

VIŠJA STROKOVNA ŠOLA ACADEMIA

MARIBOR

**PRIMERJALNA ANALIZA PASIVNE OPEČNO
ZIDANE HIŠE IN PASIVNE MONTAŽNE HIŠE
ZA NEUKEGA INVESTITORJA**

Kandidat: Igor Petelin

Vrsta študija: Študent izrednega študija

Študijski program: Gradbeništvo

Mentor predavatelj: dr. Ksenija Golob

Mentor v podjetju: Tomaž Košat, univ. dipl. ing. arh.

Lektor: Petra Narat Palčnik, prof. slov. jez.

Maribor, 2017

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Podpisani Igor Petelin sem avtor diplomskega dela z naslovom Primerjalna analiza pasivne opečno zidane hiše in pasivne montažne hiše za neukega investitorja, ki sem ga napisal pod mentorstvom dr. Ksenije Golob.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo delo izključno rezultat mojega dela,
- sem poskrbel, 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 (Ur. l. RS 16/07 – uradno prečiščeno besedilo, 68/08, 110/2013 in 56/2015); (v nadaljevanju ZASP), 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.

Maribor, september 2017

Podpis študenta:

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorici dr. Kseniji Golob za pomoč in spodbudo ter mentorju Tomažu Košatu, univ. dipl. inž. arh., za strokovno pomoč pri izdelavi diplomskega dela.

POVZETEK

Projekt za pridobitev gradbenega dovoljenja in izvedbo za gradnjo opečno zidane hiše je osnova diplomskega dela, ki obravnava lastnosti ter stroške in čas gradnje pasivne masivne opečno zidane hiše kot tudi pasivne montažne lesene hiše iz sendvič panelov.

V diplomskem delu je opisan standard pasivne hiše, v katerem so navedene karakteristike, ki jih mora imeti pasivna hiša, ter lastnosti pasivne hiše in pomembnosti pri načrtovanju pasivne hiše. Vsi navedeni podatki nagovarjajo investitorja k odločitvi za gradnjo pasivne hiše. Prav tako pa se ga seznanja s posebnostmi in tudi pričakovanji.

Diplomsko delo opisuje tako pasivno masivno hišo kot tudi pasivno montažno hišo z poudarkom na masivni opečno zidani hiši in montažni leseni hiši iz sendvič panelov.

Navedene so značilnosti gradnje masivne hiše in tudi vrste teh hiš. Opisane so lastnosti in tehnologija gradnje opečno zidane hiše ter primeri iz prakse, ki opozarjajo investitorja, na kaj mora biti pozoren. Primeri iz prakse so plod lastnih izkušenj, ki sem jih pridobil z gradnjo nizkoenergijskih in pasivnih hiš za trg v preteklih desetih letih.

Navedene so značilnosti montažne hiše kot tudi vrste teh hiš z njihovimi specifikacijami in tehnologijo izdelave. Opisane so lastnosti in tehnologija gradnje montažne hiše iz sendvič panelov.

Opis projekta za pridobitev gradbenega dovoljenja in izvedbo vsebuje pomembne podatke iz projekta kot tudi tloris in dva prereza.

Navedene so obveznosti in odgovornosti investitorja ter priporočila investitorju kot tudi opozorila pred napakami. Prav tako je opisan postopek gradnje, ki se nanaša na obseg gradnje, ki je predmet primerjalne analize.

Delo vsebuje tri primerjalne analize med pasivno masivno opečno zidano hišo in pasivno montažno hišo iz sendvič panelov, in sicer lastnostno, časovno-terminsko ter cenovno.

Ključne besede: pasivna hiša, masivna opečno zidana hiša, montažna hiša, časovno terminska analiza, lastnostna analiza, cenovna analiza.

ABSTRACT

Comparative analysis of passive brick built houses and passive prefabricated wooden houses for an amateur investor

The implementation project for the construction of a massive brick built house is the basis of a thesis dealing with the properties, costs and timing of the construction of a passive massive brick built house as well as passive prefabricated wooden houses with sandwich panels.

The degree paper describes the passive house standard and which characteristics does the passive house must have and important things in designing of the passive house.

The degree paper describes both, a passive massive house and a passive prefabricated house. The description describes the properties of both houses as well as the construction technology. The description of the project for obtaining the construction permit and the project for implementation contains important data from the project as well as the ground plan and two cross sections.

The obligations and responsibilities of the investor are indicated, as well as recommendations to the investor, as well as warnings about errors. It also describes the construction process, which refers to the scope of construction, which is the subject of comparative analysis.

The thesis contains three comparative analysis between the passive massive brick house and the passive prefabricated house, namely, characteristic, building time and price.

Keywords: passive house, prefabricated house, massive brick built house, comparative analysis.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD.....	6
1.1	OPIS PODROČJA IN OPREDELITEV PROBLEMA	6
1.2	NAMEN, CILJI IN OSNOVNE TRDITVE	7
1.3	PREDPOSTAVKE IN OMEJITVE	8
1.4	UPORABLJENE RAZISKOVALNE METODE	10
2	PASIVNA HIŠA	11
2.1	UVOD	11
2.2	STANDARD PASIVNE HIŠE	11
2.3	LASTNOSTI PASIVNE HIŠE	12
2.4	POMEMBNOSTI PRI NAČRTOVANJU PASIVNE HIŠE	13
3	PASIVNA MASIVNA HIŠA	16
3.1	UVOD	16
3.2	LASTNOSTI OPEČNO ZIDANE HIŠE	17
3.3	TEHNOLOGIJA GRADNJE OPEČNO ZIDANE HIŠE	18
3.4	PRIMERI IZ PRAKSE	19
4	PASIVNA MONTAŽNA HIŠA.....	22
4.1	UVOD	22
4.2	LASTNOSTI MONTAŽNE HIŠE IZ SENDVIČ PANELOV	25
4.3	TEHNOLOGIJA GRADNJE MONTAŽNE HIŠE IZ SENDVIČ PANELOV.....	26
5	PROJEKT PASIVNA MASIVNA OPEČNO ZIDANA HIŠA	28
5.1	OPIS PROJEKTA	28
5.2	OPIS KONSTRUKCIJE.....	30
5.3	OBVEZNOSTI IN ODGOVORNOSTI INVESTITORJA TER PRIPOROČILA INVESTITORJU PRI IZVEDBI PROJEKTA.....	30
5.4	OPIS GRADNJE ZA PRIMERJALNO ANALIZO	34
6	PRIMERJALNA ANALIZA	36
6.1	LASTNOSTNA PRIMERJALNA ANALIZA	36
6.2	ČASOVNO- TERMINSKA PRIMERJALNA ANALIZA.....	38
6.3	CENOVNA PRIMERJALNA ANALIZA	39
7	SKLEP	40
8	VIRI IN LITERATURA.....	42
9	PRILOGE	44

KAZALO SLIK

SLIKA 1: PRIMER SESTAVE STENE PONUDNIKA MARLES (PASIV)	23
SLIKA 2: PRIMER STREŠNE KONSTRUKCIJE PONUDNIKA LUMAR (PASIV)	24
SLIKA 3: TEHNOLOGIJA MONTAŽNE LESENE GRADNJE S SENDVIČ PANELI	27
SLIKA 4: TLOVIS PRITLIČJA STANOVANJSKE HIŠE	29
SLIKA 5: PREREZ B-B STANOVANJSKE HIŠE	30
SLIKA 6: POLOŽENA TOPLOTNA IZOLACIJA IZ XPS NA PODBETONU IN IZDELAN OPAŽ TEMELJNE PLOŠČE	34
SLIKA 7: NOSILNI IN PREDELNI ZIDOVI IZ OPEČNIH ZIDAKOV	35

KAZALO TABEL

TABELA 1: ČASOVNO TERMINSKA PRIMERJALNA TABELA ZA MONTAŽNO HIŠO	38
TABELA 2: ČASOVNO-TERMINSKA PRIMERJALNA TABELA ZA OPEČNO ZIDANO HIŠO	39
TABELA 3: CENOVNA PRIMERJALNA ANALIZA	39

Okrajšave

XPS – ekstrudiran polistiren

EPS – ekspandiran polistiren

AB – armirano betonski

OSB – oriented strand board (leseno vlaknene plošče)

NN vodi – nizkonapetostni vodi

TK vodi – telekomunikacijski vodi

PGD – projekt za pridobitev gradbenega dovoljenja

PZI – projekt za izvedbo

PVC – polyvinyl chloride

1 UVOD

1.1 Opis področja in opredelitev problema

Reševanje stanovanjskega problema ljudi je povezano z gradnjo stanovanjskih stavb. Pomembno je, da stanovanjske stavbe povzročajo čim manjše obratovalne stroške, pri čemer je pomemben strošek ogrevanja stavbe in ogrevanja sanitarne vode. Višina stroška za ogrevanje stavbe je predvsem odvisna od tega, kako dobro je stavba toplotno izolirana po njenem ovoju, in od toplotne prehodnosti zunanega stavbnega pohišva. Višina stroškov za ogrevanje sanitarne vode je odvisna predvsem od vira energije, pri čemer je sonce najcenejši vir energije. Pasivna hiša je odgovor na zgornje navedbe.

Stanovanjske stavbe ločimo:

- a) glede na težo konstrukcijskih elementov (zidovi, etažne plošče, streha):
 - težke stavbe,
 - lahke stavbe,
- b) glede na tehniko gradnje:
 - masivne stavbe,
 - montažne stavbe,
- c) glede na vrsto nosilnega konstrukcijskega gradbenega materiala:
 - armiranobetonske stavbe,
 - armiranobetonske stavbe iz lahkega betona,
 - armiranobetonske skeletne stavbe,
 - jekleno skeletne stavbe,
 - zidane stavbe (opečni, poro betonski, lahki betonski, betonski-zidaki),
 - lesene stavbe.

Zaradi številnih kombinacij tehnike gradnje in kombinacij konstrukcijskih gradbenih materialov stanovanjskih stavb vedno ne moremo ločiti po zgoraj navedenih kriterijih.

Pri gradnji stanovanjskih stavb imajo velik pomen gradiva, ki jih ločimo na lahka in težka. Težka gradiva so: beton, lahki beton $\geq 1000 \text{ kg/m}^3$, les, opeka in kamen, steklo itd.

Lahka gradiva so ekstrudiran polistiren (XPS), ekspandiran polistiren (EPS), kamena volna, steklena volna, ekspandirano penjeno steklo, celulozni kosmiči, poro beton, ekspandirana žgana glina, lahki beton $\leq 1000 \text{ kg/m}^3$ itd.

Težka gradiva imajo večinoma dobro lastnost shranjevanja toplote. Lahka gradiva imajo večinoma dobre toplotnoizolacijske lastnosti.

Pri stanovanjskih stavbah so konstrukcijski elementi večinoma izdelani iz več različnih gradiv, zato imajo ti elementi skupek lastnosti teh gradiv. Pomembnejša kot prostorninska masa posameznega gradiva, je prostorninska masa posameznega konstrukcijskega elementa.

Temeljenje večine novo grajenih stavb, tako težkih kot lahkih oziroma masivnih kot montažnih, je izvedeno iz armiranega betona.

Na območju Slovenije se najpogosteje gradijo masivne opečno zidane hiše in montažne lesene hiše iz sendvič panelov (Slonep, 2017).

