

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*



MAŠA REBERNIK

**OKOLJSKO VREDNOTENJE RAVNIH IN
POŠEVNIH STREH**

DIPLOMSKA NALOGA

**UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI PROGRAM
PRVE STOPNJE GRADBENIŠTVO**

Ljubljana, 2018

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



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

**UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI
PROGRAM PRVE STOPNJE
GRADBENIŠTVO**

Kandidat/-ka:

MAŠA REBERNIK

OKOLJSKO VREDNOTENJE RAVNIH IN POŠEVNIH STREH

ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF FLAT AND SLOPE ROOFS

Mentor/-ica:

izr. prof. dr. Roman Kunič

Predsednik komisije:

Somentor/-ica:

asist. David Božiček

Član komisije:

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

»Ta stran je namenoma prazna«

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN Z IZVLEČKOM

UDK	692.4(043.2)
Avtor	Maša Rebernik
Mentor	izr. prof. dr. Roman Kunič
Somentor	asist. David Božiček
Naslov	Okoljsko vrednotenje ravnih in poševnih streh
Tip dokumenta	diplomska naloga - univerzitetni študij
Obseg in oprema	43 str., 3 pregl., 8 sl., 6 en., 1 pril.
Ključne besede	LCA, okoljski vpliv, gradbeni proizvod, konstrukcijski sklop, ravna streha, poševna streha, streha, okoljska deklaracija proizvoda, EPD, nosilna konstrukcija, toplotna izolacija.

Izvleček

V današnjem svetu se vse bolj zavedamo antropogenih vplivov na okolje (npr. problema podnebnih sprememb), posledično postaja okoljska sprejemljivost proizvodov vedno bolj pomembna. Razvile so se različne metodologije za oceno okoljskih vplivov proizvodov, ena izmed najbolj uporabljenih pa je metodologija ocene življenjskega cikla (LCA). Z LCA spremljamo proizvod skozi njegov življenjski cikel in tako dobimo podatke o njegovem okoljskem vplivu. V nalogi se ukvarjamo z analizo okoljskih vplivov gradbenih proizvodov, uporabljenih v konstrukcijskih sklopih ravnih in poševnih streh. Pri tem smo uporabili okoljske deklaracije proizvodov ali dokumente EPD. V EPD-jih preko rezultatov metodologije LCA podajamo pregledne in primerljive informacije o vplivu gradbenih proizvodov na okolje. Konstrukcijske sklope smo analizirali za fazo življenjskega cikla »od zibelke do vrat«. Analiza je bila razdeljena na tri dele. V prvem delu smo obravnavali posamezne proizvode konstrukcijskega sklopa in jih primerjali v sedmih okoljskih kategorijah (GWP, ODP, POCP, AP, EP, ADPE in ADPF), z drugo analizo smo celotne sestave primerjali med seboj prav tako v vseh sedmih kategorijah in pri tretji analizi smo na poenostavljen način razvrstili obravnavane sklope glede na njihov okoljski vpliv in tako dobili najmanj obremenjujoč konstrukcijski sestav. Ugotovili smo, da materiali za nosilno konstrukcijo in toplotno izolacijo prevladujoče prispevajo k skupnemu okoljskemu vplivu streh, vendar tudi drugi materiali (npr. opečna kritina, parna ovira itd.) pomembno prispevajo k okoljskemu vplivu v določenih kategorijah. Endoskeletni sistemi nosilne konstrukcije so izkazali manjši okoljski vpliv v večini kategorij, kar nakazuje na to, da lahko že z izbiro sistema nosilne konstrukcije pomembno zmanjšamo okoljski vpliv.

»Ta stran je namenoma prazna«

BIBLIOGRAFIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC	692.4(043.2)
Author	Maša Rebernik
Supervisor	Assoc. Prof. Roman Kunič
Cosupervisor	Assist. David Božiček
Title	Environmental assessment of flat and slope roofs
Document type	Graduation Thesis - University studies
Scope and tools	43 p., 3 tab., 8 fig., 6 eq., 1 ann.
Keywords	LCA, environmental impact, construction product, construction sets, flat roof, slope roof, roof, environmental declaration, EPD, supporting structure, thermal insulation.

Abstract

In today's World, we are becoming increasingly aware of the anthropogenic impacts on the environment (eg. The problem of climate change), and consequently the environmental acceptability of products becomes more and more important. Various methodologies have been developed to assess the environmental impacts of products, and one of the most widely used is the Life Cycle Assessment (LCA) methodology. With the LCA method we monitor the product through its life cycle and thus obtain data on its environmental impact. The thesis deals with the analysis of the environmental impacts of construction products used in construction sets of flat and slope roofs. In doing so, we used environmental product declarations or Environmental Product Declaration (EPD) documents. Through the results of the LCA, the EPD provide transparent and comparable information on the impact of construction products on the environment. Construction assemblies were analyzed for the "cradle to the gate" phase of the life cycle. We did three analyzes. In the first, we compared the individual products of the construction set in seven environmental categories (GWP, ODP, POCP, AP, EP, ADPE and ADPF). In the second, the overall composition was compared to each other in all seven categories, and in the third, we simplified the sets according to their environmental impact in a simplified way, and thus obtained the least burdensome construction structure. We found that the materials for supporting structure and thermal insulation contribute predominantly to the overall environmental impact of roofs, but other materials (eg brick roof, steam barrier, etc.) make an important contribution to the environmental impact in certain categories. Endoscope support systems have proven to have less environmental impact in most categories, which suggests that by selecting a supporting structure, the environmental impact can be significantly reduced.

»Ta stran je namenoma prazna«

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem mentorju izr. prof. dr. Romanu Kuniču in somentorju asist. Davidu Božičku za posvečen čas pri izoblikovanju ideje in izdelavi diplomskega dela.

Posebna zahvala gre tudi moji družini, ki mi je nudila vso podporo in spodbudo v času študija.

»Ta stran je namenoma prazna«

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
1.1	Opis problema	1
1.2	Cilji in hipoteze	2
2	VREDNOTENJE OKOLJSKEGA VPLIVA STAVB	4
2.1	Zgodovinski oris	4
2.2	Pravna podlaga	4
2.2.1	Zakonodaja na področju okoljskega vrednotenja stavb	5
2.3	Osnovna razlaga pojmov	7
2.3.1	Okoljsko vrednotenje	7
2.3.1.1	Okoljski vplivi gradbenih proizvodov	8
2.3.2	Pojmi, zajeti v okoljski deklaraciji proizvoda	11
2.4	Trajnostno vrednotenje stavb	12
2.5	Metoda vrednotenja življenjskega cikla	12
2.5.1	Opis standardov za metodo LCA	13
2.6	Okoljske deklaracije	15
2.6.1	Razlike med oblikami okoljskega označevanja proizvodov	15
3	PRAKTIČNI DEL	18
3.1	Metodologija	18
3.2	Konstrukcijski sklopi	18
3.3	Okoljske karakteristike	21
4	REZULTATI	25
4.1	Analiza prispevka posameznih elementov KS-jev k okoljskem vplivu	25
4.1.1	Eksoskeletna ravna streha z NK iz XLAM-a in TI iz kamene volne	26
4.1.2	Eksoskeletna ravna streha z NK iz XLAM-a in TI iz EPS-ja	27
4.1.3	Eksoskeletna ravna streha z NK iz AB-ja in TI iz kamene volne	28
4.1.4	Eksoskeletna ravna streha z NK iz AB-ja in TI iz EPS-ja	29
4.1.5	Endoskeletna poševna streha z NK iz žaganega lesa in TI iz steklene volne v jedru	30
4.1.6	Endoskeletna poševna streha z NK iz žaganega lesa in TI iz lesnih vlaken v jedru	31
4.1.7	Endoskeletna poševna streha z NK iz GLULAM-a in TI iz steklene volne v jedru	32
4.1.8	Endoskeletna poševna streha z NK iz GLULAM-a in TI iz lesnih vlaken v jedru	33
4.2	Analiza KS-jev streh v specifičnih okoljskih kategorijah	34
4.3	Analiza določitve najmanj okoljsko obremenjujočega KS-ja	38
4.4	Diskusija	40
5	ZAKLJUČEK	42

VIRI	44
------------	----

KAZALO SLIK

Slika 1: Primer deklarirane enote betona, »Deklarierte Einheit« v nemškem jeziku pomeni, deklarirana enota	11
Slika 2: Splošen okvir metode LCA po SIST EN ISO 14040:2006	14
Slika 3: Moduli življenjskega cikla po SIST EN 15804	15
Slika 4: Slikovna predstavitev EPD-ja »od zibelke do groba«	17
Slika 5: Sestava eksoskeletne ravne strehe	19
Slika 6: Sestava endoskeletne poševne strehe	20
Slika 7: Sestava eksoskeletne ravne strehe v programu Uwert	21
Slika 8: Sestava endoskeletne poševne strehe v programu Uwert	21

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Podatki analize LCA za izbrano eksoskeletno ravno streho.....	23
Preglednica 2: Podatki analize LCA za izbrano endoskeletno poševno streho.....	24
Preglednica 3: Prikaz točkovanja KS-jev v namen tretje analize	39

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Graf antropogenih emisij CO ₂ na globalni ravni, od leta 1850, podan v milijardah ton. [11]	4
Grafikon 2: Prikaz okoljskih indikatorjev za eksoskeletno ravno streho (NK – XLAM, TI – KAMENA VOLNA)	26
Grafikon 3: Prikaz okoljskih indikatorjev za eksoskeletno ravno streho (NK – XLAM, TI – EPS)	27
Grafikon 4: Prikaz okoljskih indikatorjev za eksoskeletno ravno streho (NK – AB, TI – kamena volna)	28
Grafikon 5: Prikaz okoljskih indikatorjev za eksoskeletno ravno streho (NK – AB, TI – EPS)	29
Grafikon 6: Prikaz okoljskih indikatorjev za endoskeletno poševno streho (NK – žagan les, TI – steklena volna)	30
Grafikon 7: Prikaz okoljskih indikatorjev za endoskeletno poševno streho (NK – žagan les, TI – lesna vlakna)	31
Grafikon 8: Prikaz okoljskih indikatorjev za endoskeletno poševno streho (NK – GLULAM, TI – steklena volna)	32
Grafikon 9: Prikaz okoljskih indikatorjev za endoskeletno poševno streho (NK – GLULAM, TI – lesna vlakna)	33
Grafikon 10: Prikaz GWP-ja [kgCO ₂ -eq]	35
Grafikon 11: Prikaz ODP-ja [kgCFC11-eq]	35
Grafikon 12: Prikaz POCP-ja [kg C ₂ H ₄ -eq]	36
Grafikon 13: Prikaz AP-ja [kg SO ₂ -eq]	36
Grafikon 14: Prikaz EP-ja [kg (PO ₄) ₃ -eq]	37
Grafikon 15: Prikaz ADPE-ja [kg Sb-eq]	37
Grafikon 16: Prikaz ADPF-ja [MJ eq]	38

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

AB	= Armiran beton (ang. <i>Reinforced Concrete</i>)
ADP	= Potencial porabe abiotskih virov (ang. <i>Abiotic Depletion Potential</i>)
ADPE	= Potencial izrabe abiotskih virov – elementi (ang. <i>Abiotic Depletion Potential for Elements</i>)
ADPF	= Potencial izrabe abiotskih virov – fosilni viri (ang. <i>Abiotic Depletion Potential for Fossil</i>)
AP	= Potencial zakisovanja (ang. <i>Acidification Potential</i>)
EIA	= Presoja vplivov na okolje (ang. <i>Environmental Impact Assessment</i>)
EP	= Potencial Evtrofikacije (ang. <i>Eutrophication Potential</i>)
EPD	= Okoljska deklaracija proizvoda (ang. <i>Environmental Product Declaration</i>)
EPS	= Ekspandiran polistiren (ang. <i>Insulation of Extracellular Polymeric Substances</i>)
EU	= Evropska unija (ang. <i>European Union</i>)
EWA	= Evropsko združenje za hidroizolacijo (ang. <i>European Waterproofing Association</i>)
GLULAM	= Lameliran lepljen les (ang. <i>Glued Laminated Timber</i>)
GWP	= Potencial globalnega segrevanja (ang. <i>Global Warming Potential</i>)
HFC	= Fluorirani ogljikovodiki (ang. <i>Fluorinated Hydrocarbon</i>)
HI	= Hidroizolacija (ang. <i>Waterproofing Material</i>)
IBU	= Inštitut za gradbeništvo in okolje (nem. <i>Institut Bauen und Umwelt</i>)
ISO	= Mednarodno združenje za standardizacijo (ang. <i>International Organization for Standardization</i>)
LCA	= Analiza življenjskega cikla (<i>Life Cycle Assessment</i>)
LCI	= Inventar življenjskega cikla (ang. <i>Life Cycle Inventory</i>)
LCIA	= Vrednotenje inventarja življenjskega cikla (ang. <i>Life Cycle Impact Assessment</i>)

MFA	=	Analiza materialnega toka (ang. <i>Material Flow Analysis</i>)
NK	=	Nosilna konstrukcija (ang. <i>Supporting Structure</i>)
ODP	=	Potencial razgradnje ozonske plasti (ang. <i>Ozone Deletion Potential</i>)
PO	=	Parna ovira (ang. <i>Steam Barrier</i>)
POCP	=	Potencial nastajanja fotokemičnih oksidantov (ang. <i>Photochemical Ozone Creation Potential</i>)
PURES	=	Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (ang. <i>Rules on efficient use of energy in buildings</i>)
PZ	=	Parna zapora (ang. <i>Steam Jail</i>)
SEEA	=	Sistem ekonomskega in okoljskega računovodstva (ang. <i>System of Economic and Environmental Accounting</i>)
SIST	=	Slovenski inštitut za standardizacijo (ang. <i>Slovenian Institute for Standardization</i>)
TGP	=	Toplogredni plin (ang. <i>Greenhouse gas</i>)
TI	=	Toplotna izolacija (ang. <i>Thermal Insulation</i>)
XLAM	=	Križno lepljen les (ang. <i>Cross Laminated Timber</i>)
ZK	=	Zaščitna konstrukcija (ang. <i>Protective Structure</i>)

»Ta stran je namenoma prazna«

1 UVOD

1.1 Opis problema

V današnjem svetu, v katerem živimo, je v zadnjih letih lahko zaslediti vedno večje ozaveščanje o okoljskih vplivih materialov, uporabljenih v gradbeništvu. Zelo pomembni dejavniki so: pravilna raba materialov, recikliranje in emisije snovi, ki jih sam material in kasneje proizvod spusti v okolje. Zavedati se moramo, da so stavbe odgovorne za približno 40 % porabljene energije in 36 % emisije CO₂ v Evropski uniji [1]. To nam da vedeti, da ima gradbena industrija velik vpliv na podnebne spremembe, ozonsko luknjo in s tem povezane posledice, kot je segrevanje ozračja, kar navsezadnje bistveno vpliva tudi na naše zdravje.

S tem ko se zavedamo vpliva, ki ga imajo na okolje stavbe, se odločamo za čim bolj okolju prijazne materiale in tako pripomoremo k manjšemu okoljskemu odtisu stavb, za kar se zavzemajo tudi evropski predpisi, ki spodbujajo nastanek novih konceptov, kot je gradnja nizkoenergijskih in samozadostnih hiš [2]. Poraba energije je eden izmed kriterijev, ki vpliva na okoljski in ekonomski vidik trajnosti. S tem, ko stavbe postajajo vedno bolj energijsko učinkovite, kar pomeni, da za fazo uporabe potrebujejo vedno manj energije, postaja okoljski vpliv v drugih fazah življenjskega cikla (pridobivanje surovin, proizvodnja gradbenih proizvodov, transport, gradnja, vzdrževanje in recikliranje) vedno bolj pomemben [38]. Razvitih je bilo precej različnih metodologij za vrednotenje vplivov na okolje, na primer: presoja vplivov na okolje ali EIA (ang. *Environmental Impact Assessment*), sistem ekonomskega in okoljskega računovodstva ali SEEA (ang. *System of Economic and Environmental Accounting*) in analiza materialnega toka ali MFA (ang. *Material Flow Analysis*). V diplomski nalogi bomo uporabili metodologijo vrednotenja življenjskega cikla ali LCA (ang. *Life Cycle Assessment*). Metodologija LCA je najpogostejše uporabljena v primerjavi z ostalimi metodami [2]. Pri LCA lahko spremljamo okoljski vpliv proizvoda skozi njegovo celotno življenjsko obdobje, od pridobivanja surovin, proizvodnje, uporabe do odstranjevanja in recikliranja materialov. Celotnemu življenjskemu ciklu proizvoda pravimo »od zibelke do groba« [2].

Z metodologijo LCA spremljamo proizvod skozi njegov celotni življenjski cikel ali le del življenjskega cikla, ki se na primer navezuje le na proizvodnjo. S tem dobimo rezultate o njegovem okoljskem vplivu. V diplomski nalogi bomo uporabili dokumente okoljske deklaracije proizvoda ali dokument EPD (ang. *Environmental Product Declaration*, v nadaljevanju EPD). V dokumentih EPD se preko rezultatov metodologije LCA podaja pregledne in primerljive informacije o vplivu gradbenih proizvodov na okolje [3], [4]. Omejili se bomo na okoljski vpliv, prikazan preko sedmih okoljskih indikatorjev. Gradbeni proizvodi z

izdanimi dokumenti EPD omogočajo gradbenim inženirjem lažje odločanje o izbiri najmanj obremenjujočih materialov na okolje, ki se bodo uporabili v konstrukciji [5]. Gradbeni proizvodi z izdanimi dokumenti EPD omogočajo gradbenim inženirjem in drugim akterjem grajenega okolja lažje odločanje o izbiri najmanj obremenjujočih materialov na okolje, ki se bodo uporabili v konstrukciji [5].

V diplomski nalogi bomo ovrednotili okoljske vplive izbranih ravnih in poševnih streh. Osredotočili se bomo na nepohodne strehe, poznamo pa tudi pohodne. Strehe so primarno nastale kot zaščita notranjega prostora pred različnimi zunanjimi vremenskimi vplivi. Zunanje okolje tako z različnimi podnebnimi razmerami, orientacijo in lego stavbe vpliva na konstrukcijsko zasnovo streh, saj so najbolj izpostavljen del stavbe za toplotne izgube [33]. Toplotne izgube nastanejo pri prehodu skozi obod konstrukcije, saj toplota prehaja z mesta z višjo temperaturo na mesto, kjer je temperatura nižja [6]. Po Pravilniku o učinkoviti rabi energije v stavbah je za strehe zahtevana najnižja toplotna prehodnost (torej najboljša izolativnost), glede na ostale dele stavbnega ovoja [7].

Konstrukcijski sklopi so lahko sestavljeni iz različnih materialov za nosilno konstrukcijo, toplotno izolacijo in hidroizolacijo. V diplomski nalogi bomo analizirali okoljski vpliv osmih različnih konstrukcijskih sklopov streh, saj lahko z uporabo različnih materialov dosežemo ustrezno vrednost toplotne prehodnosti, medtem ko je vpliv na okolje posameznih sestavov lahko precej različen.

1.2 Cilji in hipoteze

Cilji:

- za izbrane sestave konstrukcijskih sklopov streh poiskati EPD-je vseh uporabljenih gradbenih proizvodov;
- prikazati uporabo EPD-jev za namen ocenjevanja okoljskega vpliva različnih gradbenih proizvodov;
- v posameznih okoljskih kategorijah analizirati, kako specifični produkti vplivajo na okoljski vpliv izbranega sklopa;
- v posameznih kategorijah primerjati okoljske vplive različnih sestavov streh;
- ovrednotiti, katera različica sestavov streh se izkaže kot najmanj okoljsko obremenjujoča.

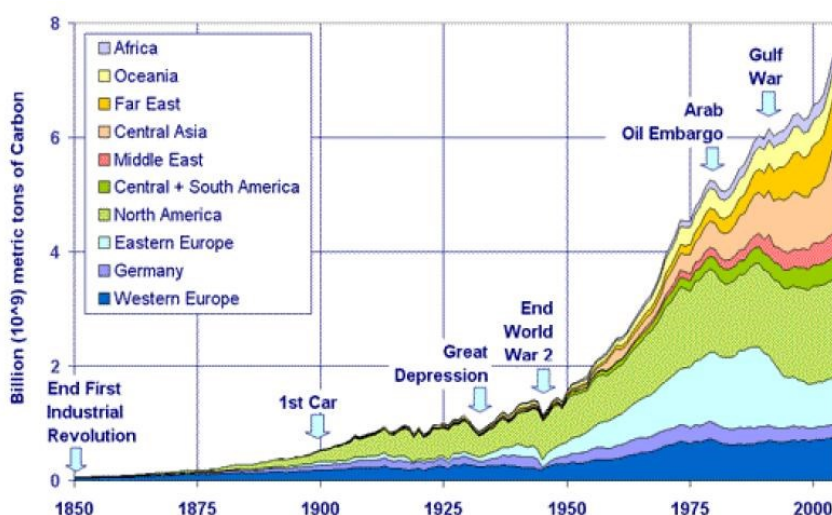
Hipoteze:

- izbira materiala ima pomemben vpliv na skupen okoljski vpliv sklopa;
- materiali nosilne konstrukcije in toplotne izolacije imajo prevladujočo vlogo pri okoljskem vplivu;
- izbira sistema nosilne konstrukcije (eksoskelet ali endoskelet) vpliva na okoljski odtis stavbe.

