

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo



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

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

To je izvirna različica zaključnega dela.

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

Sever, M., 2016. Primerjalna analiza investicije klasične in skoraj nič energijske zidane stanovanjske stavbe. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Kryžanowski, A.): 40 str.

Datum arhiviranja: 16-09-2016

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



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

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

This is original version of final thesis.

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

Sever, M., 2016. Primerjalna analiza investicije klasične in skoraj nič energijske zidane stanovanjske stavbe. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Kryžanowski, A.): 40 pp.

Archiving Date: 16-09-2016

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



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

**VISOKOŠOLSKI ŠTUDIJSKI
PROGRAM GRADBENIŠTVO
SMER OPERATIVNO
GRADBENIŠTVO**

Kandidat:

MIHA SEVER

**PRIMERJALNA ANALIZA INVESTICIJE KLASIČNE IN
SKORAJ NIČ ENERGIJSKE ZIDANE STANOVANJSKE
STAVBE**

Diplomska naloga št.: 562/SOG

**COMPARATIVE STUDY BETWEEN THE CLASSICAL
AND THE NEARLY ZERO ENERGY RESIDENTIAL
MASONRY BUILDING INVESTMENT**

Graduation thesis No.: 562/SOG

Mentor:

doc. dr. Andrej Kryžanowski

Ljubljana, 12. 09. 2016

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVE

Spodaj podpisani študent Miha Sever, vpisna številka 26108760, avtor pisnega zaključnega dela študija z naslovom: Primerjalna analiza investicije klasične in skoraj nič energijske zidane stanovanjske stavbe

IZJAVLJAM

1. *Obkrožite eno od variant a) ali b)*
 - a) da je pisno zaključno delo študija rezultat mojega samostojnega dela;
 - b) da je pisno zaključno delo študija rezultat lastnega dela več kandidatov in izpolnjuje pogoje, ki jih Statut UL določa za skupna zaključna dela študija ter je v zahtevanem deležu rezultat mojega samostojnega dela;
2. da je tiskana oblika pisnega zaključnega dela študija istovetna elektronski obliki pisnega zaključnega dela študija;
3. da sem pridobil/-a vsa potrebna dovoljenja za uporabo podatkov in avtorskih del v pisnem zaključnem delu študija in jih v pisnem zaključnem delu študija jasno označil/-a;
4. da sem pri pripravi pisnega zaključnega dela študija ravnal/-a v skladu z etičnimi načeli in, kjer je to potrebno, za raziskavo pridobil/-a soglasje etične komisije;
5. soglašam, da se elektronska oblika pisnega zaključnega dela študija uporabi za preverjanje podobnosti vsebine z drugimi deli s programsko opremo za preverjanje podobnosti vsebine, ki je povezana s študijskim informacijskim sistemom članice;
6. da na UL neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve avtorskega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico dajanja pisnega zaključnega dela študija na voljo javnosti na svetovnem spletu preko Repozitorija UL;
7. da dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v pisnem zaključnem delu študija in tej izjavi, skupaj z objavo pisnega zaključnega dela študija.

V/Na: _____

Datum: _____

Podpis študenta/-ke:

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	620.9:699.8(043.2)
Avtor:	Miha Sever
Mentor:	doc. dr. Andrej Kryžanowski
Naslov:	Primerjalna analiza investicije klasične in skoraj nič energijske zidane stanovanjske stavbe
Tip dokumenta:	diplomska naloga – visokošolski študij
Obseg in oprema:	40 str., 2 pregl., 2 graf., 28 sl., 11 pril.
Ključne besede:	skoraj nič energijska zidana stavba, klasična zidana stavba, bivalno ugodje, izolacija, zrakotesnost, energija

Izvleček

Zakonodaja se glede energetske učinkovitosti novih stavb vse bolj zaostruje, na drugi strani pa se bodo energenti dolgoročno dražili, zato se zdi investicija v skoraj nič energijsko zidano stavbo prava naložba. Poleg visokega bivalnega ugodje, so tudi stroški za ogrevanje in vzdrževanje skoraj nič energijske zidane stavbe nizki. V diplomski nalogi predstavim začetek in razvoj gradnje skoraj nič energijskih stavb, tehnologijo gradnje in detajle, ki so pomembni pri gradnji. V nadaljevanju diplomske naloge izvedem analizo stroškov gradnje in obratovanja skoraj nič energijske zidane stavbe in klasične zidane stavbe, ter jih med sabo primerjam. Po izvedeni primerjavi s pridobljenimi podatki izračunam dobo povračila naložbe v skoraj nič energijsko zidano stavbo. V diplomski predstavim tudi rezultate vprašalnika, ki so ga rešili investitorji skoraj nič energijskih zidanih stavb, ter priporočila bodočim investitorjem zidanih skoraj nič energijskih stavb.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC: 620.9:699.8(043.2)
Author: Miha Sever
Supervisor: Assist. Prof. Andrey Kryžanowski, Ph.D.
Title: Comparative study between the classical and the nearly zero energy residential masonry building investment
Document type: graduation thesis – Higher education studies
Scope and tools: 40 p., 2 tab., 2 graph., 28 fig., 11 ann.
Keywords: nearly zero-energy masonry building, classical masonry building, living comfort, insulation, airtightness, energy

