

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Virant, B., 2015. Energetski in trajnostni vidiki lesene gradnje. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Košir, M., somentorica Dovjak, M.): 36 str.

Datum arhiviranja: 29-09-2015

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



Jamova cesta 2
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

DRUGG – The Digital Repository
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Virant, B., 2015. Energetski in trajnostni vidiki lesene gradnje. B.Sc Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Košir, M., co-supervisor Dovjak, M.): 36 pp.

Archiving Date: 29-09-2015

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



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

UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI
PROGRAM PRVE STOPNJE
GRADBENIŠTVO

Kandidatka:

BARBARA VIRANT

**ENERGETSKI IN TRAJNOSTNI VIDIKI LESENE
GRADNJE**

Diplomska naloga št.: 188/B-GR

**ENERGY AND SUSTAINABILITY ASPECTS OF WOOD
CONSTRUCTION**

Graduation thesis No.: 188/B-GR

Mentor:

doc. dr. Mitja Košir

Somentorica:

doc. dr. Mateja Dovjak

Ljubljana, 08. 09. 2015

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVA

Podpisana Barbara Virant izjavljam, da sem avtorica diplomskega dela z naslovom »Energetski in trajnostni vidiki lesene gradnje«.

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

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Pijavice, 6. 7. 2015

Barbara Virant

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVEČEK

UDK: 624.01(497.4)(043.2)

Avtor: Barbara Virant

Mentor: doc. dr. Mitja Košir

Somentor: doc. dr. Mateja Dovjak

Naslov: Energetski in trajnostni vidiki lesene gradnje

Tip dokumenta: Diplomaska naloga – univerzitetni študij

Obseg in oprema: 36 str., 11 pregl., 7 sl., 2 graf., 2 pril.

Ključne besede: lesena gradnja, konstrukcijski sklopi, konvencionalna gradnja, potrebna toplota za ogrevanje, vidiki trajnosti

Izveček:

Trajnostna in energetsko učinkovita gradnja je danes ena od aktualnih tem, zato smo v diplomski nalogi izračunali energetsko bilanco za manjšo enodružinsko hišo ter preverili ustreznost konstrukcijskih sklopov zunanjih sten glede na izbrane kriterije trajnosti.

V diplomski nalogi so izbrani leseni konstrukcijski sklopi zunanje stene, ki jih najdemo na slovenskem tržišču. Določena sta tudi dva konvencionalna konstrukcijska sklopa iz opeke in armiranega betona. V teoretičnem ozadju so opredeljeni lesni kompoziti, ki jih najdemo v izbranih konstrukcijskih sklopih ter pojmi, ki se nanašajo na trajnost oziroma trajnostnost, trajnostni razvoj, trajnostno arhitekturo, trajnostno stavbo in trajnostno gradnjo.

Preverjena je energetska učinkovitost posameznih izbranih konstrukcijskih sklopov na primeru enodružinske nizkoenergijske hiše tipa Prima, ki je produkt podjetja Marles. Poleg tega smo po metodi Dovjak in Krainer [12] določili vidike trajnosti ter posamezne kriterije, ki smo jih analizirali na podlagi sestave izbranih lesenih konstrukcijskih sklopov. Obravnavali smo okoljski, socialni, ekonomski in zdravstveni kriteriji.

Ugotovili smo, da energetsko učinkovitost stavbe narekuje toplotna prehodnost konstrukcijskega sklopa, zato ni nujno, da je lesen konstrukcijski sklop bolj energetsko učinkovit od konvencionalnega. Pri analizi trajnostne gradnje se izkaže lesena gradnja za bolj trajnostno od konvencionalne, čeprav ne izpoljuje vseh kriterijev trajnosti (okoljski, ekonomski, socialni, zdravstveni). Da bi v celoti izpolnili vse kriterije, se je potrebno izogniti uvozu lesa in lesenih kompozitov, ki škodujejo zdravju ljudi in okolju ter uporabiti les brez dodatkov.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT**UDC: 624.01(497.4)(043.2)****Author: Barbara Virant****Supervisor: Assist. Prof. Mitja Košir, Ph. D.****CO-supervisor: Assist. Prof. Mateja Dovjak, Ph. D.****Title: Energy And Sustainability Aspects of Wood Construction****Document type: Graduation Thesis – University Studies****Notes: 36 p., 11 tab., 7 fig., 2 graph., 2 ann.****Keywords: wood construction, structure systems, conventional construction, needed energy for heating, sustainability aspects****Abstract:**

Nowadays sustainable and energy-efficient construction is one of the top issues, therefore in my graduation thesis we calculated the energy balance of a small family house and checked the suitability of wooden structural complexes of exterior walls according to selected criteria of sustainability.

In this thesis we chose wooden structural complexes of exterior walls, which can be found in the Slovenian market. We also specified two conventional structural complexes of brick and reinforced concrete. The theoretical part defines wood composites, which are found in selected structural complexes and concepts of sustainability, sustainable development, sustainable architecture, sustainable building and sustainable engineering.

Energy efficiency of selected structural complexes is shown in the case of a single-family low-energy house type called Prima, which is the product of company Marles. In addition, we used the Dovjak and Krainer method [12] to define sustainability aspects and specific criteria, which were analyzed on the basis of the composition of selected wooden structural complexes. We discussed environmental, social, economic and health criteria of sustainability.

We found out that the energy efficiency of a building is determined by thermal transmittance of frame construction. For this reason it is not necessary that the wood-frame construction is more energy efficient than the conventional one. In the analysis of the sustainability it is proven that wood-frame construction are more sustainable than conventional, though not to meet demands of sustainability (environmental, economic, social, health). In order to fully meet all the criteria should be avoided imports of wood and wood composites, and use wood without adhesives and resins, which are bad for health and the environment.

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem mentorju doc. dr. Mitji Koširju ter somentorici doc. dr. Mateji Dovjak za ves posvečen čas pri izoblikovanju ideje in izdelavi diplomskega dela.

Zahvaljujem se tudi ge. Majdi Pušnik iz podjetja Marles, g. Ivanu Grašiču ter g. Florjanu Stržinarju iz podjetja Jelovica za posredovane podatke o stavbi in stavbnem pohištvu, ki so uporabljeni v diplomskem delu. Prav tako se zahvaljujem Saši Kralj za lektoriranje diplomskega dela.

Posebna zahvala gre moji družini, Denisu, prijateljem in sošolcem, ki so me podpirali in nudili pomoč tekom celotnega študija.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
1.1	Namen diplomskega dela	2
1.2	Cilji diplomskega dela	2
1.3	Hipotezi	2
1.5	Pregled literature	6
1.6	Osnovni pojmi	7
2	TEORETIČNO OZADJE	8
2.1	Lesni kompoziti v izbranih konstrukcijskih sistemih	8
2.2	Prednosti lesene gradnje pred konvencionalno gradnjo	9
2.3	Trajnost v zakonskih okvirjih	9
2.4	Trajnost kot pojem	10
2.5	Metode ocenjevanja trajnosti	12
2.6	Kriteriji trajnosti	13
2.6.2	Ekonomski kriterij lesene gradnje	13
2.6.3	Socialni kriterij lesene gradnje	14
2.6.4	Zdravstveni kriterij lesene gradnje	14
3	ANALIZA STAVBE	15
3.1	Opis uporabljene programske opreme	15
3.2	Opis stavbe	15
3.3	Metoda analize	16
4	REZULTATI	18
4.1	Rezultati analize izbranih KS s stališča energetske učinkovitosti	18
4.2	Rezultati analize konstrukcijskih sklopov obravnavane stavbe s stališča trajnosti	18
5	PRIMERJAVA REZULTATOV	24
5.1	Primerjava rezultatov energetske učinkovitosti izbrane stavbe glede na konstrukcijske sisteme lesene nosilne konstrukcije in debelino zunanje stene	24
5.2	Primerjava rezultatov glede na vrsto gradnje	25
5.3	Aplikacija metode ocene trajnostnih vidikov na izbrane lesene KS	26
6	ZAKLJUČEK	27

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Potrebna primarna energija za ogrevanje obravnavane stavbe posameznih konstrukcijskih sistemov lesenih KS.....	24
Grafikon 2: Potrebna primarna energija za ogrevanje obravnavane stavbe posameznih KS.	25

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Prikaz izbranih KS.	3
Preglednica 2: Pregled pojmov.	11
Preglednica 3: Vhodni podatki.....	16
Preglednica 4: Lastnosti transparentnih delov stavbe.	16
Preglednica 5: Vrednosti za izračun energetske bilance stavbe.	17
Preglednica 6: Rezultati energetske bilance stavbe za posamezne KS.....	18
Preglednica 7: Pregledane raziskave zdravstvenega vidika trajnosti.....	19
Preglednica 8: Pregledane raziskave okoljskega vidika trajnosti.	20
Preglednica 9: Pregledane raziskave ekonomskega vidika trajnosti.....	22
Preglednica 10: Pregledane raziskave socialnega vidika trajnosti.....	23
Preglednica 11: Ocena trajnosti za izbrane lesene KS.	26

KAZALO SLIK

Slika 1: Prikaz tipov lesenih KS.....	7
Slika 2: OSB plošča	8
Slika 3: Vlakenne plošče MDF	8
Slika 4: Plošča iz križno lepjenega lesa.....	8
Slika 5: Enodružinska nizkoenergijska hiša tipa Prima.....	15
Slika 6: Neto emisija oz. absorpcija CO ₂ na kubični meter materiala.....	22
Slika 7: Lesna industrija v Sloveniji	23

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

KS – konstrukcijski sklop

NK – nosilna konstrukcija

F – fasada

IF – toplotna izolacija fasade

ZO – zunanja obloga nosilne konstrukcije

TI – toplotna izolacija

PO – parna ovira

FO – finalna obloga

H_T' - koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe [$W/(m^2K)$]

Q_P - letna raba primarne energije [kWh]

Q_{NH} - letna potrebna toplota za ogrevanje [kWh]

Q_{NC} - letni potrebni hlad za hlajenje [kWh]

Q_{NH}/A_U - letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto uporabne površine [kWh/m²]

VOC – hlapno organske snovi

M – masivni lesen sistem nosilne konstrukcije

S – skeletni lesen sistem nosilne konstrukcije

O – okvirni lesen sistem nosilne konstrukcije

K – konvencionalni sistem nosilne konstrukcije

1 UVOD

Ena od značilnosti Slovenije je gozdnatost in pestrost gozdov, saj naša dežela spada med najbolj gozdnate v Evropi. Z gozdom je pokrite kar 58,4 % površine države [1]. Ta nam daje najbolj čist vir surovine – les. Gozd in les sta bila že v preteklosti pomembna za naš razvoj in obstoj. Skozi stoletja je uporaba lesa v gradbeništvu padala. Na voljo so bili novi konstrukcijski materiali, kot so opeka, armiran beton, jeklo. Uporaba le-teh je prispevala k podnebnim spremembam, saj gre večinoma za okolju neprijazne in energetsko potratne materiale [2].

Gradbeništvo je široka panoga, v kateri lahko bistveno zmanjšamo količino sproščenih toplogrednih plinov ter porabo energije. V Sloveniji kar 31,7 % toplogrednega plina CO₂ proizvede električna energija in toplota, 26,9 % prometni sektor ter 10,5 % predelovalne dejavnosti in gradbeništvo [4]. Gradbeni sektor v EU porabi kar 42 % vse energije ter proizvede 35 % toplogrednih plinov [3]. Od tega stavbe porabijo 39 % energije [5]. Na tem področju bo potrebno uvesti določene ukrepe, ki obsegajo zmanjševanje izpustov toplogrednih plinov in uvedbo energetsko nepotratnih materialov z možnostjo ponovne rabe in recikliranja. S tem bi prispevali tudi k znižanju količini odpada, ki nastane med gradnjo in kasnejšo uporabo ter k razbremenitvi okolja. Upoštevati bo potrebno načelo skrbnega ravnanja z okoljem in ohranjanja naravnih virov. To pa pomeni, da bo potrebno graditi trajnostno [6].

Trajnostna gradnja je gradnja, ki v času načrtovanja stavbe, med samo gradnjo in kasnejšo uporabo ter po preteku njene življenjske dobe, ugodno vpliva na okolje, ga ne obremenjuje ter ohranja naravne vire [30]. Trajnostna stavba mora biti prijazna do okolja in uporabnika ter mora zagotavljati zdravo in udobno bivanje [12]. Pojem trajnostne gradnje je kompleksen. Najbolj smo seznanjeni z okoljskim vidikom trajnostne gradnje. Poleg tega je potrebno uravnotežiti ekonomski, socialni in zdravstveni vidik [12].

1.1 Namen diplomskega dela

Namen diplomskega dela je izračunati energetsko bilanco izbrane stavbe za izbrane KS zunanjih sten iz lesa, opeke in armiranega betona ter preveriti ustreznost lesenih KS zunanjih sten z vidikov trajnosti, ki smo jih definirali po metodi Dovjak, Krainer [12].

V diplomskem delu bomo v poglavju *Teoretično ozadje* preučili les kot gradbeni material in pojem trajnosti. V naslednjem delu diplomske naloge bomo s pomočjo programa TOST [11] izračunali energetsko bilanco stavbe za izbrane konstrukcijske sklope iz lesa na slovenskem tržišču ter jih primerjali z rezultati konvencionalne gradnje. Vrednost, ki jo bomo primerjali bo potrebna primarna letna energija stavbe za ogrevanje. Prav tako jih bomo primerjali z vidika trajnosti, kjer bomo obravnavali izbrane okoljske, ekonomske, socialne in zdravstvene kriterije. Ob posamezni analizi bomo izpostavili KS, ki bo najbolj ustrežal z energetskega in trajnostnega vidika.

1.2 Cilji diplomskega dela

Cilji diplomskega dela so:

- izbrati tipične KS iz lesa, opeke in armiranega betona na slovenskem tržišču,
- izvesti primerjavo KS iz lesa, opeke in armiranega betona s pomočjo izračuna energetske bilance,
- izvesti primerjavo KS iz lesa s stališča okoljskega, socialnega, ekonomskega in zdravstvenega vidika trajnostne gradnje,
- izpostaviti najbolj energetsko učinkovit ter najbolj trajnosten KS med izbranimi lesenimi KS.

1.3 Hipotezi


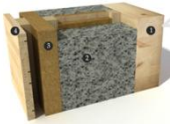
Na podlagi pregledane literature ter teoretičnega ozadja so predpostavljena začetna predvidenja:

- Leseni KS bodo z vidika energetske bilance boljši od KS konvencionalne gradnje.
- Leseni KS bodo s stališča okoljskega, socialnega, ekonomskega in zdravstvenega vidika trajnostni boljši od KS konvencionalne gradnje.

1.4 Metoda


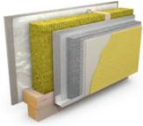

Uporabili smo diplomsko delo Anje Štrus z naslovom Analiza izbranih gradbeno-fizikalnih in okoljskih parametrov KS iz lesa [34]. Ta je izdelala analizo ponudbe lesenih konstrukcijskih sklopov na slovenskem tržišču. Izbrala sem šest lesenih KS različnih debelin. Dodatno smo oblikovali še KS iz opeke ter armiranega betona za primerjavo. KS so sistematično prikazani v preglednici 1.

Preglednica 1: Prikaz izbranih KS [18], [19], [20], [21], [22], [23].

Ime KS in proizvajalec	Debelina [m]	U-faktor $[\frac{W}{(m^2K)}]$	Sestava KS od zunanosti proti notranosti
<p>O1: Rihter pasiv+</p> <p>[proizvajalec: Rihter d.o.o.]</p> 	530mm	0,08 $\frac{W}{(m^2K)}$	<ul style="list-style-type: none"> - paroprepustni fasadni omet 6mm (F) - kamena volna 200mm (IF) - mavčno vlaknena plošča 15mm (ZO) - lesena NK 220mm (NK) - kamena volna 220mm (TI) - OSB plošča s polepljenimi stiki 15mm (PO) - kamena volna v inštalacijski ravnini 60mm (IN) - mavčno kartonasta ognjevarna plošča 15mm (FO)
<p>M1: Riko pasivna lesena</p> <p>[proizvajalec: Riko hiše]</p> 	520mm + fasada	0,09 $\frac{W}{(m^2K)}$	<ul style="list-style-type: none"> - neprezračevana fasada (omet, dekorativna fasada) ali prezračevana fasada (mavčno vlaknena plošča in lesena obloga)(F) - lesena vlakna 60mm (IF) - smrekova lesena lepljena stena 100mm (NK) - celulozna vlakna 360mm med I nosilci (TI) - OSB plošča (PO) - lesena vlakna v podkonstrukciji (IN) - vidna lesena površina (FO)

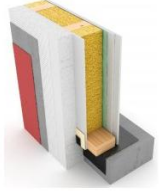
se nadaljuje...

... nadaljevanje preglednice 1

<p>S1: BIO PASIV</p> <p>[proizvajalec Kager hiša d.o.o.]</p> 	485,5mm	0,106 $\frac{W}{(m^2K)}$	<ul style="list-style-type: none"> - armirana malta in strukturni silikonski omet (F) - leseno vlaknena plošča 60mm (IF) - mavčna vlaknena plošča 15mm (ZO) - leseni I nosilci 300mm (NK) - lesena vlakna 300mm (TI) - lesena gradbena plošča 15mm (PO) - lesena volna 40mm med letvami 60mm (IN) - mavčno vlaknena plošča 15mm ter ognjevarna mavšča kartonska plošča 12,5mm (FO)
<p>O2: Basic N6</p> <p>[proizvajalec: Marles hiše]</p> 	240mm	0,19 $\frac{W}{(m^2K)}$	<ul style="list-style-type: none"> - armirana malta in dekorativni zaključni omet (F) - neopor 60mm (IF) - mavčno vlaknena plošča 15mm (ZO) - lesena konstrukcija 60/140mm (NK) - mineralna volna 120mm (TI) - PE folija (PO) - mavčna vlaknena plošča 15mm (FO)
<p>M2: LBN Basic</p> <p>[proizvajalec: Lesoteka hiše]</p> 	283mm	0,18 $\frac{W}{(m^2K)}$	<ul style="list-style-type: none"> - armirana malta in končni sloj fasade 0,6mm (F) - cementna plošča 12,5mm na leseni oplati 80/20mm (IF) - paroprepustna folija 0,2mm (ZO) - lesena konstrukcija 80/160mm (NK) - mineralna volna 160mm (TI) - paroprepustna folija 0,2mm (PO) - bruna 90mm (FO)

se nadaljuje ...

... nadaljevnje preglednice 1

S2: Optima [proizvajalec: Kager hiša d.o.o.] 	290,5mm	0,158 $\frac{W}{(m^2K)}$	<ul style="list-style-type: none">- armirana malta in strukturni akrilni omet 8mm (F)- neopor 80mm (IF)- mavčna vlaknena plošča 15mm (ZO)- lepljen les 80/160mm (NK)- mineralna volna 160mm (TI)- parna zapora (PO)- mavčno vlaknena plošča 15mm in ognjevarna kartonska plošča 12,5mm (FO)
K1: opečnati KS	470mm	0,212 $\frac{W}{(m^2K)}$	<ul style="list-style-type: none">- fasadna malta 10mm (F)- ekspanzirani polistiren 150mm (TI)- polietilenska folija (PO)- opečnata konstrukcija 300mm (NK)- omet 10mm (FO)
K2: armirano- betonski KS	290mm	0,231 $\frac{W}{(m^2K)}$	<ul style="list-style-type: none">- fasadna malta 10mm (F)- ekspanzirani polistiren 150mm (TI)- polietilenska folija (PO)- armirano betonska konstrukcija 120mm (NK)- omet 10mm (FO)

Pri izbiri objekta smo za pomoč prosili podjetje Marles, ki nam je posredovalo podatke in načrte o tipski nizkoenergijski hiši tipa Prima. Potrebne podatke o lastnosti oken in vrat smo pridobili s strani podjetja Jelovica [55].