2 VREDNOTENJE OKOLJSKEGA VPLIVA STAVB

2.1 Zgodovinski oris

Z začetkom prve industrijske revolucije pa do zdaj sta gospodarstvo in ekonomija slonela predvsem na poceni surovinah, energiji in drugih virih [8]. Človek je s svojimi dejavnostmi pripomogel k naraščanju koncentracije toplogrednih plinov (v nadaljevanju TPG), ki nastajajo pri kurjenju nafte, zemeljskega plina in premoga ter v kmetijski dejavnosti [9]. Višja koncentracija TPG povzroča negativne posledice, ki vplivajo na okolje. Najbolj pomemben negativni vpliv so podnebne spremembe, kar se kaže v regionalnem in globalnem spreminjanju podnebja, če opazujemo položaj skozi daljše časovno obdobje [10]. Vsak posameznik vpliva na okolje s tem, da varčuje z energijo in skrbno ravna z viri.



Grafikon 1: Graf antropogenih emisij CO₂ na globalni ravni, od leta 1850, podan v milijardah ton. [11]

2.2 Pravna podlaga

Montrealski sporazum (ang. *Montreal Protocol*) o snoveh, ki tanjšajo ozonski plašč, je bil sprejet 16. septembra 1987 in prikazuje prvi mednarodni sporazum vseh članic Združenih narodov, da zaščitijo ozonski plašč Zemlje. Sporazum je predvidel prepoved in strožjo regulacijo substanc, ki vplivajo na tanjšanje ozonske plasti. Te substance so klorofluoroglikovodiki (s kemijsko oznako CFC), ki so se množično uporabljali v razpršilih kot penilna sredstva in kot hladilne tekočine. Posledica tega ukrepa je okrevanje ozonske plasti [12].

Kjotski protokol je mednarodni, pravno zavezujoč sporazum, s katerim so se industrijske države zavezale, da bodo zmanjšale emisije šestih toplogrednih plinov, ki so prikazani v poglavju 2.3.1.1. Sprejet je bil 11. decembra 1997 v Kjotu, v okvirni konvenciji Združenih narodov o spremembi podnebja, veljati pa je začel z rusko ratifikacijo 16. februarja 2005. Za prvo ciljno obdobje je bilo določeno, da države, ki so se zavezale kjotskemu protokolu, skušajo od leta 2008 do leta 2012 zmanjšati emisije TPG za vsaj 5 % v primerjavi z letom 1990 [13].

Okvirna konvencija Združenih narodov o spremembi podnebja, s katero so se pogodbenice te konvencije sporazumele k istemu cilju, doseči ustalitev koncentracije TPG v ozračju na takšni ravni, da se prepreči poseganje v podnebni sistem. S to konvencijo se uveljavljajo standardi za izračunavanje ogljičnega odtisa proizvoda [14]. Ogljični odtis uporabljamo za ponazoritev količine izpustov TPG v ozračje in je merilo, ki vpliva na podnebne spremembe [15].

Uredba o zelenem javnem naročanju. Z njo se ureja zeleno javno naročanje, kar pomeni, da naročnik naroča proizvod ali gradnjo, ki ima v primerjavi z ostalimi proizvodi v celotni življenjski dobi manjši okoljski vpliv in enake ali boljše funkcionalnosti. Gre za gradbene proizvode, ki temeljijo na nižji porabi energije in obnovljivih surovinah [16]. V Sloveniji še nimamo zakonodaje, ki bi podajala točno določena pravila za poenotenje trgovanja, zato je uredba o zelenem javnem naročanju dobra spodbuda in zgled za prihodnost gradbenih podjetij glede vplivov na okolje.

2.2.1 Zakonodaja na področju okoljskega vrednotenja stavb

Direktiva o energetske učinkovitosti stavb 2010/31/EU je bila sprejeta leta 2010 in je nadomestila staro direktivo iz leta 2002, ki se je pokazala kot pomanjkljiva. Direktiva poudarja pomen delovanja države pri učinkovitem uveljavljanju sprememb na področju energetske učinkovitosti. Cilj Evropske unije je, da se do leta 2020 zmanjša poraba energije in ogljičnega odtisa za 20 %. Zelo pomembno bo zmanjšati porabo energije v stavbah, saj te predstavljajo kar 40 % celotne porabe. Vse stavbe, zgrajene po letu 2020, bodo morale izpolnjevati minimalne zahteve glede energetske učinkovitosti. Če stavba ne bo zadostila zahtevam, je predvidena tudi ustrezna kazen. Direktiva ne opisuje točne metodologije, kako to doseči, le smernice minimalnih zahtev, zato je od vsake države posebej odvisno, kako bo to dosegla. Predvideva uporabo energetskih izkaznic oziroma energetske certificiranje, za kar naj bi bil potreben podrobnejši in daljši postopek [17].

Direktiva o energetske učinkovitosti 2012/27/EU govori o splošni energetske učinkovitosti in se ne osredotoča zgolj na stavbe kot direktiva 2010/31/EU, ampak celostno pristopa k energetske problematiki. Potreba po spremembi na tem področju se je pojavila zaradi vse večjega povpraševanja po energiji in vse večji odvisnosti od uvoza energije. Prav tako kot direktiva 2010/31/EU, daje velik poudarek porabi energije v stavbah, saj predstavljajo 40 % celotne porabe. Eden izmed ciljev je za od 80 % do 95 % zmanjšati toplogredne pline vse do leta 2050, kar posledično pomeni povečati stopnjo prenove stavb. Direktiva se zavzema za bolj konkurenčno in obenem čisto gospodarstvo. Predviden je celosten pristop k reševanju problematike, za kar skrbi država kot tudi Evropska unija, vsaka s svojimi ukrepi na svojem področju [18].

Zakon o varstvu okolja: ZVO-1 je bil sprejet leta 2004 z namenom varstva okolja in obenem skrbi za trajnostni razvoj. Prizadeva si zmanjšati vse dejavnosti, ki povzročajo kakršno koli obremenjevanje okolja. Poudarja skrb za izboljševanje kakovosti okolja in trajnostno rabo vseh razpoložljivih virov ter tako spodbuja razvoj, ki bi pripomogel k zmanjševanju onesnaževanja okolja. Zakon zapoveduje zmanjševanje uporabe neobnovljivih virov in pospešuje uporabo obnovljivih virov energije. Prav tako podpira učinkovitost proizvodnje v smeri večjih izkoristkov pri uporabi surovin in materialov ter prepoveduje uporabo nevarnih snovi. V ta namen daje inšpektorjem večja pooblastila in s tem možnost ustaviti proizvodnjo nevarnih izdelkov. Na področju gradbeništva je na primer za pridobitev gradbenega dovoljenja treba pridobiti okoljevarstveno soglasje [19].

Pravilnik o učinkoviti rabi energije PURES 2010 se osredotoča na učinkovito rabo energije v stavbah. Veljati je začel z letom 2011. Pravilnik prenaša vse zahteve Evropske unije v nacionalno okolje naše države. Velja za vse elemente, vgrajene v stavbo kot tudi stavbo kot celoto. Posebej poudarja energetske učinkovitost vseh sklopov, v želji, da je stavba kar najbolj energetske varčna. Pravilnik naj bi služil projektantom, ki naj bi z njim dobili jasno vodilo s tega področja [7].

Predstavljen je izračun energije, potrebne za stavbo. Pravilnik zahteva, naj bo 25 % energije, zagotovljene iz obnovljivih virov. Izolacija stavb mora biti po tem pravilniku učinkovitejša, kot primer naj navedemo mejno vrednost toplotne prehodnosti (U_{max}), ki mora biti za stene manjša od $0.28 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. V praksi to pomeni približno 15 cm izolacije na opečnatem zidu. Pravilnik se dotika tudi ogrevalnih sistemov in znižuje temperaturo vode na 55 stopinj Celzija, v želji po boljšem izkoristku. Pri gradnji streh stanovanjskih stavb določa potrebno debelino izolacije, da je zgradba znotraj zelenih normativov [7].

Okoljevarstveni standardi serije ISO 14000 so mednarodno priznani standardi, uporabljeni v več kot 150 državah sveta in se osredotočajo na uporabnike standarda. Osredotočajo se

na primer na podjetja in organizacije, kako določati in izvajati ukrepe za varovanje okolja [20]. Podrobneje bomo standard serije ISO 14000 obravnavali v poglavju 2.5.1.

Standard ISO 14020 podaja mednarodni sistem označevanja okoljske primernosti produktov. Namen je pridobiti vpogled v okoljski vpliv produkta in s tem primerljivost med produkti, kar omogoča uporabnikom lažje odločanje o nakupu ali uporabi. [21]

V želji, da podjetje pridobi certifikat, mora upoštevati zakone s področja varovanja zdravja in okolja ter stalno strmeti k spremembam na bolje. Standardi tako poleg zmanjševanja vpliva na okolje, pomagajo tudi pri zmanjševanju števila odpadkov in količini porabljene energije [20].

SIST EN 15804:2012+A1:2013 Trajnostnost gradbenih objektov – Okoljske deklaracije za proizvode – Skupna pravila za kategorije proizvodov za gradbene proizvode: standard se navezuje na okoljske deklaracije proizvodov. Določa pravila za izdelovanje dokumentov EPD za gradbene proizvode in določa, katere okoljske kategorije se morajo zajeti z LCA [29].

Uredba (EU) št. 305/2011 določa pogoje za dajanje gradbenih proizvodov na trg. Proizvodi, zajeti v harmoniziranih tehničnih specifikacijah, lahko gredo na trg. To pomeni, da preden gredo proizvodi na trg, proizvajalec zanje izda izjavo o lastnostih in jih označi z oznako CE [22].

Zakon o gradbenih proizvodih (ZGPro-1) določa pogoje za gradbene proizvode, ki niso zajeti v Uredbi (EU) št. 305/2011. Taki proizvodi se imenujejo neharmonizirani gradbeni proizvodi. Proizvajalec jim mora določiti bistvene značilnosti, povezane z osnovnimi zahtevami za gradbene objekte, in določiti njihovo predvideno uporabo ter vse to dokazati preko standardov in soglasij. Preden gredo na trg, mora zanje izdati izjavo o lastnosti in proizvod označiti s predpisano oznako [22].

2.3 Osnovna razlaga pojmov

2.3.1 Okoljsko vrednotenje

Okoljsko vrednotenje je povezano z metodo vrednotenja življenjskega cikla. Pridobimo končni podatek o vplivih na okolje določenega proizvoda oziroma končnega konstrukcijskega sklopa.

2.3.1.1 Okoljski vplivi gradbenih proizvodov

V diplomski nalogi bomo uporabili rezultate gradbenih proizvodov že izvedenih analiz LCA, ki so podani v okoljskih deklaracijah proizvodov (EPD-jih – Environmental Product Declarations).

Okoljske vplive bomo ovrednotili preko sedmih okoljskih indikatorjev. To so:

- potencial globalnega segrevanja [$\text{kgCO}_2\text{-eq}$],
- potencial razgradnje ozonske plasti [kgCFC11-eq],
- potencial fotokemičnega nastanka ozona [$\text{kg C}_2\text{H}_4\text{-eq}$],
- potencial zakisovanja [$\text{kg SO}_2\text{-eq}$],
- potencial eutrofikacije [$\text{kg (PO}_4\text{)}_3\text{-eq}$],
- potencial izrabe abiotičnih virov – elementi (nefosilni viri) [kg Sb-eq],
- potencial izrabe abiotičnih virov – fosilni viri [MJ eq].

Omenjeni okoljski indikatorji opisujejo potencialni vpliv na okolje posamezne kategorije okoljskega vpliva.

Potencial globalnega segrevanja ali GWP (ang. *Global Warming Potential*): vse od začetka industrijske revolucije se koncentracija TPG nenehno spreminja in povečuje, s čimer se posledično povečuje naravni učinek tople grede. Učinek tople grede nastane zaradi aktivnih plinov (TPG), prisotnih v Zemljini atmosferi, kjer absorbirajo infrardečo zemljino energijo, ki jo Zemlja oddaja, in del te energije odbijejo nazaj proti Zemlji. S tem učinkom se prispeva k segrevanju spodnjega dela atmosfere in površine Zemlje, kar opazimo kot dvig temperature na globalnem področju, se pravi na celotni površini Zemlje. Najbolj razširjen TPG je CO_2 , njegov končni učinek opišemo in določimo z uporabo koncepta GWP. Podamo relativno količino CO_2 , ki bi imela enak učinek sevanja kot 1 kg TGP v določenem časovnem obdobju (100 let) in tako dobimo podatek o vplivu plina CO_2 na globalno segrevanje. Potencial globalnega segrevanja je podan z enačbo (1.0) [23].

$$\text{Globalno segrevanje} = \sum_i \text{GWP}_i \cdot m_i \quad [\text{kgCO}_2\text{-eq}] \quad (1.0)$$

Pri čemer je:

m_i – masa i-te sproščene snovi [kg]

Nekaj najpomembnejših in najbolj razširjenih toplogrednih plinov:

- ogljikov dioksid – CO_2 ,
- metan – CH_4 ,
- didušikov oksid - N_2O ,
- fluorirani ogljikovodiki – HFC,
- perfluorirani ogljikovodiki – PFC,
- žveplov heksafluorid – SF_6 .

Potencial razgradnje ozonske plasti ali ODP (ang. *Ozone Depletion Potential*): ozonski sloj, ki obdaja Zemeljsko površje, je sestavljen iz treh atomov kisika s kemijsko formulo O_3 in ščiti vse žive organizme pred nevarnimi žarki UVB. Žarki UVB so sončni žarki kratkih valovnih dolžin (280–3015 nm). Plini s sproščanjem prostih radikalov molekul povzročajo zmanjševanje in poškodbe ozonske plasti, kar je kot posledica zmanjšanje zaščite pred ultravijolično svetlobo, ki vstopa v Zemljino atmosfero. S tem se količina svetlobe UVB povečuje in pri ljudeh povzroča razne zdravstvene težave, kot na primer kožni rak ali siva mrena, vpliva pa tudi na živali in rastline. Glavni plini, ki vplivajo na te spremembe, sodijo v družino »kloro fluoro ogljikovodikov« s kemijsko formulo CFC, mednje sodijo tudi haloni s kemijsko formulo HCFC. Faktor škodljivosti za ozonsko plast definiramo kot potencial snovi za zmanjšanje ozona, podanega v kilogramih v primerjavi s CFC-11, definirano z enačbo (1.1) [23], [12].

$$\text{Razgradnja ozona} = \sum_i \text{ODP}_i \cdot m_i \quad [\text{kgCFC11-eq}] \quad (1.1)$$

Pri čemer je:

m_i – masa i-te sproščene snovi [kg]

Potencial fotokemičnega nastanka ozona ali POCP (ang. *Photochemical Ozone Creation Potential*): v atmosferi imamo prisotnost dušikovih oksidov s kemijsko formulo NO_x . Emisije NO_x skupaj z organskimi hlapnimi snovmi tvorijo ozon tudi v nižjih plasteh atmosfere, kjer ta vpliva na nastanek škode kmetijskih pridelkov, prav tako pa lahko vpliva na bolezni dihal, kot je na primer astma pri ljudeh. Glavni vir emisije NO_x je izgorevanje goriva, drugi plini pa najpogosteje izhajajo iz topil, uporabljenih v barvah in premazih. S konceptom POCP merimo sposobnost snovi, da v prisotnosti NO_x in sončne svetlobe začne tvoriti ozon. Izrazimo ga v kilogramih glede na primerljivost z etilenom, ki ima kemijsko formulo C_2H_4 . Definirano z enačbo (1.2) [23].

$$Nastanek\ ozona = \sum_i POCP_i \cdot m_i \quad [kg\ C_2H_4\text{-eq}] \quad (1.2)$$

Pri čemer je:

m_i – masa i-te sproščene snovi [kg]

Potencial zakisovanja ali AP (ang. *Acidification Potential*): zakisovanje je proces, kjer se onesnažen zrak pretvori v kisle snovi. Med zakisovalne snovi uvrščamo predvsem žveplov dioksid s kemijsko formulo SO_2 , amonijak s kemijsko formulo NH_3 in NO_x . V ozračje izpuščene snovi se na Zemljo vrnejo v obliki dežja ali snega, čemur pravimo kisli dež in povzroča na Zemlji škodo ekosistemom. Stopnjo zakisovanja merimo v kilogramih glede na ekvivalentno sproščanje SO_2 . Definirano z enačbo (1.3). [23]

$$Zakisovanje = \sum_i AP_i \cdot m_i \quad [kg\ SO_2\text{-eq}], \quad (1.3)$$

Pri čemer je:

m_i – masa i-te sproščene snovi [kg]

Potencial evtrofikacije ali EP (ang. *Eutrophication Potential*): za spodbujanje rasti rastlin v kmetijske proizvode dodajamo hranilne snovi, kot je na primer fospat. Čeprav so hranilne snovi ključnega pomena za življenje, čezmerno bogatijo vodotoke, kar posledično škodi ekosistemom. Gnojenje prsti s hranilnimi snovmi povzroči hitro in čezmerno rast organizmov in ko odmrejo, razpadejo in zadušijo ostale rastline in organizme. Nekatere vrste so odvisne od okolij z nižjo vsebnostjo hranil, zato lahko pojav privede do izgube vrst. Evtrofikacija torej pomeni bogatitev s hranili in je mera za obseg čezmerne rasti rastli zaradi prisotnosti hranilnih snovi v vodi. Njeno stopnjo merimo v kilogramih glede na referenčno enoto fosfatnega ekvivalenta. Definirano z enačbo (1.4) [23].

$$Evtrofikacija = \sum_i EP_i \cdot m_i \quad [kg\ (PO_4)_3\text{-eq}] \quad (1.4)$$

Pri čemer je:

m_i – masa i-te sproščene snovi [kg]

Potencial porabe abiotskih virov ali ADP (ang. *Abiotic Depletion Potential*): ADP se kaže v pomanjkanju neobnovljivih surovin, ki so posledica ekstrakcije virov. Abiotski viri se delijo v dve skupini:

Potencial porabe abiotskih virov, povezanih s pridobivanjem redkih elementov ali ADPE (and. Abiotic Depletion Potential for Elements) je definiran za vsako pridobivanje

elementov posebej na podlagi ostalih zalog in intenzitete izrabe. Podano v kilogramih glede na referenčno enoto antimona, s kemijsko oznako Sb. Definirano z enačbo (1.5.) [23].

$$Poraba\ abiotskih\ elementov = \sum_i ADPE_i \cdot m_i \quad [\text{kg Sb-eq}] \quad (1.5)$$

Pri čemer je:

m_i – masa i-te sproščene snovi [kg]

Potencial porabe abiotskih virov, povezanih s fosilnimi viri ali ADPF (ang. Abiotic Depletion Potential for Fossil): kazalnik porabe abiotskih fosilnih virov je izračunan v mega džulu (MJ) [23].

$$Poraba\ abiotskih\ elementov = \sum_i ADPF_i \cdot m_i \quad [\text{MJ eq}] \quad (1.6)$$

Pri čemer je:

m_i – masa i-te sproščene snovi [kg]

2.3.2 Pojmi, zajeti v okoljski deklaraciji proizvoda

Gradbeni proizvod je vsak proizvod, proizveden za trajno vgradnjo v gradbene objekte. Dostopnost na trgu je lahko omogočena le tistim gradbenim proizvodom, ki so v skladu z Uredbo (EU), št. 305/2011, in z Zakonom o gradbenih proizvodih (ZGPro-1), predstavljeno v prejšnjem poglavju (2.2.1) [22].

Deklarirana enota je količina gradbenega proizvoda, uporabljena v okoljskih deklaracijah [24]. Lahko je podana kot predmet, masa v kilogramih, dolžina v metrih, površina v kvadratnih metrih ali kot prostornina v kubičnih metrih.

Deklarierte Einheit

Bezeichnung	Wert	Einheit
Deklarierte Einheit	1	m ³
Dichte (Mittelwert)	2400	kg/m ³
Umrechnungsfaktor zu 1 kg	2400	-

Slika 1: Primer deklarirane enote betona, »Deklarierte Einheit« v nemškem jeziku pomeni, deklarirana enota (vir: www.bau-umwelt.com)

Funkcionalna enota je deklarirana enota, pretvorjena na izbrano enoto. S pretvorbo na enako funkcionalno enoto, ki predstavlja referenčno enoto, najlažje vpliv materialov primerjamo med seboj.

2.4 Trajnostno vrednotenje stavb

Trajnostno vrednotenje stavb predstavlja največji potencial za zmanjševanje obremenjevanja okolja. Prevladujoči način gradnje je v največji meri odgovoren za onesnaževanje okolja, veliko rabo energije in izčrpavanje neobnovljivih virov surovin. Vsi te negativni kazalniki so razlogi za potrebno spremembo obstoječih vzorcev, ki omogočijo prehod v trajnostno družbo [25].

