjševanje koncentracije ozona v stratosferi
- eutrofikacija vode
- fotokemična oksidacija in nastanek ozona v troposferi
- strupenost za ljudi
- strupenost za okolje

Glede na to, da lahko posamezen vhodni ali izhodni podatek vpliva na več kot eno kategorijo okoljskih vplivov, se klasifikacija izvede v več daljših seznamih, v katerih posamezni elementi nastopajo večkrat. Še en način razdelitve vplivov je na globalne (npr. potencial globalnega segrevanja (angl. Global warming potential – GWP) ali potencial za zmanjševanje koncentracije ozona v stratosferi (angl. Ozone Depletion Potential – ODP)), regionalne vplive (npr. potencial zakisanosti (angl. Acidification Potential – AP)) in lokalne vplive (npr. potencial biotoksičnosti ali potencial ekotoksičnosti) (Fullana in sod. 2009; Jordan in sod., 2010; Radonjič, 2008).

## 2. Karakterizacija

Razvrstitvi vhodnih in izhodnih podatkov sledi dejansko vrednotenje vplivov, ki poteka za vsako kategorijo vplivov posebej. Praviloma iste količine različnih snovi nimajo enakega škodljivega vpliva na okolje in zdravje. Zato ni zadostno kar sešteti količine npr. različnih emisij, saj so ene bolj druge pa manj škodljive. ISO standard ne vsebuje specifičnih priporočil, kako se to izvede, tako so različni raziskovalni centri po svetu razvili različne pristope (glej npr. Guinée, 2002).

Če želimo primerjati škodljivost posameznih vplivov, je treba določiti referenčno vrednost in sicer znotraj vsake kategorije vplivov posebej. Znotraj vsake kategorije se tako izbere referenčna snov, ki ji je dodeljena vrednost škodljivosti izbranega vpliva 1. Za vse ostale snovi se na podlagi primerjave z referenčno določi ti. potenciale (imenovani tudi ekvivalentni oz. karakterizacijski dejavniki), za vsako posamezno škodljivo snov in to znotraj vsake posamezne kategorije okoljskih vplivov. Karakterizacijski dejavnik torej kaže na relativno škodljivost snovi znotraj posamezne kategorije okoljskih vplivov in zato dejansko predstavlja uteži za določanje škodljivosti posamezne snovi na okolje. Z njimi množimo količine škodljivih snovi, ugotovljene z inventarizacijo. Na koncu te zmnožke seštejemo in dobimo vrednost skupnega ekvivalenta posamezne kategorije vplivov. Zajema tako maso škodljive snovi kot tudi njeno relativno škodljivost. Prav s tovrstnim pristopom vrednotenja

vplivov na okolje se metoda LCA razlikuje od drugih obstoječih tehnik. Za ovrednotenje učinka tople grede uporabljamo potencial globalnega segrevanja merjen z ekvivalentom 1kg CO<sub>2</sub>. Razgradnjo ozonskega sloja izražamo kot potencial za zmanjševanje koncentracije ozona v stratosferi, ki se meri z ekvivalentom 1kg CFC – 11, potencial fotokemičnega nastajanja ozona v nižjih plasteh ozračja (angl. Photochemical Ozone Creation Potential – POCP) z ekvivalentom 1kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, potencial zakisanosti (AP) z ekvivalentom 1kg SO<sub>2</sub> itn. za vse druge kategorije vplivov.

Rezultati karakterizacije že dajejo prve konkretne informacije o vplivih izdelkov na okolje. Za neki izdelek lahko trdimo, da je okolju prijaznejši kot drugi, če so vrednosti izračunanih potencialov oz. kategorij vplivov nižje kot pri alternativnem izdelku. Seveda imamo redko kdaj primer, da je določen izdelek v vseh preučevanih kategorijah boljši od alternativnega, zato interpretacija ni tako enostavna.

### 3. Normalizacija

Tretja, neobvezna, faza LCIA je normalizacija, ki se izvede tako da lažje interpretiramo rezultate. V tej fazi se primerja prispevek izdelka k onesnaževanju okolja s prispevkom celotne družbe v nekem geografskem prostoru (najpogosteje v neki državi ali pa npr. v celotni Evropski Skupnosti). Normalizacija s tem razkrije velikost posameznega vpliva izdelka na okolje v nekem področju, vendar ničesar ne pove o škodljivosti posameznih kategorij vplivov na okolje med seboj. Veliko dostopnih zbirk podatkov za regije, ki so večje kot ena sama država, je nastala z uporabo ekstrapolacije in ne z empiričnimi ocenami, kar pomeni, da je negotovost podatkov velika. Po drugi strani je smiselnost normalizacije vprašljiva, kadar se nanaša na regijo, manjšo kot ves svet, saj se s tem predpostavlja, da se vsi vplivi življenjskega cikla preučevanega sistema dodelijo tej isti regiji, kar je v današnjem svetu zapletenih globalnih procesov redek primer.

Če želimo primerjati škodljivosti posameznih kategorij vplivov na okolje med seboj, se izvede še dodaten korak, ki ga imenujemo uteževanje ali evalvacija (angl. Weighting). Pri karakterizaciji se primerjajo škodljivi učinki znotraj posamezne kategorije vplivov, medtem ko se pri uteževanju medsebojno primerja škodljivost različnih kategorij vplivov v okolju. V ta namen se uporabljajo vnaprej dogovorjene uteži (npr. od 1 do 100), katerih medsebojna razmerja določi izvajalec analize sam. Z množenjem rezultatov iz prejšnjega koraka z izbranimi utežmi se razkrije, kateri učinki v okolju, ki jih izdelek povzroča, so relativno večji ali manjši. Faza dodeljevanja uteži posameznim kategorijam okoljskih vplivov je seveda najbolj nedorečena faza celotnega postopka LCA, saj odraža izbira uteži prioritete izvajalca analize, hkrati pa združuje veliko število okoljskih vplivov v eno samo vrednost.

Kot lahko vidimo, ostaja v različnih delih LCIA, ki jo definirata ISO standarda 14040 in 14044, še veliko nedorečenosti, poleg tega pa so glavne odločitve pri metodi vrednotenja vpliva še vedno v rokah izvajalca analize, ki se mora zanašati na svoja znanja in izkušnje. Pomanjkanje dosledne standardizacije na nekaterih mestih faze je bila mišljena kot izboljšanje fleksibilnosti in lažja posodobitev LCA postopka. Lahko pa se to vse skupaj izkaže kot ena največjih pomanjkljivosti postopka. Včasih je odločitev za določeno metodo narejena na podlagi vprašljive predpostavke z enim samim parametrom, ki nikakor ne zadovolji potrebe po razjasnitvi kompleksnega problema okoljskega vpliva. Poleg tega je nekatere kazalnike okoljskega vpliva (npr. potencial globalnega segrevanja) lažje izračunati kot druge (npr. potencial strupenosti za okolje). Tako so lažje izračunljivi kazalniki manj negotovi, kar nekatere izvajalce analize vodi k varnejši odločitvi in posledično opustitvi mnogih metod vrednotenja vpliva, katerih rezultati imajo visoko varianco ter zatekanje k metodam z rezultati z nizko varianco. V tem primeru so izdelane analize omejene na diskusijo o samo nekaj kategorijah vplivov in ne preučujejo drugih, morda enako pomembnih, okoljskih vidikov obravnavanega procesa ali sistema (Fullana in sod. 2009; Jordan in sod., 2010; Radonjič, 2008).

#### **2.4.4 Faza interpretacije analize življenjskega cikla**

V tej fazi se spoznanja iz druge in tretje faze, ločena ali medsebojno kombinirana, uporabijo kot priporočila za poslovne odločitve o izboljšavah, povezane z definiranimi cilji in nameni izvedbe študije LCA. Brez upoštevanja te faze bi se morali vprašati, kakšen je sploh smisel metode LCA. Četrta in zadnja faza analize življenjskega cikla vsebuje po ISO standardu naslednje glavne točke:

- identifikacija pomembnih okoljskih vprašanj
- ocenjevanje
- zaključki in priporočila

Faza interpretacije je iterativen proces, ki naj se nekajkrat ponovi že med potekom analize, z namenom preverjanja kvalitete rezultatov in potrditve doseganja v začetku postavljenih ciljev. Vsebovati bi morala tudi analizo občutljivosti glavnih rezultatov in pripraviti priporočila na podlagi najbolj prepričljivih scenarijev. Dejavniki, ki bi se morali upoštevati in biti jasno navedeni, so: analizirane funkcije sistema, funkcionalna enota, na katero so izračunani podatki, systemske omejitve, uporabljena dodelitev postopkov, zahteve glede podatkov, vse uporabljene predpostavke, omejitve študije ter način in oblika poročila študije. Ker je tudi LCA iterativen proces, je potrebno nekatere, če ne že vse vidike med potekom študije spreminjati in posledično zbirati dodatne informacije. Na osnovi dobljenih rezultatov nastajajo predlogi za izboljšave, kot so uporaba alternativnih surovin, materialov in pomožnih sredstev, prehod na okolju primernejše tehnologije, povečan delež reciklažnih procesov, sprememba v ravnanju z odpadki itn. (Fullana in sod. 2009; Radonjič, 2008).



## 2.5 Obseg obravnave LCA

Včasih nas zanima le del življenjskega cikla proizvoda ali procesa, ker na preostali del ali dele cikla nimamo vpliva. Lahko je del cikla odvisen od uporabe proizvoda, ali pa dela cikla ne poznamo. Glede na zajet obseg razlikujemo naslednje vrste analize (Jordan in sod., 2010):

- „cradle-to-grave“ (od zibelke do groba)

Celotna LCA študija od pridobivanja surovin, proizvodnje, preko uporabe izdelka do njegove končne odstranitve.

- „cradle-to-gate“ (od zibelke do vrat)

Študija dela življenjskega cikla proizvoda od pridobivanja surovin, proizvodnje do vrat tovarne, torej do trenutka, tik preden se izdelek dostavi do uporabnika. Ta različica LCA študije je uporabna za primerjavo okoljske učinkovitosti proizvodov in služi kot osnova za okoljsko deklaracijo proizvoda (angl. environmental product declarations – EPD).

- „cradle-to-cradle“ (od zibelke do zibelke)

Posebna vrsta študije od zibelke do groba, kjer proces končne odstranitve izdelka zamenja proces recikliranja, ki omogoča ponovno uporabo izdelka kot surovino v novem proizvodnem procesu.

- „gate-to-gate“ (od vrat do vrat)

Delna LCA študija, kjer proizvodno verigo razdelimo na več proizvodnih procesov.

## 2.6 Pomen metode LCA

V okviru analiz LCA se njihovi izvajalci ukvarjajo z (ISO 14040, 2006):

- ocenjevanjem življenjskega cikla – ki pomaga najti možnosti za izboljšanje okoljske učinkovitosti proizvoda (ali procesa) v njegovem življenjskem ciklu.
- informiranjem odgovornih v industriji, v vladnih in nevladnih organizacijah (za namen planiranja strategije, postavljanje prioritet, načrtovanje proizvodov)
- izbiro pomembnih kazalnikov okoljske učinkovitosti, vključno z merilno tehniko
- marketingom (vzpostavitev sheme označevanja, postavitev okoljskih zahtev ali izdelava okoljske izjave za proizvod)

LCA študije so postale pomembno metodološko orodje za okoljsko optimiziranje izdelkov. Metoda ponuja možnost za razširitev meja obstoječih okoljskih politik podjetij, tj. takšnih, ki na primer temeljijo predvsem na kontroli emisij, zniževanju porabe energije in količine nastalih odpadkov k bolj inovativnim rešitvam: uporabi alternativnih materialov, novim oblikovalskim in konstrukcijskim rešitvam izdelkov. Pri tem imajo ključno vlogo proizvodna podjetja, saj odločajo o uporabi materialov in dodatkov, o tehnoloških procesih, uporabnih in funkcionalnih lastnostih izdelkov, embalaži, načinih odstranjevanja po uporabi itn.

Osnovna funkcija metode LCA je priprava informacij, na podlagi katerih so možne okoljevarstvene poslovne odločitve, na primer primerjava učinkov različnih izdelkov na okolje, izbira takšnega izdelka ali materiala, ki se sicer uporablja v iste namene, vendar okolje onesnažuje v najmanjši možni meri, razvoj novega izdelka, izbira za okolje manj obremenjujočih tehnoloških procesov, uvajanje reciklažnih postopkov, izbira ustrezne embalaže itn. Včasih je osnovni cilj dobljenih rezultatov z metodo LCA ustvarjanje ugleda podjetja v javnosti. Navkljub nekaterim še nedodelanim metodološkim pristopom postaja LCA pomembno orodje za vrednotenje učinkov na okolje in posledično za njihovo zmanjševanje. LCA se praviloma nanaša na posamezen proizvodni sistem v določenem času. Zato tudi rezultati niso absolutni v časovnem in prostorskem smislu. Ne glede na določene omejitve in posledice se LCA predvsem v gospodarsko razvitejših državah že široko uporablja.

V Evropski uniji poteka trenutno aktivna razprava o sprejemu ti. integrirane politike do proizvodov (ang. Integrated Product Policy – IPP), katere osnovni namen so definirati skupne okvire, smernice in merila za razvoj okolju primernejših izdelkov ter podajati vzpodbude porabnikom za nakup le-teh. Namen je zmanjšati vplive na okolje, ki jih izzovejo izdelki v celotnem življenjskem ciklu, in stimulirati takšne tržne aktivnosti, ki bodo v največji meri pospešile porabo oziroma uporabo okolju primernejših izdelkov. Koncept IPP, ki je bil osnovan na analizah življenjskih ciklov izdelkov so podprli tudi okoljski ministri držav Evropske Skupnosti leta 1999 v nemškem Weimarju. Februarja leta 2001 je Evropska komisija izdala Zeleno knjigo (Green paper on integrated product policy, 2001) z namenom, da bi spodbudila in pospešila razprave o tej temi. Dokument eksplicitno omenja uporabo LCA kot metodološko orodje za podporo izvajanju prihajajočih novih okvirov razvoja izdelkov. Sprejem takšnih smernic ima lahko za proizvajalce, ki izvažajo v države Evropske Skupnosti, izjemne daljnosežne posledice.

Dejstvo je namreč, da postaja metoda vrednotenja vplivov na okolje v življenjskem ciklu izdelkov v svetu vedno pomembnejša, prav tako dobiva posebno mesto v okoljski zakonodaji Evropske Skupnosti (Radonjič, 2008; Šijanec Zavrl, 2010; Šijanec Zavrl in sod., 2011).

## 2.7 Omejitve metode LCA

Holistični pristop, ki je ena bistvenih lastnosti LCA, je lahko hkrati velika prednost kakor tudi omejitev. Širok spekter obravnave celotnega življenjskega cikla proizvoda je lahko dosežen samo na račun poenostavljanja ostalih vidikov; tako na primer ugotovimo, da nudi LCA s časovnega vidika bolj statičen kot dinamičen pristop.

LCA se osredotoča na okoljske vplive in ne vključuje ekonomskih, socialnih in ostalih pomembnih dejavnikov. Le-ti pa se morajo nujno upoštevati pri opredeljevanju širših okoljskih politik, še posebej v okviru zahtev trajnostnega razvoja. Okoljski vplivi so opisani kot potencialni vplivi, ker nimajo določene časovne veljavnosti, geografskega porekla in se nanašajo na poljubno definirano funkcionalno enoto.

Čeprav je LCA znanstveno utemeljena metoda, vsebuje celo vrsto tehničnih predpostavk in možnosti izbire vrednosti. Pomembno je narediti te predpostavke in izbire čimbolj transparentne ter jih nedvoumno opredeliti. Naslednja omejitev metode je dostopnost in slaba primerljivost podatkov. Na tem področju vidimo, da se zbirke podatkov razvijajo v različnih državah sveta in da so oblike za te zbirke podatkov praviloma standardizirane. V praksi pa pogosto opazimo, da so podatki zastareli, neprimerljivi ali neznane kakovosti.

V končni fazi ne smemo pozabiti, da LCA nudi le podporne informacije za sprejemanje odločitev. LCA ne nadomešča samega procesa odločanja. Ne moremo trditi npr.: „LCA študija je pokazala, da je potrebno sprejeti naslednjo odločitev“ ampak raje: „Na podlagi LCA študije in ostalih dokazov je bila sprejeta naslednja odločitev“ (Guinée, 2002).

### 3 UPORABA LCA V GRADBENIŠTVU

Gradbeništvo ima kot panoga izjemen vpliv na okolje, saj proizvaja gradnja objektov med drugim velike količine odpadkov, izgrajeni gradbeni objekti pa porabljajo velik delež proizvedene energije in izpuščajo v okolje velike količine emisij. Zaradi tega je uporaba LCA v gradbeništvu več kot zaželena, saj lahko ti. upoštevanje življenjskega cikla (angl. Life Cycle Thinking – LCT) bistveno izboljša okoljsko sliko panoge. Gradbeni objekti se delijo na stavbe in gradbene inženirske objekte, LCA za obe imenovani skupini pa se razlikuje. Stavba je po Zakonu o graditvi objektov (2004): „objekt z enim ali več prostorov, v katere človek lahko vstopi in so namenjeni prebivanju ali opravljanju dejavnosti“ medtem, ko je gradbeni inženirski objekt definiran kot: „objekt, namenjen zadovoljevanju tistih človekovih materialnih in duhovnih potreb ter interesov, ki niso prebivanje ali opravljanje dejavnosti v stavbah“. Razlika med LCA za stavbe in LCA za inženirske objekte je predvsem v tem, da se različno izvajata v fazi uporabe, poleg tega pa je vsaka vrsta inženirskega objekta specifična (npr. avtocesta v primerjavi z hidroelektrarno) (Erlandsson, Borg, 2003). V nadaljevanju diplomske naloge uporabljamo LCA le za stavbe.

#### 3.1 Pomen in motivi za uporabo LCA v gradbeništvu

Gradbeni sektor tvori približno 10% BDP in 50,5% bruto investicij v osnovna sredstva. Zaposluje preko 12 milijonov prebivalcev Evropske unije, poleg tega se ocenjuje, da je 26 milijonov zaposlenih v Evropski uniji na takšen ali drugačen način odvisnih od gradbenega sektorja (Construction, 2009). V svetovnem merilu gradbeništvo zaznamuje pravilo 40 % (Kunič, 2010), ki pravi:

1. svetovna gradbena industrija vsako leto porabi 3 milijarde ton materialov, oziroma 40% celotne svetovne porabe vseh materialov in surovin,
2. tekom gradnje in uporabe gradbeni objekti porabijo približno 40% vse potrebe po energiji in naravnih virov v svetu,
3. po sklenjenem življenjskem ciklu predstavljajo gradbeni odpadki 40% vseh povzročenih odpadkov na svetu.

Te navedbe kažejo, da je gradbeništvo panoga z velikim vplivom na okolje, v katero je vpleteno in od nje odvisno mnogo ljudi. LCA je v tem primeru lahko zelo uporabno orodje, za izboljšanje okoljske slike panoge: pomaga pri zmanjšanju porabe surovin, zlasti neobnovljivih, pomaga pri iskanju alternativnih materialov, kateri imajo manjši vpliv na okolje, pomaga pri ugotavljanju kritičnih mest nastanka največjih količin gradbenih odpadkov, itd. Še bolj dobiva LCA na veljavi na naši celini, če vemo, da želi Evropska skupnost odigrati vodilno vlogo v boju proti klimatskim spremembam. Svoje ambiciozne cilje na tem področju je opredelila v svežnju ukrepov EU na področju podnebnih

sprememb in energije. Sveženj ukrepov, označen kot „20-20-20“ do 2020 opredeljuje naslednje cilje:

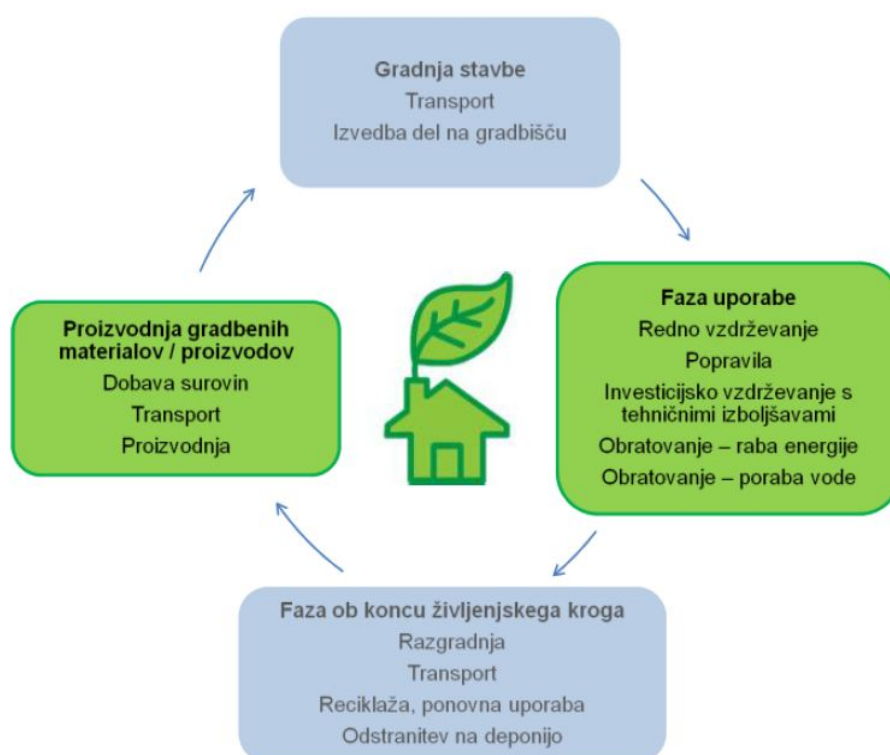
- 20% zmanjšanje emisij toplogrednih plinov (glede na raven v letu 1990),
- 20% zmanjšanje rabe primarne energije s povečanjem energijske učinkovitosti in
- 20% delež obnovljivih virov v primarni energijski bilanci (Šijanec Zavrl, 2010).

Drugi motiv za uporabo metode LCA v gradbeništvo je ti. zeleno javno naročanje. Velik delež gradbenih del (velika večina inženirskih objektov in precejšen del stavb) naročajo naročniki, ki morajo pri svojem delu upoštevati predpise o javnem naročanju. Na evropski ravni so ti predpisi in pravila zapisani v Direktivi o javnem naročanju (2004). Direktivo so dolžne sprejeti v pravni red vse države članice. Republika Slovenija jo je implementirala s pomočjo sprejetja Zakona o javnem naročanju (2006). Direktiva oz. Zakon o javnem naročanju dovoljuje pri določanju najustreznejšega ponudnika uporabo večjega števila kriterijev, ki morajo biti vnaprej jasno opredeljeni. Kljub temu pa v dosedanji slovenski praksi najpogosteje srečamo kot kriterij za izbiro le ceno izdelka oz. storitve.

Evropska skupnost je v okviru Generalnega direktorata za okolje pripravila program uvajanja zelenega javnega naročanja, ki je podan v Akcijskem načrtu EU za trajnostno potrošnjo in proizvodnjo in trajnostno industrijsko politiko. V načrtu je predvideno, da naj države članice ozelenijo vsaj polovico vseh javnih naročil po letu 2010. Med pomembnejšimi evropskimi načeli, ki jim je treba slediti pri zelenem javnem naročanju je med drugim tudi načelo vrednotenja okoljskih vplivov predmeta javnega naročanja v celotni življenjski dobi (LCA) (Šijanec Zavrl, 2010). Do sedaj v Sloveniji Zakona o zelenem javnem naročanju še nimamo, imamo le Uredbo o zelenem javnem naročanju.

V strukturi javnih naročil velike vrednosti prevladujejo naročila za blago, sledijo jim naročila storitev, zatem pa gradnje. Celoten javni sektor v Sloveniji je v letu 2007 porabil slabih 13% BDP javnega denarja (povprečje v EU je približno 16% BDP). Z uvajanjem zelenih javnih naročil ima javni sektor priložnost, da postane eden pomembnejših akterjev pri zmanjšanju vplivov na okolje, znižanju porabe energije, vode in surovin, ohranjanju naravnih virov in biotske raznovrstnosti in preprečevanju podnebnih sprememb. Z naročanjem okolju prijaznejših izdelkov in storitev javna uprava neposredno vpliva na razvoj novih izdelkov, tehnologij, inovacij in ustvarjanja »zelenega« trga ter dviga konkurenčnosti (Akcijski načrt..., 2009). Iz navedenega sledi, da predstavlja LCA nepogrešljivo metodo za ugotavljanje vpliva na okolje izdelka ali storitve. LCA lahko torej predstavlja morda celo najpomembnejše orodje za ugotavljanje načina zadostitve kriterijev javnega zelenega naročanja, še posebno pri gradnjah, ki predstavljajo velik delež javnih naročil visoke vrednosti.

Nadaljnji možni motiv za uporabo metode LCA v gradbeništvu je lahko tudi konkurenčnost in ugled investitorja, pa tudi drugih udeležencev v procesu graditve (izvajalca, projektanta) v družbi. V današnjih časih, ko je moderno govoriti o zelenih, varčnih, trajnostnih, itd. stavbah in objektih, je zelo pomembno, da imata tako gradben objekt kot gradbeni proizvod, ki je vanj vgrajen, dokaz o svoji prijaznosti do okolja. Z izvedbo analize življenjskega cikla se da takšen dokaz pridobiti. Takšen dokaz potrjuje (ne)prijaznost do okolja obravnavanega proizvoda ali pa objekta, ter hkrati prispeva k družbenem ugledu njegovega proizvajalca. V očeh okoljsko ozaveščenih kupcev je lahko takšno dokazilo tudi konkurenčna prednost podjetja pred ostalimi ponudniki.



Slika 4: Shematičen prikaz življenjskega cikla stavbe (na sliki sta z zeleno barvo poudarjeni fazi, ki ju s trenutno razpoložljivimi orodji bolje obvladujemo) (Šijanec Zavrl, 2010: 62)

### 3.2 Posebnosti LCA pri analiziranju stavb

Proces graditve stavbe spremljajo določene posebnosti: visoki investicijski stroški, dolga življenjska doba stavb, kompleksnost procesa izgradnje, visoki stroški vzdrževanja, množica vpletenih akterjev, itd. Naštete specifikacije povzročajo posebnosti tudi v procesu obravnave življenjskega cikla stavb. Tako je zelo zahtevno, če ne celo nemogoče, obvladovati detajlno vse faze življenjskega cikla stavbe, zato se moramo zatekati k mnogim predpostavkam in domnevam. S praktičnimi orodji, ki so nastali na

podlagi metode LCA in jih bomo predstavili v kasnejših podpoglavjih, do sedaj boljje obvladujemo fazo proizvodnje gradbenih materialov in delno fazo uporabe, kot pa fazo gradnje stavbe in fazo ob koncu življenjskega cikla, kar je shematično prikazano tudi na sliki 4 (Šijanec Zavrl, 2010).

Analiziranje stavb z metodo LCA lahko razdelimo tudi na tri nivoje: nivo stavbe kot celote, nivo projekta in nivo gradbenega proizvoda. Tako moramo zagotavljati okoljsko sprejemljivost in kakovost na vseh treh omenjenih nivojih (Srđić, Šelih, 2011). Ena od razlik glede na druge panoge je ta, da se stavbe le redko izvajajo serijsko in se od serijskih proizvodov razlikujejo tudi po tem, da je težje analizirati in optimizirati okoljske vplive stavbe kot je to v primeru serijskih proizvodov. (Wittstock in sod., 2009). Več avtorjev poudarja tudi dejstvo, da različne LCA študije stavb niso polno primerljive, razlike nastajajo v tipu zgradb, geografski lokaciji, bioklimatskih pogojih, upravljanju z energijo in uporabljenih metodah (glej npr. Peuportier, Putzeys, 2005; Jönsson, 2000; Werner, Richter, 2007, idr.).

### **3.3 Primeri uporabe metode LCA v gradbeništvu**

Čeprav je metoda LCA v nekaterih panogah že zelo razširjena in uporabljena, temu ni ravno tako v gradbenem sektorju. Šele v zadnjem desetletju, bolj intenzivno pa šele v zadnjih nekaj letih, se je povečala količina raziskav in strokovne literature, ki se ukvarja s tem področjem. Razpon obravnavanih tem znotraj omenjenega področja je izredno velika, saj avtorji obravnavajo tako analize življenjskih ciklov posameznih gradbenih materialov, gradbenih proizvodov, sestavnih delov stavbe (npr. stena, steber, strop...), izpostavljajo različne kategorije vplivov kot ključne in bolj pomembne, na različen način interpretirajo dobljene rezultate, se sklicujejo na različne postopke izvedbe LCA metode, itd. V nadaljevanju je predstavljenih nekaj primerov uporabe metode LCA v gradbenem sektorju.

V Sloveniji je literatura na področju uporabe metode LCA v gradbeništvu relativno skromna. Matelič (2006) je v svojem diplomskem delu s pomočjo računalniškega programa EcoConcrete izvedel analizo življenjskega cikla za dva konstrukcijska elementa (masivno armiranobetonsko steno in medetažno armiranobetonsko ploščo). Bistveni del analize je bila izvedba parametrične študije, v kateri je Matelič preučeval vpliv posameznih dejavnikov na okoljske kazalnike. Te dejavniki so bili: vpliv stopnje recikliranja betona in jekla, spreminjanje oddaljenosti gradbišča od proizvodnega obrata, vpliv načina ravnanja z objektom po uporabi in spreminjanje sestave armiranega betona. Ugotovil je, da imajo na obremenitev okolja pomemben vpliv vgrajeni materiali (vključno z njihovo proizvodnjo), stopnja recikliranja materialov in način ravnanja z objektom po končani uporabi. Manjši vpliv ima transport materialov na mesto vgrajevanja in delovanje gradbene mehanizacije.

Jordan in soavtorja (2010) v svojem prispevku povzemajo nemško LCA študijo, ki obravnava in primerja štiri vrste tlakovanja dovozne poti z nizkim deležem težkih tovornih vozil. Izbrane vrste tlakovanja so bile: asfaltirana površina, betonski tlakovci, tlakovci iz naravnega kamna in opečni tlakovci (klinker). Vsaka vrsta tlakovanja je vključevala tudi vse pripadajoče plasti (npr. sloj proti zmrzovanju, posteljica, polnilo za fuge, itd.) do globine 55 cm pod zemljo. Poleg tega se je v analizi upošteval tudi predviden prevoz materiala do mesta uporabe, uporaba strojev za vgradnjo in utrditev ter energija potrebna za pripravo posameznih surovin.

Kot rezultat analize se primerja vrste tlakovanja v sedmih vplivnih kategorijah: poraba obnovljive in neobnovljive primarne energije, potencial globalnega segrevanja, potencial zmanjševanja koncentracije ozona v stratosferi, potencial zakisanosti ozračja, potencial evtrofikacije in potencial fotokemičnega nastajanja ozona v nižjih plasteh ozračja. Rezultati so podani tako za cel življenjski krog kot tudi samo za fazo izdelave. Zaradi tako velikega števila kazalnikov je težko interpretirati, katera varianta je najboljša, saj so rezultati v različnih kategorijah vplivov različni. Zanimiv del študije je tudi vpliv transporta surovin na okolje in njegov delež v celotnem življenjskem ciklu variante. Vpliv prevoza na okolje je lahko bistven, če surovina prihaja iz zelo oddaljenega nahajališča (za srednjo Evropo npr. Kitajska), lahko pa je majhen, če surovino dobivamo iz bližnjih pokrajin.

Asif, Muneer in Kelley (2007) v svojem članku obravnavajo analizo življenjskega cikla stanovanjske hiše na Škotskem. Čeprav bi po naslovu članka sklepali, da gre za celostno LCA študijo, gre v bistvu bolj samo za analizo inventarja življenjskega cikla izbranih gradbenih proizvodov, saj avtorji le določijo osem, v izbrani stavbi prevladujočih, materialov in zberejo podatke o skupni vgrajeni energiji, izpustih CO<sub>2</sub>, žveplovih oksidih (SO<sub>x</sub>) in dušikovih oksidih (NO<sub>x</sub>). Obravnavanih osem materialov je: les, beton, steklo, aluminij, skril, keramične ploščice, mavčne plošče, hidroizolacija in malta. Glavne ugotovitve so, da beton predstavlja 61% skupne vgrajene energije na nivoju stavbe, sledijo mu keramične ploščice s 15% in les z 14%. Rezultat za beton ni presenetljiv, saj predstavlja masa betona kar 90% skupne mase vseh osmih vgrajenih materialov. Še večjo prevlado ima beton pri treh opazovanih izpustih – njegov delež v vseh treh kategorijah presega 85% (CO<sub>2</sub> 98%, SO<sub>x</sub> 87%, NO<sub>x</sub> 96%). Avtorji ne preučujejo nobenih kategorij vplivov, npr. potencial globalnega segrevanja.

Ortiz in sod. (2010) se v svoji obsežni študiji stanovanjskega bloka iz Barcelone osredotočajo na tri področja: 1. uporabo LCA metode za vrednotenje okoljskih vplivov faze izgradnje stavbe, vključno z proizvodnjo materiala, porabljenjo energijo vseh strojev, transportom materialov na gradbišče in ravnanje z odpadki (odlaganje odpadnega materiala in embalaže z gradbišča), 2. primerjavo okoljskih profilov različnih kombinacij realnih konstrukcijskih scenarijev za notranje in zunanje stene in 3. študija ravnanja z odpadki in primerjava treh različnih vrst odlaganja: na deponijo, sežig in recikliranje.



Njihove glavne ugotovitve so med drugim pomembnost recikliranja materialov, ki imajo v fazi njihove proizvodnje velik vpliv na okolje. Med materiali ima po njihovih študijah največji vpliv na okolje (v večini kategorij vplivov) jeklo, še posebej galvanizirano. Pri odlaganju odpadkov sta po njihovem prepričanju sežig in recikliranje bolj prijazna do okolja, ker zmanjšujeta porabo energije in surovin. Sežig je primeren za odpadke z visoko energijsko vrednostjo, reciklaža pa za inertne in ostale komercialne odpadke, ki se jih da reciklirati npr. plastična embalaža.

Koroneos in Dompros (2007) obravnavata v svojem članku oceno okoljskega vpliva proizvodnje zidakov v Grčiji. Prikazan je dokaj natančen diagram tokov in procesov od pridobivanja surovin, proizvodnje zidakov, distribucije, recikliranja oz. ponovne uporabe do odstranjevanja. Podatke, potrebne za to študijo, avtorja črpa iz podatkov, ki so jima bili dani s treh virov: proizvajalcev zidakov, merjenih podatkov na licu mesta in izračunanih podatkov, ki temeljijo na informacijah iz literature. Pri ovrednotenju vplivov se avtorja odločita, da z metodo EcoIndicator 95 izvedeta v fazi vrednotenja vplivov tudi normalizacijo in uravnoteženje. Izkaže se, da življenjski cikel 1 tone (izbrana funkcionalna enota) zidakov doseže ti. okoljski rezultat 0,35, pri čemer vrednost 1 predstavlja eno tisočino letne okoljske obremenitve povprečnega prebivalca Evrope. Pri izračunu okoljskega rezultata je bilo upoštevanih šest kategorij vpliva: toplogredne emisije, zakisanost, eutrofikacija, zimski smog, poletni smog in trdni odpadki. Najbolj zanimivo pri tem je, da se trdnim odpadkom tako pri normalizaciji kot tudi pri uravnoteženju dodeli faktor 0, kar pomeni, da ne doprinesejo ničesar h okoljskemu rezultatu. Sicer pa ima na slednjega po izvršeni faktorizaciji največji vpliv zakisanost, ki prispeva kar 56% h končnemu rezultatu.

Pod okriljem evropskega Skupnega raziskovalnega centra (angl. Joint Research Centre – JRC), točneje Inštituta za perspektivne tehnološke študije (angl. Institute for Prospective Technological Studies – IPTS) se je odvil obsežen projekt „IMPRO – Building“, katerega glavni cilj je bila analiza in kvantifikacija potenciala izboljšanja okoljskih kazalnikov stanovanjskih stavb (Nemry in sod., 2008). V tej študiji so avtorji primerjali vse pomembnejše vrste stanovanjskih stavb, od enodružinskih in vrstnih hiš, večdružinskih hiš do stanovanjskih blokov. Pri tem so primerjali tako novogradnje kot tudi že obstoječe stavbe v državah članicah EU-25 (Evropska unija s 25 članicami, od maja 2004 do decembra 2006). Cilj projekta je bil dosežen z analizo in primerjavo okoljskih vplivov v življenjskem ciklu stanovanjskih stavb ter identifikacijo okoljskih pomanjkljivosti stanovanjskih stavb. Preučevali so okoljske vplive konstrukcije stavbe in tudi fazo uporabe stavbe. V študiji ni bila vključena tehnična oprema stavbe (električna napeljava, napeljava za centralno ogrevanje, stavbno pohištvo...). Skupno je bilo analiziranih 72 tipov stavb, razdeljenih v tri geografske cone: severno, srednje in južnoevropske države. 53 tipov stavb je obstoječih, ostalih 19 tipov pa novogradenj.

Ker so rezultati tega projekta izjemno obširni, podajamo v nadaljevanju le ugotovitve in zaključke, ki so relevantni za doseganje ciljev te diplomske naloge. Če vzamemo pod drobnogled kategorijo vpliva potencial globalnega segrevanja, se izkaže, da imajo največji vpliv na imenovani potencial enodružinske in vrstne hiše, gledano na enoto površine stavbe. Enodružinske in vrstne hiše imajo tudi največjo razpršenost rezultatov. Glede na to, da se v severnem delu Evrope porabi večja količina energije za ogrevanje stavb kot na jugu, ni presenetljivo, da se v rezultatih kaže nekakšen naraščajoči trend skupnega vpliva gledano od juga proti severu Evrope. Kar se tiče potenciala izboljšanja okoljskih kazalnikov stanovanjskih stavb študija ločeno obravnava novogradnje in obstoječe stavbe. Pri novogradnjah avtorji poudarjajo, da ima največji potencial izboljšave faza proizvodnje, znotraj katere se lahko odločimo za okoljsko bolj prijazne materiale. Predpostavljeno je, da faza uporabe objekta pri novogradnjah ni tako problematična, ker naj bi bila stavba zgrajena po sodobnih standardih in temu primerno okolju prijazna. Če faza uporabe pri novogradnjah nima tako velikega potenciala za izboljšave, je temu tako pri obstoječih stavbah – tam je namreč ta faza prevladujoča. Predvsem je poudarjeno, da je pomembna energetska izboljšava ovoja stavbe: zamenjava starih oken, fasade, izolacije, itd.

### **3.4 Uporabna orodja, ki temeljijo na podlagi LCA**

Izvajanje analize življenjskega cikla za vsak primer posebej vedno znova od začetka bi pomenil zelo zahtevno in obsežno nalogo, zato so se po svetu razširile zbirke že izvedenih delnih ali celotnih LCA študij, ki jih nudijo različne organizacije in inštituti. Te predhodno izvedene študije nam lahko kot orodje pridejo prav pri izvajanju novih analiz. Okoljske deklaracije proizvodov (EPD) so takšne vrste orodja, katera so uporabna za izvajanje nadaljnjih LCA študij in njihovo nadgradnjo. V naslednjih podpoglavjih so predstavljene splošne karakteristike EPD-jev in tudi specifične značilnosti za okoljske deklaracije gradbenih proizvodov. Zaradi trenutne velike pomanjkljivosti EPD-jev za gradbene proizvode, tj. nezadostnega nabora gradbenih materialov, je v nadaljevanju predstavljena tudi nemška baza podatkov z okoljskimi profili generičnih gradbenih materialov in proizvodov Ökobau.dat, ki smo jo kasneje bila uporabili v analizi.

#### **3.4.1 Splošno o okoljskih deklaracijah proizvodov (EPD)**

Evropska komisija je v okviru Generalnega direktorata za okolje sprejela ti. integrirano politiko do proizvodov, IPP (glej tudi razdelek 2.6), katere namen je zmanjšati okoljske vplive proizvodov v celotnem življenjskem krogu in spodbuditi povpraševanje po okoljsko prijaznejših proizvodih na podlagi razumljive in zaupanja vredne informacije.

V ta namen se lahko uporabljajo različne oblike okoljskega označevanja izdelkov :

- okoljska oznaka Tipa I - je namenjena proizvodom, ki so boljši od povprečja (tj. EU Ecolabel oz. okoljska marjetica, Nordijski labod, Modri angel)
- okoljska oznaka Tipa II - daje možnost proizvajalcu, da sam deklarira okoljske lastnosti proizvoda (npr.: obnovljivo, naravno, biorazgradljivo),
- okoljska oznaka Tipa III - okoljska deklaracija proizvodov, pa je bila razvita, da bi zagotovila visoko stopnjo zaupanja pri neodvisnem predstavljanju okoljskih lastnosti določenega proizvoda.

Omenjeni trije tipi oznak so podprti z ustreznimi standardi: okoljski oznaki Tip I in II s standardom ISO 14021, Tip III pa z ISO 14025 (Šijanec Zavrl, 2010). EPD temelji na analizi življenjskega cikla, ki je izvedena v skladu s serijo standardov ISO 14040. Da bi lahko primerjali rezultate različnih LCA študij, morajo le-te imeti enak obseg, pravila izračunov in obliko predstavitve rezultatov. To zagotavlja program EPD-jev, ki predpisuje splošna in specifična pravila posameznih kategorij proizvodov za zbiranje podatkov, njihovo obravnavanje in izračune. Kategorije proizvodov se same po sebi razlikujejo v okoljski učinkovitosti, zato je potrebna izbira ustreznih kazalnikov in pravil izračunavanja. V ta namen se pripravijo ti. pravila za kategorije proizvodov (angl. Product Category Rules – PCR), ki dopolnjujejo zahteve splošnega programa EPD-jev. Glede na ISO 14025 so PCR skupek specifičnih pravil, zahtev in načel za pripravo okoljske deklaracije Tipa III za eno ali več kategorij proizvodov (Product Category Rules, 2004). Poleg rezultatov LCA, EPD-ji objavljajo tudi druge okoljsko pomembne vidike, ki jih LCA ne obravnava, kot so na primer tehnični podatki in informacije o posebnih vsebinah proizvoda. Splošna ideja v ozadju pri EPD-jih ni postavljanje kriterijev za oceno, prednostnih nalog ali preseganje minimalnih pragov, temveč pripravo informacij, na podlagi katerih lahko stranka primerja kvantitativne rezultate proizvodov (Braune in sod., 2007).

### **3.4.2 EPD za gradbene proizvode**

Ker lahko v gradbeništvu uporabljamo gradbene materiale in proizvode na zelo različne načine, je potrebno pri pripravi EPD doreči vrsto podrobnosti, vezanih na posamezni proizvod oz. skupino proizvodov. Na primer od tega, kaj je funkcionalna enota proizvoda (npr. enota mase, prostornine, površine, itd.), do sistemskih meja področja, ki ga bo LCA analiza presojala (npr. pri EPD toplotnih izolacij področje LCA analize pogosto pokriva pridobivanje in predelavo virov ter energije, proizvodni proces, embalažo in njeno odstranjevanje, v nekaterih primerih tudi transport in fazo po končani uporabi proizvoda). Preglednica 1 prikazuje vsebino okoljskih vidikov v EPD za gradbene proizvode.

Pogosto se pri gradbenih proizvodih za pripravo EPD uporablja pristop »od zibelke do vrat« proizvodnje (angl. »cradle to gate«), ki predstavlja delno obravnavo celotnega življenjskega cikla. Na splošno vsebina EPD naslednja poglavja:

(a) Opis gradbenega proizvoda in njegovega življenjskega cikla (oznako proizvoda, pregled surovin in polproizvodov, obdelava, napotki za fazo uporabe, možnosti za ponovno uporabo)

(b) Okoljska bilanca oz. rezultati LCIA (dokumentacija o robnih pogojih in viru podatkov za analizo, rezultat okoljske bilance - indikatorji v EPD)

(c) Dokazila in preizkusi

*Preglednica 1: Vsebina okoljskih vidikov v EPD za gradbene proizvode (Šijanec Zavrl, 2010: 67)*

Okoljska informacija v EPD po mednarodnem konsenzu	Enote okoljskega kazalnika
Energija, neobnovljiva	(MJ, kWh)
Primarna energij, obnovljivo	(MJ, kWh)
Potencial za globalno segrevanje zaradi izpustov CO <sub>2</sub> pri fosilnih gorivih (GWP)	(kg CO <sub>2</sub> eqv.)
Potencial za zmanjševanje koncentracije ozona v stratosferi zaradi CFC plinov	(kg CFC-11 <sub>eqv.</sub> )
Zakislevanje ozračja zaradi povečanega sproščanja SO <sub>2</sub> in NO <sub>x</sub>	(kg SO <sub>2</sub> ekv.)
Eutrofikacija zaradi neposredne in posredne uporabe gnojil	(kg PO <sub>4</sub> ekv.)
Poletni smog – potencial fotokemičnega nastajanja ozona v nižjih plasteh ozračja	(kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> ) <sub>ekv.</sub>

V večjih državah so že na voljo nacionalne baze EPD (npr. Nemčija, Francija, VB, Švedska, Švica, Nizozemska, Finska, itd.), za zdaj še z omejenim naborom gradbenih proizvodov. Prisotna pa je tudi iniciativa za oblikovanje mednarodne EPD baze. EPD so potrebne kot vhodni podatek pri okoljskem in trajnostnem vrednotenju stavb. Zavedati pa se moramo, da EPD niso primerne za neposredno izbiranje najprimernejšega gradbenega materiala ali izdelka, saj funkcionalnost primerjanih proizvodov ni vedno primerljiva, za to je potrebno celovito upoštevanje več meril na ravni stavbe.

Okoljske deklaracije proizvodov bomo lahko širše uporabljali pri zelenem javnem naročanju, ko bodo za gradbene proizvode pripravljene ti. specifične zahteve za (generične) proizvode, ki so nato osnova za izdelavo EPD za konkretne proizvode. Glede na obstoječe tuje baze EPD-jev lahko zaključimo, da je takih specifičnih zahtev že precej. Ključnega pomena za praktično uporabo je tudi zadostna razširjenost (neobveznih) EPD na trgu gradbenih proizvodov, da z njimi lahko pokrijemo okoljski vidik izbire materialov na ravni celotne stavbe (Šijanec Zavrl, 2010).

### 3.4.3 Ökobau.dat

Kot je že bilo omenjeno, je v primeru okoljskih deklaracij gradbenih materialov velik problem to, da so njihove zbirke zaenkrat še dokaj nepopolne. Pri EPD se namreč obravnava točno določen proizvod, točno določenega proizvajalca, proizvedenega s točno določeno tehnologijo, v točno določeni pokrajini, itd. Gre torej za zelo specifičen dokument, ki ne obravnava celotnih skupine proizvodov (npr. stekleno volno, opečni blok, žagan les, itd.). Prav zaradi tega in dejstva, da je ključno v postopku priprave EPD prostovoljno sodelovanje proizvajalcev, je razširjenost teh deklaracij za gradbene materiale zaenkrat še nezadostna. Preden bo število EPD doseglo zadostno raven, mora njihovo vlogo prevzeti konsistentna začetna baza podatkov. Pri tem je zelo pomembno, da je uporabljena metodologija povezana z EPD in dolgoročno z evropskim standardom CEN TC 350.

Pod okriljem nemškega Ministrstva za promet, gradnjo in urbani razvoj (nem. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung – BMVBS) je v sodelovanju s podjetjem PE International nastala prva zbirka okoljskih profilov za gradbene materiale, ki vsebuje podatke o njihovih okoljskih vplivih. V bistvu gre za skrženo verzijo EPD, ki upošteva določene poenostavitve. S tem zagotovo izgubimo določeno mero natančnosti podatkov, vendar pa je za analizo celotne stavbe veliko bolj uporabno, da imamo v eni sami bazi združene vse materiale, ki so vgrajeni v stavbo.

Na informacijskem spletnem portalu BMVBS – Trajnostna gradnja (nem. Nachhaltiges Bauen) je dosegljiva brezplačna baza podatkov Ökobau.dat (v analizi je bila uporabljena verzija 2009, sedaj pa je dosegljiva tudi že verzija 2011). Vsebuje okoljske profile približno 650 gradbenih materialov, gradbenih in transportnih procesov. Baza se deli na naslednje kategorije:

- mineralne gradbene materiale
- izolacije
- lesne proizvode
- kovine
- premazi in tesnila
- gradbeni proizvodi iz umetnih mas
- komponente oken, vrat in visečih fasad
- gradnja
- drugo

Poleg vplivov na okolje so v posameznih okoljskih profilih podani še referenčna enota, časovna veljavnost zapisa, kakovost podatkov itd. Format zapisov okoljskih profilov je XML, kar pomeni, da jih lahko pregledujemo z vsakim spletnim brskalnikom (Ökobau.dat, 2011). Primer okoljskega profila je podrobneje predstavljen v prilogi B.