Vsak investitor hiše mora v projektni nalogi navesti zahteve, pogoje, želje in pričakovanja, ki bodo izhodišča za projektanta. Največkrat je osnovna dilema za investitorja, kakšna stavba naj bo hiša. Ali bo to masivna ali montažna hiša. Investitor mora na osnovi posvetovanja s projektantom in drugimi svetovalci sprejeti odločitev.

Odločitev, ki jo mora sprejeti investitor, je vse prej kot lahka. Da bo odločitev investitorja lažja, se v tej diplomskem delu obravnava:

- a) pasivna masivna hiša, zidana iz opečnih zidakov, temeljena z armiranobetonsko temeljno ploščo ter povezana z armiranobetonskimi vezmi in armiranobetonsko strešno ploščo,
- b) pasivna montažna lesena hiša iz sendvič panelov, temeljena z armiranobetonsko temeljno ploščo.

1.2 Namen, cilji in osnovne trditve

Namen diplomskega dela je izdelati lastnostno, časovno-terminsko in cenovno primerjalno analizo med pasivno masivno opečno zidano hišo in pasivno montažno leseno hišo iz sendvič panelov ter s tem investitorju pomagati pri njegovi odločitvi na osnovi argumentov, ki se bodo pridobili z analizo pridobljenih podatkov.

Cilji diplomskega dela:

- predstaviti koncept pasivne hiše ter osnovna načela in standarde, ki jih moramo upoštevati pri projektiranju takšne vrste gradnje,
- opisati in na splošno predstaviti razlike med pasivno masivno opečno zidano hišo in pasivno montažno leseno hišo iz sendvič panelov z vidika lastnosti, stroškov gradnje in časa, porabljenega za gradnjo,
- predstaviti in opisati tehniko gradnje masivne opečno zidane hiše in montažne lesene hiše iz sendvič panelov.

Osnovne trditve:

- gradnja pasivne masivne opečno zidane hiše je stroškovno ugodnejša od gradnje pasivne montažne lesene hiše iz sendvič panelov.

Raziskovalno vprašanje:

Kakšna je razlika med pasivno masivno opečno zidano hišo in pasivno montažno leseno hišo iz sendvič panelov, upošteva prednosti oziroma slabosti obeh tipov gradenj, časovne terminske in cenovne razlike?

1.3 Predpostavke in omejitve

Ker bo obravnavana hiša grajena kot pasivna hiša, je to seveda povezano z višjimi stroški izgradnje. Investitorju je potrebno opravičiti in navesti razloge, zakaj graditi pasivno hišo. Investitor se lahko prijavi na razpis za nepovratna finančna sredstva Eko sklada¹, ki vsako leto objavi javni poziv »*nepovratne finančne spodbude občanom za nove naložbe rabe obnovljivih virov energije in večje energijske učinkovitosti stanovanjskih stavb*«. Za pridobitev nepovratne finančne spodbude za gradnjo ali nakup nove skoraj ničenergijske eno- ali dvostanovanjske hiše mora ta izpolnjevati naslednje zahteve:

¹ Opomba: Eko sklad, Slovenski okoljski javni sklad (Eko sklad), je bil ustanovljen leta 1993 kot oseba javnega prava po Zakonu o varstvu okolja. Glavni namen Eko sklada je spodbujati razvoj na področju varstva okolja. Je edina specializirana ustanova v Sloveniji, ki zagotavlja finančne podpore za okoljske projekte. Finančno pomoč Eko sklad nudi predvsem preko kreditiranja iz namenskega premoženja.

- 1) *Energijska učinkovitost bo v segmentu računske rabe energije za ogrevanje (Q_h), izračunane po metodi za pasivne stavbe »PHPP«, manjša ali enaka $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$. Navedena vrednost Q_h se, ne glede na dejansko lokacijo gradnje stanovanjske stavbe, izračuna za klimatske podatke mesta Ljubljana (T1996-2005/J1981-2000), ki so objavljeni na spletni strani Eko sklada.*
- 2) *Dovoljena je le vgradnja zunanjega stavbnega pohištva (okna, fiksne zasteklitve, balkonska vrata, vhodna vrata, ipd.) s toplotno prehodnostjo $U \leq 0,9 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, določeno po standardu SIST EN 14351-1:2006+A1:2010, z najmanj trojno zasteklitvijo, in sicer po načelu tesnjenja v treh ravneh, kot je opredeljeno v smernici RAL.*
- 3) *Obvezna je vgradnja ene od oblik centralnega sistema prezračevanja z vračanjem toplote odpadnega zraka. Stanovanjske prezračevalne enote s sistemom za rekuperacijo toplote, namenjene centralnemu prezračevanju, morajo dosegati toplotni izkoristek rekuperacije toplote (η_t) vsaj 80 % in specifično vhodno moč (SPI) vsaj $0,45 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{h})$.*
- 4) *Stavba mora najmanj 50 % dovedene energije za delovanje stavbe pokriti iz obnovljivih virov energije. Potrebni delež obnovljivih virov energije se lahko zagotovi s sprejemniki sončne energije ali drugimi sistemi, ki uporabljajo obnovljive vire energije. Neposredno ogrevanje stavbe in sanitarne vode z električno energijo ne sme presegati 10 % skupnih letnih toplotnih potreb stavbe, razen v primeru, če gre za samooskrbo z električno energijo, proizvedeno iz obnovljivih virov energije.*
- 5) *Obvezen je preizkus zrakotesnosti stavbe, pri čemer mora izmerjena vrednost pri ugotavljanju tesnosti obodnih konstrukcij po standardu SIST EN 13829 znašati: $n_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$.*

(Javni poziv 37SUB-OB16, 2016)

Ker je namen prikazati zgolj razliko med masivno in montažno gradnjo, sem se opredelil zgolj na obodne stene in streho hiše. Pri tem sem predpostavil, da bo objekt v obeh primerih enako temeljen in tudi zunanje stavbno pohištvo, strojno- in elektroinštalacijska dela ter druga obrtniška dela za notranjo finalizacijo bodo v obeh primerih enaka.

1.4 Uporabljene raziskovalne metode

Pri diplomskem delu sem se osredotočil na gradnjo stanovanjske stavbe v pasivnem standardu. Osrednja naloga je bila pridobiti lastnostne primerjave med obema tipoma gradnje, tako sem izmed pridobljenih podatkov naredili primerjalno analizo. Časovno-terminsko analizo sem izdelal na osnovi rokov izvedbe ali terminskih planov (priloga 1,2,3,4), ki so jih izvajalci navedli v ponudbah. Cenovno analizo pa sem izdelal na osnovi ponudb izvajalcev. Za empirični del sta bili uporabljeni raziskovalni metodi, in sicer deskriptivna metoda in metoda analize, za teoretični del pa le deskriptivna metoda. Empirični del temelji na mojih dolgoletnih izkušnjah pri gradnji masivnih nizkoenergetskih in pasivnih hiš.

2 PASIVNA HIŠA

2.1 Uvod

Arhitekt dr. Wolfgang Feist, pionir na področju pasivne gradnje, je leta 1991 razvil koncept pasivne hiše. Kot prototipni objekt je v mestu Darmstadt – Kranichstein postavil štiri trietažne stavbne enote, ki porabijo samo 12 kWh/(m²a) energije. Da ta koncept stoji na trdnih temeljih, dokazujejo vsakoletne raziskave in monitoringi na tem objektu, ki ji opravljajo že od leta 1991, in se potrošnja energije ni veliko spremenila. Dejstvo je, da naraščanje porabe energije in večanje toplogrednega učinka spadata med najbolj izpostavljene probleme današnjega časa. Zaradi tega so se pasivne hiše zelo hitro razvijale in postale vedno bolj prepoznavne tudi med laično populacijo. Pod pojmom pasivna hiša razumemo stanovanjske hiše, poslovne stavbe, šole, vrtce, proizvodne stavbe, skratka vse stavbe, v katerih se zadržujejo ali bivajo ljudje – ne glede na velikost (Zbašnik-Senegačnik, Pasivna hiša, 2007).

Po dvajsetih letih od nastanka koncepta se tudi na območju Slovenije čedalje več investorjev spoznava s prednostmi pasivne gradnje in posledično odloča za gradnjo pasivne hiše, saj jim ta omogoča bivanje z nizkimi obratovalnimi stroški in visokim nivojem bivalnega ugodja.

2.2 Standard pasivne hiše

Pasivna hiša je energetska varčna hiša, ki mora imeti naslednje karakteristike:

- vsi gradbeni elementi v zunanjem ovoju hiše morajo imeti karakteristike toplotne prehodnosti $U \leq 0,15 \text{ W/(m}^2\text{K)}$,
- zunanji ovoj hiše mora biti izveden brez toplotnih mostov $\Psi \leq 0,01 \text{ W/(mK)}$,
- zrakotesnost hiše mora biti dokazana s preizkusom za vrednost $n_{50} \leq 60 \text{ h}^{-1}$,
- zasteklitev mora imeti karakteristike toplotne prehodnosti $U_g \leq 0,8 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ in prehoda sončnega sevanja $g \geq 50 \%$,
- okenski okvirji morajo imeti karakteristike toplotne prehodnosti $U_f \leq 0,8 \text{ W/(m}^2\text{K)}$,
- zunanje stavbno pohištvo (okna, vhodna vrata) mora imeti karakteristike toplotne prehodnosti $U_w \leq 0,8 \text{ W/(m}^2\text{K)}$,

- poraba električne energije za pogon prezračevalne naprave mora biti $\leq 0,4 \text{ Wh/m}^3$ prečrpanega zraka,
- letna potrebna toplota za ogrevanje je $\leq 15 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$,
- skupna letna poraba primarne energije je $\leq 120 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$,
- letna poraba električne energije $\leq 18 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$,
- toplotne izgube so $\leq 10 \text{ W/m}^2$.

(Zbašnik-Senegačnik, Pasivna hiša, 2007)

Izvedba prisilnega prezračevanja z napravo za vračanje toplote izrabljenega zraka je v pasivni hiši obvezna. Vir ogrevanja v pasivni hiši je lahko toplotna črpalka, sončni kolektorji ali drugi sistemi obnovljivih virov energije. Pasivna hiša ne potrebuje grelnih teles (Zbašnik-Senegačnik, Masivne zidane pasivne hiše, Februar 2013).

Ker se veliko neukih investitorjev ne spozna na te vrste podatkov, lahko poenostavljeno povemo, da je letna poraba energije za ogrevanje manjša ali enaka $15 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$, kar pretvorjeno pomeni manj kot 1,5 l kurilnega olja na m^2 ogrevane površine stavbe. Za stavbo z ogrevano površino 100 m^2 bi skratka za ogrevanje potrebovali 150 litrov kurilnega olja na leto (Zbašnik-Senegačnik, Pasivna hiša, 2007).

2.3 Lastnosti pasivne hiše

Pasivna hiša nudi visok bivalni standard. To se pokaže v temperaturnem ugodju, ki ga pogojuje dejstvo, da so temperature notranjih površin v prostoru le malo nižje od temperature zraka v prostoru, zato se zrak v prostoru giblje minimalno oziroma bistveno manj kot v običajnih hišah (v običajnih hišah imamo predvsem v zimskem obdobju občutek prepiha kljub zaprtim oknom in vratom). Gibanje zraka v prostoru je minimalno kljub prisilnemu prezračevanju. Pojav rosenja steklenih površin je skoraj povsem eliminiran, razen morda v kopalnici zaradi povišane vlage v primeru uporabe večje količine tople vode. Prisilno prezračevanje nudi posebno ugodje čistega in svežega zraka v prostoru. Zrak v prostoru ima nizko vsebnost CO_2 zaradi izmenjave zraka in malo prašnih delcev zaradi filtriranja svežega zraka, ki se dovaja, kar je še posebej ugodno za alergike na cvetni prah (Zbašnik-Senegačnik, Pasivna hiša, 2007).