Poznamo tri pomembne ključne vidike za uresničitev trajnostnega razvoja:

- **Okoljski vidik** obravnava procese in stanja v naravnem okolju, kar pomeni, da si prizadeva za ohranjanje narave, naravnih virov, kakovosti zraka, vode in tal itd.
- **Ekonomski vidik** ocenjuje gospodarnost delovanja in finančne koristi.
- **Družbeno-kulturološki vidik** se nanaša na zagotavljanje osnovnih človeških potreb, skrb za zdravje, družbeno pravičnost, zagotavljanje enakovrednih možnosti in izobrazbo. Vse je težko neposredno povezati s stavbami, saj se nekatere nanašajo tudi na druga področja [25].

Ukvarjali se bomo z LCA proizvodov, kar spada k okoljskemu vidiku trajnostnega vrednotenja stavb. Razvite so bile številne sheme za trajnostno vrednotenje stavb, na primer nemški DGNB, britanski BREEAM in ameriški LEAD [34], [35], [36]. Za oceno okoljskega vidika sheme spodbujajo uporabo dokumentov EPD.

2.5 Metoda vrednotenja življenjskega cikla

Metoda vrednotenja življenjskega cikla ali LCA je mednarodno uveljavljena metoda, s katero vrednotimo vplive proizvoda na okolje skozi njegov celotni življenjski cikel. Razvila se je zaradi povečane zavesti o pomenu okoljskih vplivov proizvodov in varovanja okolja. Služi nam kot pomoč pri odločitvi, kateri proizvod uporabiti, da bo v primerjavi z drugim proizvodom, negativni vpliv na okolje manjši [2].

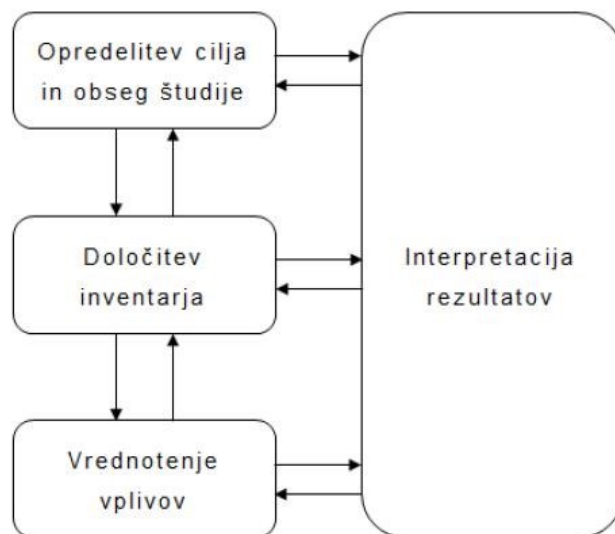
2.5.1 Opis standardov za metodo LCA

Mednarodna organizacija za standardizacijo ali ISO (ang. *International Organization for Standardization*) je sprejela sklop standardov ISO 14000, ki so sestavljeni iz pod standardov, natančneje predstavljenih v nadaljevanju poglavja.

Postopek metode LCA je natančno definiran v standardu SIST EN ISO 14040:2006 (Ravnanje z okoljem – Ocenjevanje življenjskega cikla – Načela in okviri) [26] in SIST EN ISO 14044:2006 (Ravnanje z okoljem – Ocenjevanje življenjskega cikla – Zahteve in smernice) [27].

Za analizo okoljskih vplivov proizvodov skozi njihovo celotno življenjsko obdobje je treba izvesti štiri faze metode LCA (slika 3):

1. Prva faza je opredelitev cilja in obsega študije LCA in je definirana v standardu SIST EN ISO 14044:2006 [27]. Opredeljuje namen, cilje, funkcionalno enoto in je namenjena zbiranju podatkov in določitvi virov. Način izbora, interpretacija podatkov, geografske in lokacijske omejitve in druge, vplivajo na kakovost podatkov, zato je prva faza najpomembnejša [28].
2. Druga faza je analiza inventarja življenjskega cikla ali LCI (ang. *Life Cycle Inventory*). Definirana je v standardu SIST EN ISO 14044:2006 [27]. Gre za natančno opredelitev cilja in obsega ter popis vplivov na okolje oziroma vseh vhodov in izhodov sistema, kar predstavlja podatkovno jedro. Podatke je treba preveriti, saj so potrebni za vrednotenje življenjskega cikla [28].
3. Tretja faza je faza presoje vpliva življenjskega cikla ali LCIA (ang. *Life Cycle Impact Assessment*, v nadaljevanju LCIA) in je definirana v standardu SIST EN ISO 14044:2006 [27]. V tej fazi povežemo podatke s škodljivimi vplivi na okolje skozi tri obvezne kategorije: kategorija vplivov, dodelitev rezultatov LCI izbranim kategorijam vplivov in izračun kazalnikov kategorije. V sedanji praksi pogosto uporabljamo širok nabor kategorij vplivov, na primer potencial globalnega segrevanja, potencial nastajanja fotokemičnih oksidantov in druge [28].
4. Četrta faza zajema interpretacijo rezultatov in je definirana v četrtem podstandardu SIST EN ISO 14044:2000 [27]. V njen predstavimo rezultate analize življenjskega cikla [28].



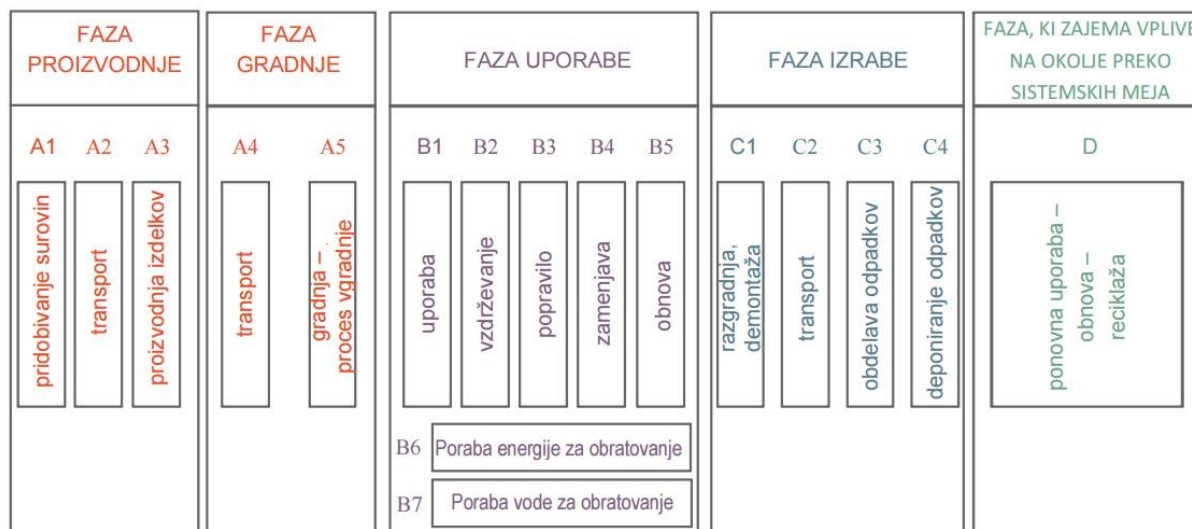
Slika 2: Splošen okvir metode LCA po SIST EN ISO 14040:2006

Prednosti metode LCA:

- Omogoča primerjavo izdelkov različnih oblik, a namenjenim isti funkciji.
- Omogoča identificiranje materialov ali procesov (na primer pakiranje, transport, predelava), ki so najbolj okoljsko problematični in posledično njihovo zamenjavo ali izboljšavo.
- Omogoča ovrednotenje okoljskega vpliva v celotni življenjski dobi [37].

Slabosti metode LCA:

- Pogosto je metoda zamudna, draga in zahteva strokovno znanje.
- Nekatere predpostavke v metodi LCA utegnejo biti subjektivne, kot je na primer presoja glede ocene učinkov.
- Interpretacija rezultatov je lahko težavna [37].



Slika 3: Moduli življenjskega cikla po SIST EN 15804 [29]

2.6 Okoljske deklaracije

Okoljske deklaracije so podane v standardih serije ISO 14020.

Oblike okoljskega označevanja proizvodov:

- Okoljska deklaracija tipa I – označuje okoljske prednosti proizvodov.
- Okoljska deklaracija tipa II – označuje informativne okoljske izjave, kot so na primer naravno, okolju prijazno, biorazgradljivo.
- Okoljska deklaracija tipa III ali okoljska deklaracija proizvoda – označuje trajnostno rabo naravnih virov.

2.6.1 Razlike med oblikami okoljskega označevanja proizvodov

Razlike izhajajo iz koncepta in usmeritve k uporabnikom, se pravi:

Okoljska deklaracija tipa I je prostovoljno pridobljena oznaka o proizvodu s strani tretje osebe. Deklaracija se podeli proizvodu, ki je vodilni v svoji skupini. To pomeni, da je proizvod z vidika varovanja okolja prevladujoč med primerljivimi proizvodi. V Evropi je najbolj znan okoljski znak tega tipa Ecolabel, ki ga izdaja Evropska komisija. Drugi znani znak tipa I je nemški modri angel (nem. *Blauer Engel*), čigar nabor gradbenih proizvodov je veliko bolj širši kot nabor Ecolabela [30].

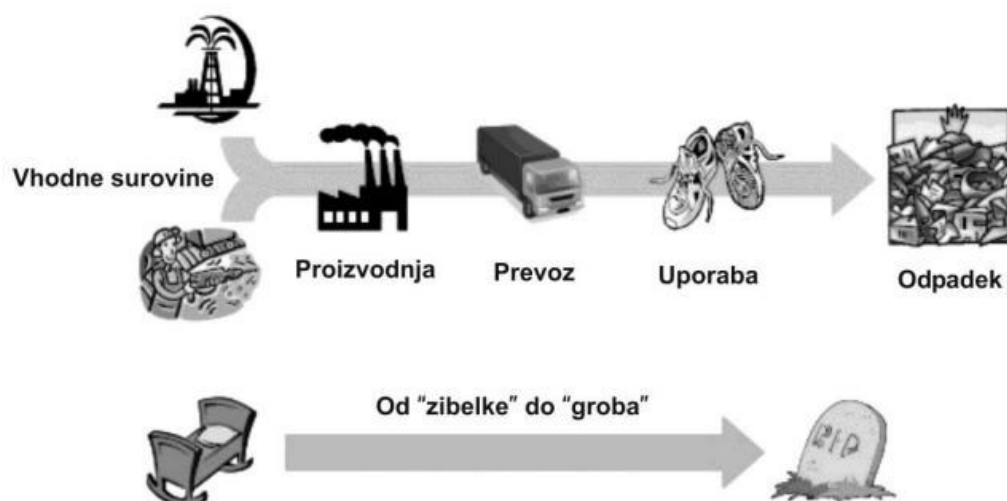
Okoljska deklaracija tipa II – proizvajalec sam deklarira okoljske lastnosti proizvoda, čemur pravimo tudi samodeklaracija. Z njo poda trditev o varovanju okolja proizvoda. Uporabljena oznaka, ki se poda v sklopu okoljske deklaracije tipa II, je na primer »neškodljivo ozonu« (ang. *Ozone Friendly*) [31].

Okoljska deklaracija tipa III oziroma okoljska deklaracija proizvoda ali EPD (ang. *Environmental Product Declaration*) je prostovoljna okoljska deklaracija, za katero se vsako podjetje odloči, če jo želi pridobiti za svoj proizvod. EPD je izdan s strani neodvisnih institucij, v Sloveniji okoljsko deklaracijo izdaja Zavod za gradbeništvo Slovenije ali ZAG. Z njo se po standardu prikazuje izraba virov, potencialni okoljski vpliv in odpadki. V EPD-ju je zajet celoten opis proizvoda in emisije, ki temeljijo na rezultatih metode LCA in nam predstavlja zelo zanesljivo podlago trajnostnega vrednotenja v gradbeništvu. Vsak gradbeni proizvod ima vpliv na okolje, ki se mu ne moremo izogniti, zato potrebujemo celotno sliko, s katero lahko primerjamo proizvode med seboj. EPD ni dokument za izražanje okoljske superiornosti gradbenega proizvoda, ampak nam omogoča vpogled v okoljski vpliv posameznega proizvoda in primerjavo rezultatov analize LCA med različnimi proizvodi [32].

Vrste EPD-jev:

- Faza proizvodnje, kjer je vključena dobava, prevoz in proizvodnja surovin ter s tem povezani procesi. Pravimo ji »od zibelke do vrat« in jo predstavljajo moduli od A1 do A3.
- Fazi proizvodnje in izbrane nadaljnje faze življenjskega cikla pravimo »od zibelke do vrat z možnostmi« in jo predstavljajo moduli od A1 do A3 s posameznimi izbranimi opcijskimi moduli, tudi modul D.
- Faza življenjskega cikla proizvoda v skladu z mejo sistema zajema vse module od A1 do C4 in ji pravimo »od zibelke do groba«.
- Sistemski moduli od A1 do D so predstavljeni pri metodi LCA (slika 4).

Na spodnji sliki (slika 5) so prikazane sistemske meje, ki v celoti predstavljajo metodo LCA.



Slika 4: Slikovna predstavitev EPD-ja »od zibelke do groba« (vir: www.zag.si)

3 PRAKTIČNI DEL

Pri praktičnem delu diplomske naloge bomo sestavili konstrukcijske sklope ravnih in poševnih streh, ki so predstavljeni v poglavju 3.2. Za vsak material konstrukcijskega sklopa bomo uporabili dokument EPD, v katerem so podani rezultati analize LCA okoljskih vplivov.

3.1 Metodologija

Metodologijo diplomske naloge bomo razdelili v tri nivoje interpretacije rezultatov, za kar smo potrebovali tri različne analize, predstavljene v nadaljevanju:

1. Najprej bomo za sestavljene konstrukcijske sklope (v nadaljevanju KS) streh interpretirali okoljski vpliv posameznih slojev preko sedmih okoljskih kategorij.
2. Pri drugi interpretaciji bomo primerjali celotne KS-je med seboj, prav tako preko sedmih okoljskih kategorij.
3. Tretja interpretacija pa vsebuje rangiranje KS-jev po poenostavljeni metodi od najbolj do najmanj okoljsko obremenjujočega.

Zajeli smo le fazo proizvodnje proizvoda, ki jo predstavljajo razredi od A 1 do A 3 metode LCA (Slika 3).

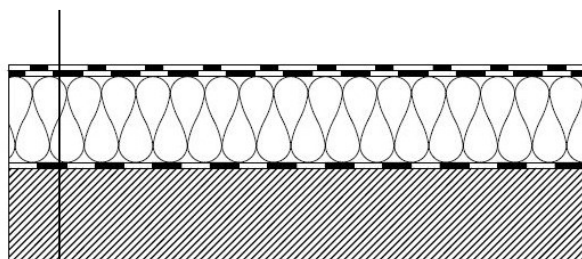
3.2 Konstrukcijski sklopi

Termin *konstrukcijski sklop* nam pove, da je sestavljen iz več različnih plasti materialov s skupnim namenom, ščititi notranjost pred okoljskimi vplivi. Nosilna konstrukcija nosi celotno konstrukcijo vse do temeljev, na katero so dodani izolacijski materiali. Plasti toplotne, zvočne in hidroizolacije ščitijo notranjost prostora pred zunanjimi vplivi. KS lahko sestavimo na osnovi dveh tipov nosilne konstrukcije; in sicer endoskeletno, ki predstavlja vitko, lahko konstrukcijo, in eksoskeletno masivno konstrukcijo.

Okoljsko vrednotenje ravnih in poševnih streh bomo izvajali za osem različnih KS-jev. Pri strehah poznamo pohodne in nepohodne strehe. V analizi smo se omejili na nepohodne strehe. Sestavili smo štiri KS-je eksoskeletne ravne strehe in štiri KS-je endoskeletne poševne strehe s predpostavko, da morajo vsi sklopi ustrezati enakemu kriteriju energijske

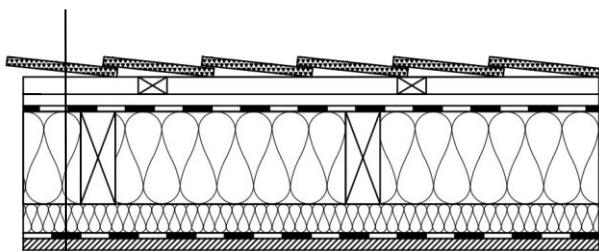
učinkovitosti, izraženemu preko faktorja toplotne prehodnosti (faktor U) z vrednostjo $0,2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

Sestava KS-jev je predstavljena na sliki 6 in sliki 7. Uporabili smo štiri različne gradbene materiale za nosilno konstrukcijo. Pri eksoskeletni konstrukciji smo izbrali armiran beton in križno lepljen les, za endoskeletno NK pa smo izbrali žagan les in lameliran lepljen les. Prav tako smo izbrali pri vsaki NK po dva različna toplotno izolacijska materiala. Za ravno streho smo izbrali kameno volno in ekspanziran polistiren, pri poševni strehi pa lesna vlakna in stekleno volno. Dodatni materiali, ki sklope dopolnjujejo do funkcionalne integritete, so: bitumenski trakovi pri ravnih strehah (hidroizolacija in parna zapora) ter mavčno kartonske plošče, polietilenska parna ovira, paropropustna – vodonepropustna folija, lesene deske ter letve in opečna kritina pri poševnih strehah.



1. Hidroizolacija: dvoslojni bitumenski trak
2. Toplotna izolacija: - kamena volna,
- ekspanziran polistiren (EPS)
3. Parna zapora in hidroizolacija: bitumenski trak prevlečen z aluminijem
4. Nosilna konstrukcija: - križno lepljen les (Xlam),
- armiran beton (v nadaljevanju AB)

Slika 5: Sestava eksoskeletne ravne strehe

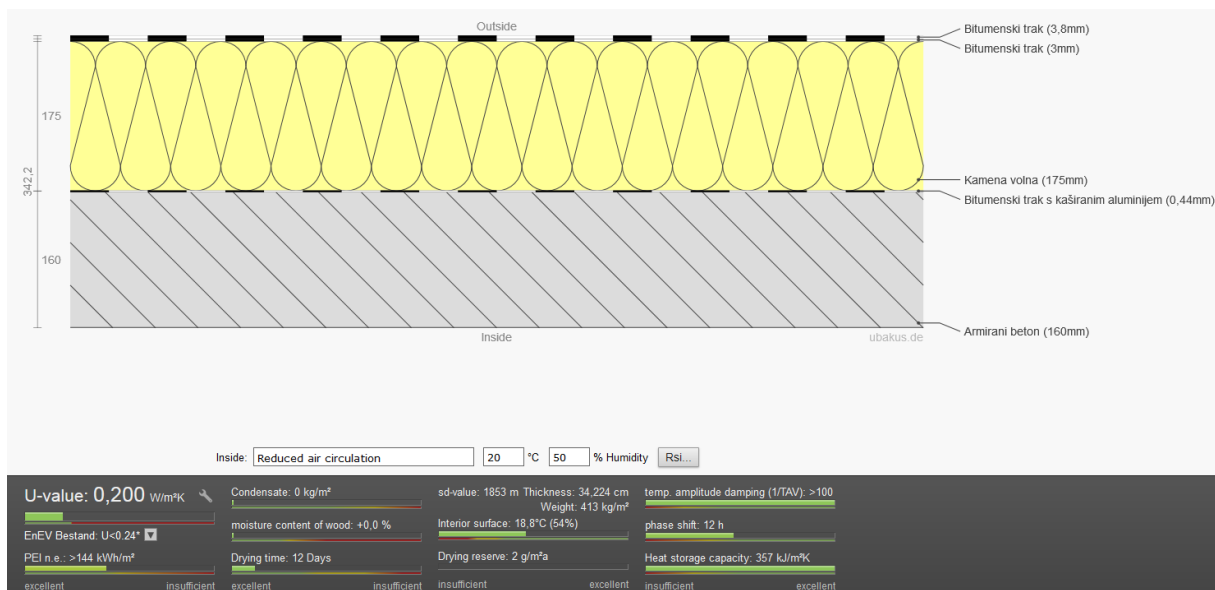


1. Hidroizolacija: opečna strešna kritina
2. Sekundarna nosilna konstrukcija HI: lesene deske ter vzdolžne in prečne letve
3. Paroprepustna in vodonepropustna folija
4. Nosilna konstrukcija: - žagan les,
- lameliran lepljen les (Glulam)
5. Toplotna izolacija v jedru: - lesna vlakna,
- steklena volna
6. Toplotna izolacija na notranji strani: steklena volna
7. Parna ovira
8. Mavčno kartonasta plošča

Slika 6: Sestava endoskeletne poševne strehe

Pri sestavi smo si pomagali z računalniškim programom Ubakus, ki je javno dostopen na internetni strani www.ubakus.de. Program je namenjen izdelovanju KS-jev, računanju njihovih toplotnih karakteristik (toplotna prehodnost, fazni zamik ipd.) in njegov odziv na difuzijo vodne pare. Vsebuje podatkovno bazo, na podlagi katere je možen izbor različnih gradbenih materialov. Omogočeno je tudi vnašanje lastnih materialov in spreminjanje vrednosti relevantnih fizikalnih količin (toplotna prevodnost, difuzijska upornost, gostota, specifična toplotna kapaciteta). Materialne karakteristike (gostota, toplotna prevodnost, difuzijska upornost idr.) izbranih proizvodov smo pridobili v EPD-jih. Na ta način smo dobili ustrezne debeline materialov, ki ustrezajo predpostavljeni toplotni prehodnosti $0,2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

Na spodnjih slikah (slika 8 in slika 9) sta prikazana dva primera uporabe programa. Na sliki 8 je predstavljena zasnova eksoskeletne ravne strehe z nosilno konstrukcijo armiranega betona, na sliki 9 pa zasnova endoskeletne poševne strehe z nosilno konstrukcijo žaganega lesa.