V prvem delu diplomskega dela smo z namenom primerjave KS iz lesa ter KS konvencionalne gradnje izračunali energetsko bilanco stavbe s programom TOST, katerega avtorja sta Perdan in Krainer [11]. Naredili smo primerjavo treh različnih tipov KS NK, in sicer tip masivne, skeletne in okvirne NK. Za dodatno primerjavo je vzeta še različna debelina posameznih KS. Lastnosti ostalih KS so vzete iz priloge A.5.

V drugem delu diplomskega dela smo primerjali KS iz lesa s stališča vidikov trajnosti. Primerjani vidiki so okoljski, ekonomski, socialni in zdravstveni. Po metodi Dovjak in Krainer [12] smo definirali kriterije in kazalce trajnosti. Metodo bomo uporabili na dejanskem primeru. Osredotočili se bomo na koraka 2: kazalniki trajnostne gradnje in 4: končna ocena konstrukcijskih sklopov. Na podlagi izvedene analize bomo določili ustreznost posameznega KS s stališča trajnosti.

Končni rezultat diplomskega dela je ugotoviti najbolj energetsko učinkovit in najbolj trajnosten lesen KS med izbranimi KS ter ovretnotiti začetne hipoteze.

1.5 Pregled literature

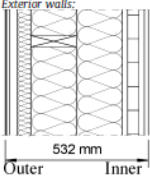
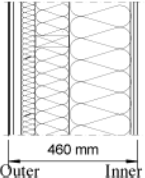
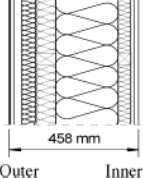
Prvo vprašanje, ki se nam poraja glede lesene gradnje hiš, je ta, zakaj je te gradnje tako malo in zakaj pri nas še vedno prevladuje konvencionalna gradnja iz opeke in armiranega betona.

V knjigi z naslovom *Gradnja z lesom – izziv in priložnost za Slovenijo* [14] so navedeni rezultati raziskovalno-razvojnega projekta Stanovanjska anketa ter rezultati javnomnenjske raziskave *Odnos javnosti do lesene gradnje*. Raziskovalno-razvojni projekt je pokazal, da se bo v prihodnosti povečalo zanimanje za gradnjo montažnih enodružinskih hiš. V javnomnenjski raziskavi pa so rezultati pokazali, da bi se 60 % vprašanih odločilo za gradnjo klasične hiše, 34% pa bi se jih odločilo za leseno montažno gradnjo. Anketiranci so kot razloge proti leseni montažni gradnji navedli njeno nepoznavanje, pomisleke glede trajnosti in cene gradnje, pomisleke o varnosti, kvaliteti lesene gradnje ter pomisleke glede požarne varnosti, primernosti za okolje, potresni varnosti ...[14].

V knjigi *Lesene konstrukcije v stanovanjski in javni gradnji I Slovenija* [7] je navedena raziskava in analiza odnosa javnosti do lesene gradnje in izdelkov iz lesa, ki je bila izvedena 2011. Pokazala je, da se od leta 2006 28 % več ljudi strinja, da lesena gradnja omogoča bolj zdravo bivalno okolje [7].

Glede na naravno danost Slovenije lesena gradnja predstavlja le majhen delež celotne gradnje. V letu 2007 je bilo proizvedenih 745 montažnih hiš, vendar je bila slaba polovica namenjena izvozu. Za primerjavo navajam Avstrijo, kjer lesena montažna gradnja predstavlja kar 35,7 % celotne eno- ali dvodružinske stanovanjske gradnje. V letu 2002 je število montažnih hiš predstavljalo 5684 enot [14].

Na temo energetskega vidika lesene gradnje pa je napisan tudi članek švedskih avtorjev Dodoo, A. in sod. [46] z naslovom *Analiza življenjskega cikla primarne energije nizko energijskih lesenih sistemov za večnadstropne stanovanjske stavbe*. Obravnavani so trije osnovni tipi lesenih KS zunanjih sten, in sicer masivni (*ang. CLT building system*), skeletni (*ang. beam-and-column building system*) ter okvirni (*ang. modular volume element building system*) konstrukcijski sistem NK [46]. Prikazuje jih slika 1. Lesen KS zunanje stene z masivno NK ima U faktor 0,10 W/(m²K), medtem ko imata lesen KS s skeletno in lesen KS z okvirno NK U faktor enak 0,11W/(m²K).

CLT system		Beam -and-column system		Modular system	
Details	Layers	Details	Layers (outer to inner)	Details	Layers (outer to inner)
 <p>Exterior walls: 532 mm Outer Inner</p>	<p>from outer to inner</p> <ul style="list-style-type: none"> Ventilated façade plaster 28 × 70 mm wood lath 50 mm stone wool 170 mm stone wool 45 × 170 mm timber studs 170 mm stone wool 45 × 170 mm timber studs 0.2 mm plastic film 82 mm CLT 15 mm gypsum board 	 <p>460 mm Outer Inner</p>	<ul style="list-style-type: none"> Ventilated façade plaster 28 × 70 mm wood lath 50 mm stone wool 120 mm stone wool 45 × 120 mm timber studs 220 mm stone wool 45 × 220 mm timber studs 0.2 mm plastic film 2 × 13 mm gypsum board 	 <p>458 mm Outer Inner</p>	<ul style="list-style-type: none"> Ventilated façade plaster 28 × 70 mm wood lath 50 mm stone wool, 70 mm glass wool 45 × 70 mm timber studs 220 mm glass wool, 45 × 220 mm timber studs 0.2 mm plastic film 13 mm gypsum board 15 mm gypsum board

Slika 1: Prikaz tipov lesenih KS [46].

Rezultati so pokazali, da največji delež k porabi primarne energije za proizvodnjo lesenega materiala prispevajo zunanje in notranje stene. Poraba primarne energije za proizvodnjo samega betona je kar 6-krat manjša. Nadaljni rezultati so pokazali, da je masivni sistem NK najbolj energetsko potraten v času proizvodnje, vendar najbolj energetsko učinkovit v času uporabe v stavbi. To dokazuje tudi podatek, da skeletni in okvirni sistem NK porabita nekje med 22 % in 25 % več primarne energije za ogrevanje kot masivni sistem [46].

1.6 Osnovni pojmi

Masivni konstrukcijski sistem je sistem, ki ga sestavlja kladna oz. brunasta konstrukcija ali sodobna masivna konstrukcija. Kladno konstrukcijo sestavljajo brune (obdelana debla). Posamezni deli so predizdelani in se na gradbišču le sestavijo skupaj. Pri sodobni masivni konstrukciji gre za stene iz masivnih tramov oz. brun s križnim preklopom ter medetažno konstrukcijo iz postavljenih in spojenih tramov, preko katerih so nameščeni opaži ali pa za stene in medetažne konstrukcije iz križno lepljenih elementov [7].

Skeletni konstrukcijski sistem je sistem, ki ga sestavljajo stebri in nosilci. Vertikalne obremenitve se prenašajo preko nosilcev na stebre, zato stene nimajo nosilne funkcije. Ponavadi skeletna konstrukcija ostane vidna [23].

Okvirni konstrukcijski sistem je sistem, ki ga sestavljajo leseni okviri iz stebrov in prečk [23]. Za linijske dele se uporablja masiven les, za zunanje in notranje obloge pa se uporabljajo razne kompozitne plošče. Vmesni prostor je pogosto zapolnjen s toplotno izolacijo [7].

CLT je debelejši element z nosilno funkcijo iz križno lepljenega lameliranega lesa, ki se uporablja za gradnjo masivnih lesenih konstrukcijskih sistemov [8].

MDF je vlaknena plošča s srednjo gostoto [51].

Potrebna letna energija je energija, ki je potrebna za ogrevanje stavbe, ogrevanje tople vode, razsvetljavo ter hlajenje stavbe [11].

2 TEORETIČNO OZADJE

2.1 Lesni kompoziti v izbranih konstrukcijskih sistemih

Z razvojem tehnologij in uporabo sintetičnih lepil se je osnovna oblika lesa nadgradila. Razvoj lesnih kompozitov je omogočil izboljšanje dobrih in slabih lastnosti lesa. Ker za večino namenov osnovna oblika lesa v naravi ni primerna, je potrebno les pred uporabo obdelati [7]. Lesne kompozite sestavljajo vlakna ali iveri ter furnir. Te komponente so medseboj povezane z lepilom, kjer je prisoten formaldehid, ki negativno vpliva na notranje in zunanje okolje [48]. V nadaljevanju so opisani trije lesni kompoziti, ki se pojavljajo v izbranih lesenih KS za nadaljno analizo.



OSB (ang. *Oriented Strand Board*) ali iverna plošča z usmerjenim iverjem je v današnjem času izpodrinila in zamenjala iverno in furnirno ploščo. Sestavljena je iz večjih kosov med seboj lepljenih ploščatih iveri. Prednost OSB plošče je njena cenovna ugodnost, saj je cenejša od iverne in furnirne plošče. Odlikuje jo dobra dimenzijska stabilnost, visoka razslojna trdnost, visoka strižna trdnost ter trajnost. Uporablja se predvsem pri gradnji montažnih hiš, predelnih sten, streh in podov [9].

Slika 2: OSB plošča [16].

Vlakenne plošče so iz vlaken sekancev različnih vrst. Poznane so predvsem izolacijske vlakenne plošče, ki imajo izredno dobre izolacijske lastnosti [14]. Uporabljajo se predvsem za izdelavo pohištva [7].

Kot najbolj univerzalen proizvod se v gradbeništvu uporabljajo lesene vlakenne plošče. Uporabljamo jih za toplotno izolacijo (organski toplotni izolator) in zvočno izolacijo, saj vrhunsko dušijo zvok. Njihova montaža je hitra in enostavna. Ob koncu življenjske dobe plošč pa jih preprosto odstranimo in recikliramo [7].



Slika 3: Vlakenne plošče MDF [17].



V sodobnem gradbeništvu so vse bolj uporabljene tudi **plošče iz križno lepljenega lesa** oziroma plošče iz križno lepljenih lesenih panelov. Primerne so za reševanje zelo zahtevnih in kompleksnih problemov zasnove objekta [3]. Uporabljajo se za stenske, stropne in strešne elemente [7] v formatu do velikosti 50m² [3].

Slika 4: Plošča iz križno lepljenega lesa [15].

2.2 Prednosti lesene gradnje pred konvencionalno gradnjo

- Fleksibilna in prilagodljiva struktura montažne lesene hiše [14].
- Gradnja lesene hiše je hitrejša, saj gre za lahke konstrukcije z visoko stopnjo prefabrikacije [7] ter enostavnimi postopki montaže [14].
- Lesena hiša je bolj obstojna od masivne, saj jo lahko razstavimo in prestavimo [14].
- Lesena gradnja je okolju prijazna gradnja, saj zmanjšuje transportne stroške, vibracije in hrup, izhaja iz lokalne tradicije [14].
- Lesena gradnja je trajnostna gradnja, saj je vgrajen material, ki ima možnost reciklaže [7], omogoča zdravo bivalno okolje [14] ter je energetsko varčna v fazi proizvodnje in uporabe [14].
- Lesena gradnja je cenovno primerljiva s klasično gradnjo [7].
- Uporaba lesa ne proizvaja CO₂ kot materiali, ki se uporabljajo pri konvencionalni gradnji (beton, opeka, jeklo) [14].
- Požarna varnost lesene hiše je v primerjavi s konvencionalno boljša, saj les prevzame več požarne obremenitve [14].

Poleg številnih prednosti lesene gradnje pred konvencionalno gradnjo pa je potrebno izpostaviti tudi negativni vpliv dodatkov, ki so prisotni v lesnih kompozitih. Najdemo jih v smolah in lepilih, ki se uporabljajo za izdelavo lesnih kompozitov in v času proizvodnje ter uporabe stavbe povzročajo emisije formaldehida. Ta je problematičen za okolje in človeka [48].

2.3 Trajnost v zakonskih okvirjih

Izraze, ki vsebujejo pojem »trajnost (sustainability) srečujemo v vsakdanjem in strokovnem besednjaku. Eden takih pojmov je »trajnostni razvoj« (sustainable development), ki je bil prvič opredeljen leta 1987. Definirala ga je Svetovna komisija za okolje in razvoj (WCED) na pobudo Združenih narodov [28]. Pojem je bil prvič predstavljen v njihovem poročilu t.i. Brundtlantine komisije (The Brundtland Commission), katere predsednica je bila Gro Harlem Brundtland [28]. Ta je pripomogla k sprejetju ideje v Riu de Janeiru, kjer je leta 1992 potekala konferenca o okolju in razvoju [28]. Na konferenci v Braziliji je bil predstavljen celovit koncept trajnostnega razvoja, ki vključuje štiri temeljne vidike, in sicer okoljski, ekonomski, socialni in zdravstveni vidik. V današnjem času se zadnji od naštetih vidikov trajnostnega razvoja pogosto zanemarija in posledično prihaja do neuravnoteženja posameznih komponent pojma. To je poudarjeno tudi v študiji Dovjak in Krainer [12].

V Sloveniji najdemo kar nekaj zakonskih okvirjev, v katerih je opredeljen pojem trajnosti. Prvi se pojavi leta 1995, ko je skupina nevladnih organizacij pod vodstvom Umanotere, slovenske fundacije za trajnostni razvoj pripravila dokument Agenda 21 za Slovenijo. V dokumentu so opredeljena načela trajnostne družbe, ki zajemajo vse od spoštovanja občestva in odgovornosti življenja, izboljšanja kakovosti človekovega življenja, ohranjanja vitalnosti in pestrosti Zemlje, zmanjševanje koriščenja neobnovljivih virov, odgovornega ravnanja z okoljem ter upoštevanja nosilne zmogljivosti Zemlje ... [24]

Načelo trajnostnega razvoja opredeljujeta tudi dva zakona, in sicer Zakon o prostorskem načrtovanju [56] ter Zakon o varstvu okolja [57].

Zakon o prostorskem načrtovanju (ZPNačrt) [25] opredeljuje načelo trajnostnega prostorskega razvoja, ki zajema omogočanje kakovostnega življenjskega okolja s strani države in samoupravne lokalne skupnosti ter omogočanje zadovoljevanja potreb sedanje generacije, ki pa ne sme ogrožati zadovoljevanja potreb prihodnjih generacij. Upoštevati je potrebno varovanje in ohranjanje okolja ter njegovih dobrin. Trajnostni prostorski razvoj pa je potrebno zagotavljati z usklajevanjem razvojnih potreb, ki se jih dosega z racionalno rabo prostora za posamezne dejavnosti.

Zakon o varovanju okolja (ZVO-1) opredeljuje načelo trajnostnega razvoja podobno kot zakon o prostorskem načrtovanju, in sicer:

- (1) Država in lokalna skupnost morata pri sprejemanju politik, strategij, programov, planov, načrtov in splošnih pravnih aktov ter pri izvajanju drugih pristojnih zadev spodbujati takšen gospodarski in socialni razvoj družbe, ki pri zadovoljevanju potreb sedanje generacije upošteva enake možnosti zadovoljevanja potreb prihodnjih. Omogočati mora tudi dolgoročno ohranjanje okolja.
- (2) Zahteve varstva okolja morajo biti vključene v pripravo in izvajanje politik ter dejavnosti na vseh področjih gospodarskega in socialnega razvoja, zaradi spodbujanja trajnostnega razvoja [26].

V sklopu programa Zelenega razvojnega preboja je objavljen prispevek za Strategijo razvoja Slovenije [27], v katerem so predstavljene ideje za vzpostavitev trajnostnega razvoja. Ideje so:

- samooskrba prehrane in poudarek na ekološkem kmetijstvu,
- povečanje predelave naše stateške obnovljive dobrine – lesa,
- učinkovita raba energije, energetske sanacije stavb ter zmanjšanje potrebe po energiji,
- zagotavljanje t.i. trajnostne mobilnosti,
- učinkovita raba obnovljivih virov energije ter trajnostno ravnanje z odpadki,
- dodati vrednost malemu gospodarstvu z uvedbo zelenega turizma [27].

Trajnostno rabo naravnih virov opredeljuje sedma zahteva Uredbe 305/2011 [63]. »Gradbeni objekti morajo biti načrtovani, grajeni in zrušeni, tako da je raba naravnih virov trajnostna in da se zagotovi predvsem naslednje:

- (a) ponovna uporaba ali možnost recikliranja gradbenih objektov, gradbenega materiala in delov po zrušenju;
- (b) trajnost gradbenih objektov;
- (c) uporaba okoljsko združljivih surovin in sekundarnih materialov v gradbenih objektih [58].«

2.4 Trajnost kot pojem

Trajnost ali trajnostnost (*ang. sustainability*), odvisno od literature, velja za kompleksen pojem. Zaradi različnih definicij in vsesplošne uporabe pogosto nastanejo težave pri interpretaciji posameznih strokovnih pojmov, ki vključujejo "trajnost". Terminološki problem se pojavi tudi pri uporabi besede trajnost, saj v slovenskem jeziku ta lahko pomeni tako trajnost v smislu angleškega termina *sustainability* kot tudi trajnost v smislu angleškega termina *durability*. Poizkus razrešitve opisane terminološke zagate je bila uvedba termina trajnostnost, ki pa se na splošno ni uveljavil in se ne uporablja v slovenskih uradnih zakonodajnih dokumentih.

V preglednici so predstavljeni pojmi, ki jih največkrat srečujemo v gradbeni stroki. S časom se jim pripisuje vse večji pomen. Gradbeništvo kot stroka je v času gospodarske krize obstalo. Kot nova priložnost za vzpon tega velikega sektorja se kaže ravno v trajnostni gradnji, uporabi trajnostnih materialov ter obnovljivih virov energije, zagotavljanju energetske učinkovitosti ter ohranjanju okolja, skrbnemu ravnanju z odpadki in njihovi reciklaži.

Preglednica 2: Pregled pojmov.