Prezračevalni sistemi so lahko centralni ali lokalni. Pri centralnem sistemu se izrabljeni zrak sesa v umazanih prostorih (WC, kuhinja, strojnica, utility), nato pa po cevnem razvodu vodi do

toplotnega izmenjevalca (rekuperatorja), kjer ta izrabljeni zrak ogreje svež zrak, ki se ga s sesanjem dovaja od zunaj ter nato po cevnem razvodu naprej v bivalne prostore (spalnica, dnevna soba), izrabljen zrak pa se izpihuje navzven. Pri lokalnem sistemu se lokalne prezračevalne naprave z izmenjevalcem montira v preboje zunanjih sten.

Temperaturno ugodje v poletnem obdobju je odvisno od faznega zamika konstrukcijskih elementov. Največji fazni zamik imajo les in materiali na njegovi osnovi (celulozni kosmiči, leseni kosmiči, leseno vlaknene plošče).

Fazni zamik oziroma temperaturna zakasnitev je čas, ki preteče med pojavom najvišje temperature zunanjega ozračja in pojavom najvišje temperature na notranji površini konstrukcije (Grobovsek, 2017).

V pasivnih hišah je na letnem nivoju več energije potrebne za ogrevanje tople sanitarne vode kot za ogrevanje prostorov. Strošek ogrevanja na letnem nivoju je nizek, odvisno od vira ogrevanja (sprejemnik sončne energije, toplotna črpalka itd.) in od cene električne energije.

2.4 Pomembnosti pri načrtovanju pasivne hiše

Pri načrtovanju pasivne hiše je pomembno:

- da je stavba orientirana na jug z dnevnimi prostori (dnevna soba, jedilnica, otroške sobe), na sever pa s servisnimi prostori (WC, kopalnica, strojnica, utility, garderoba, stopnišče, kuhinja),
- da je stavba orientirana na jug z zastekljenimi površinami oziroma prosojnimi deli fasade, s čimer izrablja sončno energijo v zimskem in jesenskem obdobju,
- da stavba v zimskem obdobju ni zasenčena s sosednjimi objekti in ozelenjenimi drevesi, kar bi zmanjšalo sončne dobitke, zato so priporočljiva listopadna drevesa na južni vzhodni in zahodni strani stavbe,
- da je oblika stavbe čim bolj kompaktna, s čim nižjim oblikovnim faktorjem,
- da ima stavba v zimskem in jesenskem obdobju sposobnost shranjevanja sončne energije, ki skozi zastekljene površine oziroma prosojne dele fasade prodre v hišo, kjer sončno sevanje naleti na oviro, pa naj bo to pohištvo ali konstrukcijski gradbeni element (talna ali etažna plošča, zid), pri čemer je pomembna vrsta gradiva in barva obsijane površine, ter da ovire niso zavese ali druga notranja senčila,

- da je ovoj stavbe dobro toplotno izoliran brez toplotnih mostov in prekinitev, pri čemer naj se uporablja toplotnoizolacijski material s čim nižjim faktorjem $\lambda \leq 0,04 \text{ W/(mK)}$ (vpihovani, celulozni ali lesni kosmiči, zvitki ali table iz steklene, ovčje ali kamene volne, table iz penjenega stekla, nasutje granulata penjenega stekla, leseno vlaknene ali kokosove vlaknene table, phana slama),
- da ima zunanje stavbno pohištvo oziroma zasteklitev čim nižji faktor toplotne prehodnosti $\leq 0,8 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ in obvezno trislojno zasteklitev s termo distančnikom, vgrajeno pa mora biti po sistemu RAL,
- da so okna oziroma zunanje zasteklitve zasenčene z zunanjimi senčili, s čimer se prepreči pregrevanje v poletnem obdobju, kar ima za posledico potrebo po ohlajevanju prostorov in s tem povečanje porabe električne energije.

(Zbašnik-Senegačnik, Pasivna hiša, 2007)

Toplotne izgube nastajajo zaradi prehoda toplote skozi obodno konstrukcijo in zaradi prisilnega prezračevanja.

Toplotni mostovi so lahko konstrukcijski, geometrijski in konvekcijski. Konstrukcijski toplotni mostovi nastanejo na mestih, kjer je prekinjen toplotni ovoj stavbe predvsem zaradi slabe izvedbe in slabo načrtovanih detajlov. Geometrijski toplotni mostovi nastanejo na mestih, kjer je notranja površina, skozi katero uhaja toplota, manjša od zunanje površine (vogali stavbe). Konvekcijski toplotni mostovi nastanejo na mestih, kjer so odprtine oziroma špranje, ki so nastale zaradi slabe izvedbe zrakotesnosti (Zbašnik-Senegačnik, Kako odpraviti toplotne mostove v pasivni hiši?, 2017).

Pregrevanje prostorov v poletnem obdobju preprečujemo z intenzivnim naravnim nočnim prezračevanjem preko odprtih oken in s prisilnim ročnim prezračevanjem preko bypassa.

Ne glede na to, ali je pasivna hiša masivna ali montažna, je za zmanjšanje toplotnih izgub ključnega pomena toplotna izolacija, saj je toplotna prevodnost pri opečnem zidu skoraj enaka kot pri masivni leseni steni (Škvorc, 2007).

Celotna poraba energije za ogrevanje ni odvisna samo od toplotne prehodnosti, ampak tudi od toplotne stabilnosti hiše. Toplotna stabilnost hiše je odvisna od akumulacije oziroma shranjevanja toplote. Akumulacija toplote pri pasivni hiši je pomembna, saj nizki faktor toplotne prehodnosti konstrukcijskih elementov v ovoju stavbe še ne garantira nizke porabe

energije, še posebej pri velikih nihanjih zunanje temperature. Toplotna stabilnost je odvisna od prostorninske mase in specifične toplote materiala, iz katerega je zgrajena hiša (prav tam).

Težka gradiva dobro shranjujejo toploto, gradiva, katerih zunanost je temnejših barv, pa bolje absorbirajo toploto. Slaba lastnost težkih gradiv pa je, da so hladne na otip, kar pa ni prijetno za uporabnike stanovanjskih stavb, ki se zato odločajo za lesene (parket) ali tekstilne (itison, tepih) talne obloge (Zbašnik-Senegačnik, Pasivna hiša, 2007).

3 PASIVNA MASIVNA HIŠA

3.1 Uvod

Gradnja masivnih stavb je najbolj razširjena tehnika gradnje v Sloveniji. Masivne stavbe spadajo glede na težo konstrukcijskih elementov (zidovi, etažne plošče, streha) večinoma pod težke stavbe. Izjema so lahke stavbe, grajene iz lahkih gradbenih materialov, kot so poro betonski zidaki, lahki betoni in podobno.

Masivne stavbe ločimo na:

- zidane z zidaki z armiranobetonskim temeljenjem ter povezane z armiranobetonskimi vezmi, nosilci in stebri,
- armiranobetonske.

Zidane ločimo glede na vrsto zidakov, in sicer iz:

- opečnih zidakov (lepijo se z malto ali s poliuretansko peno),
- poro betonskih zidakov (lepijo se z lepilom na cementni osnovi),
- zidakov iz granulata ekspanzirane žgane gline (lepijo se z malto),
- opaznih zidakov iz lesne volne oziroma lesenega drobirja (lepijo se s poliuretansko peno in polnijo z betonom),
- opaznih zidakov iz ekspandiranega polistirena (sestavljene se polnijo z betonom).

Armirano betonske stavbe ločimo glede na vrsto betona, in sicer iz:

- normalno težkega betona,
- lahkega betona.

Temeljenje masivnih stavb je iz armiranega betona.

Pri pasivnih masivnih hišah je pomembno, da je temeljna konstrukcija toplotno izolirana proti terenu, in sicer pod temeljenjem, če je to mogoče iz statičnega vidika. Najboljša rešitev je temeljenje s temeljno ploščo, pod katero se položi horizontalna toplotna izolacija iz XPS, ki mora biti položena tudi zunaj oboda stavbe zaradi preprečitve zamrzovanja terena pod temeljno ploščo in brez prekinitev povezana z vertikalno toplotno izolacijo podzidka stavbe. S tako izvedbo se pri masivni gradnji izogne toplotnim mostovom med temeljenjem in zidovi.

Masivne hiše lahko imajo strešno konstrukcijo masivno ali pa montažno. Masivna strešna konstrukcija se izvede na enak način kot etažna plošča, in sicer iz armiranega betona ali pa s kombinacijo betonskih nosilcev, opečnih polnil in armiranega betona (monta plošča). Montažna strešna konstrukcija se lahko izvede iz jeklenih, armiranobetonskih ali lesnih nosilcev, običajno pa iz lesenih gred in špirovcev.

Masivne hiše lahko gradimo sukcesivno glede na razpoložljiva finančna sredstva investitorja. Vrednost masivne hiše se skozi daljše časovno obdobje bolje ohranja kot vrednost montažne hiše (Malik, Februar 2011).

3.2 Lastnosti opečno zidane hiše

Konstrukcijski elementi opečno zidanih hiš zaradi svoje prostorninske mase prispevajo k toplotni stabilnosti stavbe, saj uravnavajo nihanja zunanjih temperatur tako v zimskem kot v poletnem obdobju, skratka ohranjajo konstantno temperaturo.

Fazni zamik zunanjih zidov traja od 11 do 13 ur, odvisno od debeline in vrste zidu ter od debeline in vrste toplotnoizolacijske fasade. Bolj kot fazni zamik zunanjih zidov je pomemben fazni zamik strehe, ki je lahko masivna ali montažna.

Opečno zidane hiše zagotavljajo visoko požarno varnost in konstrukcijsko trdnost.

Zidovi iz opečnih zidakov, ki se med seboj lepijo s poliuretansko peno, imajo bistveno boljšo toplotno prevodnost λ kot zidovi iz običajnih opečnih zidakov, lepljenih z malto (Wienerberger, 2017).

Zrakotesnost hiše, zidane s poliuretansko peno, je slabša kot pri hiši, zidani z malto, saj malta med posameznimi vrstami opeke preprečuje prehod zraka iz ene vrste v drugo. Omet zidu opravlja funkcijo zračnega tesnjenja zidane hiše.

Ometani opečni zidovi opravljajo vloge regulatorja klime v hiši in omogočajo akumulacijo energije sonca, ki v zimskem, pomladnem in jesenskem obdobju prodira v hišo skozi steklene površine.

Ometani opečni zidovi imajo poleg sposobnosti akumuliranja toplote tudi sposobnost akumuliranja vlage, kadar sta temperatura zraka in relativna zračna vlažnost v prostoru visoki. Postopek se obrne, ko se zrak ohladi in relativna zračna vlažnost zniža (Zbašnik-Senegačnik, Masivne zidane pasivne hiše, Februar 2013).

V primeru poplav ali izlitja vode v stavbi je masivno opečno zidano hišo lažje sanirati kot pa montažno leseno hišo iz sendvič panelov.

Opečni zidovi nam omogočajo njihovo uporabo pri obremenitvi s sanitarno opremo, visečimi pohištvenimi in drugimi elementi, saj so sposobni prenašati takšne obremenitve, pa tudi pritrdjevanje je enostavno. Še posebej pomembno je, da takšnih obremenitev ni treba predvidevati vnaprej – kot na primer pri montažni stavbi iz sendvič panelov (Zbašnik-Senegačnik, Masivne zidane pasivne hiše, Februar 2013).