Slika 7: Sestava eksoskeletne ravne strehe v programu Uwert (vir: www.ubakus.de)



Slika 8: Sestava endoskeletne poševne strehe v programu Uwert (vir: www.ubakus.de)

3.3 Okoljske karakteristike

Do podatkov o okoljskih vplivih smo prišli preko dokumentov EPD, ki podajajo okoljske vplive, izračunane z metodologijo LCA. Za vsak posamezni element KS-ja smo poiskali primerno okoljsko deklaracijo, pridobljeno preko javno dostopnih podatkovnih baz: Inštitut za gradbeništvo in okolje ali IBU (nem. Institut Bauen und Umwelt e. V.), dostopno na spletni

strani <https://ibu-epd.com/en/published-epds/>. S pomočjo podatkovne baze IBU smo pridobili večino merodajnih EPD-jev. Ostale smo poiskali v bazi Bau EPD GmbH ali BAU-EPD (spletna stran: <http://www.bau-epd.at/en/all-epd/>) in Oekobaumat (spletna stran: <http://www.oekobaumat.de/>). S tem smo se omejili le na evropski trg.

Okoljske karakteristike gradbenih proizvodov so v vsakem EPD-ju podane na deklarirano enoto, na primer okoljski vplivi toplotnih izolacij so podani na m^3 . Zaradi potrebe po primerljivosti rezultatov pri naših analizah smo deklarirano enoto pretvorili na funkcionalno enoto $1 m^2$ strehe pri toplotni prevodnosti $0,2 W/(m^2K)$. Le s pretvorbo na enako funkcionalno enoto, ki predstavlja referenčno enoto, lahko vpliv materialov ustrezno primerjamo med seboj.

Omejili se bomo le na fazo proizvodnje, kar predstavlja module od A 1 do A 3. Moduli (od A 1 do A 3) so minimalne zahtevane faze po SIST EN 15804, ki so vključene v dokumente EPD. Ostale faze (faze B, C in D, predstavljene na sliki 4) temeljijo na scenarijih, ki se lahko med posameznimi proizvodi precej razlikujejo. Posledično so te faze v dokumentih EPD zelo različno zastopane. Zaradi omenjenega smo se omejili na module od A 1 do A 3, kar predstavlja »od zibelke do vrat«.

Preko modulov od A 1 do A 3 se bomo omejili na sedem okoljskih kategorij, predstavljenih v poglavju 2.3.1.1 To so:

- GWP ali potencial globalnega segrevanja [$kgCO_2$ -eq],
- ODP ali potencial razgradnje ozonske plasti [$kgCFC11$ -eq],
- POCP ali potencial fotokemičnega nastanka ozona [$kg C_2H_4$ -eq],
- AP ali potencial zakisovanja [$kg SO_2$ -eq],
- EP ali potencial eutrofikacije [$kg (PO_4)_3^-$ -eq],
- ADPE ali potencial izrabe abiotičnih virov – elementi (nefosilni viri) [$kg Sb$ -eq],
- ADPF ali potencial izrabe abiotičnih virov – fosilni viri [$MJ eq$].

V spodnjih dveh preglednicah (pr. 1 in pr. 2) sta prikazana dva primera KS-ja podatkov analize LCA. Podatki preostalih KS-jev so priloženi k prilogi (priloga A).

Preglednica 1: Podatki analize LCA za izbrano eksoskeletno ravno streho

	1 NOSILNA KONSTRUKCI JA	2 PARNA ZAPORA + HIDROIZOLACIJ A	3 TOPLOTNA IZOLACIJA	4 HIDROIZOLACIJ A
	XLAM	Bitumeneski trak + ALU	kamena volna	bitumenska folija
VIR	IBU	IBU	IBU	IBU
DRŽAVA	NEM	NEM	NEM	NEM
IZDAJATELJ	Studiengeme inschaft Holzleimbau. e.V.	EWA	Deutsche ROCKWOOL Mineralwoll GmbH & Co.OHG	EWA
Leto: izid-potek	2016-17	2015-2020	2012-2017	2015-2020
FUNKCIONALNA ENOTA				
gostota [kg/m3]	491,65	1300	120	1100
toplotna prevodnost [W/mK]	0,13	0,17	0,037	0,23
debelina [cm]	16	0,44	13,5	0,68
povprečna masa [kg/m2]	78,664	5,72	16,2	7,48
GWP [kgCO2-eq]	-9,63E+01	3,42E-02	1,12E+01	5,34E-02
ODP [kgCFC11-eq]	5,24E-06	1,53E-08	4,19E-07	2,14E-08
POCP [kg C2H4-eq]	2,16E-02	3,63E-05	4,58E-03	5,56E-05
AP [kg SO2-eq]	1,08E-01	1,37E-04	8,42E-02	1,97E-04
EP [kg (PO4)3- -eq]	2,13E-02	2,24E-05	1,15E-02	2,92E-05
ADPE [kg Sb-eq]	9,86E-05	5,15E-09	3,08E-06	8,00E-09
ADPF [MJ]	3,64E+02	2,03E+00	1,45E+02	3,22E+00

V preglednici 1 je bitumenski trak označen z oranžno barvo, s čimer želimo poudariti, da pri iskanju dokumenta EPD za bitumenski trak z aluminijem nismo prišli do merodajnega dokumenta, zato smo bili primorani upoštevati poenostavitev. Uporabili smo isti dokument EPD kot pri bitumenski foliji, v katerem so bili podani rezultati analize LCA različnih sistemov hidroizolacije iz bitumenskih trakov. Sistem, ki smo ga izbrali, se od sistema pri bitumenski foliji razlikuje po debelini, ki za ta primer znaša 0,44 cm. Menimo, da bi okoljski vpliv bitumenskega traku z aluminijem izkazoval večji okoljski vpliv zaradi dodatnega prispevka aluminija.

Preglednica 2: Podatki analize LCA za izbrano endoskeletno poševno streho

	1	2	3	4	5	6	7	8
	M.K.P.	ZK	TI	NK	TI (JEDRO)	ZK + II HI	SEK. NK	HI
MATERIAL	MAVČNO KARTONASTA PLOŠČA	PARNA OVIRA	STEKLENA VOLNA	ŽAGAN LES	STEKLENA VOLNA	PAROPREPUS TNA FOLIJA	ŽAGAN LES	OPEČNA KRITINA
				12% lesa	88% TI	Tyvek Monolayer 80	12% lesa	
VIR	IBU-EPD	Oekoba.dat /IBU	IBU-EPD	IBU	IBU-EPD	IBU	IBU	IBU
DRŽAVA IN IZDAJATELJ	NEM	NEM	NEM	NEM	NEM	NEM	NEM	NEM
	Bundesverband der Gipsindustrie e.V.	Thinkstep	Isover	Überwachung sgemeinschaft t Konstruktions vollholz e.V.	Isover	DuPont de Nemours (Luxembourg) s.a.r.l.	Überwachungsge meinschaft Konstruktionsvoll holz e.V.	Tondachziegel - Initiative Ziegel- Fachverband der Stein- und keramischen Industrie
Leto: izid-potek	2014-2019	2012-2017	2014-2019	2016-2017	2014-2019	2016-2021	2016-2017	2014-2019
FUNKCIONALNA ENOTA [m2]								
gostota [kg/m3]	800	1000	16,5	490	16,5	700	490	/
toplotna prevodnost [W/mK]	0,35	0,4	0,037	0,13	0,037	0,5	0,13	0,75
debelina [cm]	1,25	0,02	3	16	16	0,22	5	/
povprečna masa [kg/m2]	10	0,2	0,495	78,4	2,64	0,081	24,5	41,44
				0,12	0,88		0,12	
GWP [kgCO2-eq]	2,09E+00	4,18E-01	9,57E-01	-1,37E+01	4,49E+00	3,93E-01	-4,27E+00	1,06E+01
ODP [kgCFC11-eq]	2,23E-10	6,59E-13	1,01E-07	2,79E-07	4,76E-07	6,10E-11	8,73E-08	1,72E-10
POCP [kg C2H4-eq]	2,96E-04	3,20E-04	2,30E-03	2,07E-03	1,08E-02	1,73E-04	6,47E-04	2,10E-03
AP [kg SO2-eq]	3,24E-03	5,37E-03	2,66E-03	9,07E-03	1,25E-02	1,67E-03	2,84E-03	1,41E-02
EP [kg (PO4)3- -eq]	7,96E-04	1,33E-04	1,59E-03	1,82E-03	7,48E-03	1,02E-04	5,67E-04	1,52E-03
ADPE [kg Sb-eq]	1,65E-04	7,92E-03	1,04E-04	1,23E-05	4,87E-04	7,86E-08	3,85E-06	1,26E-06
ADPF [MJ]	3,22E+01	1,33E+01	1,43E+01	2,08E+01	6,73E+01	9,22E+00	6,51E+00	1,72E+02

4 REZULTATI

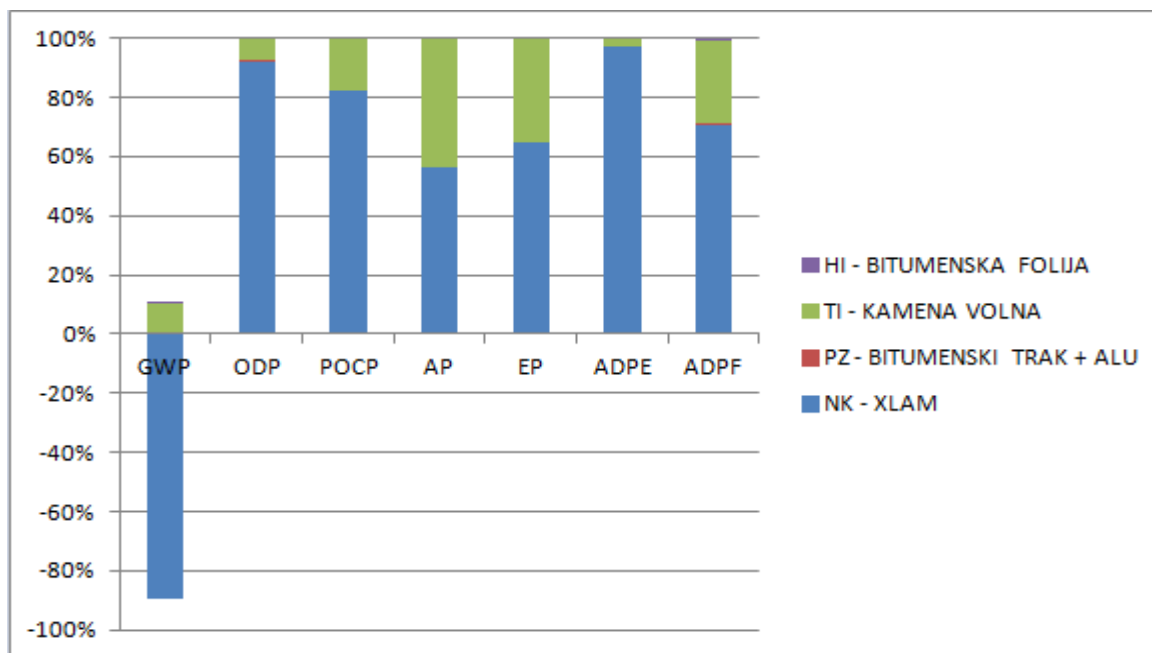
Rezultati so predstavljeni s pomočjo treh analiz, ki smo jih izvedli. S prvo analizo bomo predstavili rezultate in ugotovitve o tem, kako posamezni proizvod (element KS-ja) vpliva na posamezno kategorijo okoljskih indikatorjev (poglavje 4.1), z drugo analizo bomo predstavili okoljski vpliv celotnega KS-ja in primerjavo med različnimi variantami (poglavje 4.2). Z zadnjo analizo bomo na poenostavljen način ovrednotili, kateri KS je najmanj obremenjujoč na okolje (poglavje 4.3).

4.1 Analiza prispevka posameznih elementov KS-jev k okoljskem vplivu

S prvo analizo smo določali odstotne deleže, ki jih posamezni element v KS-ju doprinese k okoljski kategoriji.

Najprej bomo predstavili posamično sestavo KS-ja. Kot že predstavljeno v poglavju 3.2, smo sestavili KS-je za ravne in poševne strehe. Sledi grafični prikaz pridobljenih rezultatov in ugotovitve, ki se nanašajo na vsako posamično zasnovo KS-ja.

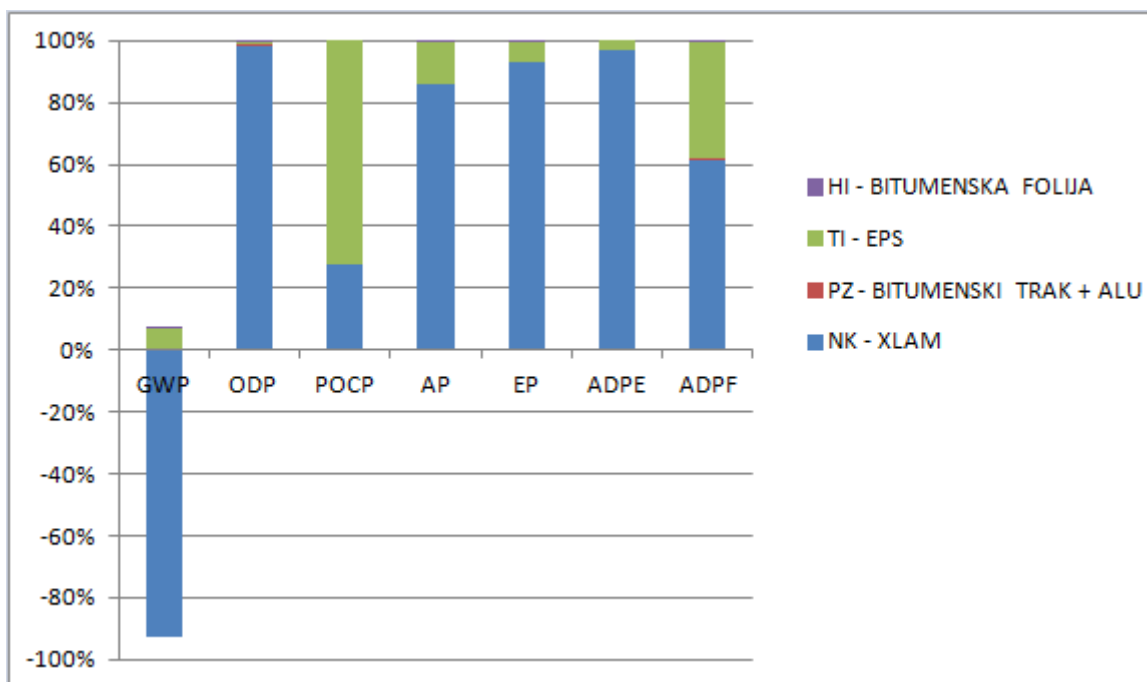
4.1.1 Eksoskeletna ravna streha z NK iz XLAM-a in TI iz kamene volne



Grafikon 2: Prikaz okoljskih indikatorjev za eksoskeletno ravno streho (NK – XLAM, TI – KAMENA VOLNA)

Prikaz zgornjega grafikona nam poda rezultate okoljskih vplivov danega KS-ja. Razvidno je, da je za nosilno konstrukcijo iz križno lepljenega lesa potencial globalnega segrevanja negativen (–90 %), kar nam pove, da XLAM zmanjšuje GWP v okoljsko pozitivnem smislu, ostali materiali pa GWP povečujejo v okoljsko negativnem smislu. Razlog za takšno vrednost je v skladiščenju CO₂ v lesu, kar pomeni, da je v samem materialu več CO₂, kot ga material med fazami A 1 do A 3 (pridobivanje lesa, transport, proizvodnja) odda v okolje. Pri ostalih okoljskih indikatorjih ima največji negativen vplivi na okolje material iz nosilne konstrukcije (56–97 %) in nato toplotna izolacija (11–44 %).

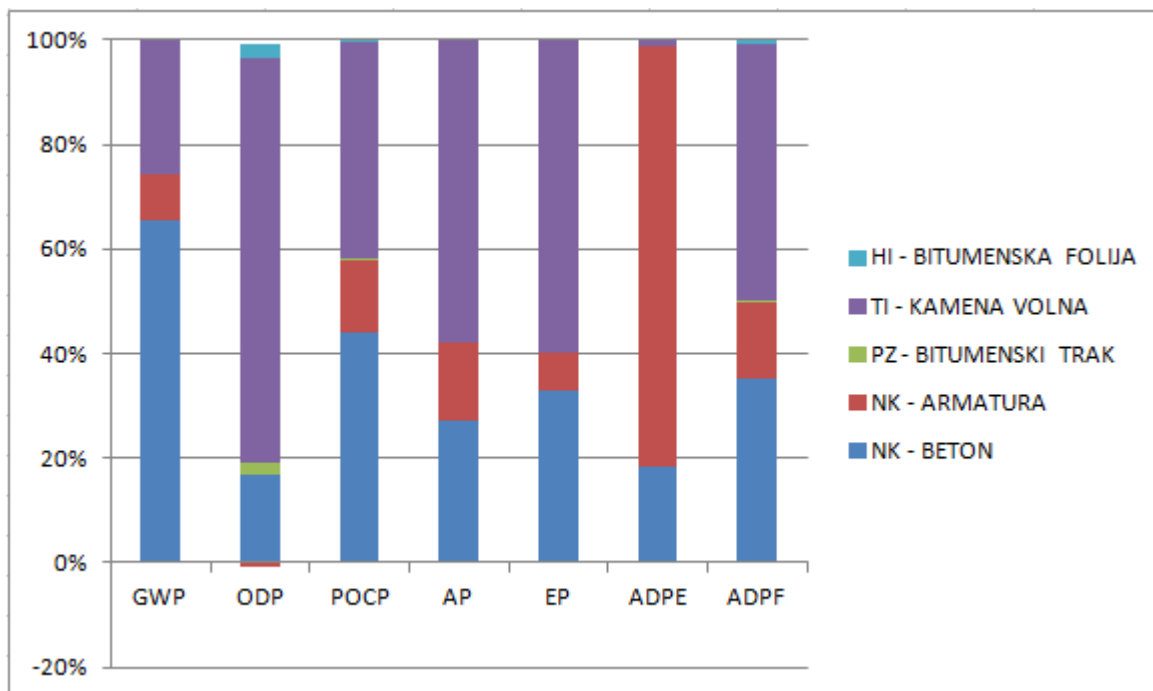
4.1.2 Eksoskeletna ravna streha z NK iz XLAM-a in TI iz EPS-ja



Grafikon 3: Prikaz okoljskih indikatorjev za eksoskeletno ravno streho (NK – XLAM, TI – EPS)

Iz zgornjega grafičnega prikaza eksoskeletne ravne strehe s toplotno izolacijo iz EPS-ja ugotovimo, da ima v tem primeru XLAM prav tako negativno vrednost (–93 %) v okoljskem vplivu globalnega segrevanja, kar pomeni, da gre za skladiščenje CO₂ v lesu. Nosilna konstrukcija je prav tako v ostalih kategorijah (ODP, AP, EP, ADPE in ADPF) izstopajoča, saj ima največji negativen vpliv na okolje (28–99 %). Toplotna izolacija iz EPS-ja ima največji negativen vpliv (72 %) pri potencialu fotokemičnega nastanka ozona (POCP). Ugotovimo, da imata nosilna konstrukcija in toplotna izolacija največji okoljski vpliv, vplivi ostalih materialov pa so zanemarljivo majhni.