## 4 FAZA PROIZVODNJE GRADBENEGA MATERIALA IN PROIZVODOV

Faza proizvodnje gradbenega materiala je, če vključuje tudi pridobivanje surovin, prva faza v življenjskem ciklu gradbenega proizvoda, ki ga nato integriramo v stavbo, in velja za najbolj raziskano med njenimi fazami. Vzrok za to gotovo tiči v dejstvu, da je proizvodnja gradbenega materiala po večini industrijska in se jo zaradi tega da natančno opazovati in preučevati. Poteka namreč v kontroliranih pogojih, medtem ko so ostale faze bolj kot ne potekajo v specifičnih, neponovljivih pogojih. Je tudi edina faza, ki se jo obravnava v že omenjeni analizi od zibelke do vrat. V naslednjih podpoglavjih je predstavljena zgodovina razvoja gradbenih materialov, razvrstitev materialov v kategorije, definicija pojma gradbeni proizvod, bistvene zahteve za gradbene objekte in značilnosti proizvodnje gradbenega materiala in proizvodov.

### 4.1 Zgodovinski razvoj gradbenih materialov

Gradbeni materiali oz. gradiva so vsi materiali, ki se uporabljajo v graditeljstvu. Sodijo med tehnične materiale v ožjem pomenu besede, tj. med snovi, ki so tehnično uporabne v trdnem agregatnem stanju. Gledano skozi zgodovino je bilo odkrivanje, razvoj uporabe in izdelava gradiv močno povezano z razvojem in napredkom družbe. V zgodnjih obdobjih človekovega razvoja so bila celotna zgodovinska obdobja poimenovana po različnih materialih (npr. kamena, bronasta, železna doba). Prvotno so ljudje uporabljali le naravna gradiva iz svoje bližnje okolice. Z razvojem njegove ustvarjalnosti se je zvišala raven predelave in obdelave naravnih gradiv in proizvodnja novih vrst gradiv (opeka, kovine). Danes obstajajo različna gradiva, predpogoj za uspešno projektiranje in gradnjo objektov pa je solidno znanje o gradivih. Znanje o gradivih obsega znanje o tehnoloških postopkih za njihovo pridobivanje in predelavo, o kemični sestavi in fizikalnih ter tehničnih lastnostih pred uporabo in v času predelave, obnašanju po vgradnji in o vseh bistvenih spremembah v dobi njihove uporabe.

Sodobna ekspanzija razvoja gradiv je povezana z izčrpavanjem področij njihove uporabnosti. Ko se doseže meja uporabnosti posameznega materiala, se pojavi novo gradivo, ki omogoči nadaljnji razvoj tehnologij in izdelavo novih vrst izdelkov in konstrukcij. V zadnjih petdesetih letih je prišlo v uporabo več tehničnih materialov kot v celotnem dotedanem zgodovinskem obdobju. Rast porabe klasičnih gradiv v industrijsko razvitih deželah se umirja, poraba razmeroma novih gradiv kot so aluminij, polimerni in kompozitni materiali pa se naglo povečuje.

Gradiva vplivajo na razvoj tehnologij gradnje in izdelave gradbenih polproizvodov, a obstaja tudi obraten vpliv. Nove tehnologije zahtevajo nova gradiva ali modifikacijo klasičnih gradiv. Prilagajajo se posebnim zahtevam in potrebam in nastajajo kot tehnična kombinacija visoko specializiranih materialov, kateri so posamezno razviti za določene namene. Take kombinacije so nujne zlasti pri

snovanju izolacijskih gradiv ali gradiv namenjenih za izdelavo ekstremno obremenjenih konstrukcijskih elementov. Pri sodobnih gradivih se vpliv človeškega dejavnika na kakovost izdelave gradiv sicer zmanjšuje, vendar pa je pri velikem številu še vedno zelo pomemben (Žarnić, 2005).

## **4.2 Razvrstitev gradbenih materialov**

Tako kot ostale stvari lahko gradbene materiale, z namenom večje preglednosti, razvrstimo v različne skupine. Načini razvrstitve so si različni, vsi pa izhajajo iz določenih klasifikacijskih kriterijev. Nekatere razvrstitve poudarjajo le določene značilnosti materialov, druge izhajajo iz primerjav njihove uporabnosti, tretje iz primerjav fizikalnih značilnosti. Vsaka taka primerjava obravnava le del njihovih značilnosti. Tako Žarnić (2005) predlaga bolj dosledno in splošno klasifikacijo, ki izhaja iz narave samega materiala, tj. iz njegove kemične narave in od tod postavljene hierarhije. Takšna razvrstitev je primerna za vse tehnične materiale, poleg nje pa sta v nadaljevanju predstavljeni še dve razvrstitvi, ki sta primerni za gradbene materiale.

### **4.2.1 Splošna razvrstitev**

Splošna razvrstitev deli gradiva v štiri jasno določene skupine: kovine, polimere, keramike in kompozite ter več vmesnih podskupin. Kovine definirajo značilne fizikalne lastnosti, ki so posledica kovinskih kemijskih vezi. Keramike definirajo lastnosti, ki so posledica kombinacije ionskih in kovalentnih vezi. Polimere definirajo lastnosti, ki so posledica visoke stopnje kovalentnih vezi znotraj verig molekul in šibkih Van der Waalsovih vezi med verigami molekul. Ostali materiali se lahko prepoznajo kot razredi kovin, keramik ali polimerov oziroma kot kompoziti. Dejansko so vsi večfazni materiali kompoziti, vendar pa s tem nazivom imenujemo predvsem kombinacije dveh eno ali več eno ali večfaznih materialov, ki imajo neodvisne lastnosti in se lahko uporabljajo kot samostojni materiali. Kompozite tvorimo s kemičnim, fizikalnim ali mehanskim povezovanjem. Lastnosti kompozitov so prilagojene njihovi uporabi in so boljše od lastnosti posameznih sestavnih materialov za predvideno namembnost (Žarnić, 2005).

### **4.2.2 Razvrstitev glede na izvor**

Glede na izvor razvrstimo gradbeni material na naraven in umeten. Med naravne gradbene materiale štejemo tista, ki jih lahko uporabljamo v manj ali bolj obdelani obliki po odvzemu iz naravnih nahajališč. Najbolj pogosto sta uporabljena tradicionalna gradiva les in kamen, v to skupino pa poleg obeh omenjenih prištevamo tudi zemljine (glina, ilovica), naravni bitumen (bituminozni apnenci), naravni asfalt (trinidadski asfalt) in druga naravna gradiva (kože, trsje, slama...). Med umetne gradbene materiale se uvrščajo vsi ostali materiali, ki so narejeni s kemično in mehansko predelavo

naravnih organskih in anorganskih surovin. Danes se večinoma uporabljajo umetna gradiva, tradicionalna med njimi pa so: enostavna keramika, apno, mavec, malte, steklo, baker, svinec in betoni (Žarnić, 2005).

#### **4.2.3 Razvrstitev glede na namembnost**

Če za kriterij razvrstitve uporabimo namembnost, se gradiva lahko razdelijo v naslednje skupine: konstrukcijska gradiva, veziva, izolacijska gradiva in materiali za oblogo. Konstrukcijska gradiva so primarni materiali v gradbeništvu, saj se uporabljajo za izdelavo konstrukcijskih elementov v visokogradnji in nizkogradnji. Zanje je značilno, da so zaradi svojih mehanskih lastnosti sposobne prenašati statične in dinamične obremenitve. Najbolj pogosto so uporabljeni kamen, les, opeka, jeklo, beton in armiran beton. V najsodobnejših konstrukcijah se veliko uporabljajo tudi različni kompozitni materiali, ki so sestavljeni iz plastomerov.

Veziva se po mešanju z vodo (razen bitumenskih in polimernih) spremenijo v kašasto ali plastično zmes. Po procesu vezanja se ta zmes strdi na zraku ali v vodi in spremeni v čvrsto konstrukcijo, izolacijsko ali obložno gradivo. Glede na način strjevanja jih delimo na zračna, hidravlična, ognjevarna, bitumenska in polimerna.

Izolacijski materiali se uporabljajo za zaščito ali ločevanje gradbenega elementa ali celotne konstrukcije od vplivov vlage, temperaturnih sprememb, ognja, agresivnega okolja (npr. kemikalij), sevanja, hrupa in vibracij. Sodobne tehnologije grajenja, pri katerih je poudarjena ekonomična poraba konstrukcijskih gradiv, zahtevajo obsežno uporabo izolacijskih materialov, med njimi so v večini plastomeri. V gradbeništvu se v glavnem uporabljajo tri skupine izolacij: hidroizolacije, toplotne izolacije in zvočne izolacije.

Materiali za oblogo so namenjeni zaščiti izolacijskih in konstrukcijskih materialov na objektih. Glede na namembnost ločimo vsaj tri vrste oblog: obrabne, izolacijske in okrasne. Pri izbiri oblog pogosto zahtevamo hkratno zadovoljitev več zahtev. Tako se od obloge podov zahteva odpornost na obrabo, da bo vsaj delno dušila udarce in imela ustrezen videz. Obloge se največkrat uporabljajo pri zaključnih delih v gradbeništvu (Žarnić, 2005).

#### **4.3 Definicija pojma gradbeni proizvod in bistvene zahteve za gradbene objekte**

Zakon o gradbenih proizvodih (ZGPro, 2000) definira gradbeni proizvod kot „vsak proizvod, ki je izdelan za trajno vgraditev v gradbene objekte“. Bistvene zahteve za gradbene objekte, ki morajo biti, če so predpisane s predpisi o graditvi gradbenih objektov, izpolnjeni ves čas njihove ekonomske



sprejemljive življenjske dobe in ki jih je treba upoštevati pri določitvi zahtevanih lastnosti gradbenih proizvodov, so:

#### 1. mehanska odpornost in stabilnost

Gradbeni objekt mora biti projektiran in zgrajen tako, da obremenitve, ki jim je izpostavljen med gradnjo in uporabo, ne bodo povzročale:

- a) porušitve celotnega ali delov objekta
- b) večjih deformacij od nedopustne stopnje
- c) poškodb na drugih delih objekta ali napravah ali vgrajeni opremi zaradi večjih pomikov nosilne konstrukcije
- d) poškodb zaradi nekega dogodka, ki so glede na vzrok nesorazmerno velike

#### 2. varnost pred požarom

Gradbeni objekt mora biti projektiran in zgrajen tako, da je v primeru izbruha požara:

- a) nosilna sposobnost konstrukcije ohranjena še določen čas
- b) nastajanje in širjenje požara in dima v objektu omejeno
- c) širjenje požara na sosednje objekte omejeno
- d) stanovalcem omogoča zapustitev objekta ali reševanje na druge načine
- e) upošteva varnost reševalnih ekip

#### 3. higienska in zdravstvena zaščita ter varovanje okolja

Gradbeni objekt mora biti projektiran in zgrajen tako, da ne bo ogrožal higiene ali zdravja stanovalcev ali sosedov, predvsem ne zaradi:

- a) oddajanja strupenih plinov
- b) prisotnosti nevarnih delcev ali plinov v zraku
- c) emisije nevarnega sevanja
- d) onesnaženja ali zastrupitve vode ali tal
- e) napačnega odvajanja odpadnih vod, trdnih in tekočih odpadkov
- f) prisotnosti vlage v delih objekta ali na površinah znotraj objekta

#### 4. varnost pri uporabi

Gradbeni objekt mora biti projektiran in zgrajen tako, da ne more priti do nepričakovanih nesreč v uporabi ali pri obratovanju, kot so drsenje, padec, trčenje, opekline, električni udarec, poškodbe pri eksplozijah.

#### 5. zaščita pred hrupom

Gradbeni objekt mora biti projektiran in zgrajen tako, da je hrup, ki ga zaznavajo stanovalci ali

okoljski ljudje zmanjšan do take mere, da ne ogroža njihovega zdravja in jim daje zadovoljive pogoje za spanje, počitek in delo.

#### 6. varčevanje z energijo in ohranjanje toplote

Gradbeni objekt in njegove naprave za ogrevanje, hlajenje in zračenje morajo biti projektirane in zgrajene tako, da je pri uporabi potrebna količina energije nizka, upoštevajoč klimatske pogoje lokacije in primerno toplotno udobje stanovalcev.

Po določilu ustreznega zakona mora vsak gradbeni proizvod, preden ga dobavitelj da v promet, ustrezati svoji nameravani uporabi. To pomeni, da ima ta proizvod take lastnosti, da bo gradbeni objekt, v katerega je vgrajen, če je ta pravilno projektiran in grajen, izpolnjeval s predpisi o graditvi objektov (npr. ZGO-1, ipd.) določene bistvene zahteve (Zakon o gradbenih proizvodih, 2000).

#### 4.4 Značilnosti proizvodnje gradbenih materialov in proizvodov

Medtem ko se večina gradbene proizvodnje (dela na objektu) odvija v specifičnih pogojih, saj potekajo pretežno na odprtem prostoru z mnogimi prekinitvami zaradi neugodnih vremenskih razmer (dež, mraz, veter) ter zahtevajo neprestano selitev delavcev in delovnih sredstev (mehanizacije in opreme) in spremenljiv način preskrbovanja delavcev s predmeti dela (gradbenimi materiali), se le del proizvodnje gradbenega objekta lahko izpelje na industrijski način. Tu mislimo na gradbene proizvode in materiale, ki so izdelani v zaprtih prostorih in se na gradbenih objektih le sestavijo ali pa vgradijo.

Proizvodnja gradbenih materialov in proizvodov spada med množično proizvodnjo. Takšen način proizvodnje zahteva standardizacijo ali vsaj tipizacijo gradbenega materiala in proizvodov ter uporabo visoko produktivne mehanizacije in opreme pa tudi avtomatizacijo. S skrajno načrtno delitvijo dela, z nadrobno izdelanim projektom organizacije množične proizvodnje in s specializacijo dela lahko tako dosegamo visoko produktivnost. V tržnem smislu je za tako proizvodnjo značilno, da kupec ni znan, ko proizvod ali material nastaja.

Vsak proizvod je končni rezultat proizvodnje dejavnosti, z obliko in lastnostmi pa zadovoljuje določeno vrsto potreb. To velja seveda tudi za gradbene proizvode. Najvažnejša lastnost vseh proizvodov je vsekakor njihova uporabna vrednost, to je sposobnost proizvoda, da s svojimi fizikalnimi, kemijskimi, geometrijskimi, estetskimi in drugimi značilnostmi zadovoljuje potrebe katerekoli vrste. Zelo pomembna lastnost gradbenih proizvodov je tudi kakovost. Nanaša se na material, obliko, izvedbo, sestavo, trdnost, toplotno izolativnost, itd. Pri gradbenih proizvodih je kakovost proizvodov pogosto predpisana s standardom, drugače pa mora biti predpisana s projektno dokumentacijo. Dokazujemo jo s kontrolo kakovosti. (Pšunder, 2008)

## 5 ANALIZA ŽIVLJENJSKEGA CIKLA ENOSTANOVANJSKE STAVBE MODEKO

S pomočjo metode LCA želimo analizirati primer enostanovanjske hiše, natančneje Riko ModEko z lesenim okvirnim nosilnim sistemom (slika 5). Najprej predstavljamo splošni opis stavbe s poudarkom na opisu sestav vseh konstrukcijskih sklopov, v nadaljevanju pa so v ločenem podpoglavju opisani vsi okoljski kazalniki, ki se pojavijo v rezultatih analize življenjskega cikla stavbe. Ob interpretaciji rezultatov je izjemno pomembno, da se zavedamo, pod katerimi pogoji, omejitvami in predpostavkami so le-ti nastali, zato je tretje podpoglavje v tem poglavju bistvenega pomena za razumevanje rezultatov. Na koncu so predstavljeni rezultati analize in sicer po posameznih okoljskih kazalnikih za celotno stavbo ter tudi primerjava med rezultati, ki jih dobimo po verziji 2009 in tistimi po verziji 2011. Slednja je bila izdana prav v času, ko se je ta diplomska naloga zaključevala (tj. v januarju 2012)



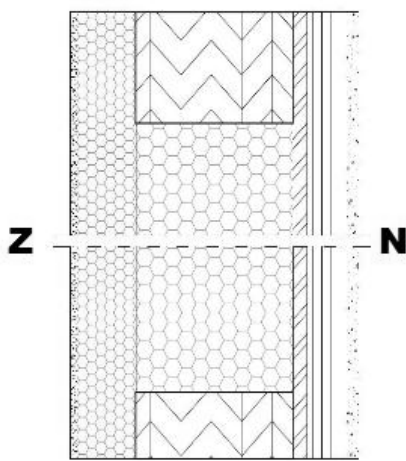
Slika 5: Enostanovanjska stavba Riko ModEko (Riko Hiše, 2011)

### 5.1 Opis stavbe Riko ModEko – okvirni nosilni sistem

Obravnavana stavba Riko ModEko je modularna enodružinska stavba. Sestavljena je iz posameznih modulov, ki jih stavbi s časoma lahko po potrebi odvzemamo in dodajamo. Ker je vsaka posamezna enota samonosna, izdelana v obratu in ima tlorisne mere, ki še omogočajo prevoz po cesti, je posebnost tudi ta, da se kar celotne posamezne module prepelje na gradbišče in se jih tam sestavi v celoten objekt.

Vertikalna nosilna konstrukcija zunanje stene je leseni okvirni sistem, ki je sestavljen iz lesenih stebrov (konstrukcijski les, nem. Konstruktionsvolholz – KVH) in lepljenih lesenih prečnih elementov. Med nosilno konstrukcijo zunanje stene je vpihovana celulozna toplotna izolacija. Volumsko razmerje

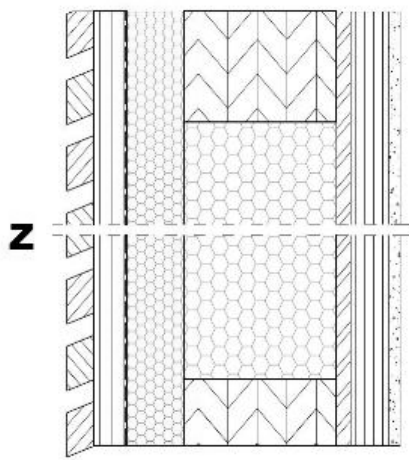
vpihovane toplotne izolacije proti leseni nosilni konstrukciji je približno 3:1. Nosilna konstrukcija zunanje stene je na zunanji strani zaprta z lesno vlaknenimi toplotno izolacijskimi ploščami, na notranji strani pa z OSB ploščami (usmerjene pramenske plošče, angl. Oriented Strain Board – OSB). Manjši del zunanjih površin je ometan s tankoslojnim fasadnim ometom (slika 6), večino zunanjih fasadnih površin pa prekriva prezračevana macesnova fasada (slika 7). Na notranji strani je med OSB ploščami in mavčno vlaknenimi ploščami še lesena podkonstrukcija, ki ustvari prostor za vodenje potrebnih inštalacij. Mavčno vlaknene plošče so na notranji strani po želji naročnika površinsko obdelane.



Sestava zunanje stene s tankoslojnim fasadnim ometom (od zunaj navznoter):

DEBELINA	MATERIAL
0,7 cm	tankoslojni fasadni omet
6,0 cm	Agepan THD N+F (lesno vlaknene toplotnoizolativne plošče)
24,0 cm	lesena okvirna nosilna konstrukcija (stebri in lepljeni prečni elementi)
24,0 cm	Trendisol (celulozna vpihovana toplotna izolacija med leseno okvirno konstrukcijo)
1,5 cm	OSB 3 plošča
4,0 cm	lesena podkonstrukcija (vertikalne letve)
1,25 cm	Fermacell (mavčno-vlaknene plošče)

Slika 6: Sestava zunanje ometane stene (Riko ModEko - okvirni nosilni sistem)

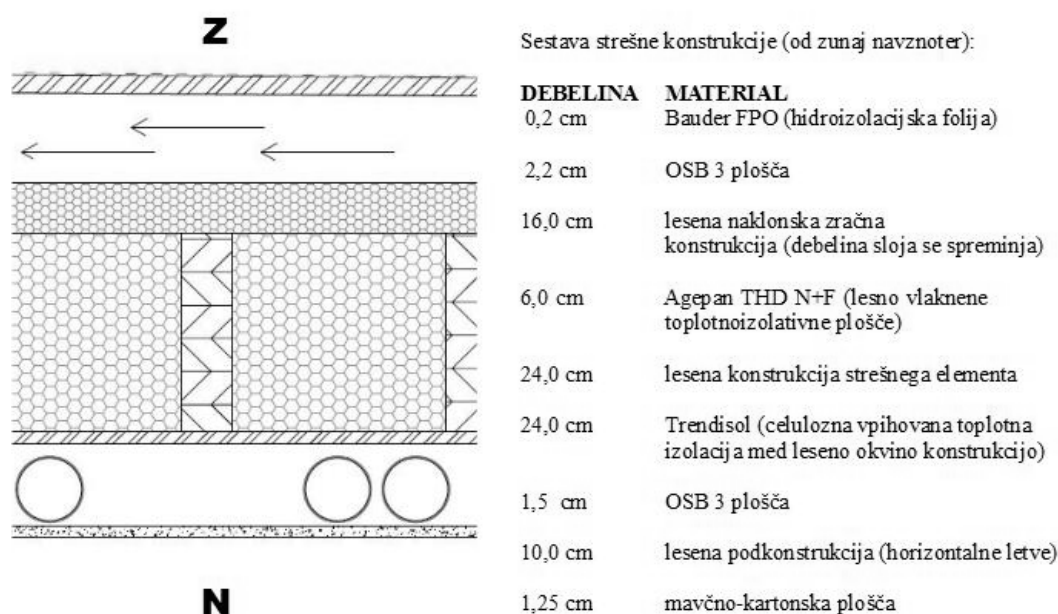


Sestava zunanje stene s prezračevano macesnovo fasado (od zunaj navznoter):

DEBELINA	MATERIAL
1,9-6,0 cm	macesnova prezračevana fasada
3,5 cm	lesene zračne vertikalne letve
0,03 cm	Stamisol (paroprepustna folija)
6,0 cm	Agepan THD N+F (lesno vlaknene toplotnoizolativne plošče)
24,0 cm	lesena okvirna nosilna konstrukcija (stebri in lepljeni prečni elementi)
24,0 cm	Trendisol (celulozna vpihovana toplotna izolacija med leseno okvirno konstrukcijo)
1,5 cm	OSB 3 plošča
4,0 cm	lesena podkonstrukcija (vertikalne letve)
1,25 cm	Fermacell (mavčno-vlaknene plošče)

Slika 7: Sestava zunanje stene s prezračevano fasado (Riko ModEko - okvirni nosilni sistem)

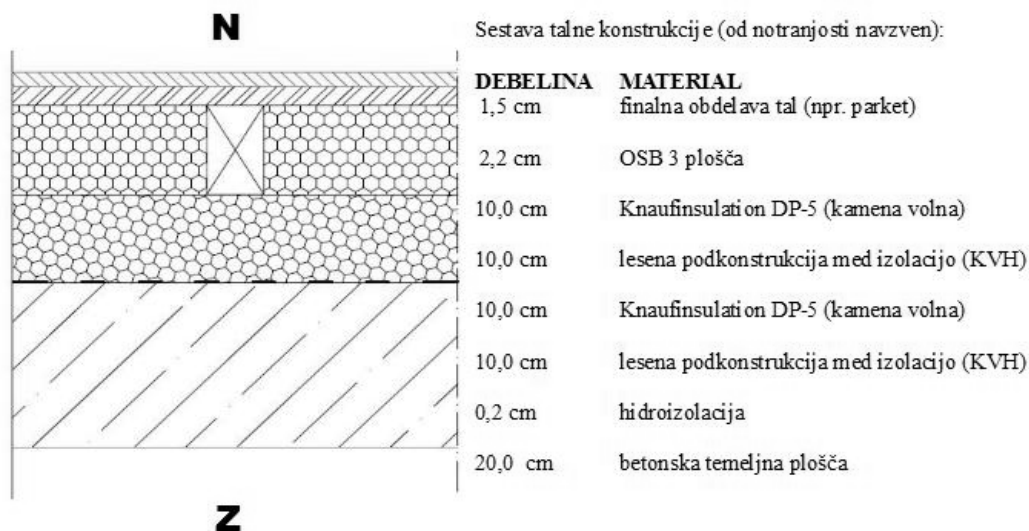
Streha je ravna, nepohodna in prezračevana, na leseni zračni naklonski konstrukciji so pritrjene OSB plošče, nanje pa je pritrjena hidroizolacijska folija. Strešna nosilna konstrukcija je sestavljena iz lamelno lepljenih nosilcev, med njimi pa je vpihovana celulozna toplotna izolacija. Med strešno nosilno konstrukcijo in zračno naklonsko konstrukcijo je še dodatna plast lesno vlaknenih toplotno izolacijskih plošč. Proti notranjosti je strešna nosilna konstrukcija zaprta z OSB ploščami, na njih je pritrjena lesena podkonstrukcija, z inštalacijsko ravnino ter nato na podkonstrukcijo še mavčno kartonske plošče, ki zapirajo stropno konstrukcijo (slika 8).



Slika 8: Sestava strešne konstrukcije (Riko ModEko - okvirni nosilni sistem)

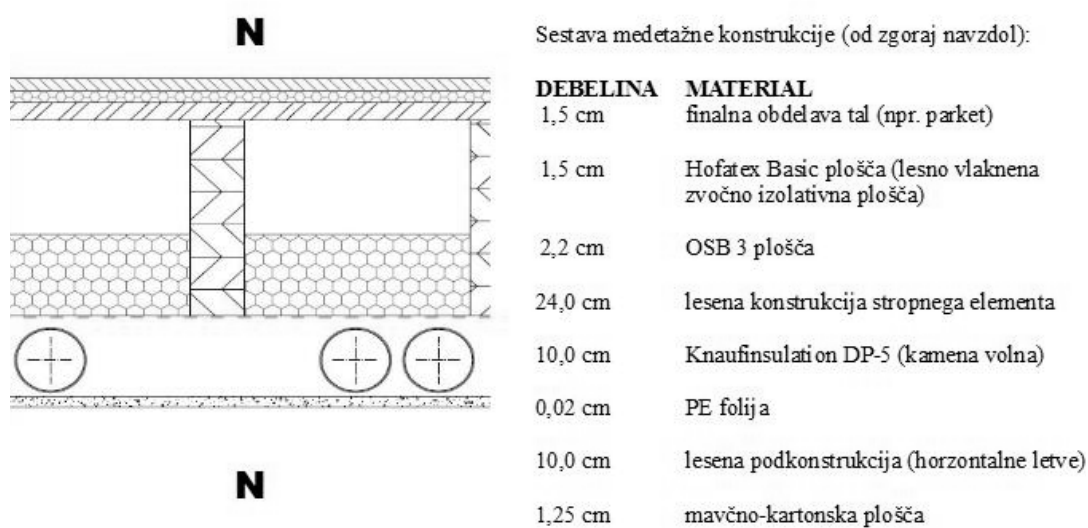
Talna konstrukcija (slika 9) je sestavljena (gledano od talne plošče navzgor) iz temeljne betonske plošče z ustrezno hidroizolacijo, lesene podkonstrukcije, ki poteka v dveh slojih v križni smeri med katero je položena kamena volna. Lesena konstrukcija je postavljena križno, da ne prihaja do linijskih toplotnih mostov. S toplotno izolacijo je navzgor zaprta z OSB ploščami, ki ob tem opravljajo tudi funkcijo suhomontažnega estriha za sloj finalne obdelave, ki sledi. Finalna obdelava tal je odvisna od namembnosti prostora.

Nosilna konstrukcija medetažne konstrukcije (slika 10) so lamelno lepljeni stropniki, med katere je položena kamena volna, ki pa ne zapolnjuje vsega prostora po višini. S spodnje strani jo podpira lesena podkonstrukcija, kjer so speljane tudi inštalacije. Na to leseno podkonstrukcijo so pritrjene mavčno-kartonske plošče. Med podkonstrukcijo in stropniki je še plast polietilenske folije. Na zgornji strani stropnikov so položene OSB plošče, na slednje pa so pritrjene še lesno vlaknene, zvočno izolativne plošče. Finalna obdelava tal je tudi v tem primeru odvisna od namembnosti prostora.



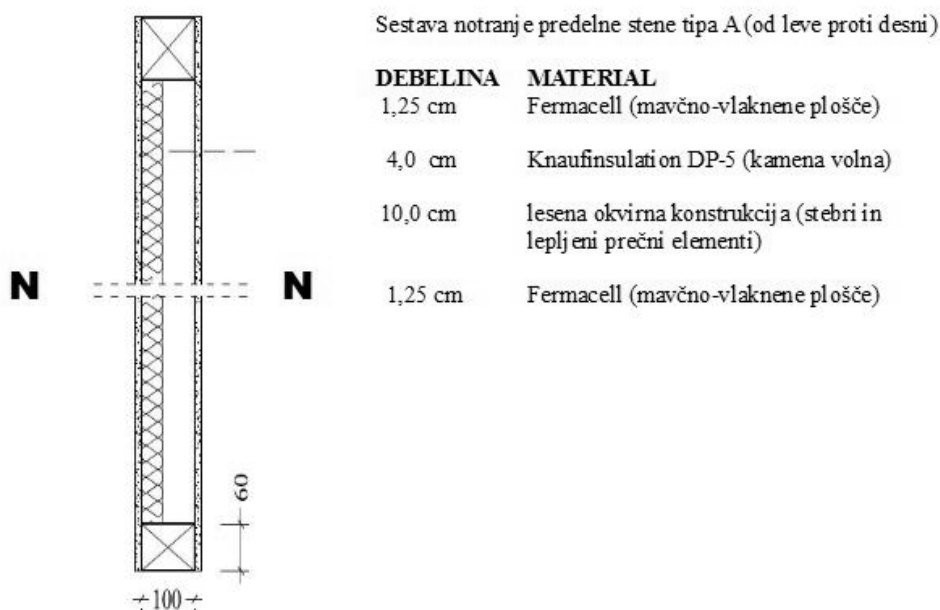
Slika 9: Sestava talne konstrukcije (Riko ModEko - okvirni nosilni sistem)

Del tlorisa nadstropja je previs, ki je po sestavi podoben medetažni konstrukciji, s to razliko, da je med prazninami lesenih stropnih nosilcev vpihovana celulozna izolacija podobno kot pri zunanji steni. Na zunanji strani previsa je napeta paroprepustna folija, na katero je nato izveden macesnov opaž z zračnim kanalom.

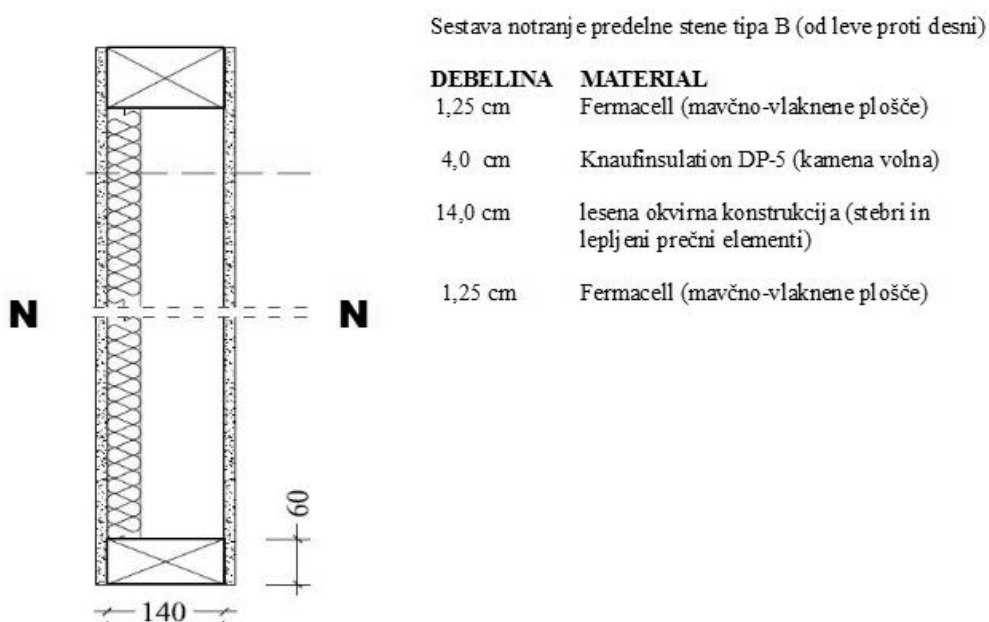


Slika 10: Sestava medetažne konstrukcije (Riko ModEko - okvirni nosilni sistem)

Predelne stene so v hiši štiri tipov. Tipi A, B in D (slike 11, 12 in 14) so sestavljeni iz podobnih materialov razlikujejo pa se v debelini, medtem ko je tip stene C (slika 13) različen. Tipi A, B in D so sestavljeni iz lesene okvirne konstrukcije, stebrov in prečk, med katerimi je vstavljena kamena volna (ne po celi debelini). Nosilna konstrukcija je zaprta z obeh strani z mavčno-vlaknenimi ploščami. Tip predelne stene C je lamelno lepljena masivna lesena stena.

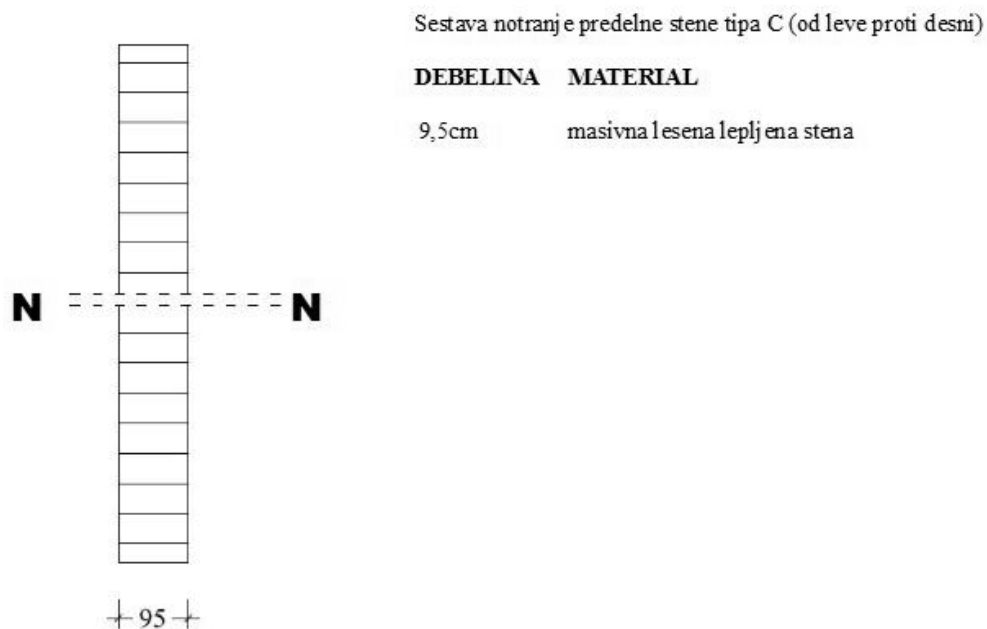


Slika 11: Sestava predelne stene tipa A (Riko ModEko - okvirni nosilni sistem)

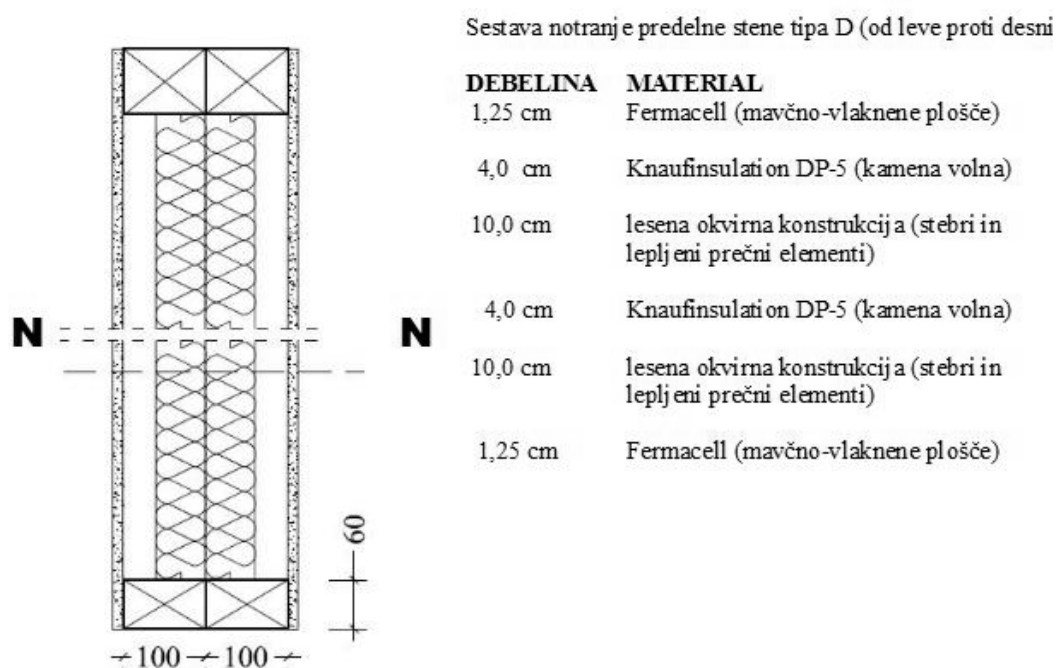


Slika 12: Sestava predelne stene tipa B (Riko ModEko - okvirni nosilni sistem)

V stavbi so vgrajena lesena okna z okvirjem tipa ISO-68 AIR in dvoslojno zasteklitvijo Unitop 0,7. Vhodna vrata so tudi lesena, polna macesnova, brez zasteklitve.



Slika 13: Sestava predelne stene tipa C (Riko ModEko - okvirni nosilni sistem)



Slika 14: Sestava predelne stene tipa D (Riko ModEko - okvirni nosilni sistem)



## **5.2 Okoljski kazalniki**

V tem razdelku predstavljamo vse okoljske kazalnike, ki jih uporabljamo v analizi rezultatov in ki so na voljo v izbrani bazi podatkov Ökobau.dat (glej poglavje 3.4.3). Najprej jih lahko razdelimo na kazalnike inventarja in kazalnike vplivov na okolje, nato pa se delijo še naprej v posamezne kategorije, ki so predstavljene v tem podpoglavju. Opis posameznih okoljskih kazalnikov je, če ni omenjeno drugače, povzet po dokumentu, ki razlaga metodološko podlago za izračun okoljskih kazalnikov (Methodische Grundlagen, 2007) in je priložen uporabljeni bazi Ökobau.dat.

### **5.2.1 Kazalniki inventarja – vhodne količine**

Kot smo že omenili, je inventarizacija podatkovno jedro LCA. V tej fazi se obravnavajo vse vhodne in izhodne količine različnih procesnih korakov znotraj analiziranega sistema. Najprej obravnavamo vhodne količine, ki obsegajo kategorije: primarna neobnovljiva energija (rjav premog, črni premog, zemeljski plin, nafta in uran), primarna obnovljiva energija (vodna energija, vetrna energija, sončna energija in energija iz biomase), sekundarna goriva in porabo vode.

#### **5.2.1.1 Poraba primarne neobnovljive in obnovljive energije**

Potrebo po energiji lahko pokrijemo z različnimi energijskimi viri, katere nato preračunamo v primarno energijo. Po definiciji, ki nam jo ponuja Methodische Grundlagen (2007) je to količina, direktno iz hidrosfere, atmosfere ali geosfere odvzeta energija (gorivo), ki še ni bila podvržena antropološki predelavi. Pri fosilnih gorivih in uranu je to npr. količina odvzetih virov izražena v energetske ekvivalentu (energetska vrednost energijskih surovin). Pri obnovljivih virih energije je npr. predpisana energetska karakterizirana količina uporabljene biomase. Pri vodni energiji gre za količino energije, ki izvira iz spremembe potencialne energije (višinska razlika) vode.

Kot skupne količine so izražene naslednji kazalniki primarne energije: Skupna vsota „poraba neobnovljive primarne energije“, izražena v MJ, ki jo predstavlja predvsem uporaba goriv kot so zemeljski plin, nafta, rjavi premog, črni premog in uran. Zemeljski plin in nafta se uporabljata tako za pridobivanje energije kot tudi sestavnih delov proizvoda npr. plastike. Premog se v večini uporablja za pridobivanje električne energije. Uran se uporablja izključno za pridobivanje elektrike v jedrskih elektrarnah. Skupna količina „poraba obnovljivih virov“, izražena v MJ, je v okoljskih profilih Ökobau.dat-a prikazana ločeno po posameznih vrstah in tako obsega vetrno in vodno energijo, sončno energijo in energijo pridobljeno iz biomase.

### **5.2.1.2 Poraba sekundarnih goriv**

Sekundarna goriva so v pravem pomenu besede uporabljena dvakrat. Večina predmetov je po primarni uporabi zavržena, če pa so uporabljeni kot energijski vir (za npr. termoelektrarne) lahko zamenjajo fosilna goriva, kot sta premog ali nafta. V primeru, da sekundarna surovina ali sekundarno gorivo nima ekonomske vrednosti, se jih obravnava kot odpadke in ne predstavljajo okoljske obremenitve izven svojega prvotnega življenjskega cikla. V vsakem primeru je potrebno zabeležiti količino energije, ki jo prispevajo sekundarna goriva.

### **5.2.1.3 Poraba vode**

Med kazalnike inventarja – vhodne količine spada tudi poraba vode. Žal iz dokumentov, ki opisujejo metodologijo za zbiranje podatkov, ni razvidno, ali gre za čisto pitno vodo ali ne. Količina porabljene vode je izražena v kilogramih.

## **5.2.2 Kazalniki inventarja – izhodne količine**

Med izhodnimi količinami opazujemo v bistvu le količine odpadkov, ki pa so razdeljeni v tri kategorije: surovinski, komunalni in posebni odpadki. Podatki za izhodne količine pri inventarju so problematični, saj pri posameznih materialih ni razvidno, za točno kakšno kakovost odpadkov gre, zato je smiselnost seštevanja količine med seboj vprašljiva.

### **5.2.2.1 Količina odpadkov**

Odpadki nastajajo v različnih kakovostih. Po definiciji (Gesetz zur Förderung...,1994) so odpadki „premične stvari, ki se jih želi lastnik znebiti“ oz. „katerih organizirano odstranjevanje vodi k obvarovanju javne blaginje, še posebej varovanju okolja. Odpadke delimo na surovinske, komunalne in posebne odpadke.

V kategorijo surovinskih odpadkov spadajo odstranjene obloge pri pridobivanju rudnin, pepela in vseh ostalih odpadkov, ki nastajajo pri pridobivanju surovin. Komunalni odpadki predstavljajo skupno količino gospodinjskih in ostalih komercialnih odpadkov. Med posebne odpadke pa so vštete snovi, ki se jih odvaža v sežigalnice ali deponije za posebne odpadke. To so npr. elektrofiltrski pepel, galvansko blato ali ostali tekoči in trdni posebni odpadki. Sem spadajo tudi radioaktivni odpadki.

### 5.2.3 Kazalniki vplivov na okolje

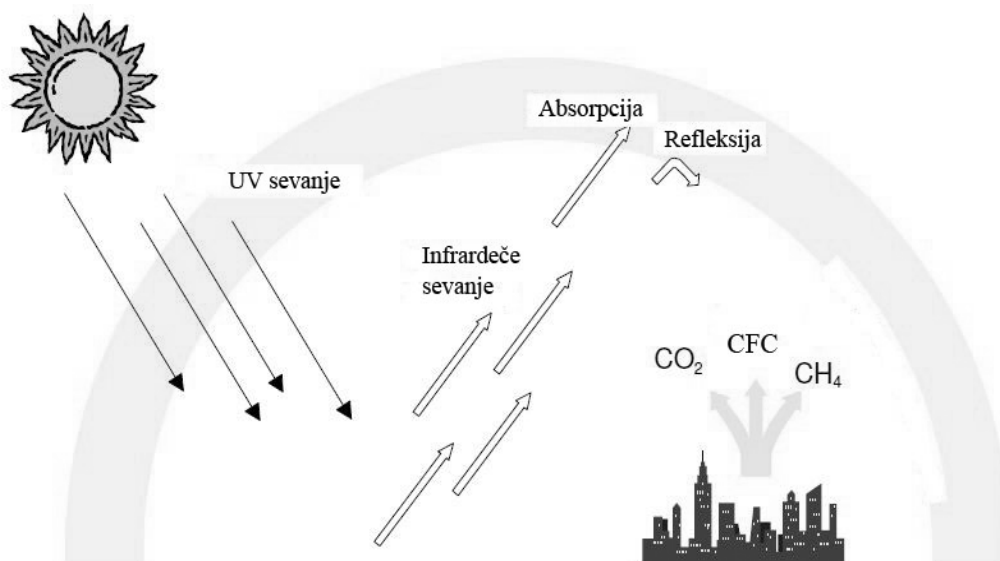
Vplivi na okolje so posledica škodljivih emisij, ki nastajajo med različnimi procesi, ki so potrebni za pridobivanje gradbenih materialov. Vplivov na okolje je nešteto, vendar so nekateri bolj izraziti od ostalih. Podatkovna zbirka Ökobau.dat ponuja šest kazalnikov vplivov, od katerih sem enega (potencial izčrpavanja abiotskih virov) v nadaljnjem delu zavestno zanemaril. Ta kazalnik v že omenjeni metodološki podlagi (Metodische Grundlagen, 2007) ni predstavljen, zato je interpretacija rezultatov, ki so nanj vezani, otežena.

Ostaja nam torej 5 kazalnikov vpliva na okolje, med katerimi je prvi in morda celo najpomembnejši potencial globalnega segrevanja, ki opredeljuje vpliv emisij na nastajanje in širjenje učinka tople grede. Kjotski protokol (1998) zavezuje podpisnice ravno k zmanjšanju izpustov ogljikovega dioksida in petih ostalih toplogrednih plinov, zato je ta kazalnik vpliva na okolje po pomembnosti za korak pred ostalimi. Potencial za zmanjševanje koncentracije ozona v stratosferi je še en kazalnik, ki opredeljuje vplive z dolgoročnimi in globalnimi posledicami. Glavna posledica zmanjševanja koncentracije ozona v stratosferi je nastanek ozonske luknje, ki je nevarna za naravo in zdravje ljudi. Zadnji trije kazalniki vplivov na okolje opredeljuje pojave, ki so sicer prisotni globalno, vendar pa je njihov učinek zelo odvisen od lokalnih razmer. Tako imamo potencial zakisanosti ozračja, ki opredeljuje pojav pri katerem se onesnaževalci zraka pretvorijo v kisline. Ta pojav je še posebej nevaren za razgradnjo določenih kamnin in kovin. Potencial evtrofikacije opredeljuje pojav kopičenja hranilnih snovi na določenem mestu, lahko gre za evtrofikacijo v vodi ali v zemlji, spet pa ta pojav prizadene določena območja bolj kot druga. S potencialom fotokemičnega nastajanja ozona v nižjih plasteh ozračja kvantificiramo pojav, ki nastaja ob zelo specifičnih pogojih: suhi in vroči klimi, nizki izmenjavi zraka in visoki prisotnosti ogljikovodikov. Če je prisotnost ozona v stratosferi pomembna za življenje na zemlji, je njegova prisotnost v zračnih plasteh blizu zemlje zdravju škodljiva.

#### 5.2.3.1 Potencial globalnega segrevanja

Učinek tople grede povzroča dodatno segrevanje atmosfere in je prisoten tudi v globalnem obsegu. Pri tem pojavu pride vhodno kratkovalovno sončno sevanje do zemeljske površine, tam se deloma absorbira (direktno segrevanje) in deloma odbije kot infrardeče sevanje. Odbiti del svetlobe v troposferi absorbirajo ti. toplogredni plini, od katerih seva svetloba naprej v vse smeri, tako da dobi zemlja spet del tega sevanja nazaj. To povzroča še dodatno segrevanje.

Naravnemu učinku tople grede je zaradi človekovih aktivnosti potrebno pripisati še antropološki delež. K toplogrednim plinom, ki jih človek spusti v ozračje prištevamo na primer ogljikov dioksid, metan in CFC.