3.3 Tehnologija gradnje opečno zidane hiše

Hiša, zgrajena iz opečnih zidakov, je najbolj tradicionalna tehnologija gradnje, ki pa se je skozi čas spreminjala. Danes predstavlja opečno zidana hiša naslednjo tehnologijo konstrukcije:

- armiranobetonsko temeljenje,
- zidovi iz opečnih zidakov,
- armiranobetonske vertikalne in horizontalne vezi,
- armiranobetonski stebri in nosilci,
- armiranobetonske ali monta etažne plošče,
- leseno ostrešje za poševne strehe ali armiranobetonske plošče za ravne strehe.

Temeljenje se izvede, kot je opisano v točki 3.1. Na temeljni oziroma talni plošči se mora izvesti horizontalna hidroizolacija. Horizontalna hidroizolacija temeljne plošče se lahko izvede tudi pod temeljno ploščo na ali med toplotno izolacijo ali na podbetonu. Na stiku temeljenja in zidu se mora izvesti vertikalna hidroizolacija, tako da se stika s horizontalno hidroizolacijo. Zidovi se zidajo iz opečnih zidakov, tako da se ti lepijo z malto ali poliuretansko peno. Za balkone uporabimo na prehodu med notranjostjo in zunanostjo stavbe posebne armaturne elemente s toplotno izolacijo, ki preprečuje toplotni most. Armirano betonske vertikalne in horizontalne vezi, nosilci, stebri, preklade in plošče, ki s svojimi stranicami mejijo na zunanji obod stavbe, se dodatno toplotno izolirajo s posebnimi opažnimi elementi iz EPS ali pa se jih klasično opaži in v opaž na zunanje stranice vstavi tablo EPS, s čimer se preprečijo toplotni mostovi. Etažne plošče in strešna konstrukcija se lahko izvedejo, kot je opisano v točki 3.1. Na stropih ter na notranji strani zunanjih zidov in notranjih zidov se izvede omet. Na tleh se izvede dodatna toplotna izolacija in zvočna izolacija proti udarnemu zvoku ter cementni estrih.

Opečnih zidakov obstaja več vrst, tudi takšni, ki so polnjeni z izolacijskim materialom.

3.4 Primeri iz prakse

Pri masivnih hišah je kvaliteta izvedbe posameznih del (gradbenih in obrtniških) odvisna od posameznih izvajalcev.

Če se želi doseči pasivni standard hiše, morajo biti zato usposobljeni predvsem izvajalci zidarskih, krovskih, fasaderskih, suhomontažnih, strojno inštalacijskih, elektroinštalacijskih in stavbno pohištvenih del.

Zidarska dela, ki jih izvajajo posamezni specializirani izvajalci, so izdelava notranjih ometov in estrihov.

Pri izvedbi vseh navedenih del je treba opozoriti, da se ta terminsko prepletajo in da so v medsebojni odvisnosti.

Če se investitor stanovanjske hiše odloči za »lastni inženiring«, je njegova naloga usklajevanje vseh izvajalcev. Zaradi investitorjeve nevednosti in nestrokovnosti lahko pride do časovnih zamikov izvedbe in do nekvalitetno izvedenih del. Pri pasivni gradnji je kvaliteta izvedenih del izjemno pomembna, pa čeprav gre samo za gradnjo stanovanjske hiše zahteva usposobljeno osebo gradbene stroke, ki bo dela organizirala in nadzirala.

Kot je navedeno v točki 2.2, je za doseganje standarda pasivne hiše treba doseči predpisano zrakotesnost, kar pa v praksi ni enostavno doseči – predvsem zaradi tega, ker je to povezano z izvedbo del več izvajalcev, predvsem tistih, ki so navedeni v začetku te točke. Napaka enega od njih je lahko usodna za izpolnitev kriterija zrakotesnosti. Zato je treba dela, ki so povezana z doseganjem zrakotesnosti, še posebej nadzirati.

Zrakotesnost stavb iz opečnih zidov se doseže z notranjim ometom, ki se mora stikati z armirano betonsko ploščo posamezne etaže. Notranji omet se mora izvesti tudi na tistih zunanjih zidovih, kjer se bodo montirale suhomontažne obloge. Vse preboje skozi zunanje konstrukcijske elemente je treba zatesniti. Vsakršno dolbenje utorov v opečne zunanje zidove lahko ima kljub izvedbi notranjega ometa za posledico nedoseganje kriterija zrakotesnosti, še posebej velja to pri izvedbi elektroinštalacij, ki se morajo izvesti z zrakotesnimi dozami. Pri izvedbi strojnih inštalacij je ta verjetnost manjša, vendar je pomembno, da so stiki njihovih izvodov iz konstrukcijskih elementov zatesnjeni.

Če se želi doseči zrakotesnost zunanjih zidov, se lahko to doseže z obdelavo stikov opečnih zidakov tako, da te stike zgladimo s fino malto ali fasadnim lepilom na zunanji strani zidov. To se izvede pred izvedbo toplotnoizolacijske fasade. V primeru takšne izvedbe obstaja zelo mala verjetnost, da se kriterij zrakotesnosti ne bi dosegel – zaradi dolbenja utorov opečnemu zidu. Za doseg zrakotesnosti se mora posebno pozornost posvetiti vgradnji zunanjega stavbnega pohištva, ki mora biti vgrajeno po sistemu RAL.

Drugi pomembni kriterij za doseganje standarda pasivne hiše je izvedba zunanjega toplotnega izolacijskega ovoja hiše brez toplotnih mostov, kar je v veliki meri odvisno od izvajalcev fasaderskih del. Vse špranje v toplotni izolaciji fasade je treba napolniti s poliuretansko peno pred izvedbo zaključnih slojev. Prav tako je treba preboje inštalacij skozi toplotno izolacijo fasade obdelati s poliuretansko peno pred izvedbo zaključnih slojev. Inštalacijske cevi se lahko na talno ploščo pritruje le s poliuretansko peno in sponkami. Pritrjevanje inštalacijskih cevi z obbetoniranjem ni ustrezno.

Zunanje stavbno pohištvo se montira na zunanji rob zidu ali na zunanjo stran zidu z načinom obešenja. V primeru montaže stavbnega pohištva na zunanji rob zidu je za preprečitev toplotnih mostov na stiku okvirja zunanjega stavbnega pohištva in opečnega zidu treba zidno odprtino poravnati z malto in jo oblepiti z XPS-tablami. Na območju okenskih polic se luknje v opečnih zidkih napolnijo s poliuretansko peno do globine ca. 10 cm še pred poravnavo z malto.

Posebno pozornost je treba posvetiti vgradnji škatel za zunanja senčila, ki se vgrajujejo v toplotnoizolacijsko fasado in zato predstavljajo neizogiben linijski toplotni most. Krmiljenje zunanjih senčil mora biti na električni pogon.

Masivne stavbe običajno sestavljajo tudi elementi montažne gradnje, kot so na primer montažna lesena streha ter suhomontažne stene, stropi in obloge.

V primeru montažne lesene strehe pa se mora izvesti sledeče:

- parno zaporo oziroma oviro pod toplotno izolacijo strehe se namesti tako, da se na robovih zalepi na že ometani zid, s čimer se doseže zrakotesnost strehe,
- preboje strešne konstrukcije (špirovci) skozi toplotnoizolacijsko fasado (napušč) zatesniti z mikrocelično poliuretansko peno – predvsem zaradi delovanja lesa (enostavnejša je izvedba strehe brez napuščev, ker špirovci ne prebadajo toplotnoizolacijske fasade in zato ni možnosti za kasnejše poškodbe fasade in posledično vdora zraka v toplotno izolacijo strehe),

- preboje skozi strešno konstrukcijo zrakotesno in vodotesno zatesniti (dimnik, prezračevalne cevi, kanalizacijski oddušnik itd.),
- strešno konstrukcijo toplotno izolirati nad špirovci s toplotnoizolacijskimi ploščami, ki imajo funkcijo sekundarne kritine (priporočljivi so materiali s karakteristiko večjega faznega zamika, ki preprečuje vdor toplote v poletnem obdobju, to so predvsem leseno vlaknene plošče),
- strešno konstrukcijo toplotno izolirati med špirovci in pod špirovci (priporočljivi so materiali s karakteristiko večjega faznega zamika, ki preprečujejo vdor toplote v poletnem obdobju, to so predvsem lesni materiali, in sicer celulozni ter leseni kosmiči, leseno vlaknene plošče),
- podkonstrukcijo za namestitev toplotne izolacije pod špirovci montirati s čim manj toplotnimi mostovi.

4 PASIVNA MONTAŽNA HIŠA

4.1 Uvod

V Sloveniji je zgodovina montažnih gradenj povezana s postavitvijo različnih barakarskih naselij kmalu po drugi svetovni vojni. Taka gradnja je veljala za manjvredno in ostanki tega mišljenja so v manjši meri prisotni še danes. Dejstvo je, da montažna gradnja v Sloveniji nima tradicije in da je klasična, z opeko zidana stanovanjska hiša še vedno prevladujoči način ter pojem kakovostne in trajne gradnje. Prve sodobne montažne hiše so se v Sloveniji pojavile konec šestdesetih let 20. stoletja, ko sta z njihovo proizvodnjo začeli podjetji Marles in Jelovica. Tako je v Sloveniji delež montažnih gradenj v primerjavi s klasičnimi daleč pod evropskim povprečjem. Še vedno vlada določeno nezaupanje v kakovost, ki v preteklosti res ni bila najboljša. Na področju Evrope se ta delež giblje od 20 do 30 odstotkov, v Avstriji pa proizvajalci pokrivajo 35-odstotni tržni delež. Razlog je v energetskih omejitvah, po katerih objekt ne sme porabiti več kot sedem litrov kurilnega olja na kvadratni meter stanovanjske površine v eni kurilni sezoni. Ta direktiva nove energetske omejitve, ki že velja v Avstriji, bo sčasoma veljala tudi pri nas, kar odpira nove možnosti širitve trga montažnih hiš (Slonep, 2017).

Montažne stavbe ločimo glede na osnovni konstrukcijski material:

- lesene,
- armiranobetonske iz lahkega betona.

A. Lesene montažne stavbe ločimo glede na tehniko gradnje in vrsto lesenih komponent:

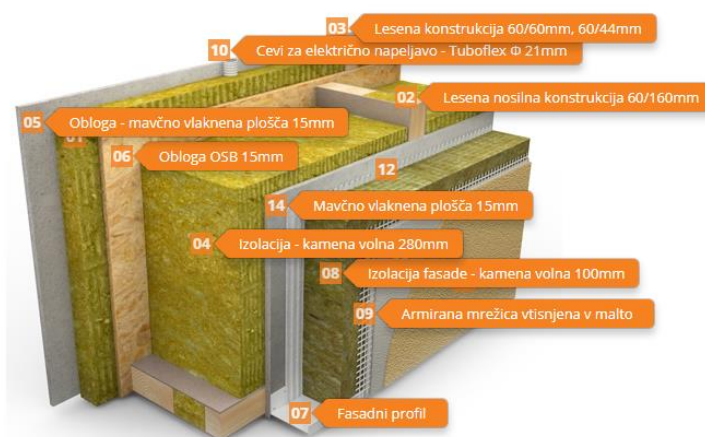
- gradnja iz lesenih sendvič segmentnih panelov (malostenski panelni sistem),
- gradnja iz lesenih sendvič velikih panelov (velikostenski panelni sistem),
- lesena skeletna gradnja,
- lesena okvirna gradnja,
- gradnja iz lesenih križno lepljenih masivnih panelov (x lam),
- gradnja iz brun ali tramov.