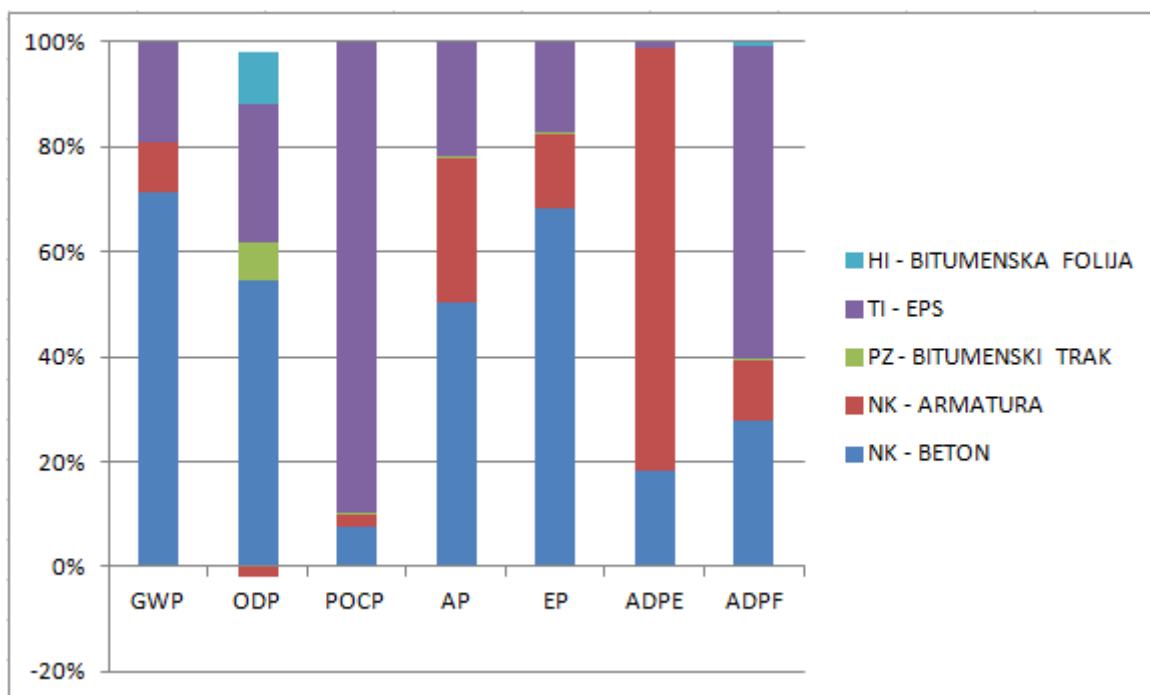
4.1.3 Eksoskeletna ravna streha z NK iz AB-ja in TI iz kamene volne



Grafikon 4: Prikaz okoljskih indikatorjev za eksoskeletno ravno streho (NK – AB, TI – kamena volna)

Največji negativen vpliv na globalno segrevanje ima nosilna konstrukcija iz betona (66 %) in armature (9 %). Armatura ima 1 % negativno vrednost pri okoljskem indikatorju ODP. Dokument EPD nam dano negativno vrednost opredeljuje tako, da so za fazo proizvodnje (A 1–A 3) poleg upoštevali še pozitivne efekte recikliranja odpadnega jekla, kar naj bi v splošnem pripadalo fazi D (prikaz na sliki 4). Ugotovimo tudi, da ima precejšen okoljski vpliv toplotna izolacija iz kamene volne (vse do 77 %), razen v kategoriji pri porabi abiotskih virov, kjer armatura drastično prevladuje (81 %). ADPE je povezan s pridobivanjem redkih elementov, ki sestavljajo armaturo in je v tej kategoriji okoljsko najbolj problematična.

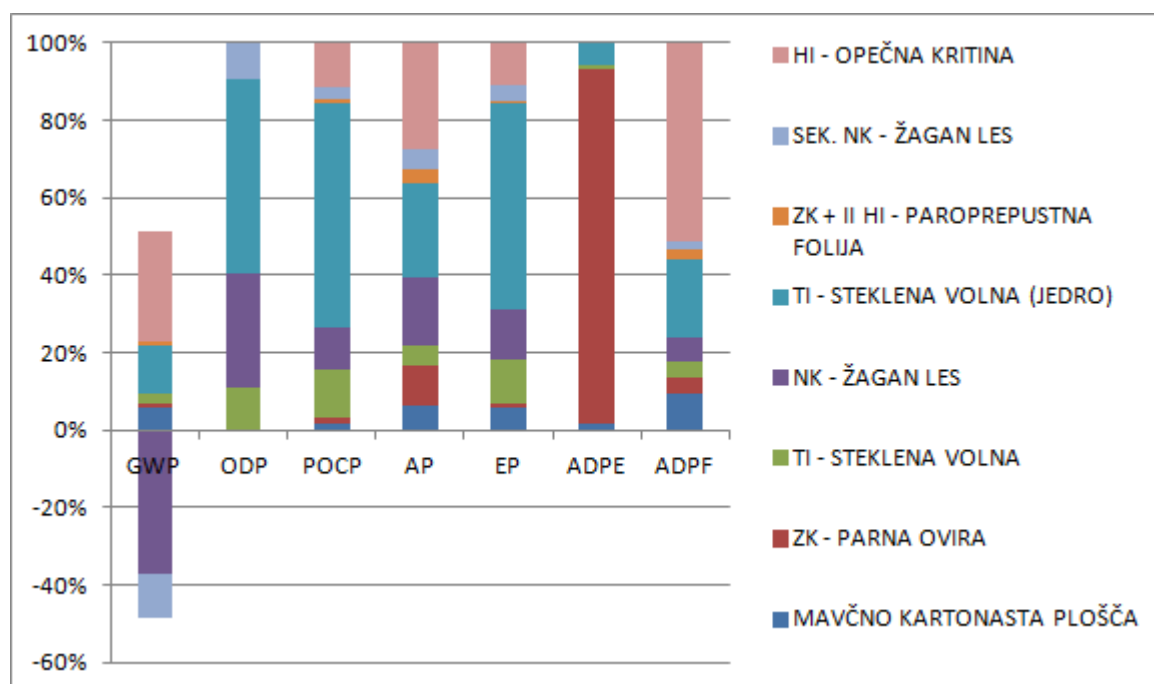
4.1.4 Eksoskeletna ravna streha z NK iz AB-ja in TI iz EPS-ja



Grafikon 5: Prikaz okoljskih indikatorjev za eksoskeletno ravno streho (NK – AB, TI – EPS)

Kot v prejšnjem primeru nosilne konstrukcije AB lahko vidimo podobne okoljske vplive posameznih materialov. Najbolj okoljsko problematična se kaže nosilna konstrukcija AB. Očitna razlika s prejšnjim KS-jem se kaže v okoljskem vplivu toplotne izolacije iz EPS-ja pri indikatorju POCP-ja, kjer ima svoj delež kar 90 %, druga razlika je manjši negativen vpliv toplotne izolacije pri indikatorju ODP-ja. Ugotovimo, da ima izbira toplotne izolacije za podobno sestavo KS-ja velik vpliv na končno vrednost posameznih okoljskih kategorij.

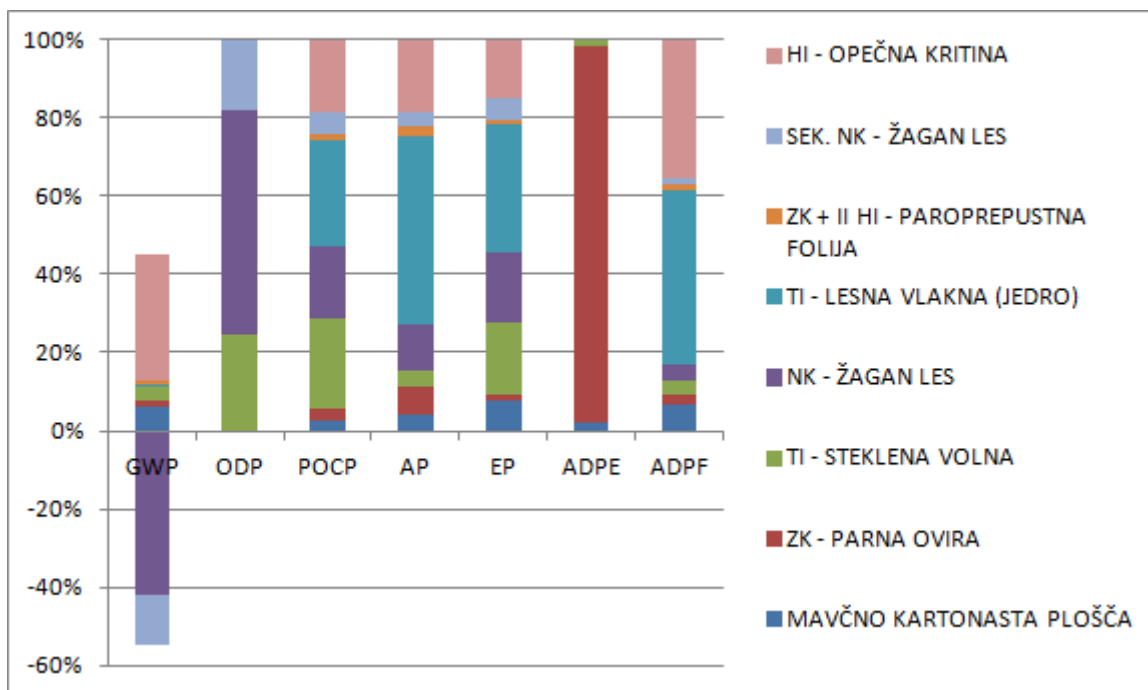
4.1.5 Endoskeletna poševna streha z NK iz žaganega lesa in TI iz steklene volne v jedru



Grafikon 6: Prikaz okoljskih indikatorjev za endoskeletno poševno streho (NK – žagan les, TI – steklena volna)

Nosilna konstrukcija in sekundarna nosilna konstrukcija sta iz žaganega lesa in zmanjšujeta GWP v okoljsko pozitivnem smislu (–49 %), saj pride tako kot pri začetnih primerih do skladiščenja CO₂ v lesu. Iz grafičnih rezultatov lahko razberemo, da ima velik okoljski vpliv toplotna izolacija iz steklene volne v jedru pri večini okoljskih indikatorjev, pri POCP doseže vrednost 58 %. V kategoriji ADPE ima skoraj v celoti največji negativni vpliv polietilenska parna ovira (91 %). V tem primeru lahko poudarimo še okoljski vpliv opečne kritine, ki smo jo uporabili kot hidroizolacijo za vrhnji sloj KS-ja. Ugotovimo, da ima v nekaterih okoljskih kategorijah nezanemarljive vrednosti, pri ADPF je njen vpliv največji glede na celotni KS, saj doseže vrednost 51 %.

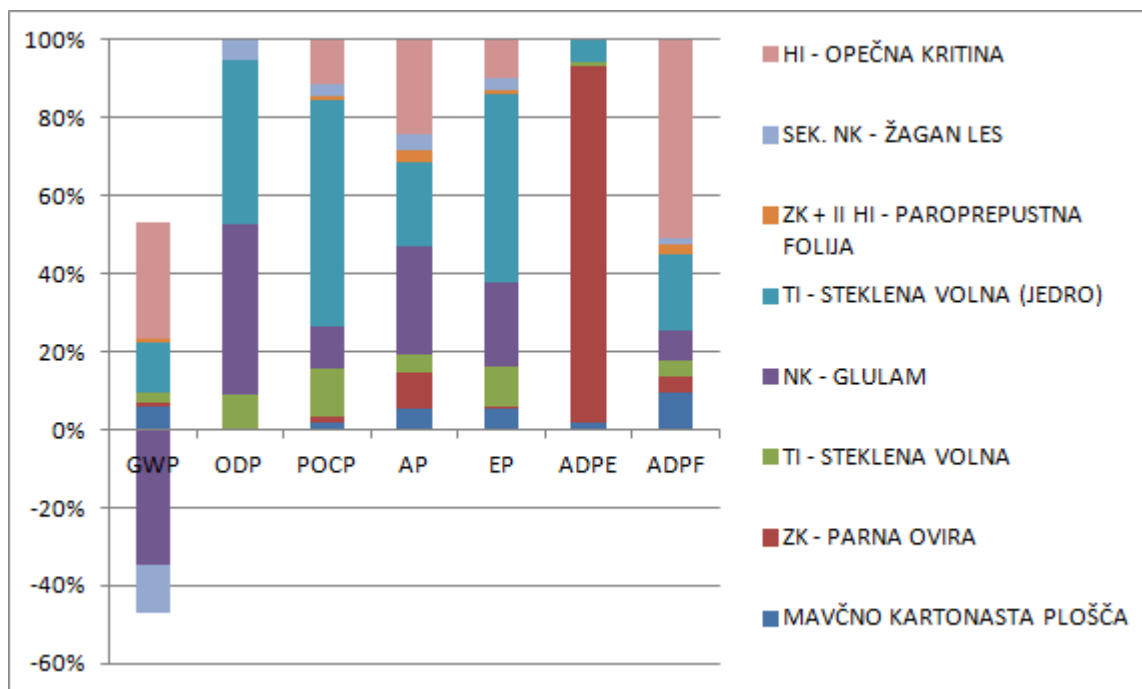
4.1.6 Endoskeletna poševna streha z NK iz žaganega lesa in TI iz lesnih vlaken v jedru



Grafikon 7: Prikaz okoljskih indikatorjev za endoskeletno poševno streho (NK – žagan les, TI – lesna vlakna)

Dani KS se od prejšnjega primera razlikuje v toplotni izolaciji v jedru konstrukcije, v tem primeru smo izbrali lesna vlakna. Največji vpliv ima TI v jedru pri okoljskih indikatorjih POCP, AP, EP in ADPF (27–48 %). Pri GWP-ju zaradi lesene NK in sekundarne NK pride do skladiščenja CO₂ v lesu (–55 %), kar znižuje vpliv globalnega segrevanja. NK in TI iz steklene volne prevzameta celoten negativni vpliv pri razgradnji ozonske plasti (ODP).

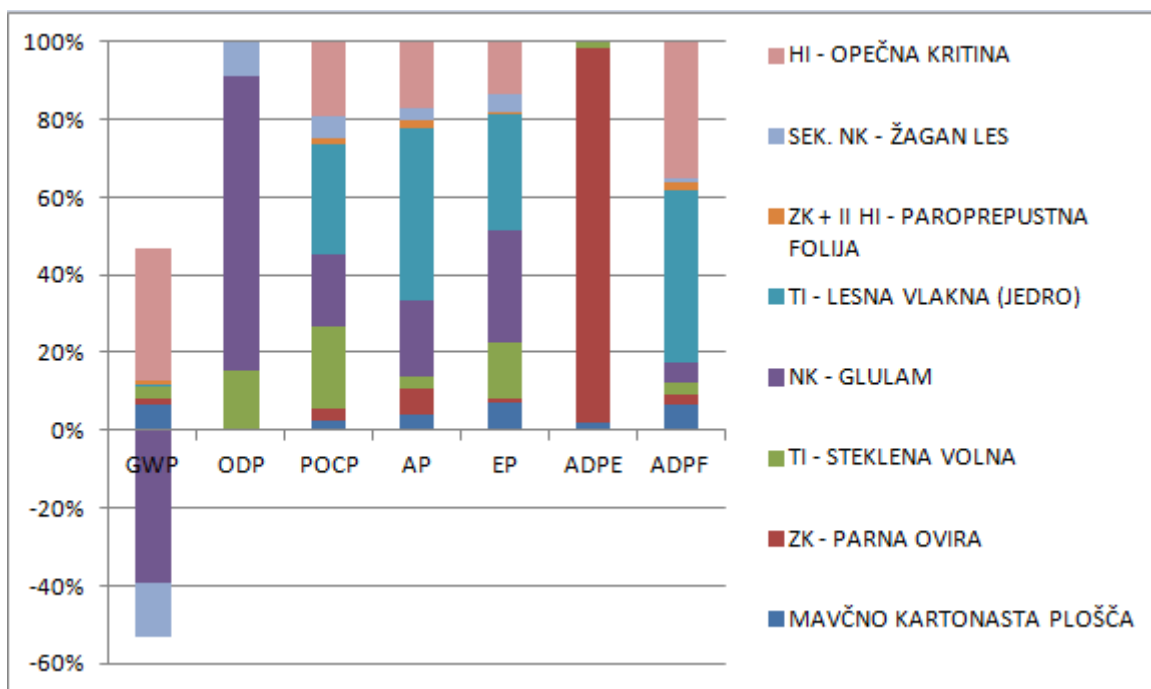
4.1.7 Endoskeletna poševna streha z NK iz GLULAM-a in TI iz steklene volne v jedru



Grafikon 8: Prikaz okoljskih indikatorjev za endoskeletno poševno streho (NK – GLULAM, TI – steklena volna)

Konstruktivski sklop se od prejšnjega primera razlikuje v TI v jedru, kjer smo izbrali stekleno volno. Iz grafikona ugotovimo, da imata skupaj z NK iz GLULAM-a največji okoljski vpliv v skoraj vseh kategorijah, razen pri ADPE in ADPF, kjer prevladuje vpliv dodatnih materialov (parna ovira in opečna kritina). Pri lesu pride do skladiščenja CO₂, kar prikazuje prvi okoljski indikator GWP. Precejšen vpliv imata tudi parna zapora in opečna kritina. Parna zapora pri ADPE doseže vrednost 91 %, opečna kritina pri ADPF pa 51 %.

4.1.8 Endoskeletna poševna streha z NK iz GLULAM-a in TI iz lesnih vlaken v jedru



Grafikon 9: Prikaz okoljskih indikatorjev za endoskeletno poševno streho (NK – GLULAM, TI – lesna vlakna)

Vpliv materialov pri poševni strehi, kjer imamo za NK izbran GLULAM in v jedru TI iz lesnih vlaken, je primerljiv s prejšnjim primerom, kjer smo imeli v jedru konstrukcije izbrano stekleno volno. Lesna vlakna imajo v primerjavi s stekleno volno v jedru zanemarljiv vpliv pri ODP in nekoliko večji vpliv pri AP in ADPF, kjer dosežejo vrednosti 45 %. Prav tako ima zelo visok vpliv parna ovira pri ADPE 97 %, kar pomeni, da v tej kategoriji prevzame skoraj celoten delež negativnega vpliva na okolje. NK in TI skupaj sta najbolj okoljsko problematični pri POCP, AP in EP (47–64 %).

4.2 Analiza KS-jev streh v specifičnih okoljskih kategorijah

Druga analiza prikazuje primerjavo obravnavanih osmih sestavov streh, v sedmih okoljskih kategorijah. S to primerjavo želimo ovrednotiti, kako se okoljski vpliv posameznih različic streh razlikuje po kategorijah okoljskih vplivov.

Na abscisni osi imamo oštevilčene KS-je:

- 1 – eksoskeletna ravna streha z NK – XLAM in TI – kamena volna
- 2 – eksoskeletna ravna streha z NK – XLAM in TI – EPS
- 3 – eksoskeletna ravna streha z NK – AB in TI – kamena volna
- 4 – eksoskeletna ravna streha z NK – AB in TI – EPS
- 5 – endoskeletna poševna streha z NK – žagan les in TI – steklena volna
- 6 – endoskeletna poševna streha z NK – žagan les in TI – lesna vlakna
- 7 – endoskeletna poševna streha z NK – GLULAM in TI – steklena volna
- 8 – endoskeletna poševna streha z NK – GLULAM in TI – lesna vlakna

Ordinatna os predstavlja posamezne vrednosti okoljskih kategorij:

GWP ali potencial globalnega segrevanja [**kgCO₂-eq**]

ODP ali potencial razgradnje ozonske plasti [**kgCFC11-eq**]

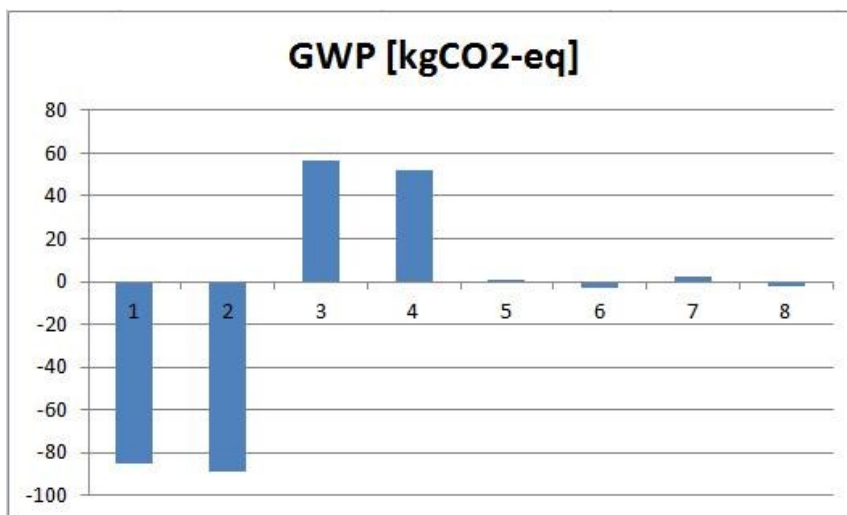
POCP ali potencial fotokemičnega nastanka ozona [**kg C₂H₄-eq**]

AP ali potencial zakisovanja [**kg SO₂-eq**]

EP ali potencial eutrofikacije [**kg (PO₄)₃- -eq**]

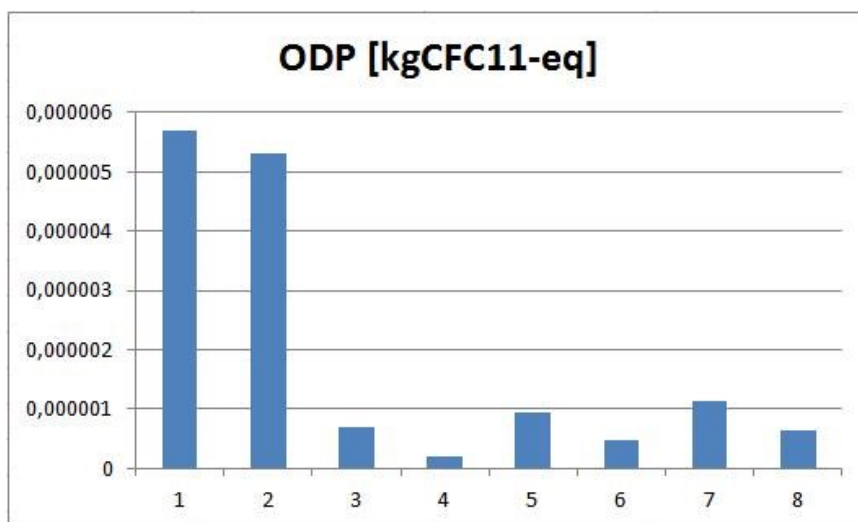
ADPE ali potencial izrabe abiotskih virov – elementi (nefosilni viri) [**kg Sb-eq**]

ADPF ali potencial izrabe abiotskih virov – fosilni viri [**MJ eq**]



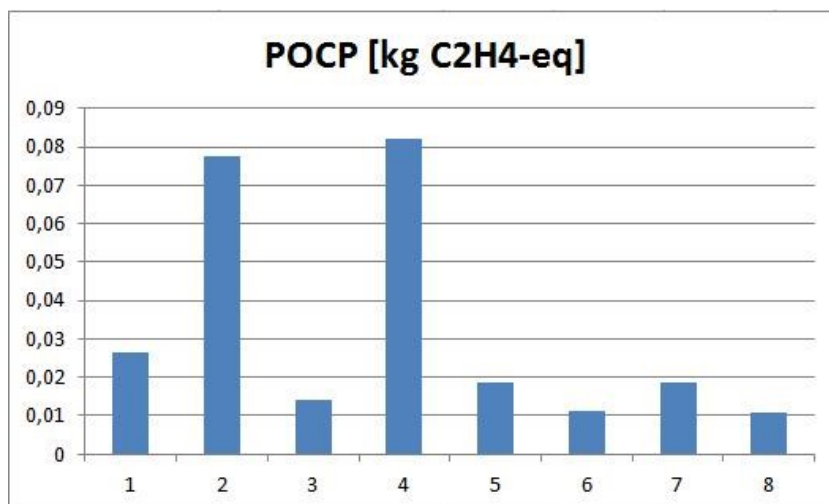
Grafikon 10: Prikaz GWP-ja [kgCO₂-eq]

V kategoriji GWP imata KS-ja 1 in 2 močan pozitiven vpliv na okolje, saj pride do skladiščenja CO₂ v lesu. V KS-jih 5, 6, 7 in 8 imamo NK tudi iz lesa, vendar nam drugi materiali vpliv zvišujejo. Pričakovano je, da sta okoljsko najbolj problematična KS-ja 3 in 4, kjer je NK iz AB-ja.