Slika 15: Učinek tople grede (Metodische Grundlagen, 2007: 19)

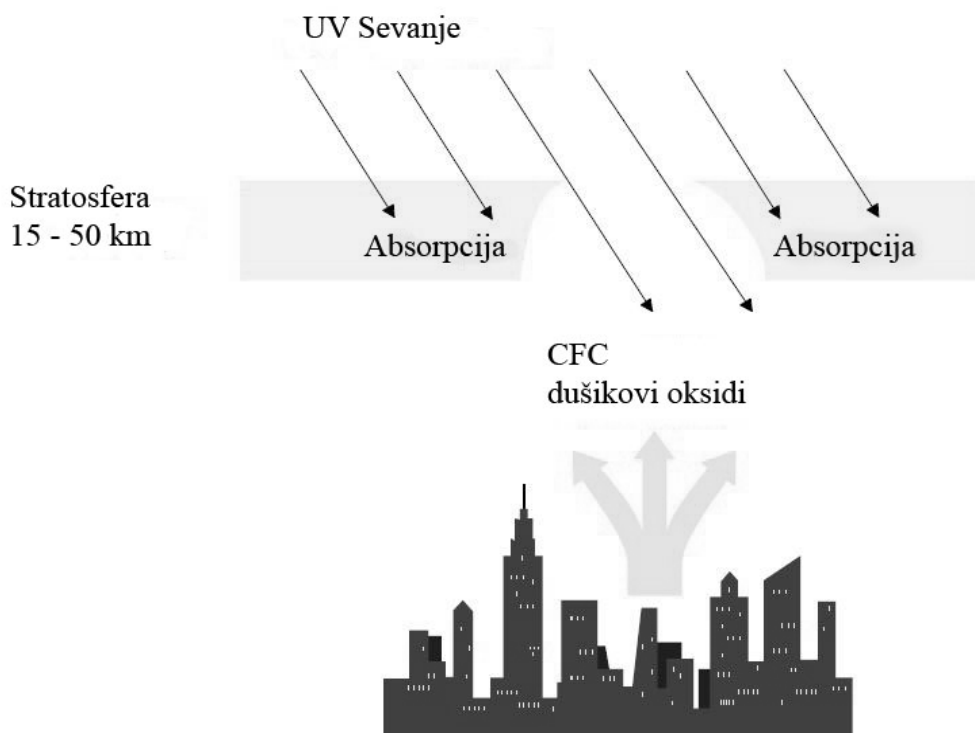
Slika 15 prikazuje bistvene procese antropološkega učinka tople grede. Vrednotenje učinka tople grede bi moralo upoštevati dolgoročne globalne učinke. Potencial globalnega segrevanja se izraža v ekvivalentu ogljikovega dioksida ( $\text{CO}_2$  ekv.). To pomeni, da so vse emisije glede na njihov potencial globalnega segrevanja umirjene v razmerju s  $\text{CO}_2$ . Ker se v bilanci upošteva zadrževanje plinov v atmosferi, mora vedno biti podan časovni okvir, v katerem se je ocena izvedla. Ponavadi se navezuje na 100 let.

### 5.2.3.2 Potencial za zmanjševanje koncentracije ozona v stratosferi

Ozon nastaja na veliki nadmorski višini preko obsevanja molekul kisika z kratkovalovno UV svetlobo. Tako v stratosferi (15-50 km zračne višine) nastaja ta. ozonska plast. Okoli 10% ozona preide med procesom mešanja v troposfero. Kljub njegovi nizki koncentraciji je delovanje ozona pomembno za življenje na zemlji. Ozon absorbira kratkovalovno UV sevanje in vrača neodvisno od smeri sevanje z daljšo valovno dolžino. Zaradi tega pojava pride do zemeljske površine le del UV sevanja. Zaradi antropoloških emisij prihaja do razkroja ozonske plasti oz. nastanka ozonske luknje. Le ta se je prvotno pojavila na območju Antarktike, danes pa jo v manjšem obsegu zaznamo tudi v drugih delih sveta, vključno z Evropo. Snovi, ki povzročajo razpadanje ozona, lahko razdelimo na dve skupini: CFC plini in dušikovi oksidi.

Slika 16 prikazuje bistvene elemente ozonskega razkroja. Glavni učinek razkroja ozona je segrevanje zemeljskega površja. Upoštevati pa je potrebno tudi vpliv UV-B in UV-A sevanja, ki ga imajo sončni žarki na ljudi, živali in rastline. Nekatere izmed posledic so sprememba rasti, zmanjšanje pridelkov (motnja fotosinteze), nastanek tumorja (kožni tumor), draženje oči in sluznice zgornjih dihal ter

zmanjševanje morskega planktona, kar povzroča posledice v prehranjevalni verigi. V okviru klasičnega koncepta preračuna potenciala za zmanjševanje koncentracije ozona v stratosferi kontroliramo predvsem halogeniran ogljikovodik, ki lahko kot katalizatorska molekula uniči veliko molekul ozona. Iz rezultatov izračuna modela za različne snovi, ki so pomembne za ozon, nastane potencial za zmanjšanje koncentracije ozona v stratosferi (ODP), izražen v CFC11 ekvivalentu. Ocena potenciala za zmanjšanje koncentracije ozona v stratosferi bi morala upoštevati dolgoročne, globalne in deloma nepovratne posledice.



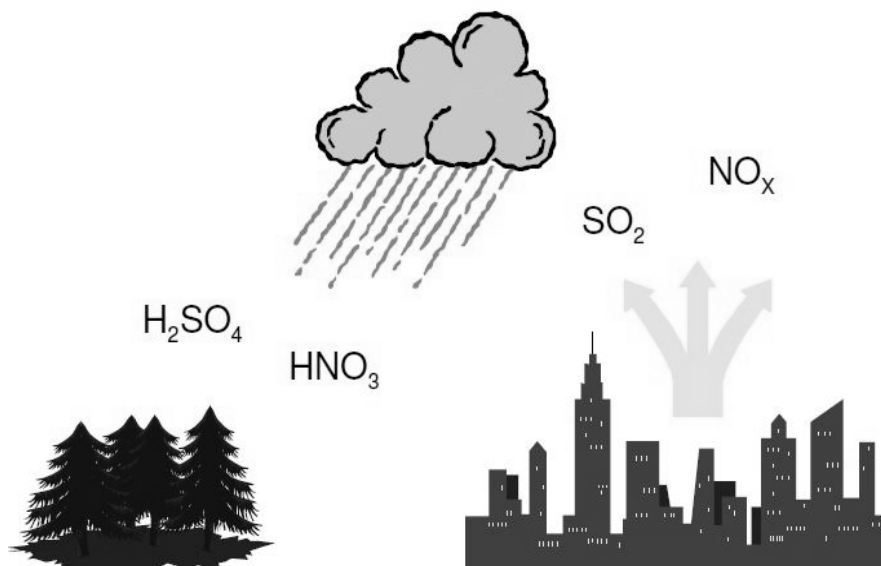
Slika 16: Zmanjševanje koncentracije ozona v stratosferi (Metodische Grundlagen, 2007: 20)

### 5.2.3.3 Potencial zakisanosti ozračja

Zakisanost tal in voda je predvsem posledica pretvorbe onesnaževalcev zraka v kisline. Zaradi tega se zniža stopnja pH-ja dežja in megle iz 5,6 na 4 oziroma še nižje. Pomemben prispevek k temu nosita žveplov dioksid in dušikov oksid z njunima kislinama ( $H_2SO_4$  in  $HNO_3$ ). Glavna posledica zakisanosti tal in voda v ekosistemu je odmiranje gozdov. Pri tem lahko pride do direktne ali indirektna škode (izpiranje hranil iz tal, povečana topnost kovin v tleh). Prihaja pa tudi do škode na zgradbah in gradbenem materialu. V glavnem so v nevarnosti kovine in kamnine, ki so izpostavljene povečani koroziji ali razpadanju. Slika 17 prikazuje glavne procese zakisanosti.

Potencial zakisanosti ozračja se izraža v ekvivalentu žveplovega dioksida. Kot potencial zakisanosti se upošteva sposobnost tvorjenja in oddajanja  $H^+$  ionov snovi. Določeni emisiji se lahko pripiše potencial zakisanosti ozračja, v katerem se upošteva razmerje molekulskih mas žveplovih, dušikovih

in halogenih atomov. Pri oceni zakisanosti je potrebno upoštevati, da gre za globalni problem, katerega lokalni efekt ima lahko različne vplive.



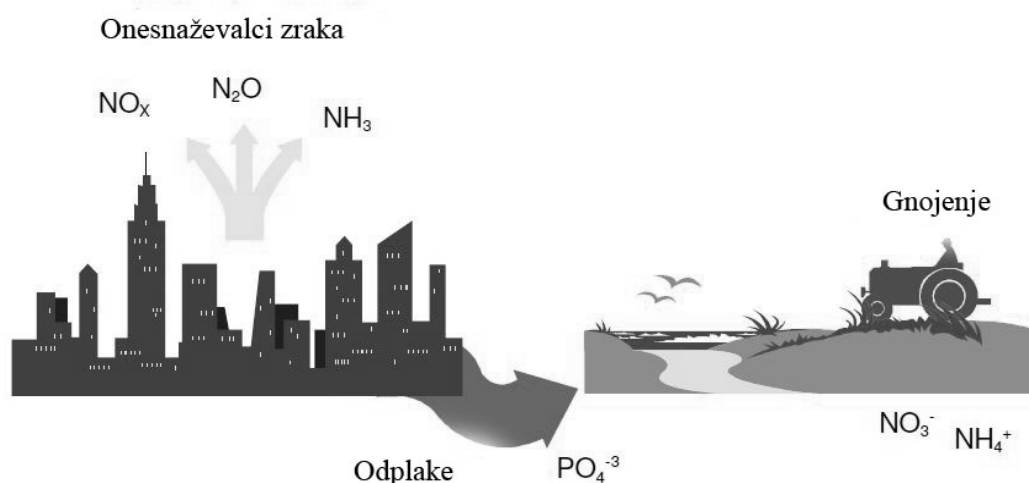
Slika 17: Zakisanost ozračja (Metodische Grundlagen, 2007: 21)

#### 5.2.3.4 Potencial evtrofikacije

Evtrofikacija oziroma vnos hranilnih snovi, pomeni kopičenje hranilnih snovi na določenem mestu. Razlikujemo med vodnim in zemeljskim vnosom hranilnih snovi. Glavni izvori evtrofikacije so onesnaževalci zraka, kanalizacija in gnojenje v kmetijstvu.

Posledica za vodovje je povečana rast alg. Zaradi tega nižje vodne plasti ne dobijo dovolj sončne svetlobe, kar vodi k zmanjšani fotosintezi in posledično manjši proizvodnji kisika. Prav tako se kisik porablja za razgradnjo odmrlih alg. Oba učinka povzročata zmanjšanje koncentracije kisika v vodi, kar povzroča umiranje rib in anaerobno razpadanje. Pri tem nastaja vodikov sulfid in metan. Lahko govorimo o ti. umiranju voda. Viri evtrofikacije so prikazani na sliki 18. Na evtroficirani zemlji se lahko pri rastlinah opazi večja neopornost na boleznih in škodljivcih ter oslabitev tkiva.

Previsok vnos hranilnih snovi vodi preko procesa izpiranja tal do povečane vsebnosti nitratov v podtalnici, kar pomeni tudi v pitno vodo. Nitrati so v majhnih količinah toksično neoporečni. Problematičen je nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ), reakcijski produkt nitrata, ki je za ljudi strupen. Potencial evtrofikacije se podaja v ekvivalentu fosfata ( $\text{PO}_4$ -ekv.). Kot pri potencialu zakisanosti je potrebno tudi pri evtrofikaciji upoštevati, da je lokalni učinek lahko zelo različen.

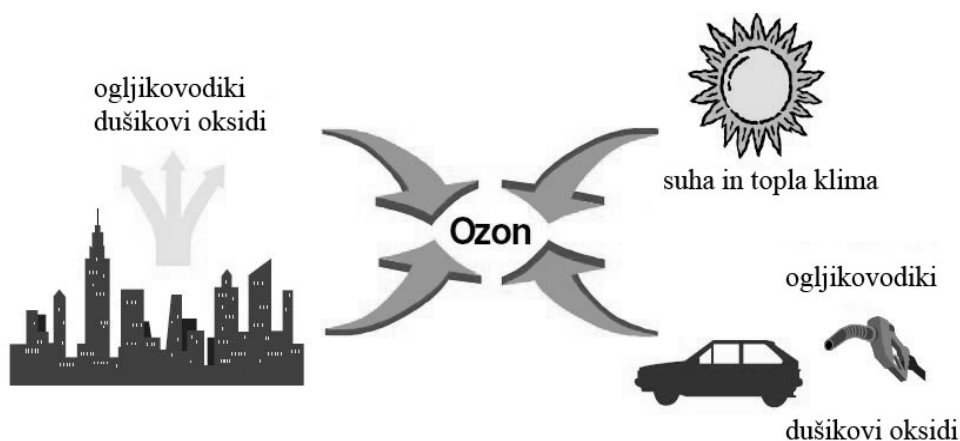


Slika 18: Evtrofikacija zemlje in vode (Metodische Grundlagen, 2007: 22)

### 5.2.3.5 Potencial fotokemičnega nastajanja ozona (poletni smog) v nižjih plasteh ozračja

V nasprotju z varovalno funkcijo, ki jo ozon opravlja v stratosferi, je njegova prisotnost v plasteh blizu zemeljskega površja škodljiva. Fotokemično nastajanje ozona v troposferi, imenovano tudi poletni smog, naj bi bilo krivo za vegetacijsko in materialno škodo. Višje koncentracije ozona so za ljudi strupene. Pod vplivom sončnega sevanja nastajajo iz dušikovega oksida in emisij ogljikovodikov preko kompleksnih kemijskih reakcij agresivni reakcijski produkti, pri čemer je najpomembnejši reakcijski produkt ozon. Dušikovi oksidi sami po sebi ne povzročajo višanja koncentracije ozona.

Ogljikovodikove emisije nastajajo pri nepopolnem izgorevanju, ravnanju z pogonskimi gorivi (skladiščenje, prevažanje, tankanje, itd.) in ravnanju s topili. Visoka koncentracija ozona nastopi ob močnem sončnem sevanju, nizki vlažnosti zraka, nizki izmenjavi zraka in visoki koncentraciji ogljikovodikov. Prisotnost CO (povečini iz prometa), ki ozon razdeli na CO<sub>2</sub> in O<sub>2</sub>, povzroči, da v neposredni bližini izvira emisij koncentracija ozona ni največja. Ta nastopi prej v okolju z čistim zrakom (npr. gozdovi), kjer UV sevanje sonca ni zaščiteno preko plasti prahu in je koncentracija CO zelo nizka (shematičen prikaz na sliki 19). Potencial fotokemičnega nastajanja ozona se v bilanci okoljskih kazalnikov podaja v ekvivalentu etena (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>-ekv.). Pri ocenjevanju je potrebno upoštevati, da je dejanska koncentracija ozona odvisna od vremena. Prav tako je potrebno upoštevati lokalne značilnosti.



Slika 19: Fotokemično nastajanje ozona (Metodische Grundlagen, 2007: 22)

### 5.3 Sistemske omejitve in predpostavke

V analizi smo uporabili zbirko podatkov z okoljskimi profili materialov Ökobau.dat, verzija 2009. Vsi okoljski profili iz te baze veljajo zgolj za območje Nemčije. Stavba Riko ModEko služi le kot podlaga za analizo; nekateri gradbeni materiali uporabljeni v analizi se razlikujejo od tistih, ki so vgrajeni v omenjeno stavbo, zato se rezultatov analize ne more interpretirati kot rezultate, ki dejansko veljajo za stavbo Riko ModEko. Obravnavamo del življenjskega cikla „od zibelke do vrat“, ki obsega vse postopke od pridobivanja surovin do gotovega izdelka na vratih proizvodnje. Transport do gradbišča ni upoštevan v analizi. Pri lesu in nekaterih lesenih proizvodih (OSB plošče, lesno vlaknene plošče, lepljen les...) zahtevajo njihovi okoljski profili, da je potrebno za celovito analizo vplivov na okolje upoštevati tudi scenarij faze ob koncu življenjskega cikla (angl. End Of Life – EOL). Uporabljena baza nam ponuja EOL scenarije za sežig lesenih snovi v sežigalnici, kjer se proizvaja električna energija in toplota v kogeneraciji. Predpostavljeno je, da imajo les in leseni proizvodi ob koncu življenjske dobe enako maso in volumen kot ob vgradnji v stavbo.

Kar se tiče same stavbe, obravnavamo samo konstrukcijske sklope, brez inštalacij, pritrdilnih ali veznih sredstev, stavbnega pohištva (oken, vrat), itd. Predpostavljeno je, da je po vsej površini sestava posameznega konstrukcijskega sklopa enaka. Uporabljene so neto površine, kar pomeni, da so površine odprtih odštete od bruto površin. Podatki o površinah so večinoma prevzeti iz analize, ki jo je za podjetje Riko Hiše opravil Gradbeni inštitut Zavoda za raziskavo materialov in konstrukcij (ZRMK, 2010), delno pa so bili podatki pridobljeni iz načrtov objekta. Temeljna oziroma talna betonska plošča ni upoštevana v analizi, zaradi različnih pogojev temeljenja, ki so v primerjavi osnovne variante stavbe (Riko ModEko z okvirnim sistemom) z zidano-betonsko varianto stavbe, ki bo predstavljena v naslednjem poglavju, lahko precej različni. Predpostavljamo, da stavba ni nikjer podkletena.



V analizi ne upoštevamo premazov in raznih zaščitnih sredstev. V notranjosti stavbe se upošteva, da so mavčno kartonske in mavčno vlaknene plošče površinsko neobdelane. Prav tako se ne upošteva finalna obdelava tal, saj je močno odvisna od namembnosti posameznega prostora.

## **5.4 Rezultati analize**

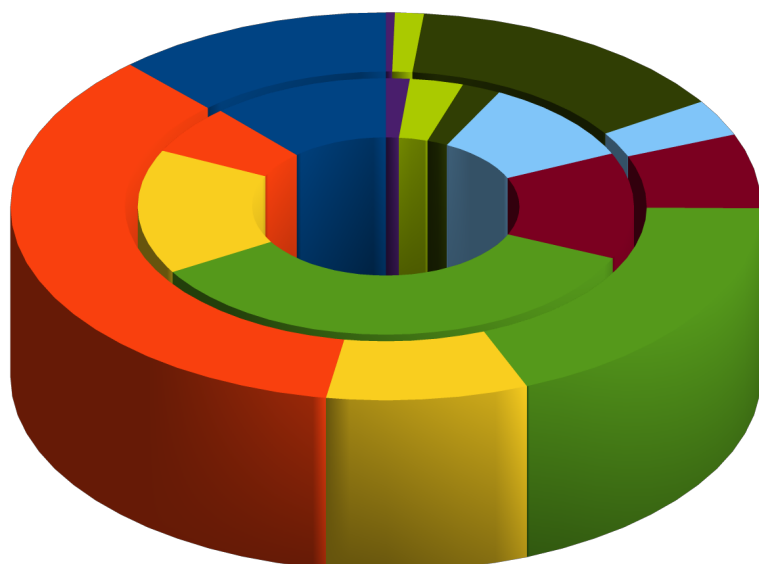
Analiza življenjskega cikla stavbe se je pričela z zbiranjem geometrijskih podatkov stavbe in prepoznavanjem sestav konstrukcijskih sklopov. V bazi Ökobau.dat je bilo nato potrebno poiskati ustrezne okoljske profile, ki odgovarjajo vsakemu izmed uporabljenih materialov posebej. Za nekatere materiale, ki so vgrajeni v stavbo Riko ModEko, povsem ustreznih okoljskih profilov ni mogoče najti v bazi zato smo takšnim materialom dodelil sorodne, torej okoljske profile materialov, ki lahko opravljajo isto funkcijo. Primer takšne nadomestitve je strešna hidroizolacijska folija iz EPDM-ja (etilen propilen dien monomer), za katero okoljski profil obstaja in nadomešča strešno folijo iz termoplastičnega olefina, ki je dejansko vgrajena na stavbi Riko ModEko, vendar zanjo okoljski profil v bazi Ökobau.dat ne obstaja. Več o dodelitvi okoljskih profilov materialom je predstavljeno v prilogi C. Po dodelitvi okoljskih profilov je sledil izračun volumna in mase posameznih vgrajenih materialov, saj je funkcionalna enota v okoljskih profilih različna, pri večini sta to kilogram ali kubični meter. V tej prvi, osnovni varianti je zbranih 17 okoljskih profilov, ki obravnavajo življenjski cikel od zibelke do vrat in štirje različni EOL scenariji za materiale iz lesa. Ob vseh zbranih količinah, potrebnih za izračun, so bile nato lahko zmnožene količine vgrajenih materialov s podatki v okoljskih profilih, ki so definirani za funkcionalno enoto. S seštevanjem prispevkov posameznih materialov je bila narejena skupna bilanca stavbe za vse obravnavane okoljske kazalnike. Žal je glavnina analize v tej diplomski nalogi, nastala ravno malce preden je BMVBS izdal novo verzijo Ökobau.dat 2011 (januar 2012). Kot se je izkazalo je posodobitev okoljskih profilov prinesla kar nekaj sprememb, ki so predstavljene v razdelku 5.4.3.

### **5.4.1 Volumski in masni delež materialov**

Zaradi lažjega razumevanja in jasnosti so bili uporabljeni materiali razvrščeni v smiselne skupine. Tako je nastalo 13 skupin, ki sem jih v naslednjem koraku skrčil v 9, saj je bilo 5 skupin materialov, ki prispevajo manj kot 1% volumna ali 1% mase k skupnemu volumnu ali skupni masi vseh materialov združenih v skupino „ostali materiali“. V prilogi C je podrobno predstavljeno, kateri materiali spadajo v posamezne skupine. Preglednica 2 in slika 20 na strani 52 prikazujeta masne in volumske deleže posameznih skupin materialov ter razmerja med njimi.

Preglednica 2: Masni in volumski deleži posameznih skupin materialov (Riko ModEko - okvirni nosilni sistem)

KATEGORIJE	VOLUMEN [m3]	Vol. DELEŽ [%]	MASA [kg]	MASNI DELEŽ [%]
LESNE VLAKNENKE	19,92	11,9	5513,42	11,6
CELULOZNA IZOLACIJA	59,18	35,5	2959,12	6,2
LEPLJEN LES	14,48	8,7	7458,48	15,7
LES	31,19	18,7	16538,71	34,8
OSB PLOŠČE	10,35	6,2	6363,47	13,4
MAVČNO VLAKNENE PLOŠČE	5,08	3,0	5077,25	10,7
KAMENA VOLNA	23,81	14,3	1190,34	2,5
MAVČNO KARTONSKE PLOŠČE	2,07	1,2	1658,20	3,5
OSTALI MATERIALI	0,64	0,4	733,48	1,5
<b>VSOTA</b>	<b>166,72</b>		<b>47492,48</b>	

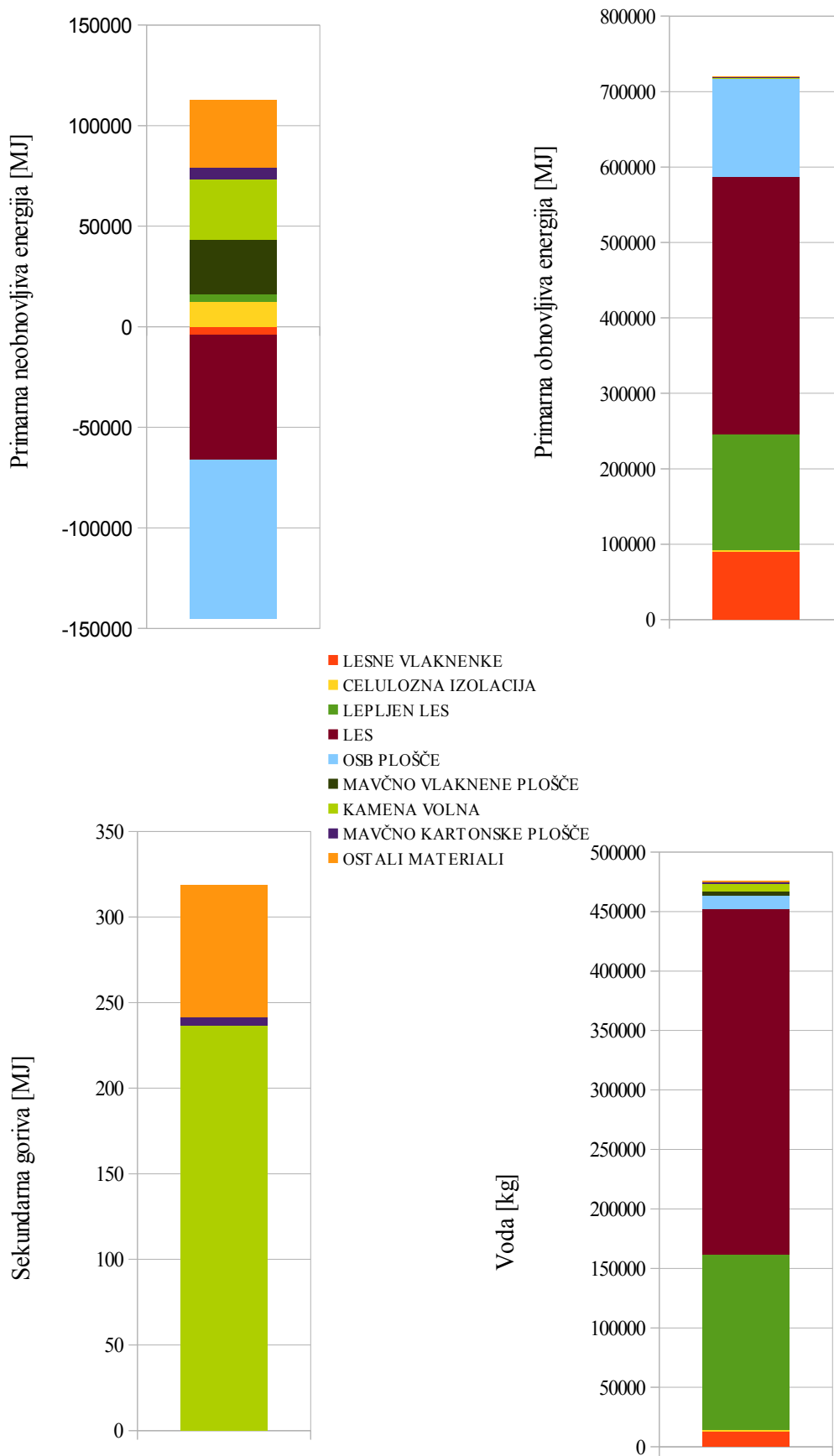


■ LESNE VLAKNENKE	■ CELULOZNA IZOLACIJA	■ LEPLJEN LES
■ LES	■ OSB PLOŠČE	■ MAVČNO VLAKNENE PLOŠČE
■ KAMENA VOLNA	■ MAVČNO KARTONSKE PLOŠČE	■ OSTALI MATERIALI

Slika 20: Masni (notranji diagram) in volumski (zunanji diagram) deleži posameznih skupin materialov (Riko ModEko – okvirni nosilni sistem)

Preglednica 3: Kazalniki inventarja – vhodni tokovi (Riko ModEko – okvirni nosilni sistem)

SKUPINE	Vol. DELEŽ [%]	MASNI DELEŽ [%]	PRIMARNA NEOBNOVLJIVA ENERGIJA [MJ]	PRIMARNA OBNOVLJIVA ENERGIJA [MJ]	SEKUNDARNA GORIVA [MJ]	PORABA VODE [kg]
LESNE VLAKNENKE	11,9	11,6	-3947,5	90365,3	0	12823,6
CELULOZNA IZOLACIJA	35,5	6,2	12280,4	2426,5	0	1781,4
LEPLJEN LES	8,7	15,7	3647,4	152668,0	0	146781,0
LES	18,7	34,8	-62141,9	341841,3	0	290967,8
OSB PLOŠČE	6,2	13,4	-79036,4	129982,9	0	11315,9
MAVČNO VLAKNENE PLOŠČE	3,0	10,7	27366,4	333,6	0	3295,1
KAMENA VOLNA	14,3	2,5	30115,7	1321,3	236,9	6008,8
MAVČNO KARTONSKE PLOŠČE	1,2	3,5	6002,7	238,8	4,6	1890,3
OSTALI MATERIALI	0,4	1,5	33416,5	351,6	77,3	1168,4
<b>VSOTA</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>-32296,8</b>	<b>719529,3</b>	<b>318,8</b>	<b>476032,5</b>



Slika 21: Kazalniki inventarja – vhodni tokovi (Riko ModEko – okvirni nosilni sistem)

Zunanji krog grafikona na sliki 20 predstavlja volumska razmerja, notranji pa masna razmerja med skupinami materialov. Kot vidimo, zavzema največ volumna celulozna toplotna izolacija (35,5%), ki pa je v primerjavi z ostalimi skupinami materialov lažja, saj v skupni masi predstavlja vsega 6,2%. Velik delež volumna (18,7%) in mase (34,7%) zavzema skupina materialov „les“, ki skupaj s skupino „lepljen les“ predstavlja kar 50,5% skupne mase in le 27,4% skupnega volumna. Pri lesnih vlaknenkah se za razliko od ostalih dveh skupin toplotnih izolacij (celulozne izolacije in kamene volne) masni delež v primerjavi z volumskim deležem ne zmanjša, saj imajo lesne vlaknene plošče približno 5 krat večjo gostoto od ostalih uporabljenih toplotnih izolacij. Razmerja med volumskimi in masnimi deleži so pomembna, ker jih moramo imeti vedno pred očmi ob interpretaciji rezultatov analize. Pričakovati je namreč, da bodo materiali, ki imajo višje volumske in masne deleže, prispevali večji delež tudi k vplivom v posameznih kategorijah okoljskih kazalnikov.

#### 5.4.2 Okoljski kazalniki

Okoljske kazalnike smo že predstavili v začetku poglavja, na tem mestu pa predstavljamo rezultate skupne bilance po posameznih okoljskih kazalnikih. Problem pri rezultatih bilance je v tem, da nam absolutne številke okoljskih kazalnikov zelo malo povedo same po sebi, zato jih je najbolje primerjati z rezultati drugih bilanc. Pravo težo bodo rezultati analize dobili s primerjavami med različnimi izvedbami stavbe, kar je predmet 6. poglavja. V tem podpoglavju je v ospredju primerjava razmerij med posameznimi skupinami materialov pri posameznih okoljskih kazalnikih. Rezultate predstavljamo v tekstovni in grafični obliki. V tekstovnem delu so komentirane značilnosti rezultatov za posamezne okoljske kazalnike, kateri so nato zbrani še v obliki preglednice. Grafična predstavitev obsega prikaz rezultatov v obliki diagrama, ki še vizualno prikaže razmerje med prispevki posameznih skupin materialov.

##### 5.4.2.1 Primarna neobnovljiva energija

Od okoljskih kazalnikov je prva na vrsti skupina vhodnih količin, torej količin, ki jih je potrebno dodati sistemu za njegovo delovanje. Kot smo spoznali že v prejšnjih podpoglavjih, so obravnavane kategorije poraba primarne neobnovljive in obnovljive energije, sekundarnih goriv in vode.

Kot vidimo iz preglednice 3, je vsota porabe primarne neobnovljive energije celo negativna, kar je morda na prvi pogled malce presenetljivo. Če gledamo rezultate po skupinah materialov, lahko opazimo, da imajo samo les in proizvodi iz lesa (OSB plošče in lesno vlaknene plošče) negativno bilanco v porabi primarne neobnovljive energije. Vzrok temu je iskati v uporabljeni metodologiji izračuna, na podlagi katere so nastali okoljski profili, ki predpisuje obvezno upoštevanje scenarija za les in proizvode iz lesa ob koncu življenjske dobe. Metodologija je s tem, da je prevzela les kot gorljiv

material, povsem korektna. Medtem ko je za vse materiale obravnavan del življenjskega cikla od zibelke do vrat, je potrebno pri lesu in proizvodih iz lesa upoštevati tudi del življenjskega cikla od vrat do groba. Kot kaže, so razvijalci okoljskih profilov v Ökobau.dat-u najprej želeli pokriti najpomembnejša in najbolj vplivna področja. Za to, da se pri materialih iz lesa uporablja EOL scenarije obstaja utemeljen razlog. EOL scenariji za materiale iz lesa namreč lahko pomembno spremenijo sliko okoljskih profilov, njihov vpliv je velik.

Z lesom lahko ob koncu življenjske dobe ravnamo na različne načine: lahko ga pustimo da strohni, lahko ga deponiramo, lahko pa nam služi kot gorivo. Ravno zadnji scenarij je v Ökobau.dat predviden za skoraj vse materiale iz lesa: žagan les, lepljen les, OSB plošče in lesno vlaknene plošče (celulozna izolacija je prav tako proizvedena iz lesa, vendar nima EOL scenarija). Po takšnem scenariju naj bi se vsi omenjeni materiali ob koncu svoje življenjske dobe kurili v posebnih pečeh, ki lahko proizvajajo elektriko in toploto v kogeneraciji. S tem, ko bi za proizvodnjo elektrike in toplote uporabljali obnovljive vire energije, bi prihranili fosilna goriva, ki so neobnovljiv vir energije in s tem ustvarimo določen dobropis neobnovljivih virov energije. Ta dobropis je po metodologiji, ki jo predvideva Ökobau.dat, preračunan v prihranek električne in toplotne energije iz zemeljskega plina in nemške mešanice električne energije. Zaradi tega lahko pride ob koncu življenjske dobe materialov iz lesa pri porabi primarne neobnovljive energije tudi do negativne bilance. Žal med podatki ni zapisano, s kakšnim izkoristkom deluje peč za pridobivanje elektrike in toplote in v kakšnem količinskem razmerju nastajata toplota in elektrika.

Zanimivo je, da za razliko od ostalih lesenih materialov lepljen les nima negativne bilance pri porabi primarne neobnovljive energije. Lahko si razlagamo, da imajo lepila, ki so uporabljena za lepljenje lesa, velik vpliv na porabo primarne neobnovljive energije. Lepila so namreč večinoma narejena na osnovi umetnih snovi. Za razliko od lepljenega lesa imajo OSB plošče močno negativno bilanco porabe primarne neobnovljive energije, čeprav vsebujejo ravno tako precejšen delež lepil. Morda gre iskati razloge za to v bolj natančnih podatkih za OSB plošče. Podatki za OSB plošče so namreč vzeti direktno iz industrije, od določenega proizvajalca (Eurostrand Egger) in so šli skozi zunanjo revizijo, medtem ko so podatki za lepljen les generični in so mešanica raziskav literature in zajema iz industrije ter imajo le notranjo revizijo. Možno pa je tudi da se v primeru OSB plošč uporablja tudi drugačna, okolju bolj prijazna vrste lepil kot pri materialih iz skupine „lepljen les“.

Med skupinami materialov, ki izkazujejo porabo primarne neobnovljive energije, ima nezanemarljiv delež skupina „ostali materiali“. Ob tem je potrebno poudariti, da predstavlja skupina samo 0,38% skupnega volumna in 1,54% skupne mase, po drugi strani pa ima največjo porabo primarne neobnovljive energije med vsemi skupinami. Verjetno je to posledica proizvodnje materialov, ki so uvrščeni v to skupino, saj so povečini narejeni na osnovi sintetičnih polimerov (PE (polietilen), PP

(polipropilen), EPDM...). Slednji so pridobljeni s predelavo surove nafte in je njihova proizvodnja energetsko precej potratna.

#### **5.4.2.2 Primarna obnovljiva energija, sekundarna goriva in poraba vode**

Ob pogledu na sliko 21, ki nam prikazuje porabo primarne obnovljive energije vidimo, da imajo glavno vlogo vse štiri lesne skupine materialov: les, lepljen les, OSB plošče in lesno vlaknene plošče. Razlog za takšne vrednosti porabe primarno obnovljive energije je v metodologiji, ki predvideva, da se za rast dreves, ki kasneje postanejo lesni proizvodi, porablja primarna obnovljiva energija v obliki sončne energije. Bilanca porabe primarne neobnovljive energije proizvodov iz lesa se ob koncu življenjskega cikla zaradi sežiga in posledičnega dobropisa na račun prihranka fosilnih goriv zniža, medtem pa se poraba primarne obnovljive energije zaradi scenarija ob koncu življenjskega cikla bistveno ne spremeni (glej prilogo D). Prispevek ostalih materialov pri porabi primarne obnovljive energije je v primerjavi z lesenimi skoraj zanemarljiv. Kot smo lahko spoznali v razdelku 5.2.1.1, je poraba primarne obnovljive energije v glavnem povezana s potrebami za proizvodnjo električne energije; torej lahko sklepamo, da je količina električne energije, pridobljena iz naslova primarnih obnovljivih virov, veliko manjša od količine električne energije, pridobljene iz naslova primarnih neobnovljivih virov.

Kategorija „sekundarna goriva“ je problematična, ker iz podatkov, ki jih ponuja Ökobau.dat, ni razvidno, za kakšne vrste sekundarnih goriv gre pri posameznih skupinah materialov. Vemo le, kakšna je njihova energijska vrednost, zato je interpretacija rezultatov težavna. Veliko je skupin materialov, ki naj ne bi v svojem delu življenjskega cikla od zibelke do vrat sekundarnih goriv niti porabljal (glej preglednico 3). Tako naj bi v našem primeru le tri od devetih skupin materialov, porabljale sekundarna goriva: „kamena volna“, „mavčna kartonske plošče“ in „ostali materiali“.

Pri porabi vode imajo zopet največji delež leseni materiali, zlasti skupini les in lepljen les. Podobno kot pri porabi primarne obnovljive energije, kjer metodologija upošteva porabo sončne energije za rast dreves, se najbrž tudi pri porabi vode upošteva voda, ki je potrebna za rast dreves. Ne preseneča, da sta na tretjem in četrtem mestu po porabi vode skupini lesno vlaknenih in OSB plošč.

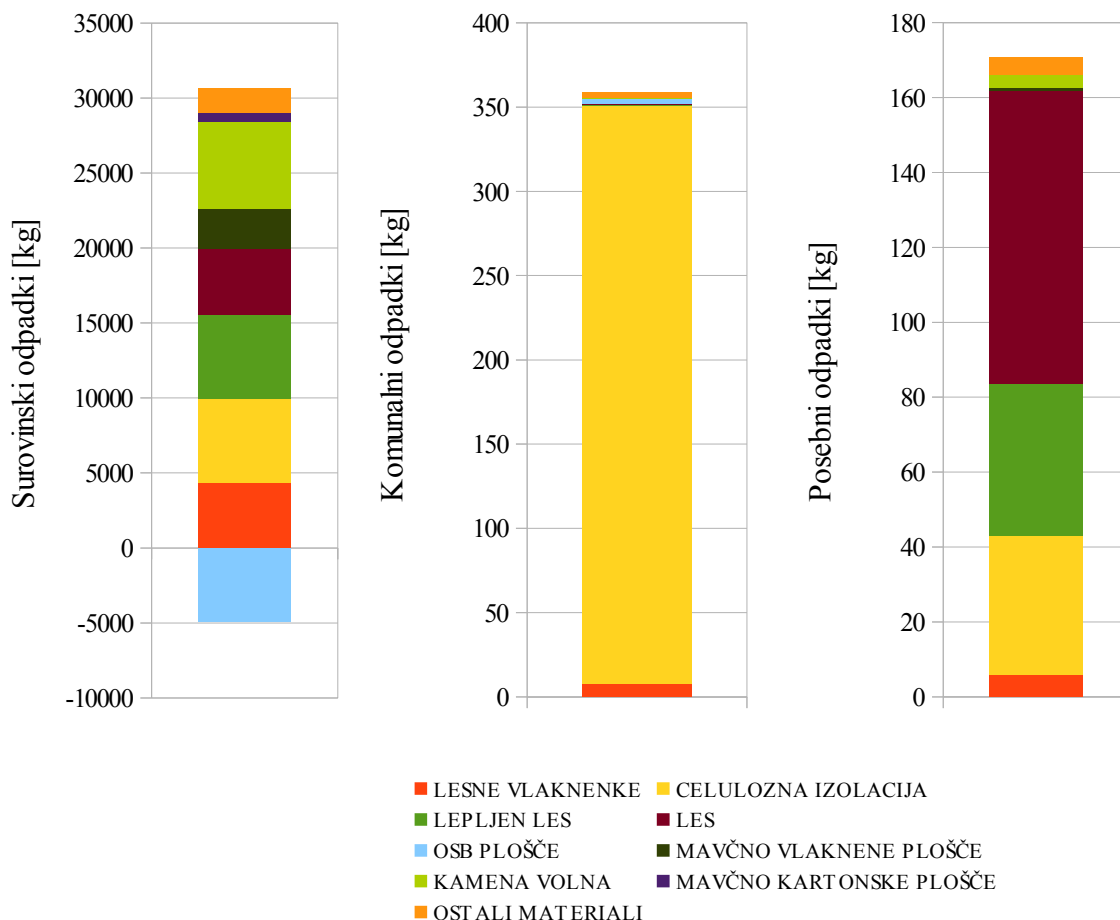
#### **5.4.2.3 Količina odpadkov**

Surovinski odpadki so dokaj nejasna kategorija, ker imamo opravka z odpadki zelo različnih kakovosti in jih težko med seboj kar seštevati. Poleg tega iz podatkov Ökobau.dat ni razvidno, kateri surovinski odpadki nastajajo pri proizvodnji posameznega materiala, zato nam končna vsota surovinskih odpadkov nič ne pove o njihovi kakovosti. Opozorimo pa naj, da imajo OSB plošče celo močno

negativno količino surovinskih odpadkov. Predvidevamo, da je takšen rezultat posledica uporabljene metodologije, ki v scenariju EOL za lesene materiale predvideva, da se količina surovinskih odpadkov ob sežigu zmanjša. Kljub temu bi bilo potrebno za razrešitev pravega vzroka za ta pojav poznati bolj podrobno metodologijo, kar pa iz dosegljivih dokumentov ni razvidno.

Preglednica 4: Kazalniki inventarja – izhodni tokovi (Riko ModEko – okvirni nosilni sistem)

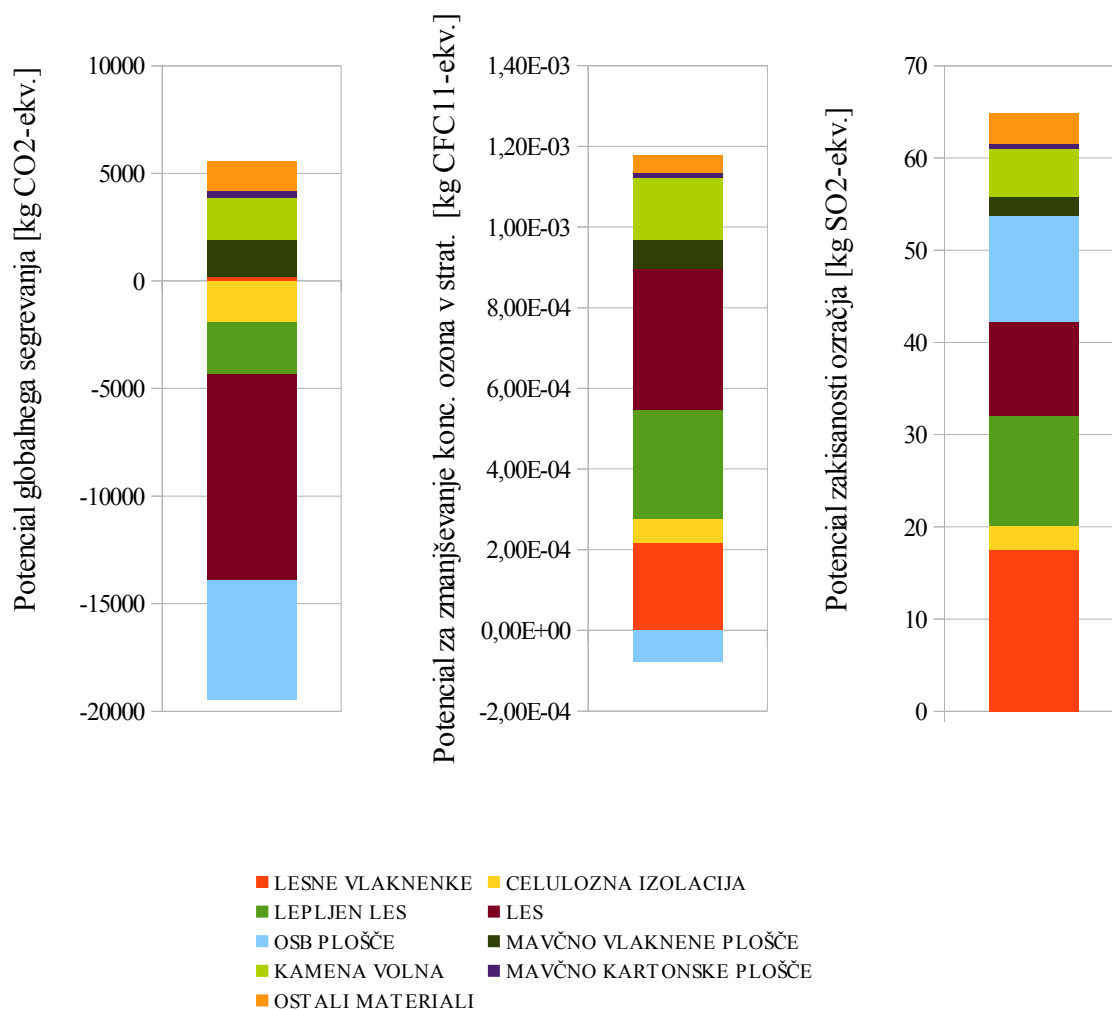
SKUPINE	Vol. DELEŽ	MASNI DELEŽ [kg]	SUROVINSKI ODPADKI [kg]	KOMUNALNI ODPADKI [kg]	POSEBNI ODPADKI [kg]
LESNE VLAKNENKE	11,95	11,61	4372,96	7,81	5,82
CELULOZNA IZOLACIJA	35,50	6,23	5592,74	343,26	37,28
LEPLJEN LES	8,69	15,70	5601,43	0,34	40,37
LES	18,71	34,82	4404,08	0,55	78,39
OSB PLOŠČE	6,21	13,40	-4937,12	2,94	-0,36
MAVČNO VLAKNENE PLOŠČE	3,05	10,69	2630,02	2,96E-04	0,94
KAMENA VOLNA	14,28	2,51	5856,49	0,91	3,24
MAVČNO KARTONSKE PLOŠČE	1,24	3,49	572,08	2,11E-04	0,17
OSTALI MATERIALI	0,38	1,54	1639,57	2,97	4,71
<b>VSOTA</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>25732,23</b>	<b>358,78</b>	<b>3531,25</b>



Slika 22: Kazalniki inventarja – izhodni tokovi (Riko ModEko – okvirni nosilni sistem)

Preglednica 5: Kazalniki vplivov na okolje (Riko ModEko – okvirni nosilni sistem)

KATEGORIJE	Vol DELEŽ	MASNI DELEŽ	GWP 100 [kg CO2 ekv.]	ODP [kg CFC-11 ekv.]	AP [kg SO2 ekv.]	EP [kg PO4 ekv.]	POCP [kg C2H4 ekv.]
LESNE VLAKNENKE	11,95	11,61	184,28	2,17E-04	17,51	2,39	2,36
CELULOZNA IZOLACIJA	35,50	6,23	-1932,31	5,93E-05	2,60	0,35	0,23
LEPLJEN LES	8,69	15,70	-2406,99	2,69E-04	11,97	2,47	0,87
LES	18,71	34,82	-9587,07	3,52E-04	10,17	2,32	0,94
OSB PLOŠČE	6,21	13,40	-5560,90	-7,87E-05	11,43	1,87	0,99
MAVČNO VLAKNENE PLOŠČE	3,05	10,69	1716,11	6,96E-05	2,13	0,36	0,20
KAMENA VOLNA	14,28	2,51	1940,26	1,56E-04	5,20	0,62	0,43
MAVČNO KARTONSKE PLOŠČE	1,24	3,49	366,46	1,23E-05	0,54	0,14	0,05
OSTALI MATERIALI	0,38	1,54	1356,87	4,27E-05	3,29	0,30	1,48
<b>VSOTA</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>-13923,27</b>	<b>1,10E-03</b>	<b>64,86</b>	<b>10,81</b>	<b>7,55</b>



Slika 23: Kazalniki vplivov na okolje (1. del) (Riko ModEko – okvirni nosilni sistem)



Tudi obe ostali kategoriji odpadkov, to sta komunalni in posebni odpadki, nista povsem dorečeni. V primeru, ko komunalni odpadki nastajajo v proizvodnih procesih (kot je to v obravnavanem primeru), ne vemo, iz katerih posameznih proizvodnih procesov prihajajo. Iz preglednice 4 in grafikona na sliki 22 je razvidno, da ima velik prispevek k skupni količini komunalnih odpadkov celulozna izolacija, katere komunalni odpadki predstavljajo kar 95% skupne mase.

