

VIŠJA STROKOVNA ŠOLA ACADEMIA

MARIBOR

**UPORABA NOVIH MATERIALOV IN
PROCESOV PRI GRADNJI VIKEND HIŠE TER
NJIHOV VPLIV NA ENERGETSKO
UČINKOVITOST IN TRAJNOST – PRIMERJAVA
MED MODULARNO VIKEND HIŠO IN MED
LESENO VIKEND HIŠO**

Kandidatka: Andreja Ferk

Vrsta študija: študentka izrednega študija

Študijski program: gradbeništvo

Mentorica predavateljica: Dr. Ksenija Golob

Mentor v podjetju: Vladimir Dragorajac, univ. dipl. inž. gr.

Lektor: Metka Gselman Sedak, prof. slo. jezika

Maribor, 2021

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Podpisana Andreja Ferk, sem avtorica diplomskega dela z naslovom Uporaba novih materialov in procesov pri gradnji vikend hiše ter njihov vpliv na energetska učinkovitost in trajnost – primerjava med modularno vikend hišo in med leseno vikend hišo, ki sem ga napisala pod mentorstvom Dr. Ksenije Golob.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo delo izključno rezultat mojega dela,
- sem poskrbel/a, da so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženi nalogi, navedena oz. citirana skladno s pravili Višje strokovne šole Academia Maribor,
- se zavedam, da je plagiatorstvo – predstavljanje tujih del oz. misli, kot moje lastne kaznivo po Zakonu o avtorski in sorodnih pravicah (Uradni list RS, št. 16/07 – uradno prečiščeno besedilo, 68/08, 110/13, 56/15 in 63/16 – ZKUASP); prekršek pa podleže tudi ukrepom Višje strokovne šole Academia Maribor skladno z njenimi pravili,
- skladno z 32.a členom ZASP dovoljujem Višji strokovni šoli Academia Maribor objavo
- diplomskega dela na spletnem portalu šole.

Zgornja Velka, junij 2021

Podpis študenta:

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorici gospe Dr. Kseniji Golob za pomoč in vodenje pri pisanju diplomskega dela, ter tudi mentorju v podjetju Vladimirju Dragorajacu, uni. dipl. inž. gr.

Posebna zahvala gre gospodu Bojanu Dapčeviću, uni. dipl. inž. gr. in mojim domačim. Hvala, ker ste mi stali ob strani, ter me moralno podpirali.

POVZETEK

Segrevanje ozračja ter zmanjševanje zalog naravnih danosti našega planeta sta prebudili miselnost o energetske prihodnosti. Energija, ki se porabi za delovanje stavbe v Evropski uniji znaša 40 odstotkov od vse skupaj porabljene energije. To pomeni, da so stanovanjske in poslovne stavbe velik porabnik energije. Energija za delovanje stavb pri novozgrajenih hišah bi morala biti zagotovljena iz obnovljivih virov. (Direktorat za energijo, 2021) Potrebno je le s pravočasnimi in pravimi ukrepi pristopiti k problemu in poiskati pravo rešitev. Zavedati se je potrebno, da nas lahko neučinkovito porabljeni energijski viri pripeljejo do energetskega primanjkljaja in do velike ekološke onesnaženosti, ki bo ogrožala tudi človeška življenja. Prav tako je potrebna ozaveščenost o trajnostni gradnji, o uporabi prijaznih materialov za okolje in za človeka, o izkoriščanju naravnih virov energije in težnji k nizkoenergijskim modularnim objektom. (Lambizer, 2012) Certificiranje stavb v energetske razrede določa energetska izkaznica stavbe po načelih trajnostne gradnje. Z energetske izkaznice se je začelo pomembno obdobje v gradbeništvu ter tudi večje zanimanje za energetske učinkovite in trajnostne gradnje. To se mora odražati že v sami zasnovi že pri projektiranju objekta, kot tudi pri kasnejši prenovi posamezne stavbe. (Lambizer, 2012) Diplomsko delo zajema trajnostne gradbene materiale, modularno gradnjo in energetske učinkovitost v gradbeništvu. Gradbeništvo je ena od dejavnosti, ki se mora vedno znova spoprijemati z inovacijami in z novostmi. V zadnjem času pridobiva na pomenu energetske varčne in trajnostne gradnje. Energetske varčni objekti so v tujini stalnica že kakšni dve desetletji. Pri nas pa postajajo običajni šele zadnjih deset let, s pojavom novih zahtev in pravilnikov o gradnji objektov, ki zahtevajo energetske varčnost. (Donša, 2014) Teoretični del diplomskega dela obravnava izbrane vidike trajnostnih gradbenih materialov ter energetske učinkovitosti lesene in modularne vikend hiše. Prikazane so nekatere pomembne smernice, ki so na področju trajnostne gradnje v uporabi v razvitih državah Evropske unije. V nadaljevanju smo glede na temeljni namen diplomskega dela, proučili vpliv energetske učinkovitosti glede na sestavo zidov, stropne in talne temeljne plošče ter strehe za posamezno vikend hišo. To nam je bilo izhodišče za pripravo hipotez. V empiričnem delu diplomskega dela smo analizirali kako, novi materiali vplivajo na energetske učinkovitost, ki je eden izmed odločilnih kriterijev za trajnostno gradnjo. Ugotovili smo podobno, kot ugotavljajo že različne študije v več državah, da je modularna gradnja energetske učinkovitejša od lesene gradnje in vpliva na trajnost objekta.

Ključne besede: modularna gradnja, lesena gradnja, energetska učinkovitost, trajnost.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Verwendung neuer Materialien und Verfahren beim Bau eines Ferienhauses und ihre Auswirkungen auf Energieeffizienz und Nachhaltigkeit - ein Vergleich zwischen einem modularen Ferienhaus und einem Holzhaus.

Die globale Erwärmung und die Erschöpfung der natürlichen Ressourcen unseres Planeten haben eine Einstellung zur Energiezukunft geweckt. Der Energieverbrauch für den Betrieb eines Gebäudes in der Europäischen Union beträgt 40% des gesamten Energieverbrauchs. Dies bedeutet, dass Wohn- und Geschäftsgebäude große Energieverbraucher sind. Energie für den Betrieb von Gebäuden in neu gebauten Häusern sollte aus erneuerbaren Quellen bereitgestellt werden. Es ist nur notwendig, das Problem mit zeitnahen und richtigen Maßnahmen anzugehen und die richtige Lösung zu finden. Wir müssen uns bewusst sein, dass ineffizient genutzte Energiequellen zu Energieknappheit und hoher Umweltverschmutzung führen können, die auch Menschenleben gefährden. Es ist auch ein Bewusstsein für nachhaltiges Bauen, die Verwendung umweltfreundlicher und menschenfreundlicher Materialien, die Nutzung natürlicher Energiequellen und den Trend zu energiesparenden modularen Gebäuden erforderlich. Die Zertifizierung von Gebäuden in Energieklassen wird durch das Energiezertifikat des Gebäudes nach den Grundsätzen des nachhaltigen Bauens festgelegt. Mit dem Energiezertifikat begann eine wichtige Bauphase sowie ein wachsendes Interesse an energieeffizientem und nachhaltigem Bauen. Dies muss sich in der Gestaltung selbst in der Gestaltung des Gebäudes sowie in der anschließenden Renovierung eines einzelnen Gebäudes widerspiegeln. Die Arbeit befasst sich mit nachhaltigen Baustoffen, modularem Aufbau und Energieeffizienz im Bauwesen. Das Bauen ist eine der Aktivitäten, die mit Innovationen und Innovationen Schritt halten muss. In jüngster Zeit gewinnt es an Bedeutung für energiesparendes und nachhaltiges Bauen. Energiesparanlagen sind im Ausland seit etwa zwei Jahrzehnten eine Konstante. In unserem Land sind sie jedoch erst in den letzten zehn Jahren üblich geworden, und es entstanden neue Anforderungen und Vorschriften für den Bau von Anlagen, die Energieeinsparungen erfordern. Der theoretische Teil der Diplomarbeit befasst sich mit ausgewählten Aspekten nachhaltiger Baustoffe und Energieeffizienz von Holz- und Modulhäusern. Einige wichtige Richtlinien im Bereich des nachhaltigen Bauens in Industrieländern der Europäischen Union werden vorgestellt. Im Folgenden haben wir gemäß dem Grundzweck der Diplomarbeit die Auswirkungen der Energieeffizienz auf die Zusammensetzung von Wand-, Decken- und Bodenfundamentplatten und -dächern für jedes Wochenendhaus untersucht. Dies war unser Ausgangspunkt für die Erstellung von Hypothesen. Im empirischen Teil der Diplomarbeit haben wir analysiert, wie sich neue Materialien auf die Energieeffizienz auswirken, was eines der entscheidenden Kriterien für nachhaltiges Bauen ist. Ähnlich wie in verschiedenen Studien in mehreren Ländern haben wir festgestellt, dass der modulare Aufbau energieeffizienter als der Holzbau ist und die Haltbarkeit des Gebäudes beeinflusst.

Stichwort: modularer Aufbau, Holzbau, Energieeffizienz, Langlebigkeit.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	6
1.1	OPIS PODROČJA IN OPREDELITEV PROBLEMA	8
1.2	NAMEN, CILJI IN OSNOVNE TRDITVE	9
1.3	PREDPOSTAVKE IN OMEJITVE	9
1.4	UPORABLJENE RAZISKOVALNE METODE	10
2	DELO V PROJEKTNi SKUPINI	11
3	TRAJNOSTNI GRADBENI MATERIALI	14
	NA EKOLOŠKI BILANCI TEMELJIJO OKOLJSKI INDIKATORJI GRADBENIH MATERIALOV	14
3.1	SMERNICE ZA TRAJNOSTNO GRADNJO	14
3.1.1	<i>Določitev materiala oziroma izdelka</i>	<i>14</i>
3.1.2	<i>Podatki</i>	<i>15</i>
3.1.3	<i>Meje za opazovanje materiala ali izdelka</i>	<i>15</i>
3.2	INDIKATORJI EKOLOŠKE BILANCE	16
3.2.1	<i>Podrobnejši opis pojmov</i>	<i>17</i>
3.3	GRADBENI MATERIALI IN VPLETENA ENERGIJA	20
3.3.1	<i>Z več zornih kotov</i>	<i>21</i>
3.3.2	<i>Gradbeno fizikalne lastnosti materialov</i>	<i>22</i>
3.3.3	<i>Vidiki energetske učinkovitosti materialov</i>	<i>23</i>
3.3.4	<i>Siva energija</i>	<i>24</i>
3.3.5	<i>Primarna energija v gradbenih izdelkih</i>	<i>24</i>
3.3.6	<i>Primarna energija v gradbenih elementih</i>	<i>24</i>
3.3.7	<i>Primarna energija v življenjskem ciklu</i>	<i>25</i>
3.4	OPIS TRADICIONALNIH MATERIALOV	26
3.4.1	<i>Vrste materialov</i>	<i>26</i>
3.5	TRAJNOST LESA	32
4	VREDNOTENJE IN CERTIFICIRANJE TRAJNOSTNE GRADNJE	33
4.1	TRAJNOSTNO VREDNOTENJE STAVB	33
4.1.1	<i>Open house – javno dostopna in pilotno preverjena metoda, namenjena mednarodni uporabi ...</i>	<i>34</i>
4.1.2	<i>Orodje za trajnostno vrednotenje stavb – Cesba</i>	<i>35</i>
4.1.3	<i>GBC – sistem ocenjevanja trajnostne gradnje z orodjem GBTool</i>	<i>39</i>
4.1.4	<i>Sistem DGNB</i>	<i>40</i>

5	NOVE, SODOBNE METODE GRADNJE	41
5.1	MODULARNA GRADNJA.....	41
5.1.1	Vrste modulov.....	42
5.1.2	Sestava sten in stropov, ali tal.....	46
5.1.3	Streha.....	47
6	PRIMER LESENE VIKEND HIŠE.....	48
6.1	SPLOŠNI OPIS	48
6.2	LOKACIJA, VRSTA IN NAMEN STAVBE	48
6.3	FUNKCIONALNA ZASNOVA	49
6.4	GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE STAVBE	50
6.5	KLIMATSKI PODATKI.....	50
6.6	IZRAČUN GRADBENIH KONSTRUKCIJ STAVBE	51
6.6.1	Zunanji zid.....	51
6.6.2	Talna plošča	53
6.6.3	Streha.....	53
6.6.4	Prozorne konstrukcije.....	55
6.6.5	Neprozorna zunanja vrata	55
6.7	PODATKI O CONI	56
6.8	SPECIFIČNE TRANSMISIJSKE TOPLOTNE IZGUBE.....	56
6.8.1	Toplotne izgube skozi zunanje površine.....	56
6.8.2	Toplotne izgube skozi zidove in tla na terenu	58
6.9	NOTRANJI DOBITKI	58
6.9.1	Dobitki sončnega sevanja	58
6.10	PREZRAČEVANJE.....	59
6.11	OGREVANJE.....	59
6.12	PRIPRAVA TOPLE VODE	59
6.13	RAZSVETLJAVA	59
6.14	ENERGETSKA IZKAZNICA	60
7	PRIMER MODULARNE VIKEND HIŠE.....	63
7.1	IZRAČUN GRADBENIH KONSTRUKCIJ STAVBE	63
7.1.1	Zunanji zid.....	63
7.1.2	Talna plošča	64
7.1.3	Streha.....	64
7.2	SPECIFIČNE TRANSMISIJSKE TOPLOTNE IZGUBE.....	66
7.2.1	Toplotne izgube skozi zunanje površine.....	66
7.2.2	Toplotne izgube skozi zidove in tla na terenu	67

7.3	NOTRANJI DOBITKI	67
7.3.1	<i>Dobitki sončnega sevanja</i>	67
7.4	OGREVANJE.....	68
7.5	PRIPRAVA TOPLE VODE	68
7.6	HLAJENJE STAVBE	68
7.7	RAZSVETLJAVA	69
7.8	ENERGETSKA IZKAZNICA	69
8	ENERGETSKA PRIMERJAVA OBEH VIKEND HIŠ IN PREVERITEV	
HIPOTEZ		71
8.1	POTREBNA ENERGIJA ZA OGREVANJE STAVBE IN PREVERITEV HIPOTEZE H3	71
8.1.1	<i>Za leseno vikend hišo</i>	71
8.1.2	<i>Za modularno vikend hišo</i>	71
8.2	PREVERITEV HIPOTEZE H1	71
8.3	PREVERITEV HIPOTEZE H2	72
9	SKLEP	73
10	VIRI, LITERATURA	75
11	PRILOGE	77

KAZALO SLIK

SLIKA 1: TLORIS PRITLIČJA.....	12
SLIKA 2 : ŽIVLJENJSKI KROG GRADBENEGA IZDELKA	16
SLIKA 3: IZOMETRIČEN POGLED 4 STRANSKEGA MODULA.....	42
SLIKA 4: DOLG MODUL Z INTEGRIRANIM HODNIKOM.....	43
SLIKA 5: KONSTRUKCIJSKI OKVIR VOGALNO PODPRTEGA MODULA - KONČNI REZULTAT	44
SLIKA 6: TIPIČNA KONSTRUKCIJA PODIJA, V KATEREM JE SEDEM NADSTROPIJ BIVALNIH ENOT, PODPRT JE NA SESTAVLJENEM STRUKTURNEM OKVIRU SPODAJ	45
SLIKA 7: BALKONSKI NASTAVKI ZA ZUNANJO KONSTRUKCIJO (MOHO, MANCHESTER).....	46
SLIKA 8: DIMENZIJE ZIDU IN TAL V MODULU.....	47
SLIKA 9: LOKACIJA PARCELE	49
SLIKA 10: SESTAVA ZUNANJEGA ZIDU LESENE VIKEND HIŠE	51
SLIKA 11: SESTAVA TALNE PLOŠČE	53
SLIKA 12: SESTAVA STREHE PRI LESENI VIKEND HIŠI	54
SLIKA 13: ENERGETSKA IZKAZNICA ZA LESENO VIKEND HIŠO	61
SLIKA 14: ENERGETSKA IZKAZNICA LESENE VIKEND HIŠE.....	62
SLIKA 15: SESTAVA ZUNANJEGA ZIDU PRI MODULARNI VIKEND HIŠI.....	63
SLIKA 16: SESTAVA TALNE PLOŠČE PRI MODULARNI VIKEND HIŠI.....	64
SLIKA 17: SESTAVA STREHE PRI MODULARNI VIKEND HIŠI.....	65
SLIKA 18: ENERGETSKA IZKAZNICA ZA MODULARNO VIKEND HIŠO	69
SLIKA 19: ENERGETSKA IZKAZNICA MODULARNE VIKEND HIŠE	70

KAZALO TABEL

TABELA 1: SESTAVA TALNE PLOŠČE	13
TABELA 2: SEZNAM PROSTOROV S FINALNIM TLAKOM:	49
TABELA 3: KLIMATSKI PODATKI NA IZBRANI LOKACIJI ZA STAVBO, IZRAČUN JE IZ PROGRAMA URSA.....	51
TABELA 4: POVPREČNE MESEČNE TEMPERATURE IN VLAŽNOST ZRAKA, IZRAČUN JE IZ PROGRAMA URSA	51
TABELA 5: PODATKI ZA POSAMEZNE MATERIALE V ZUNANJEM ZIDU	52
TABELA 6: IZRAČUN KONDENZACIJE NA POVRŠINI ZA LESENO VIKEND HIŠO	52
TABELA 7: PODATKI ZA POSAMEZNE MATERIALE V TALNI PLOŠČI	53
TABELA 8: PODATKI ZA POSAMEZNE MATERIALE NA STREHI	54
TABELA 9: IZRAČUN KONDENZACIJE NA POVRŠINI	55
TABELA 10: PODATKI ZA OKNA IN STEKLENA VRATA.....	55
TABELA 11: PODATKI ZA ZUNANJA VRATA	55
TABELA 12: TRANSMISIJSKE TOPLOTNE IZGUBE SKOZI NEPROZORNE POVRŠINE	57
TABELA 13: TRANSMISIJSKE TOPLOTNE IZGUBE SKOZI PROZORNE POVRŠINE.....	57
TABELA 14: PODATKI ZA TLA NA TERENU	58
TABELA 15: TOPLOTNE IZGUBE	58
TABELA 16: DOBITKI SONČNEGA SEVANJA.....	59
TABELA 17: PODATKI ZA POSAMEZNE MATERIALE V ZUNANJEM ZIDU MODULARNE VIKEND HIŠE	63
TABELA 18: PODATKI ZA POSAMEZNE MATERIALE V TALNI PLOŠČI PRI MODULARNI VIKEND HIŠI.....	64
TABELA 19: PODATKI ZA POSAMEZNE MATERIALE V STREHI PRI MODULARNI VIKEND HIŠI....	65
TABELA 20: IZRAČUN KONDENZACIJE NA POVRŠINI ZA MODULARNO VIKEND HIŠO	66
TABELA 21: TRANSMISIJSKE TOPLOTNE IZGUBE SKOZI NEPROZORNE POVRŠINE	66
TABELA 22: TRANSMISIJSKE TOPLOTNE IZGUBE SKOZI PROZORNE POVRŠINE ZA MODULARNO VIKEND HIŠO	67
TABELA 23: PODATKI ZA TLA NA TERENU ZA MODULARNO VIKEND HIŠO.....	67
TABELA 24: TOPLOTNE IZGUBE ZA MODULARNO VIKEND HIŠO	67
TABELA 25: DOBITKI SONČNEGA SEVANJA ZA MODULARNO VIKEND HIŠO	67
TABELA 26: POTREBNA ENERGIJA ZA HLAJENJE MODULARNE VIKEND HIŠE.....	68

KAZALO GRAFIKONOV

GRAFIKON 1: POTENCIAL TOPLOGREDNEGA UČINKA (GWP) OB IZGRADNJI STAVBE IN PO 100

LETIH..... 26

1 UVOD

Stopamo v obdobje večjih sprememb našega odnosa do okolja, bivanja in energije, ki se odražajo vedno bolj v gradnji in pri obnovi stavb. Postavljamo si vedno višje cilje pri varovanju okolja, želimo si višjo kvaliteto bivanja, manjšo energetske odvisnost, uveljavljanje trajnostnega gospodarstva in ne nazadnje zagotavljanje delovnih mest, ki naj bodo kvalitetna ter visokih socialnih standardov za prebivalstvo. (Renar, 2015)

Po letih pogovorov in dogovorov smo dosegli prelomno točko. Podnebne spremembe niso več problem prihodnosti, ampak jih doživljamo vsi, tukaj in zdaj. Viša se gladina morja, širijo se puščave in tudi smrtonosni divji požari. Naši civilizaciji danes grozijo spremembe, ki so se dogajale več desetletij nazaj. (Koones, 2016)

Podnebne spremembe vplivajo na vse ljudi v vseh državah in se lahko pojavijo na vsakem dvorišču. Skupaj lahko nekaj storimo, da dosežemo rezultate, ki so potrebni zato, da bo planet varen prostor za življenje ter da bo zdrav zdaj in v prihodnosti. Zdaj se ljudje več pogovarjamo o obnovljivi energiji, kako lahko pridemo do cenejše in večje količine energije. Pri tem lahko pozitivno vlogo odigra okolje. (prav tam)

Podnebne spremembe nam predstavljajo velik izziv, kako je možno premakniti miselnost družbe, ker smo bili prej odvisni od fosilnih goriv, do bolj čiste in trajnostne prihodnosti.