(Kuzman Kitek, 2008)

B. Armiranobetonske montažne stavbe ločimo glede na vrsto lahkega betona:

- lahki beton iz granulata ekspanzirane žgane gline (Liapor, 2017),
- lahki beton iz granulata ekspanziranega žganega stekla (Glapor, 2017),

A.a) Gradnja iz lesenih sendvič segmentnih panelov je gradnja sten iz prefabriciranih panelov manjših dimenzij (2,70 m x 1,25 m), kjer konstrukcijo predstavlja leseni okvir širine od 16 do 25 cm, ki je obojestransko zaprt s tablamami, in sicer na zunanji strani zidu z leseno vlaknenimi (OSB) ali mavčno vlaknenimi tablamami, na notranji strani zidu pa z leseno vlaknenimi (OSB) ali ivernimi tablamami. Notranjost zidu je zapolnjena s toplotnoizolacijskim materialom (celulozni kosmiči, leseni kosmiči, kamena volna, steklena volna). Na notranji strani zidu se izvede inštalacijska ravnina iz lesene konstrukcije debeline ca. 5 cm, na katero so privijačene mavčno kartonaste plošče, vmesni prostor pa je zapolnjen s toplotno izolacijo. Na notranji strani zidu se mora izvesti parna zapora pod inštalacijsko ravnino, razen v primeru, ko notranje plošče prevzemajo funkcijo parne zapore. Delež masivnega lesa v panelu je velik in predstavlja v njem toplotne mostove, ki poslabšajo toplotno izolativnost, čemur se lahko izognemo z dodatno toplotno izolacijsko fasado in konstrukcijo iz I lesenih nosilcev ali z zamikom lesenih okvirjev v dveh nivojih, kar podraži gradnjo. Stenski segmentni paneli se sestavljajo na mestu gradnje.

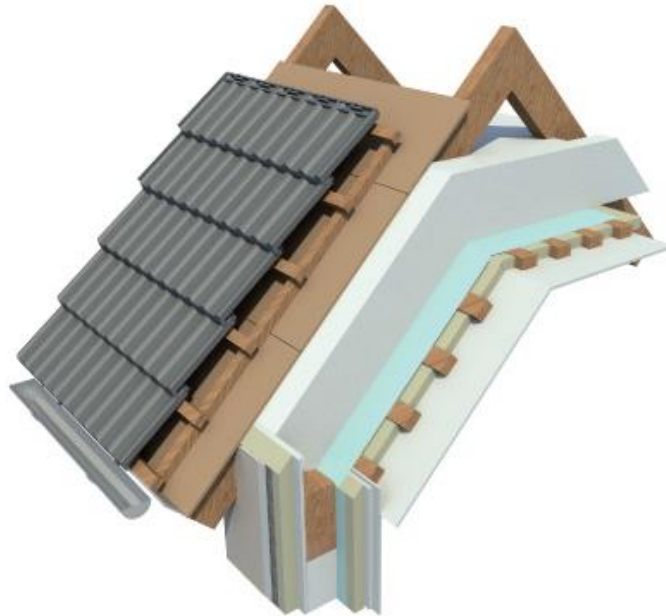


Slika 1: Primer sestave stene ponudnika Marles (pasiv)

Vir: (<https://www.marles.com/hise/tehnice-vsebine/konstrukcijski-sistemi/pasiv>, 2017)

Etažna plošča se izdelava iz lesene konstrukcije, ki se obojestransko zapira in napolni s toplotno izolacijo – podobno kot paneli za stene, vendar z razliko, da se to izvaja na mestu gradnje.

Streha se izdelata iz lesene konstrukcije, ki se obojestransko zapira in napolni s toplotno izolacijo – podobno kot paneli za stene, vendar z razliko, da se ta izvaja na mestu gradnje. Na to se po potrebi položi sekundarna kritina in montira podkonstrukcijo, na katero se položi kritina. Podkonstrukcija je različna glede na vrsto kritine.



Slika 2: Primer strešne konstrukcije ponudnika Lumar (pasiv)

Vir: (http://www.lumar.si/konstrukcijski-sistemi_streha-energy.html, 2017)

- A.b) Gradnja iz lesenih sendvič velikih panelov je gradnja sten, etažne plošče in strešne konstrukcije iz prefabriciranih panelov večjih dimenzij. Paneli so po konstrukciji in sestavi sorodni segmentnim panelom. Na zunanjih stenah se izvede toplotnoizolacijsko fasado. Polaganje sekundarne kritine in montaža podkonstrukcije ter polaganje kritine se izvaja na mestu gradnje, kot je opisano v točki a.
- A.c) Lesena skeletna gradnja je gradnja iz lesenih stebrov in nosilcev, ki se jih montira na mestu gradnje, kar podaljša čas gradnje. Skeletna gradnja je odprta gradnja, pri kateri je nosilen skelet ločen od stenskih elementov, ki nimajo nosilne funkcije (Kuzman Kitek, 2008). Etažna plošča in streha se izdelata podobno, kot je opisano v točki a.
- A.d) Lesena okvirna gradnja je gradnja na osnovi lesenih okvirjev, ki se jih montira na mestu gradnje, nato pa se okvirje zapre s ploščami in napolni s toplotno izolacijo – podobno, kot se to izvede pri segmentnih panelih v proizvodnji. Na zunanjih stenah se izvede

toplotnoizolacijska fasada. Izvedba etažne plošče in strehe je podobna, kot je opisano v točki a.

A.e) Gradnja iz masivnih lesenih panelov križno lepljenega lesa (X lam) je gradnja sten, etažne plošče in strešne konstrukcije iz prefabriciranih panelov večjih dimenzij. Na zunanjih stenah se izvede toplotnoizolacijska fasada. Paneli so dimenzijsko stabilni in se ne zvijajo. Omogočajo veliko trdnost in visoko stabilnost, pri obremenitvi pa so homogeni (Veko hiše, 2017).

Temeljenje montažnih stavb je enako kot za masivne stavbe, in sicer kot je opisano v točki 3.1. Na temeljni plošči se na izvedeno hidroizolacijo položi dodatna toplotna izolacija in zvočna izolacija proti udarnemu zvoku ter izvede suhi ali mokri cementni estrih.

Na etažnih ploščah montažnih lesenih stavb se položi zvočna izolacija proti udarnemu zvoku in izvede suhi ali mokri cementni estrih. Vse stike konstrukcijskih elementov na zunanjem ovoju pa je treba zatesniti.

4.2 Lastnosti montažne hiše iz sendvič panelov

Temperaturno stabilne montažne hiše so tiste, ki imajo v konstrukcijo vgrajen velik delež lesa ali pa toplotnoizolacijskega materiala na osnovi lesa, saj ima les sposobnost akumuliranja veliko toplote na enoto prostornine, medtem ko ima lahka toplotna izolacija (steklena in kamena volna, EPS) to sposobnost zelo nizko. Poleg akumuliranja toplote ima les in toplotna izolacija na osnovi lesa lastnost velikega faznega zamika, ki je pomemben v poletnem obdobju, ko lahko pride do pregrevanja hiše (Škvorc, 2007).

»Za stanovanjsko montažno leseno gradnjo je tako kar več argumentov, naštejmo le najpomembnejše:

- *gradbeno fizikalne lastnosti*
- *ekološka neoporečnost vgrajenih materialov*
- *bistveno manjša poraba energije že pri pripravi materialov za vgradnjo*
- *hitrost gradnje*
- *večja uporabna površina pri enakih zunanjih gabaritih objekta*
- *požarna varnost*

- *trajnost*
- *potresna varnost.*«

(Kuzman Kitek, 2008)

Stena montažne hiše je bistveno tanjša od stene masivne hiše pri istem faktorju toplotne prehodnosti.

4.3 Tehnologija gradnje montažne hiše iz sendvič panelov

Tehnologija gradnje iz sendvič panelov je opisana v točki 4.1 a.

Temeljenje montažne hiše je enako kot za masivno hišo, kot je opisano v točki 3.1. Še posebej kvalitetno mora biti izveden stik temeljenja z montažnimi stenami. Horizontalno in vertikalno hidroizolacijo se izvede, kot je opisano v točki 3.4. Poleg navedenega je pomembno, da so stiki konstrukcijskih elementov na notranji strani zrakotesni. Za oblogo zunanjih sten in sekundarno kritino so priporočljive leseno vlaknene plošče, saj imajo visoko paro prepustnost in nizko toplotno prevodnost, visoko zvočno izolativnost in velik fazni zamik, ki omogoča toplotno stabilnost hiše (Škvorc, 2007).

Nosilnost pri tem tipu konstrukcije zagotavljajo osrednji del, sestavljen iz linijskih elementov, in obojestransko pritrjena obloga iz tanjših elementov. Linijski elementi so običajno postavljeni v pravokotnem rastru, praviloma pa so narejeni iz masivnega lesa, redkeje iz konstrukcijskega kompozitnega lesa. Za oblogo se lahko uporabljajo različne plošče, kot npr. mavčno kartonska, mavčno vlaknena, iverna, cementno iverna, plošče iz lesnih vlaken, vezane plošče ter plošče z usmerjenim iverjem (OSB). Prostor med ploščami je zapolnjen s toplotno izolacijo - mineralno, stekleno ali kameno volno, v novejšem času tudi s celulozo, volno, kokosom, konopljo, bombažem, tekstilom ali lesnimi vlakni (Lesena gradnja, 2017).



Slika 3: Tehnologija montažne lesene gradnje s sendvič paneli

Vir: (https://files.dnevnik.si/g/mojdom/_custom/Laura/prefabricated_house_construction.jpg, 2017)

Za nosilnost stenskega elementa v vodoravni smeri je zelo pomembna izbira obložnega materiala in razmik veznih sredstev. Z izbiro pravega OSB-obložnega materiala ter s postavitvijo pokončnih linijskih elementov na razmike, manjše od 50 cm, zagotovimo bistveno večjo horizontalno nosilnost stenskega elementa, s tem pa dobimo tudi večji prevzem povečanih obremenitev v primeru večje višine objekta. Mavčno vlaknena plošča se pri višjih objektih (tri ali več etažnih) ne izkaže kot dobra izbira materiala, saj lahko pride v natezni diagonali do tvorbe razpok, kar bistveno zmanjša vodoravno togost stenskega elementa in stabilnost objekta (Lesena gradnja, 2017).

5 PROJEKT PASIVNA MASIVNA OPEČNO ZIDANA HIŠA

5.1 Opis projekta

Predmet naloge je individualna opečno zidana pasivna hiša, za katero je bil izdelan projekt za izvedbo (priloga 5, 6, 7).