Abstract

Legislation concerning the energy efficiency of new buildings is getting more and more strict, on the other hand, the price of the energy resources is in the long term gone continue to rise, so that is why it seems that an investment in the nearly zero-energy masonry building is a right investment. In addition to high living comfort, the costs for heating and maintenance of nearly zero-energy masonry buildings are low. In the graduation thesis I present the launch and the development of the construction of nearly zero-energy buildings, the building technology and the details that are important in the construction. In the continuation of the thesis I conduct an analysis of the costs of construction and operation of nearly zero-energy masonry buildings and classical masonry buildings and compare them. After the comparison I, using the obtained data, calculate the repayment period of the investment into the nearly zero-energy masonry building. In the thesis I also present the results of a questionnaire that the investors in the nearly zero-energy masonry buildings answered, as well as the recommendations for future investors in the nearly zero-energy masonry buildings.

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem vsem, ki so mi v času študija in v času nastajanja diplomske naloge kakorkoli pomagali in stali ob strani.

KAZALO VSEBINE

STRAN ZA POPRAVKE.....	I
IZJAVE	II
BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK	III
BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT.....	IV
ZAHVALA	V
1 UVOD	1
1.1 Splošno	1
1.2 Zgodovina skoraj nič energijske stanovanjske stavbe	1
1.3 Definicija skoraj nič energijske stanovanjske stavbe	2
1.4 Prednosti in slabosti skoraj nič energijske stavbe.....	3
1.5 Standard in načrtovanje skoraj nič energijske stavbe	3
2 ZNAČILNOSTI IN PREDNOSTI ZIDANE SKORAJ NIČ ENERGIJSKE ZIDANE STAVBE, V NASPROTJU S KLASIČNO ZIDANO STAVBO	5
2.1 Energijski vidik	5
2.1.1 Certifikat skoraj nič energijskih stavb	5
2.1.2 Program PHPP	6
2.1.3 Subvencija Eko sklada (države) za gradnjo skoraj nič energijske zidane stavbe	6
2.2 Tehnični vidiki.....	7
2.2.1 Ogrevanje	7
2.2.2 Hlajenje.....	10
2.2.3 Zrakotesnost	11
2.2.4 Blower Door test.....	15
2.2.5 Prezračevanje.....	16
2.2.6 Okna in zunanja vrata.....	18
2.2.7 Toplotni ovoj objekta.....	19
3 PRIMERJAVA STROŠKOV IN NAČINA GRADNJE SKORAJ NIČ ENERGIJSKE ZIDANE STAVBE IN KLASIČNE ZIDANE STAVBE.....	25
3.1 Splošno	25
3.2 Predstavitev objektov	25
3.2.1 Skoraj nič energijska zidana stavba	25
3.2.2 Klasična zidana stavba.....	26
3.3 Sestava konstrukcijskih sklopov.....	27
3.3.1 Tla na terenu	27
3.3.2 Zunanji zid.....	30

3.3.3	Strop proti podstrešju	30
3.4	Vrednost investicije skoraj nič energijske zidane in klasične masivne zidane stavbe	31
3.5	Predstavitev deležev posameznih del in materialov	32
3.6	Stroški obratovanja skoraj nič energijske zidane in klasične zidane stavbe.....	33
3.7	Izračun povračila vložka v skoraj nič energijsko zidano stavbo	34
4	ANALIZA VPRAŠALNIKA IN PRIPOROČILA BODOČIM INVESTITORJEM SKORAJ NIČ ENERGIJSKIH ZIDANIH STAVB	35
4.1	Splošno	35
4.2	Analiza odgovorov	35
4.3	Priporočila bodočim investorjem	36
5	UGOTOVITVE IN ZAKLJUČEK	38
VIRI		39

KAZALO PREGLEDNIC

<i>Preglednica 1: Vrednost skoraj nič energijske zidane in klasične zidane stavbe</i>	31
<i>Preglednica 2: Poraba električne energije skoraj nič energijske zidane in klasične zidane stavbe</i>	33

KAZALO GRAFIKONOV:

Grafikon 1: Delež investicije posameznega sklopa za skoraj nič energijsko zidano stavbo 32
Grafikon 2: Delež investicije posameznega sklopa za klasično zidano stavbo 32