POJEM	VIR	DEFINICIJA
TRAJNOSTNI RAZVOJ (ang. <i>sustainable development</i>)	[24]	»... je takšen razvoj, ki zadošča današnjim potrebam, ne da bi pri tem ogrožal možnosti prihodnjih generacij, da zadovoljijo svojim lastnim potrebam.«
TRAJNOSTNA ARHITEKTURA (ang. <i>sustainable architecture</i>)	[14]	»... je prijazna uporabniku, je eko-logična, bioklimatska, varčna, razumna, premišljena, kontekstualna, regionalna, sonaravna.«
TRAJNOSTNA STAVBA (ang. <i>sustainable structure</i>)	[30] [6]	»... mora izpolnjevati kakovostne zahteve iz ekološkega, ekonomskega, družbeno-kulturološkega, tehnološkega in procesnega vidika.« »... vrednotiti tudi z vidika celotnega življenjskega cikla, torej od gradnje in vgrajenih materialov preko uporabe do razgradnje.« »... morajo biti prijazne do uporabnika in morajo zagotavljati zdravo in udobno bivanje, optimalno morajo izpolnjevati potrebe uporabnika, omogočati fleksibilnost, prispevati morajo k ohranjanju družbenih in kulturnih vrednost.«
TRAJNOSTNA GRADNJA (ang. <i>sustainable construction</i>)	[6] [29]	»... da v času načrtovanja stavbe, med njeno gradnjo in v obdobju njene uporabe upoštevamo načelo skrbnega ravnanja z okoljem in ohranjanja naravnih virov.« »... išče kompromis in optimalno rešitev med potrebno energijo za delovanje stavb in potrebno energijo za proizvodnjo gradbenih materialov in opreme.«

Iz opredeljenih pojmov v preglednici 2 je razvidno, da je beseda »trajnost« kompleksna. Ravno zaradi tega prihaja do različnih definicij in vse splošne uporabe besede. V gradbeni stroki se predvsem navezuje na razvoj, gradnjo, stavbo, arhitekturo. Brundtlantina komisija je v svojem poročilu prvič definirala pojem trajnostnega razvoja in po mojem mnenju je ta definicija najboljša, saj zajema vsa štiri temeljna stališča trajnosti – okoljski, ekonomski, socialni in zdravstveni.

Prav tako je razvidno, da pri večini variacij osnovnega pojma trajnosti zajemajo le okoljski, ekonomski in socialni vidik. Zdravstveni vidik je iz večine definicij izvzet ali pa je skrit v okoljskem ali socialnem vidiku trajnosti [12]. V današnjem času hitrega tempa življenja in uporabe umetnih, tudi nezdravih materialov, ki jih vgrajujemo v stavbe, je ta komponenta še kako pomembna.

Pri trajnosti ne gre le za razbremenitev in ohranitev okolja, ekonomsko in energetsko učinkovitost stavbe, pač pa tudi za zdravo, neoporečno in kakovostno bivanje. Vse to dosežemo, če združimo vse definicije, ki so nam poznane v eno samo, saj se med seboj dopolnjujejo.

Trajnostna gradnja je obsežna gradnja, ki mora zajemati celotno življenjsko dobo objekta od začetka do konca. Vključevati mora poznavanje izdelave vgrajenih materialov in njihov način vgradnje, gradnjo samega objekta, uporabo objekta ter njegovo razgradnjo, možnost reciklaže. To zahteva sodelovanje ljudi različnih strok, kot so gradbenik, arhitekt, ekonomist, urbanist, ki morajo upoštevati določeno zakonodajo na tem področju. Trajnostna gradnja je gradnja prihodnosti, ob tem pa se moramo zavedati vseh štirih bistvenih komponent, ki zagotavljajo energetsko varčno stavbo ter zdravo in udobno življenje.

2.5 Metode ocenjevanja trajnosti

V prejšnjem poglavju so bili opredeljeni različni pojmi z istim korenem "trajnostni". Med seboj so pojmi podobni in se dopolnjujejo. Za prenos pojma "trajnostna gradnja" v prakso pa potrebujemo tudi podatek o postopku za razvoj načel le-te čez celotno življenjsko dobo stavbe. Zaradi tega se je potrebno poslužiti metod ocenjevanja trajnosti, ki jih najdemo na tržišču. V nadaljevanju bom zaradi omejenosti diplomske naloge omenila le nekaj metod, ki so med najbolj poznanimi v svetu.

V svetu obstaja več kot 250 različnih metod za vrednotenje trajnostnih stavb, a med seboj praviloma niso primerljive, saj je bilo že omenjeno, da je trajnost kompleksen izraz [6].

- **LEED** (*ang. Leadership Energy and Environmental Design*) [31] je metoda, ki obravnava energetski in okoljski vidik trajnostne gradnje. Zavzema se za trajnostno in zeleno gradnjo. Podaja oceno določeni stavbi in jo klasificira po svojem sistemu ter izda certifikat trajnostne stavbe [6].
- **BREEM** (*ang. Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology*) [32] je britanska metoda ocenjevanja trajnosti. Poudarjena je ekologija oziroma okoljski vidik trajnosti. Stavbe so ovrednotene glede na njeno oblikovanje, gradnjo in uporabo.
- **DGNB** (*nem. Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V.*) [33] je nemško združenje za trajnostno gradnjo, katere metoda vključuje šest področij trajnosti. Podaja tri temeljne in tri funkcionalne vidike trajnosti. Temeljni vidiki so ekologija, ekonomija ter udobje uporabnika. Funkcionalni vidiki trajnosti so tehnologija, procesi in lokacija stavbe.

V želji po skupni pregledni, javni in splošni metodi ocenjevanja trajnosti se je izvedel mednarodni raziskovalni projekt 7. okvirnega programa OPEN HOUSE (2010-2013) [6]. Ta metoda je sestavljena iz prej omenjenih metod. Vključeni so okoljski, družbeni in funkcionalni, ekonomski, tehnični, procesni vidiki ter vidik lokacije stavbe [6].

2.6 Kriteriji trajnosti

Pri določevanju kriterijev sem izhajala iz članka o orodju za oblikovanje konceptov trajnostne gradnje Dovjakove in Krainerja. Orodje za oblikovanje konceptov trajnostne gradnje je narejeno v štirih korakih in temelji na metodi inženirskega načrtovanja Morrisa Asimowa [12]. Zajema štiri kriterije trajnosti, kateri morajo biti uravnoteženi skozi celotno življenjsko dobo stavbe [12].

2.6.1 Okoljski kriterij lesene gradnje

Med vsemi štirimi kriteriji je ponavadi največ poudarka ravno na okoljskem, saj smo z njim tudi najbolj seznanjeni. Zajema indikatorje obremenitve okolja, med katere štejemo izpuste toplogrednih plinov, ki vplivajo na globalno segrevanje ozračja, ravnanje in izkoriščanje naravnih in obnovljivih virov energije ter onesnaževanje okolja. Vse to vpliva na celoten ekosistem.

Les je material, ki zmanjšuje izpust CO₂ v atmosfero in ga skladišči. Uporaba lesa pripomore tudi k varčevanju z energijo, saj ima dobre izolativne lastnosti. Do okolja je prijazen material, saj je naraven, po koncu njegove življenjske dobe ga je možno reciklirati ali pa uporabiti za gorivo.

Okoljske kriterije ocenjujemo z LCA analizo (*ang. Life Cycle Assessment*), ki zajema tri faze gradbenega materiala v njegovi celotni življenjski dobi. V prvi proizvodni fazi je zajeta izbira in nabava potrebnega materiala in njegov transport na gradbišče. Sledi faza izdelave in uporabe, kjer je pomembna energetska učinkovitost v času izdelave in kasnejše uporabe ter vzdrževanje stavbe. Zadnja faza je faza razgradnje, odstranjevanje stavbe in možnost njene reciklaže [36].

2.6.2 Ekonomski kriterij lesene gradnje

V času gospodarske krize, ki je prizadela tudi gradbeništvo, je vse bolj pomembno, da je izvajalec najcenejši. Izbiramo najcenejše variante materialov in dela, ki pa niso nujno kvalitetni. Stavba povzroči kar od 70 % do 80 % stroškov vse življenjske dobe v fazi uporabe [29].

Da bi ugodili tudi ekonomskemu kriteriju trajnosti, se lahko poslužimo LCC (*ang. Life Cycle Cost*) analize [36]. Ta zajema celotne stroške stavbe v proizvodni fazi, fazi uporabe in fazi razgradnje. Gre za analizo stroškov investicije in gradnje stavbe, za kasnejšo porabo energije za njeno obratovanje, vzdrževanje ter razgradnjo.

2.6.3 Socialni kriterij lesene gradnje

V stavbah preživimo več kot 90 % našega življenja [29], zato sta socialni in zdravstveni kriterij (predstavljen v nadaljevanju) ključnega pomena za udobje in zdravje ljudi. Da zagotovimo socialni kriterij, mora biti stavba funkcionalna [6].

Med socialne kriterije spada zaposlovanje ljudi. Z večjo gradnjo lesenih stavb se bodo širila tudi delovna mesta, ki so zastopana v lesni industriji. Podatek za Evropo kaže, da je v lesni in gozdni industriji zaposlenih skoraj 3,5 milijona ljudi [41].

2.6.4 Zdravstveni kriterij lesene gradnje

Zdravstveni kriterij pomeni zagotavljanje vseh komponent zdravega bivalnega in delovnega okolja. Zdravje je stanje popolnega telesnega, duševnega in socialnega blagostanja in ni le odsotnost bolezni in invalidnosti [64]. Da zagotovimo zdravo fizično, mentalno, socialno življenje, moramo zagotoviti zdravo in udobno bivalno in delovno okolje ter parametre toplotnega toplotnega, svetlobnega in zvočnega udobje ter akustiko, kakovost zraka in ergonomijo [6].

- Primerna temperatura zraka in povšin, relativna vlažnost, hitrost gibanja zraka ter obleka in stopnja metabolizma so parametri toplotnega udobja in vplivajo na storilnost, počutje in zdravje ljudi [68]. V prostorih moramo vzdrževati tudi primerno vlažnost zraka, ki je nekje med 40 % in 60 % v odvisnosti od temperature zraka. Tako se izognemo možnim negativnim vplivom na uporabnike, udobje, zdravje, gradbene materiale, opremo, sisteme ... [69].
- Na biološko uro, cirkadiani ritem in imunski sistem vplivata menjavanje dneva in noči, svetlobe in teme. Zaradi tega je bistvenega pomena primerno zagotavljanje dnevne svetlobe, ki vpliva na vizualne ter nevizualne in psihofiziološke kriterije [38, 39, 65]. Dokazano je, da pomanjkanje dnevne svetlobe negativno vpliva na udobje in zdravje ljudi [40].
- Danes je vse več poudarka na energetski učinkovitosti stavbe, vendar je potrebno paziti, da se pri tem nikoli ne poslabša kakovost zraka. Nezažadnostno prezračevanje pogosto povzroči sindrom bolnih stavb [66, 67].
- Eden od pomembnih dejavnikov tveganja za zdravje je tudi prekomerna raven hrupa [64].

Večina teh faktorjev je načrtovanih in na nas vplivajo neposredno in posredno v času uporabe stavbe (tudi, ko jo zapustimo). Eden pomembnejših faktorjev pa so tudi vgrajeni materiali. V stavbe vgrajujemo umetne materiale, ki so trajni. Ti lahko nevarno vplivajo ne samo na okolje, ampak tudi na človeka [2].

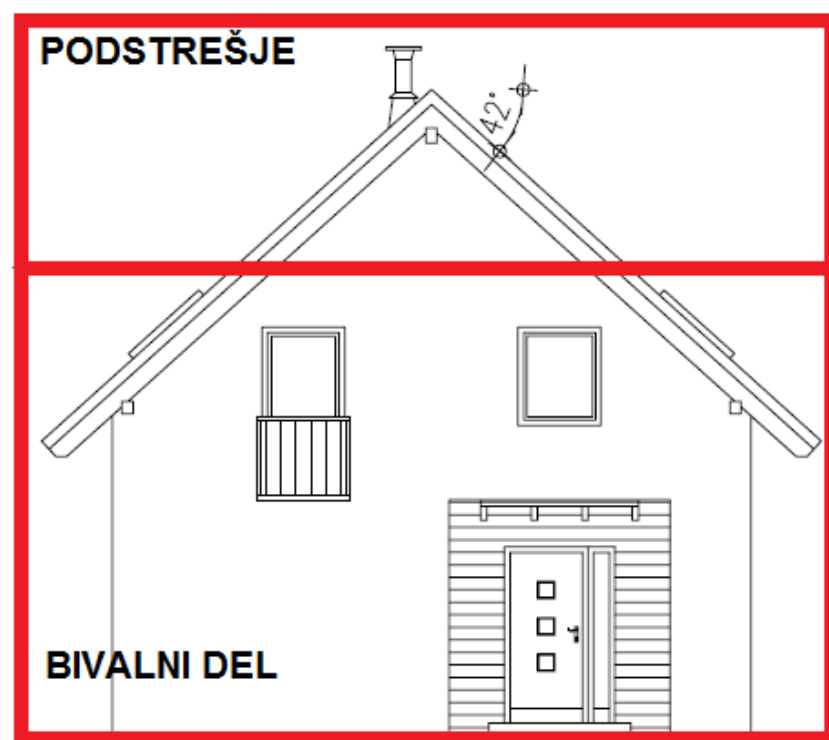
3 ANALIZA STAVBE

3.1 Opis uporabljene programske opreme

TOST je program za izračun energetske bilance stavbe po Pravilniku o učinkoviti rabi energije (PURES 2010) [61] v stavbah, upoštevajoč SIST EN ISO 13790 [60] in TSG-1-004:2010 [59]. Prav tako deluje v Excelovem okolju. Potrebni so podatki o objektu, posameznih kondicioniranih conah, lokaciji in vrsti objekta, načinu ogrevanja in hlajenja, razsvetljavi, načinu priprave tople vode, prezračevanju, velikostih in lastnostih transparentnih in netransparentnih KS. S spreminjanjem debeline zunanje stene ter njene toplotne prehodnosti sem za različne lesene KS izračunala energetsko bilanco podane stavbe [11].

3.2 Opis stavbe

Izbrana je enodružinska nizko energijska hiša tipa Prima, ki je produkt podjetja Marles. Umestila sem jo v ruralno območje v občini Sevnica s koordinatami X: 91759 in Y: 512974. Hiša ima ogrevan bivalni del ter neogrevano in neprezračevano podstrešje. Na podlagi tega lahko ločim dve kondicionirani coni, ki mi predstavljata posamezni del stavbe (slika 5).



Slika 5: Enodružinska nizkoenergijska hiša tipa Prima.

Sestavo posameznih konstrukcijskih sklopov sem imela podano s strani proizvajalcev hiše, prav tako njihove lastnosti, ki so skupaj z ostalimi vhodnimi podatki za program TOST predstavljeni v preglednici 3.

Preglednica 3: Vhodni podatki.

KONDICIONIRANI CONI	BIVALNI DEL	PODSTREŠJE
Neto prostornina cone [m ³]	488,59	69,24
Uporabna površina cone [m ²]	138,14	45,88
TRANSPARENTNI DELI STAVBE		
Površina [m ²]		
S fasada	1,47	/
J fasada	10,11	/
V fasada	5,91	/
Z fasada	7,83	/
Horizontalno orientirana okna	2,71	/
STREHA		
Površina [m ²]	38,24	61,75
U faktor [W/(m ² K)]	0,16	3,02
TLA		
Površina [m ²]	88,12	/
U faktor [W/(m ² K)]	0,27	/
PREDELNI ELEMENT		
Površina [m ²]	50,06	/
U faktor [W/(m ² K)]	0,16	/

Lastnosti zunanjih sten se tekom analize spreminjajo in so vzete iz preglednice 1. Površina zunanjih sten bivalnega dela znaša 144,81 m², podstrešja pa 8,26 m². Debelina stene ter njena toplotna prehodnost se spreminjata glede na izbran KS iz preglednic 1, 2 in 3.

Za transparentne dele stavbe sem izbrala produkte podjetja Jelovica in so prikazani v spodnji preglednici 4.

Preglednica 4: Lastnosti transparentnih delov stavbe.

OKNA	Enokrilno	Dvokrilno	Dvokrilna balkonska vrata
U faktor [W/(m ² K)]	0,89	0,98	0,93
Prehod celotnega sončnega sevanja [/]	0,49	0,49	0,49

3.3 Metoda analize

Predpostavljene hipoteze bom preverila v naslednjih dveh korakih:

1. Izračun energetske bilance stavbe v programu TOST za vse izbrane KS.
2. Analiza lesenih KS z okoljskega, socialnega, ekonomskega in zdravstvenega stališča trajnosti.

Analiza KS zunanje stene obravnavane stavbe s stališča trajnosti je prikazana v poglavju 4.2 (preglednica 7, preglednica 8, preglednica 9, preglednica 10) in temelji na pregledu že znanih študij. Študije so bile dobljene s pomočjo ključnih besed, ki so se nanašale na posamezni kriterij trajnosti na spletni strani ScienceDirect ali pa so bile dobljene s pomočjo pregleda literature.

Za našo analizo so ključni kriteriji:

- emisije CO₂,
- emisije formaldehida v notranje in zunanje okolje,
- zaposlovanje v lesni industriji.

V programu TOST sem uporabila vrednosti iz preglednice 5 ter naslednje poenostavitve in predpostavke:

- Stavbo sem orientirala na podlagi velikosti transparentnih delov in je orientirana v smeri vzhod-zahod.
- Vzet je fiksni korekcijski faktor senčenja za nadstreške F_0 , in sicer za kot nadstreška 30°, geografske širine 45°, čeprav se ta spreminja glede na pozicijo sonca.
- Strešna okna so vzeta kot horizontalno orientirana glede na stavbo.
- Faktorji okvirja so okvirne vrednosti, ki so predpostavljene na podlagi predavane teorije v sklopu predavanj predavanja predmeta »elementi gradbene fizike« na UL FGG.
- Podstrešje je neprezračevano, vendar so vzete vrednosti za urno izmenjavo zraka z zunanjim okoljem 0,15 h⁻¹, saj izvedba KS ni neprodušna.
- Žaluzije v času uporabe so pod naklonom 30°, katerih vrednost g_s znaša 0,5.

Preglednica 5: Vrednosti za izračun energetske bilance stavbe.

Energent za ogrevanje stavbe	lahko kurilno olje
Energent za ogrevanje vode	električna energija
Način upoštevanja toplotnih mostov	poenostavljen način – TSG-01-004-3.1.2
Prezračevanje	naravno
Urna izmenjava zraka z zunanjim okoljem [h ⁻¹]	
n	0,7*
n _{min}	0,5*
Senčenje	junij, julij, avgust
Prehod celotnega sončnega sevanja transparentnega dela ob uporabi senčil $g_{gl+sh,w}$	g_{gl} * 0,5

*Vrednosti urne izmenjave zraka veljajo za bivalni del stavbe in so v skladu z določili TSG [59] in Pravilnika o prezačevanju in klimatizaciji stavb [61].

4 REZULTATI

4.1 Rezultati analize izbranih KS s stališča energetske učinkovitosti

V preglednici 6 so zbrani rezultati izračuna energetske bilance stavbe posameznih KS iz lesa, opeke in armiranega betona.

Preglednica 6: Rezultati energetske bilance stavbe za posamezne KS.