Čeprav se je najenostavneje obrniti, obstaja razlog za optimizem. Volja in moč mora priti od ljudi samih. Imamo priložnost, da premislimo, kako živimo na tem planetu zdaj, ter tudi za prihodnost naših generacij. (prav tam)

Verjeti moramo v moč in iznajdljivost in inovativnost ljudi z vseh zornih kotov življenja, da bomo lahko rešili ta problem. Tehnološki napredki se že dogajajo, obnovljiva energija, inovacije v gradbeni praksi dobivajo večji pomen in povečana je tudi učinkovitost stavb. (prav tam)

Eden od načinov za zmanjšanje želja in potreb po fosilnih gorivih je oblikovanje hiš, ki za gradnjo potrebujejo manj energije za delovanje, hlajenje in ogrevanje. Hiše morajo biti premišljeno zgrajene na način, da je potreba po energiji majhna. Obnovljiva energija se uporablja za sončne, fotovoltaične panele geotermalne sisteme in za vetrne turbine. V kombinaciji z dobro zasnovo se lahko ustvarijo hiše, ki ne potrebujejo fosilnih goriv. (Koones, 2016)

Od 38-40% energije v državi se porabi za hlajenje in ogrevanje naših poslovnih in stanovanjskih stavb. (Direktorat za energijo, 2021)

Manjše hiše zmanjšujejo zapravljeni prostor, ki ga večina ljudi ne uporablja ali potrebuje. Hiša, ki je manjša in bolje grajena, porabi manj energije, zmanjšana je potreba po gradnji, hlajenju, ogrevanju in ni nam potrebno vzdrževati dodatni prostor, ki ga ne potrebujemo. Pri gradnji manjših hiš potrebujemo manj časa za gradnjo in tudi poraba materiala je manjša, to pa je zaenkrat najpametnejši in najbolj zanesljiv recept za gradnjo domov. (Koones, 2016)

Male hiše v velikosti do 100 m² so vsako leto popularnejše. Poleg tega, so bolj vodljive od velikih hiš, pri majhnih hišah so tudi stroški manjši s samo gradnjo. Če je majhna hiša zgrajena po pametnem in modernem dizajnu, materialih, tehnologiji, je tudi udobnejša, vzdrževanje je cenejše in porabi manj energije za hlajenje in ogrevanje. (prav tam)

Ko mladi ljudje začnejo šolanje za svoj poklic, si zaželijo svojo hišo, vendar pa je njihov proračun pogosto omejen. Nekatere družine priznavajo, da ne potrebujejo veliko prostora, praznih sob, vendar si pa želijo manjšo hišo s prostori, ki bodo vsestranski ter bodo lahko zadostili vse njihove redne potrebe. (prav tam)

Prebivalci mest, se pa pogosto odločijo za vikend ali pa za počitniško hišo ob plaži, ob smučišču, ob gozdu, ali pa celo ob jezeru. Zato so najbolj priljubljeni »drugi« manjši domovi. Stroški ogrevanja in hlajenja so pri manjših hišah precej manjši. Energijo je mogoče prihraniti z izgradnjo učinkovitega ovoja hiše, z optimalno sončno orientacijo in z uporabo trajnejših materialov in sistemov gradnje. (prav tam)

Podnebne spremembe in ozaveščanje ljudi o varovanju okolja spodbujajo ponovno proučevanje uporabe klasičnih gradbenih materialov pri gradnji stavb in preverjanja možnosti za nov način njihove uporabe. (prav tam)

Pri klasični opečnati gradnji imamo veliko odpadnih snovi na kraju samem. Modularna gradnja pa rešuje tudi to vprašanje. Uporabljeni material v tovarni se reciklira in se ponovno uporabi. Odrezki lesa iz ene hiše se uporabljajo pri drugih hišah, kovina je reciklirani material, odvečen suhi zid pa se lahko vrne proizvajalcu. V nekaterih tovarnah neuporaben les uporabljajo za ogrevanje. Materiali so že sestavljeni v module in niso v razsutem stanju, kar nam poleg prihranka goriva zmanjša tudi stroške. Modularna gradnja je čudovita rešitev za zmanjšanje odpadkov. (Koones, 2016)

Les je eden od najstarejših ter tudi preizkušenih materialov in je zaradi tega soočen z novimi izzivi, ker mu kar dolgo poznane in preizkušane rešitve dajejo trdno osnovo za njegovo trajnostno rabo tudi v prihodnosti. Da bi si les zagotavljal še naprej mesto enega najbolj uporabljenih materialov pri gradnji so potrebna stalna vlaganja v izboljšave že obstoječih izdelkov, tehnološki razvoj procesov pri gradnji, širitev ponudbe novih izdelkov. Skupen cilj vseh ljudi bi moralo biti zmanjševanje okoljskih obremenitev ter čim manjša poraba energije. O uporabi v stavbah odigra odločilno vlogo kreativnost načrtovalcev stavb, ki bodo lahko zagotavljali kvalitetno izvedbo na objektih. (Koones, 2016)

1.1 Opis področja in opredelitev problema

Skrb za okolje mora postati temeljni cilj vsake vasi, vsakega mesta, regije ter tudi svetovne politike. Napore je potrebno usmeriti v povečano učinkovitost izrabe energije ter v uporabo obnovljivih virov energije v vseh segmentih družbe. Poraba energije v posameznih stavbah predstavlja največji delež končne porabljene energije in s tem tudi izpusti toplogrednih plinov prispevajo velik delež k onesnaževanju okolja. (Donša, 2014)

Sodobno gradbeništvo se danes meri s sposobnostjo energetske varčnosti in s trajnostno gradnjo. V Sloveniji je energetska varčna gradnja še v povojih, kupci pa so vse bolj osveščeni. Ne želijo graditi, ne kupovati energetske potratnih stavb, saj se zavedajo, da to ni rentabilno. Tukaj se vidi priložnost za podjetja, ki bodo na trgu sposobna ponuditi po primerni ceni energetske varčne objekte. (prav tam)

Pri novogradnji je potrebno upoštevati zahteve aktualnih pravilnikov o učinkoviti rabi energije v stavbah. Potrebno je spodbujati energetska varčna gradnja. Energetska varčna gradnja se je začela uveljavljati na začetku 90-ih let prejšnjega stoletja, spodbuja pa trajnostni vidik razvoja pri gradnji. V Sloveniji je še veliko prostora za spodbujanje in uveljavljanje energetske varčne gradnje, kot je modularna gradnja. (Donša, 2014)

V diplomskem delu je predstavljena zasnova lesene vikend hiše ter primerjava z modularno vikend hišo. S pomočjo programa Ursa sta izdelani dve energetska izkaznici in primerjalna analiza le- teh.

1.2 Namen, cilji in osnovne trditve

Namen in cilji diplomskega dela:

Zaradi potrebe po znanju na tržišču, želimo proučiti energetske učinkovitost in trajnost materialov. Z raziskavo želimo ugotoviti, kateri izmed sistemov je energetsko boljši in trajnosten. Želeli bi proučiti, kako materiali vplivajo na energetske učinkovitost in trajnost.

Izhajali bomo iz naslednjih treh hipotez:

- H1 Dovedena energija za delovanje stavbe, bo večja pri leseni vikend hiši, kot pa pri modularni vikend hiši.
- H2 Energetsko najbolj učinkovita bo modularna vikend hiša, v primerjavi z leseno vikend hišo.
- H3 Energija, ki jo potrebujemo za ogrevanje bo večja pri leseni vikend hiši, kot pa pri modularni.

Hipoteze bomo preverili s programom gradbene fizike URSA 4,0. S pomočjo programa se bosta izdelali dve energetske izkaznici in dva elaborata gradbene fizike, katere bomo med seboj primerjali.

1.3 Predpostavke in omejitve

Proučili smo nekatere trajnostne gradbene materiale, kot so glina, ilovica in les. Opisali smo vrednotenje in certificiranje trajnostne gradnje, ter tudi sodobne metode gradnje. Osnova za proučevanje je ustrezna strokovna literatura s področja trajnostne gradnje in spletne strani s področja modularne gradnje. S pomočjo programa ArchiCAD smo zasnovali leseno vikend hišo, ter jo primerjali z modularno vikend hišo.

Omejili smo se na konkreten gradbeni projekt in na njem prikazali energetske učinkovitost obeh stavb s pomočjo programa URSA 4,0. (Donša, 2014)

Za sestavo zidov, stropne in talne plošče ter strehe smo uporabili materiale iz kataloga URSA, zato lahko prihaja do odstopanj pri izračunu energetske učinkovitosti obeh vikend hiš.

(Donša, 2014)

1.4 Uporabljene raziskovalne metode

Diplomsko delo je osnovano na predpostavki, da je lahko material trajnosten, če je sestavljen iz trajnostnih sestavin. Gradili smo na predpostavki, da obstaja vrsta priložnosti in možnosti za nadaljnji razvoj z vidika pridobivanja novih sestavin, procesov gradnje, s samo uporabo, z vzdrževanjem ter z njihovim ravnanjem po koncu uporabe. (Kosmač, 2016)

Pri izdelavi diplomskega dela smo se poslužili metod kompilacije in deskripcije. Oprli smo se na domačo in tujo literaturo, ter na znanstvene članke. Pri tem smo se omejili na uporabo novih materialov in procesov pri modularni gradnji, ter njihov vpliv na energetske učinkovitost in trajnost. (prav tam)

Pridobljene podatke bomo predstavili grafično, opisno in analitično. Raziskava temelji na analizah in primerjavah s pomočjo uporabne literature, spletnih strani in programa URSA, s katerim se bodo izdelale energetske izkaznice. Za identifikacijo pomembnih lastnosti, posameznih materialov in procesov modularne gradnje smo uporabili informacije iz znanstvenih člankov, ter iz knjig. Spletni podatki nudijo najnovejše informacije, ter najbolj aktualne trende s področja gradnje in trajnosti objektov. Viri teh informacij so nam bili v pomoč, saj smo dobili osnovno znanje, ki smo ga lahko nadgradili in s tem prišli do določenih rešitev in zaključkov. (prav tam)

2 DELO V PROJEKTNi SKUPINI

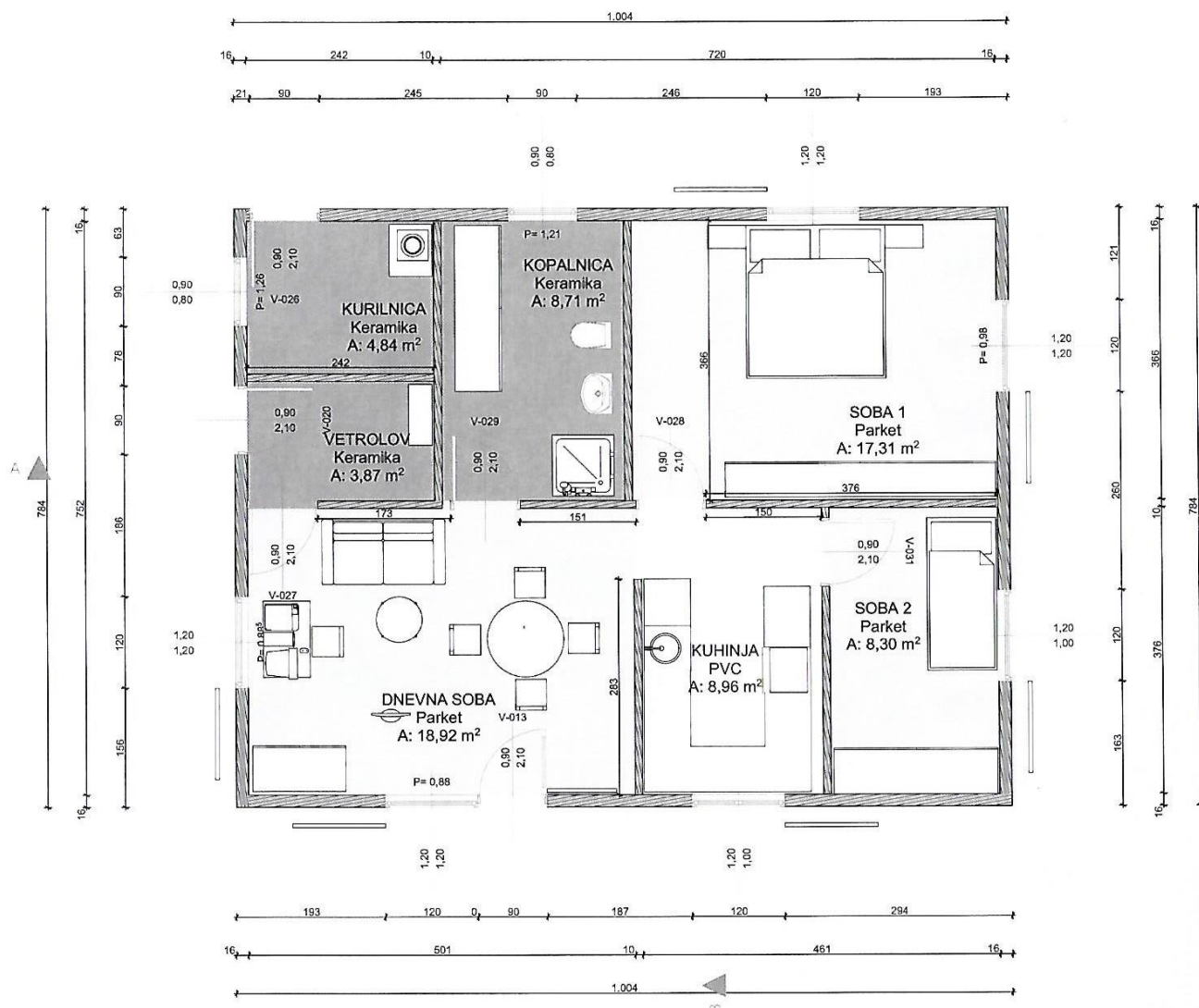
Pred pričetkom pisanja diplomskega dela smo imeli v prostorih Academie vodeno srečanje, kjer smo vsi bodoči diplomanti rešili Myersov test osebnosti in Belbinov popis tima. Na osnovi rezultatov smo se porazdelili v projektne skupine. V teh skupinah smo na skupnih srečanjih skupinsko pripravljali diplomska dela. Vsaka skupina je sestavljala tri člane, vodjo projekta, osebo določeno za pripravo dela ter projektanta. V skupini sem opravljala vlogo vodje projekta, saj so rezultati obeh testov pokazali, da sem logik in dober izvajalec projektne delo. Kot vodja sem sodelovala pri vseh nalogah v projektu.

Temo svojega diplomskega dela sem v skupini predstavila na prvem srečanju. Seznanila sem jih, da želim narediti primerjavo med leseno vikend hišo in med modularno vikend hišo, glede energetske učinkovitosti in trajnosti.

Prvi pristop skupine je bila raziskava trajnosti gradbenih materialov, kaj vpliva na trajnost materialov ter opisi posameznih tradicionalnih gradbenih materialov. Nadaljevali smo z vrednotenjem in certificiranjem trajnostne gradnje. Proučili smo prepoznavna merila trajnostnih gradenj in metode vrednotenja stavb. Bolj podrobno smo opredelili kazalnike trajnostne gradnje, ki so pomembni pri vrednotenju trajnostnih stavb ter same sisteme vrednotenja. Kasneje smo proučili in raziskali še trajnost lesa.

Nadaljevali smo z zasnovo lesene vikend hiše. Zasnovali smo velikost posameznih prostorov, funkcionalno porazdelitev prostorov ter opremo, ki jo potrebujemo za bivanje.

Skupinski dogovor je bil, da se bo večina steklenih površin sprojektirala na južno in vzhodno stran hiše, s tem se dobi dnevna potreba po svetlobi v dnevni sobi in ostalih dveh sobah. Servisne prostore pa smo porazdelili na zahodno in severno stran hiše. Sestave zidov smo se lotili s pomočjo literature s področja lesene gradnje. Paziti smo morali na ustrezno toplotno prehodnost, da ni prisotna notranja kondenzacija, ali kondenzacija na sami površini.



Slika 1: Tloris pritlička

Vir: (Lastni vir)

Sestava talne plošče je bila naš naslednji skupinski izziv. Po dogovoru je pri sestavi plošče pomembna zadostna količina gramoza, ki služi kot tampon, hidroizolacija, beton, zadostna količina izolacije, da ne pozabimo na folijo ter na finalni tlak. Sestava talne plošče bo pri obeh vikend hišah enaka.

Tabela 1: Sestava talne plošče

sloj	material	debelina cm
1	PARKET	2,000
2	BETON 2200	4,000
3	POLIETILENSKA FOLIJA	0,020
4	URSA XPS N-III-I	3,000
5	BETON 2500	20,000
6	URSA XPS N-III-L	20,000
7	VEČPLASTNA BITUMENSKA HIDROIZOL. 1100	1,000
8	BETON 2000	5,000
9	GRAMOZ, SUH	34,000

Vir: (Lastni vir)

Po posvetu v skupini smo se odločili za lesen strop, ki bo sestavljen iz ometa, mavčno kartonske plošče, lesa in izolacije. Streha pri leseni vikend hiši bo sestavljena iz mavčno kartonske plošče, parne zapore, lesa, izolacije, paropropustne folije, ter iz strešnikov.

Modularna vikend hiša bo imela enak tloris, kot lesena vikend hiša, vendar bo sestavljena iz modulov. Streha te vikend hiše bo ravna.