Posebni odpadki, so kot razlaga Metodische Grundlagen (2007), odpadki, ki se odvažajo v sežigalnice ali deponije za posebne odpadke kot npr. galvansko blato ali radioaktivni odpadki. Vsaka skupina materialov ima vsaj nekaj posebnih odpadkov, kar lahko pripišemo dejstvu, da se za njihovo proizvodnjo porablja električna energija, ki je deloma proizvedena v jedrskih elektrarnah. Le-te proizvajajo med svojim delovanjem radioaktivne odpadke, ki sodijo v kategorijo posebnih odpadkov. Zanimivo je, da imajo velik delež pri skupni masi posebnih odpadkov skupine materialov celulozna izolacija, lepljen les in les. Zakaj je temu tako, zopet iz razpoložljivih dokumentov ni razvidno.

Očitno je, da se je kazalnik izhodnih podatkov inventarja, količina odpadkov, izkazal za dokaj nezanesljiv. Nejasno je, kaj sploh spada v posamezno kategorijo odpadkov, od katerih procesov pri posameznih materialih prihajajo odpadki, zakaj prihaja do nekaterih presenetljivih rezultatov, itd.

#### **5.4.2.4 Potencial globalnega segrevanja**

Prvi in morda tudi najpomembnejši kazalnik vplivov na okolje je potencial globalnega segrevanja. Za najpomembnejšega ga smatramo zato, ker se v današnjem svetu veliko govori o težavah z izpusti toplogrednih plinov in so tudi glavni parameter za določevanje uspešnosti izpolnjevanja Kjotskega protokola. Kot je razvidno iz preglednice 5 in slike 23, vidimo, da imajo nekatere skupine materialov negativne vrednosti količine CO<sub>2</sub> ekvivalenta. Podobno kot pri porabi primarne neobnovljive energije gre predvsem za materiale iz lesa. Metodologija predvideva, da drevesa v svoji življenjski dobi vsrkavajo CO<sub>2</sub> za potrebe fotosinteze, ta CO<sub>2</sub> pa ostane uskladiščen v lesu vse do konca njegove življenjske dobe, ko se med procesom gorenja sprosti v zrak. Po tej logiki bi morali biti materiali iz lesa po koncu življenjske dobe (gorenju) kvečjemu CO<sub>2</sub> nevtralni oziroma bi morali imeti pozitivno vrednost količine CO<sub>2</sub> ekvivalenta zaradi emisij, ki nastajajo pri proizvodnih procesih lesa in lesenih izdelkov (sekanje, transport iz gozda, sušenje...). Negativna vrednost CO<sub>2</sub> ekvivalenta nastane zaradi dobropisa, ki ga metodologija upošteva, ker se s tem ko se za proizvodnjo toplote in elektrike uporablja obnovljiv vir energije (les ob koncu svoje življenjske dobe) prihrani določeno mero izpustov, ki bi jih povzročala fosilna goriva, če bi namesto lesa uporabili njih.

Štiri skupine materialov imajo konkretno negativno bilanco potenciala globalnega segrevanja (celulozna izolacija, lepljen les, les in OSB plošče), najbolj negativno lahko rečemo kar pričakovano skupina les, ki ima najvišji masni delež in morda tudi bolj preprost način proizvodnje od ostalih primerljivih materialov iz lesa. Največje količine toplogrednih plinov preračunanih v ekvivalentno maso CO<sub>2</sub> prispevajo kamena volna (le 2,51% masni delež), mavčno vlaknene plošče (10,69% masni delež) in skupina ostalih materialov (1,54% masni delež), vseeno pa je skupna bilanca prispevkov zaradi vpliva materialov iz lesa negativna.

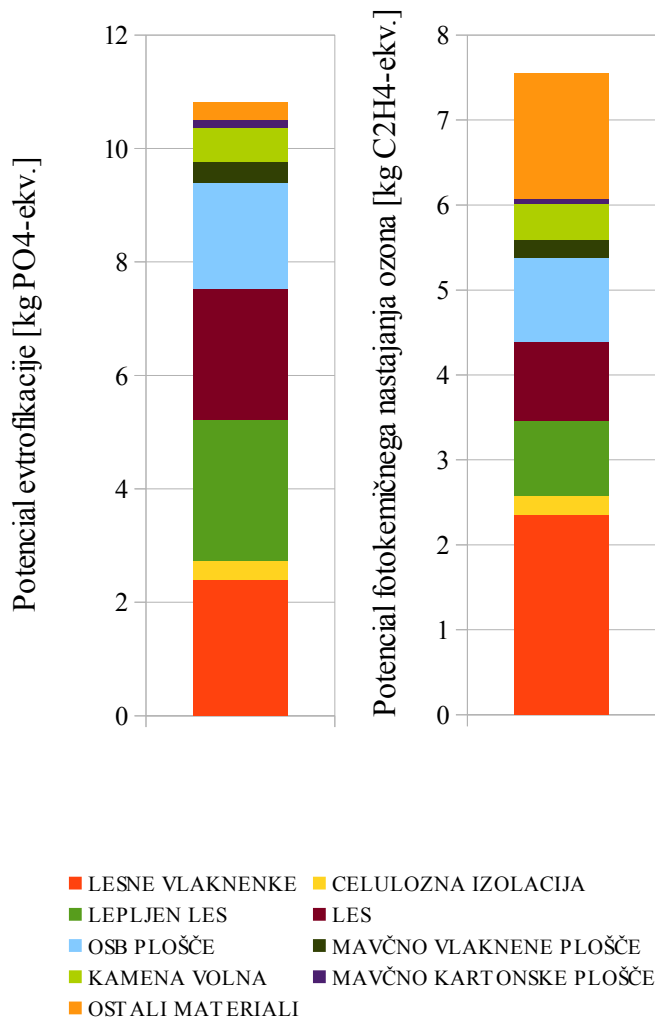
#### **5.4.2.5 Potencial za zmanjševanje koncentracije ozona v stratosferi**

Druga kategorija kazalnikov vpliva na okolje je potencial za zmanjševanje koncentracije ozona v stratosferi, ki je izražen v kilogramih ekvivalenta CFC 11. Najprej je morda opazna (preglednica 5, slika 23) velika razlika glede na potencial globalnega segrevanja, saj so prispevki posameznih skupin materialov v prejšnji kategoriji reda velikosti nekaj ton izpustov CO<sub>2</sub> ekvivalenta, tu pa je skupna bilanca vseh materialov enaka približno 1 gramu ekvivalenta CFC 11. Ti rezultati kažejo, da uporabljeni gradbeni materiali niso toliko problematični glede izpustov plinov, ki pripomorejo k zmanjševanju koncentracije ozona v stratosferi, če vemo, da imajo za primerjavo nekatere starejše hladilne naprave v svojih sestavnih delih tudi po več kilogramov CFC plinov (Operativni program Republike Slovenije..., 2003). Malce nenavadna je negativna bilanca koncentracije ozona v stratosferi pri OSB ploščah. V EOL scenarijih za materiale iz lesa je prikazano, da se tudi pri ODP naredi dobropis zaradi uporabe lesa za proizvodnjo toplote in električne energije, s tem pa se prihrani določen del emisij, ki lahko povzročijo zmanjševanje koncentracije ozona v stratosferi (te emisije bi nastale, če bi za proizvodnjo toplote in električne energije uporabili fosilna goriva). Seštevek prispevka dela življenjskega cikla od zibelke do vrat in prispevka po EOL scenariju lahko privede celo do negativne predznaka v končni bilanci. Zanimivo je, da ostali materiali iz lesa razen OSB plošč nimajo negativnega predznaka, temveč imajo celo največji prispevek emisij, ki povzročajo zmanjševanje koncentracije ozona v stratosferi. Največji prispevek doda skupina materialov les, nato lepljen les in lesno vlaknene plošče.

#### **5.4.2.6 Potencial zakisanosti ozračja**

Največje prispevke pri potencialu zakisanosti ozračja (glej preglednico 5 in sliko 23) imajo zanimivo skupine materialov iz lesa: lesne vlaknenke (17,51), lepljen les (11,97), OSB plošče (11,43) in les (10,17 kg SO<sub>2</sub> ekv.), kar pomeni, da skupaj predstavljajo skoraj 80% skupnega vpliva vseh skupin materialov. Po drugi strani imajo omenjene skupine skupaj 75% masni delež, vendar bi morda pričakovali v ospredju tudi kakšno skupino iz nenaravnih materialov. Za boljšo interpretacijo

rezultatov bi potrebovali več podatkov o vplivih procesov, ki se dogajajo znotraj dela življenjskega cikla od zibelke do vrat in od vrat do groba (le za materiale iz lesa) pri posameznih materialih, na potencial zakisanosti ozračja.



Slika 24: Kazalniki vplivov na okolje (2. del) (Riko ModEko – okvirni nosilni sistem)

#### 5.4.2.7 Potencial evtrofikacije

Podobno kot pri potencialu zakisanosti ozračja imajo tudi pri potencialu evtrofikacije (preglednica 5 in slika 24) največje prispevke materiali iz lesa: lepljen les (2,47), lesne vlaknenke (2,39), les (2,32) in OSB plošče (1,87 kg PO<sub>4</sub> ekv.). Skupaj prispevajo slabih 84% k skupni količini potenciala evtrofikacije. Tudi v tej kategoriji bi za boljšo interpretacijo rezultatov potrebovali več podatkov o vplivih procesov, ki se dogajajo znotraj dela življenjskega cikla od zibelke do vrat in od vrat do groba (le za materiale iz lesa) pri posameznih materialih, na potencial evtrofikacije.

#### 5.4.2.8 Potencial fotokemičnega nastajanja ozona (poletni smog) v nižjih plasteh ozračja

Največji vpliv na potencial nastajanja poletnega smoga v nižjih plasteh ozračja (preglednica 5 in slika 24) ima skupina „lesno vlaknenih plošč“ in sicer 2,36 kg ekvivalenta etena oz. 31% delež. Dokaj velik vpliv ima tudi skupina „ostalih materialov“ (1,48 kg ekvivalenta etena oz. 20%) čeprav ima ta skupina zelo nizek volumski in masni delež. Ostale posamezne skupine materialov ne prispevajo preko 15% h končni vsoti vpliva. Tudi v tej kategoriji bi podobno kot pri potencialu zakisanosti ozračja in potencialu evtrofikacije za boljšo interpretacijo rezultatov potrebovali več podatkov o vplivih procesov, ki se dogajajo znotraj dela življenjskega cikla od zibelke do vrat in od vrat do groba (le za materiale iz lesa) pri posameznih materialih, na potencial nastajanja poletnega smoga.

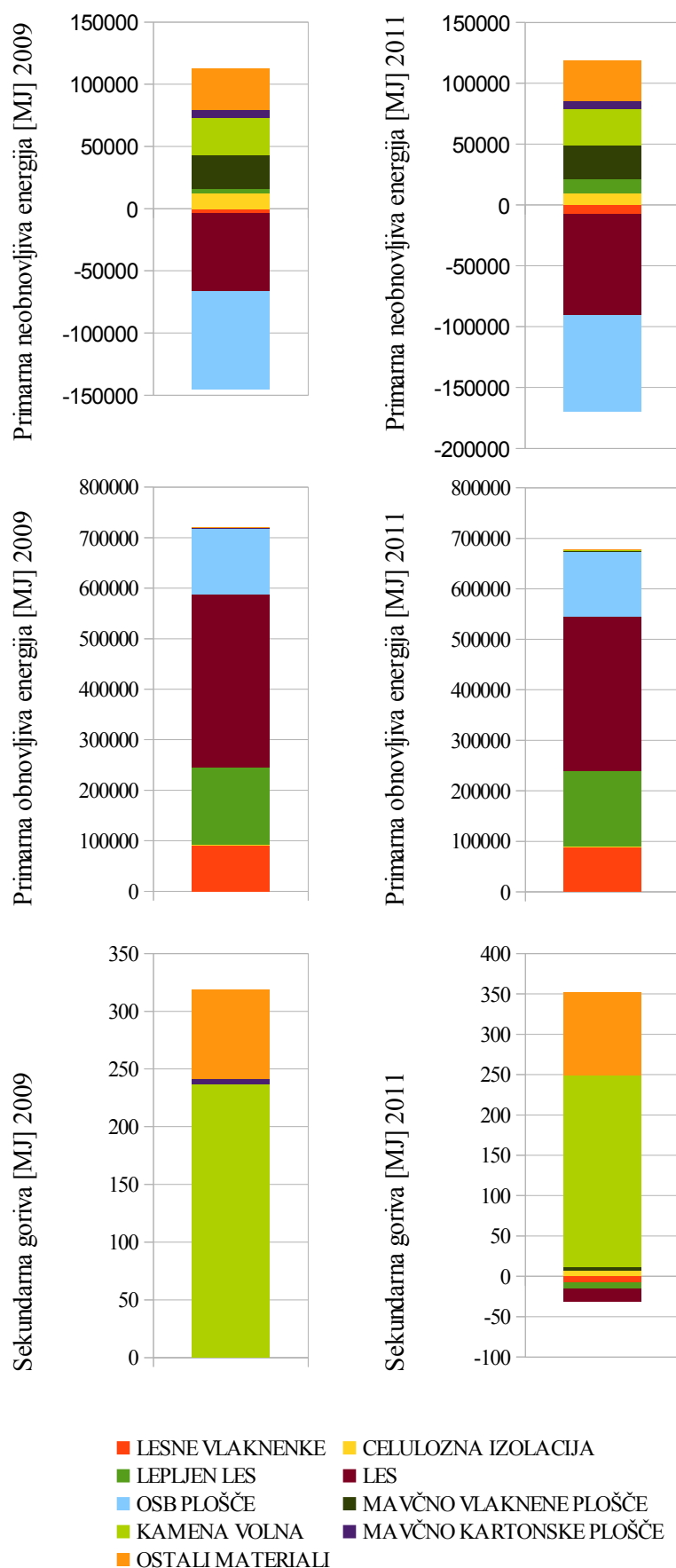
#### 5.4.3 Primerjava med verzijama Ökobau.dat 2009 in 2011

V začetku leta 2012 (točneje 12.1.2012) je BMVBS na informacijskem spletnem portalu o trajnostni gradnji objavil aktualizirano verzijo Ökobau.dat 2011. Ker je bila v tem časovnem terminu ta diplomska naloga skoraj že končana, sem v zadnjem trenutku še dodal ta razdelek, ki na hitro primerja obe verziji uporabljene podatkovne zbirke (2009 in 2011). Pri obeh verzijah sem primerjal vse okoljske kazalnike končne bilance za stavbo Riko ModEko z okvirnim lesenim nosilnim sistemom. Predstavitev rezultatov je v tem razdelku po večini grafična, v spodnji preglednici 6 pa so prikazani samo končni rezultati bilanc okoljskih kazalnikov. Ostali izračuni so predstavljeni v prilogi E.

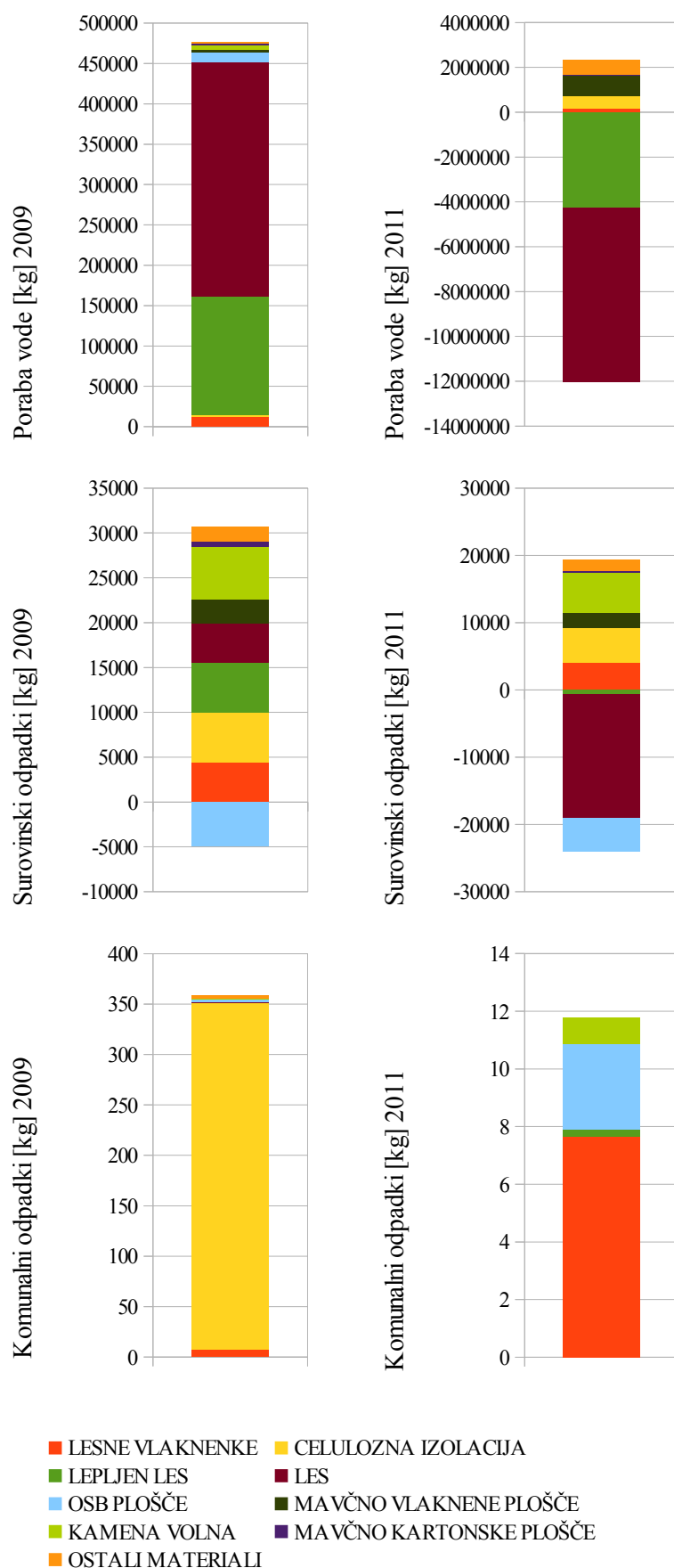
Preglednica 6: Primerjava okoljskih kazalnikov med verzijama Ökobau.dat 2009 in 2011

RIKO MODEKO – OKVIRNI NOSILNI SISTEM	PRIMARNA NEOBNOVLJIVA ENERGIJA [MJ]	PRIMARNA OBNOVLJIVA ENERGIJA [MJ]	SEKUNDARNA GORIVA [MJ]	PORABA VODE [kg]	SUROVINSKI ODPADKI [kg]	KOMUNALNI ODPADKI [kg]	OSTALI ODPADKI [kg]	GWP 100 [kg CO2- ekv.]	ODP [kg CFC-11 ekv.]	AP [kg SO2- ekv.]	EP [kg PO4-ekv.]	POCP [kg C2H4- ekv.]
Ökobau.dat 2009	-32296,8	719529,3	318,8	476032,5	25732,2	358,8	170,6	-13923,3	1,10E-003	64,9	10,8	7,6
Ökobau.dat 2011	-51338,0	677469,2	320,2	-9729345,2	-4695,5	11,8	27,6	-17277,3	6,51E-004	53,6	8,4	6,1

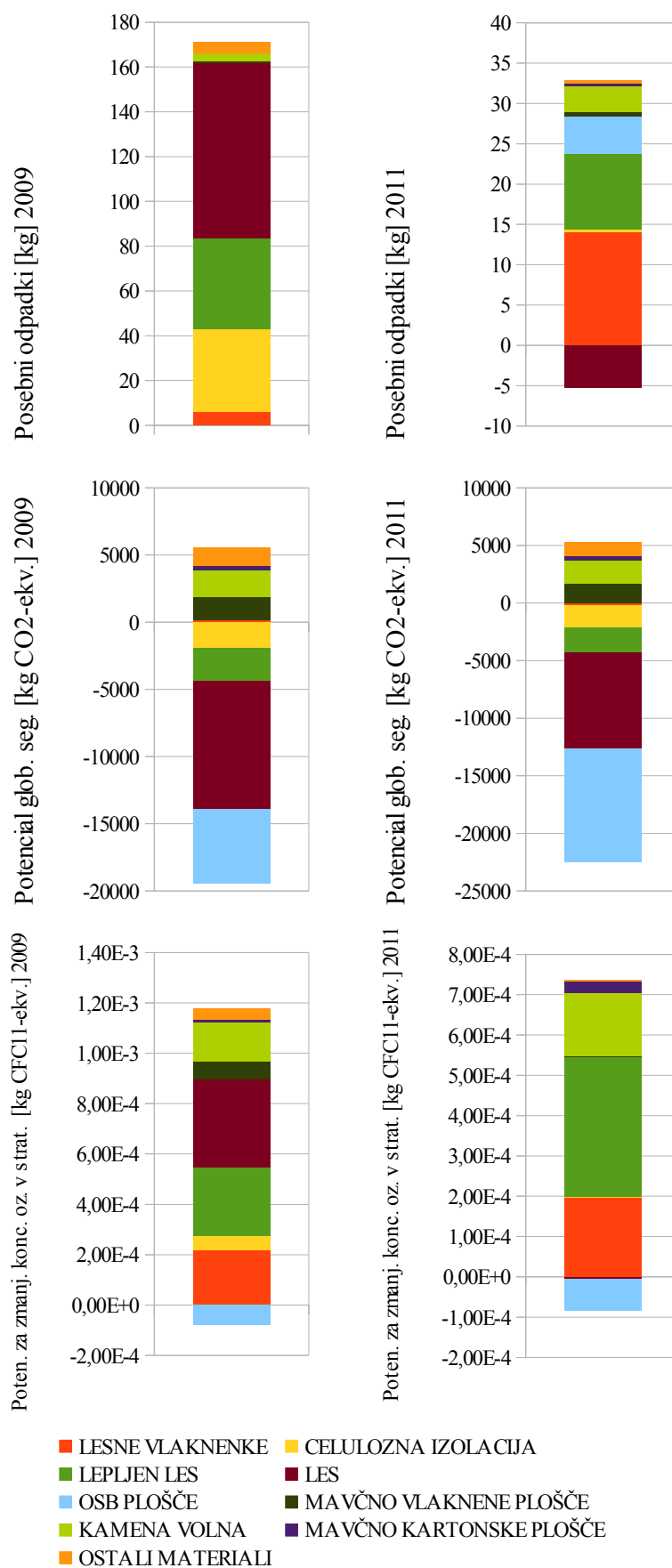
Iz slike 25 je razvidno, da se v kategorijah primarna obnovljiva in primarna neobnovljiva energija grafikona ne razlikujeta bistveno. Razmerja med vplivi posameznih materialnih skupin na končno bilanco imenovanih kazalnikov so zelo podobna. Pri porabi primarne neobnovljive energije se naj bi najbolj očitni spremembi zgodili pri skupini „lepljen les“, kjer se poraba poveča in skupini „les“, kjer je končna bilanca še bolj negativna. Pri primarni obnovljivi energiji naj bi bile spremembe še manj očitne. Le v skupini „les“ naj bi prišlo do vidnega znižanja porabe. V tretji primerjavi (poraba sekundarnih goriv) na sliki 25 so vidne spremembe v metodologiji, saj se po novem pojavljajo celo negativne porabe sekundarnih goriv pri nekaterih skupinah materialov. Negativna „poraba“ sekundarnih goriv se pojavlja pri EOL scenarijih za lesene izdelke, medtem ko temu ni bilo tako v verziji 2009, kjer so imeli vsi EOL scenariji predpisano porabo sekundarnih goriv enako nič (glej prilogo D in E).



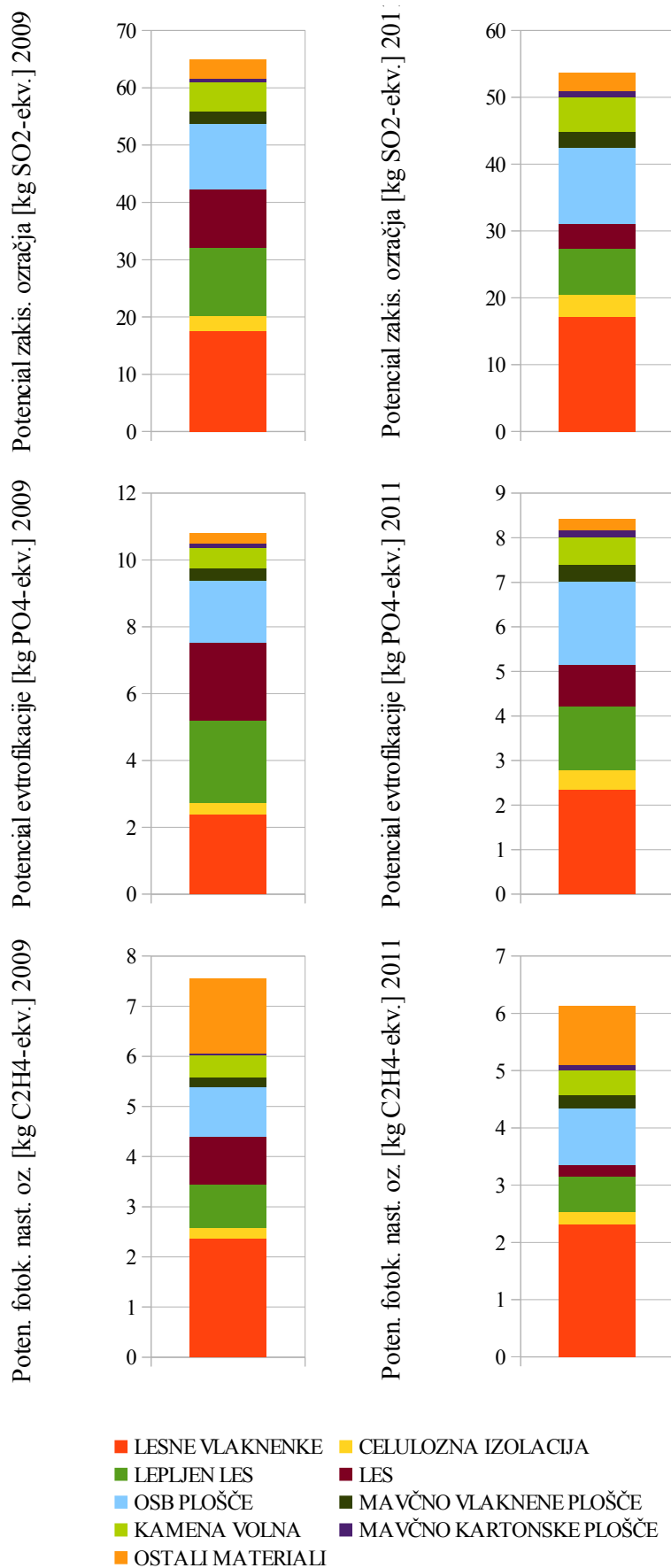
Slika 25: Primerjava okoljskih kazalnikov med verzijama Ökobau.dat 2009 in 2011 (1.del) (Riko ModEko – okvirni nosilni sistem)



Slika 26: Primerjava okoljskih kazalnikov med verzijama Ökobau.dat 2009 in 2011 (2.del) (Riko ModEko – okvirni nosilni sistem)



Slika 27: Primerjava okoljskih kazalnikov med verzijama Ökobau.dat 2009 in 2011 (3.del) (Riko ModEko – okvirni nosilni sistem)



Slika 28: Primerjava okoljskih kazalnikov med verzijama Ökobau.dat 2009 in 2011 (4.del) (Riko ModEko – okvirni nosilni sistem)



Predstavitev naslednjih treh okoljskih kazalnikov: poraba vode, surovinski in komunalni odpadki je na sliki 26. V vseh treh kategorijah naj bi se rezultati zelo spremenili. Dokument *Methodische Grundlagen*, verzija 2 (2011), navaja kot glavne novosti verzije 2011 prav obravnavanje okoljskih kazalnikov porabe vode in odpadkov (vseh treh kategorij). Odpadki naj bi bili po novem modelirani konsistentno do konca, bilanca poraba vode pa je za vsak sistem zaprta. Skupini „les“ in „lepljen les“ imata po verziji 2011 močno negativno bilanco porabe vode, medtem ko sta imeli te dve skupini po verziji 2009 močno pozitivno bilanco porabe vode. Tudi pri surovinskih odpadkih imajo skupine materialov „les“, „lepljen les“ in „OSB plošče“ po verziji 2011 negativne bilance, medtem ko jih prvi dve skupini po verziji 2009 nista imeli. Negativna bilanca imenovanih skupin materialov je celo toliko negativna, da je tudi končni kazalnik za celotno stavbo negativen. Pri komunalnih odpadkih najprej opazimo, da se je njihova količina glede na verzijo 2009 zmanjšala kar za okoli tridesetkrat. Če je izračun po *Ökobau.dat 2009* izkazal za celotno stavbo slabe pol tone komunalnih odpadkov jih novejša verzija le nekaj kilogramov. Zanimivo je, da naj bi po verziji 2009 celulozna izolacija prispevala veliko večino komunalnih odpadkov na nivoju stavbe, po verziji 2011 pa naj bi bil njen vpliv na količino komunalnih odpadkov neznaten.

Podobno kot pri komunalnih odpadkih, se močno zniža tudi količina posebnih odpadkov, skupina „les“ pa ima celo negativno bilanco v tej kategoriji (glej sliko 27). V verziji 2009 se v EOL scenarijih predpostavlja, da se količina posebnih odpadkov v zadnjem delu življenjskega cikla poveča, po verziji 2011 pa naj bi se količina zmanjševala (glej prilogo E). Razmerje vplivov posameznih skupin materialov se pri potencialu globalnega segrevanja ne spremeni občutno, najbolj očitna je povečana negativna bilanca skupine „OSB plošče“. Pri potencialu za zmanjševanje koncentracije ozona v stratosferi se za razliko od potenciala globalnega segrevanja razmerja vplivov močno spremenijo, praktično ni skupine materialov, ki bi glede na verzijo 2009 prispevala enak delež po verziji 2011.

Na sliki 28 lahko vidimo, da se količine vseh treh kazalnikov po verziji 2011 zmanjšajo, vendar ostanejo približno istega velikostnega reda. Tudi razmerja med prispevki se skoraj povsem ohranijo. Zanimivo je, da se v vseh treh kategorijah zmanjša prispevek skupine materialov „les“.

Iz preglednice 6 je razvidno, da se najbolj med verzijama spremenijo končne bilance kazalnikov: poraba vode, surovinski, komunalni in ostali odpadki. Lahko tudi podamo oceno, da skupna bilanca izvedena po verziji 2011 odraža manjši vpliv materialov, ki so vgrajeni v Riko ModEko, na okolje, saj so vsi kazalniki z izjemo porabe sekundarnih goriv okoljsko bolj sprejemljivi od tistih izvedeni po verziji *Ökobau.dat 2009*. Za še več primerjav si lahko ogledate preglednice D.1.1, D.1.2, D.1.3, D.1.4 in E.1, E.2, E.3, E.4 v dodatkih D in E.

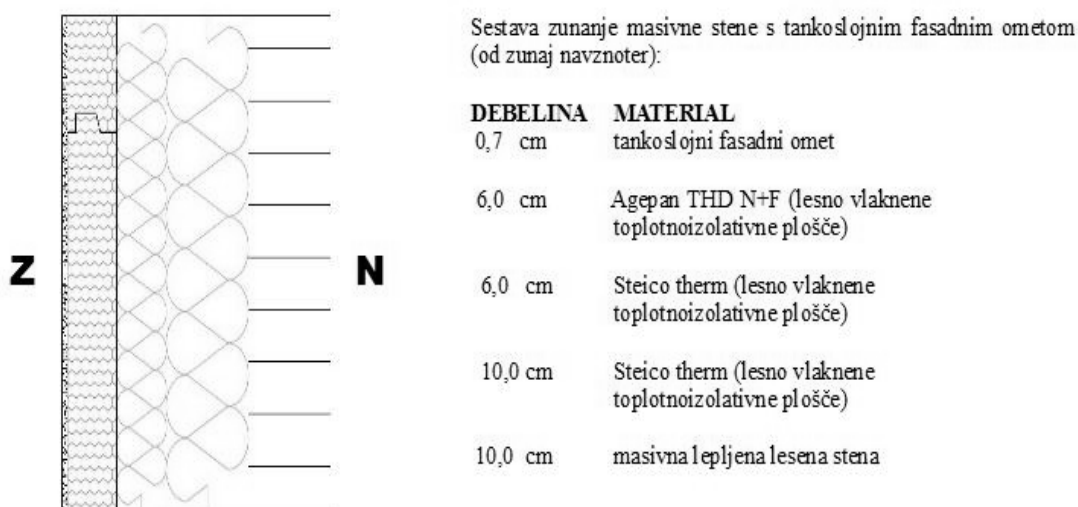
Lahko smo se prepričali, da se metodologija, na kateri gradimo oceno vpliva gradbenega materiala in gradbenih proizvodov na okolje, še razvija in so nekateri kazalniki dorečeni bolj in nekateri manj, kar se vidi predvsem iz sprememb med verzijama 2009 in 2011. Za bolj stabilne so se izkazale: poraba primarne obnovljive energije, poraba primarne obnovljive energije, potencial globalnega segrevanja, potencial zakisanosti ozračja, potencial evtrofikacije in potencial fotokemičnega nastajanja ozona, za manj zanesljive pa vsi ostali. Za lažjo in globljo interpretacijo bi bilo potrebno pri vsakem posameznem kazalniku poznati detajlno metodologijo in lastnosti tokov, ki vstopajo ali izstopajo iz preučevanega sistema. Študij teh elementov presega obseg diplomske naloge, zato se bomo zadovoljili s primerjavo kazalnikov na tem nivoju.

## 6 PRIMERJAVA OKOLJSKIH KAZALNIKOV ZA RAZLIČNE IZVEDBE STAVBE

V poglavju 5 smo za osnovo analize uporabili enodružinsko stavbo Riko ModEko (v nadaljevanju je večkrat imenovana tudi kot osnovna varianta). Za boljšo interpretacijo rezultatov in praktično predstavo je zaželeno, da se primerjajo rezultati okoljskih kazalnikov za stavbe s podobnimi lastnostmi. Odločili smo se, da osnovno varianto primerjamo še z varianto Riko ModEko, ki ima namesto lesene okvirne nosilne konstrukcije masivne lesene lepljene stene, ter še z zidano-betonsko stavbo. Določevanje kriterijev, po katerih smo določili podobnost stavb, je predstavljeno v razdelku 6.3. Tudi v tem poglavju najprej v opisu predstavljamo obe varianti, ki jih primerjamo z osnovno, nato so predstavljene sistemske omejitve in predpostavke, na koncu poglavja pa predstavljamo še primerjavo in interpretacijo rezultatov.

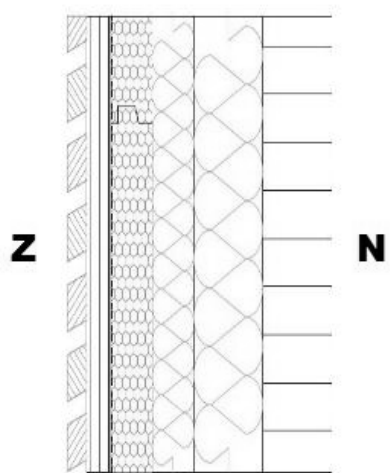
### 6.1 Opis stavbe Riko ModEko – masivne stene

Konstrukcijski sklopi se v primerjavi z osnovno varianto, okvirnim sistemom nosilne konstrukcije, razen pri predelnih in zunanjih stenah ne razlikujejo. Nosilna konstrukcija zunanjih sten so lepljene lesene lamele, ki tvorijo masivno leseno steno. S tem dobimo na notranji strani že ustrezno vidno površino, ki je ni nujno potrebno dodatno zapirati s podkonstrukcijo in mavčno-vlaknenimi ploščami. Prav tako ne potrebujemo podkonstrukcije za napeljavo inštalacij, saj so le-te napeljane v sami masivni steni.



Slika 29: Sestava zunanje ometane stene (Riko ModEko - masivne stene)

Na zunanji strani ometane lesene masivne zunanje stene (slika 29) so na nosilno konstrukcijo najprej pritrjeni trije sloji toplotne izolacije v skupni debelini 22 cm. Vsi trije sloji so lesno vlaknene plošče, pri čemer imata dve plasti nižji koeficient toplotne prevodnosti od tretje (Steico Therm 10 cm in 6 cm ima  $0,039 \text{ W/m}^2\text{K}$  ter Agepan THD N+F 230  $0,047 \text{ W/m}^2\text{K}$ ). Na zunanjo lesno vlakneno ploščo je tako kot pri osnovni varianti nanesen tankoslojni omet. Zunanja stena s prezračevano macesnovo fasado (slika 30) se od ometane razlikuje v tem, da je na zunanjo lesno vlakneno ploščo najprej pritrjena paroprepustna folija, nato pa še macesnova prezračevana fasada z ustrežno nosilno konstrukcijo.



Sestava zunanje masivne stene s prezračevano macesnovo fasado (od zunaj navznoter):

DEBELINA	MATERIAL
1,9-6,0 cm	macesnova prezračevana fasada
3,5 cm	lesene zračne vertikalne letve
0,3 cm	Stamisol (paroprepustna folija)
6,0 cm	Agepan THD N+F (lesno vlaknena toplotnoizolativna plošče)
6,0 cm	Steico therm (lesno vlaknena toplotnoizolativna plošče)
10,0 cm	Steico therm (lesno vlaknena toplotnoizolativna plošče)
10,0 cm	masivna lepljena lesena stena

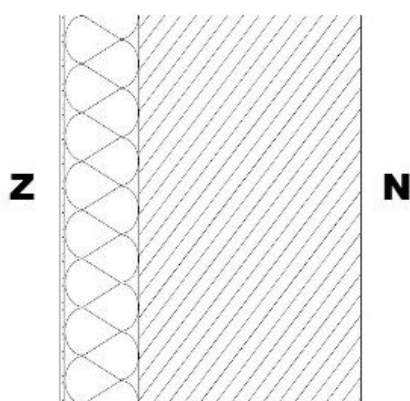
Slika 30: Sestava zunanje stene s prezračevano fasado (Riko ModEko - masivne stene)

Podatke o obeh vrstah masivnih zunanjih sten so nam posredovali v podjetju Riko Hiše. Sestava predelnih sten, ki jo upoštevamo v tej varianti, vključuje le masivno vrsto predelnih sten. Predpostavili smo, da se skupna debelina predelnih sten iz osnovne variante ohrani, edini materiali, ki jih sestavlja, pa je masiven lepljen les.

## 6.2 Opis zidano-betonske stavbe

V Sloveniji je gotovo največ enodružinskih stavb masivnih, zato smo želeli analizirati tudi ta tip stavbe. V bazi Ökobau.dat smo poiskali materiale, kateri bi bili ustrezni in potrebni za izgradnjo zidano-betonske stavbe. Utemeljitev uporabljenih predpostavk in sistemskih omejitev predstavlja pod poglavje 6.3 Sistemske omejitve in predpostavke.

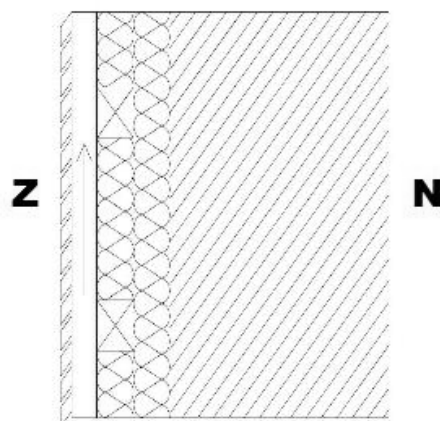
Zunanjo ometano steno (slika 31) sestavljajo nosilni zid iz opečnih modularnih blokov, toplotne izolacije in zunanjega tankoslojnega ometa. V analizi sem uporabil modularne opečne bloke Poroton z izboljšo izolativnostjo, ki so polnjeni s perlitom. Za razliko od ometane zunanje stene ima zunanja stena s prezračevano fasado (slika 32), namesto zunanjega ometa macesnovo prezračevano fasado z ustrežno leseno nosilno konstrukcijo, ki je pritrjena na nosilne zidove. Med leseno nosilno konstrukcijo je vgrajena toplotna izolacija, ki jo pred vetrom ščiti paroprepustna folija.



Sestava zunanje stene s tankoslojnim fasadnim ometom  
(od zunaj navznoter):

DEBELINA	MATERIAL
0,7 cm	tankoslojni fasadni omet
10 cm	fasadna mineralna volna
30 cm	Poroton (toplotnoizolativni modularni opečni blok)

Slika 31: Sestava zunanje ometane stene (Zidano-betonska stavba)



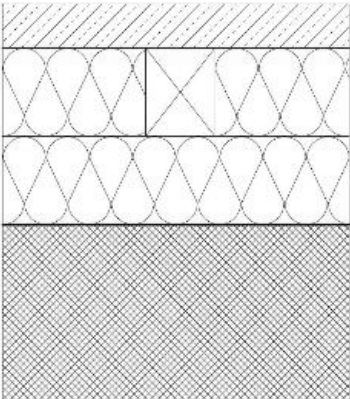
Sestava zunanje stene s prezračevano leseno fasado  
(od zunaj navznoter):

DEBELINA	MATERIAL
1,9-6 cm	macesnovo prezračevana fasada
3,5 cm	lesene zračne vertikalne letve
0,03 cm	paroprepustna folija
5 cm	fasadna mineralna volna
5 cm	fasadna mineralna volna
30 cm	Poroton (toplotnoizolativni modularni opečni blok)

Slika 32: Sestava zunanje stene s prezračevano fasado (Zidano-betonska stavba)

Talna konstrukcija (slika 33) ima zelo podobno sestavo kot osnovna varianta, Riko ModEko, s to razliko, da nad toplotno izolacijo ni več OSB plošče, temveč je izveden klasični cementni estrih s PE folijo, ki ločuje sloje toplotne izolacije in cementnega estriha.

**N**



Sestava talne konstrukcije (od znotraj navzven):

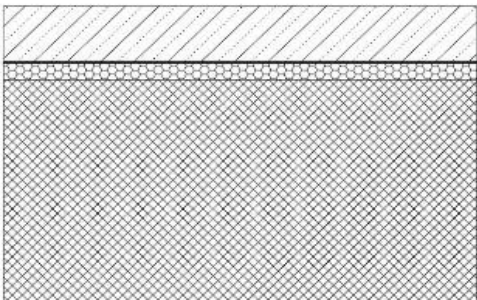
DEBELINA	MATERIAL
5 cm	cementni estrih
0,02 cm	PE folija
10 cm	mineralna volna (med leseno podkonstrukcijo)
10 cm	mineralna volna (med leseno podkonstrukcijo)
0,2 cm	hidroizolacija
20 cm	betonska temeljna plošča

**Z**

Slika 33: Sestava talne konstrukcije (Zidano-betonska stavba)

Ostale horizontalne konstrukcije (medetaža, previs in streha) imajo za nosilno konstrukcijo prefabricirano armiranobetonsko ploščo. Medetažna konstrukcija (slika 34) ima na ploščo položeno zvočno izolacijo, nato pa še cementni estrih s PE folijo. Plasti nad armiranobetonsko ploščo pri previsni konstrukciji (slika 35) so enake medetažni, na zunanji strani AB plošče pa je potrebno izvesti še ustrezno leseno podkonstrukcijo, ki nosi zunanjo toplotno izolacijo. Na toplotno izolacijo je pritrjena še paroprepustna folija, zračne letve in macesnov opaž.

**N**

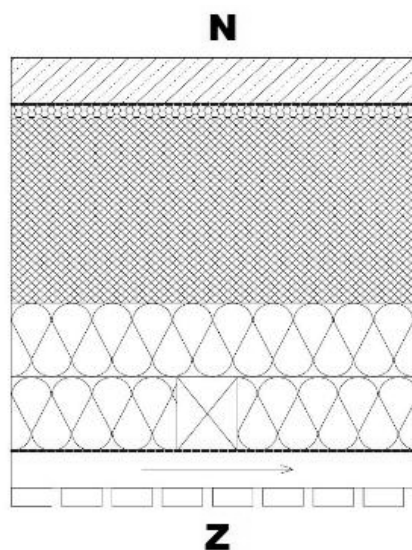


Sestava medetažne konstrukcije (od zgoraj navzdol):

DEBELINA	MATERIAL
5 cm	cementni estrih
0,02 cm	PE folija
1,5 cm	kamena volna
20 cm	armiranobetonska prefabricirana plošča

**N**

Slika 34: Sestava medetažne konstrukcije (Zidano-betonska stavba)

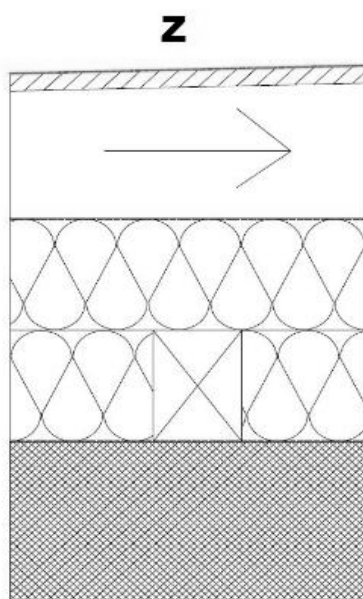


Sestava previsne konstrukcije (od znotraj navzven):

DEBELINA	MATERIAL
5 cm	cementni estrih
0,02 cm	PE folija
1,5 cm	kamena volna
20 cm	armiranobetonska prefabricirana plošča
8 cm	mineralna volna (med leseno podkonstrukcijo)
8 cm	mineralna volna (med leseno podkonstrukcijo)
0,03 cm	paroprepustna folija
4 cm	lesene zračne horizontalne letve
1,9 cm	macesnov opaž

Slika 35: Sestava previsne konstrukcije (Zidano-betonska stavba)

Na strešno nosilno konstrukcijo (slika 36) je najprej izvedena parna ovira, nad njo pa toplotna izolacija z leseno podkonstrukcijo, katera nosi tudi plasti vgrajene nad njo. To so: lesena zračna naklonska konstrukcija, ki je zaprta z OSB ploščami in hidroizolacijsko folijo. Toplotna izolacija je prej zaščitena še s paroprepustno folijo.

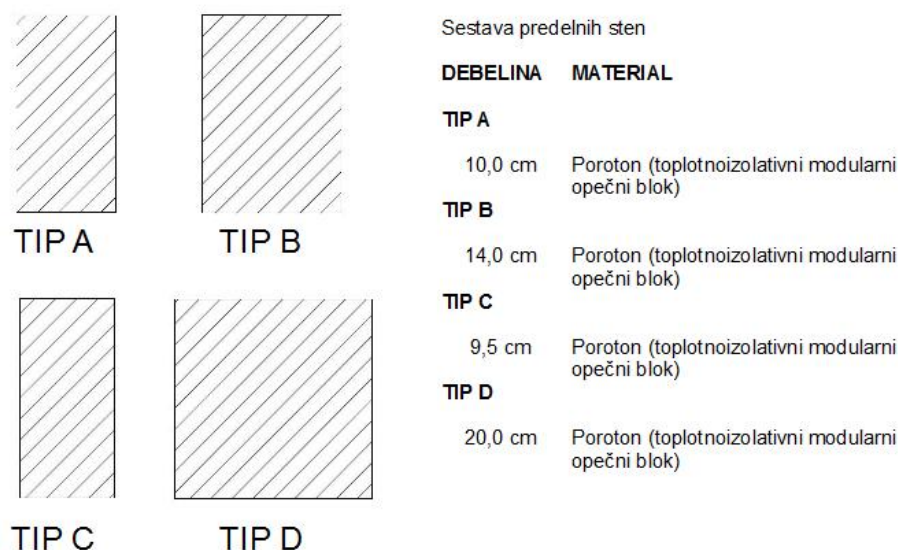


Sestava strešne konstrukcije (od zunaj navznoter):

DEBELINA	MATERIAL
0,2 cm	hidroizolacijska folija
2,2 cm	OSB 3 plošča
16 cm	lesena naklonska zračna konstrukcija (debelina sloja se spreminja)
0,03 cm	paroprepustna folija
14 cm	mineralna volna (med leseno podkonstrukcijo)
14 cm	mineralna volna (med leseno podkonstrukcijo)
0,02 cm	PE folija
20 cm	armiranobetonska prefabricirana plošča

Slika 36: Sestava strešne konstrukcije (Zidano-betonska stavba)

Vse predelne stene (slika 37) so podobno kot pri Riko ModEko varianti z masivnimi lesenimi stenami polne. Razlika je le ta, da je za polnilo uporabljena opeka. Bruto debeline predelnih sten se ohranijo iz prejšnjih dveh variant.