KS	max	M1	O1	S1	M2	O2	S2	K1	K2
Ht' [W/(m ² K)]	0,39	0,25	0,24	0,26	0,29	0,29	0,28	0,3	0,31
Qp [kWh]	27393	24606	24468	24833	25929	26084	25602	26368	26705
Qnh [kWh]	6002	9517	9391	9723	10691	10826	10409	11082	11353
Qnc [kWh]	6907	659	677	631	511	496	543	461	440
Qnh/Au [kWh/m ²]	43,45	68,9	67,98	70,39	77,4	78,37	75,35	80,22	82,19
Qnh/Ve [kWh/m ³]		19,48	19,22	19,9	21,88	22,16	21,3	22,68	23,24
letni izpust CO ₂ [kg]		5800	5763	5861	6153	6194	6066	6270	6358
potrebna primarna letna energija [kWh/m ²]		177,91	176,91	179,57	187,53	188,67	185,16	190,88	193,32
potrebna letna energija [kWh/m ²]		97,38	96,59	98,66	104,81	105,67	103	107,27	109,08

■ ustreza zahtevam pravilnika ■ ne ustreza zahtevam pravilnika

Kljub temu da so bili leseni KS izbrani na slovenskem tržišču in so v prodaji, je iz preglednice 6 razvidno, da letna potrebna toplota za ogrevanje in letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto uporabne površine stavbe pri vseh KS presegata največjo dovoljeno vrednost po PURESu 2010.

4.2 Rezultati analize konstrukcijskih sklopov obravnavane stavbe s stališča trajnosti

Pri zdravstvenem vidiku je raziskan možen vpliv uporabe lepil in smol na uporabnike grajenega okolja. Osredotočili se bomo na emisije formaldehida v prostor in tudi ostale VOC emisije. Poleg možnega negativnega vpliva na zdravje in udobje pa bomo predstavili tudi okoljski vidik. Osredotočili se bomo na emisije CO₂, ki onesnažujejo okolje.

Pri ekonomskem in socialnem vidiku pa je v ospredju delovanje lesne idustrije pri nas ter število zaposlenih v tej panogi.

Zavedamo se, da to niso vsi kriteriji, ki bi morali biti obravnavani in ki dokazujejo trajnost izbrane stavbe, saj je ta zelo kompleksna. Vsi podrobni kriteriji, ki jih zajemajo posamezni vidiki, so opredeljeni v poglavju 2.6.

Preglednica 7: Pregledane raziskave zdravstvenega vidika trajnosti.

VIR	METODA	REZULTATI
[48]	pregled literature	<p>Pomemben onesnaževalec notranjega zraka v stavbah je brezbarven plin formaldehid, ki ga najdemo v barvah, lakih, premazih in lepilih, ki se uporabljajo pri izdelavi lesnih kompozitov ali pri zaščiti le-teh.</p> <p>Prevelika koncentracija formaldehida povzroča sindrom bolnih stavb (SBS). Simptomi, ki se pojavljajo pri ljudeh so:</p> <ul style="list-style-type: none">- draženje oči, nosu, grla,- slabost, glavobol, težave z dihanjem, alergije,- rak nosne votline in grla. <p>Da se izognemo morebitnim problemom, je potrebno redno in učinkovito prezračevanje stavbe. Če želimo negativni vpliv formaldehida izničiti, pa se je potrebno izogniti proizvodnji in vgrajevanju zdravju škodljivih proizvodov.</p>
[50]	pregled literature	<p>Lesna vlakna iz kompozitnih lesenih materialov predstavljajo majhno nevarnost za zdravje. Nevarnost predstavljajo lepila in smole, ki se uporabljajo za lepljenje lesnih vlaken skupaj.</p>
[49]	pregled literature	<p>Kot zamenjava petrokemičnih izdelkov, ki vsebujejo formaldehid, se odlično obnese izdelek iz obnovljivega materiala – lepila na osnovi soje. Lepilo se uporablja za proizvodnjo vezanih plošč že od leta 2004.</p>
[50]	model za napovedovanje koncentracije skupnih hlapnih organskih spojin v zaprtih prostorih	<p>Najvišja skupna emisija organskih spojin v prostor je zaznana pri lesenit vlaknenih ploščah s prevleko, nato pri iverni plošči ter nazadnje pri vezani plošči.</p>
[50]	pregled literature	<p>Izdelki iz lesa so velik notranji vir formaldehida. Stopnja emisije formaldehida iz vlaknenih plošč srednje gostote je večja od stopnje emisije formaldehida iz ivernih in vezanih plošč.</p> <p>Sama lesena vlakna predstavljajo majhno nevarnost za zdravje, medtem ko smole predstavljajo vir sproščenih onesnaževalcev v prostor, ki negativno vplivajo na počutje in zdravje ljudi.</p> <p>Nemčija, Združene države Amerike ter Avstralija imajo izoblikovane največje možne standardne vrednosti emisij formaldehida iz medijev.</p>

se nadaljuje ...

... nadaljevanje preglednice 7

[43]	eksperimentalno preizkušanje trdnosti vlaknenih plošč, ki vsebujejo Okara lepilno smolo ter njihova emisivnost formaldehida	Tako imenovana »Okara lepilna smola« predstavlja alternativo vsem ostalim lepilnim smolam na tržišču, ki se uporabljajo za izdelavo lesenih plošč. Gre za lepilno smolo na osnovi proteinov soje. Raziskava je pokazala, da bi bilo potrebne vlaknene plošče še izboljšati, da bi dosegale standardne vrednosti, vendar menijo, da bi bilo vredno opraviti dodatne raziskave in izboljšati rezultate, saj lepilne smole na osnovi soje pripomorejo k zmanjšanju emisij formaldehida v prostor.
[70]	pregled literature	Na trgu najdemo kar nekaj proizvodov lepil za lesne kompozite brez vsebnosti formaldehida in fenola. Eden takih je tudi furnirno lepilo brez nevarnih sestavin NeoPac E-850. Prav tako se med proizvodnim procesom takega lepila izognemo strupenim odpadkom.
[71]	pregled literature	PureBond je ena izmed tehnologij brez formaldehida za izdelavo vezanih plošč. Lepila so izdelana na osnovi soje in so skladna z LEED standardi.
[51]	merjenje in spremljanje emisije formaldehida iz šestih vrst lesa v komori z različnimi tehnikami proizvodnje	Prvi teden po proizvodnji so bile emisije formaldehida najvišje. Zmanjšanje emisij se je pokazalo po dveh tednih. Na količino emisij formaldehida vpliva vrsta lesa, vrsta lesenega kompozita ter debelina kompozita. Po preizkusnem obdobju se vrednosti stopnje emisije formaldehida za masiven les gibljejo med 0,084 in 0,014 mg / (m ² h). Medtem ko so za vezane plošče te vrednosti nekoliko višje in se za 8mm plošče gibljejo med 0,13-0,72 mg / (m ² h) ter za 22mm plošče med 0,36-0,85 mg / (m ² h). Na količino emisij vpliva tudi vrsta uporabljenega lepila.

Preglednica 8: Pregledane raziskave okoljskega vidika trajnosti.

VIR	METODA	REZULTATI
[7]	pregled literature	Leseni KS so z okoljskega vidika boljši od KS iz opeke ali armiranega betona, saj je les obnovljiv vir. Je čist material, porablja CO ₂ iz atmosfere in ga kopiči. Za primerjavo: pri proizvodnji m ³ železa se v ozračje sprosti več kot 17 ton CO ₂ , medtem ko se z rastjo drevesa vgradi v lesno maso 0,9 tone CO ₂ , torej s samim nastankom materiala les ne povzroča emisij CO ₂ v ozračje. Lesena hiša v svojih 60-ih letih življenjske dobe shranjuje od 25 do 60 ton ogljikovega dioksida. Če bi v državah osrednje Evrope povečali delež novozgrajenih lesenih hiš za 10 %, bi na letni ravni znižali količino ogljikovega dioksida za 25 %.

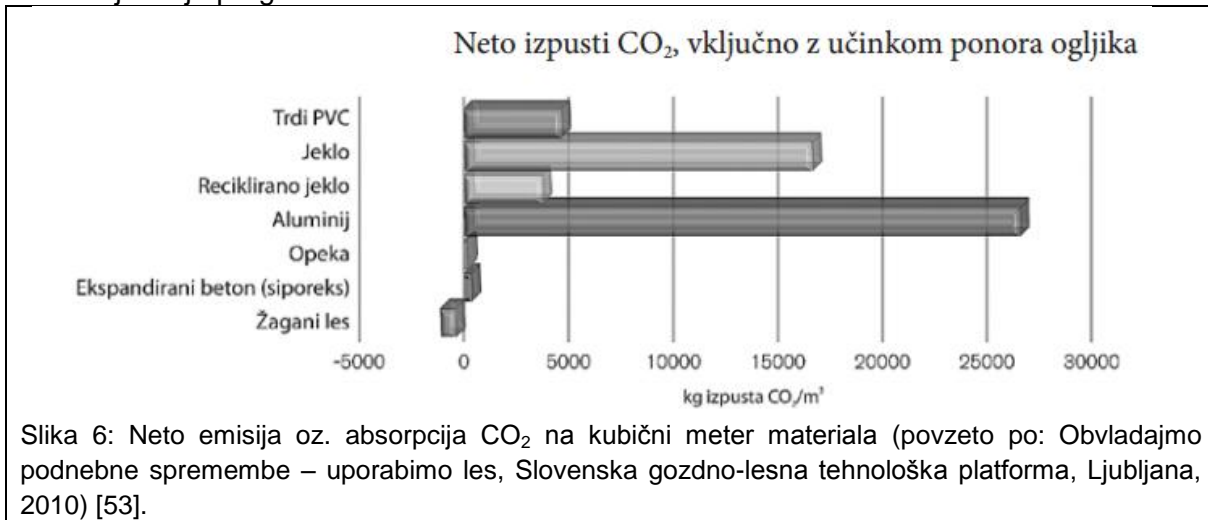
se nadaljuje ...

... nadaljevanje preglednice 8

[52]	analiza energije in materialnih vložkov v proizvodnji različnih lesenih proizvodov	<p>Gozdarska dela in prevoz surovin na žago prispevajo med 48 % in 82 % emisij toplogrednih plinov ter porabijo kar med 61 % in 87 % vse energije, ki je potrebna za proizvodnjo lesenega proizvoda.</p> <p>Proizvodnja MDF plošče povzroča kar 62 % emisij toplogrednih plinov zaradi uporabe sintetičnih smol v proizvodnji ter 19 % zaradi električne energije.</p> <p>Proizvodnja OSB plošč prispeva k emisijam toplogrednih plinov, približno 34 % emisij zaradi električne energije ter 35 % zaradi uporabe smol.</p>												
[44]	simulacija emisij CO ₂ na inženirskem primeru armiranobetonske stavbe skozi celoten življenjski cikel (od proizvodnega procesa gradbenih materialov, transporta na gradbišče, izgradnjo, 50-letno obdobje uporabe in vzdrževanja ter rušenja in transportiranja odpadkov na deponijo)	<p>Rezultati raziskave armiranobetonske stavbe so pokazale, da ne glede na način gradnje ter življenjski cikel stavbe pride do največjih skupnih emisij CO₂ v fazi uporabe in prenove stavbe.</p> <p>Izračun emisij CO₂ je pokazal, da je glavni vzrok povečanja le-teh način gradnje. Do največjih razlik emisivnosti je prišlo v fazi proizvodnje ter transporta. Prefabriciran način gradnje doprinese skoraj 139 % večjo emisijo CO₂ kot gradnja na samem gradbišču v omenjenih fazah. V fazi same gradnje je razlika emisivnosti 74,1 %, medtem ko je emisivnost v fazi uporabe, prenove ter rušenja manjša od 0,0012 %.</p>												
[45]	analiza življenjskega cikla nizkoenergijske ter običajne armiranobetonske in lesene večnadstropne stavbe	<p>V konvencionalni gradnji hiš prevladuje uporaba mavčnih plošč ter steklene ali kamene volne. Za proizvodnjo teh materialov je pri običajnih hišah prispevek k skupnim emisijam CO₂ med 41 % in 59 %, medtem ko je za nizkoenergijske hiše med 53 % in 64 %.</p> <p>Za proizvodnjo lesenega materiala (lepljen les, vezane in iverne plošče ...) je prispevek k skupnim emisijam CO₂ za oba tipa hiš med 10 % in 16 %.</p> <p>Ne glede na tip hiše največji delež emisij CO₂ v življenjskem ciklu predstavlja proizvodna faza. Največjo emisijo CO₂ v proizvodni fazi ima konvencionalna hiša s skeletno NK in je tudi najmanj energetsko učinkovita. Najbolj energetsko učinkovita se je izkazala nizkoenergijska hiša z masivno NK. Če bi konvencionalno hišo zamenjali za nizkoenergijsko, bi skupne emisije CO₂ zmanjšali za 9 %.</p>												
[41]	pregled literature	<p>Les preprečuje nastanek emisij CO₂.</p> <table border="1" data-bbox="624 1816 1430 1977"> <tr> <td>1 m³ običajne zunanje stene:</td> <td>masivni les</td> <td>-88 kilogramov CO₂</td> </tr> <tr> <td></td> <td>leseni okvir</td> <td>-45 kilogramov CO₂</td> </tr> <tr> <td></td> <td>zidak</td> <td>+57 kilogramov CO₂</td> </tr> <tr> <td></td> <td>beton</td> <td>+82 kilogramov CO₂</td> </tr> </table>	1 m ³ običajne zunanje stene:	masivni les	-88 kilogramov CO ₂		leseni okvir	-45 kilogramov CO ₂		zidak	+57 kilogramov CO ₂		beton	+82 kilogramov CO ₂
1 m ³ običajne zunanje stene:	masivni les	-88 kilogramov CO ₂												
	leseni okvir	-45 kilogramov CO ₂												
	zidak	+57 kilogramov CO ₂												
	beton	+82 kilogramov CO ₂												

se nadaljuje ...

... nadaljevanje preglednice 8

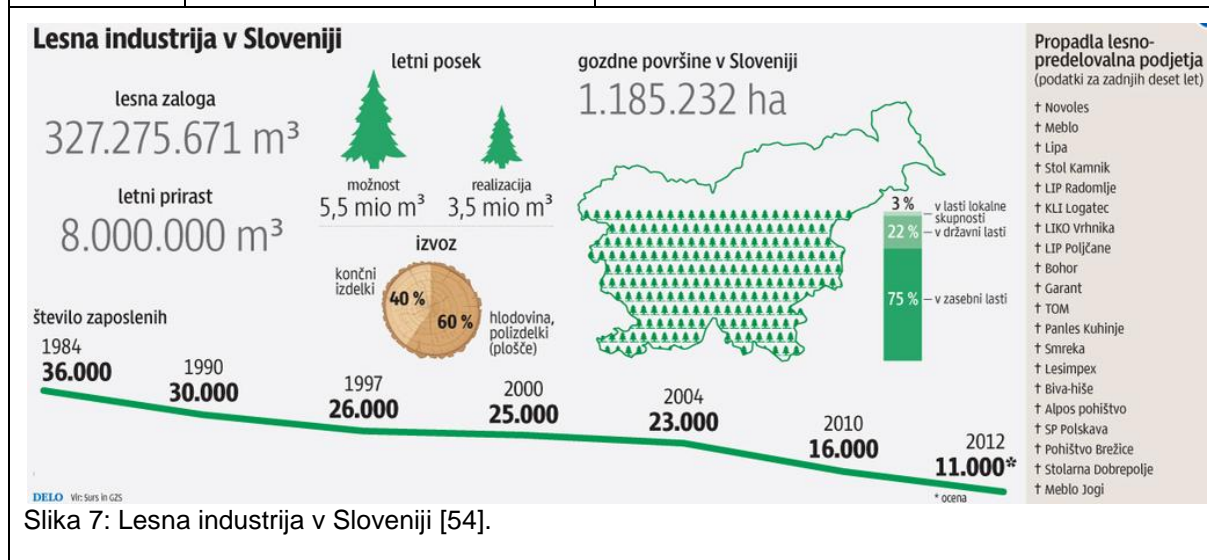


Preglednica 9: Pregledane raziskave ekonomskega vidika trajnosti.

VIR	METODA	REZULTATI
[10]	pregled literature	Združene lesne in pohištvene industrije so lesnopredelovalni panogi prinesle 3,9 mio € neto čistega dobička v letu 2013. V letu 2012 pa je bil zabeležen 0,6 mio € primanjkljaj.
[42]	pregled literature	<p>Industrija, ki proizvaja lesne ploščne kompozite, je usmerjena v izvoz le-teh. To kažejo tudi zapisi ministrstva za gospodarski razvoj in tehnologijo RS leta 2012:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Leta 2012 je bil zabeležen 2 % večji izvoz lesnih plošč kot leta 2009. - Večina ivernih in vlaknenih plošč, ki se uporabljajo v Sloveniji, so uvožene iz sosednjih držav. - 13 % rast v letu 2010 so zabeležili pri izvozu ivernih plošč v Italijo in države nekdanje Jugoslavije. <p>Zabeleženo je bilo izrazito divergentno gibanje indeksov izvoza in predelave, saj država več izvozi kot predela za lastno uporabo. Večina lesnih kompozitnih plošč za našo uporabo uvozimo iz sosednjih držav, namesto da bi jih predelali sami. Prav tako je možno zaznati izrazito padanje porabe industrijskega okroglega lesa v obdobju med 2007 in 2010.</p>

Preglednica 10: Pregledane raziskave socialnega vidika trajnosti.

VIR	METODA	REZULTATI
[10]	pregled literature	V letu 2013 je bilo v lesnopredelovalni panogi zaposlenih 9.908 ljudi, leto poprej 10.764 ljudi.
[13]	pregled literature	Med letoma 1991 in 2011 se je število zaposlenih iz nekaj več kot 40.000 zmanjšalo na nekaj manj kot 15.000 ljudi. Leta 2011 je bilo objavljeno, da v sosednjo Avstrijo izvozimo okoli 300.000 m ³ hlodovine.
[42]	pregled literature	Leta 2008 je prišlo do gospodarske krize tudi v Sloveniji. To je bil vzrok tudi krčenja delovnih mest v lesni industriji, ki se je iz 20.000 zaposlenih pred letom 2008 skrčila na pod 14.000 zaposlenih v letu 2010.

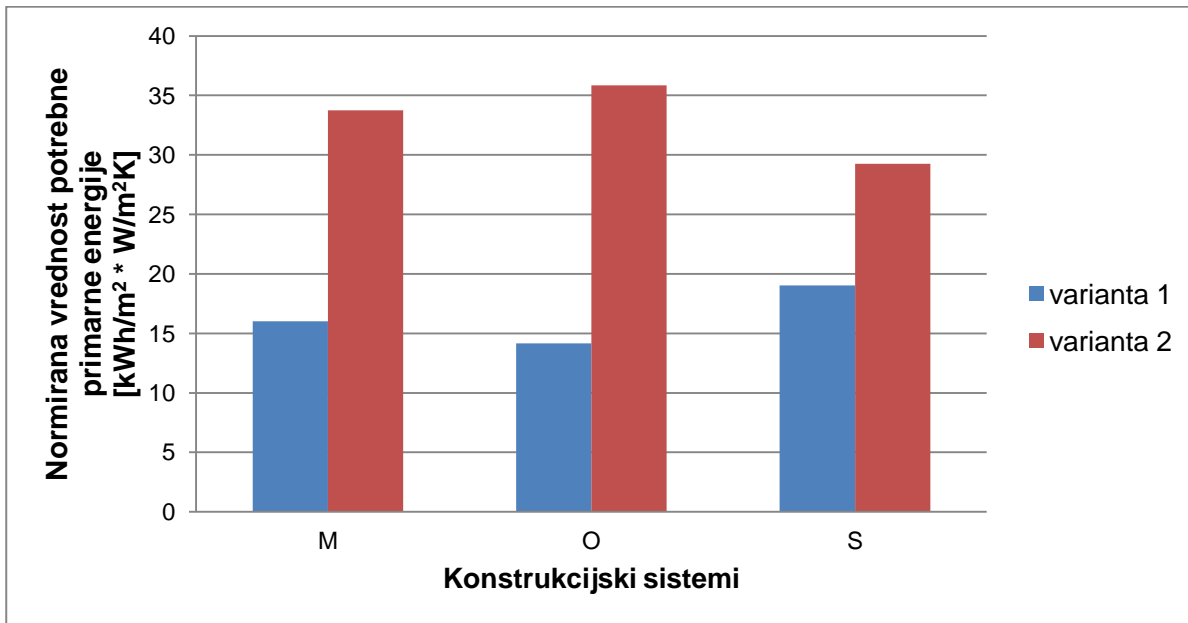


Slika 7: Lesna industrija v Sloveniji [54].