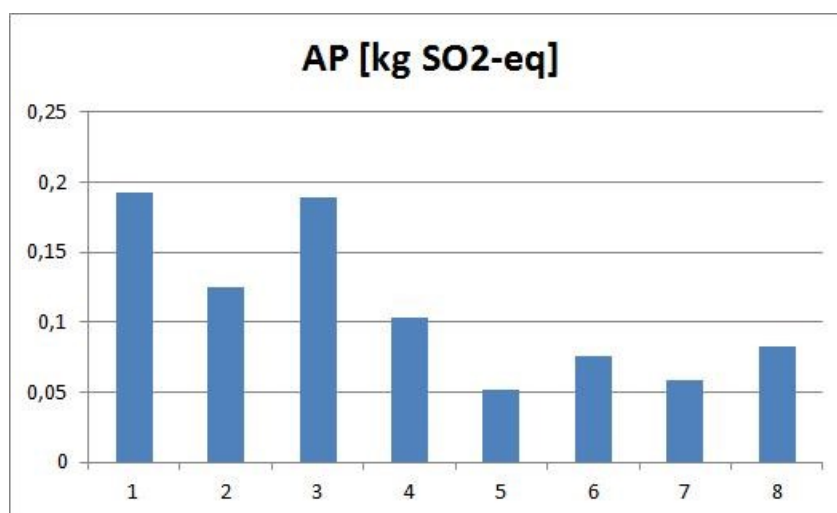
Grafikon 11: Prikaz ODP-ja [kgCFC₁₁-eq]

Grafični prikaz ODP-ja nam prikazuje izjemno visok vpliv KS-jev 1 in 2, kar pripisujemo izbiri NK-ja iz XLAM-a. V primerjavi z ostalimi KS-ji imata približno 8-krat večji vpliv. Najmanj okoljsko problematičen je KS 4, ki ima v primerjavi s KS-jem 1 več kot 12-krat manjši vpliv.



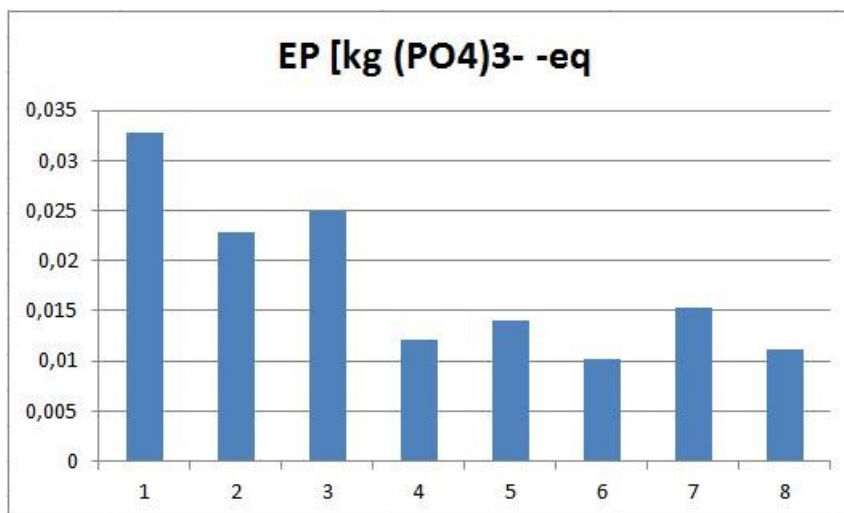
Grafikon 12: Prikaz POCP-ja [kg C₂H₄-eq]

Prikaz kategorije POCP nam prikazuje, da je KS 4 najbolj okoljsko problematičen, sledi mu KS 2. Tako visok okoljski vpliv nam da izbira TI iz EPS-ja. Ostali KS-ji imajo v primerjavi z omenjenima približno 4-krat manjši vpliv na okolje, najmanjši vpliv ima KS 6.



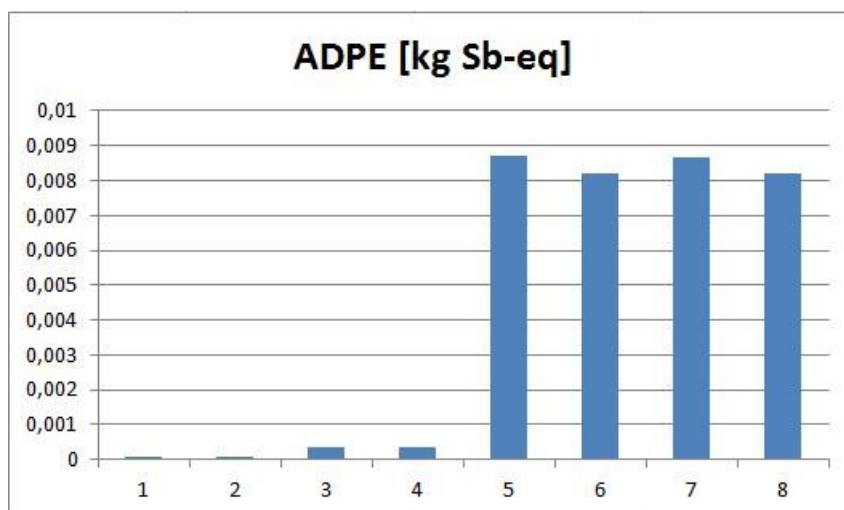
Grafikon 13: Prikaz AP-ja [kg SO₂-eq]

V kategoriji AP imata sorazmerno enak in ob enem največji okoljski vpliv KS-ja 1 in 3, kar lahko pripišemo TI iz kamene volne, nato jima sledita KS-ja 2 in 4 s TI iz EPS-ja. Najmanj okoljsko problematičen sta KS 5 in 7, kjer imamo v KS-ju TI iz steklene volne. V primerjavi z najbolj obremenjujočim sestavom imata 4-krat manjši okoljski vpliv.



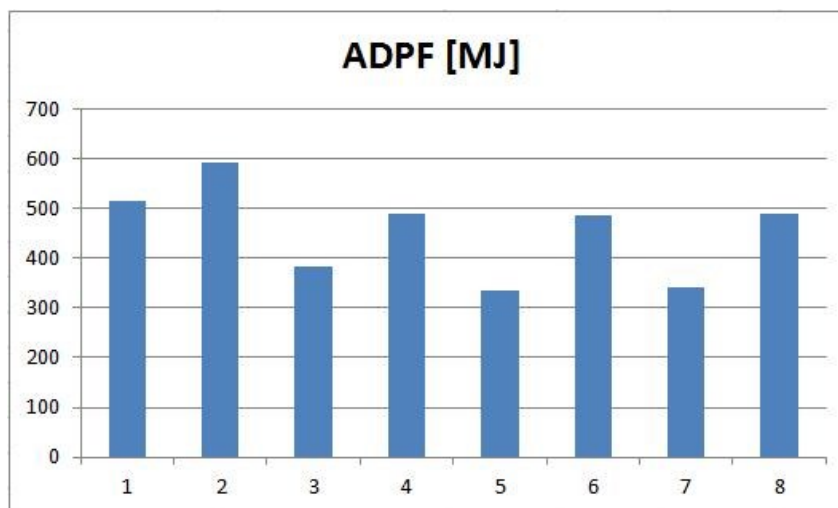
Grafikon 14: Prikaz EP-ja [kg (PO₄)₃-eq]

V EP kategoriji imajo najboljši vpliv KS-ji, kjer imamo NK iz GLULAM-a in žaganega lesa ter TI iz steklene volne in lesnih vlaken. To predstavljajo KS-ji 5, 6, 7 in 8. Najbolj okoljsko neugoden je KS 1, kjer imamo za TI, kameno volno in ima približno 3-krat večji vpliv na okolje kot KS 6.



Grafikon 15: Prikaz ADPE-ja [kg Sb-eq]

V tej kategoriji je opazna izrazita porazilacija, saj imajo eksoskeletni KS-ji 9-krat nižji okoljski vpliv kot pa endoskeletne konstrukcije. Razlog je v parni oviri iz polietilena, ki jo vsebujejo endoskeletni sestavi.



Grafikon 16: Prikaz ADPF-ja [MJ eq]

V zadnji kategoriji imata KS-ja 5 in 7 zelo podoben okoljski vpliv, kar lahko pripisujemo enaki izbiri steklene volne za TI. Enako ugotovitev lahko pripišemo KS-jem 6 in 8, kjer smo izbrali lesna vlakna. Najbolj okoljsko neugoden je KS 2, kar lahko pripišemo XLAM-u.

Iz zgornjih ugotovitev lahko povzamemo, da največjo razliko v posamezni okoljski kategoriji igra izbira materiala za nosilno konstrukcijo in toplotno izolacijo ter izjemoma parna ovira pri kategoriji ADPE. Bistvena ugotovitev je skladiščenje CO₂ pri lesenih materialih, kar se opazi kot pozitiven okoljski vpliv v kategoriji GWP. Les že med svojo rastjo porablja CO₂ iz ozračja in ga veže vase. Skladišči ga vse, dokler materiala ne zakurimo ali sam ne zgine, takrat se sprosti nazaj v ozračje in ima negativen vpliv na okolje.

4.3 Analiza določitve najmanj okoljsko obremenjujočega KS-ja

Z analizo smo izvedli poenostavljen način točkovanja KS-jev za namen rangiranja sklopov glede na njihov okoljski vpliv. Predpostavili smo, da je vsaka kategorija enakovredna drugi. Tako smo glede na drugo analizo, za vsako kategorijo določili, kateri KS je v dani kategoriji najbolj in najmanj obremenjujoč ter na koncu sešteli točke. Metoda je pripomoček za poenostavljeno primerjalno analizo obravnavanih KS-jev. Z njo si pomagamo pri interpretaciji rezultatov, ne gre pa za uveljavljeno metodo, zaradi tega je treba rezultate jemati z rezervo. Vseeno pa odraža določeno korelacijo med različnimi okoljskimi vplivi in si lahko z njo pomagamo pri ovrednotenju rezultatov.

V spodnji tabeli je prikazano točkovanje. Številke v modrem območju predstavljajo posamezne KS-je in so predstavljene v poglavju 4.2. Točkovanje je potekalo tako, da smo najmanj obremenjujoči sestav ovrednotili s točko 1 in bolj obremenjujoče vse do točke 8. KS z najmanjšo vsoto je okoljsko najbolj primeren.

Preglednica 3: Prikaz točkovanja KS-jev v namen tretje analize

	GWP	ODP	POCP	AP	EP	ADPE	ADPF	VSOTA
1	2	8	6	8	8	2	7	41
2	1	7	7	6	6	1	8	36
3	8	4	3	7	7	4	3	36
4	7	1	8	5	3	3	6	33
5	5	5	5	1	4	8	1	29
6	3	2	2	3	1	6	4	21
7	6	6	4	2	5	7	2	32
8	4	3	1	4	2	5	5	24

Rezultati:

1. mesto	KS 6
2. mesto	KS 8
3. mesto	KS 5
4. mesto	KS 7
5. mesto	KS 4
6. mesto	KS 2
7. mesto	KS 3
8. mesto	KS 1

Iz prikazanih rezultatov točkovanja lahko razberemo, da so najmanj okoljsko obremenjujoče endoskeletne lahke konstrukcije, saj so se uvrstile v zgornjo polovico seštevka. Prav tako ima velik vpliv izbira toplotne izolacije. V primerih, kjer imamo TI iz lesnih vlaken, je okoljski vpliv ugodnejši. Pri eksoskeletnih konstrukcijah ima izbira EPS-ja manjši vpliv kot kamena volna.

Za najugodnejši KS se je izkazal sestav iz NK-ja iz žaganega lesa in lesnih vlaken, za najbolj neugoden sestav pa izbira XLAM-a s TI iz kamene volne.

4.4 Diskusija

Na začetku diplomske naloge smo zastavili naslednje hipoteze:

- izbira materiala ima pomemben vpliv na skupen okoljski vpliv sklopa;
- materiali nosilne konstrukcije in toplotne izolacije imajo prevladujočo vlogo pri okoljskem vplivu;
- izbira sistema nosilne konstrukcije (eksoskelet ali endoskelet) vpliva na okoljski odtis stavbe.

Po opravljenih analizah smo prišli do ugotovitev, da je izbira materialov, ki so se uporabljali v konstrukcijskih sklopih, igrala pomembno vlogo pri okoljskem vplivu celotnega sklopa strehe. V večini okoljskih kategorij sta imela nosilna konstrukcija in toplotna izolacija največji okoljski vpliv. To se je zaradi večje količine nosilne konstrukcije izrazito pokazalo pri eksoskeletnih konstrukcijskih sestavih. Pokazale so se razlike med okoljskimi vplivi toplotnih izolacij. Čeprav sta ta dva materiala prevladujoča, ne smemo zanemariti vplivov ostalih materialov, ki lahko v posameznih kategorijah igrajo pomembno vlogo (npr. parna ovira v kategoriji ADPE z okoljskim vplivom prevladuje pred ostalimi materiali konstrukcijskega sklopa). Glede na rezultate poenostavljenega rangiranja okoljskih vplivov konstrukcijskih sestavov streh izkažejo endoskeletni sklopi streh manjši okoljski vpliv kot pa eksoskeletni. S temi ugotovitvami smo potrdili zgoraj zastavljene hipoteze.

Najpomembnejše ugotovitve, ki potrjujejo hipoteze:

- Izbira materiala za nosilno konstrukcijo ima v okoljski kategoriji OPD prevladujoči vpliv. Konstrukcijska sklopa z izbrano nosilno konstrukcijo XLAM-a imata od ostalih sestavov tudi do 10-krat večji okoljski vpliv od najmanj obremenjujočega sestava z armirano betonsko nosilno konstrukcijo.
- Nosilna konstrukcija in toplotna izolacija sta imeli pri eksoskeletnih sestavih prevladujoč okoljski vpliv, kar nam nakazuje, da je v konstrukcijskem sklopu na enoto površine, vpliv bitumenskih trakov minimalen.
- Pri endoskeletnih konstrukcijskih sklopih je rezultat nasproten, opazimo, da je okoljski vpliv porazdeljen med različne komponente, kar je najbolj razvidno v okoljski kategoriji ADPE. Endoskeletni sestavi so za 9-krat bolj obremenjujoči od eksoskeletnih, čeprav je njihova povprečna masa na 1 m² do 50 % manjša. Razlog je v parni oviri iz polietilena, ki jo vsebujejo endoskeletni sestavi. To je prikaz, kako lahko en sloj konstrukcijskega sklopa pomembno vpliva na okoljski vpliv.

- Pomembna ugotovitev nakazuje uporabo lesnih proizvodov. Kjer smo uporabili les kot nosilni material, se je končna vrednost v kategoriji GWP izkazala kot negativna, saj les s svojim skladiščenjem CO₂, ki se dogodi tekom rasti dreves, zmanjšuje okoljski vpliv (CO₂ odtisi so lahko negativni). Ostali materiali z različnimi stopnjami zvišujejo GWP.

Preko analiz smo poleg zgoraj omenjenih rezultatov prišli tudi do drugih ugotovitev. Spoznali smo, da je za lažjo primerljivost okoljskih vplivov gradbenih proizvodov pomembno, da deklarirano enoto pretvorimo na ustrezno funkcionalno enoto. Za nas je bila najbolj primerna funkcionalna enota 1 m² glede na toplotno prevodnost 0,2 W/(m²K). V primeru, da bi za funkcionalno enoto izbrali 1 kg ali 1 tekoči meter, bi dobili drugačne rezultate. Treba se je zavedati omejitve glede izbranih faz življenjskega cikla. Če bi poleg faze »od zibelke do vrat« upoštevali še druge faze življenjskega cikla proizvoda, bi lahko bili rezultati okoljskih vplivov drugačni.

5 ZAKLJUČEK

Namen diplomske naloge je bil predstaviti okoljske vplive konstrukcijskih sklopov ravnih in poševnih streh. Za samo analizo okoljskih vplivov smo potrebovali vrednosti sedmih okoljskih indikatorjev (GWP, ODP, POCP, AP, EP, ADPE in ADPF) za vsak uporabljen material v konstrukcijskem sklopu strehe. Podatke smo pridobili v dokumentih EPD, ki so javno dostopni preko spletnih baz. Osredotočili smo se le na fazo proizvodnje, kjer je vključena dobava, prevoz in proizvodnja surovin ter s tem povezani procesi. Tej fazi pravimo »od zibelke do vrat« in jo v dokumentih EPD predstavljajo moduli od A 1 do A 3. V vsakem dokumentu EPD so okoljske kategorije podane na dano deklarirano enoto. Za ustrezno primerjavo konstrukcijskih sklopov za funkcionalno enoto izbrali 1 m^2 strehe pri toplotni prehodnosti $0,2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

Za sestavo osmih konstrukcijskih sklopov streh smo si pomagali z računalniškim programom Ubakus, ki je javno dostopen na spletni strani. Program sam preračuna toplotno prehodnost celotnih sklopov. Omejili smo se na sestave štirih ravnih eksoskeletnih streh in štirih poševnih endoskeletnih streh. Za izbiro nosilne konstrukcije pri ravnih strehah smo izbrali križno lepljen les in armiran beton ter uporabili dve različni toplotni izolaciji, kameno volno in ekspandiran polistiren. Pri poševnih strehah pa nosilno konstrukcijo predstavljata žagan in lameliran lepljen les, toplotni izolaciji pa sta iz lesnih vlaken in steklene volne. Dodatni materiali, ki sklope dopolnjujejo do funkcionalne integritete, so: bitumenski trakovi pri ravnih strehah (hidroizolacija in parna zapora) ter mavčno kartonske plošče, polietilenska parna ovira, paropropustna – vodonepropustna folija, lesene deske ter letve in opečna kritina pri poševnih strehah. Na podlagi izbranih proizvodov smo v program vnesli fizikalne karakteristike, pridobljene v izbranih dokumentih EPD, in tako sestavili konstrukcijske sklope streh, omejene na predhodno določeno vrednost toplotne prehodnosti. Po sestavi so sledile analize okoljskih vplivov.

Analize so pokazale, da lahko posamezni material konstrukcijskega sestava pomembno vpliva na končni rezultat v posamezni okoljski kategoriji, kar je najbolj opazno v kategorijah ADPE in GWP. V ADPE je parna ovira iz polietilena v endoskeletni konstrukciji prevzela 97 % okoljski vpliv. V kategoriji GWP pa izbira lesenega materiala za nosilno konstrukcijo prikaže negativne vrednosti okoljskih vplivov, kar pozitivno vpliva na okolje. Razlog za takšno vrednost je v skladiščenju CO_2 v lesu, kar pomeni, da je v samem materialu več CO_2 , kot ga material med fazami A 1 do A 3 (pridobivanje lesa, transport, proizvodnja) odda v okolje. Materiali nosilne konstrukcije in toplotne izolacije v eksoskeletnih sestavih so prispevali izrazito največ k okoljskemu vplivu, medtem ko se je ta pri endoskeletnih sestavih streh porazdelil med ostalimi komponentami (mavčno kartonske plošče, parna ovira, opečna

kritina). S primerjavo obravnavanih konstrukcijskih sklopov se je izkazalo, da so endoskeletni sestavi manj okoljsko obremenjujoči kot eksoskeletni.