Slika 37: Sestava predelnih sten (Zidano-betonska stavba)

### 6.3 Sistemske omejitve in predpostavke

Podobno kot v 5. poglavju tudi tu predstavljamo sistemske omejitve in predpostavke za obe varianti, ki sta dodatno obravnavani v 6. poglavju. Ta razdelek je eden izmed ključnih za razumevanje in interpretacijo rezultatov, saj prikazuje, pod katerimi pogoji je analiza potekala. S petim poglavjem so skupne predpostavke povzete v nadaljevanju. V analizi smo uporabili zbirko podatkov z okoljskimi profili materialov Ökobau.dat, verzija 2009. Vsi okoljski profili iz te baze veljajo zgolj za območje Nemčije. Obravnava se del življenjskega cikla „od zibelke do vrat“, ki obsega vse postopke od pridobivanja surovin do gotovega izdelka na vratih proizvodnje. Analiza ne upošteva transporta do gradbišča. Pri lesu in nekaterih lesenih proizvodih (OSB plošče, lesno vlaknene plošče, lepljen les...) zahtevajo njihovi okoljski profili, da je potrebno za celovito analizo vplivov na okolje upoštevati tudi scenarij ob koncu življenjskega cikla. Uporabljena baza nam ponuja EOL scenarije za sežig lesenih snovi v posebnih pečeh, kjer se proizvaja električna energija in toplota v kogeneraciji. Predpostavljeno je, da imajo les in proizvodi iz lesa ob koncu življenjske dobe enako maso in volumen kot ob vgradnji v stavbo.



Kar se tiče same stavbe, obravnavamo samo konstrukcijske sklope, brez inštalacij, pritrdilnih ali veznih sredstev, stavbnega pohištva (oken, vrat), itd. Predpostavljamo, da je po vsej površini sestava posameznega konstrukcijskega sklopa enaka. Uporabljene so neto površine, kar pomeni, da so površine odprtih odštete od bruto površin. Geometrijski podatki so večinoma prevzeti iz analize, ki jo je za podjetje Riko Hiše opravil Gradbeni inštitut ZRMK (2010), delno pa so bili pridobljeni iz načrtov objekta. Temeljne oziroma talne betonske plošče v analizi ne upoštevamo, zaradi različnih pogojev temeljenja. Stavba ni nikjer podkletena. Premazi in razna zaščitna sredstva za materiale niso upoštevana v analizi. V notranjosti stavbe upoštevamo, da so mavčno kartonske in mavčno vlaknene plošče površinsko neobdelane. Prav tako se ne upošteva finalna obdelava tal, saj je močno odvisna od namembnosti posameznega prostora.

### **6.3.1 Sistemske omejitve in predpostavke za Riko ModEko – masivne stene**

V glavnem se ta varianta ne razlikuje veliko od osnovne. Vse horizontalne konstrukcije (tla, medetaža, previs in streha) ohranijo svojo sestavo, spremeni se le sestava vertikalnih konstrukcij (zunanja ometana stena, zunanja stena s prezračevano fasado in predelne stene). Zaradi masivnih sten se poveča delež lepljenega lesa. Materiala, ki jih za razliko od osnovne variante ni, sta mavčno vlaknene plošče in lepljen les, ki se uporablja za lepljene prečke v okvirni konstrukciji. Novih materialov v primerjavi z osnovno varianto v tej varianti ni.

### **6.3.2 Sistemske omejitve in predpostavke za zidano-betonsko stavbo**

Če sta si prvi dve varianti dokaj podobni, je tretja, zidano-betonska, od njiju precej različna. Pojavlja se dosti drugačnih materialov in tudi sestava konstrukcijskih sklopov je zaradi tega različna. Kriterija, na podlagi katerih smo določili primerljivost rezultatov različnih variant, sta enaka zunanja podoba stavbe (enak delež površin z ometano zunanjo steno in prezračevano fasado, prezračevana ravna streha) in podobna toplotna prehodnost obodnih konstrukcijskih sklopov (kar prinaša za seboj podobno porabo energije in količino izpuščenih emisij v fazi uporabe). V notranjosti so vsi vertikalni zidovi (nosilni in predelne stene) površinsko neobdelani, pohodne površine (tla, medetaža, previs) so izvedene po sistemu plavajočega poda (cementni estrih z zvočno izolacijo) brez finalne obdelave, prav tako stropi niso obdelani. Cementni estrih se v analizi upošteva brez zmesne vode, torej kot prašna mešanica.

Pri računu toplotne prehodnosti obodnih konstrukcijskih sklopov predpostavljamo, da materiali, tanjši od 2 cm in tisti, ki so prezračevani ne prispevajo nič k toplotni izolativnosti. V računi niso upoštevani linijski in toplotni mostovi. Žal med podatki o materialih iz baze Ökobau.dat ni podatkov o njihovi toplotni prevodnosti in zvočni izolativnosti, zato v računu predpostavljamo, da imajo vse uporabljene

mineralne in kamene volne enako toplotno prevodnost (0,035 W/mK). Pri materialih, ki opravljajo funkcijo zvočne izolacije proti udarnemu zvoku, je predpostavljeno, da imajo enake zvočno izolativne lastnosti proti udarnemu zvoku kot materiali, ki so za ta namen uporabljeni v osnovni varianti. Če je potrebno, je uporabljena med toplotno izolacijo lesena podkonstrukcija. Tak primer je pri zunanji steni s prezračevano fasado, previsu in strehi. Pri zunanjih in predelnih stenah delež malte zanemarimo (oz. je ne upoštevamo). Zunanje in predelne stene so narejene iz istega tipa modularnih blokov.

Preglednica 7: Primerjava volumskih in masnih deležev skupin materialov med variantami izvedbe stavbe

**a) Riko ModEko – okvirni nosilni sistem**

KATEGORIJE	VOLUMEN [m <sup>3</sup> ]	Vol. DELEŽ [%]	MASA [kg]	MASNI DELEŽ [%]
LESNE VLAKNENKE	19,92	11,9	5513,42	11,6
CELULOZNA IZOLACIJA	59,18	35,5	2959,12	6,2
LEPLJEN LES	14,48	8,7	7458,48	15,7
LES	31,19	18,7	16538,71	34,8
OSB PLOŠČE	10,35	6,2	6363,47	13,4
MAVČNO VLAKNENE PLOŠČE	5,08	3,0	5077,25	10,7
KAMENA VOLNA	23,81	14,3	1190,34	2,5
MAVČNO KARTONSKE PLOŠČE	2,07	1,2	1658,20	3,5
OSTALI MATERIALI	0,64	0,4	733,48	1,5
<b>VSOTA</b>	<b>166,72</b>		<b>47492,48</b>	

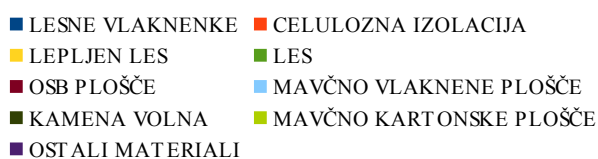
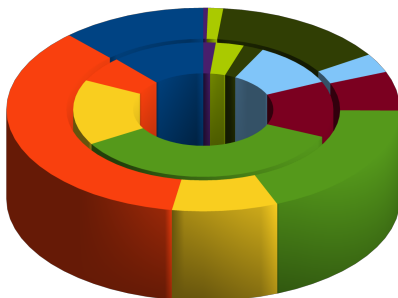
**b) Riko ModEko – masivne stene**

KATEGORIJE	VOLUMEN[m <sup>3</sup> ]	Vol. DELEŽ [%]	MASA [kg]	MASNI DELEŽ [%]
LESNE VLAKNENKE	54,79	34,2	11092,17	22,6
CELULOZNA IZOLACIJA	18,91	11,8	945,54	1,9
LEPLJEN LES	43,39	27,1	22345,88	45,5
LES	12,41	7,8	6951,44	14,2
OSB PLOŠČE	7,08	4,4	4353,16	8,9
KAMENA VOLNA	20,75	13,0	1037,58	2,1
MAVČNO KARTONSKE PLOŠČE	2,07	1,3	1658,20	3,4
OSTALI MATERIALI	0,64	0,4	733,48	1,5
<b>VSOTA</b>	<b>160,04</b>		<b>49117,45</b>	

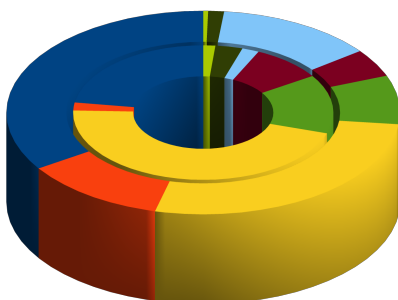
**c) Zidano-betonska stavba**

KATEGORIJE	VOLUMEN [m <sup>3</sup> ]	Vol. DELEŽ [%]	MASA [kg]	MASNI DELEŽ [%]
MINERALNA VOLNA	45,13	22,6	4388,90	2,5
OPEČNI MODULARNI BLOK	76,28	38,1	56450,05	31,7
CEMENTNI ESTRIH	8,29	4,1	15752,90	8,9
LES	15,41	7,7	8616,01	4,8
OSB PLOŠČE	2,04	1,0	1254,37	0,7
PREFABRICIRAN ARMIRAN BETON	35,63	17,8	89797,68	50,5
KAMENA VOLNA	16,55	8,3	827,52	0,5
OSTALI MATERIALI	0,70	0,3	780,27	0,4
<b>VSOTA</b>	<b>200,04</b>		<b>177867,68</b>	

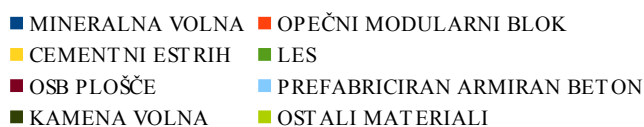
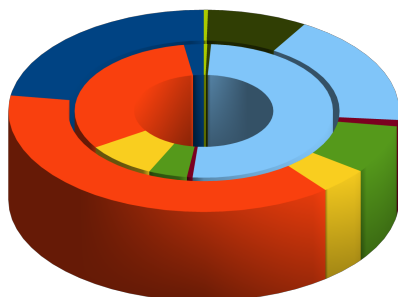
### a) Riko ModEko – okvirni nosilni sistem



### b) Riko ModEko – masivne stene



### c) Zidano-betonska stavba



Slika 38: Primerjava volumskih (zunanji diagram) in masnih (notranji diagram) deležev skupin materialov pri različnih izvedbah stavbe

## 6.4 Rezultati analize

Za obe dodatni varianti izvedbe stavbe je potek analize enak kot pri osnovni varianti le, da se pojavljajo drugačni materiali. V prilogi D so zbrane vse preglednice, ki prikazujejo izračun skupnih bilanc za posamezne izvedbe stavbe. V tem razdelku 6.4 najprej predstavljamo ter medsebojno primerjamo volumske in masne deleže materialov. Te podatki so vsekakor pomembni, saj lahko pričakujemo, da bodo materiali, ki zavzemajo pomemben delež mase ali (in) volumna, tudi narekovali velikost posameznih okoljskih kazalnikov. Ta domneva je preverjena že v naslednjem razdelku, ki sledi, kjer pa za razliko od 5. poglavja nismo predstavili rezultatov za vse okoljske kazalnike, ki jih lahko preverimo s pomočjo baze Ökobau.dat, temveč le rezultate za tri izmed njih: poraba primarne neobnovljive energije, poraba primarne obnovljive energije in potencial globalnega segrevanja. Splošen opis imenovanih okoljskih kazalnikov je predstavljen že v 5. poglavju.

### 6.4.1 Volumski in masni delež materialov

Če najprej primerjamo skupen volumen in skupno maso vgrajenih materialov v posameznih variantah (glej preglednico 7 in sliko 38), opazimo, da imajo materiali vgrajeni v Riko ModEko z masivnimi stenami slabih 5% manjši volumen, po drugi strani pa za 3,4% višjo maso od materialov, vgrajenih v osnovno varianto Riko ModEka. To je posledica na eni strani tanjših zunanjih sten (zato manjši volumen) in višje gostote lepljenega lesa v primerjavi z materiali, ki so uporabljeni v sestavi zunanjih in predelnih sten okvirne konstrukcije (zato večja masa).

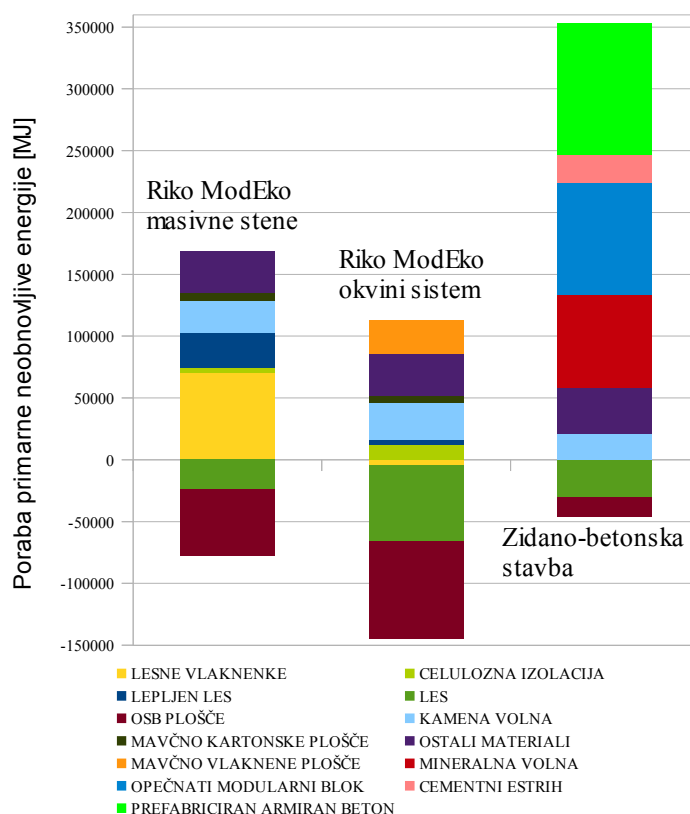
Zidano-betonska stavba ima zaradi svoje sestave precej debelejšo obodno konstrukcijske sklope. V osnovni varianti je, kot smo spoznali že v 5. poglavju, toplotna izolacija vgrajena med nosilno konstrukcijo, pri zidano-betonski varianti pa takšen sistem ni mogoč. Posledično moramo toplotno izolacijo postaviti na zunanjo stran stene, kar privede k povečanju debeline konstrukcijskega sklopa glede na osnovno varianto. Zato ni presenetljivo, da imajo materiali v zidano-betonski stavbi 20% večji volumen. Precej drugače je tudi v razmerju mas, saj je razlika med skupnima masama materialov izredno velika. Materiali vgrajeni v zidano-betonsko stavbo imajo namreč 3,75 krat večja maso od materialov v osnovni varianti. Glavni prispevek k visoki masi zidano-betonske stavbe imata „prefabriciran beton“ (50,5%) in „modularni opečni blok“ (31,7%), ki skupaj s „cementnim estrihom“ (8,9%) predstavljajo preko 90% mase vseh vgrajenih materialov. Od ostalih petih skupin materialov nobena ne predstavlja več kot 5% skupne mase.

Podobno imata skupini „opečni modularni blok“ (38,1%) in „prefabriciran armiran beton“ (17,8%) najpomembnejšo vlogo v volumskem deležu. Vmes je še „mineralna volna“ (22,6%), ki pa zaradi svoje nizke gostote ne predstavlja velike mase. Zidano-betonski stavbi in osnovni varianti izvedbe

stavbe so skupne štiri skupine materialov: „les“, „OSB plošče“, „kamena volna“ in „ostali materiali“. Kot lahko vidimo iz preglednic 7 je volumen in posledično tudi masa vgrajenih prvih treh omenjenih skupin v zidano-betonski varianti manjša, pri skupini „ostali materiali“ pa se na račun večje porabe PE folije volumen in masa celo rahlo povečata.

Preglednica 8: Primerjava okoljskih kazalnikov pri vseh treh izvedbah stavbe

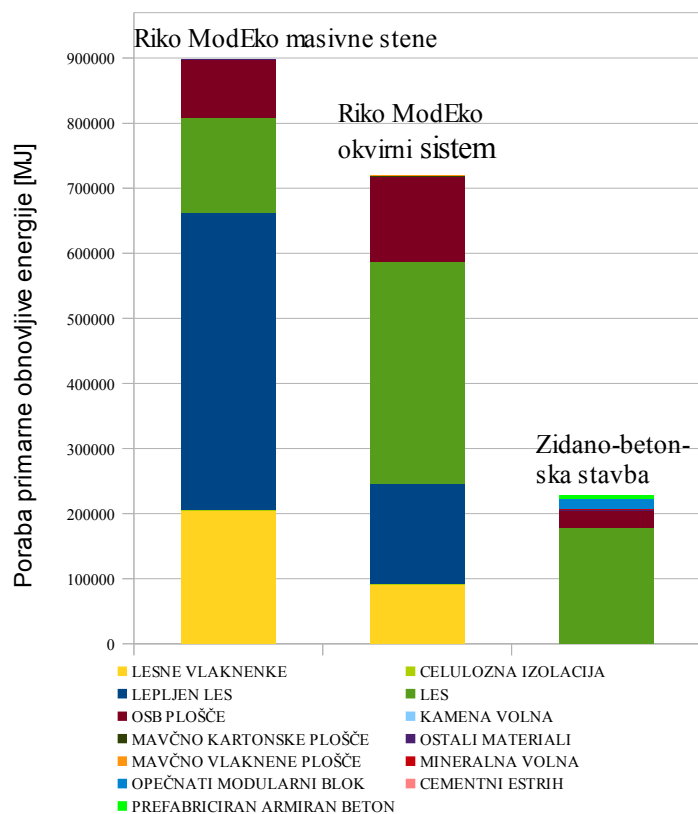
	<b>SKUPNA BILANCA Riko ModEko okvirni sistem</b>	<b>SKUPNA BILANCA Riko ModEko masivne stene</b>	<b>SKUPNA BILANCA zidano betonska stavba</b>
<b>Primarna energija, neobnovljiva [MJ]</b>	<b>-32296,8</b>	<b>90496,1</b>	<b>307164,9</b>
rjavi premog	25440,5	43505,3	42086,6
črni premog	28033,2	39624,9	70126,4
zemeljski plin	-318116,4	-284167,2	26718,1
nafta	196696,6	232711,8	118217,4
uran	36244,4	62237,9	49254,8
<b>Primarna energija, obnovljiva [MJ]</b>	<b>719529,3</b>	<b>898629,1</b>	<b>228131,9</b>
vodna energija	1288,1	5379,3	3411,0
vetrna energija	-1410,8	-346,2	1881,1
solarna energija	719622,4	894734,1	222923,8
energija iz biomase	0	0	0
Sekundarna goriva [MJ]	318,8	288,4	22360,2
Poraba vode [kg]	476032,5	602354,6	224010,1
Surovinski odpadki [kg]	25732,2	41856,6	94584,6
Komunalni odpadki [kg]	358,8	124,6	175,3
Ostali odpadki [kg]	170,6	185,9	77,1
<b>Potencial globalnega segrevanja (GWP 100) [kg CO2 ekv.]</b>	<b>-13923,3</b>	<b>-18726,3</b>	<b>28425,6</b>
Potencial za zmanjševanje koncentracije ozona v stratosferi (ODP) [kg CFC 11 ekv.]	1,10E-03	1,73E-03	1,34E-03
Potencial zakisanosti ozračja (AP) [kg SO2 ekv.]	64,9	89,5	96,9
Potencial evtrofikacije (EP) [kg PO4 ekv.]	10,8	15,1	12,7
Potencial fotokemičnega nastajanja ozona (poletni smog) v nižjih plasteh ozračja (POCP) [kg C2H4 ekv.]	7,6	9,6	9,1



Slika 39: Primerjava porabe primarne neobnovljive energije pri vseh treh izvedbah stavbe

Preglednica 9: Primerjava porabe primarne neobnovljive energije pri vseh treh izvedbah stavbe

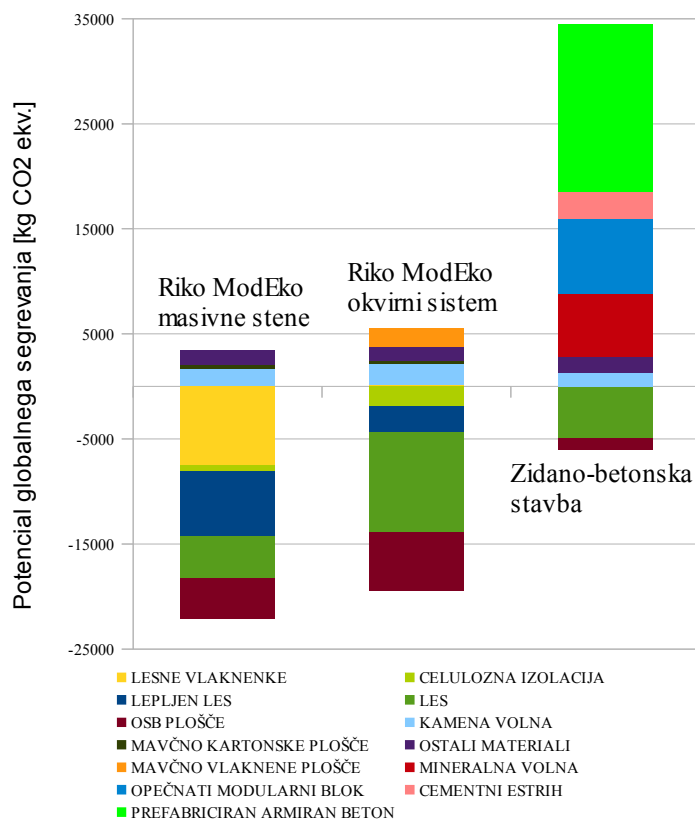
KATEGORIJE	Riko ModEko masivne stene	Riko ModEko okvirni sistem	Zidano-betonska stavba
LESNE VLAKNENKE	70249,85	-3947,55	
CELULOZNA IZOLACIJA	3923,99	12280,35	
LEPLJEN LES	28355,40	3647,43	
LES	-23635,56	-62141,93	-30171,16
OSB PLOŠČE	-54067,67	-79036,40	-15579,64
KAMENA VOLNA	26250,84	30115,67	20936,13
MAVČNO KARTONSKE PLOŠČE	6002,68	6002,68	
OSTALI MATERIALI	33416,52	33416,52	37074,43
MAVČNO VLAKNENE PLOŠČE		27366,38	
MINERALNA VOLNA			75848,47
OPEČNATI MODULARNI BLOK			90320,08
CEMENTNI ESTRIH			22369,12
PREFABRICIRAN ARMIRAN BETON			106367,49
<b>VSOTA</b>	<b>90496,05</b>	<b>-32296,84</b>	<b>307164,92</b>



Slika 40: Primerjava porabe primarne obnovljive energije pri vseh treh izvedbah stavbe

Preglednica 10: Primerjava porabe primarne obnovljive energije pri vseh treh izvedbah stavbe

KATEGORIJE	Riko ModEko masivne stene	Riko ModEko okvirni sistem	Zidano-betonska stavba
LESNE VLAKNENKE	204729,71	90365,29	
CELULOZNA IZOLACIJA	775,34	2426,48	
LEPLJEN LES	457153,01	152668,00	
LES	145309,46	341841,33	178547,19
OSB PLOŠČE	88919,43	129982,88	25622,20
KAMENA VOLNA	1151,72	1321,28	918,54
MAVČNO KARTONSKE PLOŠČE	238,78	238,78	
OSTALI MATERIALI	351,65	351,65	411,50
MAVČNO VLAKNENE PLOŠČE		333,58	
MINERALNA VOLNA			1701,64
OPEČNATI MODULARNI BLOK			15354,41
CEMENTNI ESTRIH			356,02
PREFABRICIRAN ARMIRAN BETON			5220,38
<b>VSOTA</b>	<b>898629,10</b>	<b>719529,27</b>	<b>228131,88</b>



Slika 41: Primerjava potenciala globalnega segrevanja pri vseh treh izvedbah stavbe

Preglednica 11: Primerjava potenciala globalnega segrevanja pri vseh treh izvedbah stavbe

KATEGORIJE	Riko ModEko masivne stene	Riko ModEko okvirni sistem	Zidano- betonska stavba
LESNE VLAKNENKE	-7458,61	184,28	
CELULOZNA IZOLACIJA	-617,44	-1932,31	
LEPLJEN LES	-6217,79	-2406,99	
LES	-4042,96	-9587,07	-4905,46
OSB PLOŠČE	-3804,13	-5560,90	-1096,16
KAMENA VOLNA	1691,26	1940,26	1348,85
MAVČNO KARTONSKE PLOŠČE	366,46	366,46	
OSTALI MATERIALI	1356,87	1356,87	1480,77
MAVČNO VLAKNENE PLOŠČE		1716,11	
MINERALNA VOLNA			6006,60
OPEČNATI MODULARNI BLOK			7112,71
CEMENTNI ESTRIH			2567,72
PREFABRICIRAN ARMIRAN BETON			15910,58
<b>VSOTA</b>	<b>-18726,34</b>	<b>-13923,27</b>	<b>28425,60</b>



Iz preglednice 7b), ki prikazuje volumen in maso vgrajenih materialov v Riko ModEko z masivnimi stenami, lahko razberemo, da se glede na osnovno varianto povečajo volumni in mase skupin materialov „lesno vlaknene plošče“ (iz 19,92 m<sup>3</sup> na 54,79 m<sup>3</sup>) in „lepljen les“ (iz 14,48 m<sup>3</sup> na 43,39 m<sup>3</sup>), zmanjšajo pa v skupinah „celulozna izolacija“ (iz 59,18 m<sup>3</sup> na 18,91 m<sup>3</sup>), les (iz 31,19 m<sup>3</sup> na 12,41 m<sup>3</sup>), „OSB plošče“ (iz 10,35 m<sup>3</sup> na 7,08 m<sup>3</sup>) in „kamena volna“ (iz 23,81 m<sup>3</sup> na 20,75 m<sup>3</sup>). Omenjene spremembe se zgodijo zaradi sprememb v sestavi konstrukcijskih sklopov zunanjih in predelnih sten. Tako se na eni strani poveča količina lesno vlaknenih plošč, katere nadomestijo uporabo celulozne izolacije pri zunanjih stenah. Količina lepljenega lesa se zaradi lepljenih lesenih lamel, ki se uporabljajo za nosilno konstrukcijo zunanjih in predelnih sten močno poveča. Posledica prehoda iz okvirnega lesenega nosilnega sistema na sistem z masivnimi stenami je tudi zmanjšanje količin vgrajenega volumna skupin „les“ (uporablja se za stebre v okvirnem sistemu), „OSB plošče“ (uporablja se za zapiranje lesenega nosilnega okvirja proti notranjosti) in „kamena volna“ (uporablja se za izolacijo v predelnih stenah).

#### **6.4.2 Okoljski kazalniki**

V 5. poglavju smo v predstavitvi rezultatov analize obravnavali vse okoljske kazalnike. V tej analizi vseh treh izvedb stavbe bi bila primerjava vseh kazalnikov preveč obsežna, zato smo izmed vseh kazalnikov izbrali tri, ki so v sklopu uporabljene baze podatkov Ökobau.dat najbolj jasno razloženi in se jih da najbolje interpretirati. To so kazalniki, ki so v preglednici 8 označeni s krepkim tiskom: poraba primarne neobnovljive in obnovljive energije ter potencial globalnega segrevanja. Ostali okoljski kazalniki so samo zbrani in predstavljeni v preglednici 8, nadaljnje pa niso analizirani. Način predstavitve rezultatov je podobno kot v 5. poglavju, tekstovni in grafični. V tekstovnem delu komentiramo značilnosti rezultatov za posamezne predstavljene okoljske kazalnike, kateri so nato zbrani še v obliki preglednice. Grafična predstavitev obsega prikaz rezultatov v obliki diagrama, ki še vizualno prikaže razmerje med prispevki posameznih skupin materialov.

##### **6.4.2.1 Poraba primarne neobnovljive energije**

Skupne bilance porabe primarne neobnovljive energije za posamezne variante nam razkrijejo, da je količina porabe primarne neobnovljive energije zelo različna. Riko ModEko z okvirnim sistemom ima negativno vsoto porabe, Riko ModEko z masivnimi stenami pa ima sicer pozitivno vsoto porabe vendar še vseeno nekajkrat manjšo od zidano-betonske stavbe. Če začnemo pri primerjavi med obema izvedbama stavb Riko ModEko lahko najprej opazimo na sliki 39 in v preglednici 9, da se zaradi zmanjšanja vgrajenih količin materialov iz skupin „les“ in „OSB plošče“ zmanjša dobropis primarne neobnovljive energije. Kot smo že omenili v prejšnjem poglavju, nastane ta dobropis ob koncu življenjske dobe nekaterih materialov iz lesa, ko jih uporabimo za proizvodnjo elektrike in toplote s

pomočjo posebnih peči. Posledično to pomeni, da s tem prihranimo določeno količino primarnih neobnovljivih virov, ki bi jih sicer morali uporabiti za proizvodnjo elektrike in toplote, če ne bi imeli na razpolago materialov iz lesa, ki predstavljajo obnovljiv vir energije. Vendar ni tako pri vseh materialih, katerih osnovna sestavina je les. Skupina „lesno vlaknene plošče“ ima v osnovni varianti negativno bilanco, v varianti z masivnimi stenami pa kar precej pozitivno – ima celo največji prispevek k porabi primarne neobnovljive energije med vsemi skupinami materialov, ki so bili uporabljeni v tej varianti (glej preglednico 9). Razlog za takšno spremembo je v različnih vrstah lesno vlaknenih plošč. V skupino lesno vlaknenih plošč namreč spadata dve vrsti plošč, ki se razlikujeta po načinu izdelave: po suhem postopku in po mokrem postopku.

V osnovni varianti z lesenim okvirnim sistemom prevladujejo lesno vlaknene plošče, izdelane po suhem postopku, ki imajo predviden scenarij EOL in potemtakem izkazujejo negativno bilanco zaradi dobropisa, medtem ko v varianti stavbe z masivnimi lesenimi stenami prevladujejo lesno vlaknene plošče, izdelane po mokrem postopku, za katere pa v bazi Ökobau.dat ni predviden EOL scenarij, kar pomeni tudi, da ni dobropisa porabe primarne neobnovljive energije. Vprašanje je, kakšna bi bila bilanca porabe neobnovljive primarne energije, če bi obstajal scenarij EOL za lesno vlaknene plošče, narejene po mokrem postopku. S tega lahko sklepamo, da na rezultate analize močno vplivajo nekatere pomanjkljivosti v uporabljeni metodologiji.

V primerjavi osnovne variante z zidano-betonsko vidimo, da so prispevki skupin, ki so skupne obema variantama sorazmerni količinam vgrajenega materiala (pri lesu, OSB ploščah in kamni volni so pri zidano-betonski stavbi absolutno gledano manjši, pri skupini ostalih materialov pa večji). Opazno je, da so ravno skupine materialov, ki niso skupne obema variantama in so vgrajeni v zidano-betonsko stavbo eni izmed glavnih porabnikov virov primarne neobnovljive energije. Po vrsti se razvrstijo: prefabriciran armiran beton (106367,5 MJ), opečti modularni bloki (90320,1 MJ) in mineralna volna (75848,5 MJ).

Iz preglednice 8. je razvidno, da v vseh treh variantah med neobnovljivimi viri pride največ energije iz nafte, zemeljski plin pa ima v prvih dveh variantah celo negativno energijsko vrednost. Slednje je posledica metodologije, saj se za preračun dobropisa pri uporabi materialov iz lesa proizvedena energija (električna in toplotna) izrazi v nadomestilu zemeljskega plina in nadomestilu električne energije (nemška mešanica električne energije).

#### **6.4.2.2 Poraba primarne obnovljive energije**

Če iz grafikonov na sliki 39 razberemo, da imajo skoraj vse skupine materialov viden vpliv na porabo primarne neobnovljive energije, je iz slike 40 vidno, da je takšnih skupin materialov precej manj (glej

tudi preglednico 10). Praktično so izrazite le 4 različne skupine materialov: „les“, „lepljen les“, „lesne vlaknenke“ in „OSB plošče“. Kot vidimo je, vsem štirim skupno, da spadajo med materiale iz lesa. Tudi skupna poraba primarne obnovljive energije je najvišja v varianti, ki ima vgrajenega največ (lepljenega) lesa, sledi Riko ModEko z okvirnim nosilnim sistemom, pri zidano-betonski varianti pa je poraba primarne obnovljive energije nekajkrat manjša od obeh ostalih variant. Če pri zidano-betonski stavbi ne bi bilo vgrajenega toliko lesa v podkonstrukcijah med toplotno izolacijo in če stavba ne bi imela macesnove fasade, bi bila poraba primarne obnovljive energije praktično neznatna.

V preglednici 8 vidimo, da ima sončna energija skoraj 100% delež pri porabi primarne obnovljive energije v vseh treh skupnih bilancah. Metodologija namreč predvideva, da se med porabo primarne obnovljive energije šteje tudi sončna energija, ki je potrebna za rast dreves, iz katerih se kasneje pridobiva les. Če iz bilanc primarne obnovljive energije odštejemo prispevke, ki gredo na račun materialov iz lesa, lahko ugotovimo, da se za proizvodnjo ostalih materialov porabljajo majhne količine primarne obnovljive energije v primerjavi s količinami primarne neobnovljive energije. Največje razmerje med porabo primarne neobnovljive energije in porabo primarne obnovljive energije ima skupina „ostali materiali“ in sicer kar 95 (33416,52 MJ NPE in 351,65 MJ OPE), sledijo mavčno vlaknene plošče z razmerjem 82 (27366,38 MJ NPE in 333,58 MJ OPE) in cementni estrihi z razmerjem 63 (22369,12 MJ NPE in 356,02 MJ OPE). Gotovo je za okoljsko podobo materiala bolje, da je to razmerje čim nižje.

Zanimiva je tudi negativna vsota porabe primarne energije iz vetrnih elektrarn in ničla v kategoriji biomasa (kategorija Primarna energija, obnovljiva v preglednici 8). Iz preglednic v prilogi D lahko razberemo, da se v delu življenjskega cikla od zibelke do vrat nekaterih materialov iz lesa (lepljene lesene prečke, konstrukcijski les, žagan les, OSB plošče...) ne porablja nič energije, proizvedene v vetrnih elektrarnah, po drugi strani pa se upošteva dobropis ob koncu življenjske dobe teh izdelkov zaradi nadomestitve električne energije iz nemške mešanice (del te mešanice predstavlja tudi vetrna energija) zaradi proizvodnje energije iz materialov iz lesa ob koncu življenjskega cikla. Zaradi te nadomestitve prihaja tudi v skupni bilanci do negativne vsote porabe energije iz vetrnih elektrarn. Zakaj je v kategoriji „biomasa“ pri vseh treh bilancah ničla iz razpoložljivih dokumentov, ni povsem razvidno. Kot kaže, je v izračunih okoljskih profilov predpostavljeno, da se za proizvodnjo materialov ne uporablja električna energija, ki bi prihajala iz biomase.

Če bi sešteli porabe primerne obnovljive in neobnovljive energije, bi ugotovili, da največ energije porabijo materiali vgrajeni v stavbo Riko ModEko z masivnimi stenami (989125,15 MJ), nato Riko ModEko z okvirnim nosilnim sistemom (687232,43 MJ) in najmanj zidano-betonska stavba (535295,88 MJ). Takšni podatki so močno zavajajoči, saj nič ne povedo o kakovosti energije in virov, iz katerih energija pride. Vsekakor je zelo pomembno, da si prizadevamo za porabo čim večjih količin

obnovljive primarne energije, ki je v naravi v neomejenih količinah za razliko od neobnovljive primarne energije, katerih viri so omejeni, njihova uporaba pa ima večkrat za posledico škodljive vplive na okolje.

#### 6.4.2.3 Potencial globalnega segrevanja

Med porabo primarne neobnovljive energije in potencialom globalnega segrevanja je kar nekaj podobnosti. Materiali iz lesa imajo podobno, negativno bilanco, v zidano-betonski stavbi pa imajo največje prispevke pri emisijah toplogrednih plinov prefabriciran armiran beton, opečni modularni blok in mineralna volna. Bilanci obeh izvedb Riko ModEka sta negativni, pri čemer ima boljše varianta z masivnimi stenami (predvsem na račun lesno vlaknenih plošč). Zidano-betonska stavba ima precej slabšo, pozitivno bilanco.

Če tudi tukaj najprej primerjamo obe varianti izvedbe stavbe Riko ModEko (glej sliko 41 in preglednico 11) opazimo, da imajo v obeh primerih negativno bilanco skupine materialov „les“, „lepljen les“, „OSB plošče“ in tudi „celulozna izolacija“. Pri skupini „lesno vlaknene plošče“ je predznak različen in ravno obraten kot pri porabi primarne neobnovljive energije. Razlog je spet v uporabi različnih vrst lesno vlaknenih plošč. Plošče izdelane po mokrem postopku, ki prevladujejo v varianti z masivnimi lesenimi stenami, nimajo EOL scenarija, kar pomeni, da je predpostavljeno, da se CO<sub>2</sub>, kateri se je vgradil v lesu zaradi potreb fotosinteze, ob koncu svoje življenjske dobe ne sprosti nazaj v zrak oziroma takšen scenarij ni predpisan. Pri lesno vlaknenih ploščah, ki so izdelane po suhem postopku in imajo vključen tudi EOL scenarij, se predpostavlja, da se CO<sub>2</sub> pri gorenju sprošča nazaj v zrak in kot kaže, imajo te plošče ob koncu življenjske dobe pozitivno bilanco. To pa ni tako pri ostalih materialih iz lesa, saj (kot smo že omenili) imajo vsi ostali negativno bilanco potenciala globalnega segrevanja. Metodologija predvideva, da se pri materialih iz lesa, ki se jih ob koncu njihove življenjske dobe uporabi za proizvodnjo električne in toplotne energije, upošteva določen dobropis emisij toplogrednih plinov, ki bi nastali, če bi namesto materialov iz lesa za proizvodnjo elektrike in toplote bili primorani uporabiti neobnovljive vire energije. Pri lesno vlaknenih ploščah, izdelanih po suhem postopku, kot kaže, ta dobropis ne zadostuje, da bi material dosegel negativno bilanco. Spet je vprašanje, v kolikšni meri bi upoštevanje scenarija EOL za lesno vlaknene plošče izdelane po mokrem postopku spremenilo bilanco izpustov toplogrednih plinov. Zidano-betonska stavba se je tudi pri tem okoljskem kazalniku (glej sliko 41 in preglednico 11) odrezala precej slabše od obeh ostalih variant. Prefabriciran armiran beton v skladu s svojim masnim deležem (50,5%) prispeva k skupni bilanci stavbe dobro polovico vseh količin emisij toplogrednih plinov (15910,58 od 28425,60 kg CO<sub>2</sub> ekvivalenta). Podoben delež prispevata skupaj tudi skupini opečni modularni bloki in mineralne volne (7112,71 in 6006,60 kg CO<sub>2</sub> ekvivalenta). Sorazmernost s porabo primarne neobnovljive energije je tako več kot očitna.

## 7 ZAKLJUČEK

Na podlagi rezultatov predstavljenih v 6. poglavju lahko trdimo, da so se materiali, ki so vgrajeni v stavbi Riko ModEko z okvirnim nosilnim sistemom in z masivnimi stenami izkazali za okolju bolj prijazne od tistih, ki so vgrajeni v zidano-betonsko varianto stavbe, vendar pa moramo poleg prikaza znati rezultate tudi pravilno interpretirati; ter razložiti zakaj je temu tako in pod katerimi pogoji veljajo te rezultati. Kot smo lahko spoznali iz izvedenih analiz, so ti pogoji zelo specifični, vsak scenarij pa mora biti dokaj ozko modeliran.

V 5. poglavju smo predvsem v zadnjem razdelku (5.4.3) pri primerjavi verzij Ökobau.dat 2009 in 2011 spoznali, da vsi obravnavani okoljski kazalniki niso v enaki meri dorečeni in zanesljivi, temveč je to področje, ki je še v razvoju. Tako so rezultati za nekatere kazalnike bolj in nekatere manj kredibilni za oceno vplivov na okolje. Na splošno bo zanimivo spremljati, kateri izmed kazalnikov, ki so obravnavani v okoljskih profilih Ökobau.dat, bodo v prihodnosti dobivali na veljavi in kateri izgubljali. Gotovo so v tem trenutku poraba primarne energije (neobnovljive in obnovljive) in potencial globalnega segrevanja po pomembnosti korak pred ostalimi kazalniki.

Interpretacija nekaterih posameznih rezultatov kazalnikov se je izkazala za zelo zahtevno. Za bolj učinkovito interpretacijo rezultatov bi potrebovali veliko več podatkov „iz ozadja“, ki pa nam jih razpoložljivi dokumenti ne ponujajo. Po drugi strani bi se s tem obseg podatkov še toliko bolj povečali in posledično bi to pomenilo še zahtevnejše povezovanje teh podatkov. Že podrobno preučevanje enega samega kazalnika za vse vrste obravnavanih materialov bi lahko predstavljalo obsežno delo.

Namen diplomske naloge, ki smo ga opredelili v uvodu, je bil najti orodje, s katerim lahko ocenimo okoljske vplive gradbenih materialov in nato s pomočjo teh orodij tudi narediti analizo njihovih vplivov. Ob zaključku dela lahko trdimo, da smo namen vsekakor dosegli. Po našem mnenju bo z razvojem novih in ažurno posodobitvijo starih okoljskih profilov Ökobau.dat, še posebno pa s širitvijo baz EPD-jev, njihova vloga v okoljskem vrednotenju gradbenega materiala postajal čedalje bolj pomembna in bodo ti dokumenti postali nepogrešljivo orodje za določanje okoljske sprejemljivosti gradbenih materialov in proizvodov. To bi pomenilo tudi razširitev meja obstoječih okoljskih politik podjetij, tj. takšnih, ki na primer temeljijo predvsem na kontroli emisij, zniževanju porabe energije in količine nastalih odpadkov k bolj inovativnim rešitvam, npr. uporabi alternativnih materialov.

Uporaba podatkovne zbirke Ökobau.dat pokaže tudi nekaj pomanjkljivosti oz. možnosti za izboljšave okoljskih profilov, pri čemer pa velja izpostaviti predvsem tri: potreba po večji prijaznosti do uporabnika, večje število EOL scenarijev (tudi za materiale, ki niso iz lesa) in poenotenje kakovosti podatkov skupaj z obvezno zunanjo revizijo.

Kar se tiče prijaznosti do uporabnika, so okoljski profili Ökobau.dat v opisnem delu zelo skopi. O samem izdelku, možnosti njegove uporabe, njegovih fizikalnih, kemijskih in tehničnih lastnosti je (pre)malo podatkov. Ta problem je na srečo v EPD-jih rešen, saj je tam opisni del veliko bolj bogat, imajo pa EPD-ji svoje pomanjkljivosti, o katerih smo v tej diplomski nalogi že pisali. Število EOL scenarije bi se moralo povečati, saj so v verziji 2009 dosegljivi le EOL scenariji za materiale iz lesa, kar pomeni, da imajo materiali iz lesa poseben status. Verzija 2011 je v tem pogledu že boljša, saj je med 288 novimi okoljskimi profili tudi kar nekaj EOL scenarijev za materiale in proizvode, ki niso iz lesa (EPS, mineralna volna, hidroizolacijske strešne folije...). Problem so tudi različne kakovosti podatkov (vrste kakovosti podatkov smo spoznali v poglavju 2.4.2), pri katerih bi morali težiti k temu, da so najboljše kakovosti, torej prihajajo iz direktnih meritev, poleg tega pa bi imeli po koncu izdelave okoljskega profila za seboj tudi neodvisno revizijo, ki bi omogočala pristnost podatkov. Prihodnost torej ni v okoljskih profilih za generične izdelke, katerih kazalniki temeljijo na podatkih iz literature in drugih približkih, temveč v smeri, v katero gredo EPD-ji.

Da bi v prihodnosti lahko uspešno vrednotili vplive gradbenih materialov in proizvodov na okolje bi bilo potrebno vsaj na evropskem, če ne na slovenskem, nivoju vzpostaviti s podatki bogato in kredibilno bazo okoljskih deklaracij proizvodov, ki bi bila močno orodje za vrednotenje vplivov gradbenih materialov in proizvodov na okolje.

## VIRI

### UPORABLJENI VIRI

2005 World Summit Outcome. 2005. United Nations General Assembly.

<http://www.who.int/hiv/universalaccess2010/worldsummit.pdf> (Pridobljeno 9.10. 2011.)

Akcijski načrt za zeleno javno naročanje za obdobje 2009-2012. 2009. Ljubljana. Vlada Republike Slovenije: 38 str.

[http://www.svez.gov.si/fileadmin/svez.gov.si/pageuploads/docs/javna\\_narocila/27\\_sv\\_-\\_zeleno\\_JN.pdf](http://www.svez.gov.si/fileadmin/svez.gov.si/pageuploads/docs/javna_narocila/27_sv_-_zeleno_JN.pdf) (Pridobljeno 8.11. 2011.)

Asif, M., Muneer, T., R. Kelley. 2007. Life Cycle Assessment. A case study of a dwelling home in Scotland. Building and Environment 42, 3: 1391-1394

Braune, A., Kreißig, J., Sadlbauer, K. 2007. The use of EPDs in building assesment – towards the complete picture. V: Bragança, L. (ur.), Pinheiro, M. (ur.), Jalali, S. (ur.), idr. 2007. Portugal SB07. Sustainable Construction. Materials and Practices. Amsterdam, IOS Press: str. 299 – 304.

Consoli, F. (ur.), Allen, D. (ur.), Boudstead, I. (ur.), idr. 1993. Guidelines for Life-Cycle Assessment: a „Code of Practice“. Report of the SETAC workshop, Sesimbra 93. 31.3-3.4.1993. Bruselj, Society of Environmental Toxicology and Chemistry.

Construction. 2009. European Committee for Standardization.

<http://www.cen.eu/cen/sectors/sectors/construction/pages/default.aspx> (Pridobljeno 12.10. 2011.)

Boj proti podnebnim spremembam. EU utira pot. 2008. Evropska komisija. Luksemburg, Urad za uradne publikacije Evropskih skupnosti: 24 str.

<http://ec.europa.eu/publications/booklets/move/70/sl.pdf> (Pridobljeno 3.11. 2011.)

Dreo, J. 2006. Sustainable development. Wikipedija.

[http://sl.wikipedia.org/wiki/Slika:Sustainable\\_development.svg](http://sl.wikipedia.org/wiki/Slika:Sustainable_development.svg) (Pridobljeno 15.11. 2011.)

Erlandsson, M., Borg, M. 2003. Generic LCA-methodology applicable for buildings, constructions and operation services – today practice and development needs. Building and Environment 38, 7: 919-938.

Fullana, P. (ur.), Betz, M. (ur.), Hischer, R. (ur.), Puig, R. (ur.). 2009. Life Cycle Assessment applications. Results from COST Action 530. A joint effort by COST Action 530. Life-Cycle Inventories for Environmentally-Conscious Manufacturing Processes. Madrid, AENOR-Asociacion Espanola de Normalizacion y Certificacion-Ediciones: str. 25-34.

Gradbeni inštitut ZRMK. Center za bivalno okolje, gradbeno fiziko in energijo. 2010. Kontrola izbranih energijskih kazalnikov v skladu s PURES-2 (2010) in PEI (ZI 1.2.7.6) pri objektu ModEko (Riko) v Šmartnem pri Slovenj Gradcu. Elaborat. Ljubljana, GI ZRMK, Center za bivalno okolje, gradbeno fiziko in energijo: str. 16.