Hiša je locirana v katastrski občini 157 Dolga vas pri Lendavi na zemljišču s parcelno številko 3050/2. Velikost parcelnega zemljišča meri 539 m². Na parceli se nahaja manjši vodnjak, ki ga je treba pred pričetkom del porušiti. Dostop do občinske ceste je neposredno s parcele, na vzhodni strani objekta oz. parcele. Investitor želi zgraditi manj zahteven objekt na območju Lendave za lastne potrebe. Objekt je pritlična hiša klasične izvedbe. Zgrajena iz opečnih zidakov, temeljena z armirano betonsko temeljno ploščo, povezana z armirano betonskimi vertikalnimi in horizontalnimi vezmi in pokrita z monta strešno ploščo. Zasnova objekta je pravokotna. Dolžina objekta je 11 metrov, širina 8,5 metra, višina 3,64 metra. Kompozicijo objekta predstavlja gabaritno enoten volumen po vertikali. Na vzhodni stani objekta se nahaja vhod in nadstrešnica za dva avtomobila z dovozom. Na južni strani je terasa tlorisne površine 22 m². Na jugo-zahodnem delu je predvidena tipska vrtna lopa velikosti 7,50 m². Lega objekta na parceli je severno-vzhodna in leži na tretjini parcele. Pritličje je namenjeno dnevnim aktivnostim in spalnim prostorom.

Enodružinska hiša zajema samo pritličje. Glavni vhod v objekt je z vzhodne strani. V pritličju je na levi strani od vhoda kuhinja z jedilnico in dnevnim prostorom. Med dnevnim prostorom in jedilnico je izhod na teraso. Na desni strani oz. severni strani objekta je kabinet, utility, kopalnica in spalnica. Dostop do objekta je z občinske ceste.

Na vzhodni strani objekta je urejen tlakovan dovoz z občinske ceste. Pri vhodu v objekt se nahaja nadstrešnica za dva avtomobila. Celotna parcela je z vseh strani urejena z zelenico. Na jugo-zahodni strani je predvidena tipska vrtna lopa za shranjevanje orodja.

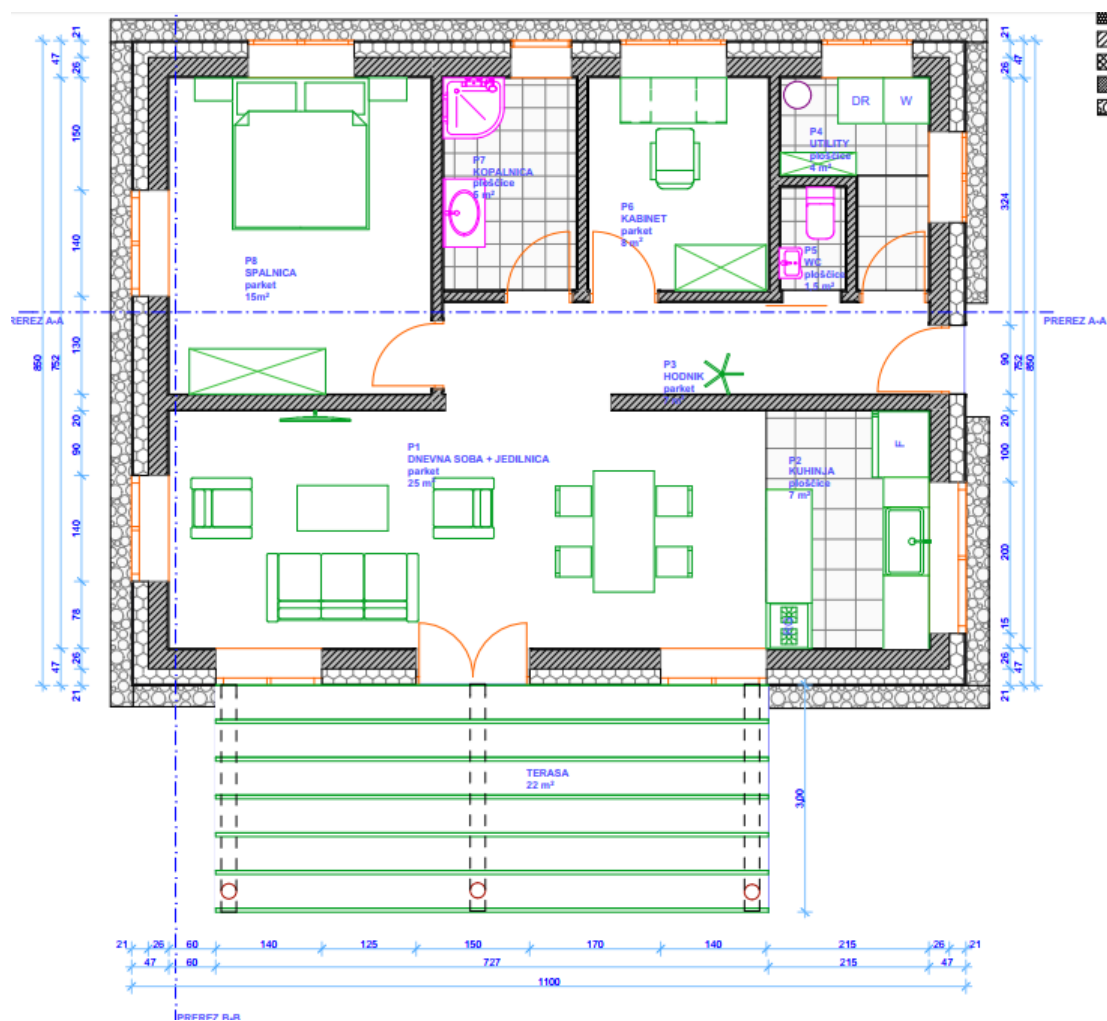
Karakteristike hiše:

Površina toplotnega ovoja stavbe: $A = 233,35 \text{ m}^2$

Kondicionirana prostornina stavbe: $V_e = 340,42 \text{ m}^3$

Neto ogrevana prostornina stavbe : $V = 197,42 \text{ m}^3$

Oblikovni faktor:	$f_0 = 0,69 \text{ m}^{-1}$
Neto tlorisna površina:	$A_k = 75,35 \text{ m}^2$
Vrsta zidu:	Težka gradnja ($\geq 1000 \text{ kg/m}^3$)
Širina stavbe:	8,50 m
Dolžina stavbe:	11,00 m
Višina etaže:	2,65 m
Število etaž	ena etaža



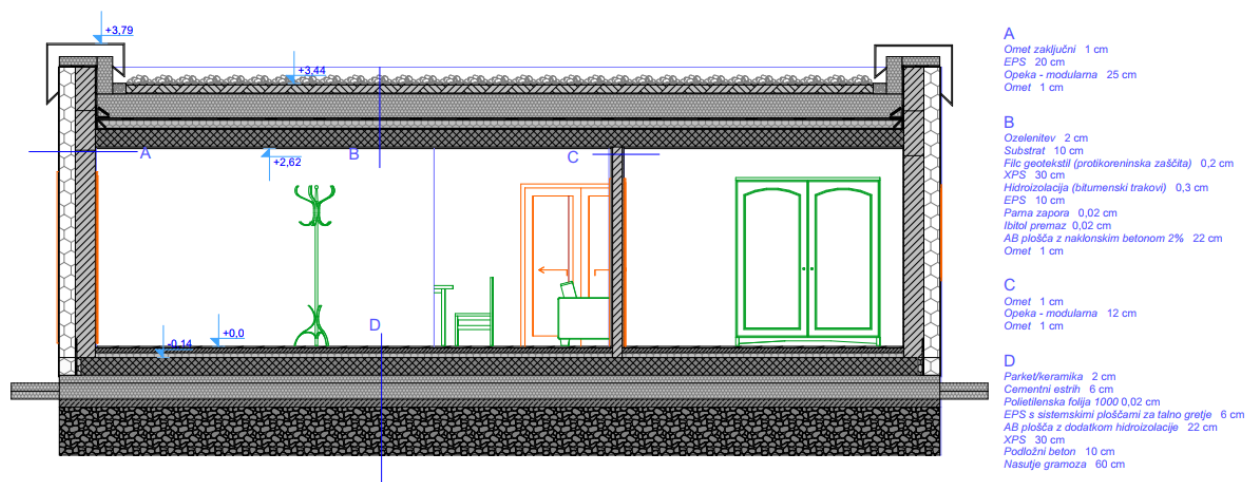
Slika 4: Tloris pritličja stanovanjske hiše

Vir: (Lastna raziskava, 2017)

5.2 Opis konstrukcije

Opis konstrukcije masivne hiše, ki je projektirana za diplomsko delo:

- temeljna plošča debeline 22 cm iz armiranega betona,
- zunanji nosilni zidovi, vključno z atiko debeline 25 cm iz opečnih zidakov Porotherm profi, zlepljenih s poliuretansko peno,
- notranji nosilni zidovi debeline 20 cm iz opečnih zidakov Porotherm Profi, zlepljenih s poliuretansko peno,
- vertikalne in horizontalne vezi ter preklade iz armiranega betona,
- strešna plošča debeline 22 cm iz monta stropa (nosilci in polnila višine 16 cm in armirani beton debeline 6 cm).



Slika 5: Prerez B-B stanovanjske hiše

Vir: (Lastna raziskava, 2017)

5.3 Obveznosti in odgovornosti investitorja ter priporočila investitorju pri izvedbi projekta

V tem diplomskem delu sem obravnaval stanovanjsko stavbo, grajeno v standardu pasivne hiše. Projekt za pridobitev gradbenega dovoljenja in izvedbo, ki je osnova diplomskega dela, je izdelan za masivno opečno zidano hišo.

Investitor mora za izdelavo projektne dokumentacije izbrati projektanta in z njim skleniti pogodbo. Projektant imenuje odgovornega vodjo projekta z referencami za gradnjo pasivnih hiš.

Investitor mora za izvajanje gradnje izbrati izvajalca in z njim skleniti pogodbo (priloga 8). Priporočljivo je, da investitor za vsa dela, tako gradbena kot obrtniška, izbere enega izvajalca z referencami gradnje pasivnih hiš.

Investitor mora za nadzor nad izvajanjem gradnje izbrati nadzornika in z njim skleniti pogodbo. Nadzornik imenuje odgovornega nadzornika z referencami za gradnjo pasivnih hiš.

Investitorjeva naloga je izbrati naprave, sanitarno opremo, stavbno pohištvo, talne obloge itd. Priporočljivo je, da se investitor pri nakupu zemljišča posvetuje z arhitektom oziroma projektantom, prav tako pa tudi z izkušenim gradbenikom. Investitor izbere tudi nadzornika, čigar odgovorni nadzornik mu služi kot svetovalec pri nakupu zemljišča in pri pripravi projektne naloge v fazi projektiranja, še posebej je lahko s svojimi izkušnjami v veliko pomoč investitorju pri izdelavi projekta za izvedbo ter v fazi sklepanja pogodbe z izvajalcem.

Za dobro izpeljano izvedbo celotnega projekta od projektiranja do izgradnje je pomembno dobro sodelovanje vseh deležnikov projekta.

Investitor in odgovorni nadzornik morata od izvajalca zahtevati, da ponudba zajema izvedbo preizkusa zrakotesnosti (kriterij za pasivne hiše) in pripravo dokumentacije za javni poziv (nepovratne finančne spodbude) Eko sklada. V gradbeni pogodbi naj bo navedeno, da je ustrezen rezultat preizkusa zrakotesnosti in izročena ustrezna dokumentacija pogoj za celotno izplačilo izvedenih del, saj sicer investitor ne bo upravičen do nepovratne finančne spodbude Eko sklada.

Investitor se mora poučiti o odgovornostih, ki mu jih nalagajo zakon o graditvi objektov in drugi zakoni.