Delo v projektni skupini je bilo uspešno, vloge v skupini so bile dobro porazdeljene. Vsak član skupine je imel točno določene naloge, vendar smo se reševanja večine problemov lotili skupaj, tako, da smo s skupnimi močmi prišli do rešitev. Ugotovili smo, da s pomočjo dobro organiziranega ter razdeljenega dela vsi pridemo do hitrih rešitev in dobrih zaključkov.

3 TRAJNOSTNI GRADBENI MATERIALI

Na ekološki bilanci temeljijo okoljski indikatorji gradbenih materialov.

Iz gradbenih materialov so sestavljene gradbene konstrukcije, iz gradbenih konstrukcij pa so zgrajene oziroma sestavljene stavbe. Če želimo ovrednotiti vpliv stavbe na okolje v njeni celotni življenjski dobi, moramo začeti že pri vplivih, ki se pojavijo pri nastajanju materialov. Za ta namen je bila razvita metoda vrednotenja okoljskih vplivov na posamezne materiale. Ta metoda omogoča primerjavo okoljskih vplivov zgrajenih stavb v njihovem predvidenem življenjskem času, vendar šele takrat, ko iz materialov sestavimo stavbe. (Habjanič, 2014)

3.1 Smernice za trajnostno gradnjo

V zadnjem desetletju se je za področje gradbenih materialov izoblikoval pristop, ki sloni na ekološki bilanci. Za ta pristop so potrebni podatki o ekoloških indikatorjih materialov, dosegljivi v okoljskih deklaracijah izdelkov (angl. EPD-Environmental Product Declaration). Ti pa temeljijo na podatkih proizvajalcev, neodvisnih inštitutih, ter na strokovnih združenjih. Pri izdelavi deklaracij je podlaga evropska gradbena norma z oznako EN 15804. Podatke iz izdelane okoljske deklaracije izdelkov (EPD) lahko uporabimo za izračun celotne okoljske bilance stavbe, njena metoda je definirana z EN 15978. (prav tam)

3.1.1 Določitev materiala oziroma izdelka

Pri analizi ekoloških lastnosti materiala oziroma gradbenega izdelka, mora biti označitev izdelka takšna, da ga lahko natančno uvrstimo v katero od definiranih skupin (iz česa je sestavljen, za kaj ga uporabljamo, njegove – gradbeno fizikalne lastnosti...) Okoljske profile gradbenih izdelkov in materialov lahko razvrstimo v naslednje osnovne skupine:

- izolacijski materiali,
- lesni izdelki,
- kovine,
- prevleke,
- premazi,

- izdelki iz umetnih mas,
- montažne fasade, okna in vrata,
- stavbna tehnika,
- in ostalo. (Habjanič, 2014)

3.1.2 Podatki

Da so ekološki podatki o izdelkih čim kakovostnejši, morajo le-ti biti odraz definiranega načina zajemanja podatkov, časovnega obdobja v katerem so bili zajeti (zmerjeni ali izračunani), kdo jih je izvedel, kateri vplivi so bili upoštevani in ne smejo biti starejši od 10 let. (prav tam)

3.1.3 Meje za opazovanje materiala ali izdelka

3.1.3.1 Življenjski cikel

Življenjski cikel materiala ali izdelka se deli na naslednje faze:

- proizvodnja materiala ali izdelka, vključen je tudi zajem surovine in vsa porabljena energija pri surovini in tudi pri materialu;
- uporaba gradbenega materiala oziroma izdelka;
- obdobje po končani uporabi materialov ali izdelkov.

(Habjanič, 2014)

3.1.3.2 Izdelava gradbenega izdelka in čas uporabe

Izdelava gradbenih izdelkov vsebuje vse faze življenjskega cikla posameznega izdelka, to je od zajema surovine iz zemlje, predelave, proizvodnje polizdelkov, izdelkov, skladiščenja ter transporta na mesto vgraditve. Pri rastočih rastlinah je vključena še vzgoja rastlin. (prav tam)

Vplivi na naravo so zajeti z vidika porabe energije, ter surovin pri proizvodnji izdelkov z vsemi stranskimi izdelki, ki vstopajo v proizvodnji proces dotičnega izdelka. Upoštevane so tudi emisije, ki so izpuščene v zrak, ter tudi voda in tla z vsemi nastalimi odpadki. (prav tam)

3.1.3.3 Konec življenjske dobe

Odstranitev izdelka je vključena v ekološko bilanco z recikliranjem. Če je pa odstranitev izdelka ali materiala omejena na le nekaj možnosti, na primer s sežigom, je možno, da ekološko bilanco tega dela določimo s simulacijo. (Habjanič, 2014)

Če se kakšen del, ali celoten izrabljeni material oziroma izdelek doda z recikliranjem v nov življenjski cikel, moramo upoštevati, kateri delež ekološkega učinka se bo prenesel, ali pa se ne bo prenesel. Gre za pravilo alokacije. (Habjanič, 2014)



Slika 2 : Življenjski krog gradbenega izdelka

Vir: www.nachaltigesbauen.de/fileadmin/oekobaudat/baudat/pdf/Methodische_Grundlagen_09.08.2012_.pdf

3.2 Indikatorji ekološke bilance

Indikatorji ekološke bilance, ki jih moramo navesti pri podrobni analizi za celotni življenjski cikel gradbenega materiala so:

- poraba primarne energije iz neobnovljivih virov
(enota je MJ); V to skupino spada rjavi in črni premog, nafta, uran...
- poraba primarne energije iz obnovljivih virov
(enota je MJ); To je biomasa, vodna, sončna in vetrna energija;
- poraba pomožnih energentov
(enota je MJ)

- količina porabljene vode
(enota je m^3)
- količine vseh porabljenih snovi: količina porabljenih ostankov in jalovine (enota je kg);
gospodinjski in industrijski odpadkov (enota je kg);
- poraba neživih surovin ali abiotskih resursov
(enota je kg Sbektiv);
- potencial tople grede
(enota je kg CO₂ektiv);
- potencial razgradnje ozona v stratosferi
(enota je kgR₁₁ektiv);
- potencial zakisanja tal in vode
(enota je kgSO₂ektiv);
- potencial vnosa hranil ali evtrofikacijski potencial
(enota je kg PO₄³ektiv);
- tvorba ozona pri tleh
(enota je kgC₂H₄ektiv)

(Habjanič, 2014)

3.2.1 Podrobnejši opis pojmov

3.2.1.1 Poraba primarne energije iz obnovljivih virov

(angl. = Primar Energy Content, kratica PEC)

Vložek primarne energije vezan na posamezen izdelek, to je količina energije, ki je bila odvzeta iz geosfere, atmosfere, ali iz hidrosfere. Ta energija ni bila podvržena nobeni, s strani človeka povzročeni spremembi. Pri uranu in pri fosilni energiji je to količina odvzete oziroma izkopane rude, izrazimo jo kot količino vsebovane energije v surovini. Vrednost vložene primarne

energije, izrazimo jo v MJ, je večinoma podana za nosilce energije, kot so rjavi, črni premog, zemeljski plin, nafta in uran. Nafta in zemeljski plin se uporabljata tudi za izdelavo umetnih mas. Premog pa večino uporabimo za proizvodnjo energije. Za proizvodnjo električne energije v jedrskih elektrarnah pa uporabljamo uran.

(Habjanič, 2014)

3.2.1.2 Poraba primarne energije iz obnovljivih virov

Vrednost vložene primarne energije iz obnovljivih virov se podaja ločeno za posamezne vire, obsega pa vodno, sončno, vetrno energijo, geotermalno energijo ter biogorivo in energijo, ki jo dobimo iz biomase. (Habjanič, 2014)

3.2.1.3 Izraba neživih surovin ali abiotskih resursov

Poraba neživih surovin obsega vse naravne surovine, tudi fosilne energente, kot so rude za pridobivanje kovin, nafta, mineralne surovine (za apno, cement, peski...). K neživim surovinam prištevamo takšne, ki se ne obnavljajo zaradi bioloških procesov. Količina se izraža kot zmanjšanje znanih svetovnih zalog surovin. Časovni interval v katerem opazujemo surovine, pa mora biti vsaj 500 let. Za izhodišče so vzete svetovne zaloge polkovine antimona. (Habjanič, 2014)

3.2.1.4 Potencial tople grede

angl.= Global Warming Potential, kratica GWP

Mehanizem delovanja tople grede v zmanjšanem merilu lahko opazujemo v steklenih stavbah in pa v rastlinjakih. Podobni procesi se dogajajo na globalnem nivoju našega planeta. Kratkovalovno sončno sevanje se na površini Zemlje deloma odbije in absorbira. Odbiti del svetlobe se ulovi v troposferi zaradi toplogrednih plinov, ti pa jo razpršijo v različne smeri. Del te svetlobe ponovno pride na zemeljsko površje, kar pa povzroča nadaljnje ogrevanje površine zemlje, ter tudi atmosfere. (prav tam)

Poleg naravnega učinka tople grede, ki omogoča življenje na našem planetu, označujemo z ekološkim indikatorjem tudi GWP učinke, ki so posledica delovanja človeka. K plinom, ki jih

proizvajamo in tudi spuščamo v atmosfero, sodijo metan, fluoroklorovodiki, vodna para, ogljikov dioksid, dušikovi oksidi... (Habjanič, 2014)

Skupno opazovano obdobje posameznega učinka je 100 let. Metan (CH_4) povzroča 23- krat toliko učinka kot pa ogljikov dioksid. Največji delež povzroča vodna para, za katero je povečan vnos v atmosfero posredno kriv človek, povzroča pa globalno segrevanje.

(Habjanič, 2014)

3.2.1.5 Potencial razgradnje ozona v stratosferi

Ozon nastaja v atmosferi na višini od 15 do 50 kilometrov, ki jo imenujemo tudi stratosfera. Del sončne svetlobe, to je kratkovalovni ultravijolični (UV) del spektra povzroči, da se molekule kisika spremenijo tako, da iz tega nastane ozon ($\text{O}_2 \rightarrow \text{O}_3$). Okoli 10 odstotkov ozona pride v troposfero zaradi mešanja ozračja. Kljub zelo majhni koncentraciji ozona je njegova vloga zelo pomembna. Absorbira kratkovalovno UV – sevanje, ki pa spremeni valovno dolžino in jo razprši v vse smeri. V atmosfero prihajajo iz Zemlje emisije plinov, med katerimi so takšni, ki uničujejo ozon. Zaradi tega prihaja do zmanjševanja koncentracije ozona v atmosferi. Učinek razgradnje pripisujemo pretežno samo dušikovim oksidom (NO_x) in pa fluorokloroogljikovodikom (FCKW). (Habjanič, 2014)

3.2.1.6 Potencial zakisanja

Potencial zakisanja predstavlja zakisanje tal in voda na Zemlji, nastaja pa zaradi pretvorbe škodljivih snovi v zraku, ki se po tem pretvorijo v kisline. Posledica je znižanje pH vrednosti v megli in dežju iz 5,6 na 4, lahko tudi nižje. Najbolj možne vplive povzročata dušik in žveplo s kislinama HNO_3 in H_2SO_4 . Škoda nastaja na ekosistemih, kjer je na prvem mestu odmiranje gozdov. Posredni učinki, ki jih poznamo, so izpiranje hranilnih snovi iz prsti, poškodovane fasade na stavbah, večja topnost kovin v tleh, ter povečana korozija. (Habjanič, 2014)

Potencial zakisanja vode in tal navajamo v učinku žveplovega dioksida. (prav tam)

3.2.1.7 Evtrofikacijski potencial ali vnos hranil

Ločimo dva vnosa hranil in sicer v zemlji, ter v vodi. Viri vnosa hranil lahko prihajajo iz emisij v odpadnih vodah, od gnojenja v kmetijstvu, ali od emisij v zraku. (Habjanič, 2014)

Posledica, ki jo opazimo v vodah je povečana rast alg. Alge zmanjšujejo vnos svetlobe v večje globine, slabša je fotosinteza in manjša je proizvodnja kisika. Posledično prihaja do umiranja živih bitij v vodi, nastaja pa tudi žveplovodik (H_2S) in metan (CH_4). Pri prevelikem vnosu hranil v tleh to opazamo kot povečano občutljivost na bolezni in škodljivce ter oslabljenost tudi struktura rastlin. Pri prevelikem vnosu hranil prihaja do povečanja količine nitratov v talni vodi, ti pa potem preidejo v pitno vodo. Ta potencial prikazujemo v enakovrednih učinkih fosfata (PO_4). (prav tam)

3.2.1.8 Tvorba ozona pri tleh

Tvorba ozona pri tleh je nezaželena. Fotokemijska tvorba ozona v troposferi, imenujemo ga smog, kriv je za vplive na vegetacijo in za škodo na materialih. Visoke koncentracije ozona so škodljive za človeka. Ob sončnem sevanju nastajajo iz ogljikovodičnih emisij in iz dušikovih oksidov kompleksne reakcije, kjer je glavni produkt ozon. Ogljikovodiki prihajajo v ozračje pri ravnanju s topili in pri nepopolnem izgorevanju. (Habjanič, 2014)

Potencial za tvorbo ozona pri tleh izražamo glede na učinek plina etana. Na dejanske koncentracije ozona v bližini tal močno vplivajo vremenske razmere na opazovanem območju. (prav tam)

3.3 *Gradbeni materiali in vpletena energija*

Zelo kompleksno vprašanje, ki se pojavlja pri gradnji je, katere materiale bomo uporabili. Odločitve so povezane z osnovnimi objektivnimi značilnostmi materialov, kot so kemijske in fizikalne lastnosti, dimenzije in stroški. Funkcionalne in tehnične lastnosti materialov so tiste, ki izpolnijo pričakovanja in zahteve po enostavni uporabi, ter čim daljši življenjski dobi.

(Habjanič, 2014)

3.3.1 *Z več zornih kotov*

Pričakovane tehnične lastnosti materialov so: hrup, požarna varnost, občutljivost na vlago, statične in toplotne lastnosti... Pogosto en sam material ne zadosti vsem zahtevam in tako prihaja do sestavljanja več materialov v konstrukcijo. Ta konstrukcija pa kot celota zagotovi željena pričakovanja. (Habjanič, 2014)

Vidiki, ki niso zajeti v osnovnih in tehničnih zahtevah so lahko vplivi na zdravje vseh uporabnikov stavbe, vpliv na vzdrževanje objekta, možnost ponovne uporabe po koncu življenjske dobe materiala ali izdelka. (prav tam)

Pri tehtanju odločitev o izbiri materialov se prepleta energetski in trajnostni vidik. Energetski vidik je vedno povezan s celotnim spektrom trajnosti. Zaradi fizikalnih procesov materiali vplivajo na energetske zmogljivosti, ter tudi na lastnosti stavb, pri katerih so pomembna naslednja tri področja:

- materiali minimizirajo toplotni in energetski tok, s tem omogočajo zmanjšano porabo energije v stavbi, varčujejo pri energiji za pogon posameznih naprav, ter izboljšujejo ekonomsko učinkovitost investicije. Zmanjšana poraba energije vpliva na zmanjšanje ekoloških posledic.
- S tako imenovano »sivo energijo« je povezana proizvodnja, vzdrževanje in razgradnja gradbenih materialov, definirana pa je z vsebnostjo primarne energije. Proizvodnja materialov je vezana na številne nepovratne ekološke posledice. Te vplive je mogoče nekoliko omiliti s smiselno izbiro in uporabo materialov, ter z dobro zasnovanim krogotokom surovin.
- Materiali, ki jih izberemo za stavbo določajo način vzdrževanja, ter so povezani z energetskimi cikli drugih izdelkov (svetila, razna čistila, pogostost zamenjave dotrajanih delov...) (Habjanič, 2014)

Z opazovanjem celotnega življenjskega cikla materialov se analizira osnovne povezave, pokriva njihove ekološke in energetske vidike in zagotavlja dobro, ter odgovorno izbiro le- teh že v procesu načrtovanja.

(prav tam)

3.3.2 Gradbeno fizikalne lastnosti materialov

V nadaljevanju so predstavljene nekatere najbolj značilne lastnosti.

3.3.2.1 Toplotna prevodnost (W/mK)

Toplotno prevodnost označujemo z λ (lambda). To je toplotni tok, ki prehaja skozi 1m debel material, ko je razlika v temperaturi med eno in drugo stranjo 1K (en Kelvin). Toplotni tok se vrši od višjega k nižjemu nivoju. Sestavljen pa je iz treh fizikalnih procesov transmisije, konvekcije ter sevanja. Koliko je nižja prevodnost, toliko so manjše toplotne izgube skozi material. (Habjanič, 2014)

3.3.2.2 Gostota materiala (kg/m³)

Oznaka za gostoto materiala je ρ (ro). Lažji kot je material, tem bolj nižja je prevodnost. Gostota ima pomembno vlogo pri toplotni stabilnosti gradbenih konstrukcij, tako poleti, kot tudi pozimi.

(prav tam)

3.3.2.3 Količnik difuzijskega upora

Oznaka za upor materiala proti prehodu vodne pare je μ (mi). Pove nam kolikokrat bolj nudi material odpor prehodu vodne pare skozi enako debel sloj stoječega zraka. Če pa količnik pomnožimo z debelino izbranega materiala, pa dobimo število upora proti prehodu vodne pare skozi debelino materiala. (prav tam)

3.3.2.4 Specifična toplotna kapaciteta (J/kgK ali Wh/kgK)

Označujemo jo s črko c . Predstavlja pa toploto, ki jo moramo dovesti za 1kg materiala, da se lahko le- ta ogreje za 1K. Pri ohladitvi velja obratno, to je potem toplota, ki jo material odda v okolico, ko se le-ta ohladi za 1K. To je pomembno pri toplotni stabilnosti konstrukcij, tako v zimskem, kot tudi v poletnem času. (prav tam)

3.3.2.5 Akumulativnost in fazni zamik

Manjša kot je masa ovoja stavbe in notranjih konstrukcij, manj toplotne energije lahko sprejme. Rezultat je precejšnje nihanje temperature in tudi vlage v notranjosti stavbe, kar se občuti kot pregrevanje ali ohlajanje. Gradbene konstrukcije imajo sposobnost shranjevanja toplotne energije, ki je odvisna od mase materiala (ρ) in od specifične toplotne kapacitete (c).

(Habjanič, 2014)

Toplota, ki je shranjena v gradbeni konstrukciji se čez nekaj časa odda v okolico. Čas med vrhnjima točkama krivulj obeh faz, to je oddajanja in shranjevanja imenujemo fazni zamik.