KAZALO SLIK

<i>Slika 1: Prikaz delovanja toplotne črpalke.....</i>	8
<i>Slika 2: Primer kompaktne toplotne črpalke (notranja enota).....</i>	8
<i>Slika 3: Ločena ali split toplotna črpalka (notranja enota)</i>	9
<i>Slika 4: Razvod cevi za stropno pasivno hlajenje v AB plošči</i>	10
<i>Slika 5: Razvod cevi za stropno pasivno hlajenje pritrjenih na AB ploščo</i>	11
<i>Slika 6: Vgradnja zrakotesnega traku na stiku med AB temeljno ploščo in zunanjim opečnim zidom .</i>	12
<i>Slika 7: Tesnjenje stika med cevjo, ki poteka v estrihu in električnih kablom z zrakotesno peno</i>	13
<i>Slika 8: Toplotna izolacija notranjih špalet z XPS izolacijo, ki je armirana s fasadnim lepilom, ter montaža okna po Ral smernicah (notranji trak paronepropusten in zrakotesen)</i>	13
<i>Slika 9: Montaža oken po Ral smernicah (zunanj trak vodotesen in paroprepusten)</i>	14
<i>Slika 10: Vgradnja parne zapore za suhomontažni strop pred izdelavo ometov.....</i>	14
<i>Slika 11: Izdelava gladkih ometov, ki so zaključeni čisto do tal, ter priključeni na parno zaporo za suhomontažni strop.....</i>	15
<i>Slika 12: Naprava pri izvajanju Blower Door testa</i>	16
<i>Slika 13: Razvod fleksibilnih cevi prezračevanja v AB plošči</i>	17
<i>Slika 14: Prezračevalna naprava z izolirano cevjo za dovod in odvod zraka</i>	17
<i>Slika 15: Razdelilna komora z vgrajenim dušilcem zvoka.....</i>	18
<i>Slika 16: TGI distančnik iz umetne snovi</i>	19
<i>Slika 17: Detajl izdelava temeljne blazine</i>	21
<i>Slika 18: Polaganje 1 sloja toplotne izolacije v deb. 5 cm (vgradnja pod hidroizolacijo).....</i>	21
<i>Slika 19: Izdelava horizontalne hidroizolacije, ter priključek hidroizolacije na preboje</i>	22
<i>Slika 20: Polaganje 2 sloja toplotne izolacije v deb. 12cm (vgradnja nad hidroizolacijo).....</i>	22
<i>Slika 21: Vgradnja ekstrudiranega polistirena (XPS) na zunanji zid v terenu</i>	23
<i>Slika 22: Toplotna izolacija na zunanjem zidu (dalmatiner-leva slika, neopor- desna slika).....</i>	24
<i>Slika 23: Debelina toplotne izolacije (steklena volna) vgrajene v skoraj nič energijsko stavbo</i>	24
<i>Slika 24: Skoraj nič energijska zidana stavba v Brežicah</i>	26
<i>Slika 25: Klasična zidana stavba v Novem mestu</i>	27
<i>Slika 26: Razvod temeljne kanalizacije med AB pasovnimi temelji.....</i>	28
<i>Slika 27: Razvod temeljne kanalizacije v tamponski blazini pod temeljno blazino in priklop hidroizolacije na preboje.....</i>	29
<i>Slika 28: Vgradnja cevi v cevi skozi AB temeljno ploščo</i>	29

1 UVOD

1.1 Splošno

Današnja družba stremi k čim manjšim stroškom, ki bi jih povzročala stanovanjska stavba v kateri bivamo. Za nekoga so na prvem mestu nižji stroški za ogrevanje in s tem tudi nižji stroški za vzdrževanje hiše, saj ni veliko naprav, ki bi se lahko pokvarile. Nekaterim je, morda zaradi alergij, ki jih je v današnjem času vse več, zelo pomemben čistejši zrak, nekomu je pomembno boljše ali bolj zdravo bivalno ugodje. Vse več ljudi se zaveda negativnega vpliva prekomerne rabe fosilnih goriv in s tem onesnaževanja našega planeta, zaradi izpustov toplogrednih plinov in onesnaževanja z različnimi odpadki. Začenjamo se zavedati, da neobnovljivih virov energije ne bomo mogli izkoriščati v nedogled, temveč je potrebno težiti k varčnejši porabi le-teh. Z gradnjo okoljsko prijaznih in energijsko varčnih stanovanjskih stavb, lahko veliko prispevamo k zmanjšanju negativnih vplivov na okolje, ter varčujemo pri porabi energije. Vse te želje in zahteve lahko dosežemo z gradnjo skoraj nič energijske zidane stanovanjske stavbe.

Na splošno velja prepričanje, da je gradnja skoraj nič energijske zidane stanovanjske stavbe veliko večja investicija, kot pa gradnja klasične zidane stavbe, saj moramo investirati nekoliko več za izolacijo, tesnjenje objekta ter za kontrolirano prezračevanje z rekuperacijo, vendar se pri sami gradnji izognemo drugim stroškom.

Namen te diplomske naloge je na konkretnem primeru predstaviti koncept in tehnologijo gradnje zidane skoraj nič energijske stavbe in primerjava s klasično masivno gradnjo, izvedba analize tehnologije in stroškov gradnje klasične zidane in skoraj nič energijske zidane stanovanjske stavbe, ter izdelava stroškovne analize obeh načinov gradnje s predlogom priporočil kot podpora odločitvi investitorjem za gradnjo skoraj nič energijske zidane stanovanjske stavbe.