5 PRIMERJAVA REZULTATOV

5.1 Primerjava rezultatov energetske učinkovitosti izbrane stavbe glede na konstrukcijske sisteme lesene nosilne konstrukcije in debelino zunanje stene

Rezultati iz preglednice 6 so prikazani grafično na spodnjem grafikonu (grafikon 1).



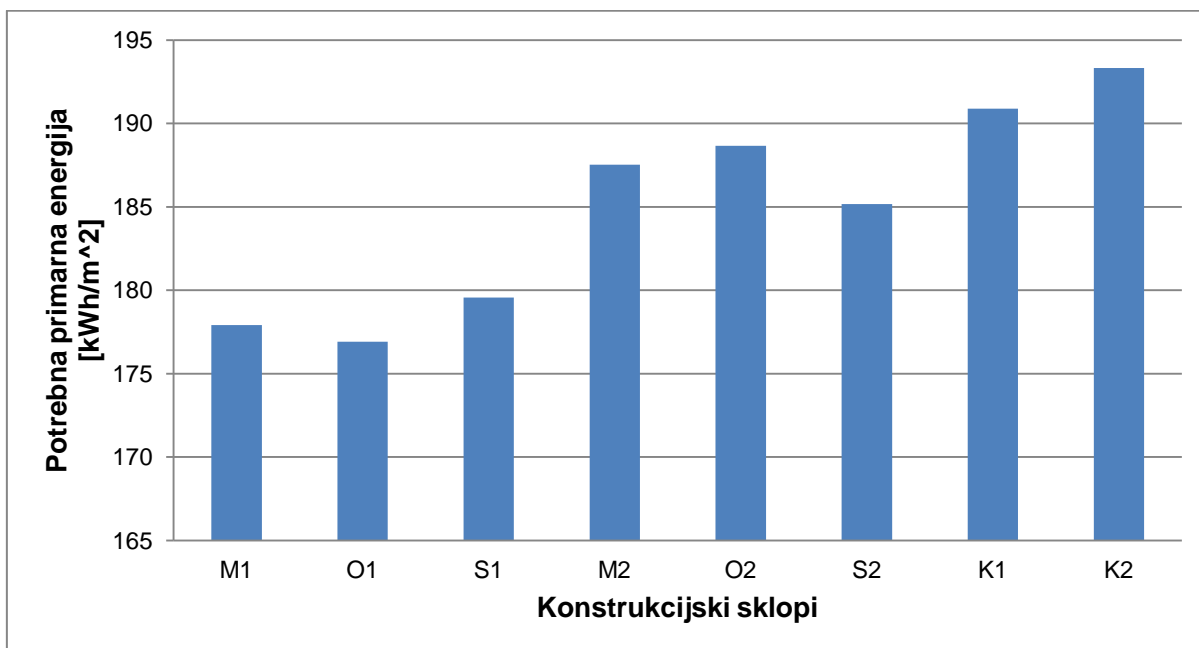
Grafikon 1: Potrebna primarna energija za ogrevanje obravnavane stavbe posameznih konstrukcijskih sistemov lesenih KS.

Za lažjo grafično primerjavo sem vrednosti potrebne primarne energije za posamezni KS normirala z vrednostjo faktorja toplotne prehodnosti. Varianta 1 prikazuje rezultate KS z nižjim U-faktorjem, torej večjo debelino KS, medtem ko varianta 2 prikazuje rezultate KS z višjo vrednostjo U-faktorja ter manjšo debelino KS. Energetska bilanca stavbe je pokazala, da KS z večjo debelino porabijo manj potrebne primarne energije od KS z manjšo debelino. KS z manjšo debelino imajo posledično tudi višjo toplotno prehodnost, torej skozi KS steče več toplotnega toka in zato so manj energetsko učinkoviti od KS z nižjim U-faktorjem.

Račun energetske bilance je pokazal, da je v tem primeru najmanj potrebne primarne energije porabi okvirni sistem NK z $U=0,08 \text{ W/m}^2\text{K}$. Sledi mu KS z masivno NK z $U=0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$ ter KS s skeletno NK z $U=0,106 \text{ W/m}^2\text{K}$. Konvencionalni KS z večjo debelino porabi med 24 % in 29 % več potrebne primarne energije, medtem ko konvencionalni KS z manjšo debelino porabi med 6 % in 11 % več potrebne primarne energije v času uporabe stavbe.

Iz rezultatov je razvidno, da se z večanjem faktorja toplotne prehodnosti večja poraba potrebne primarne energije ter manjša energetska učinkovitost stavbe. Na energetsko učinkovitost vpliva U-faktor, ki je odvisen od sestave KS in ne sistema NK, zato se rezultati razlikujejo od študije švedskih avtorjev [46], ki je predstavljena v poglavju 1.4.

5.2 Primerjava rezultatov glede na vrsto gradnje



Grafikon 2: Potrebna primarna energija za ogrevanje obravnavane stavbe posameznih KS.

Na podlagi rezultatov analize energetske bilance stavbe (preglednica 9) lahko sklepamo, da so leseni KS bolj energetsko učinkoviti od KS konvencionalne gradnje, vendar je ta razlika minimalna. Izbrani leseni KS zunanjih sten so le za največ 1 % boljši od izbranih konvencionalnih KS. Dobljen rezultat potrjuje hipotezo, ki je bila opredeljena v poglavju 1.5, vendar je ta razlika precej manjša, kot je bilo sprva glede na hipotezo pričakovano. Iz tega sledi, da so dobro izolirani KS, ne glede na vrsto gradnje, lahko v času uporabe stavbe enako energetsko učinkoviti.

Pri večini ljudi se poraja zmotno mišljenje o tem, da so lesene hiše energetsko učinkovitejše in varčnejše od opečnatih ali armiranobetonskih. Napačno mišljenje je po mojem mnenju prisotno zaradi oglaševanja tovrstnih hiš, saj v oglaševanju le-teh zasledimo nizkoenergijske hiše, pasivne hiše, plusenergijske hiše, skoraj ničenergijske hiše, ki pa so v večini lesen produkt različnih ponudnikov.

Pojavlja se tudi vprašanje toplotnega odziva lesenih stavb, kar je izpostavljeno v magistrskem delu Aleksandra Gorjupa, v katerem je primerjan lahek stavbni ovoj z masivnim stavbnim ovojem lesene montažne hiše. Zaradi majhne termične mase KS-jev lahko pride do velikih dnevnih temperaturnih nihanj v stavbi, kljub manjšemu U faktorju. To zahteva večji poseg po sistemih za hlajenje in ogrevanje, kar neugodno vpliva na bivanje in počutje ljudi. Medtem so stavbe z masivnim stavbnim ovojem kljub večjemu U faktorju temperaturno stabilnejše [72].

5.3 Aplikacija metode ocene trajnostnih vidikov na izbrane lesene KS

Z aplikacijo metode [12] smo ocenili izbrane lesene KS z vseh štirih vidikov trajnosti, vendar se zavedamo, da so bili obravnavani le nekateri izmed kriterijev, ki jih zajema posamezni vidik. Ocena trajnosti izbranih lesenih KS je narejena na podlagi pregledanih študij ter podatkov o sestavi KS, ki smo jih imeli na razpolago in je predstavljena v preglednici 11.

Preglednica 11: Ocena trajnosti za izbrane lesene KS.

varianta/vidik trajnosti	zdravstveni	okoljski	ekonomski	socialni
M1	-	-	-	-
M2	-	-	-	-
O1	-	-	-	-
O2	-	-	-	-
S1	-	-	-	-
S2	-	-	-	-
idealni KS	+	+	+	+

- ne zadošča trajnostnemu vidiku, + zadošča trajnostnemu vidiku na osnovi rezultatov v poglavju 4

V vseh primerih KS je za NK uporabljen lepljen lesen kompozitni produkt (stena ali nosilci in stebri), ima možne negativne vplive na zdravje, saj povzroča največ emisij formaldehida glede na pregledane študije v poglavju 4.2. Vlakenne lesene plošče ali OSB plošče so prisotne v sestavi KS variant M1, O1 ter S1. Gre za drugouvrščene plošče po količini emisij formaldehida v prostor [50]. Ta se z debelino povečujejo [51], zato lahko ugotovim, da varianta skeletne NK (S1) med izpostavljenimi KS povzroča večjo emisijo formaldehida v prostor kot ostala dva KS (M1 in O1), saj je ta sestavljena iz 60mm vlakenne plošče ter 15mm OSB plošče, medtem ko M1 in O1 vsebujeta le OSB ploščo.

Varianti M2 in S2 imata podani enaki dimenziji lesene NK in sicer 80/160mm, vendar masivno NK sestavljajo lepljene stene, medtem ko skeletno NK sestavljajo stebri in nosilci, zato lahko sklepamo, da je pri masivni NK potrebno več materiala kot pri skeletni NK. To pomeni, da masivna NK povzroča nekaj več človeku škodljivih emisij formaldehida v prostor. Okvirno NK sestavljajo stebri in prečke, vendar za svojo stabilnost potrebuje tudi obojestransko obložene plošče [7]. Ker ima varianta okvirne NK O2 v svoji sestavi poleg lepljene lesene NK dimenzije 60/140mm mavčno vlakenne plošče in ne lesene, katere preučujemo, predvidevamo, da velja ta sistem NK za najbolj primernega iz zdravstvenega vidika trajnosti. Na tem mestu se moramo zavedati, da to še vedno ni dovolj dober sistem, da bi ga lahko označili kot trajnostnega, saj še vedno vsebuje sledi formaldehida.

Pregledane študije so pokazale, da stavbe največ emisij CO₂ skozi celoten življenjski cikel, povzročajo v fazi izdelave oziroma proizvodnje materiala ter transporta le-tega. Iz preglednice 12 je razvidno, da Slovenija material za gradnjo lesenih hiš v večini uvozi in ne predela sama, kar pomeni tako višje stroške kot emisije CO₂ zaradi transporta.

Da bi ugotovili, kateri izbrani leseni KS se najbolj približa trajnosti z okoljskega vidika, je potrebno pogledati sestavo ter količino lesenega materiala, ki je vgrajen. Glede na podane

podatke je zopet v ospredju emisija formaldehida ter CO₂ v ozračje. Če izpostavimo formaldehid kot faktor okoljskega vidika trajnosti, je rezultat enak prejšnjemu – najbolj primeren je lesen KS z okvirno NK (O2), saj povzroča najmanjšo emisijo formaldehida glede sestave zunanje stene. Prav tako je za tak KS potreben le uvoz lepljenega lesa enega proizvajalca, zato bi bil najbolj primeren tudi z okoljskega vidika. Energetska bilanca stavbe je pokazala, da okvirni KS O2 potrebuje največ potrebne primarne energije za ogrevanje stavbe, torej je glede tega najmanj energetsko učinkovit izbran lesen KS, -za katerega bodo stroški v času uporabe in vzdrževanja najdražji.

Na podlagi analize trajnosti ugotovimo, da leseni KS ne izpolnjujejo vseh kriterijev trajnosti, zato so potrebne izboljšave.

Primer dobrega približka trajnostnemu lesenemu KS (idealni KS) bi bil sestavljen iz masivnega lesa, brun ali lepljenega lesa z uporabo smol in lepil na osnovi obnovljivih virov. Uvesti bi bilo potrebno zdravju in okolju neškodljive dodatke v proizvodnji lesnih kompozitov. Material ter produkte bi bilo potrebno pridelati oz. predelati doma, da bi se izognili velikemu deležu emisij CO₂ v ozračje, ki ga prispeva transport materiala. S tem bi se izognili tudi dodatnim stroškom in si polnili svojo blagajno ter povečali število zaposlenih.

6 ZAKLJUČEK

V diplomski nalogi smo s pomočjo programa TOST izračunali energetsko bilanco izbrane enodružinske hiše za osem različnih KS zunanje stene ter na podlagi predelanih že znanih študij naredili analizo trajnosti lesenih KS. Na podlagi izračunov in analiz lahko ovrednotimo začetne hipoteze.

1. Leseni KS bodo z vidika energetske bilance boljši od KS konvencionalne gradnje.

Postavljena hipoteza ne drži v celoti. Preverili smo jo s pomočjo izračuna energetske bilance stavbe. Leseni KS res porabijo manj potrebne primarne energije za ogrevanje stavbe, vendar procentualno gledano so te razlike minimalne ali jih ni. KS varinat M1, O1, S1 in S2 so le za 1 % bolj energetsko učinkoviti od konvencionalnih KS (K1 in K2), medtem ko je delež potrebne primarne energije za KS O2 in M2 enak kot v primeru K1 in K2.

Avtorji pregledane študije [45] so prišli do rezultata, da je nizkoenergijska lesena hiša energetsko učinkovitejša od konvencionalne armiranobetonske, vendar so obravnavani KS drugačne sestave, kar vpliva na končni rezultat.

Skoraj identični zaključek zasledimo v magistrskem delu Gorjupa, kjer je potrdil svojo hipotezo, da so lesene stavbe energetsko učinkovitejše od opečnate in armiranobetonske, vendar so te razlike majhne [72].

Poudariti moramo, da KS zunanjih sten med seboj niso ekvivalentni (prav tako ne z obravnavanimi v že znanih študijah), če primerjamo njihovo toplotno prehodnost.

Iz tega je razvidno, da je energetska učinkovitost stavbe odvisna od toplotne prehodnosti in ne od sistema in vrste NK. Enako energetsko učinkovito stavbo lahko dobimo v primeru opečnatih, armiranobetonskih ali lesenih zunanjih sten z zadostno toplotno izolacijo.

2. Leseni KS bodo s stališča vidikov trajnostne gradnje boljši od KS konvencionalne gradnje.

Na podlagi obravnavanih kriterijev posameznih vidikov trajnosti se hipoteza izkaže kot pravilna.

Leseni KS so z okoljskega vidika boljši od KS iz opeke ali armiranega betona, saj je les obnovljiv, trajen in čist material, ki več CO₂ iz atmosfere porablja kot proizvaja. To dokazuje tudi podatek, da če bi v osrednji Evropi povečali delež lesenih hiš za 10 %, bi za 25 % znižali količino CO₂ na letni ravni [7]. Številne študije so pokazale [52,59,60], da največ emisij CO₂ v ozračje povzročamo v fazi proizvodnje materiala ter transporta. Dokazano je, da so emisije toplogrednih plinov v času proizvodnje materiala za konvencionalno gradnjo iz armiranega betona tudi do 40 % večje kot v primeru lesene gradnje [45].

Ker so leseni KS sestavljeni bolj kompleksno v primerjavi s KS iz opeke ali armiranega betona, lahko sklepam, da je izvedba take gradnje dražja od konvencionalne. Razlog je tudi v tem, da lesena gradnja ni tako razširjena kot opečnata ali armiranobetonska. Na podlagi potrebne letne energije za ogrevanje stavbe ter tople vode lahko sklepam, da so stroški za ogrevanje v primeru lesene gradnje nekoliko nižji, saj se porabi manj energije.

S strani razširjenosti in izkoriščenosti lesne industrije in števila zaposlenih v tej panogi pa se lesena gradnja pri nas ne izkaže kot trajnostna. Na teh področjih bi bilo potrebno še veliko razvoja in reorganizacije, da bi se stanje izboljšalo.

Ker trajnost zajema celotni življenjski cikel stavbe, je potrebno izpostaviti tudi stanje stavbe v fazi odstranjevanja in možnosti reciklaže materiala. Opeka in armiran beton predstavljata umetna materiala, medtem ko je les obnovljiv material. Ta ima prednost v fazi reciklaže materiala, saj se lahko predela in ponovno uporabi, če ne vsebuje škodljivih snovi za okolje in ljudi.

Pogosto zanemarjen zdravstveni vidik trajnosti se za leseno gradnjo izkaže kot najbolj kritičen, saj so v lesnih proizvodih pogosto uporabljena lepila, ki vsebujejo formaldehid. Izločanje le-tega v obliki plina je zdravju škodljivo, saj se lahko poleg draženja in ostalih simptomov pojavi tudi sindrom bolnih stavb [48]. Da bi se temu izognili, je potrebno urediti zakonodajo, ki omejuje uporabo škodljivih snovi. V Sloveniji so mejne vrednosti koncentracij formaldehida določene za fazo proizvodnje nekaterih lesnih kompozitov, fazo uporabe stavbe ter fazo rušenja in recikliranja odpadkov. Zahteve v odločbi komisije 2009/894/ES, podajajo največji delež mejne vrednosti emisij formaldehida, ki jih lahko povzročijo surove iverne in vlaknaste plošče. Prav tako ima Slovenija omejeno količino izhajanja formaldehida iz lesnih tvoriv. Na območju Evropske unije pa so s standardi definirane tudi mejne vrednosti formaldehida v OSB in vezanih ploščah [48, 73, 74].

Mnoge študije nakazujejo razvoj in uporabo smol v lepilih iz obnovljivih ter človeku neškodljivih snovi [49, 43, 70, 71].

Interpretacija posameznih rezultatov kazalnikov trajnosti se je izkazala za zahtevno, saj trajnost zajema veliko različnih komponent. To je izpostavila tudi Teja Török [35], ki se je ukvarjala z metodo načrtovanja trajnostne stavbe. Med drugimi ugotovitvami je zapisala tudi: »Les, kot zdravju neškodljiv material za nosilno konstrukcijo (brez formaldehida), je precej primeren, saj so stroški primerljivi s klasično gradnjo stavbe z opeko in betonom, je edini obnovljivi gradbeni material, v ozračje ne spušča ogljikovega dioksida, ampak ga celo skladišči in s sodelovanjem z zunanjim okoljem v prostoru ustvarja optimalno klimo ter tako vpliva na ugodno počutje ljudi.« Lenart Capuder [47] je na podlagi analize življenjskega cikla enostanovanjske zgradbe s poudarkom na fazi proizvodnje gradbenih materialov prišel do zaključka, da so materiali, ki so vgrajeni v obravnavani stavbi z leseno okvirno in masivno konstrukcijo, bolj okolju prijazni kot tisti, ki so vgrajeni v zidano-betonski varianti stavbe.