Investitor je v prekršku:

- če ne imenuje odgovornega vodje projekta (drugi odstavek 27. člena ZGO),
- če ne imenuje odgovornega vodje gradbišča (drugi odstavek 27. člena ZGO),
- če poveri izdelavo projektne dokumentacije osebi, ki ne izpolnjuje pogojev za projektanta (28. člen ZGO),
- če poveri gradnjo osebi, ki ne izpolnjuje pogojev za izvajalca (29. člen ZGO),

- če poveri gradbeni nadzor osebi, ki ne izpolnjuje pogojev za nadzornika (30. člen ZGO),
- če poveri opravljanje dejavnosti ali reguliranega poklica pravni ali fizični osebi v nasprotju s pravili o izključevanju (34. člen ZGO),
- če ne poskrbi za predpisan načrt organizacije gradbišča in za izdelavo varnostnega načrta ter za ustrezno ureditev gradbišča (drugi odstavek 82. člena ZGO),
- če ne poskrbi za predpisano označitev gradbišča s tablo (tretji odstavek 82. člena ZGO),
- če pravočasno ne zagotovi predpisanega gradbenega nadzora (prvi odstavek 85. člena ZGO),
- če v predpisanem roku ne poskrbi za vpis v uradne evidence (105. člen ZGO),
- če je lastnik objekta ali njegov pravni naslednik, pa na predpisani način ne hrani projektov, na podlagi katerih je bil objekt zgrajen oziroma rekonstruiran, dokler objekt stoji (prvi odstavek 107. člena ZGO),
- če izvaja ali izvede gradnjo, za katero je predpisano gradbeno dovoljenje, brez gradbenega dovoljenja (prvi odstavek 3. člena ZGO),
- če izvaja neskladno gradnjo iz prvega odstavka 180. člena (ZGO).

(Zakon o graditvi objektov (ZGO-1), 2002)

Investitor je v prekršku:

- če ne imenuje enega ali več koordinatorjev za varnost in zdravje pri delu, kadar dela izvaja ali je predvideno, da bo dela na gradbišču izvajalo dva ali več izvajalcev (prvi odstavek 4. člena uredbe o zagotavljanju varnosti in zdravja na začasnih in premičnih gradbiščih),
- če ne imenuje koordinatorjev za varnost in zdravje pri delu posebej za fazo priprave projekta in za fazo izvajanja projekta (drugi odstavek 4. člena uredbe o zagotavljanju varnosti in zdravja na začasnih in premičnih gradbiščih),
- če pred začetkom dela na gradbišču ne zagotovi, da se izdelava varnostni načrt (šesti odstavek 4. člena uredbe o zagotavljanju varnosti in zdravja na začasnih in premičnih gradbiščih),
- če ne sestavi prijave gradbišča, kot je to določeno v prilogi III te uredbe, v primerih, ko je predvideno trajanje dela daljše od 30 delovnih dni in na gradbišču hkrati dela več kot

20 delavcev, ali je predvideni obseg dela 500 človek/dni ali več (prvi odstavek 5. člena uredbe o zagotavljanju varnosti in zdravja na začasnih in premičnih gradbiščih),

- če ne pošlje prijave 15 dni pred začetkom del inšpekciji dela (drugi odstavek 5. člena uredbe o zagotavljanju varnosti in zdravja na začasnih in premičnih gradbiščih),
- če ne ažurira prijave gradbišča v primeru sprememb, ki vplivajo na rok dokončanja dela, v primerih uvedbe novega delodajalca ali začasne ustavitve del (četrti odstavek 5. člena uredbe o zagotavljanju varnosti in zdravja na začasnih in premičnih gradbiščih),
- če ne upošteva splošnih načel varnosti in zdravja pri delu v vseh fazah načrtovanja in priprave projekta, še zlasti pri odločanju o arhitektonskih, tehničnih, tehnoloških in/ali organizacijskih vidikih, da bi lahko planiral različne postavke ali faze del, ki jih je potrebno izvajati hkrati ali v zaporedju, in pri določanju časa, ki je potreben za dovršitev takih del ali faz del (6. člen uredbe o zagotavljanju varnosti in zdravja na začasnih in premičnih gradbiščih).

(Uredba o zagotavljanju varnosti in zdravja pri delu na začasnih in premičnih gradbiščih, 2009)

Največje napake investitorja pasivne hiše so večinoma naslednje:

- 1) nakup neustreznega zemljišča (lega, oblika, lokacija, osenčenje),
- 2) nakup neustrezno komunalno opremljenega zemljišča (vodovod, NN-elektrovod, TK-vod, kanalizacija ...),
- 3) izbor neustreznega projektanta (nima referenc za projektiranje pasivne hiše, arhitekt ne sodeluje pri projektiranju),
- 4) izbor neustreznega nadzornika (nima referenc za nadzor nad gradnjo pasivne hiše),
- 5) izbor neustreznega izvajalca (nima referenc za gradnjo pasivne hiše).

Opomba: Napake so razvrščene po časovnem vrstnem redu, kar pomeni, da nižja ko je številka napake, težje je popravljiva.

5.4 Opis gradnje za primerjalno analizo

Projekt, ki je osnova diplomskega dela, predvideva, da se na območju predvidene gradnje odrine humus, izkoplje gradbeno jamo in izvede gramozno blazino, na kateri se izvede podložni beton iz betona C12/15.

Na podložni beton se položi toplotna izolacija iz XPS-tabel, ki se pokrije s PVC-folijo. Nato se izdelata opaz temeljne plošče, položi armatura in zabetonira plošča z betonom C25/30, ki vsebuje dodatek za vodotesnost na osnovi kristalizacije.



Slika 6: Položena toplotna izolacija iz XPS na podbetonu in izdelan opaz temeljne plošče

Vir: (http://www.podsvojostreho.net/vsebina/sites/all/files/imagecache/bigpicture/solaris/DSCN6060_0.JPG, 2017)

Zidovi se zidajo z brušenimi opečnimi zidaki tako, da se lepijo s poliuretansko peno.

Za vertikalne in horizontalne armirano betonske vezi iz betona C25/30 na zunanjih zidovih ter na zunanjem obodu temeljne in krovne plošče uporabimo posebne opažne elemente iz EPS ali pa jih klasično opažimo in v opaž na zunanje stranice vstavimo table EPS, s čimer se prepreči toplotne mostove. Krovna plošča se izdelata kot monta plošča (nosilci, polnila, armatura, beton). Po razopaženju se na njej še zazida atika, nato pa izdelata naklonski beton.

Na zunanji strani zunanjih zidov se na stiku zidu in temeljne plošče izvede vertikalna hidroizolacija na predhodno izdelan omet iz fine malte. V notranjosti hiše se zazidajo predelne stene, izvedejo grobe strojne in elektroinstalacije, nato pa omet notranjih sten in stropov.

Okenske odprtine se v debelini zidov oblepijo z XPS-tablami. Po montaži zunanjega stavbnega pohištva se izvedejo krovska dela, ki zajemajo izdelavo toplotne izolacije iz XPS-tabel,

izdelavo hidroizolacije iz bitumenskih trakov ter nasutje opečnega drobirja in drenažnega gramoza. Po krovskih delih se izvedejo fasaderska dela s toplotno izolacijo iz tabel grafitnega EPS. Po končanih fasaderskih delih se izvedejo krovsko-kleparska dela in ekstenzivna zazelenitev.



Slika 7: Nosilni in predelni zidovi iz opečnih zidakov

Vir: (http://www.ugodnagrada.com/files/9513/9529/1379/porotherm_dryfix.jpg, 2017)

6 PRIMERJALNA ANALIZA

Delo predvideva primerjalne analize dveh različnih pasivnih hiš, in sicer opečno zidane in montažne leseno panelne (sendvič) ob predpostavki, da so karakteristike strojnih in elektroinstalacij, zunanjega stavbnega pohištva ter zrakotesne karakteristike enake. Prav tako se primerjajo konstrukcijski elementi enake toplotne prevodnosti.

6.1 Lastnostna primerjalna analiza

Prednosti masivne gradnje:

- trajnost,
- požarna varnost,
- potresna varnost,
- zanesljivost zrakotesnosti na daljše časovno obdobje,
- primerna za ravne strehe,
- dobra toplotna stabilnost,
- spreminjanje poteka strojnih in elektroinstalacij v toku gradnje in kasneje se lahko izvede brez velikih stroškov,
- lažja sanacija oziroma osuševanje v primeru poplav ali izlitja vode pod pogojem, da je zvočna izolacija pod estrihom iz vodo nevpojnega materiala, kot je EPS ali XPS,
- možnost obremenitve zidov s sanitarno opremo in visečimi pohištvenimi in drugimi elementi, pritrjevanje pa je enostavno,
- lažje dosegljiv ustrezni fazni zamik masivnih konstrukcijskih elementov na ovoju.

Slabosti masivne gradnje:

- težje rešljivi toplotni mostovi,
- težje rešljiv toplotni most na stiku zidu in temelja, če temeljenje ni toplotno izolirano proti terenu,
- težje rešljiv toplotni most visokih atik,
- časovno daljša gradnja,

- večji vplivi vremena na rok gradnje,
- natančnost izvedbe, ki se nanaša na ravnost in vertikalnost sten ter ravnost stropov, je vprašljiva in odvisna od natančnosti izvajalca gradbenih del,
- natančnost izvedbe vseh del do konca gradnje je vprašljiva, četudi jih prevzame en izvajalec, saj izvajalcev z referencami za pasivno gradnjo na trgu skoraj ni.

Prednosti montažne gradnje:

- trajnost,
- požarna varnost,
- potresna varnost,
- lažje rešljivi toplotni mostovi,
- časovno krajša gradnja,
- manjši vpliv vremena na rok gradnje,
- natančnost izvedbe ki se nanaša na ravnost in vertikalnost sten ter ravnost stropov, je visoka,
- natančnost izvedbe vseh del do konca gradnje je visoka le, če jih prevzame proizvajalec, saj sodeluje s podizvajalci, ki so preverjeni in seznanjeni z načinom izvedbe, sam pa kontrolira in koordinira izvedbo del,
- tanjše stene omogočajo večjo neto oziroma uporabno površino pri enaki bruto površini, kar je pomembno takrat, ko FIZ (faktor izrabe zemljišča) in FZ (faktor zazidave) omejujeta naročnikove želje.

Slabosti montažne gradnje:

- vprašljiva zanesljivost zrakotesnosti na daljše časovno obdobje,
- raztezanje in krčenje lesa v panelih ima lahko za posledico slabšo zrakotesnost po daljšem časovnem obdobju,
- večja možnost napak pri zagotavljanju zrakotesnosti zaradi velikega števila stikov,
- manj primerno za ravne strehe,

- slaba toplotna stabilnost razen v primeru uporabe toplotne izolacije na osnovi lesa, kot so celulozni kosmiči, leseni kosmiči, leseno vlaknene plošče,
- spreminjanje poteka strojnih in elektroinstalacij v toku gradnje in kasneje je težko izvedljivo in je povezano z večjimi stroški,
- konstrukcijski toplotni mostovi zaradi lesenega okvirja v panelu, razen v primeru uporabe I profilov ali izvedba zamika dvojnega okvirja,
- težje integriranje izolacijskega materiala v leseni okvir,
- možnost posedanja toplotne izolacije v panelu v daljšem časovnem obdobju,
- težje izvedljiva sanacija oziroma izsuševanje v primeru poplav ali izlitja vode je povezana z velikimi stroški,
- ustrezen fazni zamik montažnih in konstrukcijskih elementov na ovoju je težje dosegljiv, razen v primeru uporabe toplotne izolacije na osnovi lesa.

Glede na zgoraj navedene slabosti in prednosti obeh gradenj je razvidno, da so razlike očitne in večinoma nasprotni. Iz tega gre sklepati, da se mora investitor odločiti za tisti način gradnje, katerega lastnosti mu bolj ustrezajo.