VIRI

- [1] European Commission. 2018. Energy. Energy Efficiency. Buildings.
<https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/buildings> (Pridobljeno 17. 7. 2018.)
- [2] Buyle, M., Braet, J., Audenaert, A. 2013. Life cycle assessment in the construction sector: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews. Elsevier. 379–380 str.
- [3] Okoljska deklaracija proizvoda. 2018.
<https://www.environdec.com/What-is-an-EPD/> (Pridobljeno 4. 8. 2018.)
- [4] Božiček, D., Košir, M., Kunič, R. 2018. Overall environmental impact assessment of contemporary external wall assemblies in European energy efficient residential buildings. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 2 str. Osebna komunikacija. (17. 7. 2018)
- [5] O'Connor, J., Bowick, M. 2014. Advancing Sustainable Design with LCA.
http://www.athenasmi.org/wpcontent/uploads/2015/09/Advancing_Sustainable_Design_with_LCA.pdf (Pridobljeno 18. 7. 2018.)
- [6] Prevajanje toplote. 2018.
https://sl.wikipedia.org/wiki/Prevajanje_toplote (Pridobljeno 19. 7. 2018.)
- [7] Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah. 2010.
<http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=PRAV10043> (Pridobljeno 18. 8. 2018.)
- [8] Kunič, R. 2007. Načrtovanje vrednotenja vpliva pospešenega staranja bitumenskih trakov na konstrukcijske sklope. Doktorska disertacija. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 5 str.
- [9] Jesenko, J. 2010. Podnebne spremembe, Kjotski sporazum in slovenska podjetja: Analiza podjetja Knauf Insulation. Diplomsko naloga. Ljubljana, Ekonomska fakulteta: 1 str.
- [10] Jesenko, J. 2010. Podnebne spremembe, Kjotski sporazum in slovenska podjetja: Analiza podjetja Knauf Insulation. Diplomsko naloga. Ljubljana, Ekonomska fakulteta: 1 str.
- [11] Kunič, R. 2018. Predmet Pametna hiša na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo. Osebna komunikacija. (17. 7. 2018)

- [12] Montrealski sporazum. 2018.
https://ec.europa.eu/clima/policies/ozone_en (Pridobljeno 18. 8. 2018.)
- [13] Kjotski protokol k okvirni konvenciji združenih narodov o spremembi podnebja. 2009.
http://www.vlada.si/fileadmin/dokumenti/si/projekti/2009/podnebne/Kjotski_protokol.pdf (Pridobljeno 18. 7. 2018.)
- [14] Okvirna konvencija Združenih narodov o spremembi podnebja. 2009.
http://www.vlada.si/fileadmin/dokumenti/si/projekti/2009/podnebne/okvirna_konvencija_ZN.pdf (Pridobljeno 20. 7. 2018.)
- [15] Ogljični odtis. 2017.
<https://www.umanotera.org/kaj-delamo/trajne-vsebine-projekti-kampanje/ogljicni-odtis/> (Pridobljeno 20. 7. 2018.)
- [16] Uradni list. 2011. Uredba o zelenem javnem naročanju. 2011.
<https://www.uradni-list.si/glasilo-uradni-list-rs/vsebina?urlurid=20114404> (Pridobljeno 20. 7. 2018.)
- [17] Direktiva o energetske učinkovitosti stavb 2010/31/EU. 2010.
<http://www.buildup.eu/en/practices/publications/directive-201031eu-energy-performance-buildings-recast-19-may-2010> (Pridobljeno 18. 8. 2018.)
- [18] Direktiva o energetske učinkovitost 2012/27/EU. 2012.
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32012L0027&from=FI> (Pridobljeno 18. 8. 2018.)
- [19] Zakon o varstvu okolja: ZVO-1. 2004.
<http://pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=ZAKO1545> (Pridobljeno 18. 8. 2018.)
- [20] Okoljevarstveni standardi serije ISO 14000. 2018.
https://sl.wikipedia.org/wiki/ISO_14000 (Pridobljeno 18. 8. 2018.)
- [21] Praznik, M. Novak, P. 2000. ISO 14000 – Namen okoljskega standarda in njegove posledice. Strojniški vestnik 46(2000)1: 35–43 str.
- [22] Gradbeni proizvod. Zahteve za dajanje na trg gradbenih proizvodov. 2011.
http://www.ti.gov.si/si/delovna_podrocja/gradbeni_proizvodi/ (Pridobljeno 23. 7. 2018.)
- [23] Gervásio, H., Santos P., Da Silva, L. S. idr. [Prevod Čermelj, B., Može, P.]. 2014. Trajnostno vrednotenje jeklenih konstrukcij. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 7–13 str.

- [24] SIST EN 15804:2012 + A1:2013. Trajnost gradbenih objektov – Okoljske deklaracije za proizvode – Skupna pravila za kategorije proizvodov za gradbene proizvode.
- [25] Markelj, J. 2016. Model za arhitekturno-tehnološko vrednotenje trajnostnih stavb. Ljubljana, Fakulteta za arhitekturo. 12 in 23 str.
- [26] SIST EN ISO 14040:2006. Ravnanje z okoljem – Ocenjevanje življenjskega cikla – Načela in okviri.
- [27] SIST EN ISO 14044:2006. Ravnanje z okoljem – Ocenjevanje življenjskega cikla – Zahteve in smernice.
- [28] Buyle, M., Braet, J., Audenaert, A. 2013. Life cycle assessment in the construction sector: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews. Elsevier. 381 str.
- [29] SIST EN 15804:2012+A1:2013 Trajnostnost gradbenih objektov – Okoljske deklaracije za proizvode – Skupna pravila za kategorije proizvodov za gradbene proizvode.
- [30] Okoljska deklaracija tipa I. 2014.
<http://www.izs.si/prirocniki-publikacije/glasilo-izsnovo/letnik-2014/letnik-17-stevilka-69/programiprojekti/okoljske-deklaracije-tipa-i-in-tipa-iii/> (Pridobljeno 19. 8. 2018.)
- [31] Nedovič, S. 2017. Okoljsko označevanje v metalurških tehnologijah. Ljubljana, Naravoslovnotehniška fakulteta. 5 str.
- [32] Okoljska deklaracija proizvoda. 2018.
<http://www.zag.si/si/certifikati-soglasja/sluzba-za-tehnicne-ocene-in-soglasja/okoljska-deklaracija-proizvoda> (Pridobljeno 19. 7. 2018.)
- [33] Bosiljkov, V. Kunič, R. 2018. Predmet Stavbarstvo na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo. Osebna komunikacija. (Pridobljeno 30. 8. 2018)
- [34] DGNM sistem. 2018.
<https://www.dgnb-system.de> (Pridobljeno 30. 8. 2018.)
- [35] BREEAM sistem. 2018.
<https://www.breeam.com/> (Pridobljeno 30. 8. 2018.)
- [36] LEED sistem. 2018.
<https://new.usgbc.org/leed> (Pridobljeno 30. 8. 2018.)

- [37] Božiček, D. 2018. Prednosti in slabosti metode LCA. Osebna komunikacija (27. 7. 2018).
- [38] Blengini, G. A. Di Carlo, T. 2010. The changing role of life cycle phases, subsystems and materials in the LCA of low energy buildings. Elsevier.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778810000022> (Pridobljeno 7. 9. 2018.)

SEZNAM PRILOG

PRILOGA A: PREGLEDNICE SESTAVLJENIH KONSTRUKCIJSKIH SKLOPOV

PRILOGA A.1: KONSTRUKCIJSKI SKLOP 1

			1 NOSILNA KONSTRUKCIJA	2 PARNA ZAPORA + HIDROIZOLACIJA	3 TOPLOTNA IZOLACIJA	4 HIDROIZOLACIJA
			XLAM	Bitumenski trak + ALU	kamena volna	bitumenska folija
VIR DRŽAVA IZDAJATELJ			IBU NEM Studiengemeinsc haft Holzleimbau.e.V.	IBU NEM EWA	IBU NEM Deutsche ROCKWOOL Mineralwoll GmbH & Co.OHG	IBU NEM EWA
Leto: izid-potek			2016-17	2015-2020	2012-2017	2015-2020
DEKLARIRANA ENOTA			m3	f.u.	m3	f.u.
PODATKI IZ EPD- jev	Fizikalne karakteristike	gostota [kg/m3]	491,65	/	61-120	/
		toplotna prevodnost [W/mK]	/	/	0,032-0,048	/
		debelina [cm]	5,1-30	0,19-0,52	2,0-35	0,19-0,52
		povprečna masa [kg/m2]	/	/	/	/
FUNKCIONALNA ENOTA						
Moje vrednosti podatkov	Fizikalne karakteristike	gostota [kg/m3]	491,65	1300,00	120,00	1100,00
		toplotna prevodnost [W/mK]	0,13	0,17	0,04	0,23
		debelina [cm]	16,00	0,44	13,50	0,68
		povprečna masa [kg/m2]	78,66	5,72	16,20	7,48
	Konstrukcijske karakteristike	GWP [kgCO2-eq]	-6,02E+02	3,42E-02	8,26E+01	5,34E-02
		ODP [kgCFC11-eq]	3,28E-05	1,53E-08	3,10E-06	2,14E-08
		POCP [kg C2H4-eq]	1,35E-01	3,63E-05	3,39E-02	5,56E-05
		AP [kg SO2-eq]	6,72E-01	1,37E-04	6,24E-01	1,97E-04
		EP [kg (PO4)3--eq]	1,33E-01	2,24E-05	8,49E-02	2,92E-05
		ADPE [kg Sb-eq]	6,16E-04	5,15E-09	2,28E-05	8,00E-09
		ADPF [MJ eq]	2,28E+03	2,03E+00	1,07E+03	3,22E+00
		GWP [kgCO2-eq]	-9,63E+01	3,42E-02	1,12E+01	5,34E-02
		ODP [kgCFC11-eq]	5,24E-06	1,53E-08	4,19E-07	2,14E-08
POCP [kg C2H4-eq]		2,16E-02	3,63E-05	4,58E-03	5,56E-05	
AP [kg SO2-eq]		1,08E-01	1,37E-04	8,42E-02	1,97E-04	
EP [kg (PO4)3--eq]		2,13E-02	2,24E-05	1,15E-02	2,92E-05	
ADPE [kg Sb-eq]		9,86E-05	5,15E-09	3,08E-06	8,00E-09	
ADPF [MJ]		3,64E+02	2,03E+00	1,45E+02	3,22E+00	

PRILOGA A.2: KONSTRUKCIJSKI SKLOP 2

			1 NOSILNA KONSTRUKCIJA	2 PARNA ZAPORA + HIDROIZOLACIJA	3 TOPLOTNA IZOLACIJA	4 HIDROIZOLACIJA
			XLAM	Bitumenski trak + ALU	EPS	bitumenska folija
VIR DRŽAVA IZDAJATELJ			IBU NEM Studiengemeinschaft Holzleimbau.e.V.	IBU NEM EWA	IBU NEM Industrieverband Hartschaum e.V.	IBU NEM EWA
Leto: izid-potek			2016-17	2015-2020	2015-2020	2015-2020
DEKLARIRANA ENOTA			m3	f.u.	m3	f.u.
PODATKI IZ EPD-jev	Fizikalne karakteristike	gostota [kg/m3]	491,65	/	23	/
		toplotna prevodnost [W/mK]	/	/	0,035	/
		debelina [cm]	5,1-30	0,19-0,52	2,0-30	0,19-0,52
		povprečna masa [kg/m2]	/	/	/	/
FUNKCIONALNA ENOTA						
Moje vrednosti podatkov	Fizikalne karakteristike	gostota [kg/m3]	491,65	1300,00	22,70	1100,00
		toplotna prevodnost [W/mK]	0,13	0,17	0,04	0,23
	Konstrukcijske karakteristike	debelina [cm]	16,00	0,44	12,50	0,68
		povprečna masa [kg/m2]	78,66	5,72	2,84	7,48
		GWP [kgCO2-eq]	-6,02E+02	3,42E-02	5,95E+01	5,34E-02
		ODP [kgCFC11-eq]	3,28E-05	1,53E-08	3,41E-07	2,14E-08
		POCP [kg C2H4-eq]	1,35E-01	3,63E-05	4,47E-01	5,56E-05
		AP [kg SO2-eq]	6,72E-01	1,37E-04	1,36E-01	1,97E-04
		EP [kg (PO4)3--eq]	1,33E-01	2,24E-05	1,25E-02	2,92E-05
		ADPE [kg Sb-eq]	6,16E-04	5,15E-09	2,36E-05	8,00E-09
		ADPF [MJ eq]	2,28E+03	2,03E+00	1,77E+03	3,22E+00
		GWP [kgCO2-eq]	-9,63E+01	3,42E-02	7,44E+00	5,34E-02
		ODP [kgCFC11-eq]	5,24E-06	1,53E-08	4,26E-08	2,14E-08
		POCP [kg C2H4-eq]	2,16E-02	3,63E-05	5,59E-02	5,56E-05
		AP [kg SO2-eq]	1,08E-01	1,37E-04	1,70E-02	1,97E-04
		EP [kg (PO4)3--eq]	2,13E-02	2,24E-05	1,56E-03	2,92E-05
ADPE [kg Sb-eq]	9,86E-05	5,15E-09	2,95E-06	8,00E-09		
ADPF [MJ]	3,64E+02	2,03E+00	2,21E+02	3,22E+00		

PRILOGA A.3: KONSTRUKCIJSKI SKLOP 3

			1	2	3	4	5
			NOSILNA KONSTRUKCIJA	AB	PARNA ZAPORA + HIDROIZOLACIJA	TOPLOTNA IZOLACIJA	HIDROIZOLACIJA
			BETON C30/37	ARMATURA	Bitumenski trak + ALU	kamena volna	bitumenska folija
			3%				
VIR DRŽAVA IZDAJATELJ			IBU NEM	IBU NEM	IBU NEM	IBU NEM	IBU NEM
Leto: izid-potek			InformationsZentru m Beton GmbH	Outokumpu	EWA	Deutsche ROCKWOOL Mineralwoll GmbH & Co.OHG	EWA
			2013-2018	2013-2018	2015-2020	2012-2017	2015-2020
DEKLARIRANA ENOTA			m3	t	f.u.	m3	f.u.
PODATKI IZ EPD-jev	Fizikalne karakteristike	gostota [kg/m3]	2000-2600	8000	/	61-120	/
		toplotna prevodnost [W/mK]	1,35-2	15	/	0,032-0,048	/
		debelina [cm]	/	/	0,19-0,52	2,0-35	0,19-0,52
		povprečna masa [kg/m2]	/	/	/	/	/
FUNKCIONALNA ENOTA [m2]							
Moje vrednosti podatkov	Fizikalne karakteristike	gostota [kg/m3]	2400	8000	1300	120	1100
		toplotna prevodnost [W/mK]	2	15	0,17	0,037	0,23
	Konstrukcijske karakteristike	debelina [cm]	16	16	0,44	17,5	0,68
		povprečna masa [kg/m2]	384	38,4	5,72	21	7,48
			0,03				
	GWP [kgCO2-eq]		2,32E+02	4,32E+03	3,42E-02	8,26E+01	5,34E-02
	ODP [kgCFC11-eq]		7,35E-07	-3,96E-06	1,53E-08	3,10E-06	2,14E-08
	POCP [kg C2H4-eq]		3,93E-02	1,69E+00	3,63E-05	3,39E-02	5,56E-05
	AP [kg SO2-eq]		3,23E-01	2,46E+01	1,37E-04	6,24E-01	1,97E-04
	EP [kg (PO4)3--eq]		5,13E-02	1,51E+00	2,24E-05	8,49E-02	2,92E-05
ADPE [kg Sb-eq]		4,18E-04	2,57E-01	5,15E-09	2,28E-05	8,00E-09	
ADPF [MJ eq]		8,45E+02	4,84E+04	2,03E+00	1,07E+03	3,22E+00	
GWP [kgCO2-eq]		3,71E+01	4,97E+00	3,42E-02	1,45E+01	5,34E-02	
ODP [kgCFC11-eq]		1,18E-07	-4,57E-09	1,53E-08	5,43E-07	2,14E-08	
POCP [kg C2H4-eq]		6,29E-03	1,95E-03	3,63E-05	5,93E-03	5,56E-05	
AP [kg SO2-eq]		5,17E-02	2,84E-02	1,37E-04	1,09E-01	1,97E-04	
EP [kg (PO4)3--eq]		8,21E-03	1,74E-03	2,24E-05	1,49E-02	2,92E-05	
ADPE [kg Sb-eq]		6,69E-05	2,96E-04	5,15E-09	3,99E-06	8,00E-09	
ADPF [MJ]		1,35E+02	5,58E+01	2,03E+00	1,88E+02	3,22E+00	

PRILOGA A.4: KONSTRUKCIJSKI SKLOP 4

			1	2	3	4	5
			NOSILNA KONSTRUKCIJA	AB	PARNA ZAPORA + HIDROIZOLACIJA	TOPLOTNA IZOLACIJA	HIDROIZOLACIJA
			BETON C30/37	ARMATURA	Bitumenski trak + ALU	EPS	bitumenska folija
VIR DRŽAVA IZDAJATELJ			IBU NEM	IBU NEM	IBU NEM	IBU NEM	IBU NEM
Leto: izid-potek			InformationsZent rum Beton GmbH	Outokumpu	EWA	Industrieverband Hartschaum e.V.	EWA
			2013-2018	2013-2018	2015-2020	2015-2020	2015-2020
DEKLARIRANA ENOTA			m3	t	f.u.	m3	f.u.
PODATKI IZ EPD-jev	Fizikalne karakteristike	gostota [kg/m3]	2000-2600	8000	/	23	/
		toplotna prevodnost [W/mK]	1,35-2	15	/	0,035	/
		debelina [cm]	/	/	0,19-0,52	2,0-30	0,19-0,52
		povprečna masa [kg/m2]	/	/	/	/	/
FUNKCIONALNA ENOTA [m2]							
Moje vrednosti podatkov	Fizikalne karakteristike	gostota [kg/m3]	2400	8000	1300	22,7	1100
		toplotna prevodnost [W/mK]	2	15	0,17	0,035	0,23
		debelina [cm]	16	16	0,44	16,5	0,68
		povprečna masa [kg/m2]	384	38,4	5,72	3,7455	7,48
					0,03		
	GWP [kgCO ₂ -eq]		2,32E+02	4,32E+03	3,42E-02	5,95E+01	5,34E-02
	ODP [kgCFC11-eq]		7,35E-07	-3,96E-06	1,53E-08	3,41E-07	2,14E-08
	POCP [kg C ₂ H ₄ -eq]		3,93E-02	1,69E+00	3,63E-05	4,47E-01	5,56E-05
	AP [kg SO ₂ -eq]		3,23E-01	2,46E+01	1,37E-04	1,36E-01	1,97E-04
	EP [kg (PO ₄) ₃ -eq]		5,13E-02	1,51E+00	2,24E-05	1,25E-02	2,92E-05
	ADPE [kg Sb-eq]		4,18E-04	2,57E-01	5,15E-09	2,36E-05	8,00E-09
	ADPF [MJ eq]		8,45E+02	4,84E+04	2,03E+00	1,77E+03	3,22E+00
	GWP [kgCO ₂ -eq]		3,71E+01	4,97E+00	3,42E-02	9,82E+00	5,34E-02
	ODP [kgCFC11-eq]		1,18E-07	-4,57E-09	1,53E-08	5,63E-08	2,14E-08
	POCP [kg C ₂ H ₄ -eq]		6,29E-03	1,95E-03	3,63E-05	7,38E-02	5,56E-05
	AP [kg SO ₂ -eq]		5,17E-02	2,84E-02	1,37E-04	2,24E-02	1,97E-04
	EP [kg (PO ₄) ₃ -eq]		8,21E-03	1,74E-03	2,24E-05	2,06E-03	2,92E-05
	ADPE [kg Sb-eq]		6,69E-05	2,96E-04	5,15E-09	3,89E-06	8,00E-09
ADPF [MJ]		1,35E+02	5,58E+01	2,03E+00	2,92E+02	3,22E+00	