1.2 Zgodovina skoraj nič energijske stanovanjske stavbe

Dr. Wolfgang Feist, je razvil koncept skoraj nič energijske stanovanjske stavbe in je v Darmstadtu v bližini Frankfurta leta 1991 postavil pilotni objekt. Ta pilotni objekt se je tako izkazal, da je bil na osnovi tega pripravljen standard pasivnih hiš, ki se na trgu pojavlja od leta 1998. Sistem certificiranja, ki opredeljuje standarde in nadzor nad izvedbo gradnje skoraj nič energijske stavbe, so uvedli tudi na gradbenem inštitutu ZRMK. Tudi v Sloveniji je opazno čedalje večje zavedanje energijske učinkovitosti v stavbah. Od leta 2008 do leta 2015 je bilo pri nas zgrajenih več kot 400 skoraj nič energijskih hiš, ki za ogrevanje prostorov na leto potrebujejo največ $Q_{NH}/A_u = 15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ toplote (Praznik, Zbašnik- Senegačnik, 2016, 2-3). V Evropi je bilo leta 2012 že 65.000 skoraj nič energijskih hiš.

1.3 Definicija skoraj nič energijske stanovanjske stavbe

Skoraj nič energijska stavba ja izpopolnjena tehnologija gradnje in nadgradnja nizkoenergijske stavbe, in jo odlikuje visoka stopnja bivalnega ugodja. Predstavlja standard gradnje, ki ga dosežemo z različnimi materiali in načini izgradnje. Pri načrtovanju skoraj nič energijske stavbe, upoštevamo aktivne in pasivne ukrepe (naravne danosti okolja: osenčenost, teren ipd., ustrezna arhitekturna zasnova: oblika stavbe, optimalna debelina toplotne izolacije, energijsko učinkovita okna ipd.). To je energijsko varčna stavba, ki se ogreva in ohlaja pasivno. Stavba je zasnova tako, da je dobro toplotno izolirana in, da so preprečeni toplotni mostovi, zato porabi malo energije (Zbašnik-Senegačnik 2008; Grobovšek, 2007). Stroškovno ugodno zasnovo za zmanjšanje potrebe po energiji predpostavlja standard skoraj nič energijske stavbe. Standard predpisuje osnovo za nadomeščanje določenega dela energije z obnovljivo energijo, in sicer z upoštevanjem omejene razpoložljivosti obnovljivih nosilcev energije kot tudi z upoštevanjem dodatnih stroškov.

Osnovni kriteriji skoraj nič energijskih stavb so:

- letna poraba električne energije $< 18 \text{ kWh/m}^2\text{a}$,
- letna poraba toplote za ogrevanje $< 15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$,
- skupna letna poraba primarne energije $< 120 \text{ kWh/m}^2\text{a}$,
- toplotne izgube $< 10 \text{ W/m}^2$ in
- zrakotesnost $n_{50} < 0,6 \text{ h}^{-1}$ (zrakotesnost, kontrolirana s tlačnim preizkusom po DIN EN 13829-vrednost n_{50} pri 50 Pa tlačne razlike ne sme presegati te vrednosti). (Zbašnik-Senegačnik, 2008)

Dodatni kriteriji komponent v skoraj nič energijski stavbi:

- zasteklitev s toplotno prehodnostjo $U_w < 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$,
- izvedba brez toplotnih mostov $< 0,01 \text{ W/mK}$,
- poraba električne energije za pogon prezračevalne naprave $< 0,4 \text{ Wh/m}^3$ prečrpanega zraka,
- okenski okvirji s toplotno prehodnostjo U_f pod $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ po DIN EN 10077 (trojna zasteklitev in okvir) pri g vrednosti $> 50\%$,
- najnižje toplotne izgube pri pripravi in distribuciji sanitarne vode, pri čemer je pomembna odlična izolacija cevi in zbiralnika, ter čim krajše poti razvoda cevi in
- raba gospodinjskih aparatov najnižje energetske učinkovitosti in energetske varčnih žarnic. (Zbašnik- Senegačnik, 2008)

1.4 Prednosti in slabosti skoraj nič energijske stavbe

Skoraj nič energijska stavba ima veliko prednosti: nizki stroški ogrevanja, možnost konstantnega dotoka svežega zraka, zaradi vgrajenega sistema prezračevanja z rekuperacijo toplote, do visokega bivalnega ugodja brez dodatnega ogrevanja in ohlajanja, ter pozitivnega vpliva na okolje zaradi deset in večkrat nižjih emisij toplogrednih plinov v ozračje (Zbašnik- Senegačnik, 2008). Stavba je visoko energetska učinkovita, toplotna prehodnost ovoja je nižja, zimske temperature notranjih obodnih površin so višje, kar pomeni, da povzroči občutek ugodja ob nižjih temperaturah prostora, dobra zrakotesnost stavbe in posledično manj porabljene energije (Karlovssek, 2007).

Ena izmed slabosti skoraj nič energijske stavbe je ta, da pri skoraj nič energijski stavbi ni neposrednega stika z naravo, kar lahko povzroči pri ljudeh občutek utesjenosti. S tem mislim, da ni priporočljivo odpiranje oken, saj v stavbi poteka prezračevanje z vgrajenim sistemom prezračevanja in ne z izmenjavo zunanjega in notranjega zraka skozi okna.

1.5 Standard in načrtovanje skoraj nič energijske stavbe

Pri načrtovanju in izvedbi skoraj nič energijske stanovanjske stavbe moramo biti pozorni, da upoštevamo vse stroge kriterije predpisanega standarda, ki velja za skoraj nič energijske stavbe, ter da ne zanemarimo kakšnega izmed področij, ker drugače ne dosegamo načrtovanega bivalnega ugodja. Bivalno ugodje definiramo kot stanje v prostoru, ko za ljudi ni ne prevroče in ne prehladno. Priporočene temperature v bivalnem prostoru pri skoraj nič energijskih stavbah se giblje med 18 in 20°C, kar znaša manj kot v klasično grajenih stavbah.