6.2 Časovno- terminska primerjalna analiza

Tabela 1: Časovno terminska primerjalna tabela za montažno hišo

naziv izvajalca	rok izvedbe pogodbenih del od podpisa pogodbe	rok izvedbe pogodbenih del od uvedbe v posel
Marles	60 dni	45 dni
Lumar		60 dni

Vir: (Lastna raziskava, 2017)

Tabela 2: Časovno-terminalska primerjalna tabela za opečno zidano hišo

naziv izvajalca	rok izvedbe pogodbenih del od podpisa pogodbe	rok izvedbe pogodbenih del od uvedbe v posel
Gabrič, d.o.o.	60 dni	50 dni
Gradbeništvo Petelin, d.o.o.	70 dni	55 dni

Vir: (Lastna raziskava, 2017)

Glede na podatke z obeh tabel je razvidno, da ni večjih odstopanj pri roku izvedbe tako pri izvajalcih montažne hiše kot izvajalcih opečno zidane hiše. Iz tega gre sklepati, da čas izvedbe ne more vplivati na odločitev investitorja pri izboru načina gradnje.

6.3 Cenovna primerjalna analiza

Tabela 3: Cenovna primerjalna analiza

naziv izvajalca	Pasivna montažna lesena hiša iz sendvič panelov	Pasivna masivna opečno zidana hiša
Marles + izvedba ravne plošče	80.936,93 € z DDV +13.550,66 € z DDV = 94.487,59 € z DDV	
Lumar + izvedba ravne plošče	72.000,00 € z DDV +13.550,66 € z DDV = 85.550,66 € z DDV	
Gabrič, d.o.o.		50.206,22 € z DDV
Gradbeništvo Petelin, d.o.o.		51.845,56 € z DDV
Povprečna cena	90.019,13 € z DDV	51.025,89 € z DDV

Vir: (Lastna raziskava, 2017)

Glede na podatke iz zgornje tabele je razvidno, da je opečno zidana hiša bistveno cenejša od montažne hiše. Iz tega gre sklepati, da je za investitorja ugodnejše, če izbere za način gradnje opečno zidano hišo.

7 SKLEP

V diplomskem delu sem opisal standard in lastnosti pasivne hiše ter kaj je pomembno pri njenem načrtovanju. Opisane so lastnosti in tehnologija gradnje opečno zidane hiše in montažne hiše iz sendvič panelov. Izdelal sem primerjalno analizo med obema vrstama gradnje na osnovi projekta za pridobitev gradbenega dovoljenja in izvedbo. Primerjalna analiza se je izvedla za lastnosti, čas gradnje in ceno gradnje. Cenovna analiza se je izvedla za gradnjo do 4. gradbene faze, pri kateri so zajeti vsi stroški za zunanje dokončanje hiše in izvedbo obdelave notranjih sten, pri čemer se niso upoštevali stroški finalizacije, ki so pri obeh vrstah gradnje enaki (strojne in elektro inštalacije, tlaki, opleski, talne in stenske obloge, notranje stavbno pohištvo itd.). Prav tako je temeljenje opečno zidane hiše in montažne hiše iz sendvič panelov je enaka v obeh primerih in sicer z temeljno armirano betonsko ploščo. Časovno-terminsko, cenovno in primerjalno analizo sem izvedel na osnovi dveh pridobljenih ponudb za vsako vrsto gradnje.

Gradnja pasivne opečno zidane hiše predstavlja za investitorja bistveno večje angažiranje kot gradnja pasivne montažne hiše iz lesenih panelov. Proizvajalci montažnih hiš morajo imeti certificirano proizvodnjo, njihovi monterji in izvajalci obrtniških del pa izkušnje z gradnjo pasivnih hiš. Proizvajalci so prav tako večji pri pripravi dokumentacije za pridobitev subvencije Eko sklada. Navedbe v tem odstavku veljajo le, če investitor pri proizvajalcu naroči izvedbo hiše do popolnega dokončanja.

Pomembno je, da investitor opečno zidane hiše izbere nadzornika, ki ima reference za pasivno gradnjo. Prav tako je pomembno, da investitor izbere izvajalca, ki ima reference za pasivno gradnjo, ter da naroči izvedbo hiše do popolnega dokončanja.

Vsakršna delna izvedba pasivne hiše, pa naj bo to masivna ali montažna, pomeni veliko angažiranje investitorja in možnost za mnoge napake. Takšne fazne izvedbe se lahko lotijo le tisti investitorji, ki so strokovnjaki gradbene stroke in jim gradnja pomeni izziv.

Lastnostna primerjalna analiza opisuje prednosti in slabosti obeh vrst gradnje, na osnovi katerih se bo investitor lažje odločil pri izboru vrste gradnje.

Časovno-terminska primerjalna analiza navaja roke izvedbe vseh ponudnikov, iz katerih lahko razberemo, da so roki izvedbe za obe vrsti gradnje podobni, tako da ta analiza ne vpliva na odločitev investitorja pri izboru vrste gradnje.

Cenovna primerjalna analiza navaja cene vseh ponudnikov, iz nje pa je razvidno, da je gradnja opečno zidane hiše občutno cenejša od gradnje montažne hiše iz sendvič panelov.

Pasivna hiša je hiša prihodnosti – ne glede na to, kakšna vrsta gradnje je, pa čeprav bo ta v prihodnje doživela kar nekaj sprememb.

Glede na podnebne spremembe, s katerimi so povezana vedno bolj vroča poletna obdobja je ustrezen fazni zamik ena najpomembnejših lastnosti vsake stavbe, pa naj bo ta stanovanjska ali poslovna, ne glede na tehnologijo gradnje. Ustrezen fazni zamik omogoča ugodno bivanje v poletnem obdobju, saj preprečuje vdor zunanje toplote v stavbo, kar je povezano z manjšimi stroški za ohlajevanje stavbe.

Faznemu zamiku se danes še ne posveča dovolj pozornosti, vendar se bo v bližnji prihodnosti to spremenilo. Res pa je, da so toplotno izolacijski materiali z večjimi faznimi zamiki bistveno dražji od ostalih.

Doseganje zrakotesnosti stavbe po kriteriju pasivne hiše ni enostavno rešljiv problem, tako za masivne kot montažne stavbe. V obeh tehnologijah gradnje je doseganje zrakotesnosti povezano s poznavanjem problematike in načinom izvedbe nekaterih detajlov, katerih izvedba je ključnega pomena za doseganje zrakotesnosti.

Osnovno trditev, ki je bila postavljena na začetku diplomskega dela, da je pasivna masivna hiša cenovno ugodnejša in dostopnejša od pasivne montažne hiše, sem tako skozi primerjalno analizo potrdil in dokazal, da drži.

8 VIRI IN LITERATURA

- Glapor. (14. september 2017). Pridobljeno iz http://www.glapor.de/home_de.php
- Grobovsek. (9. September 2017). *Toplotna stabilnost strešnih konstrukcij*. Pridobljeno iz <http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/Grobovsek/PT276.htm>
- http://www.lumar.si/konstrukcijski-sistemi_streha-energy.html. (5. September 2017).
Pridobljeno iz Lumar d.o.o.: iz spletne strani http://www.lumar.si/konstrukcijski-sistemi_streha-energy.html
- http://www.podsvojostreho.net/vsebina/sites/all/files/imagecache/bigpicture/solaris/DSCN6060_0.JPG. (5. september 2017). Pridobljeno iz
(http://www.podsvojostreho.net/vsebina/sites/all/files/imagecache/bigpicture/solaris/DSCN6060_0.JPG)
- http://www.ugodnagrada.com/files/9513/9529/1379/porotherm_dryfix.jpg. (5. september 2017). Pridobljeno iz
(http://www.ugodnagrada.com/files/9513/9529/1379/porotherm_dryfix.jpg)
- https://files.dnevnik.si/g/mojdom/_custom/Laura/prefabricated_house_construction.jpg. (5. september 2017). Pridobljeno iz iz spletne strani
(https://files.dnevnik.si/g/mojdom/_custom/Laura/prefabricated_house_construction.jpg)
- <https://www.marles.com/hise/tehnice-vsebine/konstrukcijski-sistemi/pasiv>. (4. september 2017). Pridobljeno iz Marles d.o.o.: iz spletne strani
<https://www.marles.com/hise/tehnice-vsebine/konstrukcijski-sistemi/pasiv>
- Javni poziv 37SUB-OB16. (2016).
- Kuzman Kitek, M. (2008). *Gradnja z lesom - izziv in priložnost za Slovenijo*. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta.
- Lastna raziskava. (5. september 2017).
- Lesena gradnja*. (30. avgust 2017). Pridobljeno iz http://www.lesena-gradnja.si/html/img/pool/Konstrukcijski_sistemi_okvirna.pdf

Lesena gradnja. (10. september 2017). Pridobljeno iz Okvirna (panelna) konstrukcija:
http://www.lesena-gradnja.si/html/img/pool/Konstrukcijski_sistemi_okvirna.pdf

Liapor. (14. september 2017). Pridobljeno iz http://www.liapor.com/index_lp.html

Malik, G. (Februar 2011). Prednosti zidanih hiš. *Gradbenik*, 30.

Slonep. (30. avgust 2017). Pridobljeno iz Montazne hise: <http://www.slonep.net/montazne-hise/o-montaznih-hisah/zgodovina-montaznih-his>

Škvorc, M. (April 2007). Zidana ali lesena? *Gradbenik*, 44.

Uredba o ravnanju z odpadki, ki nastanejo pri gradbenih delih. (27. marec 2008). Pridobljeno iz <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=URED4788>

Uredba o zagotavljanju varnosti in zdravja pri delu na začasnih in premičnih gradbiščih. (1. september 2009). Pridobljeno iz <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=URED3783>

Veko hiše. (30. avgust 2017). Pridobljeno iz <http://www.vekohise.si/xlam-paneli.html>

Wienerberger. (14. september 2017). Pridobljeno iz <http://wienerberger.si/produkti>

Zakon o graditvi objektov (ZGO-1). (29. november 2002). Pridobljeno iz <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=ZAKO3490>

Zbašnik-Senegačnik, M. (2007). *Pasivna hiša*. Ljubljana: Fakulteta za arhitekturo.

Zbašnik-Senegačnik, M. (10. september 2017). *Kako odpraviti toplotne mostove v pasivni hiši?* Pridobljeno iz http://www.fa.uni-lj.si/filelib/8_konzorcijph/2010_toplotni_mostovi.pdf

Zbašnik-Senegačnik, M. (Februar 2013). Masivne zidane pasivne hiše. *Gradbenik*, 16-18.

9 PRILOGE

Priloga 1: Ponudba za gradnjo pasivne lesene montažne hiše podjetja Marles, d.o.o.

Priloga 2: Ponudba za gradnjo pasivne lesene montažne hiše podjetja Lumar, d.o.o.

Priloga 3: Ponudba za gradnjo pasivne masivne opečno zidane hiše podjetja Gabrič, d.o.o

Priloga 4: Ponudba za gradnjo pasivne masivne opečno zidane hiše podjetja Gradbeništvo Petelin, d.o.o.

Priloga 5: Tloris masivne opečno zidane hiše

Priloga 6: Prerez A-A masivne opečno zidane hiše

Priloga 7: Prerez B-B masivne opečno zidane hiše

Priloga 8: Povabilo k oddaji ponudbe, obrazec v katerem investitor navede osnovne zahteve