PRILOGA A.5: KONSTRUKCIJSKI SKLOP 5

		1	2	3	4	5	6	7	8
		MAVČNO KARTONASTA PLOŠČA	ZAŠČITNA KONSTRUKCIJA	TOPLOTNA IZOLACIJA	NOSILNA KONSTRUKCIJA	TOPLOTNA IZOLACIJA (JEDRO)	ZAŠČITNA KONSTRUKCIJA + II HIDROIZOLACIJA	SEKUNDARNA NK ŽAGAN LES	HIDROIZOLACIJA
		M.K.P.	PARNA OVIRA	STEKLENA VOLNA	ŽAGAN LES	STEKLENA VOLNA	PAROPREPUSTNA FOLIJA	ŽAGAN LES	OPEČNA KRITINA
					12% lesa	88%	Tyvek Monolayer 80	12% lesa	
VIR DRŽAVA IZDAJATELJ		IBU-EPD NEM	Oekoba.dat/IBU NEM	IBU-EPD NEM	IBU NEM	IBU-EPD NEM	IBU NEM	IBU NEM	IBU NEM
		Bundesverband der Gipsindustrie e.V.	Thinkstep	Isover	Überwachungsgem einschaft Konstruktionsvollho lz e.V.	Isover	DuPont de Nemours (Luxembourg) s.a.r.l.	Überwachungsgem einschaft Konstruktionsvollh olz e.V.	Tondachziegel - Initiative Ziegel- Fachverband der Stein- und keramischen Industrie
	Leto: izid-potek	2014-2019	2012-2017	2014-2019	2016-2017	2014-2019	2016-2021	2016-2017	2014-2019
PODATKI IZ EPD-jev	Fizikalne karakteristike	DEKLARIRANA ENOTA		f.u.	f.u.	m3	f.u.	m3	t
		gostota [kg/m3]		800	1000	16,5	/	490	/
		toplotna prevodnost [W/mK]		/	/	0,032-0,111	/	/	/
		debelina [cm]		/	0,02	10,0-24,0	0,22	10,0-24,0	/
		povprečna masa [kg/m2]		10	0,2	/	0,081	/	41,44
Moje vrednosti podatkov	Fizikalne karakteristike Konstrukcijske karakteristike	FUNKCIONALNA ENOTA [m2]							
		gostota [kg/m3]		800	1000	16,5	490	700	490
		toplotna prevodnost [W/mK]		0,35	0,4	0,037	0,13	0,5	0,13
		debelina [cm]		1,25	0,02	3	16	0,22	5
		povprečna masa [kg/m2]		10	0,2	0,495	78,4	2,64	0,081
						0,12	0,88		0,12
		GWP [kgCO ₂ -eq]		2,09E+00	4,18E-01	3,19E+01	-7,12E+02	3,19E+01	3,93E-01
		ODP [kgCFC11-eq]		2,23E-10	6,59E-13	3,38E-06	1,45E-05	3,38E-06	6,10E-11
		POCP [kg C ₂ H ₄ -eq]		2,96E-04	3,20E-04	7,66E-02	1,08E-01	7,66E-02	1,73E-04
		AP [kg SO ₂ -eq]		3,24E-03	5,37E-03	8,86E-02	4,73E-01	8,86E-02	1,67E-03
		EP [kg (PO ₄) ₃ -eq]		7,96E-04	1,33E-04	5,31E-02	9,46E-02	5,31E-02	1,02E-04
		ADPE [kg Sb-eq]		1,65E-04	7,92E-03	3,46E-03	6,42E-04	3,46E-03	7,86E-08
		ADPF [MJ eq]		3,22E+01	1,33E+01	4,78E+02	1,08E+03	4,78E+02	9,22E+00
		GWP [kgCO ₂ -eq]		2,09E+00	4,18E-01	9,57E-01	-1,37E+01	4,49E+00	3,93E-01
		ODP [kgCFC11-eq]		2,23E-10	6,59E-13	1,01E-07	2,79E-07	4,76E-07	6,10E-11
		POCP [kg C ₂ H ₄ -eq]		2,96E-04	3,20E-04	2,30E-03	2,07E-03	1,08E-02	1,73E-04
		AP [kg SO ₂ -eq]		3,24E-03	5,37E-03	2,66E-03	9,07E-03	1,25E-02	1,67E-03
		EP [kg (PO ₄) ₃ -eq]		7,96E-04	1,33E-04	1,59E-03	1,82E-03	7,48E-03	1,02E-04
		ADPE [kg Sb-eq]		1,65E-04	7,92E-03	1,04E-04	1,23E-05	4,87E-04	7,86E-08
		ADPF [MJ]		3,22E+01	1,33E+01	1,43E+01	2,08E+01	6,73E+01	9,22E+00
		GWP [kgCO ₂ -eq]		2,09E+00	4,18E-01	9,57E-01	-1,37E+01	4,49E+00	3,93E-01
		ODP [kgCFC11-eq]		2,23E-10	6,59E-13	1,01E-07	2,79E-07	4,76E-07	6,10E-11
		POCP [kg C ₂ H ₄ -eq]		2,96E-04	3,20E-04	2,30E-03	2,07E-03	1,08E-02	1,73E-04
		AP [kg SO ₂ -eq]		3,24E-03	5,37E-03	2,66E-03	9,07E-03	1,25E-02	1,67E-03
		EP [kg (PO ₄) ₃ -eq]		7,96E-04	1,33E-04	1,59E-03	1,82E-03	7,48E-03	1,02E-04
		ADPE [kg Sb-eq]		1,65E-04	7,92E-03	1,04E-04	1,23E-05	4,87E-04	7,86E-08
		ADPF [MJ]		3,22E+01	1,33E+01	1,43E+01	2,08E+01	6,73E+01	9,22E+00

PRILOGA A.6: KONSTRUKCIJSKI SKLOP 6

		1	2	3	4	5	6	7	8
		MAVČNO KARTONASTA PLOŠČA	ZAŠČITNA KONSTRUKCIJA	TOPLOTNA IZOLACIJA	NOSILNA KONSTRUKCIJA	TOPLOTNA IZOLACIJA (JEDRO)	ZAŠČITNA KONSTRUKCIJA + II HIDROIZOLACIJA	SEKUNDARNA NK ŽAGAN LES	HIDROIZOLACIJA
		M.K.P.	PARNA OVIRA	STEKLENA VOLNA	ŽAGAN LES	LESNA VLAKNA	PAROPREPUSTNA FOLIJA	ŽAGAN LES	OPEČNA KRITINA
					12% lesa	88%	Tyvek Monolayer 80	12% lesa	
VIR DRŽAVA IZDAJATELJ		IBU-EPD NEM	Oekoba.dat/IBU NEM	IBU-EPD NEM	IBU NEM	IBU NEM	IBU NEM	IBU NEM	IBU NEM
		Bundesverband der Gipsindustrie e.V.	Thinkstep	Isover	Überwachungsgem einschaft Konstruktionsvollh olz e.V.	Pavatex SA	DuPont de Nemours (Luxembourg) s.a.r.l.	Überwachungsgem einschaft Konstruktionsvollh olz e.V.	Tondachziegel - Initiative Ziegel- Fachverband der Stein- und keramischen Industrie
	Leto: izid-potek	2014-2019	2012-2017	2014-2019	2016-2017	2014-2019	2016-2021	2016-2017	2014-2019
PODATKI IZ EPD-jev	Fizikalne karakteristike	DEKLARIRANA ENOTA		f.u.	f.u.	m3	f.u.	m3	t
		gostota [kg/m3]		800	1000	16,5	/	490	/
		toplotna prevodnost [W/mK]		/	/	0,032-0,111	/	/	/
		debelina [cm]		/	0,02	10,0-24,0	0,22	10,0-24,0	/
		povprečna masa [kg/m2]		10	0,2	/	0,081	/	41,44
Moje vrednosti podatkov	Fizikalne karakteristike Konstrukcijske karakteristike	FUNKCIONALNA ENOTA [m2]							
		gostota [kg/m3]		800	1000	16,5	490	700	490
		toplotna prevodnost [W/mK]		0,35	0,4	0,037	0,13	0,5	0,13
		debelina [cm]		1,25	0,02	3,5	16	0,22	5
		povprečna masa [kg/m2]		10	0,2	0,5775	78,4	2,64	0,081
						0,12	0,88		0,12
		GWP [kgCO ₂ -eq]		2,09E+00	4,18E-01	3,19E+01	-7,12E+02	1,63E+00	3,93E-01
		ODP [kgCFC11-eq]		2,23E-10	6,59E-13	3,38E-06	1,45E-05	3,73E-09	6,10E-11
		POCP [kg C ₂ H ₄ -eq]		2,96E-04	3,20E-04	7,66E-02	1,08E-01	2,20E-02	1,73E-04
		AP [kg SO ₂ -eq]		3,24E-03	5,37E-03	8,86E-02	4,73E-01	2,60E-01	1,67E-03
		EP [kg (PO ₄) ₃ -eq]		7,96E-04	1,33E-04	5,31E-02	9,46E-02	2,36E-02	1,02E-04
		ADPE [kg Sb-eq]		1,65E-04	7,92E-03	3,46E-03	6,42E-04	2,80E-05	7,86E-08
		ADPF [MJ eq]		3,22E+01	1,33E+01	4,78E+02	1,08E+03	1,53E+03	9,22E+00
		GWP [kgCO ₂ -eq]		2,09E+00	4,18E-01	1,12E+00	-1,37E+01	2,30E-01	3,93E-01
		ODP [kgCFC11-eq]		2,23E-10	6,59E-13	1,18E-07	2,79E-07	5,25E-10	6,10E-11
		POCP [kg C ₂ H ₄ -eq]		2,96E-04	3,20E-04	2,68E-03	2,07E-03	3,10E-03	1,73E-04
		AP [kg SO ₂ -eq]		3,24E-03	5,37E-03	3,10E-03	9,07E-03	3,66E-02	1,67E-03
		EP [kg (PO ₄) ₃ -eq]		7,96E-04	1,33E-04	1,86E-03	1,82E-03	3,32E-03	1,02E-04
		ADPE [kg Sb-eq]		1,65E-04	7,92E-03	1,21E-04	1,23E-05	3,94E-06	7,86E-08
		ADPF [MJ]		3,22E+01	1,33E+01	1,67E+01	2,08E+01	2,15E+02	9,22E+00
		GWP [kgCO ₂ -eq]		2,09E+00	4,18E-01	1,12E+00	-1,37E+01	2,30E-01	3,93E-01
		ODP [kgCFC11-eq]		2,23E-10	6,59E-13	1,18E-07	2,79E-07	5,25E-10	6,10E-11
		POCP [kg C ₂ H ₄ -eq]		2,96E-04	3,20E-04	2,68E-03	2,07E-03	3,10E-03	1,73E-04
		AP [kg SO ₂ -eq]		3,24E-03	5,37E-03	3,10E-03	9,07E-03	3,66E-02	1,67E-03
		EP [kg (PO ₄) ₃ -eq]		7,96E-04	1,33E-04	1,86E-03	1,82E-03	3,32E-03	1,02E-04
		ADPE [kg Sb-eq]		1,65E-04	7,92E-03	1,21E-04	1,23E-05	3,94E-06	7,86E-08
		ADPF [MJ]		3,22E+01	1,33E+01	1,67E+01	2,08E+01	2,15E+02	9,22E+00

PRILOGA A.7: KONSTRUKCIJSKI SKLOP 7

		1	2	3	4	5	6	7	8
		MAVČNO KARTONASTA PLOŠČA	ZAŠČITNA KONSTRUKCIJA	TOPLOTNA IZOLACIJA	NOSILNA KONSTRUKCIJA	TOPLOTNA IZOLACIJA (JEDRO)	ZAŠČITNA KONSTRUKCIJA + II HIDROIZOLACIJA	SEKUNDARNA NK ŽAGAN LES	HIDROIZOLACIJA
		M.K.P.	PARNA OVIRA	STEKLENA VOLNA	GLULAM	STEKLENA VOLNA	PAROPREPUSTNA FOLIJA	ŽAGAN LES	OPEČNA KRITINA
					12% lesa	88%	Tyvek Monolayer 80	12%lesa	
VIR DRŽAVA IZDAJATELJ		IBU-EPD NEM	Oekoba.dat/IBU NEM	IBU-EPD NEM	IBU NEM	IBU-EPD NEM	IBU NEM	IBU NEM	IBU NEM
		Bundesverband der Gipsindustrie e.V.	Thinkstep	Isover	Rubner Holding AG - S.p.A.	Isover	DuPont de Nemours (Luxembourg) s.a.r.l.	Überwachungsgem einschaft Konstruktionsvollh olz e.V.	Tondachziegel - Initiative Ziegel- Fachverband der Stein- und keramischen Industrie 2014-1019
	Leto: izid-potek	2014-2019	2012-2017	2014-2019	2018-2023	2014-2019	2016-2021	2016-2017	
	PODATKI IZ EPD-jev	Fizikalne karakteristike	DEKLARIRANA ENOTA	f.u.	f.u.	m3	m3	f.u.	m3
			gostota [kg/m3]	800	1000	16,5	464	16,5	490
			toplotna prevodnost [W/mK]	/	/	0,032-0,111	0,12	0,032-0,111	/
			debelina [cm]	/	0,02	/	/	0,22	10,0-24,0
			povprečna masa [kg/m2]	10	0,2	/	/	0,081	/
Moje vrednosti	Fizikalne karakteristike	FUNKCIONALNA ENOTA [m2]	gostota [kg/m3]	800	1000	16,5	464	16,5	36,8
			toplotna prevodnost [W/mK]	0,35	0,4	0,037	0,12	0,037	0,5
			debelina [cm]	1,25	0,02	3	16	0,22	5
			povprečna masa [kg/m2]	10	0,2	0,495	74,24	2,64	0,081
podatkov	Konstrukcijske karakteristike		GWP [kgCO ₂ -eq]	2,09E+00	4,18E-01	3,19E+01	-6,46E+02	3,19E+01	3,93E-01
			ODP [kgCFCl ₁₁ -eq]	2,23E-10	6,59E-13	3,38E-06	2,56E-05	3,38E-06	6,10E-11
			POCP [kg C ₂ H ₄ -eq]	2,96E-04	3,20E-04	7,66E-02	1,03E-01	7,66E-02	1,73E-04
			AP [kg SO ₂ -eq]	3,24E-03	5,37E-03	8,86E-02	8,40E-01	8,86E-02	1,67E-03
			EP [kg (PO ₄) ₃ -eq]	7,96E-04	1,33E-04	5,31E-02	1,70E-01	5,31E-02	1,02E-04
			ADPE [kg Sb-eq]	1,65E-04	7,92E-03	3,46E-03	1,01E-04	3,46E-03	7,86E-08
			ADPF [MJ eq]	3,22E+01	1,33E+01	4,78E+02	1,34E+03	4,78E+02	9,22E+00
									8,50E+02
			GWP [kgCO ₂ -eq]	2,09E+00	4,18E-01	9,57E-01	-1,24E+01	4,49E+00	3,93E-01
			ODP [kgCFCl ₁₁ -eq]	2,23E-10	6,59E-13	1,01E-07	4,76E-07	4,76E-07	6,10E-11
			POCP [kg C ₂ H ₄ -eq]	2,96E-04	3,20E-04	2,30E-03	1,98E-03	1,08E-02	1,73E-04
			AP [kg SO ₂ -eq]	3,24E-03	5,37E-03	2,66E-03	1,61E-02	1,25E-02	1,67E-03
			EP [kg (PO ₄) ₃ -eq]	7,96E-04	1,33E-04	1,59E-03	3,26E-03	7,48E-03	1,02E-04
			ADPE [kg Sb-eq]	1,65E-04	7,92E-03	1,04E-04	1,94E-06	4,87E-04	7,86E-08
			ADPF [MJ]	3,22E+01	1,33E+01	1,43E+01	2,57E+01	6,73E+01	9,22E+00
									5,10E+00
			GWP [kgCO ₂ -eq]	2,09E+00	4,18E-01	9,57E-01	-1,24E+01	4,49E+00	3,93E-01
			ODP [kgCFCl ₁₁ -eq]	2,23E-10	6,59E-13	1,01E-07	4,76E-07	4,76E-07	6,10E-11
			POCP [kg C ₂ H ₄ -eq]	2,96E-04	3,20E-04	2,30E-03	1,98E-03	1,08E-02	1,73E-04
			AP [kg SO ₂ -eq]	3,24E-03	5,37E-03	2,66E-03	1,61E-02	1,25E-02	1,67E-03
			EP [kg (PO ₄) ₃ -eq]	7,96E-04	1,33E-04	1,59E-03	3,26E-03	7,48E-03	1,02E-04
			ADPE [kg Sb-eq]	1,65E-04	7,92E-03	1,04E-04	1,94E-06	4,87E-04	7,86E-08
			ADPF [MJ]	3,22E+01	1,33E+01	1,43E+01	2,57E+01	6,73E+01	9,22E+00
									5,10E+00

PRILOGA A.8: KONSTRUKCIJSKI SKLOP 8

		1	2	3	4	5	6	7	8
		MAVČNO KARTONASTA PLOŠČA	ZAŠČITNA KONSTRUKCIJA	TOPLOTNA IZOLACIJA	NOSILNA KONSTRUKCIJA	TOPLOTNA IZOLACIJA (JEDRO)	ZAŠČITNA KONSTRUKCIJA + II HIDROIZOLACIJA	SEKUNDARNA NK ŽAGAN LES	HIDROIZOLACIJA
		M.K.P.	PARNA OVIRA	STEKLENA VOLNA	GLULAM	LESNA VLAKNA	PAROPREPUSTNA FOLIJA	ŽAGAN LES	OPEČNA KRITINA
					12% lesa	88% TI	Tyvek Monolayer 80	12% lesa	
VIR DRŽAVA IZDAJATELJ		IBU-EPD NEM	Oekoba.dat/IBU NEM	IBU-EPD NEM	IBU NEM	IBU NEM	IBU NEM	IBU NEM	IBU NEM
		Bundesverband der Gipsindustrie e.V.	Thinkstep	Isover	Rubner Holding AG - S.p.A.	Pavatex SA	DuPont de Nemours (Luxembourg) s.a.r.l.	Überwachungsgemei nschaft Konstruktionsvollholz e.V.	Tondachziegel - Initiative Ziegel- Fachverband der Stein- und keramischen Industrie 2014-1019
	Leto: izid-potek	2014-2019	2012-2017	2014-2019	2018-2023	2014-2019	2016-2021	2016-2017	
	PODATKI IZ EPD-jev	Fizikalne karakteristike	DEKLARIRANA ENOTA	f.u.	f.u.	m3	m3	f.u.	m3
			gostota [kg/m3]	800	1000	16,5	464	55	490
			toplotna prevodnost [W/mK]	/	/	0,032-0,111	0,12	0,038	/
			debelina [cm]	/	0,02	/	/	4,0-24,0	/
			povprečna masa [kg/m2]	10	0,2	/	/	0,081	/
Moje vrednosti	Fizikalne karakteristike	FUNKCIONALNA ENOTA [m2]	gostota [kg/m3]	800	1000	16,5	464	55	36,8
			toplotna prevodnost [W/mK]	0,35	0,4	0,037	0,12	0,038	0,5
			debelina [cm]	1,25	0,02	3	16	0,22	0,13
			povprečna masa [kg/m2]	10	0,2	0,495	74,24	8,8	0,081
podatkov	Konstrukcijske karakteristike		GWP [kgCO ₂ -eq]	2,09E+00	4,18E-01	3,19E+01	-6,46E+02	1,63E+00	3,93E-01
			ODP [kgCFCl ₁₁ -eq]	2,23E-10	6,59E-13	3,38E-06	2,56E-05	3,73E-09	6,10E-11
			POCP [kg C ₂ H ₄ -eq]	2,96E-04	3,20E-04	7,66E-02	1,03E-01	2,20E-02	1,73E-04
			AP [kg SO ₂ -eq]	3,24E-03	5,37E-03	8,86E-02	8,40E-01	2,60E-01	1,67E-03
			EP [kg (PO ₄) ₃ -eq]	7,96E-04	1,33E-04	5,31E-02	1,70E-01	2,36E-02	1,02E-04
			ADPE [kg Sb-eq]	1,65E-04	7,92E-03	3,46E-03	1,01E-04	2,80E-05	7,86E-08
			ADPF [MJ eq]	3,22E+01	1,33E+01	4,78E+02	1,34E+03	1,53E+03	9,22E+00
									8,50E+02
			GWP [kgCO ₂ -eq]	2,09	0,4184	9,57E-01	-1,24E+01	2,30E-01	3,93E-01
			ODP [kgCFCl ₁₁ -eq]	2,23E-10	6,59E-13	1,01E-07	4,92E-07	5,25E-10	6,10E-11
			POCP [kg C ₂ H ₄ -eq]	2,96E-04	0,0003197	2,30E-03	1,98E-03	3,10E-03	1,73E-04
			AP [kg SO ₂ -eq]	3,24E-03	0,005367	2,66E-03	1,61E-02	3,66E-02	1,67E-03
			EP [kg (PO ₄) ₃ -eq]	7,96E-04	0,0001329	1,59E-03	3,26E-03	3,32E-03	1,02E-04
			ADPE [kg Sb-eq]	1,65E-04	0,007919	1,04E-04	1,94E-06	3,94E-06	7,86E-08
			ADPF [MJ]	32,21	13,34	1,43E+01	2,57E+01	2,15E+02	9,22E+00
									5,10E+00
			GWP [kgCO ₂ -eq]	2,09	0,4184	9,57E-01	-1,24E+01	2,30E-01	3,93E-01
			ODP [kgCFCl ₁₁ -eq]	2,23E-10	6,59E-13	1,01E-07	4,92E-07	5,25E-10	6,10E-11
			POCP [kg C ₂ H ₄ -eq]	2,96E-04	0,0003197	2,30E-03	1,98E-03	3,10E-03	1,73E-04
			AP [kg SO ₂ -eq]	3,24E-03	0,005367	2,66E-03	1,61E-02	3,66E-02	1,67E-03
			EP [kg (PO ₄) ₃ -eq]	7,96E-04	0,0001329	1,59E-03	3,26E-03	3,32E-03	1,02E-04
			ADPE [kg Sb-eq]	1,65E-04	0,007919	1,04E-04	1,94E-06	3,94E-06	7,86E-08
			ADPF [MJ]	32,21	13,34	1,43E+01	2,57E+01	2,15E+02	9,22E+00
									5,10E+00