Počasnejše gibanje zraka v skoraj nič energijskih stavbah povzroča večje bivalno ugodje v primerjavi z običajnimi klasičnimi stavbami. Zaradi visokih temperatur notranjih površin v stavbi, je zato v skoraj nič energijskih stavbah minimalno gibanje zraka. Skoraj nič energijske stavbe imajo manj hladnih površin zaradi dobre toplotne izolacije.

Kot vsaka stavba, naj bo tudi skoraj nič energijska stavba načrtovana bioklimatsko, torej v sozvočju z danim naravnim in grajenim okoljem. Pred pričetkom projektiranja preverimo lokacijo, podnebne razmere in lokalno klimo (sončno sevanje, temperaturo, veter), topografijo (pobočje, doline, zelenje, voda), obstoječo pozidanost okolja (viri energije, hrup, onesnaženost, sence sosednjih objektov), urbanizem (obstoječe stanje, možnosti solarnega načrtovanja), upoštevamo pa tudi tradicijo v arhitekturi, kulturo ter lokalne gradbene materiale in oblike (Kovič, Praznik, 2010, 32).

Med standarde je potrebno omeniti zrakotesnost, ki se preverja s posebnim testom zrakotesnosti, konstrukcija mora biti izvedena brez toplotnih mostov. Potrebno je upoštevati arhitekturne zakonitosti,

orientiranost hiše, obvezna je ustrezna debelina toplotne zaščite zunanjšega oboda stavbe, vgraditi je potrebno okna s trojno zasteklitvijo in ogrevalna tehnika, ki mora izkoriščati obnovljive vire energije.

Značilnost arhitekture skoraj nič energijskih stavb je v tem, da je zagotovljena čim boljše izkoriščenost sončne energije za ogrevanje v zimskem času. Skoraj nič energijske stavbe imajo zelo nizko potrebo po ogrevanju, zato se kot vir ogrevanja uporabljajo toplotne črpalke v kombinaciji s sprejemniki sončne energije za pripravo in hranjenje ogrevalne vode in sanitarne vode. S prisilnim prezračevanjem in vgradnjo naprav za vračanje toplote odpadnega zraka (rekuperator), tudi dosežemo prihranek energije. Elementi za pretvarjanje sončnega obsevanja so v večini nameščeni na ovoju stavb, ter se imenujejo tudi elementi za naravno ogrevanje stavbe s soncem. Značilna postavitev skoraj nič energijskih stavb je v smeri sever-jug. Delež zasteklitve na severni strani je majhen, medtem ko je južna stran stavbe zastekljena z ustreznimi stekli. Bivalni prostori so obrnjeni proti jugu, na severni strani pa se nahajajo preostali pomožni prostori. Masa gradbene konstrukcije je najpogosteje uporabljena za shranjevanje toplote v gradbenih elementih. Prisilno kroženje zraka uporabimo za enakomeren prenos toplote med prostori. Pri prisilnem kroženju zraka je pomembno, da se zrak med osončenimi in neosončenimi prostori zamenja vsaj 5 krat na uro. V zimskem času omogočajo velike steklene površine naravno ogrevanje stavbe, v poletnem času pa so lahko vzrok za pregrevanje stavbe. Toploto, ki jo preko dneva sprejmejo gradbene konstrukcije, moramo prenesti iz stavbe z nočnim prezračevanjem, ki naj znaša 5 krat na uro. To pomeni, da samo masivne gradbene konstrukcije, če nimamo urejenega nočnega prezračevanja, ne preprečujejo pregrevanja stavb v poletnem času. Z vgradnjo ustreznih umetnih ali naravnih senčil (senčenjem), lahko v poletnem času preprečimo pregrevanje stavbe in s tem zagotovimo primerno bivalno ugodje (Grobovšek, 2008).

2 ZNAČILNOSTI IN PREDNOSTI ZIDANE SKORAJ NIČ ENERGIJSKE ZIDANE STAVBE, V NASPROTJU S KLASIČNO ZIDANO STAVBO

2.1 Energijski vidik

V skoraj nič energijski zidani stavbi ni klasičnega ogrevalnega sistema. Pri toplotnih izgubah največ 10 W/m²K lahko zgradbo ogrevamo s toplim zrakom na način prisilnega prezračevanja, kot to poteka pri skoraj nič energijskih stavbah. V klasičnih zidanih stavbah, ne moremo doseči tega standarda, je potrebno zagotoviti ogrevalni sistem (kot npr. radiatorje, talno ogrevanje). Pri skoraj nič energijskih zidanih stavbah, garaža praviloma ne sodi v toplotni in zrakotesni ovoj stavbe, takšni objekti nimajo kletnih prostorov oziroma so izven toplotnega in zrakotesnega ovoja. Skoraj nič energijski zidani objekti so temeljene na armirano betonskih temeljnih ploščah, kjer je toplotno ovoj povezan v celoti in ne prihaja do toplotnih izgub pri temeljenju. Pri klasičnih zidanih stavbah, pa je značilno klasično temeljenje z armirano betonskimi pasovnimi ali točkovnimi temelji, pri katerih je toplotni ovoj stavbe prekinjen in s tem so toplotne izgube veliko večje.