Če pogledamo stanje v naši državi, menim, da bi se nekateri kriteriji vidikov trajnosti, ki po obravnavanih študijah kažejo v prid leseni gradnji, pri nas izkazali kot negativno usmerjeni. Razlog je v trenutnem slabem stanju gospodarstva, ki vpliva na zaostal razvoj lesne industrije, saj so večja podjetja v času gospodarske krize propadla [54]. Glede na podatek, da za svojo uporabo več lesa in lesnih produktov uvozimo kot predelamo sami [42], menim, da se to izkaže kot negativen vpliv na okolje in ekonomsko stanje lesne industrije. Iz švedske študije [46] je razvidno, da je pomembno, iz kje je dobljen material in kaj vgradimo v sam KS, saj nas je analiza potrebne primarne energije v času proizvodnje presenetila. Pokazala je, da za proizvodnjo samega betona porabimo 6-krat manj potrebne primarne energije kot za proizvodnjo lesenih materialov.

Na podlagi opravljene analize se kot najbolj trajnosten lesen KS izkaže KS z okvirno NK O2, saj vsebuje najmanj škodljivih komponent v svoji sestavi. Sestavlja ga lesena lepljena NK obložena z mavčno vlaknenimi ploščami in ne lesenimi vlaknenimi ploščami, ki so ena največjih povzročiteljic emisij formaldehida v prostor in okolje. Da bi izničili škodljive komponente v lesenih ploščah, bi jih bilo potrebno zamenjati za lesene formaldehidne free ali VOC free plošče [70, 71]. Izračun potrebne primarne energije za ogrevanje stavbe pa pokaže, da je varianta KS O2 najmanj energetsko učinkovita izmed izbranih lesenih KS. Rezultati energetskega in trajnostnega vidika lesene gradnje so bili različni. Za bolj učinkovito interpretacijo in analizo bi potrebovali natančnejšo analizo in nadaljnje raziskovanje.

Ugotovili smo, da lesena gradnja ni nujno bolj energetsko učinkovita od konvencionalne, se pa zato iz obravnavanih kriterijev izkaže kot bolj trajnostna. Kljub temu se moramo zavedati kompleksnosti pojma 'trajnostno' ter nekaterih morebitnih negativnih vplivov lesa, ki lahko škodujejo okolju in ljudem. Zavedati se moramo, da so bili v tej analizi diplomskega dela upoštevani le KS zunanje stene ter leseni kompozitni materiali. Za natančnejšo oceno trajnosti bi bilo potrebno preveriti še ostale vgrajene materiale in KS celotne stavbe. Prav tako bi bilo potrebno preučiti še ostale faktorje posameznih vidikov trajnosti, saj smo preučevali le zdravstveni vidik s strani emisij formaldehida, okoljski vidik s strani emisij formaldehida in CO₂ v proizvodni fazi ter fazi transporta ter socialni in ekonomski vidik s strani transporta materiala ter zaposlenosti v lesni industriji.

S programi lahko dovolj natančno izračunamo, ali je stavba energetsko učinkovita ali ne, poleg tega imamo izoblikovano zakonodajo, ki nam narekuje največje in najmanjše dovoljene vrednosti. Da bi v prihodnosti lahko uspešno vrednotili stavbe tudi kot trajnostne, bi bilo potrebno dosedanje metode izboljšati, nadgraditi ter vzpostaviti baze podatkov o posameznih materialih ter njihovih lastnostih, ki so lahko vgrajeni v KS. Potrebno bi bilo tudi vzpostaviti zakonodajni okvir, ki bi opredeljeval določene količine snovi ali celo uporabo vgrajenih materialov.

VIRI

- [1] Zavod za gozdove Slovenije. 2015.
http://www.zgs.si/slo/gozdovi_slovenije/o_gozdovih_slovenije/gozdnatost_in_pestrost/index.html (Pridobljeno 13. 04. 2015.)
- [2] Pohleven, F. 2012. Les – gradivo prihodnosti. Gradbenik 7-8: str. 8-9.
- [3] Dujič, B., Kitek Kuzman, M. 2010. Nove tehnologije v gradnji z lesom. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: str. 11.
- [4] O podnebnih spremembah. 2014.
http://www.arhiv.svps.gov.si/si/podnebne_spremembe/o_podnebnih_spremembah/
(Pridobljeno 13. 04. 2014.)
- [5] Košir, M. 2015. Toplotna zaščita in učinkovita raba energije v stavbah. Študijsko gradivo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: str. 2.
- [6] Šijanec Zavrl, M. 2013. Trajnostna gradnja. Gradbenik 2: str. 6,7,8.
- [7] Kitek Kuzman, M., Kambič, M., Gabrijelčič, P., Cufar, K., Torelli, N. and Premrov, M. 2012. Lesene konstrukcije v stanovanjski in javni gradnji. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo.
- [8] Lopatič, J. 2012. Lesene konstrukcije B-UNI, študijsko gradivo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za Gradbeništvo in Geodezijo: str. 4, 15, 16.
- [9] Kitek Kuzman, M. 2009. Inovativna lesena gradnja. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo.
- [10] Gospodarska zbornica Slovenije.
<http://www.qzs.si/> (Pridobljeno 20. 07. 2015.)
- [11] Krainer, A., Perdan, R. 2009. Računalniški program (TOST) za izračun energetske bilance stavbe po Pravilniku o učinkoviti rabi energije v stavbah. Ljubljana, UL FGG.
- [12] Dovjak, M., Krainer, A. 2013. A tool for the design of sustainable building concepts. V: Conference SB13 Munich, Implementing Sustainability – Barriers and Chances: str. 967-976.
- [13] Dnevnik.si. 2011. Slovenska lesna industrija je na kolenih.
<https://www.dnevnik.si/1042420303/slovenija/1042420303> (Pridobljeno 20. 07. 2015.)
- [14] Kitek Kuzman, M., et al. 2008. Gradnja z lesom izziv in priložnost za Slovenijo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo.

- [15] Furnirane iverne plošče. 2015.
<http://www.slovenijales-trgovina.si/sl/Mizarstvo+in+Hobby+/Lesni+materiali/Iverne+plosce/id/820/izdelek/Furnirane+iverne+plosce> (Pridobljeno 27. 04. 2015.)
- [16] OSB plošče. 2015.
<http://www.slovenijales-trgovina.si/sl/Gradnja+in+dom/Gradbeni+materiali/Gradbene+plosce+in+les/id/829/izdelek/O SB+plosce> (Pridobljeno 27. 04. 2015.)
- [17] Vlaknene plošče. 2015.
<http://www.slovenijales-trgovina.si/sl/Mizarstvo+in+Hobby+/Lesni+materiali/Vlaknene+plosce> (Pridobljeno 27. 04. 2015.)
- [18] Konstrukcijska rešitev Rihter: Pasiv+, Pasiv. 2012.
<http://www.pasiv.si/2/SistemiGradnje.aspx> (Pridobljeno 02. 07. 2015.)
- [19] Konstrukcijska rešitev Riko: Pasivna lesena. 2014.
<http://www.riko-hise.si/si/prerezi-zunanjih-sten> (Pridobljeno 02. 07. 2015.)
- [20] Konstrukcijska rešitev Kager: Bio Pasiv. 2014.
<http://www.kager.si/tehnologija-kager-hise> (Pridobljeno 02. 07. 2015.)
- [21] Konstrukcijska rešitev Marles: Basic N6. 2014.
<http://www.marles.com/sl/sistem-basic-n6> (Pridobljeno 02. 07. 2015.)
- [22] Konstrukcijska rešitev Lesoteka: LBN Basic. 2013.
<http://www.lesoteka-hise.si/sl/masivne-lesene-stene-brune/tehnologija-2> (Pridobljeno 02. 07. 2015.)
- [23] Konstrukcijska rešitev Kager: Optima. 2014.
<http://archive-si.com/page/1849292/2013-04-09/http://www.kager.si/tehnologija-kager-hise/sistem-optima/> (Pridobljeno 02. 07. 2015.)
- [24] Agenda 21 za Slovenijo. Prispevek nevladnih organizacij. 1995. Ljubljana. Umanotera, slovenska fundacija za trajnostni razvoj.
<http://www.umanotera.org/index.php?node=8&p=5&id=36> (Pridobljeno 28. 04. 2015.)
- [25] Zakon o prostorskem načrtovanju (ZPNačrt). 2007. Uradni list Republike Slovenije, št. 33/2007 z dne 13. 4. 2007.
<http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=ZAKO4675> (Pridobljeno 28. 04. 2015.)
- [26] Zakon o varstvu okolja (ZVO-1). 2004. Uradni list Republike Slovenije, št. 41/2004 z dne 22. 4. 2004.
<http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=ZAKO1545> (Pridobljeno 28. 04. 2015.)

[27] Za zeleni razvojni preboj, Plan B 4.0: Prispevek za strategijo razvoja Slovenije 2014 – 2020. 2012. Ljubljana. Umanotera, slovenska fundacija za trajnostni razvoj.
<http://www.planbzasslovenijo.si/upload/SRS/plan-b-zeleni-razvojni-preboj.pdf>
(Pridobljeno 28. 04. 2015.)

[28] Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future. WCED World Commission on Environment and Development. 1987.
<http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm> (Pridobljeno 28. 04. 2015.)

[29] Smodiš, R. 2013. Trajnostna gradnja – oglaševalska poteza ali gradnja za 21.stoletje?.
Gradbenik 6: str. 47.

[30] Smodiš, R. 2013. S transparentnostjo in znanjem do kakovostnih trajnostnih stavb.
Gradbenik 9: str. 52.

[31] LEED.net. 2015.
<http://www.leed.net/> (Pridobljeno 28. 04. 2015.)

[32] BREEAM. 2015.
<http://www.breeam.org/index.jsp> (Pridobljeno 28. 04. 2015.)

[33] DGNB. 2015.
<http://www.dgnb.de/de/> (Pridobljeno 28. 04. 2015.)

[34] Štrus, A. 2014. Analiza izbranih gradbeno-fizikalnih in okoljskih parametrov konstrukcijskih sklopov iz lesa. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba A. Štrus): 45 str.

[35] Török, T. 2013. Metoda za načrtovanje trajnostne stavbe. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba T. Török): 109 str.

[36] Racionalna raba snovi, LCA in LCC metode.
http://lab.fs.uni-lj.si/kes/energije_in_okolje/eo-predavanje-13.pdf (Pridobljeno 29. 04. 2015.)

[37] Zrak v bivalnih prostorih. 2013.
<http://www.slonep.net/zakljucna-dela/ogrevanje-in-klimatizacija/zrak-v-bivalnih-prostorih>
(Pridobljeno 29. 04. 2015.)

[38] Košir, M. 2015. Osončenost, vpliv na kvaliteto bivalnih razmer v stavbah.
<http://kske.fgg.uni-lj.si/> (Pridobljeno 29. 04. 2015.)

[39] Košir, M. 2015. Viri.
<http://kske.fgg.uni-lj.si/> (Pridobljeno 29. 04. 2015.)

[40] Dovjak, M. 2015. Vplivi dnevne svetlobe na uporabnika grajenega okolja.
<http://kske.fgg.uni-lj.si/> (Pridobljeno 29. 04. 2015.)

- [41] Wood building the future.
<http://www.wooddays.eu/si/wood-and-climate/> (Pridobljeno 28. 07. 2015.)
- [42] Humar, M., et al. 2012. Izhodišča za prestrukturiranje slovenske lesnopredelovalne industrije. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo.
http://www.mgrt.gov.si/fileadmin/mgrt.gov.si/pageuploads/DPK/CRPi_2010/Strategija_slovenske_lesne_industrije_2012.pdf (Pridobljeno 20. 07. 2015.)
- [43] Ahn, S., Yang, I., Choi, I., Kim, H., Oh, S. 2009. Adhesives formulated with chemically modified okara and phenol–resorcinol–formaldehyde for bonding fancy veneer onto high-density fiberboard. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry* 15: str. 398–402.
- [44] Chou, J., Ye, K. 2015. Life cycle carbon dioxide emissions simulation and environmental cost analysis for building construction. *Journal of Cleaner Production* 101: str. 137-147.
- [45] Dodoo, A., Gustavsson, L., Sathre, R. 2014. Lifecycle carbon implications of conventional and low-energy multi-storey timber building systems. *Energy and Buildings* 82: str. 194–210.
- [46] Dodoo, A., Gustavsson, L., Sathre, R. 2014. Lifecycle primary energy analysis of low-energy timber building system for multi-storey residential buildings. *Energy and Buildings* 81: str. 84–97.
- [47] Capuder, L. 2012. Analiza življenjskega cikla enostanovanjske zgradbe s poudarkom fazi proizvodnje gradbenih materialov. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba L. Capuder): 94 str.
- [48] Šestan, P., Kristl, Ž., Dovjak, M. 2013. Formaldehid v grajenem okolju in možen vpliv na zdravje ljudi. *Gradbeni vestnik* 62: str.190-203.
- [49] Jang, Y., Huang, J., Li, K. 2011. A new formaldehyde-free wood adhesive from renewable materials. *International Journal of Adhesion & Adhesives* 31: str. 754–759.
- [50] Guo, H., Murray, F., Lee, S. 2002. Emissions of total volatile organic compounds from pressed wood products in an environmental chamber. *Building and Environment* 37: str. 1117 – 1126.
- [51] Bohm, M., Z.M. Salem, M., Srba, J. 2012. Formaldehyde emission monitoring from a variety of solid wood, plywood, blockboard and flooring products manufactured for building and furnishing materials. *Journal of Hazardous Materials* 221– 222: str. 68 – 79.
- [52] Murphy, F., Devlin, G., McDonnell, K. 2015. Greenhouse gas and energy based life cycle analysis of products from the Irish wood processing industry. *Journal of Cleaner Production* 92: str. 134 -141.

[53] Pohleven, F. 2010. Pomen SGLTP za povezavo gozdarstva, predelave in energetske izrabe lesa ter oblikovanja z industrijo. V: Gozd in les – razvojna priložnost Slovenije. Pohleven, F. (ur.). Knjižna zbirka: Zbornik referatov in razprav, št. 5: 15-23.

<http://www.ds->

[rs.si/sites/default/files/dokumenti/zbornik_goz_in_les_razvojna_priloznost_slovenije.pdf](http://www.ds-rs.si/sites/default/files/dokumenti/zbornik_goz_in_les_razvojna_priloznost_slovenije.pdf)

(Pridobljeno 20. 07. 2015.)

[54] Šoštarič, M. 2013. Veliko lesa, a propadajoča lesna industrija.

<http://www.delo.si/gospodarstvo/posel/veliko-lesa-a-propadajoca-lesna-industrija.html>

(Pridobljeno 20. 07. 2015.)

[55] Jelovica okna d.o.o. 2015. <http://www.jelovica-okna.si/> (Pridobljeno 12. 08. 2015.)

[56] Zakon o prostorskem načrtovanju. Uradni list RS št. 33/07.

<http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=ZAKO4675> (Pridobljeno 12. 08. 2015.)

[57] Zakon o varstvu okolja. Uradni list RS št. 39/06.

<http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=ZAKO1545> (Pridobljeno 12. 08. 2015.)

[58] Košir, M. 2015. Toplotna zaščita in učinkovita raba energije v stavbah.

<http://kske.fgg.uni-lj.si/> (Pridobljeno 29. 04. 2015.)

[59] Tehnična smernica za graditev TSG-1-004:2010 Učinkovita raba energije. 2010. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor.

http://www.arhiv.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/zakonodaja/prostor/graditev/TSG-01-004_2010.pdf (Pridobljeno 12. 08. 2015.)

[60] SIST EN ISO 13790:2008. Energijske lastnosti stavb – Račun rabe energije za ogrevanje in hlajenje prostorov.

[61] PURES. Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah. Uradni list RS št. 52/10.

[62] Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb. Uradni list RS, št. 42/2002 z dne 15. 5. 2002.

[63] Uredba (EU) št. 305/2011 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 9. marca 2011 o določitvi usklajenih pogojev za trženje gradbenih proizvodov in razveljavitvi Direktive sveta 89/106/EGS. Uradni list Evropske Unije, L88, 4.4.2011.

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:088:0005:0043:SL:PDF> (Pridobljeno 12. 08. 2015.)

[64] World Health Organization. 2015.

<http://www.who.int/en/> (Pridobljeno 12. 08. 2015.)

[65] Košir, M., Krainer, A., Dovjak, M., Kristl, Ž. 2011. Automatically controlled daylighting for visual and nonvisual effects. Lighting research & technology 43: str. 439-455.

[66] Kukec, A., Dovjak, M. 2014. Prevention and control of sick building syndrome (SBS). Part 1, Identification of risk factors. Sanitarno inženirstvo: str. 16-40.

[67] Dovjak, M., Kukec, A. 2014. Prevention and control of sick building syndrome (SBS). Part 2, Design of a preventive and control strategy to lower the occurrence of SBS. Sanitarno inženirstvo: str. 41-55.

[68] Dovjak, M., Kukec, A., Krainer, A. 2013. Prepoznavanje in obvladovanje dejavnikov tveganja za zdravje v bolnišničnem okolju z vidika uporabnika, stavbe in sistemov. Zdravstveno varstvo 52: str. 304-315.

[69] Kukec, A., Krainer, A., Dovjak, M. 2015. Možni negativni vplivi prekomerne vlažnosti notranjega okolja v stavbah na zdravje uporabnikov. Gradbeni vestnik 64: str. 37-47.

[70] DSM.com. 2015. http://www.dsm.com/markets/furniture/en_US/products-page/wood-laminating-adhesives/formaldehyde-free-wood-adhesive.html (Pridobljeno 12. 08. 2015.)

[71] Columbia Forest Products. 2015. <http://www.columbiaforestproducts.com/product/purebond-classic-core/> (Pridobljeno 12. 08. 2015)

[72] Gorjup, A. 2015. Študija vpliva zasnove stavbnega ovoja na kvaliteto bivalnega okolja in rabo energije. Magistrsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba A. Gorjup): 128 str.

[73] EN 717-1, Wood-based Panels – Determination of Formaldehyde Release – Formaldehyde emission by the chamber method. 2004.

[74] EN 300, Oriented Strand Boards (OSB) – Definitions, classification and specifications. 1996.