Povezava med gostoto, specifično kapaciteto materiala in toplotno prevodnostjo je razvidna iz števila temperature prevodnosti, ki je izražena z enačbo: $a = \lambda / \rho \cdot c$, predstavlja pa hitrost spremembe temperature materiala. Za ohranitev akumulacije bi bili idealni materiali z nižjo prevodnostjo (λ) in s čim višjo gostoto (ρ) ter s specifično kapaciteto (c). (Habjanič, 2014)

Fazni zamik je visok pri materialih z nizko prevodnostjo (λ) in tudi pri tistih, ki imajo hkrati tudi visoko specifično kapaciteto (c). (prav tam)

3.3.3 Vidiki energetske učinkovitosti materialov

V stavbah lahko zmanjšamo porabo energije z vgrajevanjem materialov, ki nam to omogočajo, prav tako potrebujemo tudi energijo za njihovo proizvodnjo. Sama proizvodnja gradbenih materialov in gradnja objektov vežeta nase velik delež porabljene energije v celotni življenjski dobi stavbe ali objekta. (Habjanič, 2014)

Pri proizvodnji gradbenih materialov smo priča številnim prepletenim procesom, kjer se srečujejo različne oblike energij ter surovin. Več kot je korakov in kombinacij, daljša je pot od surovine do končnega izdelka ter večja je tudi entropija. Ta pa predstavlja delež nepovratno izgubljene energije pri pretvorbi iz ene v drugo obliko. Pri proizvodnji se temu ne moremo izogniti, lahko jo le zmanjšamo in upočasnimo. (prav tam)

Cilj proizvodnih procesov je ta, da se material izdelava s čim manj koraki, s čim manj transportnimi potmi in s čim manjšo porabo energije. Najboljše je, da že izdelane materiale ponovno uporabimo, morda tudi recikliramo. Način uporabe, materialov lahko bistveno vpliva na možnost ponovne uporabe le-teh. (prav tam)

3.3.4 Siva energija

Siva energija je porabljena energija, ki nastane znotraj procesa izdelave materiala. To je količina energije, ki je porabljena za zajem surovine, njeno predelavo, izdelavo materiala, z vsemi transportnimi potmi, skladiščenjem in na koncu tudi z razgradnjo. Pri sodobnejših stavbah, ki za delovanje potrebujejo manj energije je delež sive energije večji. Pasivne hiše, ki za delovanje potrebujejo malo energije, ostane v časovnem obdobju 50 let, njen delež sive energije je 50 odstotkov vse porabljene energije. Energetska učinkovitost stavbe je pogojena z energetske učinkovitostjo izdelave materialov.

(Habjanič, 2014)

3.3.5 Primarna energija v gradbenih izdelkih

Primarna, sekundarna, končna ter uporabna energija so pojmi, ki opisujejo tok energije iz narave do predelave in na koncu do uporabe v stavbi. **Primarna energija** je energija, ki je kot potencial na voljo v obliki rude, nafte, vodnega zajetja, lesa... (Habjanič, 2014)

Sekundarna energija je že predelana ali spremenjena primarna energija (lesni briketi, bencin,...). Končna energija je energija, ki je pri uporabniku. To je na primer električna energija, ali toplotna iz daljinskega sistema... **Uporabna energija** je energija, ki pride do uporabnika po pretvorbi ali uporabi v napravi v hiši. To je lahko na primer svetloba po spremembi električne energije v svetlobno energijo. (prav tam)

Iz navedenega vrstnega reda stanja energije sklepamo, da pri prehodu iz enega nivoja v naslednji nivo vedno nastanejo izgube. Te znašajo približno dve tretjini začetne energije.

(prav tam)

3.3.6 Primarna energija v gradbenih elementih

Gradbeni materiali so vedno v medsebojni funkcijski povezavi. Primerjamo jih lahko le takrat, ko jih opazujemo kot funkcionalno celoto. Za razliko od vrednotenja materialov, kjer so razlike velike, opazimo pri vrednotenju gradbenih sklopov (na 1m²), da so razlike le še v rangi faktorja do 100. (Habjanič, 2014)

Gradbene sklope razvrščamo na nevidne in vidne. Pri vidnih sklopih je poleg funkcionalnega vidika prisoten še estetski vidik. Nevidne sklope lahko med seboj primerjamo z vidika primarne energije in lahko enostavno izberemo takšne materiale, ki dajo boljši rezultat. Mednje sodijo masivni zidovi, hidroizolacije streh, tesnila... K vidnim sklopom pa sodijo ometi, kritine stenske in stropne obloge...

(Habjanič, 2014)

3.3.6.1 Skupine gradbenih elementov

Različni gradbeni elementi vežejo nase različno veliko količino primarne energije. Večji delež energije odpade na nosilno konstrukcijo. Nanjo je vezano največ kubičnih metrov materiala.

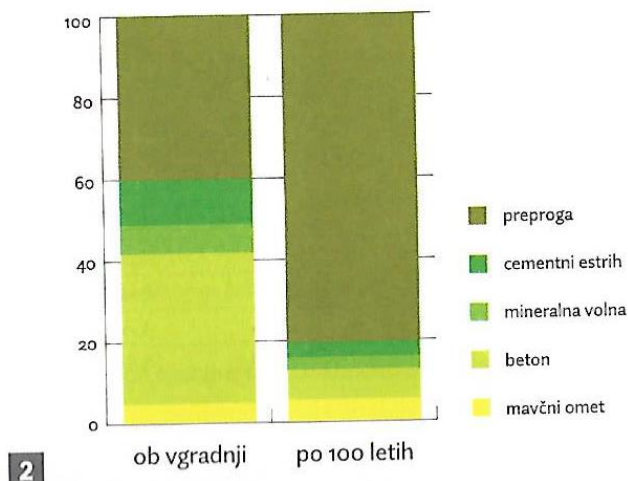
Optimiranje konstrukcij prinaša pozitivne efekte pri zmanjševanju sive energije, ki je vezana na proizvodnjo, transport, skladiščenje ter na odstranitev materialov. Lahke konstrukcije z dolgo življenjsko dobo so tiste, ki so najboljše z vidika primarne energije. Vsak dodaten kubični meter ali pa samo kilogram materiala poveča porabo surovin, bolj obremenjuje okolje ter tudi proces vezane energije. (Habjanič, 2014)

3.3.7 Primarna energija v življenjskem ciklu

V življenjskem ciklu se vplivni deleži porabe primarne energije različnih gradbenih sklopov spreminjajo. Če stavbo opazujemo v obdobju 100 let ugotovimo, kolikokrat bodo deli stavbe, ki so različni zamenjani, medtem ko bo nosilna konstrukcija ostala ista tekom celotne življenjske dobe stavbe. (Habjanič, 2014)

Optimiranje samega izbora materialov, gradbenih elementov ter celotne stavbe z vidika primarne energije je zato potrebno izvesti v luči pričakovane življenjske dobe stavbe.

(prav tam)



Grafikon 1: Potencial toplogrednega učinka (GWP) ob izgradnji stavbe in po 100 letih

Vir: (Habjanič, 2014)

3.4 Opis tradicionalnih materialov

Gradbene materiale delimo glede na poreklo:

- rastlinski
- mineralni
- živalskega izvora. (Habjanič, 2014)

3.4.1 Vrste materialov

3.4.1.1 Mineralni gradbeni materiali

V pogorjih najdemo različne kamnine, ki tvorijo zemeljsko skorjo. Vremenski vplivi povzročajo, da se pojavljajo v različnih velikostih in oblikah, kot so na primer: glina, pesek, gramoz, drobljenec, ali pa mešanica vseh teh. (Habjanič, 2014)

Mineralne gradbene materiale delimo na tri osnovne skupine:

- naravni kamen (glina, ilovica, kamen)
- umetni kamen (opeka, mavčne plošče, beton, betonski zidaki...)

- malte (ometi, malte...) (Habjanič, 2014)

Naravni kamen

Naravni kamen ločujemo glede na geološki nastanek, kateri pa je vezan na zgodovinsko obdobje ter na način nastanka kamnin.

Za odkop v kamnolomih ne potrebujemo veliko primarne energije, medtem, ko se pa za rezanje, brušenje, poliranje porabi precej energije. Gradbeni material iz kamna lahko uporabimo večkrat. Edini moteči del procesa obdelave je prah.

(prav tam)

Značilnosti naravnega kamna:

- gostota $2500-3000\text{kg/m}^3$,
- dobra prevodnost, hladna površina,
- sposobnost akumulativnosti,
- možnost ponovne uporabe,
- nekatere kamnine so lahko tudi radioaktivne. (Habjanič, 2014)

Glina in ilovica

Vrhnji sloj zemlje je običajno sestavljen iz gline oziroma iz mešanice gline in peska, ki jo imenujemo tudi ilovica. Posebna lastnost gline je, da ima možnost oblikovanja.

Najbolj enostaven način uporabe ilovice je nabijanje zidov ali phanje. Nekateri znani načini uporabe ilovice so: izdelava zidakov, ki so sušeni na zraku, izdelava žganih strešnikov, malte za zidanje, glina pomešana z rastlinskimi vlakni, ometi... (Habjanič, 2014)

Značilnosti gline in ilovice:

- gostota znaša od: $400-1800\text{kg/m}^3$;
- toplotna akumulativnost in izolativnost sta odvisni od gostote;
- velika možnost oblikovanja;

- dobra klima v prostoru;
- proizvodnja ter obdelava sta neoporečni;
- možnost uporabe je večkratna;
- masovna prisotnost. (prav tam)

Žgana in sušena opeka

Opeka je tradicionalni gradbeni izdelek že tisočletja. Pri žganju na temperaturi od 900-1100°C nastane iz gline opeka, material z mnogo uporabnimi lastnostmi. Tako dobi izdelek večjo vodoobstoynost in veliko trdnost. Pri žganju na višji temperaturi do 1300°C se glineni material spremeni v klinker. Klinker skoraj nima več nobene kapilarnosti ter vlagovpojnosti, je zelo trd in obstojen celo na kisline. (Habjanič, 2014)

Poznamo opečne izdelke različnih dimenzij in oblik:

- polna opeka (do 15%lukenj): 25/12/6,5cm;
- porozni modularni zidaki: 29/19/19cm;
- votlaki: dolžina je od 24-29cm;
širina je od 11,5-36,5;
višina je od 11,3-23,8cm;
- razna polnila za stropne konstrukcije;
- fasadna opeka;
- porozni zidaki iz dodane žagovine ali pa iz kroglic z ekspandiranimi mineralnimi snovmi za zmanjšanje gostote... (prav tam)

Značilnosti:

- širok spekter gostote od 700-2200kg/m³;
- dobra toplotna akumulativnost ter izolativnost,
- dobra klima v prostoru;

- proizvodnja in uporaba sta skoraj neoporečni;
- materiala je na razpolago veliko. (prav tam)

Malte in ometi

Za opečne zidove potrebujemo vezna sredstva, s katerimi povežemo zidake v zidno konstrukcijo. Na zunanji strani lahko na zidove nanesemo še sloj za zaščito pred različnimi vremenskimi vplivi, to je zunanji omet in na notranji strani notranji omet, ki je dekorativen. Malta in omet sta narejena iz različnih granulacij peskov ter iz veziva. Sestavine v vodi zmešamo tako, da dobimo mešanico, ki jo potem vgradimo. Razmerja med sestavinami se razlikujejo glede na sam namen uporabe mešanice. Veziva so lahko: glina, apno, cement ali pa mavec. Razlikujemo dva tipa veziv, veziva, ki strdijo že ob izhlapevanju vode, to so: ilovica, žgano apno, glina, mavec in takšna, ki se strdijo s pomočjo hidravlično- kemičnega procesa, to pa je cement in hidratizirano apno. (Habjanič, 2014)

Najenostavnejši vezivi sta glina in ilovica. (prav tam)

Šamotna moka je narejena iz gline, žgana je pri visoki temperaturi in na koncu jo zmeljejo. Uporablja se za gradnjo peči in dimnikov. (prav tam)

Apno pridobivamo iz apnenca (CaCO_3), žgemo ga pa pri temperaturi okrog 1000°C . Nastalo žgano apno (CaO), potem gasimo z vodo in dobimo gašeno apno (CaOH_2). Proces strjevanja apna se zgodi tako, da apno iz zraka nase veže ogljikov dioksid. Polno trdoto doseže apno približno pri treh letih. Če je omet dolgo navlažen, se le-ta ponovno omehča, zato omet ni primeren za podzidke stavb. Omet je vlagovpojen, elastičen in omogoča tudi kapilarni vlek vlage. (Habjanič, 2014)

Hidravlično apno dobimo, če apnu dodamo od 10-20% hidravličnih dodatkov, kot so fino zmleti vulkanski pesek, pucolan, silikatni, aluminijev ali železov oksid. Takšno apno je bolj obstojno v stiku z vlago. (prav tam)

Značilnosti hidravličnega apna:

- odličen vpliv na klimo v prostoru,
- elastičen, mehak,
- in ima omejeno vpojnost vlage.

Hidravlično apno uporabljamo za zidove, ki so izpostavljeni vlagi. (prav tam)

Beton

Beton je mešanica cementa, dodatkov, agregata (peska in prod) ter vode. Zaradi kemijsko-fizikalnih procesov se strdi v homogeno trdo snov. Delež cementa v betonu je od 20-30 odstotkov. Proizvodnja in vgraditev betona je energijsko intenzivna, to pomeni, da je poraba primarne energije z ostalimi gradbenimi materiali velika. Ta se precej poveča, ko betonu dodamo armaturo, če želimo izdelati armiran beton. Gostota betona se giblje od 2200-2400kg/m³. Beton ima dobre toplotno akumulacijske in slabe toplotno izolacijske lastnosti, vsekakor pa tudi neugodne difuzijske lastnosti. (Habjanič, 2014)

3.4.1.2 Rastlinski gradbeni materiali

Uporaba rastlinskih gradbenih materialov temelji na dveh pomembnih vidikih:

- rastline so obnovljivi viri snovi in zato popolnoma ustrezajo pojmu trajnostni razvoj. Vedno se lahko obnovi nasad dreves, bombaža, konoplje, slame...
- Rastline shranjujejo ogljikov dioksid, ki je pomemben povzročitelj toplogrednih učinkov. Iz ozračja odvzamejo ogljikov dioksid, ter ga vgrajujejo v svojo lastno strukturo. Ogljik je osnovni gradnik rastlinske mase. Po razpadu materiala se ogljik ponovno vrne v atmosfero, v obliki ogljikovega dioksida. (Habjanič, 2014)

Rastlinska vlakna

Konopljo se že dolgo uporablja kot tesnilo pri izvedbi inštalacij. Nekoč vsakdanji toplotno izolacijski materiali so bili: pluta, lesna volna, kokos, lesna vlakna, morska trava, trstika in slama, vendar so v času intenzivnega razvoja izgubili pomembnost. Novi produkti na trgu so izolacijske plošče iz teh materialov in tudi kosmiči vseh vrst. (Habjanič, 2014)

Pomembna lastnost rastlinskih materialov je dobra zvočna izolativnost. Večino teh materialov je lahko vnetljiva, zato jih za uporabo v gradbeništvu obdelajo z naravnimi neškodljivimi dodatki, kot so borova raztopina, vodno steklo in borova sol. (prav tam)

Rastlinski sokovi pa se uporabljajo kot zaščitna sredstva, to so: barvila, lepila, konzervansi... Na tržišču so najbolj znana olja iz lanu, osata in iglavcev, uporabljajo pa se za impregnacijo lesenih oblog. (prav tam)

Les

Največji in najpomembnejši predstavniki rastlinskih gradbenih materialov so drevesa. Dela, ki so potrebna ob podiranju, žaganju, skobljanju ter brušenju so v primerjavi s predelovalnimi procesi pri drugih materialih relativno energetskega skromna in ne povzročajo veliko škodljivih emisij. (prav tam)

Lastnosti lesa:

- dobra toplotna akumulativnost in izolativnost,
- kot surovina je obnovljiv,
- možno ga je reciklirati in uporabiti večkrat,
- enostaven za obdelavo,
- energetska potreba je majhna.

(Habjanič, 2014)

Uporaba:

- za lesene nosilne konstrukcije,
- za ostrešja,
- kot konstrukcije za vmesne in zunanje stene,
- za pokrivanje streh s škodlami,
- za pomožne objekte ter gradbene konstrukcije,
- za ograje, pohištvo
- ter za stenske in talne obloge... (prav tam)

Toplotne izolacije iz naravnih materialov

Materiali, ki jih najdemo v naravi in jih lahko uporabimo v ta namen so: slama, morska trava, trstika, žagovina, konoplja, lan, lesna volna...

(Habjanič, 2014)

3.5 Trajnost lesa

Trajnost je lastnost lesa, da daljši ali krajši čas kljubuje vplivom, ki povzročajo spreminjanje njegovih naravnih lastnosti. (Kovačič, brez datuma)

Naravna trajnost lesa je različna in je odvisna od:

- odpornosti drevesnih vrst (črnjava je trajnejša);
- vlage v lesu, (če vsebuje manj kot 20% vlage je zaščiten pred delovanjem gliv);
- časa sečnje (zimsko sečnja je najboljša in potem takojšnja predelava in sušenje)
- klimatskih razmer;
- škodljivcev (glive in insekti);
- konstrukcije izdelka (pomembno je, da se les po navlaženju osuši);
- preventivne zaščite lesa (fungicidna ter insekticidna sredstva, lazurni premazi...).

(Kovačič, brez datuma)

Zelo trajen les: hrast, macesen, kostanj

Srednje trajen les: jesen, bor, smreka, jelka

Malo trajen les: lipa, bukev, jelša, topol

(prav tam)

Ločimo naslednje zaščite lesa, ki povečujejo trajnost:

- **konstrukcijska zaščita**

Z njo preprečimo dostop vlage do lesa, omogočimo hitro odtekanje vode ter sušenje.

- **globinska zaščita**

To je globinska impregnacija lesa z zaščitnimi in vodo odbojnimi sredstvi.

- **površinska zaščita**

Površino lesa premažemo z različnimi premazi, ki vsebujejo insekticidna in fungicidna sredstva (lazure) ter vodo odbojne snovi.

(Kovačič, brez datuma)

4 VREDNOTENJE IN CERTIFICIRANJE TRAJNOSTNE GRADNJE

Ena od prvih prepoznavnih meril trajnostne gradnje je bila že pred desetletjem energijska učinkovitost. Energijska učinkovitost je danes nujni pogoj, ki skupaj s čim višjim deležem rabe obnovljivih virov predstavlja pomemben del okoljskih obremenitev v uporabni fazi stavbe z zmanjševanjem rabe energije za delovanje stavb in s tem povezanih emisij toplogrednih plinov. Sorazmerno se večja vpliv uporabljenih materialov glede na okoljsko kakovost stavbe. Sodobno integralno načrtovanje stavb vodi prek vseh meja okolju prijaznih ter zelenih stavb. S povezovanjem pomembnih deležnikov načrtovanja, z vključevanjem naprednih znanj in z inovativnimi inženirskimi orodji lahko okoljsko kakovost stavbe zelo uspešno povežemo z družbeno ter tudi z ekonomsko kakovostnimi rešitvami, kar je ključno za trajnostno stavbo.