2.1.1 Certifikat skoraj nič energijskih stavb

Dobro izolirani okenski okvirji, zasteklitev, ki omogoča sončne neto pridobitve, visoko učinkovite prezračevalne naprave, elementi, ki onemogočajo prehod toplote, vse to so komponente, ki jih potrebuje skoraj nič energijska stavba, da služi svojemu namenu. Vse te elemente projektant skoraj nič energijskih stavb zelo težko oceni. Normirane vrednosti, ki jih podajajo proizvajalci posameznih komponent pa so pogosto ne dovolj natančne oziroma so pogoste nerealne.

Passivhaus Institut (PHI) iz Darmstadta v Nemčiji nastopa kot nepristranski ocenjevalec in preverja ter izdaja certifikat za produkte, ki so primerni za vgradnjo v skoraj nič energijsko stavbo. Kriteriji PHI so definirani v skladu z Evropsko unijo, tako da ostanejo primerljivi znotraj Evropske unije. Vsi izdelki, ki so primerni za vgradnjo v skoraj nič energijsko hišo, pridobijo certifikat "Komponenta, primerna za skoraj nič energijsko hišo", in so odlične energijske kvalitete. Taki izdelki prispevajo k brezhibnemu delovanju skoraj nič energijske stavbe. Za pridobitev certifikata, je potrebno izpolniti več strogih kriterijev, skrbno načrtovati detajle, kakovostna izvedba in brezhibno delovanje sistemov. Potrebno je pridobiti in priložiti dokazila, uspešno opraviti test zrakotesnosti. Po pridobljenem certifikatu imamo dokazilo, da naš objekt porablja malo energije. Certifikat pokriva področja prezračevanja, električne energije, izolacije in vsebuje tehnične informacije z dokumenti proizvajalca (Zbašnik- Senegačnik, 2008).

2.1.2 Program PHPP

PHPP (ang. "Passive House Planning Package", nem. "Das Passivhaus Projektierungs Paket") je program za projektantski izračun pasivnih hiš. S tem programom lahko projektant že med projektiranjem preveri pravilnost odločitev pri zasnovi objekta. Program je bil razvit za projektante energijsko učinkovitih hiš, ki do tedaj še niso imeli na voljo orodja za hitro računanje vseh pomembnih energijskih segmentov in optimiziranje konstrukcijskih sklopov novogradenj, ter preverjanje delovanja stavb glede na letni čas. Izračun energijske bilance stavbe z zelo nizko rabo energije je zelo zahteven in specifičen, ker je potrebno poznati realne vrednosti energije. Če ne vstavimo vseh spremenljivk, ne dobimo zanesljivih podatkov. S programom PHPP lahko sproti ovrednotimo, ali so izboljšave (sprememba arhitekture, sprememba velikosti steklenih površin, elementov senčenja, sprememba orientacije, oblike in zasnove ogrevalnega sistema) učinkovite ali ne. Program predstavlja model, ki je poenostavljen in sprejemljiv vložen trud, z njim pa se izračunajo mesečne energetske bilance, s katerimi simuliramo obnašanje zgradbe (Praznik in Kovič, 2009).

2.1.3 Subvencija Eko sklada (države) za gradnjo skoraj nič energijske zidane stavbe

Leta 2008 se je v Sloveniji začel program spodbude pri gradnji skoraj nič energijskih hiš. Z leti so se standardi vse bolj zaostrovali, tako da lahko v letu 2016 spodbudo prejmejo tiste stavbe, ki jih uvrščamo v energijski razred s porabo energije za ogrevanje manj kot 15 kWh/m²a.

Višina finančne spodbude je odvisna od energijske učinkovitosti stavbe, vrsto izolacijskega materiala in neto ogrevano površino stavbe. Za samostoječo stanovanjsko stavbo je možno dobiti spodbudo za največ 150 m² neto ogrevanje površine. Glede na vrsto izolacijskega materiala, pa se razvrščajo spodbude v 3 skupine:

- I skupina: V kolikor stavba vsebuje vsaj 75% volumskega deleža toplotno izolacijskih materialov (v m³) naravnega izvora iz obnovljivih virov (lesna vlakna, celulozni kosmiči) znaša spodbuda 125 ali 105 EUR/m² - odvisno od energijskega razreda (razred pod 15 ali pod 10 kWh/m²),
- II skupina: V kolikor stavba vsebuje vsaj 75% volumskega deleža toplotno izolacijskih materialov (v m³) mineralnega izvora (mineralna volna, penjeno steklo), znaša spodbuda 125 ali 105 EUR/m² - odvisno od energijskega razreda (razred pod 15 ali pod 10 kWh/m²) in
- III skupina: V koliko stavba vsebuje več kot 25% volumskega deleža toplotno izolacijskih materialov (v m³) sintetičnega in ostalega izvora (ekspandiran polistiren, ekstrudiran polistiren), znaša spodbuda 65 ali 75 EUR/m² - odvisno od energijskega razreda (razred pod 15 ali pod 10 kWh/m²)

Spodbuda se prejme tudi za vgradnjo stavbnega pohištva v vrednosti največ 1.500,00 EUR, vendar le v primeru, da je stavbno pohištvo leseno ali v kombinaciji les/aluminij.