SEZNAM PRILOG:

PRILOGA A: NAČRTI OBRAVNAVANE NIZKOENERGIJSKE HIŠE TIPA PRIMA, MARLES

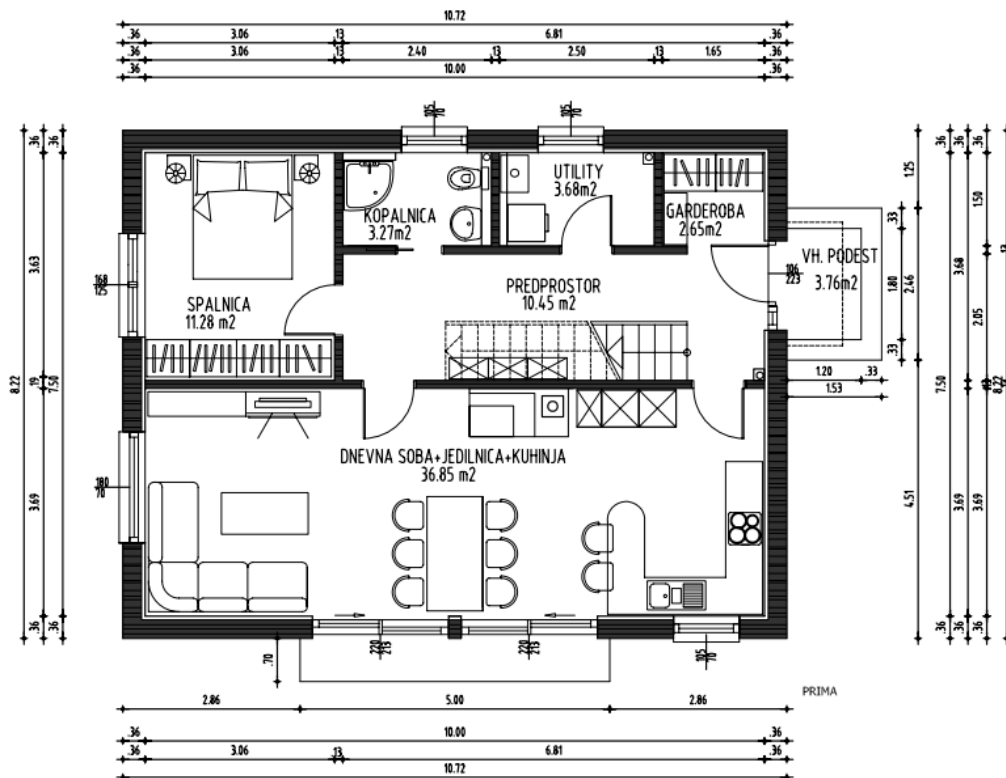
PRILOGA B: IZRAČUNI ENERGETSKE BILANCE V PROGRAMU TOST

PRILOGA A: NAČRTI OBRAVNAVANE NIZKOENERGIJSKE HIŠE TIPA PRIMA, MARLES

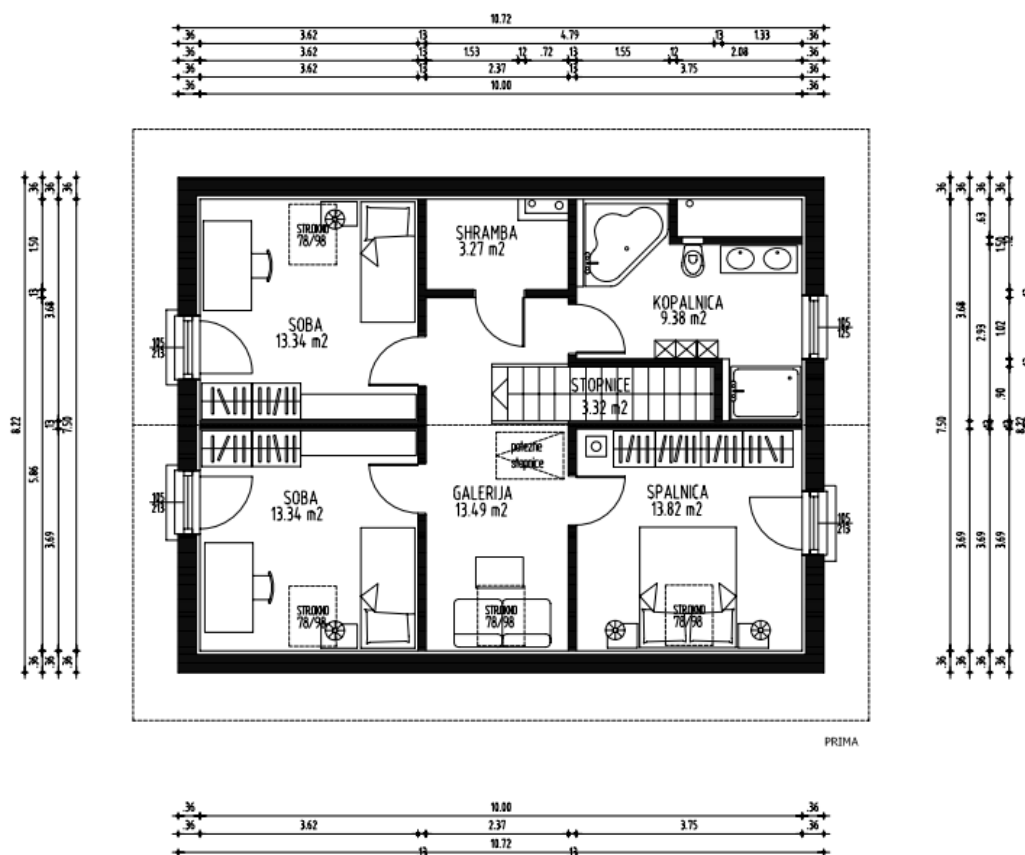
PRILOGA A.1: FASADE



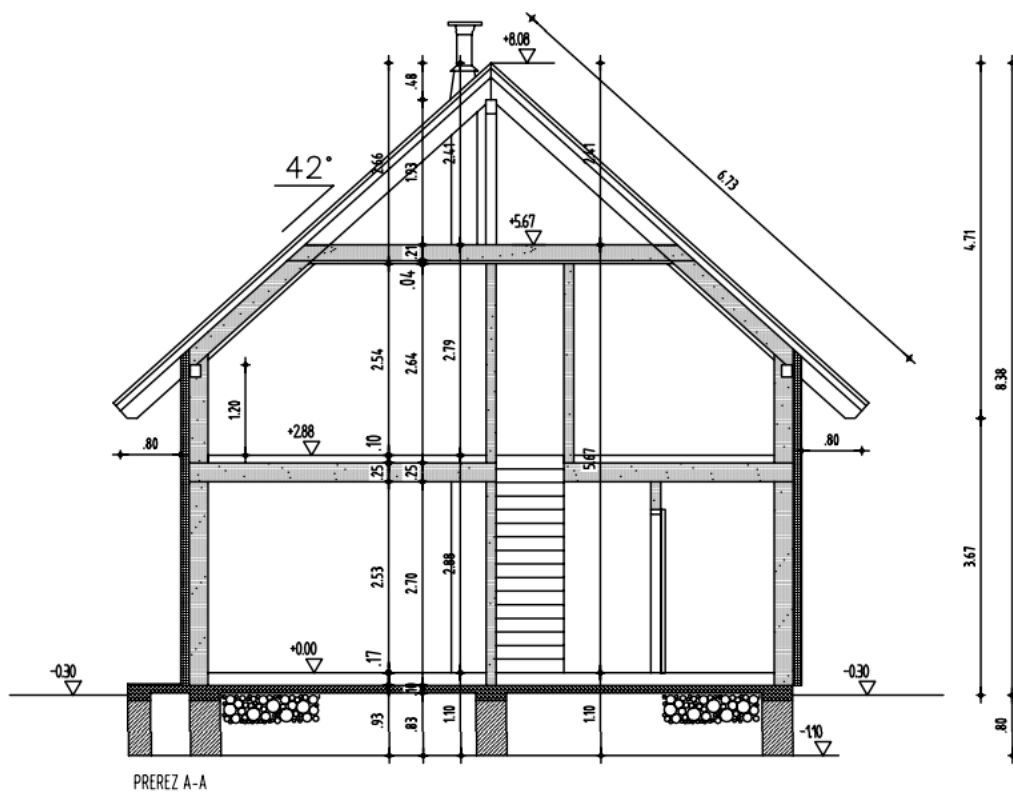
PRILOGA A.2: TLORIS PRITLIČJA



PRILOGA A.3: TLOORIS MANSARDE

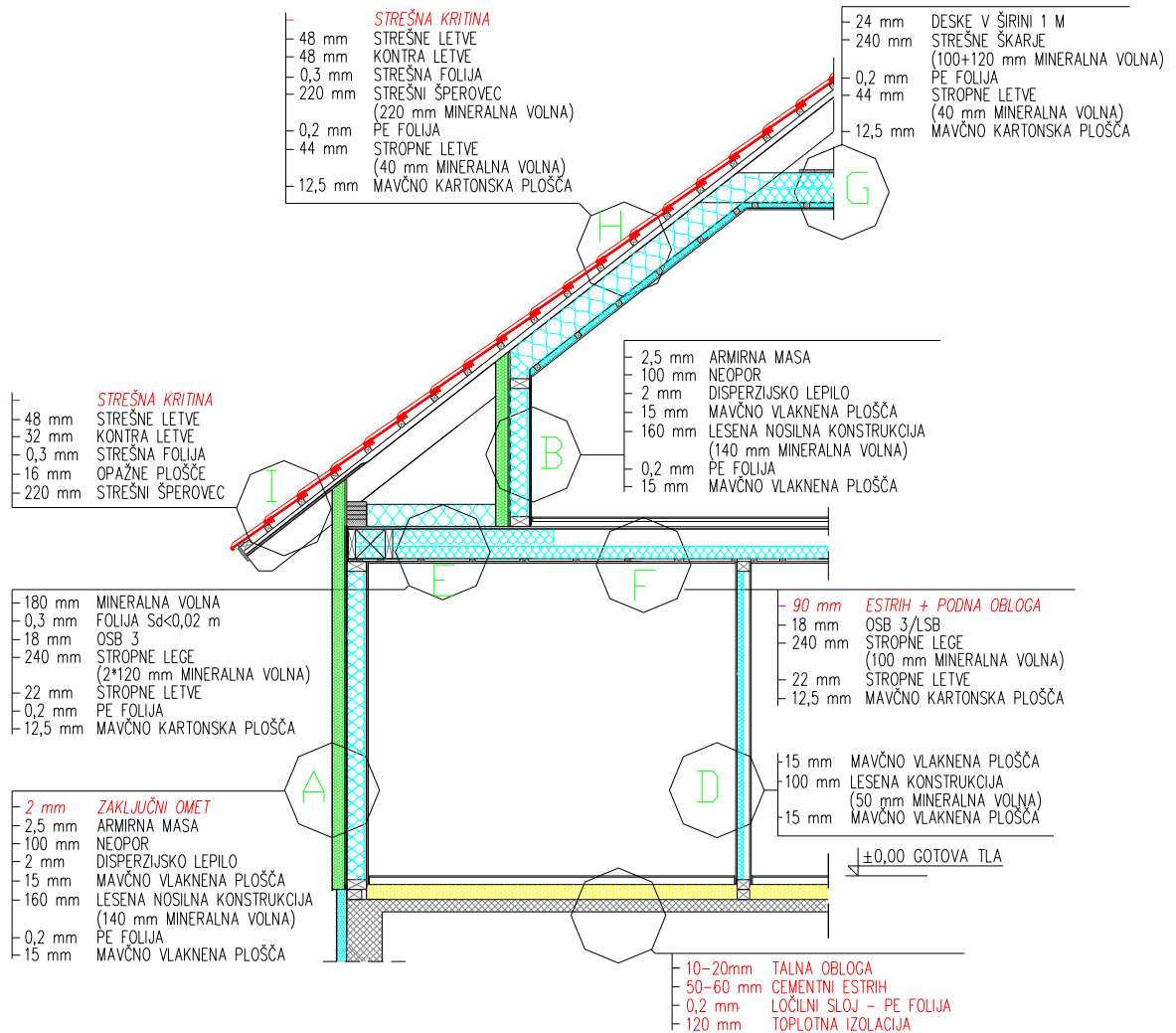


PRILOGA A.4: PREREZ



PRILOGA A.5: TEHNIČNI OPIS SISTEMA MEGA N10

MARLES sistem MEGA N10



LEGENDA:

- IZDELA MARLES
- KONČNA OBDELAVA - IZVEDBA DEL KUPEC

OPOMBA: MARLES LAHKO IZVEDE OBJEKT NA KLJUČ S SVOJIMI KOOPERANTI

PRILOGA B: IZRAČUNI ENERGETSKE BILANCE V PROGRAMU TOST

PRILOGA B.1: VARIANTA O1

Stavba	stavba		Izgube in dobitki
Vrsta stavbe	Enostanovanjska stavba		
Neto uporabna površina stavbe A_u (m ²)	138,14	(obvezno za stanovanjske stavbe)	Potrebna energija
Kondicionirana prostornina stavbe V_e (m ³)	488,59	(obvezno za nestanovanjske in javne stavbe)	
Površina toplotnega ovoja stavbe A (m ²)	349,26		
Oblikovni faktor $f_o = A/V_e$ (m ⁻¹)	0,71		

	Izračunan	Največji dovoljen
Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe H'_T (W/m ² K)	0,24	0,39

	Izračunana	Največja dovoljena	
Letna raba primarne energije Q_p (kWh)	24.438	27.393	
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} (kWh)	9.395	6.002	
Letni potrebni hlad za hlajenje Q_{NC} (kWh)	662	6.907	
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine	Q_{NH}/A_u (kWh/m ² a)	68,01	43,45
	Q_{NH}/V_e (kWh/m ³ a)	19,23	-

Kazalniki letne rabe primarne energije in letnih izpustov CO ₂ za delovanje sistemov stavbe	
Letna raba primarne energije na enoto uporabne površine Q_p / A_u (kWh/m ² a)	176,91
Letni izpusti CO ₂ (kg)	5.757
Letni izpusti CO ₂ na enoto uporabne površine (kg/m ² a)	41,67

NI IZPOLNJENO

Stavba	stavba	
Vrsta stavbe	Enostanovanjska stavba	

kWh/m ²	1. kondicionirana cona	2. kondicionirana cona	3. kondicionirana cona	Kondicionirana cona s KK	Stavba
Transmisijske izgube	53,75	0,00	0,00	0,00	53,75
Ventilacijske izgube	58,90	0,00	0,00	0,00	58,90
Skupne izgube	112,65	0,00	0,00	0,00	112,65
Notranji dobitki	29,95	0,00	0,00	0,00	29,95
Solarni dobitki	21,29	0,00	0,00	0,00	21,29
Skupni dobitki	51,24	0,00	0,00	0,00	51,24

Sezona	Enota	
<input checked="" type="checkbox"/> Ogrevanje <input type="checkbox"/> Hlajenje	<input type="checkbox"/> kWh	<input checked="" type="checkbox"/> kWh/m ² <input type="checkbox"/> kWh/m ³

Stavba	stavba					
Vrsta stavbe	Enostanovanjska stavba					
	kWh/m ²	Ogrevanje	Hlajenje	Topla voda	Razsvetjava	Cona skupaj
1. kondicionirana cona		98,03	11,98	36,89	30,00	176,91
2. kondicionirana cona		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3. kondicionirana cona		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Kondicionirana cona s kon. kletjo		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1. nekondicionirana cona				0,00	0,00	0,00
2. nekondicionirana cona				0,00	0,00	0,00
3. nekondicionirana cona				0,00	0,00	0,00
4. nekondicionirana cona				0,00	0,00	0,00
5. nekondicionirana cona				0,00	0,00	0,00
Nekondicionirana cona z nekon. kletjo				0,00	0,00	0,00
Steklenjak				0,00	0,00	0,00
Stavba skupaj		98,03	11,98	27,54	22,40	176,91

Energija: potrebna končna primarna

Enota: kWh kWh/m² kWh/m³

PRILOGA B.2: VARIANTA M1

Stavba	stavba		Izgube in dobitki
Vrsta stavbe	Enostanovanjska stavba		Potrebna energija
Neto uporabna površina stavbe A_u (m ²)	138,14	(obvezno za stanovanjske stavbe)	
Kondicionirana prostornina stavbe V_e (m ³)	488,59	(obvezno za nestanovanjske in javne stavbe)	
Površina toplotnega ovoja stavbe A (m ²)	349,26		
Oblikovni faktor $f_o = A/V_e$ (m ⁻¹)	0,71		
	Izračunan	Največji dovoljen	
Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe H_T (W/m ² K)	0,25	0,39	
	Izračunana	Največja dovoljena	
Letna raba primarne energije Q_p (kWh)	24.577	27.393	
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} (kWh)	9.521	6.002	
Letni potrebni hlad za hlajenje Q_{NC} (kWh)	645	6.907	
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine	Q_{NH}/A_u (kWh/m ² a)	68,93	43,45
	Q_{NH}/V_e (kWh/m ³ a)	19,49	-
Kazalniki letne rabe primarne energije in letnih izpustov CO ₂ za delovanje sistemov stavbe			
Letna raba primarne energije na enoto uporabne površine Q_p / A_u (kWh/m ² a)			177,91
Letni izpusti CO ₂ (kg)			5.794
Letni izpusti CO ₂ na enoto uporabne površine (kg/m ² a)			41,94
NI IZPOLNJENO			

Stavba	stavba
Vrsta stavbe	Enostanovanjska stavba

kWh/m ²	1. kondicionirana cona	2. kondicionirana cona	3. kondicionirana cona	Kondicionirana cona s KK	Stavba
Transmisijske izgube	54,75	0,00	0,00	0,00	54,75
Ventilacijske izgube	58,97	0,00	0,00	0,00	58,97
Skupne izgube	113,72	0,00	0,00	0,00	113,72
Notranji dobitki	30,04	0,00	0,00	0,00	30,04
Solarni dobitki	21,38	0,00	0,00	0,00	21,38
Skupni dobitki	51,41	0,00	0,00	0,00	51,41

Sezona	Enota
<input checked="" type="checkbox"/> Ogrevanje <input type="checkbox"/> Hlajenje	<input type="checkbox"/> kWh <input checked="" type="checkbox"/> kWh/m ² <input type="checkbox"/> kWh/m ³

Stavba	stavba
Vrsta stavbe	Enostanovanjska stavba

kWh/m ²	Ogrevanje	Hlajenje	Topla voda	Razsvetjava	Cona skupaj
1. kondicionirana cona	99,35	11,67	36,89	30,00	177,91
2. kondicionirana cona	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3. kondicionirana cona	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Kondicionirana cona s kon. kletjo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1. nekondicionirana cona			0,00	0,00	0,00
2. nekondicionirana cona			0,00	0,00	0,00
3. nekondicionirana cona			0,00	0,00	0,00
4. nekondicionirana cona			0,00	0,00	0,00
5. nekondicionirana cona			0,00	0,00	0,00
Nekondicionirana cona z nekon. kletjo			0,00	0,00	0,00
Steklenjak			0,00	0,00	0,00
Stavba skupaj	99,35	11,67	27,54	22,40	177,91

Energija	Enota
<input type="checkbox"/> potrebna <input type="checkbox"/> končna <input checked="" type="checkbox"/> primarna	<input type="checkbox"/> kWh <input checked="" type="checkbox"/> kWh/m ² <input type="checkbox"/> kWh/m ³

PRILOGA B.3: VARIANTA S1

Stavba	stavba		Izgube in dobitki	
Vrsta stavbe	Enostanovanjska stavba			
Neto uporabna površina stavbe A_u (m ²)	138,14	(obvezno za stanovanjske stavbe)	Potrebna energija	
Kondicionirana prostornina stavbe V_e (m ³)	488,59	(obvezno za nestanovanjske in javne stavbe)		
Površina toplotnega ovoja stavbe A (m ²)	349,26			
Oblikovni faktor $f_o = A/V_e$ (m ⁻¹)	0,71			
Koefficient specifičnih transmissijskih toplotnih izgub stavbe H'_T (W/m ² K)	Izračunan	Največji dovoljen		
	0,26	0,39		
Letna raba primarne energije Q_p (kWh)	Izračunana	Največja dovoljena	Kazalniki letne rabe primarne energije in letnih izpustov CO ₂ za delovanje sistemov stavbe	
	24.805	27.393		
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} (kWh)	9.727	6.002		
Letni potrebni hlad za hlajenje Q_{NC} (kWh)	617	6.907		
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine	Q_{NH}/A_u (kWh/m ² a)	70,42		43,45
	Q_{NH}/V_e (kWh/m ³ a)	19,91		-
		NI IZPOLNJENO		