Za trajnostne stavbe velja pravilo, da v času načrtovanja, gradnje in obratovanja morajo slediti načelom skrbnega ravnanja z okoljem in ohranjanja naravnih virov. Njihova gradnja ter uporaba pa morata biti ekonomična. Trajnostne stavbe so prijazne do uporabnika in tudi do njegovega zdravja, so fleksibilne, funkcionalne in prispevajo k ohranjanju kulturnih in družbenih vrednot. Trajnostne stavbe so temelj prihodnje »zelene družbe«. Zanj pa je značilna preusmeritev družbenih vrednot k zelenim ter trajnostnim temam. Za javni sektor pa velja zeleno javno naročanje. (Zavrl Š. M., 2014)

4.1 *Trajnostno vrednotenje stavb*

Za vrednotenje trajnostne gradnje uporabljamo metode, ki so v pomoč investitorjem pri opredelitvi energijskih, ekonomskih, okoljskih, družbenih ter funkcionalnih lastnosti načrtovane stavbe. Načrtovalcem pa so v pomoč pri iskanju najprimernejše idejne rešitve in na koncu tudi kupcu ali uporabniku, ki ga želimo seznaniti z dobro kakovostjo stavbe na področju izpolnjevanja trajnostnih meril. V zadnjih dvajsetih letih so se v svetu močno razvijale različne metode vrednotenja, kot so: (LEED, BREEAM ter DGNB). Metode vrednotenja stavb in na njihovi podlagi razviti certifikacijski sistemi, katere investitorji s koristjo uporabijo za podporo pri trženju, se v podrobnostih prilagajajo lokalnemu okolju. Na mednarodni ravni pa smo v procesu poenotenja pravil. Oblikujejo se banke podatkov, ki jih ocenjevalci trajnostnih stavb potrebujejo pri delu, da se zagotovi čim bolj transparentna in ponovljiva presoja trajnostnega vidika stavbe. (prav tam)

V svetu obstaja kar nekaj različnih metod za okoljsko in trajnostno vrednotenje stavb, nekatere med njimi so zelo prepoznavne, a med seboj niso primerljive. (Zavrl Š. M., 2014)

V nadaljevanju bomo predstavili nekaj metod za trajnostno vrednotenje stavb. (prav tam)

4.1.1 *Open house – javno dostopna in pilotno preverjena metoda, namenjena mednarodni uporabi*

Metoda predstavlja nabor kazalnikov trajnostne gradnje, ki vključujejo pogostejše kazalnike iz prej omenjenih priznanih metod ter po potrebi nove, ali pa modificirane kazalnike, glede na dognanja raziskav. (Zavrl Š. M., 2014)

Ta metoda je namenjena poslovnim stavbam, vendar jo je za druge vrste stavb mogoče prilagoditi. (prav tam)

4.1.1.1 Kazalniki trajnostne gradnje

Pomembni kazalniki trajnostne gradnje, ki jih priznava stroka v sodobnih metodah trajnostnega razvoja stavb so:

- **okoljski kazalniki** so indikatorji obremenitev okolja po metodi analize LCA, kot so izpusti toplogrednih plinov, ki vplivajo na globalno segrevanje ozračja, sproščanje žveplovega dioksida in dušikovih oksidov, izčrpavanje zalog pitne vode in naravnih habitatov, uporaba certificiranega lesa, poraba primarne energije iz neobnovljivih in obnovljivih virov, tako za izdelavo gradbenih proizvodov, kot za ogrevanje ali hlajenje, kot tudi indikatorji ravnanja z odpadki.
- **Ekonomski kazalniki** so stroški življenjskega cikla stavbe. Podani so s stabilnostno vrednostjo stavbe.
- **Družbeni in funkcionalni kazalniki** predstavljajo primer dostopnosti do stavbe brez funkcionalnih ovir, raven zvočnega, vidnega in toplotnega ugodja, funkcionalnost stavbe glede na predvideno uporabo, prilagodljivost zasnove pri drugi namembnosti stavbe, dostopnost s kolesom ali z javnim prometom in drugo.
- **Tehnični, procesni indikatorji lokacije**

V to skupino sodijo kazalniki tehnične kakovosti toplotne zaščite, zrakotesnost, raven kakovosti priprave samega projekta, podrobnost in obseg analiz, vse opravljene meritve, kakovost procesa gradnje, sistematična kontrola kakovosti stavbe in spremljanje doseženih zmogljivosti v sami fazi uporabe. (Zavrl Š. M., 2014)

Pri nas je po tej metodologiji OPEN HOUSE bila ocenjena poslovna stavba Menerge v Mariboru in pa Keme v Puconcih. (prav tam)

4.1.2 Orodje za trajnostno vrednotenje stavb – Cesba

Orodje CESBA je bilo razvito v letih od 2011-2014 v okviru mednarodnega projekta CEC₅. (Zavrl Š. M., 2014)

4.1.2.1 Kazalniki trajnostne gradnje

Orodje CESBA vsebuje družbene, ekonomske in okoljske kriterije. Merila so izdelana za novogradnje in za prenovo stavb posebej ob upoštevanju celotnega življenjskega cikla stavbe. (Zavrl Š. M., 2014)

Vrednotenje stavb se tudi pri orodju CESBA lahko izvaja v času načrtovanja, ali pa v času po zaključku gradnje. Merila so razdeljena na dva dela in sicer na kriterije za stavbe in pa na kriterije za lokacijo. (prav tam)

4.1.2.2 Stavbni kriteriji

Kriteriji za trajnostno vrednotenje stavb z orodjem CESBA so:

- obnovljiva primarna energija,
- neobnovljiva primarna energija,
- kakovost notranjega zraka,
- ugodje bivanja,
- celotni življenjski stroški stavbe,
- materiali za reciklažo,

- količina porabljene vode,
- odpadki,
- vključitev uporabnikov,
- optimizacija in nadzor delovanja. (Zavrl Š. M., 2014)

Referenčni kazalniki so v merilih posebej prikazani.

Kazalniki so razdeljeni v naslednje kategorije:

- **Lokacija:**
 - kakovost ekološke lokacije,
 - možnost dostopa z javnimi prevoznimi sredstvi,
 - priključitev na komunalno infrastrukturo,
 - vpliv gradnje na okolico,
 - primernost za kolesarjenje... (prav tam)
- **Kakovost posameznih procesov:**
 - odločanje in določevanje ciljev,
 - vključevanje interesnih skupin,
 - zagotovitev kakovosti na gradbišču,
 - vključitev uporabnikov... (prav tam)
- **Okoljska kakovost (energija, emisije):**
 - primarna energija iz obnovljivih virov,
 - obnovljiva primarna energija,
 - potrebe po ogrevanju in hlajenju,

- GWP- potencial globalnega segrevanja,
 - raba recikliranih materialov,
 - čiščenje in vzdrževanje,
 - škodljivost pri uporabi različnih materialov,
 - uporaba nevarnih odpadkov, ki so predvideni za razgradnjo,
 - poraba vode,
 - in raba odpadne vode... (Zavrl Š. M., 2014)
-
- **Družbeni vpliv**- dostopnost za zdravje in udobje
 - kakovost zraka v prostoru,
 - ugodje bivanja,
 - raba naravne svetlobe,
 - sosedski vpliv... (prav tam)

Ekonomsko vrednotenje:

- življenjsko vrednotenje stroškov,
- stroški gradnje,
- in trajnostno vrednotenje... (prav tam)

4.1.2.3 Kriteriji lokacije

Ta kriterij mora biti vključen v vse ocenjevalne sisteme za trajnostno vrednotenje stavb.

(Zavrl Š. M., 2014)

Kriteriji zajemajo:

- kakovost in proces načrtovanja,
- vključitev in upravljanje z okolico,

- celotno primarno energijo, ter obnovljivo primarno energijo,
- lokalno izkoriščanje virov: biomasa, veter, sončna energija,
- vodno upravljanje (padavinska, odpadna voda...),
- funkcionalna in socialna raznolikost,
- dostopnost do javnega prevoza,
- priključitev na že obstoječo infrastrukturo,
- celotni življenjski stroški stavbe,
- stroški stavbe glede na soseščino. (Zavrl Š. M., 2014)

Pri merilih orodja CESBA so prikazani posebej referenčni kazalniki, ki pa se upoštevajo samo kot izhodišče pri razvoju posebnih regionalnih kriterijev. Kazalniki so razdeljeni v naslednje štiri kategorije:

- **vpliv na okolje:**

- vpliv na druge v mestu in okolici,
- varstvo tal in tveganje za lokalno okolje,
- ravnanje z odpadnimi vodami,
- funkcionalna in socialna raznolikost,
- indeks OI_3 (za gradbeni material),
- potencial recikliranja in pa razgradnje,
- primarna energija, ki je potrebna za ogrevanje,
- in primarna energija, ki jo potrebujemo za javno razsvetljavo... (prav tam)

- **družbeni vidik:**

- infrastrukturna učinkovitost,
- varnost prostora, ki je namenjen pešcem,
- onesnaženje, ki jo povzroča svetloba,
- kultura in družbena struktura,

- objektivna in subjektivna varnost,
- ter dostopnost do širokopasovnih komunikacijskih omrežij...
- **ekonomsko vrednotenje:**
- celotni življenjski stroški,
- primernost za naložbene stroške,
- možnost najema ali prodaje... (Zavrl Š. M., 2014)
- **kakovost posameznih procesov:**
- komunikacijski procesi,
- povezovalen proces načrtovanja,
- procesi gradnje... (prav tam)

To orodje omogoča določitev okoljskega vpliva porabljenih materialov OI₃ indikatorja. Orodje CESBA je bilo poskusno uporabljeno na enem od lesenih vrtcev na Gorenjskem.

(Zavrl Š. M., 2014)

4.1.3 GBC – sistem ocenjevanja trajnostne gradnje z orodjem GBTool

Green Buildind Challenge (GBC) je mednarodna akcija za razvoj metode za vrednotenje trajnostnega vidika stavb. Orodje je bolj splošno, kriteriji so generični, zato je celotno metodo pred uporabo na regionalni in nacionalni ravni treba najprej prilagoditi lokalnim razmeram.

Prednost orodja je njegov razvoj v mednarodnem okolju ter možnost nacionalne prilagoditve meril, kar pomeni primerljivost pri ocenah trajnostne gradnje v različnih okoljih, saj vendar gre za skladnost pri uporabljenem orodju vrednotenja ter tudi pri strukturi predstavitve ocene.

(Zavrl Š. M., 2014)

4.1.4 Sistem DGNB

Sistem ni neposredno uporaben za naše okolje, zaradi velikega obsega potrebnih vhodnih podatkov, ki ne izhajajo iz v Sloveniji uveljavljenega procesa načrtovanja stavb, podatkovne baze in drugih ključnih kazalnikov. Programsko orodje je dostopno samo strokovnjakom, ki uspešno opravijo usposabljanje pri lastniku sistema in s tem pridobijo licenco.

(Zavrl Š. M., 2017)

Nekatere izmed metod vrednotenja stavb ne predvidevajo izdajo certifikata, druge, kot so BREEAM in LEED, pa svojo tržno priložnost in poslanstvo vidijo v podeljevanju tovrstnih potrdil in znakov. Stavbe, ki pridobijo katerega od certifikatov, oziroma znakov za trajnostno gradnjo, dosegajo na trgu višje cene ali najemnine. Stroški uporabe pa so v tem primeru manjši, kot pa pri klasičnih stavbah.

(Zavrl Š. M., 2014)

5 NOVE, SODOBNE METODE GRADNJE

5.1 *Modularna gradnja*

Modularna gradnja je postopek, pri katerem se zgradba zgradi v tovarni po enakih kodeksih in standardih kot pa konvencionalno zgrajeni objekti. Za gradnjo modularnega objekta se potrebuje približno polovica časa, kot pa pri klasični opečnati gradnji. Stavbe so proizvedene iz modulov, ki se sestavijo na gradbišču. Odražajo pa identično namero načrtovanja in specifikacije najbolj prefinjenega objekta, ki je zgrajen na mestu.

(SteelConstruction.info, b.d.)

Tovarniško nadzorovan postopek ustvari manj odpadkov, ne prihaja do motenj na gradbišču ter omogoča tesnejšo gradnjo. (prav tam)

Modularne zgradbe je možno razstaviti in module prestaviti, ali pa jih obnoviti in ponovno uporabiti, kar zmanjša povpraševanje po surovinah ter minimizira količino energije porabljene za ustvarjanje stavbe. Pri gradnji v tovarni odpadni material reciklirajo, nadzorujejo zaloge in jih po potrebi tudi zaščitijo. Modularna struktura je dokončana v tovarniško nadzorovanem okolju z uporabo suhih materialov, da se pri novi konstrukciji odstrani možnost visoke vlage. Gradnja modularnih stavb poteka istočasno z gradbenimi deli, kar omogoča, da se projekti končajo bistveno hitreje, kot pa pri tradicionalni gradnji. (prav tam)

Od 60- 90% gradnje se konča v tovarni, kar zmanjšuje tveganje, ki ga povzročajo vremenske neprilike ter okoljevarstvena tveganja. V stavbe se lahko prej vselimo, kar pa ustvarja hitrejšo donosnost naložbe. Modularne stavbe so zgrajene tako, da izpolnjujejo vse gradbene predpise in standarde, kot vse ostale zgradbe. Materiali, ki se uporabljajo v modularnih gradbenih objektih so les, beton in jeklo. (prav tam)

Gradnja je varnejša, saj zmanjšuje tveganje za nesreče in tudi s tem povezane obveznosti za delavce. (prav tam)

Modularne enote je mogoče zasnovati tako, da ustrezajo zunanji estetiki katere koli že obstoječe zgradbe. Projektirane so z napredno BIM tehnologijo. Strukturno so modularne zgradbe stabilnejše od tistih, zgrajenih na kraju samem, saj je vsak modul zasnovan tako, da prenese stroge transportne in vrteče se podlage.

(Modular Building Institute, b.d.)

5.1.1 Vrste modulov

Ločimo naslednje vrste modulov:

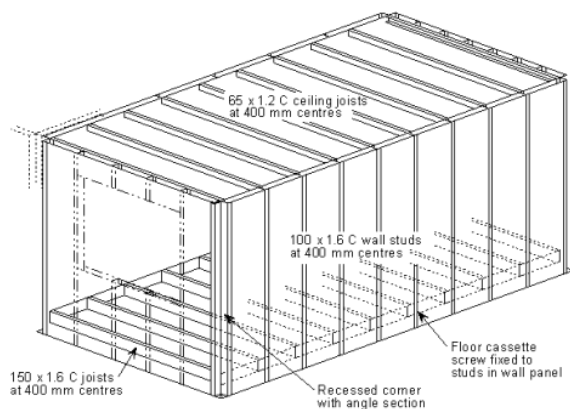
- 4 stranski moduli
- delno odprti moduli
- vogalno odprti moduli
- moduli, podprti s primernim strukturnim okvirom
- neobremenjeni moduli in ploščate talne kasete
- posebni moduli za dvigala, ali za stopnice. (SteelConstruction.info, b.d.)

4 stranski moduli

Pri tej obliki konstrukcije so moduli izdelani iz štirih odprtih stranic, ustvarjajo pa prostore celičnega tipa, zasnovane za prenos kombiniranih navpičnih obremenitev modulov nad ter v ravninski obremenitvi skozi vzdolžne stene. Višina stavb pri popolnoma modularni konstrukciji je odvisna od izpostavljenosti vpliva vetra na lokaciji postavitve. (prav tam)

Moduli so izdelani iz dvodelnih plošč, spodaj je talna kasete. Na talno kaseto se z vijaki pritrdijo štiri stenske plošče in stropna plošča. Stene prenašajo navpične obremenitve. (prav tam)

V pritrjene vogale modulov se lahko vstavijo dodatni jekleni kotnikii za večjo stabilnost ter za lažje dvigovanje samih modulov. Povezave med moduli so v obliki plošč. (SteelConstruction.info, b.d.)



Slika 3: Izometričen pogled 4 stranskega modula

Vir: https://www.steelconstruction.info/Modular_construction

Delno odprti moduli

4 stranski moduli z delno odprtimi stranicami so oblikovani z uvedbo vogalnih ter vmesnih stebrov in z uporabo trdnega neprekinjenega robnega nosilca v talni kaseti. Največja možna širina odpiranja je omejena z upogibnim uporom ter z togostjo robnega elementa v talni kaseti.

Kompresijska odpornost notranjih, ali vogalnih stebrov nadzoruje največjo višino stavbe. Uporaba modulov z integriranimi hodniki poveča hitrost gradnje z izogibanjem raznim vremenskim težavam. (SteelConstruction.info, b.d.)

Oblika konstrukcije je podobna kot pri 4-stranskih moduli, razen, da se uporabi več dodatnih stebrov. Pri nekaterih moduli je potreben dodatni oporni sistem, saj delno odprti moduli nimajo vsi zadostne strižne odpornosti. (prav tam)



Slika 4: Dolg modul z integriranim hodnikom

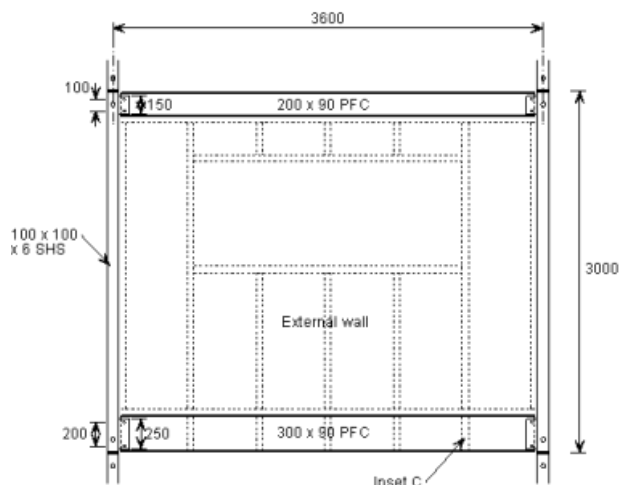
Vir: (Image courtesy of Kingspan Off Site and Modular UK)

Odprti enostranski moduli (podprti v kotu)

Ti moduli so zasnovani tako, da imajo popolnoma odprte stranice s prenosom bremen skozi vzdolžne robne nosilce na vogalne drogeve. Ogrodje modula je lahko v obliki vroče valjanih jeklenih elementov, kot so kvadratni votli profili ter robni nosilci paralelnega robnega kanala, ki so priviti skupaj. (SteelConstruction.info, b.d.)

Za odpiranje stropa se uporabljajo plitvi vzporedni robni nosilci. Pritrditev teh modulov je možna v obliki črke X za vpenjanje pri ločnih stenah. Popolnoma odprte module ni možno uporabiti več kot za tri nadstropja, zato za visoke stavbe niso primerni. Običajno se pri teh moduli uvede dodatna navpična ali vodoravna ojačitev. Ta modul je različica 4-stranskega modula, v katerem je predviden togi končni okvir, ki je sestavljen iz toga povezanih

pravokotnih votlih prerezov. Togi končni okvirji so izdelani kot del modula in jih je mogoče sestaviti ločeno. (SteelConstruction.info, b.d.)



Slika 5: Konstrukcijski okvir vogalno podprtega modula - končni rezultat

Vir: https://www.steelconstruction.info/Modular_construction

Mešani moduli in talne kasete

Pri mešani obliki konstrukcije so dolgi moduli zloženi tako, da tvorijo jedro med moduli in talnimi kasetami ter med nosilnimi stenami. Ti moduli so izdelani na podoben način kot odprti moduli, vendar je obremenitev pri teh bistveno večja. S temi moduli je možno postaviti stavbe do višine 6 nadstropij. Običajno so ti moduli primerni za stanovanjske stavbe terasastih oblik. Moduli so nameščeni v »hrbtenici« in gredo skozi stavbo, tla pa so pritrjena nanjo. (SteelConstruction.info, b.d.)

Moduli, ki jih podpira primarna struktura

Osnovna konstrukcija za modularne enote so kasete ali pa plošče. Pri plošči so nosilni stebri nameščeni na večkratnik širine modulov, to je na 2-3 modula. Tla pri teh moduli so zasnovana tako, da podpirajo kombinirane obremenitve zgornjih modulov. Podporna konstrukcija je zasnovana kot jekleni okvir s stebri in z nosilci. Ti moduli so primerni za mešane maloprodajne, stanovanjske, trgovske načrte, ali pa za parkirišča. (prav tam)



Slika 6: Tipična konstrukcija podija, v katerem je sedem nadstropij bivalnih enot, podprt je na sestavljenem strukturnem okviru spodaj

Vir: Image courtesy of The Design Buro, Rollalong and Ayrshire Framing

Stranski moduli so lahko zasnovani tako, da jih podpirajo kompozitni, ali jekleni nosilci. Njihova običajna linijska obremenitev nad podpornim dnom znaša 15KN/m^2 , v tem primeru so stebri postavljeni na razdalji od 6-8m. Globina konstrukcije za podij je od 800-1000mm, pod podijem se lahko ustvarijo razponi od 10-18m, ki so primerni za parkirišča. (SteelConstruction.info, b.d.)