Green paper on integrated product policy. 2001. Commission of the European Communities: 27 str. [http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/en/com/2001/com2001\\_0068en01.pdf](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/en/com/2001/com2001_0068en01.pdf) (Pridobljeno 2.9. 2011.)

Guinée, J.B. (ur.). 2002. Handbook on life cycle assessment. Operational guide to the ISO standards. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers: 692 str.

Jordan, S., Knez, N., Knez, F. 2010. Ravnanje z okoljem – ocenjevanje življenjskega cikla (LCA). Gradbenik 14, 2: 36-38.

Jönsson, A. 2000. Tools and methods for environmental assessment of building products – methodological analysis of six selected approaches. Building and Environment 35, 3 :223-238

Koroneos, C., Dompros, A. 2007. Environmental assessment of brick production in Greece. Building and Environment 42, 5: 2114-2123

Kunič, R. 2010. Pomembnost toplotnih izolacij v primerih novogradenj in obnov. Gradbenik 14, 1: 8

Kriterij za trajnostno gradnjo in zeleno javno naročanje. Gradbeni Inštitut ZRMK. 2011. <http://www.gi-zrmk.si/ZRMKinstitut/pdf/Kriteriji-za-trajnostno-gradnjo-in-zeleno-javno-narocanje-GI-ZRMK.PDF> (Pridobljeno 10.9. 2011.)

Kyoto protocol to the united nations framework convention on climate change.1998. United nations. 18 str. <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf> (Pridobljeno 15.10. 2011.)



Lindfors, L. G., Christiansen, K., Hoffmann, L., idr. 1995. Nordic Guidelines on Life-Cycle Assessment. Report Nord 1995:20. Kobenhavn, Nordic Council of Ministers: 222 str.

Matelič, G. 2006. Metoda analize življenjskega cikla (LCA) kot metoda za odločanje v gradbeni proizvodnji. Diplomaska naloga. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo : 110 str.

Methodische Grundlagen. Ökobilanzbasierte Umweltindikatoren im Bauwesen. 2007. PE International: 68 str.

[http://www.nachhaltigesbauen.de/fileadmin/oekobaudat/xml/oekobau.dat\\_2009.zip](http://www.nachhaltigesbauen.de/fileadmin/oekobaudat/xml/oekobau.dat_2009.zip) (Pridobljeno 12.9. 2011.)

Methodische Grundlagen. Ökobilanzbasierte Umweltindikatoren im Bauwesen. Version 2. 2011. PE International: 56 str.

[http://www.nachhaltigesbauen.de/fileadmin/oekobaudat/pdf/Methodische-Grundlagen\\_Version\\_2-2011\\_.pdf](http://www.nachhaltigesbauen.de/fileadmin/oekobaudat/pdf/Methodische-Grundlagen_Version_2-2011_.pdf) (Pridobljeno 15.1. 2011.)

Nemry, F., Uihlein, A., Colodel, C.M., idr. 2008. Environmental Improvement Potentials of Residential Buildings (IMPRO-Building). Luksemburg, Office for Official Publications of the European Communities: 103 str.

<http://ftp.jrc.es/EURdoc/JRC46667.pdf> (Pridobljeno 3.11. 2011.)

Okvirna konvencija Združenih narodov o podnebnih spremembah. 2007. United Nations

[http://www.unis.unvienna.org/unis/sl/thematic\\_info\\_climate\\_change\\_unfccc.html](http://www.unis.unvienna.org/unis/sl/thematic_info_climate_change_unfccc.html) (Pridobljeno 9.10. 2011.)

Operativni program Republike Slovenije za ravnanje s klorofluoroogljikovodiki. 2003. Ljubljana. Ministrstvo za okolje, prostor in energijo RS: str. 7

[http://www.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/zakonodaja/okolje/varstvo\\_okolja/operativni\\_programi/operativni\\_program\\_klor.pdf](http://www.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/zakonodaja/okolje/varstvo_okolja/operativni_programi/operativni_program_klor.pdf) (Pridobljeno 8.12. 2011.)

Ortiz, O., Pasqualino, J. C., Diez, G., Castells, F. 2010. The environmental impact of the construction phase. An application to composite walls from life cycle perspective. Resources, Conservation and Recycling 54, 11: 832-846.

Radonjič, G. 2008. Embalaža in varstvo okolja. Zahteve, trendi in podjetniške priložnosti. Maribor, Založba Pivec: 310 str.

Ökobau.dat. Informationsportal Nachhaltiges Bauen: Baustoff- und Gebäudedaten. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung. 2011.

<http://www.nachhaltigesbauen.de/baustoff-und-gebaeuedaten/oekobaudat.html> (Pridobljeno 30.8. 2011.)

Peuportier, B., Putzeys, K. 2005. Inter-comparison and benchmarking of LCA-based environmental assessment and design tools. Work Package 2. Final report. Practical Recommendations for Sustainable Construction (PRESCO): 48 str.

[http://www.etn-presco.net/generalinfo/PRESCO\\_WP2\\_Report.pdf](http://www.etn-presco.net/generalinfo/PRESCO_WP2_Report.pdf) (Pridobljeno 27.12. 2011.)

Pregrad, B., Musil, V. 2000. Proizvodi – tehnologija, kakovost in varstvo okolja. Maribor, Univerza v Mariboru, Ekonomsko-poslovna fakulteta: 390 str.

Product Category Rules. 2004. Eco SMEs. Services for green products.

<http://www.ecosmes.net/cm/navContents?l=EN&navID=envProductProcedure&subNavID=2&pagID=4&flag=1> (Pridobljeno 23.9. 2011.)

Pšunder, M. 2008. Ekonomika gradbene proizvodnje. Maribor, Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo: 23 str.

Report of the World Commission on Environment and Development. Our Common Future, Chapter 2: Towards Sustainable Development. From A/42/427. World Commission on Environment and Development.

<http://www.un-documents.net/ocf-02.htm> (Pridobljeno 4.10. 2011.)

Riko Hiše. 2011. Modularna hiša ModEko.

<http://www.riko-hise.si/si/reference?pid=186&project=modularna-hisa-modeko> (Pridobljeno 4.9. 2011.)

Srdić, A., Šelih, J. 2012. Integrated quality and sustainability assessment in construction – a conceptual model. Technological and Economic Development of Economy. Baltic Journal of Sustainability 17, 4: 611-626.

Šijanec Zavrl, M. 2010. Trajnostna gradnja s podporo energijskih in okoljskih kazalnikov. V: Premrov, M. (ur.), Žegarac-Leskovar, V. (ur.). 2010. Energetska učinkovitost v arhitekturi in gradbeništvo. Maribor, Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo: str. 61-70.

Šijanec Zavrl, M., Papler, D., Tomšič, M., Gjerkeš, H. 2011. Building sustainability for nearly zero energy buildings. V: Golobič, I. (ur.), Cimerman, F. (ur.). Development and implementation of enhanced technologies 2011 : proceedings of the 3rd AMES International Conference, Ljubljana, Slovenia, November 29-30, 2011. Ljubljana, Association of Mechanical Engineers of Slovenia – AMES: str. 43-50.

Werner, F., Richter, K. 2007. Wooden building products in comparative LCA. A literature review. The International Journal of Life Cycle Assessment 12, 7: 470-479.

Wittstock, B., Albrecht, S., Colodel, C.M., Lindner, J.P. 2009. Gebäude aus Lebenszyklusperspektive – Ökobilanzen im Bauwesen. Bauphysik 31, 1: 9-17.

Žarnić, R. 2005. Lastnosti gradiv. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 350 str.

## **STANDARDI, PREDPISI IN ZAKONI**

Direktiva 2004/18/ES Evropskega parlamenta in sveta o usklajevanju postopkov za oddajo javnih naročil gradenj, blaga in storitev. UL EU L 134/2004: 132-262.

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=DD:06:07:32004L0018:SL:PDF> (Pridobljeno 17.10. 2011.)

Direktiva 89/106/EGS sveta o približevanju zakonov in drugih predpisov držav članic, ki se nanašajo na gradbene proizvode. UL EU L 40/1989: 296-297.

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=DD:13:09:31989L0106:SL:PDF> (Pridobljeno 20.10. 2011.)

Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen (KrW-/AbfG). 1994.

[http://www.gesetze-im-internet.de/krw-\\_abfg/BJNR270510994.html](http://www.gesetze-im-internet.de/krw-_abfg/BJNR270510994.html) (Pridobljeno 20.11. 2011. )

ISO 14041:1998. Environmental management – Life cycle assessment – Goal and scope definition and inventory analysis.

ISO 14042:2000. Environmental management – Life cycle assessment – Life cycle impact assessment.

ISO 14043:2000. Life cycle assessment – Life cycle interpretation.

ISO/TS 14048:2002. Environmental management – Life cycle assessment – Data documentation format.

ISO/TR 14049:2000. Environmental management – Life cycle assessment – Examples of application of ISO 14041 to goal and scope definition and inventory analysis.

SIST EN ISO 14040:2006 – Ravnanje z okoljem – Ocenjevanje življenjskega cikla – Načela in okviri.

SIST EN ISO 14044:2006 – Ravnanje z okoljem – Ocenjevanje življenjskega cikla – Zahteve in smernice.

SIST-TP ISO/TR 14047:2008 – Ravnanje z okoljem – Ocenjevanje življenjskega cikla – Primeri uporabe ISO 14042.

Zakon o gradbenih proizvodih (ZGPro). UL RS št.: 52-2448/2000: 6936.

<http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=200052&stevilka=2448> (Pridobljeno 21.10. 2011.)

Zakon o graditvi objektov – uradno prečiščeno besedilo (ZGO-1-UPB1). UL RS št. 102-4398/2004:12358.

<http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=2004102&stevilka=4398> (Pridobljeno 21.11. 2011.)

Zakon o javnem naročanju (ZJN-2). UL RS št. 128-5409/2006: 14017.

<http://www.uradni-list.si/1/content?id=76870> (Pridobljeno 21.11. 2011.)

## **PRILOGA A: DEFINICIJA POMEMBNEJŠIH POJMOV POVEZANIH Z ANALIZO ŽIVLJENJSKEGA CIKLA**

**Alokacija** – dodelitev vhodnega ali izhodnega toka, procesa ali sistema proizvoda, med obravnavanim sistemom proizvoda in enim ali večim sistemom proizvodov hkrati. (vir: ISO 14044:2006)

**Abiotski vir** – naravni vir (vključno z energijskimi viri), ki se obravnava kot neživ, npr. cinkova ruda, surova nafta, vetrna energija. (vir: Guinée, J.B., 2002)

**Biotski vir** – naravni vir (vključno z energijskimi viri), ki se obravnava kot živ, npr. deževni gozd. (vir: Guinée, J.B., 2002)

**Emisija** – kemični ali fizični izpust (snovi, vročine, hrupa, itd.) v okolje, obravnavan kot okoljski vpliv. (vir: Guinée, J.B., 2002)

**Enota procesa** – najmanjši element, ki je obravnavan v analizi inventarja življenjskega cikla in za katerega so količinsko določeni vhodni in izhodni podatki. (vir ISO 14040:2006)

**Funkcionalna enota** – količinsko opredeljena funkcija, ki jo določa sistem preučevanega proizvoda in služi kot referenčna enota v LCA. (vir: Guinée, J.B., 2002)

**Inventar življenjskega cikla (LCI – Life Cycle Inventory)** – sklop podatkov z inventarjem procesov ali sistema. (vir: ILCD Handbook: General guide for LCA – Detailed guidance, 2010)

**Karakterizacija** – korak v fazi vrednotenja vplivov, v katerem se dodeli posameznim vplivom karakterizacijske dejavnike, da se dobi preko seštevanja skupno enoto za posamezno kategorijo vplivov. Vsi rezultati skupaj tvorijo okoljski profil. (vir: Guinée, J.B., 2002)

**Karakterizacijski dejavnik** – faktor, ki izvira iz karakterizacijskega modela za izražanje določenega okoljskega vpliva v smislu skupne enote kazalnika kategorije vplivov, npr.  $POCP_{\text{metanol}}$  (potencial nastanka fotokemičnega ozona zaradi metanola). (vir: Guinée, J.B., 2002)

**Karakterizacijski model** – matematični model okoljskega vpliva v zvezi z določenim kazalnikom kategorije vpliva. (vir: Guinée, J.B., 2002)

**Kategorija vpliva** – razred, ki predstavlja okoljsko pomembne probleme in kateremu so dodeljene različni okoljski vplivi (vir: Guinée, J.B., 2002)

**Klasifikacija** – korak v fazi vrednotenja vplivov v katerem se določijo okoljski vplivi, na povsem kvalitativni podlagi, vnaprej določenim kategorijam vpliva. (vir: Guinée, J.B., 2002)

**Kritična presoja** – strokovni (zunanji ali notranji) pregled LCA študije, izveden z namenom zagotoviti veljavnost, skladnost, transparentnost in kredibilnost rezultatov. (vir: Guinée, J.B., 2002)

**LCA študija** - okoljska študija v kateri je uporabljena LCA metodologija. (vir: Guinée, J.B., 2002)

**Metoda karakterizacije** – metoda za kvantitativni opis okoljskega vpliva glede na določeno kategorijo vpliva; vključuje kazalnik kategorije, model karakterizacije in karakterizacijske faktorje, ki izvirajo iz modela. (vir: Guinée, J.B., 2002)

**Normalizacija** – korak v fazi vrednotenja vpliva, v katerem so izraženi okoljski kazalniki relativno glede na dobro definirano referenčno informacijo. (vir: Guinée, J.B., 2002)

**Okoljski vpliv** – potencialni vpliv na naravno okolje, človeško zdravje in izrabo naravnih virov, ki ga povzroča intervencija med tehnološko in ekološko sfero (vir: ILCD Handbook: General guide for LCA – Detailed guidance, 2010)

**Okoljsko posredovanje** – človeško posredovanje v okolje, lahko je fizično, kemijsko ali biološko; še posebej pridobivanje surovin, emisije (vključno z hrupom in vročino) in izraba zemljišč. (vir: Guinée, J.B., 2002)

**Okoljski profil** – končni rezultat karakterizacije: preglednica, ki prikazuje kazalnike vseh vnaprej definiranih kategorij vpliva, dopolnjena z vsemi ostalimi pomembnimi podatki. (vir: Guinée, J.B., 2002)

**Osnovni proces** – najmanjši del sistema proizvoda za katerega se zbira podatke v LCA. (vir: Guinée, J.B., 2002)

**Osnovni tok** - snov ali energija, ki vstopa ali izstopa iz preučevanega sistema proizvoda in je bila pridobljena iz okolja brez predhodne človeške obdelave (npr. les, voda, železova ruda, premog) ali pa je bila izpuščena v okolje brez naknadne človeške obdelave (npr. CO<sub>2</sub>, odpadki odloženi v naravo). (vir: Guinée, J.B., 2002)

**Rezultati analize inventarja življenjskega cikla (Rezultati LCI)** – rezultat analize inventarja življenjskega cikla, ki kategorizira tokove kateri prečkajo sistemske omejitve in zagotavlja izhodišče za vrednotenje vplivov življenjskega cikla. (vir ISO 14040:2006)

**Rezultat kazalnika** – numerični rezultat procesa karakterizacije za določeno kategorijo vpliva (npr. 12 kg CO<sub>2</sub>-ekvivalenta za potencial globalnega segrevanja (vir: Guinée, J.B., 2002)

**Sistem** – katerakoli dobrina, storitev, nabor proizvodov, povprečna poraba prebivalca ali podoben objekt, ki je analiziran v kontekstu LCA študije. Standard ISO 14040:2006 omenja pojem „sistem proizvoda“, ker se lahko v LCA študiji analizira širši sistem kot le posamezen proizvod. (vir: ILCD Handbook: General guide for LCA – Detailed guidance, 2010)

**Sistem/proces iz ozadja** – sistem ali proces za katerega se v LCA uporabljajo sekundarni podatki (vir: Guinée, J.B., 2002)

**Sistem proizvoda** – skupek osnovnih procesov medsebojno povezanih z materialnimi, energijskimi, proizvodnimi, odpadnimi ali storitvenimi tokovi, ki izvajajo enega ali več definiranih funkcij. (vir: Guinée, J.B., 2002)

**Sistemske omejitve** – vmesnik med sistemom proizvoda in okoljem ali drugimi sistemi proizvoda. (vir: Guinée, J.B., 2002)

**Uteževanje** – korak v fazi vrednotenja vpliva v katerem se (normaliziranim) kazalnikom vsake kategorije vplivov dodeli numerični faktor glede na njihovo relativno pomembnost; uteževanje temelji na prosti izbiri vrednosti. (vir: Guinée, J.B., 2002)

**Utežnostni faktor** - faktor pridobljen z metodo uteževanja in uporabljen za izražanje določenega (normaliziranega) kazalnika z vidika skupne enote rezultata uteževanja. (vir: Guinée, J.B., 2002)

**Življenjski cikel** – zaporedne, medsebojno povezane faze sistema proizvoda, od pridobivanja surovin do končnega odlaganja odpadkov. (vir: Guinée, J.B., 2002)

## PRILOGA B: PREDSTAVITEV ZAPISA OKOLJSKEGA PROFILA

<b>Datensatz: 3.1.2 Konstruktionsvollholz; 529 kg/m3 bei 15% Holzfeuchte (de)</b>	
Inhalt: Datensatzinformation - Modellierung und Validierung - Umweltindikatoren	
<b>Datensatzinformation</b>	← Informationen o okoljskem profilu
<b>Kerninformation des Datensatzes</b>	← ključni podatki okoljskega profila
Geographische Repräsentativität	DE ← Geografsko področje na katerem okoljski profil velja
Referenzjahr	2007 ← Začetno leto veljavnosti okoljskega profila
Name <b>Naslov okoljskega profila</b>	Basisname; Technische Kennwerte/ Eigenschaften 3.1.2 Konstruktionsvollholz; 529 kg/m3 bei 15% Holzfeuchte
Technisches Anwendungsgebiet	Vollholz - Bauanwendungen ← Možna področja uporabe
Fluss	Konstruktionsvollholz (15% Feuchte; m3)
Kerninformation des Datensatzes	1 m3 (Volumen) ← Funkcionalna enota materiala
Anwendungshinweis für Datensatz  ↑ spezifische methodische Daten	Der vorliegende Datensatz ist bereits mit einem Sicherheitszuschlag von 10% auf die Ergebnisse versehen, da kein unabhängiges Review vorliegt. Das Umweltprofil beinhaltet die Aufwendungen für die Lebenszyklus-Stadien "Cradle to Gate". Es basiert hauptsächlich auf Literaturrecherchen und direkten Datenerhebungen der Industrie. Der Cradle to gate-Datensatz beinhaltet die CO2-Aufnahme im Wald. Es muss zwingend immer ein entsprechendes End-of-Life-Szenario (Verbrennung, Verrottung, Deponie) für eine vollständige Ökobilanz ergänzt werden. Im Falle der Verbrennung ist der Datensatz "Holz, naturbelassen in MVA" zu verwenden.
Gliederung Produktgruppe ()	Klassifizierung / Ebene / Ebene / Ebene Prozesse / 3 Holz / 3.1 Vollholz / 3.1.2 Konstruktionsvollholz
Podatek če obstajajo avtorske pravice	Urheberrecht? Ja Eigner des Datensatzes (contact data set) PE INTERNATIONAL
<b>Quantitative Referenz</b>	
Referenzfluss (Name und Einheit)	Konstruktionsvollholz (15% Feuchte; m3) - m3 (Volumen)
<b>Administrative Information</b> ← administrative informacije	
<b>Dateneingabe</b> ← vnos podatkov	
Zeitpunkt der Dateneingabe	2009-08-18 09:56:27 +01:00 ← datum in čas nastanka okoljskega profila
<b>Kennung</b> ← charakteristike okoljskega profila	
UUID des Datensatzes	5934211e-a447-4a61-90ed-86803bc879c3 ← unikatna koda okoljskega profila
Letzte Änderung/Letzte Änderung	2009-08-18T09:56:27+01:00 ← zadnja revizija okoljskega profila
Eigner des Datensatzes (contact data set)	PE INTERNATIONAL ← podatki o lastniku okoljskega profila



Zeitliche Repräsentativität		← časovna reprezentativnost				
Zeitliche Gültigkeit des Datensatzes	2011	Zadnje leto v katerem še velja okoljski profil, nato je potrebna nova revizija oz. ponovno modeliranje				
Erläuterungen zur zeitlichen Repräsentativität	Jährlicher Durchschnitt	← časovno obdobje preučevanja okoljskega profila				
Technische Repräsentativität		← technische repräsentativnost				
Technische Beschreibung inklusive der Hintergrundsysteme	Konstruktionsvollholz (KVH) benötigt zur Herstellung veredelte Bauschnitthölzer. Hierbei sind größere Anforderungen an die Oberflächenbeschaffenheit gestellt. Als Holzarten sind für KVH Fichte, Tanne, Kiefer, Lärche und Douglasie zugelassen und im Datensatz als Nadelholz-KVH abgebildet.					
Modellierung und Validierung		← modeliranje in preverjanje				
Angewandte Methode und Allokation		← vrsta uporabljene metode in alokacije				
Art des Datensatzes	EPD	← vrsta okoljskega profila				
Datenquellen und Repräsentativität		← vir podatkov in reprezentativnost				
Datenquellen (source data set)	GaBi4 Software und Datenbank 2006		opis tehnoloških karakteristik			
↑ viri podatkov	Analyse und Bewertung der forstlichen Produktion, 2000					
	Informationsdienst Holz: Ökobilanzen Holz, 1997					
	Informationsdienst Holz: Erstellung von Ökobilanzen, 1997					
	NetLZ-Projektbericht "Grundsätze für Holz und Holzwerkstoffe", 2007					
	ÖkoPot-Projektbericht, 2008					
	Vergleichende Oekobilanzierung der Rundholzproduktion, 2001					
Ökologische Bilanzierung von Bauschnittholz und veredelten Vollholzprodukten, 2000						
Validierung		← preverjanje				
Review	Dependent internal review	← vrsta revizije				
Umweltindikatoren		← Okoljski kazalci				
Indikatoren der Sachbilanz		← Kazalci inventarja				
		Indikator	Richtung	Wert	Einheit	Anteile
Inputs		← vhodne količine				
Primärenergie nicht regenerierbar	Primarna neobnovljiva energ.	Input		5144 MJ		
- Braunkohle	-rjavi premog					14 %
- Steinkohle	-črni premog					12 %
- Erdgas	-zemeljski plin					7 %
- Erdöl	-nafta					46 %
- Uran	-uran					20 %
Primärenergie regenerierbar	Primarna obnovljiva energ.	Input		10800 MJ		
- Wasserkraft	-vodna energija					0 %
- Windkraft	-vetrna energija					0 %
- Sonnennutzung (Solarenergie)	-solarna energija					99 %
- Sonnennutzung (Biomasse)	-lesna biomasa					0 %
Sekundärbrennstoffe	Sekundarna goriva	Input		0 MJ		
Wassernutzung	Poraba vode	Input		8906 kg		
Outputs		← izhodne količine				
Abraum und Erzaufbereitungsrückstände	Surovinski odpadki	Output		723 kg		
Hausmüll und Gewerbeabfälle	Komunalni odpadki	Output		0,0179 kg		
Sonderabfälle	Ostali odpadki	Output		0,941 kg		
Indikatoren der Wirkbilanz		← kazalci vplivov na okolje				
		Indikator		Wert	Einheit	
Abiotischer Ressourcenverbrauch (ADP)	Potencial izčrpanja abiotskih virov	Input		1,97 kg Sb-Äqv.		kg Sb-ekv.
Treibhauspotential (GWP 100)	Potencial globalnega segrevanja	Output		-818 kg CO2-Äqv.		kg CO2-ekv.
Versauerungspotential (AP)	Potencial zakisanosti ozračja	Output		0,456 kg SO2-Äqv.		kg SO2-ekv.
Photochem. Oxidantienbildungspot. (POCP)	Potencial nastajanja poletnega smoga	Output		0,0555 kg Ethen-Äqv.		kg C2H4-ekv.
Eutrophierungspotential (EP)	Potencial evtrofikacije	Output		0,0679 kg Phosphat-Äqv.		kg PO4-ekv.
Ozonabbaupotential (ODP)	Potencial za zmanj. konc. ozona v str.	Output		2,79E-5 kg R11-Äqv.		kg CFC11-ekv.

## PRILOGA C: RAZVRSTITEV MATERIALOV PO SKUPINAH, KOLIČINE MATERIALOV, PODATKI IZ OKOLJSKIH PROFILOV ÖKOB.AU.DAT IN EOL SCENARIJI

### RIKO MODEKO (okvirni nosilni sistem)

*Preglednica C.1.1: Razvrstitev materialov po skupinah in dodelitev ustreznega okoljskega profila v Ökobau.dat (Riko ModEko – okvirni nosilni sistem)*

SKUPINA MATERIALOV	DEJANSKI MATERIAL	OKOLJSKI PROFIL V ÖKOB.AU.DAT
CELULOZNA IZOLACIJA	Trendisol	2.11 Toplotna izolacija iz celuloznih vlaken za vpihovanje
KAMENA VOLNA	Knaufinsulation DP 5 – TI talne, medetažne konstrukcije in predelnih sten	2.01 Kamena volna ISOVER
LEPLJEN LES	prečniki lesene okvirne konstrukcije	3.1.3 Lepljene lesene grede
	masivna lesena lepljena stena (predelna tip C), lesena konstrukcija stropnega, strešnega in previsnega elementa	3.1.4 Lepljene lesene lamele (BSH)
LES	stebri v okvirni nosilni konstrukciji, lesena podkonstrukcija v talni konstrukciji	3.1.2 Konstrukcijski les
	macesnova fasada, macesnov opaž na previsu	3.1.1 Žagan macesnov les
	zračne lesene letve, lesena naklonska zračna konstrukcija, lesene podkonstrukcije za vodenje inštalacij	3.1.1 Žagan smrekov les
LESNE VLAKNENKE	Agepan THD N+F 230	2.10 Lesno vlaknene plošče DFF Egger (suh postopek)
	Hofatex Basic plošča	2.10 Lesno vlaknene plošče (moker postopek)
MAVČNO-KARTONSKE PLOŠČE	mavčno-kartonske plošče	1.3.13 Mavčno-kartonske plošče
MAVČNO-VLAKNENE PLOŠČE	mavčno-vlaknene plošče	1.3.13 Mavčno-vlaknene plošče
OSB PLOŠČE	OSB 3 plošče	3.2.4 OSB plošče Eurostrand Egger
OSTALI MATERIALI	Zunanji tankoslojni omet	2.21 Silikonski zaključni omet s toplotnoizolativnim sistemom zunanjega zidu (brez TI)
	paroprepustna folija Stamisol	6.6.1 Paroprepustna PP folija
	PE folija z PP vlakni	6.6.3 PE folija s PP vlakni
	PE folija	6.6.2 PE folija
	paroprepustna folija Wutop	6.6.1 Paroprepustna PP folija
	Bauder FPO/Fatra TPO	6.3.3 EPDM hidroizolacijska strešna folija

Preglednica C.1.2: Količine posameznih materialov (Riko ModEko – okvirni nosilni sistem)

material	okoljski profil	Funkcionalna enota	površina (m2)	prostornina (m3)	masa (kg)
mavčno-kartonske plošče	1.3.13 Mavčno-kartonske plošče	m2 (debeline 12,5 mm)	165,8	2,1	1658,2
mavčno-vlakenne plošče	1.3.13 Mavčno-vlakenne plošče	m2 (debelina 10 mm)	312,1	5,1	5077,3
Knaufinsulation DP 5 – TI talne, medetažne konstrukcije in predelnih sten	2.01 Kamena volna ISOVER	kg	225,0	23,8	1190,3
Hofatex Basic plošča	2.10 Lesno vlakenne plošče (moker postopek)	kg	85,5	1,3	294,8
Agepan THD N+F 230	2.10 Lesno vlakenne plošče DFF Egger (suh postopek)	m3	310,6	18,6	5218,6
Trendisol	2.11 Toplotna izolacija iz celuloznih vlaken za vpihovanje	kg	323,0	59,2	2959,1
Zunanji tankoslojni omet	2.21 Silikonski zaključni omet s toplotnoizolativnim sistemom zunanjega zidu (brez TI)	m2	37,6	0,3	457,5
macesnova fasada, macesnov opaž na previsu	3.1.1 Žagan macesnov les	m3		5,2	3446,7
zračne lesene letve, lesena naklonska zračna konstrukcija, lesene podkonstrukcije za vodenje inštalacij	3.1.1 Žagan smrekov les	m3		13,8	6672,9
stebri v okvirni nosilni konstrukciji, lesena podkonstrukcija v talni konstrukciji	3.1.2 Konstrukcijski les	m3		12,1	6419,2
prečniki lesene okvirne konstrukcije	3.1.3 Lepljene lesene grede	m3		3,1	1607,1
masivna lesena lepljena stena (predelna tip C), lesena konstrukcija stropnega, strešnega in previsnega elementa	3.1.4 Lepljene lesene lamele (BSH)	m3		11,4	5851,4
OSB 3 plošče	3.2.4 OSB plošče Eurostrand Egger	m3	569,2	10,3	6363,5
Bauder FPO/Fatra TPO (hidroizolacijska folija) 1.5mm	6.3.3 EPDM hidroizolacijska strešna folija	kg	92,7	0,14	194,7
paroprepustna folija Stamisol/Wutop trio	6.6.1 Paroprepustna PP folija	kg	192,7	0,06	28,9
PE folija 0.20mm	6.6.2 PE folija	kg	85,5	0,02	16,2
PE folija z PP vlakni	6.6.3 PE folija s PP vlakni	kg	80,4	0,16	36,2
<b>SKUPNO</b>			<b>166,7</b>	<b>47492,5</b>	

## RIKO MODEKO (masivne stene)

*Preglednica C.2.1: Razvrstitev materialov po skupinah in dodelitev ustreznega okoljskega profila v Ökobau.dat (Riko ModEko – masivne stene)*

SKUPINA MATERIALOV	DEJANSKI MATERIAL	OKOLJSKI PROFIL V ÖKOBAU.DAT
CELULOZNA IZOLACIJA	Trendisol	2.11 Toplotna izolacija iz celuloznih vlaken za vpihovanje
KAMENA VOLNA	Knaufinsulation DP 5 – TI talne in medetažne konstrukcije	2.01 Kamena volna ISOVER
LEPLJEN LES	masivne lesene lepljene stene – predelne in nosilne, lesena konstrukcija stropnega, strešnega in previsnega elementa	3.1.4 Lepljene lesene lamele (BSH)
LES	macesnova fasada, macesnov opaž na previsu	3.1.1 Žagan macesnov les
	zračne lesene letve, lesena naklonska zračna konstrukcija, lesene podkonstrukcije za vodenje inštalacij	3.1.1 Žagan smrekov les
	lesena podkonstrukcija v talni konstrukciji	3.1.2 Konstrukcijski les
LESNE VLAKNENKE	Agepan THD N+F 230	2.10 Lesno vlaknene plošče DFF Egger (suh postopek)
	Steico Therm, Hofatex Basic plošča	2.10 Lesno vlaknene plošče (moker postopek)
MAVČNO-KARTONSKE PLOŠČE	mavčno-kartonske plošče	1.3.13 Mavčno-kartonske plošče
OSB PLOŠČE	OSB 3 plošče	3.2.4 OSB plošče Eurostrand Egger
OSTALI MATERIALI	Zunanji tankoslojni omet	2.21 Silikonski zaključni omet s toplotnoizolativnim sistemom zunanjega zidu (brez TI)
	paroprepustna folija Stamisol	6.6.1 Paroprepustna PP folija
	PE folija z PP vlakni	6.6.3 PE folija s PP vlakni
	PE folija	6.6.2 PE folija
	paroprepustna folija Wutop	6.6.1 Paroprepustna PP folija
	Bauder FPO/Fatra TPO	6.3.3 EPDM hidroizolacijska strešna folija

Preglednica C.2.2: Količine posameznih materialov (Riko ModEko – masivne stene)

material	okoljski profil	Funkcionalna enota	površina (m <sup>2</sup> )	prostornina (m <sup>3</sup> )	masa (kg)
mavčno-kartonske plošče	1.3.13 Mavčno-kartonske plošče	m <sup>2</sup> (debeline 12,5 mm)	165,82	2,07	1658,2
Knaufinsulation DP 5 – TI talne in medetažne konstrukcije	2.01 Kamena volna ISOVER	kg	153,5	20,8	1037,6
Steico Therm, Hofatex Basic plošča	2.10 Lesno vlaknene plošče (moker postopek)	kg	303,4	36,1	5873,6
Agepan THD N+F 230	2.10 Lesno vlaknene plošče DFF Egger (suh postopek)	m <sup>3</sup>	310,6	18,6	5218,6
Trendisol	2.11 Toplotna izolacija iz celuloznih vlaken za vpihovanje	kg	105,1	18,9	945,5
Zunanji tankoslojni omet	2.21 Silikonski zaključni omet s toplotnoizolativnim sistemom zunanjega zidu (brez TI)	m <sup>2</sup>	37,6	0,3	457,5
macesnova fasada, macesnov opaž na previsu	3.1.1 Žagan macesnov les	m <sup>3</sup>		5,2	3446,7
zračne lesene letve, lesena naklonska zračna konstrukcija, lesene podkonstrukcije za vodenje inštalacij	3.1.1 Žagan smrekov les	m <sup>3</sup>		6,39	3079,66
lesena podkonstrukcija v talni konstrukciji	3.1.2 Konstrukcijski les	m <sup>3</sup>		0,80	425,10
masivne lesene lepljene stene – predelne in nosilne, lesena konstrukcija stropnega, strešnega in previsnega elementa	3.1.4 Lepljene lesene lamele (BSH)	m <sup>3</sup>		43,4	22345,9
OSB 3 plošče	3.2.4 OSB plošče Eurostrand Egger	m <sup>3</sup>	351,2	7,1	4353,2
Bauder FPO/Fatra TPO (hidroizolacijska folija) 1.5mm	6.3.3 EPDM hidroizolacijska strešna folija	kg	92,7	0,14	194,7
paroprepustna folija Stamisol/Wutop trio	6.6.1 Paroprepustna PP folija	kg	192,7	0,06	28,9
PE folija 0.20mm	6.6.2 PE folija	kg	85,5	0,02	16,2
PE folija z PP vlakni	6.6.3 PE folija s PP vlakni	kg	80,4	0,16	36,2
<b>SKUPNO</b>				<b>160,0</b>	<b>49117,4</b>

## ZIDANO-BETONSKA STAVBA

*Preglednica C.3.1: Razvrstitev materialov po skupinah in dodelitev ustreznega okoljskega profila v Ökobau.dat (Zidano-betonska stavba)*

SKUPINA MATERIALOV	DEJANSKI MATERIAL	OKOLJSKI PROFIL V ÖKOB.AU.DAT
CEMENTNI ESTRIH	Cementni estrih	1.4.03 Cementni estrih
KAMENA VOLNA	Knaufinsulation DP 5 (TI talne konstrukcije in ZI)	2.01 Kamena volna ISOVER
LES	macesnova fasada, macesnov opaž na previsu	3.1.1 Žagan macesnov les
	zračne lesene letve, lesena naklonska zračna konstrukcija	3.1.1 Žagan smrekov les
	lesena podkonstrukcija za TI v talni, strešni, previsni konstrukciji in zunanji steni s prezračevano fasado	3.1.2 Konstrukcijski les
MINERALNA VOLNA	Fasadna mineralna volna (vključno s previsom)	2.01 Mineralna volna (fasada)
	Mineralna volna za ravne strehe	2.01 Mineralna volna (ravna streha)
OPEČNI MODULARNI BLOK	Poroton modularni bloki – nosilne in predelne stene	1.3.02 Poroton opečni zidak
OSB PLOŠČE	OSB 3 plošče	3.2.4 OSB plošče Eurostrand Egger
OSTALI MATERIALI	Zunanji tankoslojni omet	2.21 Silikonski zaključni omet s toplotnoizolativnim sistemom zunanjega zidu (brez TI)
	paroprepustna folija Stamisol	6.6.1 Paroprepustna PP folija
	PE folija z PP vlakni	6.6.3 PE folija s PP vlakni
	PE folija	6.6.2 PE folija
	paroprepustna folija Wutop	6.6.1 Paroprepustna PP folija
	Bauder FPO/Fatra TPO	6.3.3 EPDM hidroizolacijska strešna folija
PREFABRICIRAN ARMIRAN BETON	Prefabricirane armiranobetonske plošče	1.3.05 Prefabricirana armiranobetonska plošča

Preglednica C.3.2: Količine posameznih materialov (Zidano-betonska stavba)

material	okoljski profil	Funkcionalna enota	površina (m <sup>2</sup> )	prostornina (m <sup>3</sup> )	masa (kg)
Poroton modularni bloki – nosilne stene	1.3.02 Poroton opečni zidak	kg	217,9	65,4	48378,2
Poroton modularni bloki – predelne stene	1.3.02 Poroton opečni zidak	kg	101,2	10,9	8071,8
Prefabricirane armiranobetonske plošče	1.3.05 Prefabricirana armiranobetonska plošča	m <sup>2</sup>	178,2	35,6	89797,7
Cementni estrih	1.4.03 Cementni estrih	kg	165,8	8,3	15752,9
Knaufinsulation DP 5 – TI talne konstrukcije	2.01 Kamena volna ISOVER	kg	80,4	15,3	763,4
Knaufinsulation DP 5 – ZI medetažne in previsne konstrukcije	2.01 Kamena volna ISOVER	kg	85,5	1,3	64,1
Fasadna mineralna volna (vključno s previsom)	2.01 Mineralna volna (fasada)	m <sup>3</sup>	230,3	21,8	1001,3
Mineralna volna za ravne strehe	2.01 Mineralna volna (ravna streha)	m <sup>3</sup>	92,7	23,4	3387,6
Zunanji tankoslojni omet	2.21 Silikonski zaključni omet s toplotnoizolativnim sistemom zunanje zidu (brez TI)	m <sup>2</sup>	37,6	0,3	457,5
macesnova fasada, macesnov opaž na previsu	3.1.1 Žagan macesnov les	m <sup>3</sup>		5,2	3446,7
zračne lesene letve, lesena naklonska zračna konstrukcija	3.1.1 Žagan smrekov les	m <sup>3</sup>		4,8	2312,4
lesena podkonstrukcija za TI v talni, strešni, previsni konstrukciji in zunanji steni s prezračevano fasado	3.1.2 Konstrukcijski les	m <sup>3</sup>		5,4	2857,0
OSB 3 plošče	3.2.4 OSB plošče Eurostrand Egger	m <sup>3</sup>	92,7	2,0	1254,4
Bauder FPO/Fatra TPO (hidroizolacijska folija) 1.5mm	6.3.3 EPDM hidroizolacijska strešna folija	kg	92,7	0,1	194,7
paroprepustna folija Stamisol/Wutop trio	6.6.1 Paroprepustna PP folija	kg	285,4	0,1	42,8
PE folija 0.20mm	6.6.2 PE folija	kg	258,5	0,1	49,1
PE folija z PP vlakni	6.6.3 PE folija s PP vlakni	kg	80,4	0,2	36,2
<b>SKUPNO</b>				<b>189,1</b>	<b>177867,7</b>

## SPLOŠNI PODATKI IZ OKOLJSKIH PROFILOV ÖKOB.AU.DAT

Preglednica C.4.1: Splošni podatki iz okoljskih profilov Ökobau.dat 1/3

Slovenski prevod naziva	Originalni naziv	Geografsko področje na katerem okoljski profil velja	Referenčno leto	Funkcionalna enota	Specifični metodološki podatki	Vejavnost podatkovnega zapisa	Časovno obdobje preučevanja	Opis tehnoloških karakteristik	Vrsta okoljskega profila	Vrsta revizije
1.3.02 Poroton opečni zidaki	1.3.02 Mauerziegel Durchschnitt - Poroton; 740 kg/m <sup>3</sup>	DE	2005	kg (masa)	Okoljski profil obravnava del življenjskega cikla od zibelke do vrat, podatki so pridobljeni direktno iz industrije	2011	letno povprečje	Analiza življenjskega cikla 1 kg opeke obravnava del življenjskega cikla od zibelke do vrat. Pridobivanje surovin in proizvodnja opeke je vključena v analizo vključno z delovanjem proizvodnje in pakiranjem. Glavni surovini zidakov sta pesek in mletno apno. Po pridobivanju surovin sledi oblikovanje, sušenje in žganje. Sistemske meje določajo končni izdelek na vratih tovarne. Transport od tovarne do gradbišča ni upoštevan v analizi in mora biti, če je potrebno dodatno obravnavan.	EPD	zunanja
1.3.05 Prefabricirna armiranobetonska plošča	1.3.05 Betonfertigteil Decke, 20cm; 504 kg/m <sup>2</sup>	DE	2001	m <sup>2</sup> (površina)	Delež armature v betonu je 120 kg/m <sup>3</sup> (1,5 promila), vsi deleži armature se upoštevata s podatkovnim zapisom 4.1.2 Armaturno jeklo. Pri izračunih je bil uporabljen varnostni faktor +10%, okoljski profil nima neodvisne revizije in obravnava del življenjskega cikla od zibelke do vrat, podatki so pridobljeni iz raziskav literature in direktno iz industrije	2010	letno povprečje	Analiza življenjskega cikla armiranobetonske prefabricirane plošče vključuje proizvodnjo betona (C 30/37) in armaturnega jekla. Upošteva se srednja gostota betona 2400 kg/m <sup>3</sup> in delež armature 120 kg/m <sup>3</sup> betona. Sistemske meje določajo končni izdelek na vratih tovarne. Transport od tovarne do gradbišča ni upoštevan v analizi in mora biti, če je potrebno dodatno obravnavan.	EPD	notranja
1.3.13 Mavčno-vlaknene plošče	1.3.13 Gipsfaserplatte ; 10 kg/m <sup>2</sup>	DE	2007	m <sup>2</sup> (površina); debelina 10 mm	Pri izračunih je bil uporabljen varnostni faktor +10%, okoljski profil nima neodvisne revizije in obravnava del življenjskega cikla od zibelke do vrat, podatki so pridobljeni direktno iz industrije	2012	letno povprečje	Gips (kemijsko kalcijev sulfat) je dosegljiv v različnih fazah hidratacije, na vodni osnovi ali brez vode. Naravni mavčni kamen je kalcijev dihidrat, v naravi pa najdemo tudi brezvodni gips znan kot anhidrit. Gips se proizvaja kot stranski produkt v industriji. V analizi je predmet preučevanja gotovi produkt na vratih tovarne. Transport do gradbišča ni upoštevan. Mavčno-vlaknene plošče so z vlakni armiran mavčne plošče brez kartonskih plasti. Vlakna iz plastike, stekla ali celuloze se prmešajo mavcu. Prenesajo veliko statično obtežbo in so uporabne tudi v vlažnih prostorih.	EPD	notranja
1.3.13 Mavčno-kartonske plošče	1.3.13 Gipskartonplatte ; 10 kg/m <sup>2</sup>	DE	2007	m <sup>2</sup> (površina); debelina 12,5 mm	Pri izračunih je bil uporabljen varnostni faktor +10%, okoljski profil nima neodvisne revizije in obravnava del življenjskega cikla od zibelke do vrat, podatki so pridobljeni direktno iz industrije	2012	letno povprečje	Gips (kemijsko kalcijev sulfat) je dosegljiv v različnih fazah hidratacije, na vodni osnovi ali brez vode. Naravni mavčni kamen je kalcijev dihidrat, v naravi pa najdemo tudi brezvodni gips znan kot anhidrit. Gips se proizvaja kot stranski produkt v industriji. V analizi je predmet preučevanja gotovi produkt na vratih tovarne. Transport do gradbišča ni upoštevan. Mavčno-kartonske plošče so v večini sestavljene iz gipsa (beta hemihidrat), zgornje površine pa so prekrita s kartonskimi plastmi, pogosto na osnovi recikliranega papirja	EPD	notranja
1.4.03 Cementni estrih	1.4.03 Zementestrich - IWM; 1900 kg/m <sup>3</sup>	DE	2006	kg (masa)	Okoljski profil obravnava del življenjskega cikla od zibelke do vrat, podatki so pridobljeni direktno iz industrije	2011	letno povprečje	Glavne sestavine cementnega estriha so cement, voda in dodatki (npr. pesek, gramoz, žindra) ter če je potrebno aditivi (aerante, pospeševalce, zaviralce...). Estrih dobi svojo trdnost preko hidratacije cementa. Lastnosti so odvisne od uporabljenega agregata in recepture. Sistemske meje določajo končni izdelek na vratih tovarne. Transport od tovarne do gradbišča ni upoštevan v analizi in mora biti dodatno obravnavan.	EPD	zunanja
2.01 Kamena volna ISOVER	2.01 Steinwolleplatte – ISOVER	DE	2006	kg (masa)	Okoljski profil obravnava del življenjskega cikla od zibelke do vrat, podatki so pridobljeni direktno iz industrije, gostote kamene volne močno varirajo, zato jih je potrebno prilagoditi glede na uporabo (zato ref. Enota kg)	2011	letno povprečje	Kamena volna je mineralna toplotno izolativna volna. Povprečni premer vlaken znaša med 3 in 6 mikrometri. Dolžina vlaken je lahko tudi nekaj cm. Surovine v briketih se talijo v talilnih pečeh (pri 1500C, peč na plin in elektriko)...(nadašjevanje postopka proizvodnje kamene volne je izpuščen, za več informacij glej originalni dokument) Gre za gotov produkt na vratih tovarne, transport do gradbišča ni všteta.	EPD	zunanja
2.01 Mineralna volna (fasada)	2.01 Mineralwolle (Fassaden-Dämmung); 46 kg/m <sup>3</sup>	DE	2004	m <sup>3</sup> (volumen)	Pri izračunih je bil uporabljen varnostni faktor +10%, okoljski profil nima neodvisne revizije in obravnava del življenjskega cikla od zibelke do vrat, podatki so pridobljeni direktno iz industrije	2011	letno povprečje	Mineralna volna je toplotna izolacija iz steklenih in kamenih vlaken. Za kameno volno se uporablja sedimentne ali magmatske kamenine, pretežno bazali in različne sekundarne surovine. Material se topi v kupolastih talilnih pečeh pri temperaturi med 1400 in 1500 C in se kasneje vodi skozi hitro vrteče se valje. Tekoča surovina se napreduje in impregnira, doda se vezivo. Vezivo se strdi v kontinuirani tunelski peči. Za proizvodnjo se uporablja primarno steklo, ki se tali v peči pri 1400 C. Za ta proces je potrebna elektrika. Stajeno tekoče steklo se centrifugira v bobnu s perforirano posodo. Tok vročega zraka izpira vodo in strdi vlakna. Vlakna se po tekočem traku vodi skozi tunelsko peč. Vezivo se strdi pri 200 C. Izolacija se nato reže in pakira. Gre za gotov produkt na vratih tovarne, transport do gradbišča ni všteta.	EPD	notranja