Letna raba primarne energije na enoto uporabne površine Q_p / A_u (kWh/m ² a)	179,57
Letni izpusti CO ₂ (kg)	5.855
Letni izpusti CO ₂ na enoto uporabne površine (kg/m ² a)	42,39

Stavba	stavba
Vrsta stavbe	Enostanovanjska stavba

kWh/m ²	1. kondicionirana cona	2. kondicionirana cona	3. kondicionirana cona	Kondicionirana cona s KK	Stavba
Transmissijske izgube	56,37	0,00	0,00	0,00	56,37
Ventilacijske izgube	59,09	0,00	0,00	0,00	59,09
Skupne izgube	115,45	0,00	0,00	0,00	115,45
Notranji dobitki	30,17	0,00	0,00	0,00	30,17
Solarni dobitki	21,52	0,00	0,00	0,00	21,52
Skupni dobitki	51,70	0,00	0,00	0,00	51,70

Sezona	Enota
<input checked="" type="checkbox"/> Ogrevanje <input type="checkbox"/> Hlajenje	<input type="checkbox"/> kWh <input checked="" type="checkbox"/> kWh/m ² <input type="checkbox"/> kWh/m ³

Stavba	stavba					
Vrsta stavbe	Enostanovanjska stavba					
	kWh/m ²	Ogrevanje	Hlajenje	Topla voda	Razsvetjava	Cona skupaj
1. kondicionirana cona		101,50	11,17	36,89	30,00	179,57
2. kondicionirana cona		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3. kondicionirana cona		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Kondicionirana cona s kon. kletjo		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1. nekondicionirana cona				0,00	0,00	0,00
2. nekondicionirana cona				0,00	0,00	0,00
3. nekondicionirana cona				0,00	0,00	0,00
4. nekondicionirana cona				0,00	0,00	0,00
5. nekondicionirana cona				0,00	0,00	0,00
Nekondicionirana cona z nekon. kletjo				0,00	0,00	0,00
Steklenjak				0,00	0,00	0,00
Stavba skupaj		101,50	11,17	27,54	22,40	179,57

Energija: potrebna končna primarna

Enota: kWh kWh/m² kWh/m³

PRILOGA B.4: VARIANTA O2

Stavba	stavba		
Vrsta stavbe	Enostanovanjska stavba		Izgube in dobitki
Neto uporabna površina stavbe A_u (m ²)	138,14	(obvezno za stanovanjske stavbe)	Potrebna energija
Kondicionirana prostornina stavbe V_e (m ³)	488,59	(obvezno za nestanovanjske in javne stavbe)	
Površina toplotnega ovoja stavbe A (m ²)	349,26		
Oblikovni faktor $f_o = A/V_e$ (m ⁻¹)	0,71		

	Izračunan	Največji dovoljen
Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe H_T (W/m ² K)	0,29	0,39

	Izračunana	Največja dovoljena	
Letna raba primarne energije Q_p (kWh)	26.062	27.393	
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} (kWh)	10.831	6.002	
Letni potrebni hlad za hlajenje Q_{NC} (kWh)	484	6.907	
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine	Q_{NH}/A_u (kWh/m ² a)	78,41	43,45
	Q_{NH}/V_e (kWh/m ³ a)	22,17	-

Kazalniki letne rabe primarne energije in letnih izpustov CO ₂ za delovanje sistemov stavbe	
Letna raba primarne energije na enoto uporabne površine Q_p / A_u (kWh/m ² a)	188,67
Letni izpusti CO ₂ (kg)	6.189
Letni izpusti CO ₂ na enoto uporabne površine (kg/m ² a)	44,81

NI IZPOLNJENO

Stavba	stavba				
Vrsta stavbe	Enostanovanjska stavba				

kWh/m ²	1. kondicionirana cona	2. kondicionirana cona	3. kondicionirana cona	Kondicionirana cona s KK	Stavba
Transmisijske izgube	65,06	0,00	0,00	0,00	65,06
Ventilacijske izgube	59,68	0,00	0,00	0,00	59,68
Skupne izgube	124,74	0,00	0,00	0,00	124,74
Notranji dobitki	30,91	0,00	0,00	0,00	30,91
Solarni dobitki	22,30	0,00	0,00	0,00	22,30
Skupni dobitki	53,21	0,00	0,00	0,00	53,21

Sezona Ogrevanje Hlajenje

Enota kWh kWh/m² kWh/m³

Stavba	stavba				
Vrsta stavbe	Enostanovanjska stavba				

kWh/m ²	Ogrevanje	Hlajenje	Topla voda	Razsvetjava	Cona skupaj
1. kondicionirana cona	113,02	8,76	36,89	30,00	188,67
2. kondicionirana cona	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3. kondicionirana cona	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Kondicionirana cona s kon. kletjo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1. nekondicionirana cona			0,00	0,00	0,00
2. nekondicionirana cona			0,00	0,00	0,00
3. nekondicionirana cona			0,00	0,00	0,00
4. nekondicionirana cona			0,00	0,00	0,00
5. nekondicionirana cona			0,00	0,00	0,00
Nekondicionirana cona z nekon. kletjo			0,00	0,00	0,00
Steklenjak			0,00	0,00	0,00
Stavba skupaj	113,02	8,76	27,54	22,40	188,67

Energija potrebna končna primarna

Enota kWh kWh/m² kWh/m³

PRILOGA B.5: VARIANTA S2

Stavba	stavba		Izgube in dobitki	
Vrsta stavbe	Enostanovanjska stavba			
Neto uporabna površina stavbe A_u (m ²)	138,14	(obvezno za stanovanjske stavbe)	Potrebna energija	
Kondicionirana prostornina stavbe V_e (m ³)	488,59	(obvezno za nestanovanjske in javne stavbe)		
Površina toplotnega ovoja stavbe A (m ²)	349,26			
Oblikovni faktor $f_o = A/V_e$ (m ⁻¹)	0,71			
	Izračunan	Največji dovoljen		
Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe H_T (W/m ² K)	0,28	0,39		
	Izračunana	Največja dovoljena		
Letna raba primarne energije Q_p (kWh)	25.578	27.393	Kazalniki letne rabe primarne energije in letnih izpustov CO ₂ za delovanje sistemov stavbe Letna raba primarne energije na enoto uporabne površine Q_p / A_u (kWh/m ² a) 185,16 Letni izpusti CO ₂ (kg) 6.061 Letni izpusti CO ₂ na enoto uporabne površine (kg/m ² a) 43,88	
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} (kWh)	10.414	6.002		
Letni potrebni hlad za hlajenje Q_{NC} (kWh)	531	6.907		
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine	Q_{NH}/A_u (kWh/m ² a)	75,39		43,45
	Q_{NH}/V_e (kWh/m ³ a)	21,31		-
			NI IZPOLNJENO	

Stavba	stavba				
Vrsta stavbe	Enostanovanjska stavba				
kWh/m ²	1. kondicionirana cona	2. kondicionirana cona	3. kondicionirana cona	Kondicionirana cona s KK	Stavba
Transmisijske izgube	61,77	0,00	0,00	0,00	61,77
Ventilacijske izgube	59,46	0,00	0,00	0,00	59,46
Skupne izgube	121,23	0,00	0,00	0,00	121,23
Notranji dobitki	30,64	0,00	0,00	0,00	30,64
Solarni dobitki	22,01	0,00	0,00	0,00	22,01
Skupni dobitki	52,64	0,00	0,00	0,00	52,64

Sezona: Ogrevanje Hlajenje

Enota: kWh kWh/m² kWh/m³

Stavba	stavba				
Vrsta stavbe	Enostanovanjska stavba				

kWh/m ²	Ogrevanje	Hlajenje	Topla voda	Razsvetljava	Cona skupaj
1. kondicionirana cona	108,66	9,60	36,89	30,00	185,16
2. kondicionirana cona	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3. kondicionirana cona	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Kondicionirana cona s kon. kletjo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1. nekondicionirana cona			0,00	0,00	0,00
2. nekondicionirana cona			0,00	0,00	0,00
3. nekondicionirana cona			0,00	0,00	0,00
4. nekondicionirana cona			0,00	0,00	0,00
5. nekondicionirana cona			0,00	0,00	0,00
Nekondicionirana cona z nekon. kletjo			0,00	0,00	0,00
Steklenjak			0,00	0,00	0,00
Stavba skupaj			108,66	9,60	27,54

Energija

potrebna končna primarna

Enota

kWh kWh/m² kWh/m³

PRILOGA B.6: VARIANTA M2

Stavba	stavba		Izgube in dobitki
Vrsta stavbe	Enostanovanjska stavba		

Neto uporabna površina stavbe A_u (m ²)	138,14	(obvezno za stanovanjske stavbe)
Kondicionirana prostornina stavbe V_e (m ³)	488,59	(obvezno za nestanovanjske in javne stavbe)
Površina toplotnega ovoja stavbe A (m ²)	349,26	
Oblikovni faktor $f_o = A/V_e$ (m ⁻¹)	0,71	

	Izračunan	Največji dovoljen
Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe H_T (W/m ² K)	0,29	0,39

	Izračunana	Največja dovoljena	
Letna raba primarne energije Q_p (kWh)	25.906	27.393	
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} (kWh)	10.696	6.002	
Letni potrebni hlad za hlajenje Q_{NC} (kWh)	499	6.907	
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine	Q_{NH}/A_u (kWh/m ² a)	77,43	43,45
	Q_{NH}/V_e (kWh/m ³ a)	21,89	-

Kazalniki letne rabe primarne energije in letnih izpustov CO ₂ za delovanje sistemov stavbe	
Letna raba primarne energije na enoto uporabne površine Q_p/A_u (kWh/m ² a)	187,53
Letni izpusti CO ₂ (kg)	6.148
Letni izpusti CO ₂ na enoto uporabne površine (kg/m ² a)	44,51

NI IZPOLNJENO

Stavba	stavba
Vrsta stavbe	Enostanovanjska stavba

kWh/m ²	1. kondicionirana cona	2. kondicionirana cona	3. kondicionirana cona	Kondicionirana cona s KK	Stavba
Transmisijske izgube	64,00	0,00	0,00	0,00	64,00
Ventilacijske izgube	59,61	0,00	0,00	0,00	59,61
Skupne izgube	123,60	0,00	0,00	0,00	123,60
Notranji dobitki	30,82	0,00	0,00	0,00	30,82
Solarni dobitki	22,20	0,00	0,00	0,00	22,20
Skupni dobitki	53,02	0,00	0,00	0,00	53,02

Sezona	Enota
<input checked="" type="checkbox"/> Ogrevanje <input type="checkbox"/> Hlajenje	<input type="checkbox"/> kWh <input checked="" type="checkbox"/> kWh/m ² <input type="checkbox"/> kWh/m ³

Stavba	stavba
Vrsta stavbe	Enostanovanjska stavba

kWh/m ²	Ogrevanje	Hlajenje	Topla voda	Razsvetljava	Cona skupaj
1. kondicionirana cona	111,61	9,03	36,89	30,00	187,53
2. kondicionirana cona	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3. kondicionirana cona	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Kondicionirana cona s kon. kletjo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1. nekondicionirana cona			0,00	0,00	0,00
2. nekondicionirana cona			0,00	0,00	0,00
3. nekondicionirana cona			0,00	0,00	0,00
4. nekondicionirana cona			0,00	0,00	0,00
5. nekondicionirana cona			0,00	0,00	0,00
Nekondicionirana cona z nekon. kletjo			0,00	0,00	0,00
Steklenjak			0,00	0,00	0,00
Stavba skupaj	111,61	9,03	27,54	22,40	187,53

Energija	Enota
<input type="checkbox"/> potrebna <input type="checkbox"/> končna <input checked="" type="checkbox"/> primarna	<input type="checkbox"/> kWh <input checked="" type="checkbox"/> kWh/m ² <input type="checkbox"/> kWh/m ³

PRILOGA B.7: VARIANTA K1

Stavba	stavba		Izgube in dobitki						
Vrsta stavbe	Enostanovanjska stavba								
Neto uporabna površina stavbe A_u (m ²)	138,14	(obvezno za stanovanjske stavbe)	Potrebna energija						
Kondicionirana prostornina stavbe V_e (m ³)	488,59	(obvezno za nestanovanjske in javne stavbe)							
Površina toplotnega ovoja stavbe A (m ²)	349,26								
Oblikovni faktor $f_o = A/V_e$ (m ⁻¹)	0,71								
Koefficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe H_T (W/m ² K)	Izračunan	Največji dovoljen							
	0,31	0,39							
Letna raba primarne energije Q_p (kWh)	Izračunana	Največja dovoljena	Kazalniki letne rabe primarne energije in letnih izpustov CO ₂ za delovanje sistemov stavbe						
	26.705	27.393							
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} (kWh)	11.353	6.002							
Letni potrebni hlad za hlajenje Q_{NC} (kWh)	440	6.907							
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine	Q_{NH}/A_u (kWh/m ² a)	82,19		43,45					
	Q_{NH}/V_e (kWh/m ³ a)	23,24	-						
		<table border="1"> <tr> <td>Letna raba primarne energije na enoto uporabne površine Q_p / A_u (kWh/m²a)</td> <td>193,32</td> </tr> <tr> <td>Letni izpusti CO₂ (kg)</td> <td>6.358</td> </tr> <tr> <td>Letni izpusti CO₂ na enoto uporabne površine (kg/m²a)</td> <td>46,02</td> </tr> </table>		Letna raba primarne energije na enoto uporabne površine Q_p / A_u (kWh/m ² a)	193,32	Letni izpusti CO ₂ (kg)	6.358	Letni izpusti CO ₂ na enoto uporabne površine (kg/m ² a)	46,02
Letna raba primarne energije na enoto uporabne površine Q_p / A_u (kWh/m ² a)	193,32								
Letni izpusti CO ₂ (kg)	6.358								
Letni izpusti CO ₂ na enoto uporabne površine (kg/m ² a)	46,02								
			NI IZPOLNJENO						

Stavba	stavba				
Vrsta stavbe	Enostanovanjska stavba				
kWh/m ²	1. kondicionirana cona	2. kondicionirana cona	3. kondicionirana cona	Kondicionirana cona s KK	Stavba
Transmisijske izgube	69,16	0,00	0,00	0,00	69,16
Ventilacijske izgube	59,96	0,00	0,00	0,00	59,96
Skupne izgube	129,11	0,00	0,00	0,00	129,11
Notranji dobitki	31,25	0,00	0,00	0,00	31,25
Solarni dobitki	22,65	0,00	0,00	0,00	22,65
Skupni dobitki	53,90	0,00	0,00	0,00	53,90
Sezona	<input checked="" type="checkbox"/> Ogrevanje <input type="checkbox"/> Hlajenje				
Enota	<input type="checkbox"/> kWh <input checked="" type="checkbox"/> kWh/m ² <input type="checkbox"/> kWh/m ³				

Stavba	stavba				
Vrsta stavbe	Enostanovanjska stavba				

kWh/m ²	Ogrevanje	Hlajenje	Topla voda	Razsvetljava	Cona skupaj
1. kondicionirana cona	118,47	7,96	36,89	30,00	193,32
2. kondicionirana cona	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3. kondicionirana cona	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Kondicionirana cona s kon. kletjo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1. nekondicionirana cona			0,00	0,00	0,00
2. nekondicionirana cona			0,00	0,00	0,00
3. nekondicionirana cona			0,00	0,00	0,00
4. nekondicionirana cona			0,00	0,00	0,00
5. nekondicionirana cona			0,00	0,00	0,00
Nekondicionirana cona z nekon. kletjo			0,00	0,00	0,00
Steklenjak			0,00	0,00	0,00
Stavba skupaj	118,47	7,96	27,54	22,40	193,32

Energija

potrebna končna primarna

Enota

kWh kWh/m² kWh/m³

PRILOGA B.8: VARIANTA K2

Stavba	stavba		Izgube in dobitki Potrebna energija
Vrsta stavbe	Enostanovanjska stavba		

Neto uporabna površina stavbe A_u (m ²)	138,14	(obvezno za stanovanjske stavbe)
Kondicionirana prostornina stavbe V_e (m ³)	488,59	(obvezno za nestanovanjske in javne stavbe)
Površina toplotnega ovoja stavbe A (m ²)	349,26	
Oblkovni faktor $f_o = A/V_e$ (m ⁻¹)	0,71	

	Izračunan	Največji dovoljen
Koeficient specifičnih transmisivskih toplotnih izgub stavbe H_T (W/m ² K)	0,30	0,39

	Izračunana	Največja dovoljena	
Letna raba primarne energije Q_p (kWh)	26.368	27.393	
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} (kWh)	11.082	6.002	
Letni potrebni hlad za hlajenje Q_{NC} (kWh)	461	6.907	
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine	Q_{NH}/A_u (kWh/m ² a)	80,22	43,45
	Q_{NH}/V_e (kWh/m ³ a)	22,68	-

Kazalniki letne rabe primarne energije in letnih izpustov CO ₂ za delovanje sistemov stavbe	
Letna raba primarne energije na enoto uporabne površine Q_p / A_u (kWh/m ² a)	190,88
Letni izpusti CO ₂ (kg)	6.270
Letni izpusti CO ₂ na enoto uporabne površine (kg/m ² a)	45,39

NI IZPOLNJENO

Stavba	stavba				
Vrsta stavbe	Enostanovanjska stavba				

kWh/m ²	1. kondicionirana cona	2. kondicionirana cona	3. kondicionirana cona	Kondicionirana cona s KK	Stavba
Transmisijske izgube	67,02	0,00	0,00	0,00	67,02
Ventilacijske izgube	59,81	0,00	0,00	0,00	59,81
Skupne izgube	126,83	0,00	0,00	0,00	126,83
Notranji dobitki	31,07	0,00	0,00	0,00	31,07
Solarni dobitki	22,46	0,00	0,00	0,00	22,46
Skupni dobitki	53,53	0,00	0,00	0,00	53,53

Sezona	Enota
<input checked="" type="checkbox"/> Ogrevanje <input type="checkbox"/> Hlajenje	<input type="checkbox"/> kWh <input checked="" type="checkbox"/> kWh/m ² <input type="checkbox"/> kWh/m ³

Stavba	stavba				
Vrsta stavbe	Enostanovanjska stavba				

kWh/m ²	Ogrevanje	Hlajenje	Topla voda	Razsvetjava	Cona skupaj
1. kondicionirana cona	115,64	8,35	36,89	30,00	190,88
2. kondicionirana cona	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3. kondicionirana cona	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Kondicionirana cona s kon. kletjo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1. nekondicionirana cona			0,00	0,00	0,00
2. nekondicionirana cona			0,00	0,00	0,00
3. nekondicionirana cona			0,00	0,00	0,00
4. nekondicionirana cona			0,00	0,00	0,00
5. nekondicionirana cona			0,00	0,00	0,00
Nekondicionirana cona z nekon. kletjo			0,00	0,00	0,00
Steklenjak			0,00	0,00	0,00
Stavba skupaj	115,64	8,35	27,54	22,40	190,88

Energija	Enota
<input type="checkbox"/> potrebna <input type="checkbox"/> končna <input checked="" type="checkbox"/> primarna	<input type="checkbox"/> kWh <input checked="" type="checkbox"/> kWh/m ² <input type="checkbox"/> kWh/m ³