Struktura podijev je zasnovana tako, da se upira vetrnim obremenitvam. Moduli se lahko po želji razstavijo, tako, da ostane talna kaseta s podprtimi nosilci. (prav tam)

5.1.1.1 Druge vrste modulov

- **Modul stopnic**

Modularne stopnice so lahko zasnovane kot samostojne modularne enote. Praviloma vsebujejo polovico podesta z dvema stopnicama, ali pa celo celi podest. Podest je podprt z vzdolžnimi stenami ali z dodatnimi členi kvadratnih profilov. V stene se lahko vgradijo oporniki in stojala, da je zagotovljena splošna stabilnost. (SteelConstruction.info, b.d.)

- **Neobremenjeni moduli**

Neobremenjeni moduli niso zasnovani, da se upirajo zunanjim obremenitvam, sposobni so prenesti le lastne obremenitve. Uporabljajo se za kopalniške in straniščne enote, kot prostori za rastline ter za druge servisne enote. Ti moduli so podprti na tleh, ali pa imajo ločeno konstrukcijo. Tla in stene teh modulov so lahko običajno manjše od 100mm. Pri teh moduli je potrebno prilagoditi globino tal v modulu, zaradi združitve z ostalimi enotami.

(SteelConstruction.info, b.d.)

- **Atriji in balkoni**

Balkone se lahko namesti na module na več načinov:

- lahko so podprti s samostojno konstrukcijo, ki se pritrdi na tla,
- pritrjeni so lahko med sosednjimi moduli,
- ali pritrjeni na vogalne stebričke v modilih,
- lahko so vgrajeni znotraj modula z odprtim stranskim modulom. (prav tam)



Slika 7: Balkonski nastavki za zunanjo konstrukcijo (Moho, Manchester)

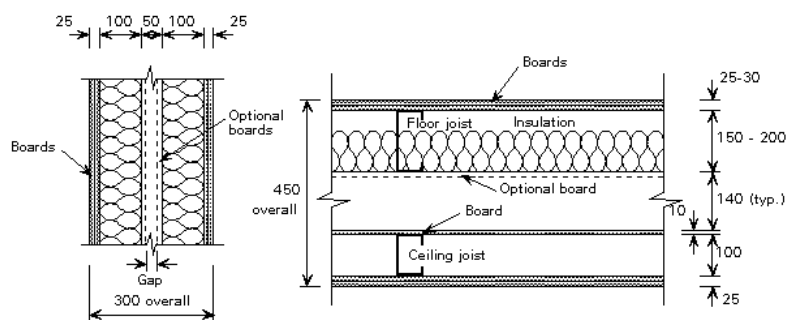
Vir: Image courtesy of Shed KM Architects and Yorkon

Atrij se naredi s pritrditvijo lahke jeklene strehe na zgornje module, ali s pritrditvijo strehe med module. (SteelConstruction.info, b.d.)

5.1.2 Sestava sten in stropov, ali tal

Notranje stene sestavljajo stene sosednjih modulov. Zasnovane so za standardno širino 300mm obrazne ploskve. Sestavljene so iz oblog, notranje mavčne plošče ter izolacije med posameznimi segmenti.

(prav tam)



Slika 8: Dimenzije zidu in tal v modulu

Vir: https://www.steelconstruction.info/Modular_construction

5.1.3 Streha

Strešni material za modularne zgradbe je običajno sestavljen iz strešnikov, ki so pritrjeni na letve. Sodobne strehe so sestavljene iz vremensko odpornih materialov in oblog. Zasnovane so kot ločene konstrukcije, ki jih podpirajo notranje stene modularnih enot, ali pa kot prosto razporejene strehe med zunanji stenami. V nekaterih primerih je streha zasnovana tako, da jo je mogoče sneti, v tem primeru se lahko zgradba tudi razširi.

(SteelConstruction.info, b.d.)

6 PRIMER LESENE VIKEND HIŠE

Da potrdimo ali ovržemo vse tri hipoteze bomo v program URSA vnesli vse zahtevane podatke, na osnovi načrta za leseno vikend hišo, ki smo jih izdelali v programu ArchiCAD.

6.1 *Splošni opis*

Stavba bo locirana v občini Šentilj v Slovenskih Goricah. Objekt bo zgrajen kot enostanovanjska stavba s pritličjem in z neizkoriščenim podstrešjem. Lega stavbe, ki je pravokotne tlorisne oblike je usmerjena vzporedno s Tovarniško cesto v Ceršaku, glede na daljši rob objekta. Vhod in dovoz bosta locirana na zahodni strani.

6.2 *Lokacija, vrsta in namen stavbe*

Stavba bo locirana na parcelni številki 1476 v k.o. 563, Ceršak. Parcela je s prostorskim planom občine opredeljena kot zazidano stavbno zemljišče, tega je 624,00m² in preostali del je kmetijsko zemljišče. Obravnavana stavba se nahaja v varovalnem pasu Natura 2000 in na vodovarstvenem območju. Na južni strani bo objekt oddaljen od občinske ceste 6m, ter od sosednjih parcel 1309 in 1477/3 bo oddaljen 4m.

Koordinate lokacije stavbe: **X (N) = 173056 Y (E) = 551142**

Vrsta stavbe: **11100 enostanovanjske stavbe**

Namembnost stavbe: **stanovanjska stavba**

Etažnost stavbe: **do tri etaže**



Slika 9: Lokacija parcele

Vir: <http://prostor3.gov.si/javni/javniVpogled.jsp?rand=0.15244074661305218#>

6.3 Funkcionalna zasnova

Stavba je zasnovana s pritličjem in z neizkoriščenim podstrešjem. Glavni vhod z vetrolovom je nameščen na zahod. Preko vetrolova pridemo v dnevno sobo. Iz dnevene sobe je možen dostop do kopalnice in kuhinje. Kuhinja je ločena s pregradnim zidom. Iz kuhinje je dostop do sobe 1 in sobe 2. V pritličju se nahaja še kurilnica, ki ima poseben vhod s severne strani.

Tloris pritličja in oba karakteristična prereza se nahajajo v prilogah na koncu diplomskega dela.

Tabela 2: Seznam prostorov s finalnim tlakom:

prostor	Neto tlorisna površina v (m ²)	finalni tlak
vetrolov	3,87	keramika
dnevna soba	18,92	parket
kopalnica	8,71	keramika

kuhinja	8,96	PVC
soba 1	17,31	parket
soba 2	8,30	parket
kurilnica	4,84	keramika
Skupna kvadratura	70,91	

Vir: (Lastni vir)

Vsota ogrevanih površin je 60,20m².

Neogrevana prostora sta vetrolov in kurilnica. Vsota neogrevanih površin je 8,71m².

6.4 Geometrijske karakteristike stavbe

Površina toplotnega ovoja stavbe A: **381,13 m²**

Kondicionirana prostornina stavbe V_e: **240,21 m³**

Neto ogrevana prostornina stavbe V: **192,16 m³**

Oblikovni faktor f_o: **1,587 m⁻¹**

Razmerje med površino oken in površino toplotnega ovoja stavbe z: **0,031**

Vrsta zidu: **Srednje težka gradnja (≥ 600 kg/m³)**

Način upoštevanja vpliva toplotnih mostov: **EN ISO 13789, SIST EN ISO 14683**

Metoda izračuna toplotne kapacitete stavbe: **na poenostavljen način**

Projekt je izdelan za novo stavbo oziroma rekonstrukcijo stavbe, kjer se posega v najmanj 25 odstotkov površine toplotnega ovoja. (Lastni vir)

6.5 Klimatski podatki

Klimatski podatki so odvisni od koordinat parcele na kateri bo stal objekt, ali od lokacije samega objekta. S spremembo lokacije stavbe se spreminja temperaturni primanjkljaj, dobitki sončnega sevanja, projektna temperatura in tudi povprečna zunanja temperatura.

(Zupančič, 2016)

Tabela 3: Klimatski podatki na izbrani lokaciji za stavbo, izračun je iz programa Ursa

Začetek kurilne sezone (dan)	Konec kurilne sezone (dan)	Temper.primanjkljaj (K dni)	Proj. temperatura (°C)	Energija sončnega obsevanja (kWh/m ²)
265	140	3500	-16	1142

Vir: (Lastni vir)

Tabela 4: Povprečne mesečne temperature in vlažnost zraka, izračun je iz programa Ursa

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Leto
T	-1,0	1,0	6,0	10,0	15,0	18,0	20,0	19,0	15,0	10,0	4,0	1,0	9,5
p	82,0	77,0	72,0	71,0	73,0	72,0	75,0	76,0	80,0	82,0	84,0	85,0	77,4

Povprečna mesečna temperatura zunanjega zraka najhladnejšega meseca $T_{z,m,min}$: **-1,0 °C**

Povprečna mesečna temperatura zunanjega zraka najtoplejšega meseca $T_{z,m,max}$: **20,0 °C**

Vir: (Lastni vir)

6.6 Izračun gradbenih konstrukcij stavbe

V program URSA 4.0 smo vnesli sestavo in debelino posameznih slojev konstrukcije s pomočjo kataloga URSA. Program na podlagi vnesenih podatkov preračuna naslednje parametre, kot so gostota, specifična toplota, toplotno prevodnost, difuzijska odpornost in toplotno odpornost.

6.6.1 Zunanji zid

Konstrukcija: 3.4.2.00 BRUNO NA ZUNANJI STRANI

Vrsta konstrukcije: zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom.

Notranja temperatura: 20 °C



- 1 PODALJŠANA APNENA MALTA 1900
- 2 MAVČNO-KARTONSKA PLOŠČA D=15 MM
- 3 LESENA OBLOGA
- 4 URSA SECO PRO 2
- 5 URSA FDP 1
- 6 URSA SECO PRO 0,04
- 7 PLOŠČE IZ LESENE VOLNE 15 MM
- 8 BRUNA

Slika 10: Sestava zunanjega zidu lesene vikend hiše

Vir: (Lastni vir)

Tabela 5: Podatki za posamezne materiale v zunanjem zidu

sloj	material	debelina cm	gostota kg/m	spec.topl. J/kgK	topl.pr. W/mK	dif.odpor	topl.odpor. m ² K/W
1	PODALJŠANA APNENA MALTA 1900	1,000	1.900	1.050	0,990	25	0,010
2	MAVČNO-KARTONSKA PLOŠČA D=15 MM	1,500	900	840	0,210	12	0,071
3	LESENA OBLOGA	16,000	520	1.670	0,140	15	1,143
4	URSA SECO PRO 2	0,050	220	960	0,190	4.000	0,003
5	URSA FDP 1	16,000	18	1.030	0,038	1	4,211
6	URSA SECO PRO 0,04	0,080	220	960	0,190	50	0,004
7	PLOŠČE IZ LESENE VOLNE 15 MM	1,500	550	2.010	0,140	11	0,107
8	BRUNA	2,000	520	1.670	0,140	15	0,143

Vir: (Lastni vir)

6.6.1.1 Izračun kondenzacije na površini

Tabela 6: Izračun kondenzacije na površini za leseno vikend hišo

Kriterij: preprečevanje plesni

Način izračuna: uporaba razreda vlažnosti

Razred vlažnosti: pisarne, stanovanja z normalno uporabo in prezračevanjem

Mesec	Θ_e °C	ψ_e	p_e Pa	Δp Pa	p_i Pa	$p_{sat}(\Theta_{si})$ Pa	$\Theta_{si,min}$ °C	Θ_i °C	ϕ_{Rsi}
Januar	-1,0	82,00	461	640	1.165	1.456	12,6	20	0,647
Februar	1,0	77,00	505	708	1.284	1.605	14,1	20	0,688
Marec	6,0	72,00	673	548	1.276	1.595	14,0	20	0,569
April	10,0	71,00	871	420	1.333	1.667	14,7	20	0,465
Maj	15,0	73,00	1.244	260	1.530	1.913	16,8	20	0,361
Junij	18,0	72,00	1.485	164	1.666	2.082	18,1	20	0,074
Julij	20,0	75,00	1.753	100	1.863	2.328	19,9	20	-
Avgust	19,0	76,00	1.669	132	1.814	2.268	19,5	20	0,516
September	15,0	80,00	1.364	260	1.650	2.062	18,0	20	0,599
Oktober	10,0	82,00	1.006	420	1.468	1.835	16,2	20	0,616
November	4,0	84,00	683	612	1.356	1.695	14,9	20	0,682
December	1,0	85,00	558	708	1.337	1.671	14,7	20	0,721

$$f_{Rsi} = 0,957 > R_{Rsi,max} = 0,7206$$

konstrukcija ustreza glede površinske kondenzacije

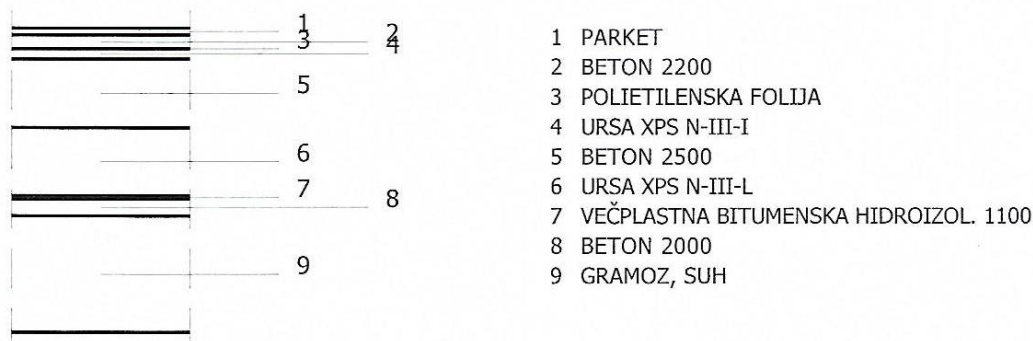
Vir: (Lastni vir)

6.6.2 Talna plošča

Konstrukcija: 4.1.1.00 PLAVAJOČI ESTRIH- TALNA PLOŠČA

Notranja temperatura: 20 °C

Vrsta konstrukcije: tla na terenu (ne velja za industrijske zgradbe).



Slika 11: Sestava talne plošče

Vir: (Lastni vir)

Tabela 7: Podatki za posamezne materiale v talni plošči

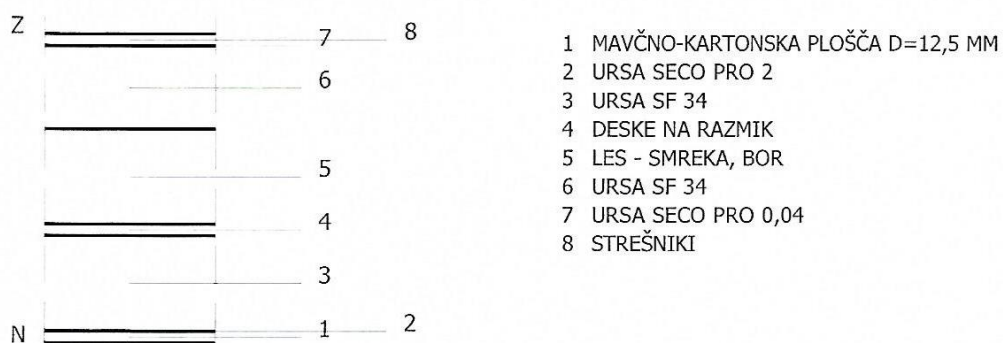
sloj	material	debelina cm	gostota kg/m	spec.topl. J/kgK	topl.pr. W/mK	dif.odpor	topl.odpor. m ² K/W
1	PARKET	2,000	700	1.670	0,210	15	0,095
2	BETON 2200	4,000	2.200	960	1,510	30	0,026
3	POLIETILENSKA FOLIJA	0,020	1.000	1.250	0,190	80.000	0,001
4	URSA XPS N-III-I	3,000	35	1.500	0,034	150	0,882
5	BETON 2500	20,000	2.500	960	2,330	90	0,086
6	URSA XPS N-III-L	20,000	35	1.500	0,038	150	5,263
7	VEČPLASTNA BITUMENSKA HIDROIZOL. 1100	1,000	1.100	1.460	0,190	14.000	0,053
8	BETON 2000	5,000	2.000	960	1,160	22	0,043
9	GRAMOZ, SUH	34,000	1.700	840	0,810	2	0,420

Vir: (Lastni vir)

6.6.3 Streha

Streha bo dvokapnica z naklonom 30°, kot je določeno s prostorskim planom občine Šentilj.

Vrsta konstrukcije: strop v sestavi ravne ali poševne strehe (ravne ali poševne strehe).



Slika 12: Sestava strehe pri leseni vikend hiši

Vir: (lasten)

Tabela 8: Podatki za posamezne materiale na strehi

sloj	material	debelina cm	gostota kg/m	spec.topl. J/kgK	topl.pr. W/mK	dif.odpor	topl.odpor. m ² K/W
1	MAVČNO-KARTONSKA PLOŠČA D=12,5 MM	2,000	900	840	0,210	12	0,095
2	URSA SECO PRO 2	0,050	220	960	0,190	4.000	0,003
3	URSA SF 34	16,000	24	1.030	0,034	1	4,706
4	DESKE NA RAZMIK	2,000	468	1.500	0,160	3	0,125
5	LES - SMREKA, BOR	16,000	600	2.090	0,140	70	1,143
6	URSA SF 34	14,000	24	1.030	0,034	1	4,118
7	URSA SECO PRO 0,04	0,080	220	960	0,190	50	0,004
8	STREŠNIKI	2,000	1.900	880	0,990	40	0,020

Vir: (Lastni vir)

6.6.3.1 Izračun kondenzacije na površini

Tabela 9: Izračun kondenzacije na površini

Kriterij: preprečevanje plesni

Način izračuna: uporaba razreda vlažnosti

Razred vlažnosti: pisarne, stanovanja z normalno uporabo in prezračevanjem

Mesec	Θ_e °C	φ_e	p_e Pa	Δp Pa	p_i Pa	$p_{sat}(\Theta_{si})$ Pa	$\Theta_{si,min}$ °C	Θ_i °C	ϕ_{Rsi}
Januar	-1,0	82,00	461	640	1.165	1.456	12,6	20	0,647
Februar	1,0	77,00	505	708	1.284	1.605	14,1	20	0,688
Marec	6,0	72,00	673	548	1.276	1.595	14,0	20	0,569
April	10,0	71,00	871	420	1.333	1.667	14,7	20	0,465
Maj	15,0	73,00	1.244	260	1.530	1.913	16,8	20	0,361
Junij	18,0	72,00	1.485	164	1.666	2.082	18,1	20	0,074
Julij	20,0	75,00	1.753	100	1.863	2.328	19,9	20	-
Avgust	19,0	76,00	1.669	132	1.814	2.268	19,5	20	0,516
September	15,0	80,00	1.364	260	1.650	2.062	18,0	20	0,599
Oktober	10,0	82,00	1.006	420	1.468	1.835	16,2	20	0,616
November	4,0	84,00	683	612	1.356	1.695	14,9	20	0,682
December	1,0	85,00	558	708	1.337	1.671	14,7	20	0,721

Vir: (Lastni vir)

6.6.4 Prozorne konstrukcije

Tabela 10: Podatki za okna in steklena vrata

Konstrukcija	F_{fr}	U W/m ² K	U_{max} W/m ² K	Ustreza
OKNO PVC OKVIR, PETKOMORNI, $U=1,3$, ZASTEKLITEV $U=1,10$	0,30	1,16	1,30	DA
VRATA PVC, $U=1,3$, ZASTEKLITEV $U = 1,0$	0,70	1,21	1,30	DA

Vir: (Lastni vir)

6.6.5 Neprozorna zunanja vrata

Tabela 11: Podatki za zunanja vrata

Naziv	U	U_{max}	Ustreza
VHODNA VRATA	1,600	1,600	DA

Vir: (Lastni vir)

6.7 Podatki o coni

Kondicionirana prostornina cone V_e :	240,21m³
Neto ogrevana prostornina cone V :	192,16m³
Uporabna površina cone A_k :	70,91 m²
Dolžina cone:	7,84 m
Širina cone:	10,04 m
Višina etaže:	3,0 m
Število etaž:	1,00
Ogrevanje:	cona je ogrevana
Način delovanja:	neprekinjeno delovanje
Notranja projektna temperatura ogrevanja:	20,00 °C
Notranja projektna temperatura hlajenja:	26,00 °C
Dnevno število ur z normalnim ogrevanjem:	17,00 h
Število dni v tednu z normalnim hlajenjem:	4 dni
Način znižanja temperature ob koncu tedna:	znižanje temperature ogrevanja
Mejna temperatura znižanja:	19,00 °C
Urna izmenjava zraka:	0,50 h⁻¹
Površina toplotnega ovoja cone A :	381,13 m²

6.8 Specifične transmisijske toplotne izgube

6.8.1 Toplotne izgube skozi zunanje površine

Pri letni energijski bilanci predstavljajo največji posamezni segment toplotne izgube skozi stavbni ovoj. Imenujemo jih transmisijske toplotne izgube. Na njihovo količino vpliva sestava in velikost toplotnega ovoja. Površina različnih pomembnih elementov toplotnega ovoja je

odvisna od oblike stavbe. Sestavo elementov toplotnega ovoja definirajo sistemi toplotne zaščite z doseženo toplotno prevodnostjo, ki jo označujemo z U.