Preglednica C.4.2: Splošni podatki iz okoljskih profilov Ökobau.dat 2/3

Slovenski prevod naziva	Originalni naziv	Geografsko področje na katerem okoljski profil velja	Referenčno leto	Funkcionalna enota	Specifični metodološki podatki	Veljavnost podatkovnega zapisa	Časovno obdobje preučevanja	Opis tehnoloških karakteristik	Vrsta okoljskega profila	Vrsta revizije
2.01 Mineralna volna (ravna streha)	2.01 Mineralwolle (Flachdach-Dämmung); 145 kg/m <sup>3</sup>	DE	2004	m <sup>3</sup> (volumen)	Pri izračunih je bil uporabljen varnostni faktor +10%, okoljski profil nima neodvisne revizije in obravnava del življenjskega cikla od zibelke do vrat, podatki so pridobljeni direktno iz industrije	2011	letno povprečje	Mineralna volna je toplotna izolacija iz steklenih in kamenih vlaken. Za kameno volno se uporablja sedimentne ali magmatske kamenine, pretežno bazalt in različne sekundarne surovine. Material se topi v kupolastih talilnih pečeh pri temperaturi med 1400 in 1500 C in se kasneje vodi skozi hitro vrteče se valje. Tekoča surovina se napreduje in impregnira, doda se vezivo. Vezivo se strdi v kontinuirni tunelski peči. Za proizvodnjo se uporablja primarno steklo, ki se tali v peči pri 1400 C. Za ta proces je potrebna elektrika. Staljeno tekoče steklo se centrifugira v bobnu s perforirano posodo. Tok vročega zraka izpari vodo in strdi vlakna. Vlakna se po tekočem traku vodi skozi tunelsko peč. Vezivo se strdi pri 200 C. Izolacija se nato zreže in pakira. Gre za gotov produkt na vratih tovarne, transport do gradbišča ni všteta	EPD	notranja
2.10 Lesno vlaknena ploščica (moker postopek)	2.10 Holzfaserplatte (Nassverfahren); 200 kg/m <sup>3</sup>	DE	2000	kg	Pri izračunih je bil uporabljen varnostni faktor +10%, okoljski profil nima neodvisne revizije in obravnava del življenjskega cikla od zibelke do vrat, podatki so pridobljeni iz raziskave literature	2010	letno povprečje	Okoljski profil obravnava del življenjskega cikla od zibelke do vrat. Povprečna razdalja med gozdom in proizvodnjo znaša 165km. Les se zmelje, v defibratorju se spremeni v celulozo, pod vplivom pare in dodatkov (npr. PVAC in parafin) nastane celulozna kaša. Preko procesov stiskanje in sušenje nastanejo lesno vlaknena ploščica. Na koncu se zrežejo in pripravijo za odvoz	EPD	notranja
2.10 Lesno vlaknena ploščica DFF Egger (suh postopek)	2.10 Holzfaserplatte DFF – Egger; 280 kg/m <sup>3</sup>	DE	2007	m <sup>3</sup> (volumen)	Okoljski profil obravnava del življenjskega cikla od zibelke do vrat, podatki so pridobljeni direktno iz industrije, upošteva se zajem CO <sub>2</sub> v gozdu. <b>Vedno se mora zravno upoštevati ustrezen EOL scenarij (kurjenje, gnitje, deponiranje) za popolno LCA. V primeru kurjenja se lahko uporabi „EOL DFF Egger“ kot približek</b>	2012	letno povprečje	DFF je na vlago odporna in toplotno izolativna ploščica, z nizko gostoto. Za vezivo je uporabljen sintetični PU, emulzija iz parafinskega voska in voda. Okoljski profil obravnava del življenjskega cikla od zibelke do vrat. Transport od tovarne do gradbišča ni upoštevan	EPD	zunanja
2.11 Toplotna izolacija iz celuloznih vlaken za vpihovanje	2.11 Zellulosefaser Einblas-Dämmstoff; 45kg/m <sup>3</sup>	DE	1997	kg	Pri izračunih je bil uporabljen varnostni faktor +10%, okoljski profil nima neodvisne revizije in obravnava del življenjskega cikla od zibelke do vrat, podatki so pridobljeni iz raziskave literature in direktno iz industrije	2010	letno povprečje	Okoljski profil obravnava del življenjskega cikla od zibelke do vrat. Glavna surovina je celuloza iz starega papirja (upoštevan je tudi zajem CO <sub>2</sub> v gozdovih). Predstavlja gotov produkt na vratih proizvodnje s toplotno prevodnostjo 0,04-0,045 W/mK. Transport do gradbišča ni upoštevan	EPD	notranja
2.21 Silikonski zaključni omet s toplotnoizolativnim sistemom zunanega zidu (brez TI)	2.21 WDVS Verklebung und Beschichtung Silikonharzputz; 12,18kg/m <sup>2</sup> (Silikonski zaključni omet)	DE	2002	m <sup>2</sup> (površina)	Pri izračunih je bil uporabljen varnostni faktor +10%, okoljski profil nima neodvisne revizije in obravnava del življenjskega cikla od zibelke do vrat, podatki so pridobljeni direktno iz industrije	2010	letno povprečje	Toplotno izolacijski sistem zunanega zidu, pri čemer TI in zunanji zid nista všteta. Vsebuje: mineralno lepilo 4kg/m <sup>2</sup> , armatura iz steklenih vlaken 0,18kg/m <sup>2</sup> , prednamazi 4,18kg/m <sup>2</sup> in silikonski zaključni sloj 4kg/m <sup>2</sup>	EPD	notranja
3.1.1 Žagan smrekov les	3.1.1 Schnittholz Fichte (12% Feuchte/10,7% H <sub>2</sub> O); 482 kg/m <sup>3</sup> bei 12% Holzfeuchte	DE	2007	m <sup>3</sup> (volumen)	Pri izračunih je bil uporabljen varnostni faktor +10%, okoljski profil nima neodvisne revizije in obravnava del življenjskega cikla od zibelke do vrat, podatki so pridobljeni iz raziskave literature in direktno iz industrije, upoštevan je zajem CO <sub>2</sub> v gozdovih. <b>Vedno se mora upoštevati ustrezen EOL scenarij (kurjenje, gnitje, deponiranje) za popolno LCA. V primeru kurjenja se lahko uporabi podatkovni niz „EOL naravni les“ kot približek</b>	2011	letno povprečje	Žagan les je pridobljen iz hlodovine različnih dimenzij; poleg žaganega lesa nastajata vrsta stranskih proizvodov: lubje, sekanci, žaganje in veri. Žagan les je olupljen, žagan, tehnično sušen, sortiran in na koncu pakiran.	EPD	notranja
3.1.1 Žagan macesnov les	3.1.1 Schnittholz Lärche; 661 kg/m <sup>3</sup> Dichte bei 12% Holzfeuchte	DE	2007	m <sup>3</sup> (volumen)	Pri izračunih je bil uporabljen varnostni faktor +10%, okoljski profil nima neodvisne revizije in obravnava del življenjskega cikla od zibelke do vrat, podatki so pridobljeni iz raziskave literature in direktno iz industrije, upoštevan je zajem CO <sub>2</sub> v gozdovih. <b>Vedno se mora upoštevati ustrezen EOL scenarij (kurjenje, gnitje, deponiranje) za popolno LCA. V primeru kurjenja se lahko uporabi podatkovni niz „EOL naravni les“ kot približek. Upoštevan je tudi prevoz srednja Sibirija – Nemčija</b>	2011	letno povprečje	Žagan les je pridobljen iz hlodovine različnih dimenzij; poleg žaganega lesa nastajata vrsta stranskih proizvodov: lubje, sekanci, žaganje in veri. Žagan les je olupljen, žagan, tehnično sušen, sortiran in na koncu pakiran.	EPD	notranja

Preglednica C.4.3: Splošni podatki iz okoljskih profilov Ökobau.dat 3/3

Slovenski prevod naziva	Originalni naziv	Geografsko področje na katerem okoljski profil velja	Referenčno leto	Funkcionalna enota	Specifični metodološki podatki	Veljavnost podatkovnega zapisa	Časovno obdobje preučevanja	Opis tehniških karakteristik	Vrsta okoljskega profila	Vrsta revizije
3.1.2 Konstrukcijski les (KVH)	3.1.2 Konstruktionsvollholz ; 529 kg/m <sup>3</sup> Dichte bei 15% Holzfeuchte	DE	2007	m <sup>3</sup> (volumen)	Pri izračunih je bil uporabljen varnostni faktor +10%, okoljski profil nima neodvisne revizije in obravnava del življenjskega cikla od zibelke do vrat, podatki so pridobljeni iz raziskave literature in direktno iz industrije, upoštevan je zajem CO <sub>2</sub> v gozdovih. <b>Vedno se mora upoštevati ustrezen EOL scenarij (kurjenje, gnitje, deponiranje) za popolno LCA. V primeru kurjenja se lahko uporabi podatkovni niz „EOL naravni les“ kot približek</b>	2011	letno povprečje	Konstrukcijski les ima visoke zahteve glede površine lesa. Uporabljajo se različne vrste iglavcev	EPD	notranja
3.1.3 Lepljene lesene grede	3.1.3 Balkenschichtholz Nadelholz; 515 kg/m <sup>3</sup> Dichte bei 12% Holzfeuchte	DE	2007	m <sup>3</sup> (volumen)	Pri izračunih je bil uporabljen varnostni faktor +10%, okoljski profil nima neodvisne revizije in obravnava del življenjskega cikla od zibelke do vrat, podatki so pridobljeni iz raziskave literature in direktno iz industrije, upoštevan je zajem CO <sub>2</sub> v gozdovih. <b>Vedno se mora upoštevati ustrezen EOL scenarij (kurjenje, gnitje, deponiranje) za popolno LCA. V primeru kurjenja se lahko uporabi podatkovni niz „EOL naravni les“ kot približek</b>	2011	letno povprečje	Lepljene lesene grede so sestavljene iz zlepjenih lesenih enot. Za razliko od BSH so enote debelejšje in potrebujejo zato manj lepila glede na volumen. Enote so zlepjen tako, da tečejo vlakna vzporedno z zlepjenim elementom - lahko se proizvajajo večji nosilci. Procesni kroaki so isti kot pri BSH: 1. transport lesa iglavcev na mesto proizvodnje in skladiščenje, 2. sušenje, 3. predžaganje, 4. nazobčenje, 5. žaganje gred, 6. lepljenje, 7. končna obdelava	EPD	notranja
3.1.4 Lepljene lesene lamele (BSH)	3.1.4 Brettschichtholz Nadelholz; 515 kg/m <sup>3</sup> Dichte bei 12% Holzfeuchte	DE	2007	m <sup>3</sup> (volumen)	Pri izračunih je bil uporabljen varnostni faktor +10%, okoljski profil nima neodvisne revizije in obravnava del življenjskega cikla od zibelke do vrat, podatki so pridobljeni iz raziskave literature in direktno iz industrije, upoštevan je zajem CO <sub>2</sub> v gozdovih. <b>Vedno se mora upoštevati ustrezen EOL scenarij (kurjenje, gnitje, deponiranje) za popolno LCA. V primeru kurjenja se lahko uporabi podatkovni niz „EOL leseni materiali“ kot približek</b>	2011	letno povprečje	BSH je sestavljen iz vsaj treh zlepjenih lamel, katerih debelina ne preseže 33mm. Lamele so zlepjene tako, da potekajo vlakna vzporedno z zlepjenim elementom. Procesni koraki proizvodnje BSH so: 1. transport smrekovega lesa v proizvodnjo in skladiščenje, 2. sušenje, 3. žaganje, 4. nazobčenje, 5. žaganje lamel, 6. lepljenje, 7. končna obdelava	EPD	notranja
3.2.4 OSB plošče Eurostrand Egger	3.2.4 OSB Eurostrand – Egger ; 615 kg/m <sup>3</sup>	DE	2007	m <sup>3</sup> (volumen)	Okoljski profil obravnava del življenjskega cikla od zibelke do vrat, upoštevan je zajem CO <sub>2</sub> v gozdovih. <b>Vedno se mora upoštevati ustrezen EOL scenarij (kurjenje, gnitje, deponiranje) za popolno LCA. V primeru kurjenja se lahko uporabi podatkovni niz „EOL OSB Egger“ kot približek</b>	2012	letno povprečje	OSB so večplastne plošče, ki jih sestavljajo dolge, ozke iveri. Iveri so razporejene po dolgem in počez, tako da so usmerjene križno v tri različne smeri. Kasneje se lepilo nanese na iveri in pod vplivom temperature in pritiska (kontinuirne stiskalnice) nastanejo plošče. Iveri so večinoma borove in smrekove z dolžino od 10 do 15 cm in premerom od 2 do 3 cm.	EPD	zunanja
6.3.3 EPDM hidroizolacijska strešna folija	6.3.3 Dachbahnen EPDM	DE	2006	kg (masa)	Pri izračunih je bil uporabljen varnostni faktor +10%, okoljski profil nima neodvisne revizije in obravnava del življenjskega cikla od zibelke do vrat, podatki so pridobljeni direktno iz industrije	2011	letno povprečje	Analiza LCA elastomernih trakov zajemajo del življenjskega cikla od zibelke do vrat. Gre za distribucijo pripravljen proizvod. Prevoz do gradbišča ni upoštevan.	EPD	notranja
6.6.1 Paroprepustna PP folija	6.6.1 Unterspannbahn PP	DE	2006	kg (masa)	Pri izračunih je bil uporabljen varnostni faktor +10%, okoljski profil nima neodvisne revizije in obravnava del življenjskega cikla od zibelke do vrat, podatki so pridobljeni direktno iz industrije	2011	letno povprečje	Analiza LCA sekundarne kritine PP zajema del življenjskega cikla od zibelke do vrat. Gre za distribucijo pripravljen proizvod. Prevoz do gradbišča ni upoštevan. Za zaviralca ognja se uporablja TBBA	EPD	notranja
6.6.2 PE folija	6.6.2 Dampfbremse PE	DE	2006	kg (masa)	Pri izračunih je bil uporabljen varnostni faktor +10%, okoljski profil nima neodvisne revizije in obravnava del življenjskega cikla od zibelke do vrat, podatki so pridobljeni direktno iz industrije	2011	letno povprečje	Analiza LCA parne ovire PE zajema del življenjskega cikla od zibelke do vrat. Gre za distribucijo pripravljen proizvod. Prevoz do gradbišča ni upoštevan. Za zaviralca ognja se uporablja 3% antimonov trioksid	EPD	notranja
6.6.3 PE folija s PP vlakni	6.6.3 PE-HD mit PP-vlies zur Abdichtung	DE	2005	kg (masa)	Pri izračunih je bil uporabljen varnostni faktor +10%, okoljski profil nima neodvisne revizije in obravnava del življenjskega cikla od zibelke do vrat, podatki so pridobljeni direktno iz industrije	2011	letno povprečje	Analiza LCA folije zajema del življenjskega cikla od zibelke do vrat. Gre za distribucijo pripravljen proizvod. Delež flisa znaša 30% mase, delež mešalca 10%. Transport do gradbišča ni upoštevan	EPD	notranja

## EOL SCENARIJI

*Preglednica C.5.1: EOL scenariji in pripadajoči okoljski profili*

VRSTA EOL SCENARIJA	OKOLJSKI PROFIL KATEREMU PRIPADA EOL SCENARIJ
2.22 EOL DFF – Egger	2.10 Lesno vlaknene plošče DFF Egger (suh postopek)
3.4 EOL naravni les	3.1.2 Konstrukcijski les (KVH), 3.1.1 Žagan macesnov les, 3.1.1 Žagan smrekov les, 3.1.3 Lepljene lesene grede
3.4 EOL leseni materiali	3.1.4 Lepljene lesene lamele (BSH)
3.4 EOL OSB Eurostrand – Egger	3.2.4 OSB plošče Eurostrand Egger

*Preglednica C.5.2: Splošni podatki iz EOL scenarijev Ökobau.dat*

Slovenski prevod naziva	Originalni naziv	Geografsko področje na katerem okoljski profil velja	Referenčno leto	Funkcionalna enota	Specifični metodološki podatki	Veljavnost podatkovnega zapisa	Opis tehnoloških karakteristik	Vrsta okoljskega profila	Vrsta revizije
2.22 EOL DFF – Egger	2.22 EOL DFF – Egger	DE	2009	kg (masa)	Okoljski profil upošteva porabo in dobropis dela življenjskega cikla - odstranjevanje. Sežgalnica odpadkov proizvaja elektriko in toplotno energijo. Dobropis je preračunan iz povprečja nemške mešanice električne energije in toplote iz zemeljskega plina.	2012	Podatkovni niz obsega kurjenje DFF plošč v sežgalnici, pri čemer se proizvaja elektrika in toplota	EPD	zunanja
3.4 EOL naravni les	3.4 EOL Holz, naturbelassen in MVA	DE	2005	kg (masa)	Okoljski profil upošteva porabo in dobropis dela življenjskega cikla - odstranjevanje. Sežgalnica odpadkov proizvaja elektriko in toplotno energijo. Dobropis je preračunan iz povprečja nemške mešanice električne energije in toplote iz zemeljskega plina.	2011	Podatkovni niz obsega kurjenje lesa v sežgalnici, pri čemer se proizvaja elektrika in toplota	EPD	notranja
3.4 EOL leseni materiali	3.4 EOL Holzwerkstoffe in MVA	DE	2005	kg (masa)	Okoljski profil upošteva porabo in dobropis dela življenjskega cikla - odstranjevanje. Sežgalnica odpadkov proizvaja elektriko in toplotno energijo. Dobropis je preračunan iz povprečja nemške mešanice električne energije in toplote iz zemeljskega plina.	2011	Podatkovni niz obsega kurjenje lesa v sežgalnici, pri čemer se proizvaja elektrika in toplota	EPD	notranja
3.4 EOL OSB Eurostrand – Egger	3.4 EOL OSB Eurostrand - Egger	DE	2007	kg (masa)	Okoljski profil upošteva porabo in dobropis dela življenjskega cikla - odstranjevanje. Sežgalnica odpadkov proizvaja elektriko in toplotno energijo. Dobropis je preračunan iz povprečja nemške mešanice električne energije in toplote iz zemeljskega plina.	2012	Podatkovni niz obsega kurjenje OSB plošč v sežgalnici, pri čemer se proizvaja elektrika in toplota	EPD	zunanja

## PRILOGA D: IZRAČUN OKOLJSKIH KAZALNIKOV PO VERZIJI 2009

### Preglednica D.1.1: Izračun okoljskih kazalnikov (Riko ModEko - okvirni sistem) 1/4

	Silikonski zaključni omet s toplotnoizolativnim sistemom zunanega zidu (brez TI), 2.21 WDVS Silikonharzputz		Lesno vlaknene plošče DFF Egger (suh postopek) (280kg/m <sup>3</sup> ; λ=0.047W/mK); 2.10 Holzfaserplatte DFF Egger 280 kg/m <sup>3</sup>		EOL DFF – Egger; 2.22 EOL DFF - Egger		Toplotna izolacija iz celuloznih vlaken za vpihovanje (50kg/m <sup>3</sup> ; λ=0.04-0.045 W/mK); 2.11 Zellulosefaser Einblas-Dämmstoffe		Lepljene lesene grede; 3.1.3 Balkenschichtholz Nadelholz (515 kg/m <sup>3</sup> ; 12% vlažnost, iglavci)		EOL naravni les; 3.4 EOL Holz, naturbelassen in MVA	
	na m <sup>2</sup>	skupno	na m <sup>3</sup>	skupno	na kg	skupno	na kg	skupno	na m <sup>3</sup>	skupno	na kg	skupno
<b>Primarna energija, neobnovljiva [MJ]</b>	<b>101</b>	<b>3793,56</b>	<b>5203</b>	<b>96972,47</b>	<b>-20,09</b>	<b>-104841,35</b>	<b>4,15</b>	<b>12280,35</b>	<b>5845</b>	<b>18240,14</b>	<b>-13,70</b>	<b>-22017,68</b>
rjavi premog	7,07	265,55	520,30	9697,25	-1,21	-6290,48	0,46	1350,84	818,3	2553,62	-0,82	-1321,06
črni premog	10,1	379,36	468,27	8727,52	-1,00	-5242,07	1,29	3806,91	701,4	2188,82	-0,69	-1100,88
zemeljski plin	41,41	1555,36	1821,05	33940,37	-15,87	-82824,67	1,08	3192,89	526,05	1641,61	-11,51	-18494,85
nafta	32,32	1213,94	1664,96	31031,19	-0,20	-1048,41	0,54	1596,45	2571,8	8025,66	0,55	880,71
uran	10,1	379,36	780,45	14545,87	-1,81	-9435,72	0,75	2210,46	1169	3648,03	-1,23	-1981,59
<b>Primarno energijo, obnovljivo [MJ]</b>	<b>3,54</b>	<b>132,96</b>	<b>4590</b>	<b>85547,50</b>	<b>-0,235</b>	<b>-1226,37</b>	<b>0,82</b>	<b>2426,48</b>	<b>10642</b>	<b>33209,85</b>	<b>-0,16</b>	<b>-249,11</b>
vodna elektrarna	1,062	39,89	45,90	855,48	-0,11	-551,87	0,05	145,59	106,42	332,10	-0,07	-112,10
vetrna elektrarna	0,5664	21,27	45,90	855,48	-0,12	-625,45	0,04	121,32	0	0,00	-0,08	-127,04
solarna energija	1,8762	70,47	4498,20	83836,55	-0,01	-61,32	0,72	2135,30	10535,58	32877,75	-0,01	-12,46
biomasa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sekundarna goriva [MJ]	2,058	77,30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Poraba vode [kg]	8,23	309,12	779	14518,8	-0,461	-2405,77	0,60	1781,39	9612	29995,59	1,20	1928,56
Surovinski odpadki [kg]	14,5	544,62	676	12599,2	-1,69	-8819,41	1,89	5592,74	814	2540,20	-1,10	-1767,84
Komunalni odpadki [kg]	0,0668	2,51	0,419	7,809	0	0	0,12	343,26	0,0224	0,07	2,84E-08	4,56E-05
Ostali odpadki [kg]	0,0165	0,62	0,486	9,058	-0,000666	-3,48	0,01	37,28	1,08	3,36	2,98E-03	4,79
Potencial izčrpavanja abiotskih virov – surovin (ADP) [kg Sb ekv.]	0,0443	1,66	2,13	39,70	-0,00878	-45,82	0,00187	5,53	2,25	7,02	-0,01	-9,64
<b>Potencial globalnega segrevanja (GWP 100) [kg CO2 ekv.]</b>	<b>6,96</b>	<b>261,42</b>	<b>-116</b>	<b>-2161,98</b>	<b>0,527</b>	<b>2750,19</b>	<b>-0,653</b>	<b>-1932,31</b>	<b>-762</b>	<b>-2377,93</b>	<b>1,00</b>	<b>1599,09</b>
Potencial za zmanjševanje koncentracije ozona v stratosferi (ODP) [kg CFC-11 ekv.]	2,60E-07	9,77E-06	2,45E-05	4,57E-04	-4,93E-08	-2,57E-04	2,00E-08	5,93E-05	3,12E-05	9,74E-05	-3,26E-08	-5,24E-05
Potencial zakisanosti ozračja (AP) [kg SO2 ekv.]	3,38E-02	1,27	0,925	17,24	-2,10E-05	-1,10E-01	8,78E-04	2,60	0,528	1,65	-4,05E-04	-6,51E-01
Potencial evtrofikacije (EP) [kg PO4 ekv.]	2,11E-03	0,08	0,124	2,31	7,52E-06	3,92E-02	1,18E-04	0,35	0,0806	0,25	2,93E-07	4,71E-04
Potencial fotokemičnega nastajanja ozona (poletni smog) v nižjih plasteh ozračja (POCP) [kg C2H4 ekv.]	2,44E-02	0,92	0,143	2,67	-7,11E-05	-3,71E-01	7,67E-05	0,23	0,0642	0,20	-5,91E-05	-9,50E-02

Preglednica D.1.2: Izračun okoljskih kazalnikov (Riko ModEko - okvirni sistem) 2/4

	Konstrukcijski les; 3.1.2 KVH (KVH; 529 kg/m <sup>3</sup> ; vlažnost 15%)		EOL naravni les; 3.4 EOL Holz, naturbelassen in MVA		Žagan macesnov les; 3.1.1 Schnittholz Lärche (661 kg/m <sup>3</sup> ; vlažnost 12%)		EOL naravni les; 3.4 EOL Holz, naturbelassen in MVA		EPDM hidroizolacijska strešna folija (2mm); 6.3.3 Dachbahnen EPDM		Lesno vlaknene plošče (moker postopek) (230 kg/m <sup>3</sup> (Hofatex), 160 kg/m <sup>3</sup> (Steico); λ=0.046 W/mK); 2.10 Holzfaserdämmplatte (Mokernostonek)	
	na m <sup>3</sup>	skupno	na kg	skupno	na m <sup>3</sup>	skupno	na kg	skupno	na kg	skupno	na kg	skupno
<b>Primarna energija, neobnovljiva [MJ]</b>	<b>5144</b>	<b>62420,09</b>	<b>-13,70</b>	<b>-87942,68</b>	<b>7259</b>	<b>37850,86</b>	<b>-13,70</b>	<b>-47219,45</b>	<b>116</b>	<b>22584,16</b>	<b>13,3</b>	<b>3921,33</b>
rjavi premog	720,16	8738,81	-0,82	-5276,56	943,67	4920,61	-0,82	-2833,17	3,48	677,52	1,463	431,35
črni premog	617,28	7490,41	-0,69	-4397,13	871,08	4542,10	-0,69	-2360,97	3,48	677,52	1,33	392,13
zemeljski plin	360,08	4369,41	-11,51	-73871,85	580,72	3028,07	-11,51	-39664,34	45,24	8807,82	6,916	2039,09
nafta	2366,24	28713,24	0,55	3517,71	3266,55	17032,89	0,55	1888,78	60,32	11743,76	1,33	392,13
uran	1028,8	12484,02	-1,23	-7914,84	1596,98	8327,19	-1,23	-4249,75	4,64	903,37	2,261	666,63
<b>Primarno energijo, obnovljivo [MJ]</b>	<b>10800</b>	<b>131053,08</b>	<b>-0,16</b>	<b>-994,97</b>	<b>13976</b>	<b>72875,55</b>	<b>-0,16</b>	<b>-534,23</b>	<b>0,715</b>	<b>139,20</b>	<b>20,5</b>	<b>6044,16</b>
vodna elektrarna	0	0,00	-0,07	-447,74	139,76	728,76	-0,07	-240,41	0,39	76,56	0,205	60,44
vetrna elektrarna	0	0,00	-0,08	-507,44	0	0	-0,08	-272,46	0,29	57,07	0,205	60,44
solarna energija	10800	131053,08	-0,01	-49,75	13836,24	72146,79	-0,01	-26,71	0,03	5,57	20,295	5983,72
biomasa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sekundarna goriva [MJ]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Poraba vode [kg]	8906	108070,25	1,20	7703,01	10720	55897,67	1,20	4136,01	3,62	704,78	2,41	710,56
Surovinski odpadki [kg]	723	8773,28	-1,10	-7061,09	989	5156,98	-1,10	-3791,34	4,08	794,14	2,01	593,21
Komunalni odpadki [kg]	0,0179	0,22	2,84E-08	0,00	0,0218	0,11	2,84E-08	0,00	9,80E-05	1,91E-02	7,27E-06	2,14E-03
Ostali odpadki [kg]	0,941	11,42	2,98E-03	19,13	1,23	6,41	2,98E-03	10,27	0,02	3,08	8,13E-04	0,24
<b>Potencial globalnega segrevanja (GWP 100) [kg CO2 ekv.]</b>	<b>-818</b>	<b>-9926,06</b>	<b>1,00</b>	<b>6387,08</b>	<b>-1020</b>	<b>-5318,62</b>	<b>1,00</b>	<b>3429,44</b>	<b>4,4</b>	<b>856,64</b>	<b>-1,37</b>	<b>-403,93</b>
Potencial za zmanjševanje koncentracije ozona v stratosferi (ODP) [kg CFC-11 ekv.]	2,79E-05	3,39E-04	-3,26E-08	-2,09E-04	4,18E-05	2,18E-04	-3,26E-08	-1,12E-04	1,25E-07	2,43E-05	6,06E-08	1,79E-05
Potencial zakisanosti ozračja (AP) [kg SO2 ekv.]	0,456	5,53	-4,05E-04	-2,60E+00	1,07	5,58	-4,05E-04	-1,40E+00	7,45E-03	1,45	0,0013	3,83E-01
Potencial evtrofikacije (EP) [kg PO4 ekv.]	0,0679	0,82	2,93E-07	1,88E-03	0,123	0,64	2,93E-07	1,01E-03	7,97E-04	1,55E-01	1,36E-04	4,01E-02
Potencial fotokemičnega nastajanja ozona (poletni smog) v nižjih plasteh ozračja (POCP) [kg C2H4 ekv.]	0,0555	0,67	-5,91E-05	-3,79E-01	0,103	0,54	-5,91E-05	-2,04E-01	2,44E-03	4,75E-01	2,09E-04	6,16E-02

Preglednica D.1.3: Izračun okoljskih kazalnikov (Riko ModEko - okvirni sistem) 3/4

	OSB plošče Eurostrand Egger (615 kg/m <sup>3</sup> ); 3.2.4 OSB Eurostrand Egger		EOL OSB Eurostrand – Egger; 3.4 EOL OSB (Eurostrand Egger)		Mavčno-vlakenne plošče; 1.3.13 Gipsfaserplatte 10 kg/m <sup>2</sup>		Kamena volna ISOVER (50 kg/m <sup>3</sup> ; λ= 0.035 W/mK); 2.01 Steinwolleplatte – Isolver		Lepljene lesene lamele (BSH); 3.1.4 Brettschichtholz Nadelholz 515 kg/m <sup>3</sup>		EOL leseni materiali; 3.4 EOL Holzwerkstoffe in MVA	
	na m <sup>3</sup>	skupno	na kg	skupno	na m <sup>2</sup> (debelina 10mm)	skupno	na kg	skupno	na m <sup>3</sup>	skupno	na kg	skupno
<b>Primarna energija, neobnovljiva [MJ]</b>	<b>4108</b>	<b>42505,93</b>	<b>-19,10</b>	<b>-121542,33</b>	<b>53,9</b>	<b>27366,38</b>	<b>25,3</b>	<b>30115,67</b>	<b>5958</b>	<b>67693,90</b>	<b>-10,30</b>	<b>-60268,93</b>
rjavi premog	369,72	3825,53	-1,15	-7292,54	3,234	1641,98	3,289	3915,04	834,12	9477,15	-0,52	-3013,45
črni premog	369,72	3825,53	-0,96	-6077,12	4,312	2189,31	3,289	3915,04	714,96	8123,27	-0,52	-3013,45
zemeljski plin	1478,88	15302,13	-15,09	-96018,44	36,113	18335,47	10,373	12347,42	595,8	6769,39	-8,96	-52433,97
nafta	1314,56	13601,90	-0,19	-1215,42	4,851	2462,97	3,542	4216,19	2621,52	29785,32	0,62	3616,14
uran	575,12	5950,83	-1,72	-10938,81	4,851	2462,97	4,807	5721,98	1191,6	13538,78	-0,82	-4821,51
<b>Primarno energijo, obnovljivo [MJ]</b>	<b>12700</b>	<b>131408,30</b>	<b>-0,22</b>	<b>-1425,42</b>	<b>0,657</b>	<b>333,58</b>	<b>1,11</b>	<b>1321,28</b>	<b>10591</b>	<b>120333,35</b>	<b>-0,11</b>	<b>-626,09</b>
vodna elektrarna	0	0	-0,10	-641,44	0,30222	153,44	0,3219	383,17	105,91	1203,33	-0,05	-281,74
vetrna elektrarna	0	0	-0,11	-726,96	0,32193	163,45	0,3108	369,96	0	0	-0,05	-319,31
solarna energija	12700	131408,30	-0,01	-71,27	0,02628	13,34	0,4773	568,15	10485,09	119130,02	-0,01	-31,30
biomasa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sekundarna goriva [MJ]	0	0	0	0	0	0	0	237	0	0	0	0
Poraba vode [kg]	1363	14103,11	-0,44	-2787,20	6,49	3295,14	5,048	6008,85	9577	108812,44	1,03	6044,45
Surovinski odpadki [kg]	513	5308,07	-1,61	-10245,19	5,18	2630,02	4,92	5856,49	819	9305,36	-0,77	-4476,28
Komunalni odpadki [kg]	0,284	2,94	0,00E+00	0,00E+00	5,83E-07	2,96E-04	7,66E-04	0,91	0,0233	0,26	7,23E-08	4,23E-04
Ostali odpadki [kg]	0,356	3,68	-6,36E-04	-4,05	0,00185	0,94	2,72E-03	3,24	1,09	12,38	3,39E-03	19,84
<b>Potencial globalnega segrevanja (GWP 100) [kg CO2 ekv.]</b>	<b>-864</b>	<b>-8939,90</b>	<b>0,53</b>	<b>3379,00</b>	<b>3,38</b>	<b>1716,11</b>	<b>1,63</b>	<b>1940,26</b>	<b>-751</b>	<b>-8532,75</b>	<b>1,18</b>	<b>6904,60</b>
Potencial za zmanjševanje koncentracije ozona v stratosferi (ODP) [kg CFC-11 ekv.]	2,13E-05	2,20E-04	-4,70E-08	-2,99E-04	1,37E-07	6,96E-05	1,31E-07	1,56E-04	3,13E-05	3,56E-04	-2,25E-08	-1,32E-04
Potencial zakisanosti ozračja (AP) [kg SO2 ekv.]	0,982	10,16	2,00E-04	1,27	4,20E-03	2,13	4,37E-03	5,20	0,538	6,11	8,30E-04	4,86
Potencial evtrofikacije (EP) [kg PO4 ekv.]	0,162	1,68	2,98E-05	0,19	7,06E-04	0,36	5,19E-04	0,62	0,0827	9,40E-01	2,18E-04	1,28
Potencial fotokemičnega nastajanja ozona (poletni smog) v nižjih plasteh ozračja (POCP) [kg C2H4 ekv.]	0,132	1,37	-5,88E-05	-0,37	3,99E-04	0,20	3,63E-04	0,43	0,0658	7,48E-01	3,35E-06	1,96E-02

Preglednica D.1.4: Izračun okoljskih kazalnikov (Riko ModEko - okvirni sistem) 4/4

	PE folija (0,95 g/cm <sup>3</sup> ); 6.6.2 Dampfbremse PE		Paroprepustna PP folija (195 g/m <sup>2</sup> ); 6.6.1 Unterspännbahn PP		Žagan smrekov les (neobdelano); 3.1.1 Schnittholz fichte		EOL naravni les; 3.4 EOL Holz, naturbelassen in MVA		Mavčno-kartonske plošče; 1.3.13 Gipskartonplatte		PE folija s PP vlakni; 6.6.3 PE-HD mit PP-vlies zur Abdichtung		SKUPNA BILANCA (osnovna različica 2009)
	na kg	skupno	na kg	skupno	na m <sup>3</sup>	skupno	na kg	skupno	na m <sup>2</sup> (12,5 mm debeline)	skupno	na kg	skupno	
<b>Primarna energija, neobnovljiva [MJ]</b>	<b>74,7</b>	<b>1212,93</b>	<b>86,4</b>	<b>2497,52</b>	<b>4635,00</b>	<b>64167,46</b>	<b>-13,70</b>	<b>-91418,21</b>	<b>36,20</b>	<b>6002,68</b>	<b>92,04</b>	<b>3328,35</b>	<b>-32296,84</b>
rjavi premog	1,494	24,26	1,728	49,95	648,90	8983,44	-0,82	-5485,09	1,81	300,13	2,76	99,85	25440,54
črni premog	4,482	72,78	4,32	124,88	556,20	7700,10	-0,69	-4570,91	3,26	540,24	2,76	99,85	28033,23
zemeljski plin	23,157	376,01	27,648	799,21	324,45	4491,72	-11,51	-76791,30	24,25	4021,80	26,69	965,22	-318116,42
nafta	43,326	703,50	49,248	1423,59	2224,80	30800,38	0,55	3656,73	3,98	660,30	55,22	1997,01	196696,64
uran	2,241	36,39	3,456	99,90	880,65	12191,82	-1,23	-8227,64	2,90	480,21	4,60	166,42	36244,35
<b>Primarno energijo, obnovljivo [MJ]</b>	<b>1,3</b>	<b>21,11</b>	<b>1,23</b>	<b>35,55</b>	<b>10147,00</b>	<b>140476,20</b>	<b>-0,16</b>	<b>-1034,29</b>	<b>1,44</b>	<b>238,78</b>	<b>0,63</b>	<b>22,82</b>	<b>719529,27</b>
vodna elektrarna	0,208	3,38	0,246	7,11	0,00	0,00	-0,07	-465,43	0,17	28,65	0,30	10,95	1288,14
vetrna elektrarna	0,143	2,32	0,1599	4,62	0,00	0,00	-0,08	-527,49	0,17	28,65	0,30	10,72	-1410,83
solarna energija	0,962	15,62	0,8118	23,47	10147,00	140476,20	-0,01	-51,71	1,09	181,47	0,03	1,14	719622,42
biomasa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sekundarna goriva [MJ]	0	0	0	0	0	0	0	0	0,03	4,59	0	0	318,77
Poraba vode [kg]	1,57	25,49	1,89	54,63	7740,00	107153,43	1,20	8007,43	11,40	1890,35	2,06	74,39	476032,51
Surovinski odpadki [kg]	4	64,95	2,88	83,25	626,00	8666,41	-1,10	-7340,15	3,45	572,08	4,22	152,60	25732,23
Komunalni odpadki [kg]	1,87E-03	0,03	0,0125	0,36	0,02	0,22	2,84E-08	0,00	1,27E-06	0,00	1,35E-03	0,05	358,78
Ostali odpadki [kg]	3,03E-02	0,49	0,0037	0,11	0,81	11,27	2,98E-03	19,89	1,01E-03	0,17	1,16E-02	0,42	170,56
<b>Potencial globalnega segrevanja (GWP 100) [kg CO<sub>2</sub> ekv.]</b>	<b>2,33</b>	<b>37,83</b>	<b>3,4</b>	<b>98,28</b>	<b>-780,00</b>	<b>-10798,41</b>	<b>1,00</b>	<b>6639,50</b>	<b>2,21</b>	<b>366,46</b>	<b>2,84</b>	<b>102,70</b>	<b>-13923,27</b>
Potencial za zmanjševanje koncentracije ozona v stratosferi (ODP) [kg CFC-11 ekv.]	6,85E-08	1,11E-06	1,00E-07	2,89E-06	2,42E-05	3,35E-04	-3,26E-08	-2,18E-04	7,40E-08	1,23E-05	1,26E-07	4,56E-06	1,10E-03
Potencial zakisanosti ozračja (AP) [kg SO <sub>2</sub> ekv.]	8,28E-03	0,13	8,18E-03	0,24	0,42	5,76	-4,05E-04	-2,70	3,28E-03	5,44E-01	5,60E-03	2,03E-01	64,86
Potencial evtrofikacije (EP) [kg PO <sub>4</sub> ekv.]	1,10E-03	1,79E-02	1,16E-03	0,03	0,06	0,85	2,93E-07	1,96E-03	8,25E-04	0,14	5,13E-04	1,86E-02	10,81
Potencial fotokemičnega nastajanja ozona (poletni smog) v nižjih plasteh ozračja (POCP) [kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> ekv.]	1,06E-03	1,72E-02	1,18E-03	0,03	0,05	0,71	-5,91E-05	-0,39	2,96E-04	4,91E-02	1,13E-03	4,09E-02	7,55

Preglednica D.2.1: Izračun okoljskih kazalnikov (Riko ModEko - masivne stene) 1/4

	Silkonski zaključni omet s toplotnoizolativnim sistemom zunanjega zidu (brez TI); 2.21 WDVS Silikonharzputz		Lesno vlaknene plošče DFF Egger (suh postopek) (280kg/m <sup>3</sup> ; λ=0.047W/mK); 2.10 Holzfaserplatte DFF Egger 280 kg/m <sup>3</sup>		EOL DFF – Egger; 2.22 EOL DFF - Egger		Toplotna izolacija iz celuloznih vlaken za vpihovanje (50kg/m <sup>3</sup> ; λ=0.04-0.045 W/mK); 2.11 Zellulosefaser Einblas-Dämmstoffe		Mavčno-kartonske plošče; 1.3.13 Gipskartonplatte		PE folija s PP vlakni; 6.6.3 PE-HD mit PP-vlies zur Abdichtung	
	na m <sup>2</sup>	skupno	na m <sup>3</sup>	skupno	na kg	skupno	na kg	skupno	na m <sup>2</sup> (12,5 mm debeline)	skupno	na kg	skupno
<b>Primarna energija, neobnovljiva [MJ]</b>	<b>101</b>	<b>3793,56</b>	<b>5203</b>	<b>96972,47</b>	<b>-20,09</b>	<b>-104841,35</b>	<b>4,15</b>	<b>3923,99</b>	<b>36,20</b>	<b>6002,68</b>	<b>92,04</b>	<b>3328,35</b>
rjavi premog	7,07	265,55	520,30	9697,25	-1,21	-6290,48	0,46	431,64	1,81	300,13	2,76	99,85
črni premog	10,1	379,36	468,27	8727,52	-1,00	-5242,07	1,29	1216,44	3,26	540,24	2,76	99,85
zemeljski plin	41,41	1555,36	1821,05	33940,37	-15,87	-82824,67	1,08	1020,24	24,25	4021,80	26,69	965,22
nafta	32,32	1213,94	1664,96	31031,19	-0,20	-1048,41	0,54	510,12	3,98	660,30	55,22	1997,01
uran	10,1	379,36	780,45	14545,87	-1,81	-9435,72	0,75	706,32	2,90	480,21	4,60	166,42
<b>Primarno energijo, obnovljivo [MJ]</b>	<b>3,54</b>	<b>132,96</b>	<b>4590</b>	<b>85547,50</b>	<b>-0,235</b>	<b>-1226,37</b>	<b>0,82</b>	<b>775,34</b>	<b>1,44</b>	<b>238,78</b>	<b>0,63</b>	<b>22,82</b>
vodna elektrarna	1,062	39,89	45,90	855,48	-0,11	-551,87	0,05	46,52	0,17	28,65	0,30	10,95
vetrna elektrarna	0,5664	21,27	45,90	855,48	-0,12	-625,45	0,04	38,77	0,17	28,65	0,30	10,72
solarna energija	1,8762	70,47	4498,20	83836,55	-0,01	-61,32	0,72	682,30	1,09	181,47	0,03	1,14
biomasa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sekundarna goriva [MJ]	2,058	77,30	0	0	0	0	0	0	0,03	4,59	0	0
Poraba vode [kg]	8,23	309,12	779	14518,8	-0,461	-2405,77	0,60	569,22	11,40	1890,35	2,06	74,39
Surovinski odpadki [kg]	14,5	544,62	676	12599,2	-1,69	-8819,41	1,89	1787,07	3,45	572,08	4,22	152,60
Komunalni odpadki [kg]	0,0668	2,51	0,419	7,809	0	0	0,12	109,68	1,27E-06	0	1,35E-03	0,05
Ostali odpadki [kg]	0,0165	0,62	0,486	9,058	-0,000666	-3,48	0,01	11,91	1,01E-03	0,17	1,16E-02	0,42
<b>Potencial globalnega segrevanja (GWP 100) [kg CO2 ekv.]</b>	<b>6,96</b>	<b>261,42</b>	<b>-116</b>	<b>-2161,98</b>	<b>0,527</b>	<b>2750,19</b>	<b>-0,653</b>	<b>-617,44</b>	<b>2,21</b>	<b>366,46</b>	<b>2,84</b>	<b>102,70</b>
Potencial za zmanjševanje koncentracije ozona v stratosferi (ODP) [kg CFC-11 ekv.]	2,60E-07	9,77E-06	2,45E-05	4,57E-04	-4,93E-08	-2,57E-04	2,00E-08	1,90E-05	7,40E-08	1,23E-05	1,26E-07	4,56E-06
Potencial zakisanosti ozračja (AP) [kg SO2 ekv.]	3,38E-02	1,27	0,925	17,24	-2,10E-05	-0,11	8,78E-04	0,83	3,28E-03	5,44E-01	5,60E-03	0,20
Potencial evtrofikacije (EP) [kg PO4 ekv.]	2,11E-03	0,08	0,124	2,31	7,52E-06	0,04	1,18E-04	0,11	8,25E-04	0,14	5,13E-04	1,86E-02
Potencial fotokemičnega nastajanja ozona (poletni smog) v nižjih plasteh ozračja (POCP) [kg C2H4 ekv.]	2,44E-02	0,92	0,143	2,67	-7,11E-05	-0,37	7,67E-05	0,07	2,96E-04	4,91E-02	1,13E-03	4,09E-02



Preglednica D.2.2: Izračun okoljskih kazalnikov (Riko ModEko - masivne stene) 2/4

	Konstrukcijski les; 3.1.2 KVH (KVH; 529 kg/m <sup>3</sup> ; vlažnost 15%)		EOL naravni les; 3.4 EOL Holz, naturbelassen in MVA		Žagan macesnov les; 3.1.1 Schnittholz Lärche (661 kg/m <sup>3</sup> ; vlažnost 12%)		EOL naravni les; 3.4 EOL Holz, naturbelassen in MVA		EPDM hidroizolacijska strešna folija (2mm); 6.3.3 Dachbahnen EPDM		Lesno vlaknene plošče (moker postopek) (230 kg/m <sup>3</sup> (Hofatex), 160 kg/m <sup>3</sup> (Steico); λ=0.046 W/mK); 2.10 Holzfaserdämmplatte (Mokerpostopek)	
	na m <sup>3</sup>	skupno	na kg	skupno	na m <sup>3</sup>	skupno	na kg	skupno	na kg	skupno	na kg	skupno
<b>Primarna energija, neobnovljiva [MJ]</b>	<b>5144</b>	<b>4133,72</b>	<b>-13,70</b>	<b>-5823,93</b>	<b>7259</b>	<b>37850,86</b>	<b>-13,70</b>	<b>-47219,45</b>	<b>116</b>	<b>22584,16</b>	<b>13,3</b>	<b>78118,73</b>
rjavi premog	720,16	578,72	-0,82	-349,44	943,67	4920,61	-0,82	-2833,17	3,48	677,52	1,463	8593,06
črni premog	617,28	496,05	-0,69	-291,20	871,08	4542,10	-0,69	-2360,97	3,48	677,52	1,33	7811,87
zemeljski plin	360,08	289,36	-11,51	-4892,10	580,72	3028,07	-11,51	-39664,34	45,24	8807,82	6,916	40621,74
nafta	2366,24	1901,51	0,55	232,96	3266,55	17032,89	0,55	1888,78	60,32	11743,76	1,33	7811,87
uran	1028,8	826,74	-1,23	-524,15	1596,98	8327,19	-1,23	-4249,75	4,64	903,37	2,261	13280,18
<b>Primarno energijo, obnovljivo [MJ]</b>	<b>10800</b>	<b>8678,88</b>	<b>-0,16</b>	<b>-65,89</b>	<b>13976</b>	<b>72875,55</b>	<b>-0,16</b>	<b>-534,23</b>	<b>0,715</b>	<b>139,20</b>	<b>20,5</b>	<b>120408,57</b>
vodna elektrarna	0	0	-0,07	-29,65	139,76	728,76	-0,07	-240,41	0,39	76,56	0,205	1204,09
vetrna elektrarna	0	0	-0,08	-33,60	0	0	-0,08	-272,46	0,29	57,07	0,205	1204,09
solarna energija	10800	8678,88	-0,01	-3,29	13836,24	72146,79	-0,01	-26,71	0,03	5,57	20,295	119204,49
biomasa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sekundarna goriva [MJ]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Poraba vode [kg]	8906	7156,86	1,20	510,13	10720	55897,67	1,20	4136,01	3,62	704,78	2,41	14155,35
Surovinski odpadki [kg]	723	581,00	-1,10	-467,61	989	5156,98	-1,10	-3791,34	4,08	794,14	2,01	11817,66
Komunalni odpadki [kg]	0,0179	0,01	2,84E-08	0,00	0,0218	0,11	2,84E-08	0,00	9,80E-05	1,91E-02	7,27E-06	4,27E-02
Ostali odpadki [kg]	0,941	0,76	2,98E-03	1,27	1,23	6,41	2,98E-03	10,27	0,02	3,08	8,13E-04	4,78
<b>Potencial globalnega segrevanja (GWP 100) [kg CO2 ekv.]</b>	<b>-818</b>	<b>-657,34</b>	<b>1,00</b>	<b>422,98</b>	<b>-1020</b>	<b>-5318,62</b>	<b>1,00</b>	<b>3429,44</b>	<b>4,4</b>	<b>856,64</b>	<b>-1,37</b>	<b>-8046,82</b>
Potencial za zmanjševanje koncentracije ozona v stratosferi (ODP) [kg CFC-11 ekv.]	2,79E-05	2,24E-05	-3,26E-08	-1,39E-05	4,18E-05	2,18E-04	-3,26E-08	-1,12E-04	1,25E-07	2,43E-05	6,06E-08	3,56E-04
Potencial zakisanosti ozračja (AP) [kg SO2 ekv.]	0,456	0,37	-4,05E-04	-0,17	1,07	5,58	-4,05E-04	-1,40	7,45E-03	1,45	0,0013	7,64E+00
Potencial evtrofikacije (EP) [kg PO4 ekv.]	0,0679	0,05	2,93E-07	1,25E-04	0,123	0,64	2,93E-07	1,01E-03	7,97E-04	1,55E-01	1,36E-04	7,99E-01
Potencial fotokemičnega nastajanja ozona (poletni smog) v nižjih plasteh ozračja (POCP) [kg C2H4 ekv.]	0,0555	0,04	-5,91E-05	-0,03	0,103	0,54	-5,91E-05	-0,20	2,44E-03	4,75E-01	2,09E-04	1,23E+00