2.2 Tehnični vidiki

2.2.1 Ogrevanje

Skoraj nič energijska zidana stavba ne potrebuje aktivnega ogrevalnega sistema. S pravilno izvedbo in načrtovanjem lahko zmanjšamo potrebe po energije za okoli 85%. Pri skoraj nič energijskih stavbah je pri temperaturah 0°C in -5°C potrebno dodatno ogrevanje stavbe, le v primeru oblačnega vremena. V jasnem, sončnem vremenu, pa se stavba ogreva preko zasteklitvenih površin.

Pri skoraj nič energijskih zidanih stavbah je omejena poraba električne energije brez ogrevanja objekta na max. 18 kW/m², skupna poraba primarne energije pa ne sme presegati 120 kW/m², zato je potrebno uporabljati energijsko varčne naprave in žarnice. Poraba energije na letni ravni ne sme presegati 15 W/m², kar pomeni 1,5 litra kurilnega olja letno na kvadratni meter površine objekta.

Za skoraj nič energijske zidane stavbe, so klasične ogrevalne naprave, ki se uporabljajo v klasičnih zidanih stavbah (peči na olje, drva, lesno biomaso, plin, ...) predimenzionirane, ker skoraj nič energijska stavba ne potrebuje tako velike potrebe po energiji. Pri skoraj nič energijskih stavbah se uporablja toplozračno ogrevanje. Z vpihovanjem toplega zraka ogrevamo prostore in s tem zmanjšamo stroške. Prezračevalna naprava v hladnih dneh zrak, ki se dovaja v prostore dogreje, vendar ne temperatura ne sme presegati 49°C, ker začne zrak zoglenevati v prah in se poslabša kakovost zraka. Skoraj nič energijske zidane stavbe se večinoma ogrevajo s toplotni črpalkami, obstajajo pa tudi objekti, ki imajo vgrajene tudi solarne panele.

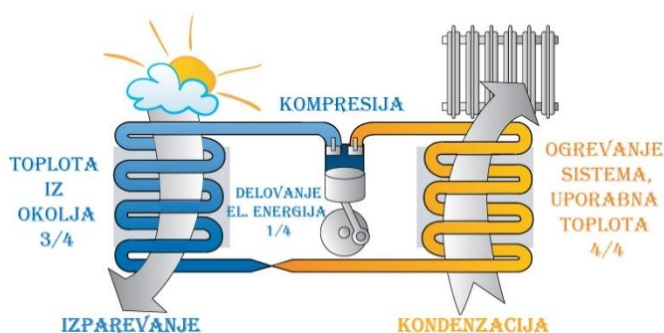
Pri skoraj nič energijskih zidanih stavbah je potreben dober razmislek, kako ogrevati sanitarno vodo v objektu, saj je za ogrevanje sanitarne vode potrebno dvakrat več energije, kot za ogrevanje stavbe. Pri klasičnih masivnih stavbah je razlika med količino porabljene energije za ogrevanjem sanitarne vode in samega objekta samo 12%. Pri skoraj nič energijskih zidanih stavbah je najboljša za ogrevanje sanitarne vode uporabiti kombinacijo toplotne črpalke in sprejemnikov sončne energije, za ogrevanje stavbe pa toplotno črpalko.

2.2.1.1 Toplotne črpalke

Toplotna črpalka je naprava ogrevanje in hlajenje ter pripravo sanitarne vode. Skoraj nič energijska zidana stavba ima majhne toplotne potrebe, zato je lahko toplotna črpalka zelo majhnih dimenzij. S tem se izognemo tudi stroškom za dimnik in zalogovnik energentov ter ne potrebujemo dodatnega prostora za kurilnico, saj se lahko toplotne črpalke vgradijo oziroma postavijo v omaro v hodniku, utilityju,

Mediji, ki nam služijo kot toplotni izvor, so lahko različne: zrak, voda, zemlja. Pomemben sestavni del toplotne črpalke je uparjalnik (zunanja enota), ki iz okolice črpa toploto in s tem segreva hladilno tekočino, ki se upari že pri nižjih temperaturah. V kompresorju se z dodano električno energijo hladilno sredstvo še dodatno zgoščuje, pri čemer se segreje. Segreto paro iz kompresorja odvedemo v kondenzator (izmenjevalnik toplote), kjer se vroča para hladila utekočini in odda toploto ogrevalnemu mediju. Utekočinjeno hladilno sredstvo se odvede preko izenačevalca tlaka ponovno nazaj v uparjalnik, s čimer je toplotni krog delovanja toplotne črpalke sklenjen.

DELOVANJE TOPLOTNE ČRPALKE



Slika 1: Prikaz delovanja toplotne črpalke

Poznamo dva sistema toplotnih črpalk. Napravo, kjer sta v eni enoti hranilnik toplotne in toplotna črpalka imenujemo kompaktno enoto, v primeru, da sta pa toplotna črpalka in hranilnik ločena, pa se imenuje split ali ločena enota (Zbašnik- Senegačnik, 2008).