(Praznik, 2016)

V tej fazi smo v program URSA vnesli velikosti posameznih konstrukcij ter njihovo orientacijo. Te podatke smo pridobili iz načrta. Upoštevati moramo zunanje mere stavbe. Potrebno je natančno vnesti vse površine toplotnega ovoja.

(Mladenović, 2012)

Tabela 12: Transmisijske toplotne izgube skozi neprozorne površine

Oznaka	orientacija	naklon °	ploščina m ²	U W/Km ²	topl.izgube W/K
1	S	90	45,33	0,171	7,75
2	J	90	45,33	0,171	7,75
3	V	90	30,32	0,171	5,18
4	Z	90	30,32	0,171	5,18
5	Z	30	64,87	0,109	7,07
6	V	30	64,87	0,109	7,07
11	Z	90	1,89	1,600	3,02
Skupaj			282,93		43,04

Vir: (Lastni vir)

Tabela 13: Transmisijske toplotne izgube skozi prozorne površine

Oznaka	orientacija	naklon °	ploščina m ²	U W/Km ²	topl.izgube W/K
7	J	90	3,60	1,160	4,18
8	S	90	2,16	1,160	2,51
9	V	90	2,64	1,160	3,06
10	Z	90	1,44	1,160	1,67
13	J	90	1,89	1,210	2,29
Skupaj			11,73		13,70

Vir: (Lastni vir)

6.8.2 Toplotne izgube skozi zidove in tla na terenu

Tabela 14: Podatki za tla na terenu

Oznaka	Ploščina (m ²)	U _i (W/m ² K)	U _{max} (W/m ² K)	Ustr.
tla na terenu - BREZ IZOLACIJE ROBOV	86,5	0,132	0,350	DA

Vir: (Lastni vir)

Tabela 15: Toplotne izgube

Oznaka	topl.izgube W/K
BREZ IZOLACIJE ROBOV	11,41

Vir: (Lastni vir)

6.9 Notranji dobitki

6.9.1 Dobitki sončnega sevanja

Dobitki sončnega sevanja pri ustreznem oblikovanju pokrivajo pomemben del energijske bilance. Steklene površine poleg osvetlitve prostorov z dnevno svetlobo omogočajo še dobitke sončnega obsevanja. (Praznik, 2016)

Energijska bilanca steklenih stavbnih elementov izkazuje na povprečju vzorca nevtralen rezultat. To pomeni, da dobitki sončnega sevanja v celoti pokrivajo transmisijske toplotne izgube. (prav tam)

Razporeditev steklenih površin v ovoju glede na orientacijo je zelo odvisna od umestitve stavbe v prostor. Lahko je omejena z lokacijskimi pogoji, ali s projektnimi rešitvami, ki so vezani na funkcijo prostorov. Vzorec stavb ima južno orientiranih 45% vseh steklenih površin, z maksimalno vrednostjo 85%, ter z minimalno vrednostjo 11%.

(Praznik, 2016)

Tabela 16: Dobitki sončnega sevanja

Konstrukcija	Površna [m ²]	Orie.	Naklon [°]	Faktor zasen.
7	3,60	J	90	1,00
8	2,16	S	90	1,00
9	2,64	V	90	1,00
10	1,44	Z	90	1,00
13	1,89	J	90	1,00

Vir: (Lastni vir)

Toplotni dobitki sončnega sevanja v ogrevalnem obdobju: **1619 kWh**.

Toplotni dobitki sončnega sevanja izven ogrevalnega obdobja: **694 kWh**.

6.10 Prezračevanje

Pri izračunu potrebne toplote za ogrevanje stavbe se upošteva urna izmenjava notranjega zraka z zunanjim. Računa se na neto ogrevano prostornino stavbe, za stanovanjske stavbe mora ta znašati najmanj $n=0,5 \text{ h}^{-1}$, ali pa se določi v skladu s tehničnim predpisom, ki ureja klimatizacijo in prezračevanje stavb.

(Metodologija za izračun energijskih lastnosti stavbe, brez datuma)

6.11 Ogrevanje

Leseno vikend hišo bomo ogrevali s kotlom na pelete. Kotel bo nameščen v kurilnici. Upoštevali smo, da kotel segreva radiatorje na $55^{\circ}\text{C}/45^{\circ}\text{C}$. Ogrevala oziroma radiatorji bodo nameščeni ob notranjih stenah. Razvodne cevi bodo dvocevne in izolirane.

6.12 Priprava tople vode

Primarni sistem za pripravo tople vode je kotel na pelete, vendar pa bo na razpolago tudi grelnik vode na elektriko, predvsem v poletnih mesecih. Nazivni volumen hranilnika bo 200 litrov, nazivna moč črpalke pa 53,76 W.

6.13 Razsvetljava

Pri izračunu energije, ki jo bomo potrebovali za razsvetljavo, smo upoštevali poenostavljen izračun letne dovedene energije za stanovanjske stavbe. Za leseno vikend hišo smo izbrali pretežno uporabo sijalk.

6.14 Energetska izkaznica

Obliko in vsebino energetske izkaznice določa Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb.

(Zupančič, 2016)

Energijski kazalniki za računsko energetska izkaznico so:

- toplota, ki jo letno potrebujemo za ogrevanje stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe,
- dovedena letna energija za delovanje stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe,
- primarna letna energija za delovanje stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe,
- letne emisije CO₂, kot posledice delovanja stavbe na enoto kondicionirane površine.

(Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb, 2014)

Energijski kazalniki so prikazani na barvnem poltraku energetske izkaznice. Kazalnike lahko razvrstimo v naslednje razrede:

A₁: od 0 do 10 KWh / m²a,

A₂: nad 10 do 15 KWh / m²a,

B₁: nad 15 do 25 KWh / m²a,

B₂: nad 25 do 35 KWh / m²a,

C: nad 35 do 60 KWh / m²a,

D: nad 60 do 105 KWh / m²a,

E: nad 105 do 150 KWh / m²a,

F: nad 150 do 210 KWh / m²a,

G: nad 210 KWh / m²a.

(Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb, 2014)

Lastniki, najemjemalci ter kupci nepremičnin dobijo pomembne informacije iz energetske izkaznice, da se seznani o energetske učinkovitosti stavbe in s tem dobijo tudi informacijo, kako z ukrepi lahko izboljšajo izkoristek dovedene energije, s tem pa si posledično lahko znižajo stroške.

ENERGETSKA IZKAZNICA STAVBE

Podatki o stavbi

Št.izkaznice: Velja do:

Identifikacijska oznaka stavbe, posameznega dela ali delov stavbe: **LESENA VIKEND HIŠA**

Klasifikacija stavbe: **11100 Enostanovanjske stavbe**
Leto izgradnje: **2021**

Naslov stavbe: **CERŠAK**
Tovarniška cesta, Ceršak

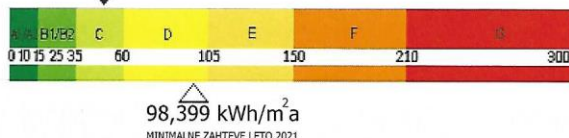
Kondicionirana površina stavbe A_k (m²): **70,91**
Parcelna št.: **1476**
Katastrska občina: **CERŠAK**

Vrsta izkaznice: računska

Vrsta stavbe: **stanovanjska stavba**
Naziv stavbe: **LESENA VIKEND HIŠA**
fotografija stavbe (obvezno vstaviti)

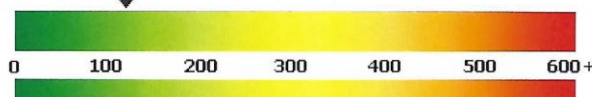
Potrebna toplota za ogrevanje

Razred: **C** 52,259 kWh/m²a



Dovedena energija za delovanje stavbe

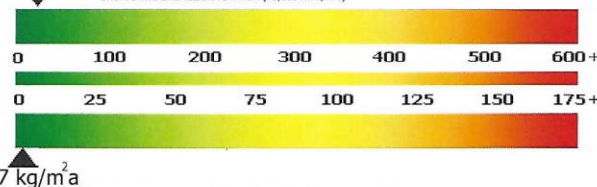
118,398 kWh/m²a



Primarna energija in Emisija CO₂

25,241 kWh/m²a

SKORAJ NIČ ENERGIJSKA STAVBA (75,000 kWh/m²a)



3,057 kg/m²a

Izdajatelj

()
Ime in podpis odgovorne osebe:
Datum izdaje: 13.01.2021

Izdelovalec

Andreja Ferk ()
Ime in podpis:
Andreja Ferk
Datum izdaje: 13.01.2021

Izdelovalec te energetske izkaznice s podpisom potrjuje, da ne obstaja kakršna koli okoliščina iz Energetskega zakona (Ur.list RS 17/14), ki bi mu preprečevala izdelavo energetske izkaznice.
Energetska izkaznica stavbe je izdana v skladu s Pravilnikom o metodologiji izdelave in izdaji energetske izkaznice stavbe in z Energetskim zakonom (Ur.list RS 17/14).

Izračun je narejen s programom Gradbena fizika URSA 4.0

List 1/4

Slika 13: Energetska izkaznica za leseno vikend hišo

Vir: (lasten)

ENERGETSKA IZKAZNICA STAVBE

Podatki o stavbi

Št.izkaznice:

Velja do:

Vrsta izkaznice: računska

Vrsta stavbe: stanovanjska stavba

Podatki o velikosti stavbe

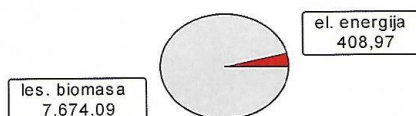
Kondicionirana prostornina stavbe V_e (m ³)	240,21
Celotna zunanja površina stavbe A_e (m ²)	381,13
Faktor oblike $f_o = A/V_e$ (m ⁻¹)	1,59
Koordinati stavbe (X,Y)	X (N) = 173056, Y (E) = 551142

Klimatski podatki

Povprečna letna temperatura T_{pop}	9,5 °C
---------------------------------------	--------

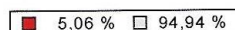
Dovedena energija za delovanje stavbe

Dovedena energija za delovanje stavbe	Dovedena energija kWh/a	Dovedena energija kWh/m ² a	Struktura rabe celotne energije za delovanje stavbe po virih energije in energentih (kWh/a)
Gretje $Q_{f,h}$	3.812,53	53,77	
Hlajenje $Q_{f,c}$	0,00	0,00	
Prezračevanje $Q_{f,v}$	0,00	0,00	
Ovlaževanje $Q_{f,st}$	0,00	0,00	
Priprava tople vode $Q_{f,w}$	4.174,14	58,87	
Razsvetljava $Q_{f,l}$	265,91	3,75	
Električna energija $Q_{f,aux}$	143,06	2,02	
Skupaj dovedena energija za delovanje stavbe	8.395,63	118,40	



Obnovljiva energija porabljena na stavbi (kWh/a)	7.674,09
--	----------

Primarna energija za delovanje stavbe (kWh/a)	1.789,83
Emisija CO ₂ (kg/a)	216,75



Energetska izkaznica stavbe je izdana v skladu s Pravilnikom o metodologiji izdelave in izdaji energetske izkaznice stavbe in z Energetskim zakonom (Ur.l. RS 17/14).

Izračun je narejen s programom Gradbena fizika URSA 4.0

List 2/4

Slika 14: Energetska izkaznica lesene vikend hiše

Vir: (Lastni vir)

7 PRIMER MODULARNE VIKEND HIŠE

Lokacija, funkcionalna zasnova in podatki o coni so pri obeh vikend hišah enaki.

7.1 Izračun gradbenih konstrukcij stavbe

7.1.1 Zunanji zid



Slika 15: Sestava zunanjega zidu pri modularni vikend hiši

Vir: (Lastni vir)

Tabela 17: Podatki za posamezne materiale v zunanjem zidu modularne vikend hiše

sloj	material	debelina cm	gostota kg/m	spec.topl. J/kgK	topl.pr. W/mK	dif.odpor	topl.odpor. m ² K/W
1	MAVČNO-KARTONSKA PLOŠČA D=12,5 MM	1,250	900	840	0,210	12	0,060
2	URSA SF 32	6,000	30	1.030	0,032	1	1,875
3	LES - SMREKA, BOR	6,000	600	2.090	0,140	70	0,429
4	PARNA ZAPORA	0,017	1.330	960	0,190	588.235	0,001
5	MINERALNA VOLNA	14,000	140	1.030	0,040	1	3,500
6	LES - SMREKA, BOR	14,000	600	2.090	0,140	70	1,000
7	URSA FDP 3/V	6,000	30	1.030	0,034	1	1,765
8	LES - SMREKA, BOR	6,000	600	2.090	0,140	70	0,429
9	JEKLO	0,200	7.800	460	58,500	600.000	0,000

Vir: (Lastni vir)

7.1.2 Talna plošča

Vrsta konstrukcije: tla na terenu pri panelnem - talnem ogrevanju (ploskovnem gretju).



Slika 16: Sestava talne plošče pri modularni vikend hiši

Vir: (Lastni vir)

Tabela 18: Podatki za posamezne materiale v talni plošči pri modularni vikend hiši

sloj	material	debelina cm	gostota kg/m	spec.topl. J/kgK	topl.pr. W/mK	dif.odpor	topl.odpor. m ² K/W
1	PARKET	2,000	700	1.670	0,210	15	0,095
2	POLISTIRENSKE PLOŠČE V BLOKIH 25	3,000	25	1.260	0,041	40	0,732
3	BETON 2200	4,000	2.200	960	1,510	30	0,026
4	POLIETILENSKA FOLIJA	0,020	1.000	1.250	0,190	80.000	0,001
5	URSA XPS N-III-I	4,000	35	1.500	0,034	150	1,176
6	BETON 2500	20,000	2.500	960	2,330	90	0,086
7	URSA XPS N-III-L	20,000	35	1.500	0,038	150	5,263
8	VEČPLASTNA BITUMENSKA HIDROIZOL. 1100	1,000	1.100	1.460	0,190	14.000	0,053
9	BETON 2000	5,000	2.000	960	1,160	22	0,043
10	GRAMOZ, SUH	34,000	1.700	840	0,810	2	0,420

Vir: (Lastni vir)

7.1.3 Streha

Pri modularni vikend hiši bo streha ravna.



Slika 17: Sestava strehe pri modularni vikend hiši

Vir: (Lastni vir)

Tabela 19: Podatki za posamezne materiale v strehi pri modularni vikend hiši

sloj	material	debelina cm	gostota kg/m	spec.topl. J/kgK	topl.pr. W/mK	dif.odpor	topl.odpor. m ² K/W
1	MAVČNO-KARTONSKA PLOŠČA D=12,5 MM	0,250	900	840	0,210	12	0,012
2	URSA SECO PRO 2	0,050	220	960	0,190	4.000	0,003
3	URSA SF 34	13,000	24	1.030	0,034	1	3,824
4	LES - SMREKA, BOR	13,000	600	2.090	0,140	70	0,929
5	URSA SF 34	11,000	24	1.030	0,034	1	3,235
6	URSA SECO PRO 0,04	0,080	220	960	0,190	50	0,004
7	DESKE NA RAZMIK	2,000	468	1.500	0,160	3	0,125
8	KRONOPOL OSB - 18 MM	1,800	620	1.600	0,130	440	0,138

Vir: (Lastni vir)

7.1.3.1 Izračun kondenzacije na površini

Tabela 20: Izračun kondenzacije na površini za modularno vikend hišo

Mesec	Θ_e °C	φ_e	p_e Pa	Δp Pa	p_i Pa	$p_{sat}(\Theta_{si})$ Pa	$\Theta_{si,min}$ °C	Θ_i °C	ϕ_{Rsi}
Januar	-1,0	82,00	461	640	1.165	1.456	12,6	20	0,647
Februar	1,0	77,00	505	708	1.284	1.605	14,1	20	0,688
Marec	6,0	72,00	673	548	1.276	1.595	14,0	20	0,569
April	10,0	71,00	871	420	1.333	1.667	14,7	20	0,465
Maj	15,0	73,00	1.244	260	1.530	1.913	16,8	20	0,361
Junij	18,0	72,00	1.485	164	1.666	2.082	18,1	20	0,074
Julij	20,0	75,00	1.753	100	1.863	2.328	19,9	20	-
Avgust	19,0	76,00	1.669	132	1.814	2.268	19,5	20	0,516
September	15,0	80,00	1.364	260	1.650	2.062	18,0	20	0,599
Oktober	10,0	82,00	1.006	420	1.468	1.835	16,2	20	0,616
November	4,0	84,00	683	612	1.356	1.695	14,9	20	0,682
December	1,0	85,00	558	708	1.337	1.671	14,7	20	0,721

$f_{Rsi} = 0,973 > R_{Rsi,max} = 0,7206$ konstrukcija ustreza glede površinske kondenzacije

Vir: (Lastni vir)

7.2 Specifične transmisijske toplotne izgube

7.2.1 Toplotne izgube skozi zunanje površine

Tabela 21: Transmisijske toplotne izgube skozi neprozorne površine

Oznaka	orientacija	naklon °	ploščina m ²	U W/Km ²	topl. izgube W/K
1	S	90	30,32	0,108	3,27
2	J	90	30,32	0,108	3,27
3	V	90	23,68	0,108	2,56
4	Z	90	23,68	0,108	2,56
5	V	90	39,36	0,119	4,68
6	Z	90	39,36	0,119	4,68
12	Z	90	1,89	1,600	3,02
Skupaj			188,61		24,06

Vir: (Lastni vir)

Tabela 22: Transmisijske toplotne izgube skozi prozorne površine za modularno vikend hišo

Oznaka	orientacija	naklon °	ploščina m ²	U W/Km ²	topl.izgube W/K
7	S	90	2,16	0,880	1,90
8	J	90	3,60	0,880	3,17
9	V	90	2,64	0,880	2,32
10	Z	90	1,44	0,880	1,27
11	J	90	1,89	1,300	2,46
Skupaj			11,73		11,12

Vir: (Lastni vir)

7.2.2 Toplotne izgube skozi zidove in tla na terenu

Tabela 23: Podatki za tla na terenu za modularno vikend hišo

Oznaka	Ploščina (m ²)	U _i (W/m ² K)	U _{max} (W/m ² K)	Ustr.
tla na terenu - BREZ IZOLACIJE ROBOV	86,4	0,115	0,350	DA

Vir: (Lastni vir)

Tabela 24: Toplotne izgube za modularno vikend hišo

Oznaka	topl.izgube W/K
BREZ IZOLACIJE ROBOV	9,94

Vir: (Lasten vir)

7.3 Notranji dobitki

7.3.1 Dobitki sončnega sevanja

Tabela 25: Dobitki sončnega sevanja za modularno vikend hišo

Konstrukcija	Površna [m ²]	Orie.	Naklon [°]	Faktor zasen.
7	2,16	S	90	1,00
8	3,60	J	90	1,00
9	2,64	V	90	1,00
10	1,44	Z	90	1,00
11	1,89	J	90	1,00

Vir: (Lastni vir)

Toplotni dobitki sončnega sevanja v ogrevalnem obdobju: **1060 kWh**.