Preglednica D.2.3: Izračun okoljskih kazalnikov (Riko ModEko - masivne stene) 3/4

	OSB plošče Eurostrand Egger (615 kg/m <sup>3</sup> ); 3.2.4 OSB Eurostrand Egger		EOL OSB Eurostrand – Egger; 3.4 EOL OSB (Eurostrand Egger)		Kamena volna ISOVER (50 kg/m <sup>3</sup> ; λ= 0.035 W/mK); 2.01 Steinwolleplatte – Isolver		Lepljene lesene lamele (BSH); 3.1.4 Brettschichtholz Nadel holz 515 kg/m <sup>3</sup>		EOL leseni materiali; 3.4 EOL Holzwerkstoffe in MVA	
	na m <sup>3</sup>	skupno	na kg	skupno	na kg	skupno	na m <sup>3</sup>	skupno	na kg	skupno
<b>Primarna energija, neobnovljiva [MJ]</b>	<b>4108</b>	<b>29077,70</b>	<b>-19,10</b>	<b>-83145,37</b>	<b>25,3</b>	<b>26250,84</b>	<b>5958</b>	<b>258517,92</b>	<b>-10,30</b>	<b>-230162,52</b>
rjavi premog	369,72	2616,99	-1,15	-4988,72	3,289	3412,61	834,12	36192,51	-0,52	-11508,13
črni premog	369,72	2616,99	-0,96	-4157,27	3,289	3412,61	714,96	31022,15	-0,52	-11508,13
zemeljski plin	1478,88	10467,97	-15,09	-65684,84	10,373	10762,84	595,8	25851,79	-8,96	-200241,39
nafta	1314,56	9304,86	-0,19	-831,45	3,542	3675,12	2621,52	113747,88	0,62	13809,75
uran	575,12	4070,88	-1,72	-7483,08	4,807	4987,66	1191,6	51703,58	-0,82	-18413,00
<b>Primarno energijo, obnovljivo [MJ]</b>	<b>12700</b>	<b>89894,54</b>	<b>-0,22</b>	<b>-975,11</b>	<b>1,11</b>	<b>1151,72</b>	<b>10591</b>	<b>459544,02</b>	<b>-0,11</b>	<b>-2391,01</b>
vodna elektrarna	0	0	-0,10	-438,80	0,3219	334,00	105,91	4595,44	-0,05	-1075,95
vetrna elektrarna	0	0	-0,11	-497,31	0,3108	322,48	0	0	-0,05	-1219,41
solarna energija	12700	89894,54	-0,01	-48,76	0,4773	495,24	10485,09	454948,58	-0,01	-119,55
biomasa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sekundarna goriva [MJ]	0	0	0	0	0,199	206,48	0	0	0	0
Poraba vode [kg]	1363	9647,74	-0,44	-1906,68	5,048	5237,72	9577	415546,51	1,03	23083,29
Surovinski odpadki [kg]	513	3631,17	-1,61	-7008,59	4,92	5104,91	819	35536,45	-0,77	-17094,59
Komunalni odpadki [kg]	0,284	2,01	0	0	7,66E-04	0,79	0,0233	1,01	7,23E-08	1,62E-03
Ostali odpadki [kg]	0,356	2,52	-6,36E-04	-2,77	2,72E-03	2,82	1,09	47,30	3,39E-03	75,75
<b>Potencial globalnega segrevanja (GWP 100) [kg CO2 ekv.]</b>	<b>-864</b>	<b>-6115,66</b>	<b>0,53</b>	<b>2311,53</b>	<b>1,63</b>	<b>1691,26</b>	<b>-751</b>	<b>-32585,93</b>	<b>1,18</b>	<b>26368,13</b>
Potencial za zmanjševanje koncentracije ozona v stratosferi (ODP) [kg CFC-11 ekv.]	2,13E-05	1,51E-04	-4,70E-08	-2,05E-04	1,31E-07	1,36E-04	3,13E-05	1,36E-03	-2,25E-08	-5,03E-04
Potencial zakisanosti ozračja (AP) [kg SO2 ekv.]	0,982	6,95	2,00E-04	0,87	4,37E-03	4,53	0,538	23,34	8,30E-04	18,55
Potencial evtrofikacije (EP) [kg PO4 ekv.]	0,162	1,15	2,98E-05	0,13	5,19E-04	0,54	0,0827	3,59E+00	2,18E-04	4,87
Potencial fotokemičnega nastajanja ozona (poletni smog) v nižjih plasteh ozračja (POCP) [kg C2H4 ekv.]	0,132	0,93	-5,88E-05	-0,26	3,63E-04	0,38	0,0658	2,86E+00	3,35E-06	0,07

Preglednica D.2.4: Izračun okoljskih kazalnikov (Riko ModEko - masivne stene) 4/4

	PE folija (0.95 g/cm3); 6.6.2 Dampfbremse PE		Paroprepustna PP folija (195 g/m2); 6.6.1 Unterspannbahn PP		Žagan smrekov les (neobelano); 3.1.1 Schnittholz fichte		EOL naravni les; 3.4 EOL Holz, naturbelassen in MVA		SKUPNA BILANCA (Riko ModEko – masivne stene)
	na kg	skupno	na kg	skupno	na m3	skupno	na kg	skupno	
<b>Primarna energija, neobnovljiva [MJ]</b>	<b>74,7</b>	<b>1212,93</b>	<b>86,4</b>	<b>2497,52</b>	<b>4635,00</b>	<b>29614,54</b>	<b>-13,70</b>	<b>-42191,29</b>	<b>90496,05</b>
rjavi premog	1,494	24,26	1,728	49,95	648,90	4146,03	-0,82	-2531,48	43505,28
črni premog	4,482	72,78	4,32	124,88	556,20	3553,74	-0,69	-2109,56	39624,91
zemeljski plin	23,157	376,01	27,648	799,21	324,45	2073,02	-11,51	-35440,68	-284167,21
nafta	43,326	703,50	49,248	1423,59	2224,80	14214,98	0,55	1687,65	232711,79
uran	2,241	36,39	3,456	99,90	880,65	5626,76	-1,23	-3797,22	62237,90
<b>Primarno energijo, obnovljivo [MJ]</b>	<b>1,3</b>	<b>21,11</b>	<b>1,23</b>	<b>35,55</b>	<b>10147,00</b>	<b>64832,51</b>	<b>-0,16</b>	<b>-477,35</b>	<b>898629,10</b>
vodna elektrarna	0,208	3,38	0,246	7,11	0	0	-0,07	-214,81	5379,34
vetrna elektrarna	0,143	2,32	0,1599	4,62	0	0	-0,08	-243,45	-346,20
solarna energija	0,962	15,62	0,8118	23,47	10147,00	64832,51	-0,01	-23,87	894734,12
biomasa	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sekundarna goriva [MJ]	0	0	0	0	0	0	0	0	288,37
Poraba vode [kg]	1,57	25,49	1,89	54,63	7740,00	49453,40	1,20	3695,59	602354,62
Surovinski odpadki [kg]	4	64,95	2,88	83,25	626,00	3999,72	-1,10	-3387,62	41856,59
Komunalni odpadki [kg]	1,87E-03	0,03	0,0125	0,36	0,02	0,10	2,84E-08	0	124,55
Ostali odpadki [kg]	3,03E-02	0,49	0,0037	0,11	0,81	5,20	2,98E-03	9,18	185,86
<b>Potencial globalnega segrevanja (GWP 100) [kg CO2 ekv.]</b>	<b>2,33</b>	<b>37,83</b>	<b>3,4</b>	<b>98,28</b>	<b>-780,00</b>	<b>-4983,68</b>	<b>1,00</b>	<b>3064,26</b>	<b>-18726,34</b>
Potencial za zmanjševanje koncentracije ozona v stratosferi (ODP) [kg CFC-11 ekv.]	6,85E-08	1,11E-06	1,00E-07	2,89E-06	2,42E-05	1,55E-04	-3,26E-08	-1,00E-04	1,73E-03
Potencial zakisanosti ozračja (AP) [kg SO2 ekv.]	8,28E-03	0,13	8,18E-03	0,24	0,42	2,66	-4,05E-04	-1,25	89,47
Potencial evtrofikacije (EP) [kg PO4 ekv.]	1,10E-03	1,79E-02	1,16E-03	3,35E-02	0,06	0,39	2,93E-07	9,02E-04	15,07
Potencial fotokemičnega nastajanja ozona (poletni smog) v nižjih plasteh ozračja (POCP) [kg C2H4 ekv.]	1,06E-03	1,72E-02	1,18E-03	3,41E-02	0,05	0,33	-5,91E-05	-0,18	9,61

Preglednica D.3.1: Izračun okoljskih kazalnikov (Zidano-betonska stavba) 1/4

	Silikonski zaključni omet s toplotnoizolativnim sistemom zunanjega zidu (brez TI); WDVS Silikonharzputz 2.21		Konstrukcijski les; 3.1.2 KVH (KVH; 529 kg/m <sup>3</sup> ; vlažnost 15%)		EOL naravni les; 3.4 EOL Holz, naturbelassen in MVA		Žagan macesnov les; 3.1.1 Schnittholz Lärche (661 kg/m <sup>3</sup> ; vlažnost 12%)		EOL naravni les; 3.4 EOL Holz, naturbelassen in MVA	
	na m <sup>2</sup>	skupno	na m <sup>3</sup>	skupno	na kg	skupno	na m <sup>3</sup>	skupno	na kg	skupno
<b>Primarna energija, neobnovljiva [MJ]</b>	<b>101</b>	<b>3793,56</b>	<b>5144</b>	<b>27781,10</b>	<b>-13,70</b>	<b>-39140,35</b>	<b>7259</b>	<b>37850,86</b>	<b>-13,70</b>	<b>-47219,45</b>
rjavi premog	7,07	265,55	720,16	3889,35	-0,82	-2348,42	943,67	4920,61	-0,82	-2833,17
črni premog	10,1	379,36	617,28	3333,73	-0,69	-1957,02	871,08	4542,10	-0,69	-2360,97
zemeljski plin	41,41	1555,36	360,08	1944,68	-11,51	-32877,89	580,72	3028,07	-11,51	-39664,34
nafta	32,32	1213,94	2366,24	12779,31	0,55	1565,61	3266,55	17032,89	0,55	1888,78
uran	10,1	379,36	1028,8	5556,22	-1,23	-3522,63	1596,98	8327,19	-1,23	-4249,75
<b>Primarno energijo, obnovljivo [MJ]</b>	<b>3,54</b>	<b>132,96</b>	<b>10800</b>	<b>58327,34</b>	<b>-0,16</b>	<b>-442,83</b>	<b>13976</b>	<b>72875,55</b>	<b>-0,16</b>	<b>-534,23</b>
vodna elektrarna	1,062	39,89	0	0	-0,07	-199,27	139,76	728,76	-0,07	-240,41
vetrna elektrarna	0,5664	21,27	0	0	-0,08	-225,84	0	0	-0,08	-272,46
solarna energija	1,8762	70,47	10800	58327,34	-0,01	-22,14	13836,24	72146,79	-0,01	-26,71
biomasa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sekundarna goriva [MJ]	2,058	77,30	0	0	0	0	0	0	0	0
Poraba vode [kg]	8,23	309,12	8906	48098,46	1,20	3428,35	10720	55897,67	1,20	4136,01
Surovinski odpadki [kg]	14,5	544,62	723	3904,69	-1,10	-3142,66	989	5156,98	-1,10	-3791,34
Komunalni odpadki [kg]	0,0668	2,51	0,0179	0,10	2,84E-08	8,11E-05	0,0218	0,11	2,84E-08	9,79E-05
Ostali odpadki [kg]	0,0165	0,62	0,941	5,08	2,98E-03	8,51	1,23	6,41	2,98E-03	10,27
<b>Potencial globalnega segrevanja (GWP 100) [kg CO2 ekv.]</b>	<b>6,96</b>	<b>261,42</b>	<b>-818</b>	<b>-4417,76</b>	<b>1,00</b>	<b>2842,67</b>	<b>-1020</b>	<b>-5318,62</b>	<b>1,00</b>	<b>3429,44</b>
Potencial za zmanjševanje koncentracije ozona v stratosferi (ODP) [kg CFC-11 ekv.]	2,60E-07	9,77E-06	2,79E-05	1,51E-04	-3,26E-08	-9,31E-05	4,18E-05	2,18E-04	-3,26E-08	-1,12E-04
Potencial zakisanosti ozračja (AP) [kg SO2 ekv.]	3,38E-02	1,27	0,456	2,46	-4,05E-04	-1,16	1,07	5,58	-4,05E-04	-1,40
Potencial evtrofikacije (EP) [kg PO4 ekv.]	2,11E-03	0,08	0,0679	0,37	2,93E-07	0,00	0,123	0,64	2,93E-07	1,01E-03
Potencial fotokemičnega nastajanja ozona (poletni smog) v nižjih plasteh ozračja (POCP) [kg C2H4 ekv.]	2,44E-02	0,92	0,0555	0,30	-5,91E-05	-0,17	0,103	0,54	-5,91E-05	-0,20

Preglednica D.3.2: Izračun okoljskih kazalnikov (Zidano-betonska stavba) 2/4

	OSB plošče Eurostrand Egger (615 kg/m <sup>3</sup> ); 3.2.4 OSB Eurostrand Egger		EOL OSB Eurostrand – Egger; 3.4 EOL OSB (Eurostrand Egger)		Kamena volna ISOVER (50 kg/m <sup>3</sup> ; λ= 0.035 W/mK) – talna izolacija; 2.01 Steinwolleplatte – Isolver		EPDM hidroizolacijska strešna folija (2mm); 6.3.3 Dachbahnen EPDM		PE folija (0.95 g/cm <sup>3</sup> ); 6.6.2 Dampfbremse PE	
	na m <sup>3</sup>	skupno	na kg	skupno	na kg	skupno	na kg	skupno	na kg	skupno
<b>Primarna energija, neobnovljiva [MJ]</b>	<b>4108</b>	<b>8378,76</b>	<b>-19,10</b>	<b>-23958,40</b>	<b>25,3</b>	<b>19314,53</b>	<b>116</b>	<b>22584,16</b>	<b>74,7</b>	<b>3669,32</b>
rjavi premog	369,72	754,09	-1,15	-1437,50	3,289	2510,89	3,48	677,52	1,494	73,39
črni premog	369,72	754,09	-0,96	-1197,92	3,289	2510,89	3,48	677,52	4,482	220,16
zemeljski plin	1478,88	3016,35	-15,09	-18927,13	10,373	7918,96	45,24	8807,82	23,157	1137,49
nafta	1314,56	2681,20	-0,19	-239,58	3,542	2704,03	60,32	11743,76	43,326	2128,20
uran	575,12	1173,03	-1,72	-2156,26	4,807	3669,76	4,64	903,37	2,241	110,08
<b>Primarno energijo, obnovljivo [MJ]</b>	<b>12700</b>	<b>25903,17</b>	<b>-0,22</b>	<b>-280,98</b>	<b>1,11</b>	<b>847,40</b>	<b>0,715</b>	<b>139,20</b>	<b>1,3</b>	<b>63,86</b>
vodna elektrarna	0	0	-0,10	-126,44	0,3219	245,74	0,39	76,56	0,208	10,22
vetna elektrarna	0	0	-0,11	-143,30	0,3108	237,27	0,29	57,07	0,143	7,02
solarna energija	12700	25903,17	-0,01	-14,05	0,4773	364,38	0,03	5,57	0,962	47,25
biomasa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sekundarna goriva [MJ]	0	0	0	0	0,199	151,92	0	0	0	0
Poraba vode [kg]	1363	2780,00	-0,44	-549,41	5,048	3853,74	3,62	704,78	1,57	77,12
Surovinski odpadki [kg]	513	1046,33	-1,61	-2019,53	4,92	3756,03	4,08	794,14	4	196,48
Komunalni odpadki [kg]	0,284	0,58	0	0	7,66E-04	0,58	9,80E-05	1,91E-02	1,87E-03	0,09
Ostali odpadki [kg]	0,356	0,73	-6,36E-04	-0,80	2,72E-03	2,08	0,02	3,08	3,03E-02	1,49
<b>Potencial globalnega segrevanja (GWP 100) [kg CO2 ekv.]</b>	<b>-864</b>	<b>-1762,23</b>	<b>0,53</b>	<b>666,07</b>	<b>1,63</b>	<b>1244,37</b>	<b>4,4</b>	<b>856,64</b>	<b>2,33</b>	<b>114,45</b>
Potencial za zmanjševanje koncentracije ozona v stratosferi (ODP) [kg CFC-11 ekv.]	2,13E-05	4,34E-05	-4,70E-08	-5,90E-05	1,31E-07	1,00E-04	1,25E-07	2,43E-05	6,85E-08	3,36E-06
Potencial zakisanosti ozračja (AP) [kg SO2 ekv.]	0,982	2,00	2,00E-04	0,25	4,37E-03	3,34	7,45E-03	1,45	8,28E-03	0,41
Potencial evtrofikacije (EP) [kg PO4 ekv.]	0,162	0,33	2,98E-05	0,04	5,19E-04	0,40	7,97E-04	1,55E-01	1,10E-03	5,40E-02
Potencial fotokemičnega nastajanja ozona (poletni smog) v nižjih plasteh ozračja (POCP) [kg C2H4 ekv.]	0,132	0,27	-5,88E-05	-0,07	3,63E-04	0,28	2,44E-03	4,75E-01	1,06E-03	5,21E-02

Preglednica D.3.3: Izračun okoljskih kazalnikov (Zidano-betonska stavba) 3/4

	Paroprepustna PP folija (195 g/m <sup>2</sup> ); 6.6.1 Unterspannbahn PP		Žagan smrekov les (neobdelano); 3.1.1 Schnittholz fichte		EOL naravni les; 3.4 EOL Holz, naturbelassen in MVA		PE folija s PP vlakni; 6.6.3 PE-HD mit PP-vlies zur Abdichtung		Poroton opečni zidak (740 kg/m <sup>3</sup> ; λ=0.08 W/mK) – nosilne stene; 1.3.02 Mauerzigel Poroton		Cementni estrih (1900 kg/m <sup>3</sup> ); 1.4.03 Zementestrich	
	na kg	skupno	na m <sup>3</sup>	skupno	na kg	skupno	na kg	skupno	na kg	skupno	na kg	skupno
<b>Primarna energija, neobnovljiva [MJ]</b>	<b>86,4</b>	<b>3699,04</b>	<b>4635,00</b>	<b>22236,21</b>	<b>-13,70</b>	<b>-31679,52</b>	<b>92,04</b>	<b>3328,35</b>	<b>1,60</b>	<b>77405,18</b>	<b>1,42</b>	<b>22369,12</b>
rjavi premog	1,728	73,98	648,90	3113,07	-0,82	-1900,77	2,76	99,85	0,05	2322,16	0,28	4473,82
črni premog	4,32	184,95	556,20	2668,35	-0,69	-1583,98	2,76	99,85	0,05	2322,16	0,18	2907,99
zemeljski plin	27,648	1183,69	324,45	1556,53	-11,51	-26610,80	26,69	965,22	1,22	58827,94	0,54	8500,26
nafta	49,248	2108,45	2224,80	10673,38	0,55	1267,18	55,22	1997,01	0,21	10062,67	0,24	3802,75
uran	3,456	147,96	880,65	4224,88	-1,23	-2851,16	4,60	166,42	0,08	3870,26	0,17	2684,29
<b>Primarno energijo, obnovljivo [MJ]</b>	<b>1,23</b>	<b>52,66</b>	<b>10147,00</b>	<b>48679,79</b>	<b>-0,16</b>	<b>-358,42</b>	<b>0,63</b>	<b>22,82</b>	<b>0,27</b>	<b>13158,88</b>	<b>0,023</b>	<b>356,02</b>
vodna elektrarna	0,246	10,53	0,00	0,00	-0,07	-161,29	0,30	10,95	0,01	263,18	0,010	153,09
vetrna elektrarna	0,1599	6,85	0,00	0,00	-0,08	-182,79	0,30	10,72	0,01	263,18	0,011	170,89
solarna energija	0,8118	34,76	10147,00	48679,79	-0,01	-17,92	0,03	1,14	0,26	12764,11	0,002	32,04
biomasa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sekundarna goriva [MJ]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,22	3418,38
Poraba vode [kg]	1,89	80,92	7740,00	37132,31	1,20	2774,85	2,06	74,39	0,28	13739,42	0,11	1780,08
Surovinski odpadki [kg]	2,88	123,30	626,00	3003,21	-1,10	-2543,61	4,22	152,60	0,11	5273,23	0,68	10648,96
Komunalni odpadki [kg]	0,0125	0,54	0,02	0,08	2,84E-08	6,57E-05	1,35E-03	0,05	6,38E-05	3,09	1,19E-05	0,19
Ostali odpadki [kg]	0,0037	0,16	0,81	3,91	2,98E-03	6,89	1,16E-02	0,42	3,67E-05	1,78	9,11E-05	1,44
<b>Potencial globalnega segrevanja (GWP 100) [kg CO2 ekv.]</b>	<b>3,4</b>	<b>145,56</b>	<b>-780,00</b>	<b>-3742,02</b>	<b>1,00</b>	<b>2300,81</b>	<b>2,84</b>	<b>102,70</b>	<b>0,13</b>	<b>6095,66</b>	<b>0,16</b>	<b>2567,72</b>
Potencial za zmanjševanje koncentracije ozona v stratosferi (ODP) [kg CFC-11 ekv.]	1,00E-07	4,28E-06	2,42E-05	1,16E-04	-3,26E-08	-7,54E-05	1,26E-07	4,56E-06	2,06E-09	9,95E-05	4,50E-09	7,09E-05
Potencial zakisanosti ozračja (AP) [kg SO2 ekv.]	8,18E-03	0,35	0,42	2,00	-4,05E-04	-0,94	5,60E-03	0,20	2,28E-04	11,03	3,31E-04	5,21
Potencial evtrofikacije (EP) [kg PO4 ekv.]	1,16E-03	0,05	0,06	0,30	2,93E-07	6,78E-04	5,13E-04	1,86E-02	2,71E-05	1,31	5,10E-05	0,80
Potencial fotokemičnega nastajanja ozona (poletni smog) v nižjih plasteh ozračja (POCP) [kg C2H4 ekv.]	1,18E-03	0,05	0,05	0,25	-5,91E-05	-0,14	1,13E-03	0,04	2,00E-05	0,97	3,87E-05	0,61

Preglednica D.3.4: Izračun okoljskih kazalnikov (Zidano-betonska stavba) 4/4

	Prefabricirana armiranobetonska plošča 20cm (504 kg/m <sup>2</sup> ); 1.3.05 Betonfertigteileil decke		Mineralna volna (fasada) (46 kg/m <sup>3</sup> ; λ= 0.035 W/mK); 2.01 Mineralwolle (Fassaden-Dämmung); 46 kg/m <sup>3</sup>		Kamena volna ISOVER (50 kg/m <sup>3</sup> ; λ= 0.035 W/mK) – zvočna izolacija; 2.01 Steinwolleplatte – Isolver		Mineralna volna (ravna streha) (145 kg/m <sup>3</sup> ; λ= 0.035 W/mK); 2.01 Mineralwolle (Flachdach-Dämmung); 145 kg/m <sup>3</sup>		Poroton opečni zidaki (740 kg/m <sup>3</sup> ; λ=0.08 W/mK) – predelne stena; 1.3.02 Mauerziegel Poroton		SKUPNA BILANCA (zidano-betonska stavba)
	na m <sup>2</sup>	skupno	na m <sup>3</sup>	skupno	na kg	skupno	na m <sup>3</sup>	skupno	na kg	skupno	
<b>Primarna energija, neobnovljiva [MJ]</b>	<b>597,00</b>	<b>106367,49</b>	<b>929</b>	<b>20221,36</b>	<b>25,3</b>	<b>1621,60</b>	<b>2381</b>	<b>55627,11</b>	<b>1,60</b>	<b>12914,89</b>	<b>307164,92</b>
rjavi premog	113,43	20209,82	74,32	1617,71	3,289	210,81	214,29	5006,44	0,05	387,45	42086,65
črni premog	167,16	29782,90	260,12	5661,98	3,289	210,81	880,97	20582,03	0,05	387,45	70126,42
zemeljski plin	83,58	14891,45	325,15	7077,48	10,373	664,86	595,25	13906,78	1,22	9815,32	26718,09
nafta	113,43	20209,82	148,64	3235,42	3,542	227,02	404,77	9456,61	0,21	1678,94	118217,40
uran	113,43	20209,82	111,48	2426,56	4,807	308,10	309,53	7231,52	0,08	645,74	49254,77
<b>Primarno energijo, obnovljivo [MJ]</b>	<b>29,30</b>	<b>5220,38</b>	<b>27,3</b>	<b>594,23</b>	<b>1,11</b>	<b>71,15</b>	<b>47,4</b>	<b>1107,40</b>	<b>0,27</b>	<b>2195,53</b>	<b>228131,88</b>
vodna elektrarna	10,84	1931,54	7,371	160,44	0,3219	20,63	18,96	442,96	0,01	43,91	3411,00
vetna elektrarna	7,03	1252,89	7,371	160,44	0,3108	19,92	19,434	454,03	0,01	43,91	1881,08
solarna energija	11,13	1983,74	12,558	273,35	0,4773	30,59	9,006	210,41	0,26	2129,67	222923,75
biomasa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sekundarna goriva [MJ]	102	18173,34	4,44	96,64	0,199	12,75	18,4	429,88	0	0	22360,22
Poraba vode [kg]	210,00	37415,70	139,000	3025,59	5,048	323,55	284,000	6635,07	0,28	2292,39	224010,10
Surovinski odpadki [kg]	289,00	51491,13	198	4309,83	4,92	315,35	620	14485,01	0,11	879,83	94584,57
Komunalni odpadki [kg]	0,93	165,70	3,89E-02	0,85	7,66E-04	0,05	1,24E-02	0,29	6,38E-05	0,51	175,33
Ostali odpadki [kg]	0,11	19,60	6,30E-02	1,37	2,72E-03	0,17	1,55E-01	3,62	3,67E-05	0,30	77,12
<b>Potencial globalnega segrevanja (GWP 100) [kg CO2 ekv.]</b>	<b>89,30</b>	<b>15910,58</b>	<b>68,8</b>	<b>1497,56</b>	<b>1,63</b>	<b>104,47</b>	<b>193</b>	<b>4509,04</b>	<b>0,13</b>	<b>1017,05</b>	<b>28425,60</b>
Potencial za zmanjševanje koncentracije ozona v stratosferi (ODP) [kg CFC-11 ekv.]	3,09E-06	5,51E-04	3,05E-06	6,65E-05	1,31E-07	8,40E-06	8,11E-06	1,89E-04	2,06E-09	1,66E-05	1,34E-03
Potencial zakisanosti ozračja (AP) [kg SO2 ekv.]	0,177	31,54	3,30E-01	7,18	4,37E-03	0,28	1,03E+00	23,99	2,28E-04	1,84	96,90
Potencial evtrofikacije (EP) [kg PO4 ekv.]	0,024	4,28	4,16E-02	0,91	5,19E-04	0,03	1,15E-01	2,69	2,71E-05	0,22	12,66
Potencial fotokemičnega nastajanja ozona (poletni smog) v nižjih plasteh ozračja (POCP) [kg C2H4 ekv.]	0,017	2,99	1,86E-02	0,40	3,63E-04	0,02	5,97E-02	1,39	2,00E-05	0,16	9,14

## PRILOGA E: IZRAČUN OKOLJSKIH KAZALNIKOV PO VERZIJI 2011

Preglednica E.1: Izračun okoljskih kazalnikov (Riko ModEko - okvirni sistem) 1/4

	Silikonski zaključni omet s toplotnoizolativnim sistemom zunanega zidu (brez TI); WDVS Silikonharzputz 2.21		Lesno vlaknene plošče DFF Egger (suh postopek) (280kg/m <sup>3</sup> ; λ=0.047W/mK); 2.10 Holzfaserplatte DFF Egger 280 kg/m <sup>3</sup>		EOL DFF – Egger; 2.22 EOL DFF – Egger		Toplotna izolacija iz celuloznih vlaken za vpihovanje (50kg/m <sup>3</sup> ; λ=0.04-0.045 W/mK); 2.11 Zellulosefaser Einblas-Dämmstoffe		Lepljene lesene grede; 3.1.3 Balkenschichtholz Nadelholz (515 kg/m <sup>3</sup> ; 12% vlažnost, iglavci)		EOL naravni les; 3.4 EOL Holz, naturbelassen in MVA	
	na m <sup>2</sup>	skupno	na m <sup>3</sup>	skupno	na m <sup>3</sup>	skupno	na kg	skupno	na m <sup>3</sup>	skupno	na kg	skupno
<b>Primarna energija, neobnovljiva [MJ]</b>	<b>139</b>	<b>5220,84</b>	<b>5204</b>	<b>96991,11</b>	<b>-5742</b>	<b>-107018,25</b>	<b>3,29</b>	<b>9735,51</b>	<b>4861</b>	<b>15169,43</b>	<b>-11,90</b>	<b>-19124,84</b>
rjavi premog	9,73	365,46	520,40	9699,11	-344,52	-6421,09	0,33	973,55	631,93	1972,03	-1,55	-2486,23
črni premog	11,12	417,67	468,36	8729,20	-287,10	-5350,91	1,09	3212,72	534,71	1668,64	-1,31	-2103,73
zemeljski plin	55,6	2088,34	1821,40	33946,89	-4536,18	-84544,42	0,92	2725,94	680,54	2123,72	-7,38	-11857,40
nafta	51,43	1931,71	1665,28	31037,16	-57,42	-1070,18	0,56	1655,04	2381,89	7433,02	-0,12	-191,25
uran	11,12	417,67	780,60	14548,67	-516,78	-9631,64	0,39	1168,26	631,93	1972,03	-1,55	-2486,23
<b>Primarno energijo, obnovljivo [MJ]</b>	<b>8,76</b>	<b>329,03</b>	<b>4591</b>	<b>85566,14</b>	<b>-65,9</b>	<b>-1228,23</b>	<b>0,92</b>	<b>2734,23</b>	<b>10553</b>	<b>32932,11</b>	<b>-0,91</b>	<b>-1462,49</b>
vodna elektrarna	1,6644	62,51	45,91	855,66	-29,66	-552,70	0,05	136,71	105,53	329,32	-0,16	-263,25
vetrna elektrarna	1,5768	59,22	45,91	855,66	-33,61	-626,40	0,07	218,74	105,53	329,32	-0,37	-599,62
solarna energija	5,5188	207,29	4499,18	83854,82	-3,30	-61,41	0,80	2378,78	10341,94	32273,47	-0,37	-599,62
biomasa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sekundarna goriva [MJ]	2,74	102,91	0	0	-0,42	-7,87	0,00254	7,52	0,772	2	-0,00166	-2,67
Poraba vode [kg]	5224	196213,44	780	14537,5	-127	-2367,00	186,00	550396,47	374594	1168973,02	-919,00	-1476952,10
Surovinski odpadki [kg]	16,6	623,50	677	12617,8	-476	-8871,59	1,73	5119,28	838	2615,10	-2,07	-3329,97
Komunalni odpadki [kg]	0	0	0,42	7,828	-0,00983	-0,18	0	0	0	0,00	0,00E+00	0,00
Ostali odpadki [kg]	0,00343	0,13	0,941	17,538	-0,194	-3,62	0,00012	0,36	0,246	0,77	-6,13E-04	-0,99
<b>Potencial globalnega segrevanja (GWP 100) [kg CO2 ekv.]</b>	<b>6,88</b>	<b>258,41</b>	<b>-137</b>	<b>-2553,38</b>	<b>140</b>	<b>2609,29</b>	<b>-0,652</b>	<b>-1929,35</b>	<b>-778</b>	<b>-2427,86</b>	<b>1,07</b>	<b>1714,81</b>
Potencial za zmanjševanje koncentracije ozona v stratosferi (ODP) [kg CFC-11 ekv.]	5,31E-08	1,99E-06	2,45E-05	4,57E-04	-1,39E-05	-2,59E-04	3,35E-10	9,91E-07	6,86E-07	2,14E-06	-1,69E-09	-2,72E-06
Potencial zakisanosti ozračja (AP) [kg SO2 ekv.]	2,54E-02	0,95	0,925	17,24	-0,0189	-0,35	1,11E-03	3,28	0,719	2,24	-8,27E-04	-1,33
Potencial evtrofikacije (EP) [kg PO4 ekv.]	2,40E-03	0,09	0,124	2,31	0,0000183	0,00	1,53E-04	0,45	0,0796	0,25	-7,34E-05	-0,12
Potencial fotokemičnega nastajanja ozona (poletni smog) v nižjih plasteh ozračja (POCP) [kg C2H4 ekv.]	1,29E-02	0,48	0,143	2,67	-0,0217	-0,40	7,69E-05	0,23	0,0691	0,22	-8,32E-05	-0,13



Preglednica E.2: Izračun okoljskih kazalnikov (Riko ModEko - okvirni sistem) 2/4

	Konstrukcijski les; 3.1.2 KVH (KVH; 529 kg/m <sup>3</sup> ; vlažnost 15%)		EOL naravni les; 3.4 EOL Holz, naturbelassen in MVA		Žagan macesnov les; 3.1.1 Schnittholz Lärche (661 kg/m <sup>3</sup> ; vlažnost 12%)		EOL naravni les; 3.4 EOL Holz, naturbelassen in MVA		EPDM hidroizolacijska strešna folija (2mm); 6.3.3 Dachbahnen EPDM		Lesno vlaknene plošče (moker postopek) (230 kg/m <sup>3</sup> (Hofatex), 160 kg/m <sup>3</sup> (Steico); λ=0.046 W/mK); 2.10 Holzfaserdämmplatte (Mokernostonek)	
	na m <sup>3</sup>	skupno	na kg	skupno	na m <sup>3</sup>	skupno	na kg	skupno	na kg	skupno	na kg	skupno
<b>Primarna energija, neobnovljiva [MJ]</b>	<b>4271</b>	<b>51826,64</b>	<b>-11,90</b>	<b>-76388,17</b>	<b>4502</b>	<b>23474,94</b>	<b>-11,90</b>	<b>-41015,44</b>	<b>110</b>	<b>21416,01</b>	<b>2026</b>	<b>2597,13</b>
rjavi premog	555,23	6737,46	-1,55	-9930,46	360,16	1877,99	-1,55	-5332,01	2,2	428,32	202,6	259,71
črni premog	512,52	6219,20	-1,31	-8402,70	360,16	1877,99	-1,31	-4511,70	2,2	428,32	182,34	233,74
zemeljski plin	427,1	5182,66	-7,38	-47360,66	495,22	2582,24	-7,38	-25429,57	57,2	11136,33	1215,6	1558,28
nafta	2220,92	26949,85	-0,12	-763,88	2791,24	14554,46	-0,12	-410,15	45,1	8780,56	222,86	285,68
uran	555,23	6737,46	-1,55	-9930,46	495,22	2582,24	-1,55	-5332,01	2,2	428,32	202,6	259,71
<b>Primarno energijo, obnovljivo [MJ]</b>	<b>10680</b>	<b>129596,93</b>	<b>-0,91</b>	<b>-5841,45</b>	<b>12498</b>	<b>65168,76</b>	<b>-0,91</b>	<b>-3136,47</b>	<b>1,66</b>	<b>323,19</b>	<b>3353</b>	<b>4298,21</b>
vodna elektrarna	106,8	1295,97	-0,16	-1051,46	124,98	651,69	-0,16	-564,57	0,38	74,33	33,53	42,98
vetna elektrarna	106,8	1295,97	-0,37	-2394,99	124,98	651,6875883	-0,37	-1285,95	0,63	122,81	33,53	42,98
solarna energija	10466,4	127004,99	-0,37	-2394,99	12248,04	63865,38	-0,37	-1285,95	0,63	122,81	3285,94	4212,25
biomasa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
Sekundarna goriva [MJ]	0,685	8,31	-0,00166	-10,66	0,527	2,75	-0,00166	-5,72	0,0139	0	0,246	0,32
Poraba vode [kg]	337370	4093831,11	-919,00	-5899220,70	294385	1535022,01	-919,00	-3167494,72	1825	355311,08	123903	158831,26
Surovinski odpadki [kg]	754	9149,45	-2,07	-13300,53	515	2685,38	-2,07	-7141,51	3,64	708,68	278,00	356,37
Komunalni odpadki [kg]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostali odpadki [kg]	0,222	2,69	-6,13E-04	-3,93	0,193	1,01	-6,13E-04	-2,11	0	0,21	8,21E-02	0,11
<b>Potencial globalnega segrevanja (GWP 100) [kg CO2 ekv.]</b>	<b>-822</b>	<b>-9974,60</b>	<b>1,07</b>	<b>6849,26</b>	<b>-1022</b>	<b>-5329,05</b>	<b>1,07</b>	<b>3677,60</b>	<b>3,86</b>	<b>751,51</b>	<b>-230</b>	<b>-294,84</b>
Potencial za zmanjševanje koncentracije ozona v stratosferi (ODP) [kg CFC-11 ekv.]	6,11E-07	7,41E-06	-1,69E-09	-1,08E-05	2,17E-06	1,13E-05	-1,69E-09	-5,82E-06	3,60E-09	7,01E-07	2,27E-07	2,91E-07
Potencial zakisanosti ozračja (AP) [kg SO2 ekv.]	0,663	8,05	-8,27E-04	-5,31	0,878	4,58	-8,27E-04	-2,85	6,04E-03	1,18	0,193	0,25
Potencial evtrofikacije (EP) [kg PO4 ekv.]	0,0723	0,88	-7,34E-05	-0,47	0,107	0,56	-7,34E-05	-0,25	5,92E-04	1,15E-01	2,23E-02	0,03
Potencial fotokemičnega nastajanja ozona (poletni smog) v nižjih plasteh ozračja (POCP) [kg C2H4 ekv.]	0,0616	0,75	-8,32E-05	-0,53	0,0725	0,38	-8,32E-05	-0,29	2,21E-03	4,30E-01	4,02E-02	0,05

Preglednica E.3: Izračun okoljskih kazalnikov (Riko ModEko - okvirni sistem) 3/4

	OSB plošče Eurostrand Egger (615 kg/m <sup>3</sup> ); 3.2.4 OSB Eurostrand Egger		EOL OSB Eurostrand – Egger; 3.4 EOL OSB (Eurostrand Egger)		Mavčno-vlakenne plošče; 1.3.13 Gipsfaserplatte 10 kg/m <sup>2</sup>		Kamena volna ISOVER (50 kg/m <sup>3</sup> ; λ= 0.035 W/mK); 2.01 Steinwolleplatte – Isolver		Lepljene lesene lamele (BSH); 3.1.4 Brettschichtholz Nadel holz 515 kg/m <sup>3</sup>		EOL leseni materiali; 3.4 EOL Holzwerkstoffe in MVA	
	na m <sup>3</sup>	skupno	na kg	skupno	na m <sup>2</sup> (debelina 10mm)	skupno	na kg	skupno	na m <sup>3</sup>	skupno	na kg	skupno
<b>Primarna energija, neobnovljiva [MJ]</b>	<b>4109</b>	<b>42516,27</b>	<b>-19,10</b>	<b>-121542,33</b>	<b>55,05</b>	<b>27950,26</b>	<b>25,3</b>	<b>30115,67</b>	<b>5958</b>	<b>67693,90</b>	<b>-8,93</b>	<b>-52252,58</b>
rjavi premog	369,81	3826,46	-1,15	-7292,54	2,7525	1397,51	3,289	3915,04	834,12	9477,15	-1,16	-6792,84
črni premog	369,81	3826,46	-0,96	-6077,12	3,303	1677,02	3,289	3915,04	714,96	8123,27	-0,98	-5747,78
zemeljski plin	1479,24	15305,86	-15,09	-96018,44	40,737	20683,19	10,373	12347,42	595,8	6769,39	-5,54	-32396,60
nafta	1314,88	13605,21	-0,19	-1215,42	5,505	2795,03	3,542	4216,19	2621,52	29785,32	0	0
uran	575,26	5952,28	-1,72	-10938,81	2,7525	1397,51	4,807	5721,98	1191,6	13538,78	-1,16	-6792,84
<b>Primarno energijo, obnovljivo [MJ]</b>	<b>12701</b>	<b>131418,64</b>	<b>-0,22</b>	<b>-1425,42</b>	<b>1,78</b>	<b>903,75</b>	<b>1,11</b>	<b>1321,28</b>	<b>10591</b>	<b>120333,35</b>	<b>-0,69</b>	<b>-4054,99</b>
vodna elektrarna	0	0	-0,10	-641,44	0,3204	162,68	0,3219	383,17	105,91	1203,33	-0,12	-729,90
vetrna elektrarna	0	0	-0,11	-726,96	0,712	361,50	0,3108	369,96	0	0	-0,28	-1662,54
solarna energija	12701	131418,64	-0,01	-71,27	0,7476	379,58	0,4773	568,15	10485,09	119130,02	-0,28	-1662,54
biomasa	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0
Sekundarna goriva [MJ]	0	0	0	0,00	0,00797	4,04656825	0,199	236,88	0	0	-0,00125	-7,31
Poraba vode [kg]	1365	14123,81	-0,44	-2787,20	1798	912889,55	5,048	6008,85	9577	108812,44	-699,00	-4090095,57
Surovinski odpadki [kg]	513	5308,07	-1,61	-10245,19	4,54	2305,07	4,92	5856,49	819	9305,36	-1,58	-9245,14
Komunalni odpadki [kg]	0,285	2,95	0,00E+00	0,00	0	0	7,66E-04	0,91	0,0233	0,26	0,00E+00	0,00
Ostali odpadki [kg]	0,831	8,60	-6,36E-04	-4,05	0,00118	0,60	2,72E-03	3,24	1,09	12,38	-4,67E-04	-2,73
<b>Potencial globalnega segrevanja (GWP 100) [kg CO2 ekv.]</b>	<b>-953</b>	<b>-9860,80</b>	<b>-0,0000531</b>	<b>-0,34</b>	<b>3,44</b>	<b>1746,57</b>	<b>1,63</b>	<b>1940,26</b>	<b>-751</b>	<b>-8532,75</b>	<b>1,22</b>	<b>7138,65</b>
Potencial za zmanjševanje koncentracije ozona v stratosferi (ODP) [kg CFC-11 ekv.]	2,13E-05	2,20E-04	-4,70E-08	-2,99E-04	3,28E-09	1,67E-06	1,31E-07	1,56E-04	3,13E-05	3,56E-04	-1,29E-09	-7,55E-06
Potencial zakisanosti ozračja (AP) [kg SO2 ekv.]	0,982	10,16	2,00E-04	1,27	4,49E-03	2,28	4,37E-03	5,20	0,538	6,11	-1,07E-05	-0,06
Potencial evtrofikacije (EP) [kg PO4 ekv.]	0,162	1,68	2,98E-05	0,19	7,64E-04	0,39	5,19E-04	0,62	0,0827	9,40E-01	6,15E-05	0,36
Potencial fotokemičnega nastajanja ozona (poletni smog) v nižjih plasteh ozračja (POCP) [kg C2H4 ekv.]	0,132	1,37	-5,88E-05	-0,37	4,78E-04	0,24	3,63E-04	0,43	0,0658	7,48E-01	-3,67E-05	-2,15E-01

Preglednica E.4: Izračun okoljskih kazalnikov (Riko ModEko - okvirni sistem) 4/4

	PE folija (0,95 g/cm <sup>3</sup> ); 6.6.2 Dampfbremse PE		Paroprepustna PP folija (195 g/m <sup>2</sup> ); 6.6.1 Unterspannbahn PP		Žagan smrekov les (neobdelano); 3.1.1 Schnittholz fichte		EOL naravni les; 3.4 EOL Holz, naturbelassen in MVA		Mavčno-kartonske plošče; 1.3.13 Gipskartonplatte		PE folija s PP vlakni; 6.6.3 PE-HD mit PP-vlies zur Abdichtung		SKUPNA BILANCA (osnovna različica 2011)
	na kg	skupno	na kg	skupno	na m <sup>3</sup>	skupno	na kg	skupno	na m <sup>2</sup> (12,5 mm debeline)	skupno	na kg	skupno	
<b>Primarna energija, neobnovljiva [MJ]</b>	<b>70,9</b>	<b>1151,23</b>	<b>81,05</b>	<b>2342,87</b>	<b>2741,00</b>	<b>37946,71</b>	<b>-11,90</b>	<b>-79407,06</b>	<b>37,30</b>	<b>6185,09</b>	<b>85,09</b>	<b>3077,02</b>	<b>-51338,03</b>
rjavi premog	1,418	23,02	1,621	46,86	370,80	5133,40	-1,55	-10322,92	0,75	123,70	2,55	92,31	-2229,00
črni premog	4,254	69,07	3,242	93,71	191,87	2656,27	-1,31	-8734,78	2,98	494,81	2,55	92,31	2806,72
zemeljski plin	31,196	506,54	32,42	937,15	246,69	3415,20	-7,38	-49232,38	25,36	4205,86	36,59	1323,12	-220001,33
nafta	32,614	529,57	41,3355	1194,86	1891,29	26183,23	-0,12	-794,07	3,73	618,51	40,84	1476,97	168587,41
uran	1,418	23,02	2,4315	70,29	219,28	3035,74	-1,55	-10322,92	4,48	742,21	2,55	92,31	3253,57
<b>Primarno energijo, obnovljivo [MJ]</b>	<b>1,8</b>	<b>29,23</b>	<b>1,87</b>	<b>54,06</b>	<b>9049,00</b>	<b>125275,37</b>	<b>-0,91</b>	<b>-6072,30</b>	<b>2,11</b>	<b>349,88</b>	<b>1,56</b>	<b>56,41</b>	<b>677469,21</b>
vodna elektrarna	0,198	3,22	0,2431	7,03	0,00	0,00	-0,16	-1093,01	0,21	34,99	0,30	10,72	357,98
vetrna elektrarna	0,324	5,26	0,3927	11,35	90,49	1252,75	-0,37	-2489,64	0,08	14,00	0,62	22,57	-4172,34
solarna energija	1,278	20,75	1,2342	35,68	8958,51	124022,62	-0,37	-2489,64	1,79	297,40	0,64	23,13	681250,31
biomasa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
Sekundarna goriva [MJ]	0,0137	0	0,00965	0	0,313	4,33	-0,00166	-11,08	0	0	0,01	0,36	324,53
Poraba vode [kg]	1006	16334,82	1197	34601,08	131142,00	1815544,54	-919,00	-6132360,16	10,70	1774,27	1624,00	58727,09	-9729345,16
Surovinski odpadki [kg]	3,84	62,35	2,62	75,74	289,00	4000,95	-2,07	-13826,17	2,09	347,06	3,54	128,01	-4695,48
Komunalni odpadki [kg]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11,77
Ostali odpadki [kg]	6,14E-04	0,01	0,000855	0,02	0,08	1,17	-6,13E-04	-4,09	1,53E-03	0,25	1,05E-03	0,04	27,60
<b>Potencial globalnega segrevanja (GWP 100) [kg CO2 ekv.]</b>	<b>2,095</b>	<b>34,02</b>	<b>2,91</b>	<b>84,12</b>	<b>-776,00</b>	<b>-10743,03</b>	<b>1,07</b>	<b>7119,94</b>	<b>2,16</b>	<b>358,17</b>	<b>2,38</b>	<b>86,07</b>	<b>-17277,30</b>
Potencial za zmanjševanje koncentracije ozona v stratosferi (ODP) [kg CFC-11 ekv.]	3,55E-09	5,76E-08	9,44E-09	2,73E-07	2,33E-07	3,23E-06	-1,69E-09	-1,13E-05	1,71E-07	2,84E-05	3,22E-09	1,16E-07	6,51E-04
Potencial zakisanosti ozračja (AP) [kg SO2 ekv.]	7,53E-03	0,12	7,80E-03	0,23	0,35	4,79	-8,27E-04	-5,52	5,53E-03	0,92	4,65E-03	0,17	53,60
Potencial evtrofikacije (EP) [kg PO4 ekv.]	6,48E-04	1,05E-02	8,94E-04	0,03	0,05	0,70	-7,34E-05	-0,49	8,77E-04	0,15	3,91E-04	0,01	8,42
Potencial fotokemičnega nastajanja ozona (poletni smog) v nižjih plasteh ozračja (POCP) [kg C2H4 ekv.]	1,20E-03	1,95E-02	1,60E-03	0,05	0,03	0,45	-8,32E-05	-0,56	4,79E-04	0,08	1,09E-03	0,04	6,12