Toplotni dobitki sončnega sevanja izven ogrevalnega obdobja: **848 kWh**.

7.4 Ogrevanje

Modularno vikend hišo bomo ogrevali s kotlom na pelete. Moč črpalke bo 53,76 W. Upoštevali smo, da bodo nameščena še ploskovna ogrevala 35/28.

7.5 Priprava tople vode

Primarni sistem za pripravo sanitarne vode bo solarni toplotni sistem s kolektorji, površine 6m², predvsem v poletnih mesecih, vendar pa bo na razpolago tudi kotel na pelete. Nazivni volumen hranilnika bo 200 litrov.

(Zupančič, 2016)

7.6 Hlajenje stavbe

Za hlajenje modularne stavbe bomo uporabili klimo.

Tabela 26: Potrebna energija za hlajenje modularne vikend hiše

Mesec	$Q_{C,tr}$ kWh	$Q_{C,ve}$ kWh	$Q_{C,ht}$ kWh	$Q_{C,int}$ kWh	$Q_{C,sol}$ kWh	$Q_{C,gn}$ kWh	γ_c	$\eta_{c,gn}$	$a_{c,red}$	Q_{NC} kWh
Januar	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	1,00	0
Februar	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	1,00	0
Marec	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	1,00	0
April	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	1,00	0
Maj	122	98	220	75	74	149	0,68	0,63	1,00	10
Junij	242	195	437	205	207	412	0,94	0,79	1,00	68
Julij	188	151	339	211	229	440	1,30	0,90	1,00	136
Avgust	219	176	395	211	213	424	1,07	0,84	1,00	93
September	233	187	421	143	125	268	0,64	0,60	1,00	16
Oktober	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	1,00	0
November	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	1,00	0
December	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	1,00	0
Skupaj	1.005	807	1.812	846	848	1.694	0,00	0,00	0,00	0

Letna potrebna energija za hlajenje $Q_{NC} = 323 \text{ kWh/a}$.

Letna potrebna energija za hlajenje, preračunana na enoto kondicionirane površine

$Q_{NC}/A_i = 4,54 \text{ kWh/m}^2\text{a}$.

Največja dovoljena letna potrebna energija za hlajenje, preračunana na enoto kondicionirane površine $Q_{NC}/A_{i, \max} = 50,000 \text{ kWh/m}^2\text{a}$.

Vir: (Lastni vir)

7.7 Razsvetljava

Tudi pri tem izračunu energije, ki jo bomo potrebovali za razsvetljavo, smo upoštevali poenostavljen izračun letne dovedene energije za stanovanjske stavbe. Za modularno vikend hišo smo izbrali pretežno uporabo sijalk.

7.8 Energetska izkaznica

ENERGETSKA IZKAZNICA STAVBE

Podatki o stavbi		Vrsta izkaznice: računska
Št.izkaznice:	Velja do:	Vrsta stavbe: stanovanjska stavba
Identifikacijska oznaka stavbe, posameznega dela ali delov stavbe:	MODULARNA VIKEND HIŠA	Naziv stavbe: MODULARNA VIKEND HIŠA
Klasifikacija stavbe:	11100 Enostanovanjske stavbe	fotografija stavbe (obvezno vstaviti)
Leto izgradnje:	2021	
Naslov stavbe:	CERŠAK	
Kondicionirana površina stavbe A_{K} (m^2):	70,91	
Parcelna št.:	1476	
Katastrska občina:	CERŠAK	

Potrebna toplota za ogrevanje
Razred: **C** 39,208 kWh/m²a

74,822 kWh/m²a
MINIMALNE ZAHTEVE LETO 2021

Dovedena energija za delovanje stavbe
106,092 kWh/m²a

Primarna energija in Emisija CO₂
20,972 kWh/m²a
SKORAJ NIČ-ENERGETSKA STAVBA (75,000 kWh/m²a)

3,532 kg/m²a

Izdajatelj	Izdelovalec
()	Andreja Ferk ()
Ime in podpis odgovorne osebe:	Ime in podpis:
Datum izdaje: 15.01.2021	Andreja Ferk
	Datum izdaje: 15.01.2021

Izdelovalec te energetske izkaznice s podpisom potrjuje, da ne obstaja kakršna koli okoliščina iz Energetskega zakona (Uradni list RS 17/14), ki bi ji preprečevala izdelavo energetske izkaznice.
Energetska izkaznica stavbe je izdana v skladu s Pravilnikom o metodologiji izdelave in izdaji energetske izkaznice stavbe in z Energetskim zakonom (Uradni list RS 17/14).

Slika 18: Energetska izkaznica za modularno vikend hišo

Vir: (Lastni vir)

ENERGETSKA IZKAZNICA STAVBE

Podatki o stavbi

Št.izkaznice:

Velja do:

Vrsta izkaznice: računska

Vrsta stavbe: stanovanjska stavba

Podatki o velikosti stavbe

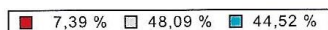
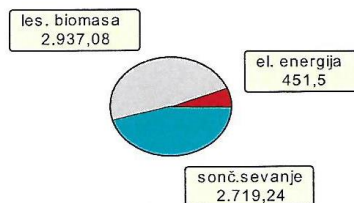
Kondicionirana prostornina stavbe V_e (m ³)	248,64
Celotna zunanja površina stavbe A_e (m ²)	284,85
Faktor oblike $f_o = A/V_e$ (m ⁻¹)	1,15
Koordinati stavbe (X,Y)	X (N) = 173056, Y (E) = 551142

Klimatski podatki

Povprečna letna temperatura T_{pop}	9,5 °C
---------------------------------------	--------

Dovedena energija za delovanje stavbe

Dovedena energija za delovanje stavbe	Dovedena energija kWh/a	Dovedena energija kWh/m ² a	Struktura rabe celotne energije za delovanje stavbe po virih energije in energentih (kWh/a)
Gretje $Q_{f,h}$	651,64	9,17	
Hlajenje $Q_{f,c}$	0,00	0,00	
Prezračevanje $Q_{f,v}$	0,00	0,00	
Ovlaževanje $Q_{f,st}$	0,00	0,00	
Priprava tople vode $Q_{f,w}$	6.280,65	88,41	
Razsvetljava $Q_{f,l}$	266,40	3,75	
Električna energija $Q_{f,el}$	185,10	2,61	
Skupaj dovedena energija za delovanje stavbe	7.383,79	103,94	
Obnovljiva energija porabljena na stavbi (kWh/a)	5.656,32		
Primarna energija za delovanje stavbe (kWh/a)	1.422,46		
Emisija CO ₂ (kg/a)	239,30		



Energetska izkaznica stavbe je izdana v skladu s Pravilnikom o metodologiji izdelave in izdaji energetske izkaznice stavbe in z Energetskim zakonom (Ur.l. RS 17/14).

Izračun je narejen s programom Gradbena fizika URSA 4.0

List 2/4

Slika 19: Energetska izkaznica modularne vikend hiše

Vir: (Lastni vir)

8 ENERGETSKA PRIMERJAVA OBEH VIKEND HIŠ IN PREVERITEV HIPOTEZ

8.1 *Potrebna energija za ogrevanje stavbe in preveritev hipoteze H3*

Da bi ovrgli ali potrdili hipotezo H3: Energija, ki jo potrebujemo za ogrevanje bo večja pri leseni vikend hiši, kot pa pri modularni vikend hiši, bomo primerjali rezultate, ki so bili izračunani za vsako vikend hišo posebej iz elaborata gradbene fizike.

8.1.1 *Za leseno vikend hišo*

- Letna potrebna energija za ogrevanje stavbe $Q_{NH} = 3706 \text{ kWh/a}$.
- Letna potrebna toplotna energija za ogrevanje, preračunana na enoto kondicionirane površine $Q_{NH}/A_u = 52,25 \text{ kWh/m}^2\text{a}$.
- Največja dovoljena letna potrebna toplotna energija za ogrevanje, preračunana na enoto kondicionirane površine $Q_{NH}/A_{u,max} = 98,39 \text{ kWh/m}^2\text{a}$.

8.1.2 *Za modularno vikend hišo*

- Letna potrebna toplotna energija za ogrevanje stavbe $Q_{NH} = 2780 \text{ kWh/a}$.
- Letna potrebna toplotna energija za ogrevanje, preračunana na enoto kondicionirane površine $Q_{NH}/A_u = 39,21 \text{ kWh/m}^2\text{a}$.
- Največja dovoljena letna potrebna toplotna energija za ogrevanje, preračunana na enoto kondicionirane površine $Q_{NH}/A_{u,max} = 74,82 \text{ kWh/m}^2\text{a}$.

Hipotezo H3 lahko na podlagi rezultatov pridobljenih iz elaborata gradbene fizike potrdimo, saj je potrebna energija za ogrevanje višja pri leseni vikend hiši.

8.2 *Preveritev hipoteze H1*

Hipoteza H1: Dovedena energija za delovanje stavbe, bo večja pri leseni vikend hiši, kot pa pri modularni vikend hiši.

Dovedena energija, ki jo potrebujemo za delovanje stavbe znaša pri leseni vikend hiši **118,39 kWh / m²**, medtem ko znaša pri modularni vikend hiši **106,09 kWh / m²**, kar je razvidno iz energetskih izkaznic obeh hiš.

Na podlagi rezultatov lahko potrdimo hipotezo H1.

8.3 Preveritev hipoteze H2

H2 Energetsko najbolj učinkovita bo modularna vikend hiša, v primerjavi z leseno vikend hišo.

Potrebna toplota za ogrevanje pri leseni vikend hiši znaša **52,25 kWh / m²**, pri modularni pa je ta vrednost **39,21 kWh / m²**. Dovedena energija, je večja pri leseni vikend hiši, kar je bilo že navedeno pri potrditvi prejšnje hipoteze.

Rezultati, ki smo jih dobili s pomočjo programa Ursa 4,0 na osnovi energetske izkaznice, nakazujejo na to, da smo zasnovali energetsko učinkovito modularno vikend hišo, ki je bolj učinkovita od lesene vikend hiše.

(Zupančič, 2016)

Nadalje lahko zaključimo, da bi bilo smiselno uvesti energetske izkaznice za vse stavbe v katerih ljudje prebivajo, da bi se lažje odločili za energetsko učinkovitejšo prenovo, nakup ali prodajo nepremičnine. Pomemben je tudi način ogrevanja ter količina porabe energenta.

9 SKLEP

V Sloveniji prevladuje opečna gradnja, medtem ko leseni in pa modularni objekti niso bili v preteklosti tako priljubljeni. Stanje se je v zadnjih letih nekoliko izboljšalo, vendar slovenska podjetja večino svojih proizvodov še vedno izvozijo v tujino.

V diplomskem delu smo predstavili nekatere trajnostne gradbene materiale ter njihove fizikalne lastnosti. Nadaljevali smo z vrednotenjem in certificiranjem trajnostne gradnje, predstavili smo trajnostne metode vrednotenja nepremičnin, kot so Open House, Cesba, ter DGNB. Kot nov proces gradnje smo predstavili modularno gradnjo.

Zasnovali smo manjšo leseno vikend hišo v velikosti $70,91\text{m}^2$, ki smo jo primerjali z modularno vikend hišo. Predmet obravnave je bila primerjava med leseno klasično gradnjo ter modularnim sistemom gradnje.

Modularna hiša je sestavljena iz modulov, ki jih je možno razstaviti, prestaviti ali obnoviti. Materiala, ki sta najpogosteje uporabljena pri modularni gradnji sta les in jeklo.

Njuno energetska učinkovitost smo preverili s programom Ursa 4,0. Osnova za potrditev hipotez sta bila dva izdelana elaborata gradbene fizike in dve energetski izkaznici, katere smo med seboj primerjali.

Smiselnost gradnje modularnih hiš potrjuje raziskava, ki je predstavljena v diplomskem delu. Ugotovili smo, da je modularna vikend hiša energetska učinkovitejša od lesene vikend hiše. Na osnovi rezultatov iz energetskih izkaznic lahko zaključim, da je dovedena energija večja pri leseni vikend hiši, ker znaša $118,39\text{ kWh/m}^2\text{a}$, medtem, ko znaša pri modularni vikend hiši $106,09\text{ kWh/m}^2\text{a}$. Na osnovi obeh rezultatov sprejmemo hipotezo H1.

Vsi kazalniki energetske izkaznice kažejo na večjo energetska učinkovitost modularne vikend hiše, zato lahko potrdimo tudi hipotezo H2.

Zanimalo nas je tudi, kako posamezni sistemi ogrevanja vplivajo na energetska učinkovitost. Pri leseni vikend hiši bo primarni sistem za ogrevanje kotel na pelete, v poletnih mesecih pa bo na voljo grelnik vode na elektriko. Pri modularni hiši smo za ogrevanje prostorov izbrali talno ogrevanje s kotlom na pelete.

Za pripravo sanitarne vode pa smo izbrali solarni toplotni sistem s kolektorji, površine 6m^2 . Letna dovedena energija, ki jo potrebujemo za ogrevanje znaša pri leseni vikend hiši 3706

kWh/a, medtem, ko znaša pri modularni vikend hiši 2780 kWh/a. Na osnovi pridobljenih rezultatov potrdim hipotezo H3.

Rezultati raziskave so dokazali smotrnost gradnje modularnih hiš, nakazujejo pa tudi na potrebo po nadaljnjem raziskovanju, kateri sistemi ogrevanja prostorov in sanitarne vode so energetsko učinkovitejši.

Kot smo že dejali so male hiše so bolj vodljive, kot pa velike hiše. Tudi stroški za gradnjo in za vzdrževanje so manjši. Hiše bi morale biti zgrajene po pametnem in modernem dizajnu, tehnologiji, ki je udobnejša, pri kateri je vzdrževanje cenejše in se uporabi manj energije za hlajenje in za ogrevanje.

Energetsko učinkovite stavbe so pomembne za celotno družbeno okolje ter za podnebje. Razvoj energetsko učinkovitih stavb je napredoval, vendar pa moramo strmeti k večji vgradnji naravnih materialov v naše stavbe.

Klasična gradnja je še vedno kar energetsko potrošna, saj za pridobivanje osnovnih surovin, ki so potrebna za samo gradnjo potrebujemo veliko energije. Prav tako pa nastane veliko odpadnih sestavin pri sami gradnji, ki jih ni mogoče reciklirati, medtem pa pri modularni gradnji tega problema nimamo. Rešitev je v modularni gradnji.

10 VIRI, LITERATURA

- Direktorat za energijo. (11. februar 2021). *Energetska prenova stavb*. Pridobljeno iz <https://www.gov.si teme/energetska-prenova-stavb/>
- Donša, B. (januar 2014). Energetska učinkovitost stavb kot odločitveni dejavnik pri nakupu. Maribor.
- Habjanič, S. (2014). *Trajnostni gradbeni materiali*. Kobarid: Posoški razvojni center.
- Jadadić, A. (avgust 2015). Lesena energijsko učinkovita hiša. Maribor.
- Koones, S. (2016). *Prefabulous small houses*. Newtown: The Tounton Press.
- Kosmač, A. (september 2016). Trajnostni razvoj in razvoj trajnostnih betonov. Maribor.
- Kovačič, B. (brez datuma). *Osnove lesarstva, mehanske in fizikalno kemične lastnosti lesa*. Pridobljeno iz http://www.cpi.si/files/cpi/userfiles/Lesarstvo_tapetnistvo/mehanske_fizikalno_kemicne_lastnosti_lesa.pdf
- Lambizer, A. (september 2012). Energetska izkaznica stavb in izračun toplotnih izgub na primeru dvostanovanjske stavbe. Maribor.
- Metodologija za izračun energijskih lastnosti stavbe*. (brez datuma). Pridobljeno iz https://www.uradni-list.si/files/RS_-2009-077-03362-OB~P005-0000.PDF
- Mladenović, B. (april 2012). Izračun toplotne obremenitve hiše po SIST EN in URSA. Maribor.
- Modular Building Institute. (b.d.). *What is Modular Construction?* Pridobljeno iz https://www.modular.org/HtmlPage.aspx?name=why_modular
- Perhavec, G. (junij 2020). *Academia*. Pridobljeno iz <https://student.academia.si/course/view.php?id=143>.
- Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb. (19. december 2014).
- Praznik, M. i.-S. (2016). Trajnostna zasnova energijsko učinkovitih enodružinskih hiš. Ljubljana.
- Renar, J. (15. oktober 2015). Beton in trajnostna gradnja, Beton v stavbah. Ljubljana.

SteelConstruction.info. (b.d.). Pridobljeno iz Modular_construction: Vir:
https://www.steelconstruction.info/Modular_construction

Šegula, A. (2017). Popisi del, predizmere in ponudbeni predračun za gradbena dela večstanovanjske stavbe . Maribor.

Zavrl, Š. M. (oktober 2014). *Vrednotenje in certificiranje trajnostne gradnje*. Kobarid: Posoški razvojni center.

Zavrl, Š. M. (31. januar 2017). *Pregled sistemov trajnostnih kriterijev s predlogom prenosa*. Pridobljeno iz
https://www.gov.si/assets/ministrstva/MOP/Dokumenti/Graditev/sistem_trajnostnih_kriterijev_porocilo1.pdf

Zupančič, M. (15. september 2016). Energijska analiza zasnove lesene večstanovanjske modularne stavbe. Ljubljana.

11 PRILOGE

Priloženi dokumenti so načrti za leseno vikend hišo, narejeni s pomočjo programa ArchiCAD ter dva elaborata gradbene fizike, ki sta izdelana s pomočjo programa Ursa 4,0. (Lasten vir)

Priloga 1: Tloris pritličja

Priloga 2: Prerez A-A

Priloga 3: Prerez B-B

Priloga 4: Fasade

Priloga 5 : Elaborat gradbene fizike za leseno vikend hišo

Priloga 6 : Elaborat gradbene fizike za modularno vikend hišo