Slika 2: Primer kompaktno toplotne črpalke (notranja enota)

Vir: Arhiv podjetja As Invest d.o.o.



*Slika 3: Ločena ali split toplotna črpalka (notranja enota)
Vir: Arhiv podjetja As Invest d.o.o.*

Poznamo naslednje vrste toplotnih črpalk, ki izkoriščajo toploto zraka, zemlje in vode za ogrevanje sanitarne vode in prostorov:

- Toplotna črpalka, ki za ogrevanje izkorišča toploto zraka iz okolice, se imenuje zrak-voda. Pri tem načinu se zunanja enota toplotne črpalke nahaja ob oziroma na objektu, ter sesa zrak v izmenjevalnik in potem se toplota okolice izmenjuje z direktnim uparjevanjem hladilnega sredstva ob prehodu zraka skozi izmenjevalnik. Toplotna črpalka je primerna za ogrevanje stavb in sanitarne vode (Zbašnik- Senegačnik, 2008). Ta tip toplotne črpalke je pri nas tudi najbolj razširjen.
- Toplotna črpalka, ki za delovanje izrablja toploto iz globine tleh pod objektom. Toploto iz zemlje lahko pridobimo na dva načina: s pomočjo zemeljskega kolektorja, ki ga položimo v zemljo na globino okoli 1,50 m, ter z vrtanjem lukenj globine od 40 do 100 m, kamor vgradimo sonde. V primeru prostorske stiske in ne dovolj velike površine zemljišča za položitev cev za zemeljski kolektor, je vgradnja sonde prava rešitev (Zbašnik- Senegačnik, 2008)
- Toplotna črpalka, ki za ogrevanje pridobiva toploto iz podtalnice (temperatura podtalnice 10°C) imenujemo voda-voda. Toplotne črpalke, ki za delovanje uporabljajo podtalnico dosegajo najboljše izkoristke (Zbašnik- Senegačnik, 2008)

2.2.2 Hlajenje

V stavbah, ki imajo na južni strani velike steklene in nezasenčene površine, bo v poletnem času prišlo do pregrevanja in nevzdržnih razmer. Ob pravilnem senčenju in ohlajevanju, pa ne bomo imeli problemom s pregrevanjem. Poznamo naravno, pasivno in aktivno hlajenje stavb.

Pod pojmom aktivno hlajenje se skrivajo klimatske naprave kjer zunanja enota greje zunanji zrak, notranja enota pa hladi prostore v objektu (split sistem). Klimatske naprave se dandanes dobijo že za zelo nizko ceno, vendar je njihova energetska učinkovitost zelo slaba. Klimatske naprave srednjega cenovnega razreda in boljše energetske učinkovitosti morajo imeti grelno število med 3 in 4 (to pomeni, da za 1 kWh porabljene električne energije, ohladijo zrak za 3-4 kWh). V skoraj nič energijskih zidanih stavbah aktivno hlajenje ni potrebno

V današnjem času imajo nekatere stavbe ogrevanje s toplotno črpalko voda-voda (razpolaganje s talno voda ali zemeljskim kolektorjem), kjer imamo temperaturo našega vira med 12°C in 14°C. Pri pasivnem hlajenju vir (vodo) speljemo v talno, stensko ali pa stropno hlajenje in s tem hladimo stavbo. Pri tem načinu hlajenja se v stavbi dviguje relativna zračna vlažnost, zato je potrebno imeti v objektu vgrajen centralni prezračevalni sistem ali konvektorje, da se ohlaja tudi zrak, ne pa samo masivni deli objekta. Ko imamo v stavbi vgrajen en izmed zgoraj omenjenih sistemov, se iz zraka, ki ga ohlajamo izloči kondenz in potem dosežemo v stavbi ugodne bivalne pogoje.



*Slika 4: Razvod cevi za stropno pasivno hlajenje v AB plošči
Vir: Arhiv podjetja As Invest d.o.o*



*Slika 5: Razvod cevi za stropno pasivno hlajenje pritrjenih na AB ploščo
Vir: Arhiv podjetja As Invest d.o.o*

Najenostavnejše in tudi najugodnejše hlajenje pa imenujemo naravno hlajenje, kjer izkoristimo naravne klimatske pogoje. To je hlajenje, ki zahteva našo angažiranost, da pravočasno zasenčimo steklene površine, ki so obsijane s soncem, ter reguliramo prezračevanja na najmanjši volumen. Pomembno je, da v nočnem času na različnih straneh neba odpremo več oken, odpremo notranja vrata in s tem zrak, ki kroži po stavbi proti zgornji etaži ohladi stene in se odvede iz stavbe. Vzgon povzroča, da zrak kroži po objektu sam in dosega 3 do 4 večji volumen izmenjave, kot zelo dobra prezračevalna naprava. Zjutraj pa vključimo prezračevalno napravo z rekuperacijo.

2.2.3 Zrakotesnost

V skoraj nič energijskih zidanih stavbah je zelo pomembno zagotavljanje zrakotesnosti. Zrakotesnost je definirana kot, nekontroliran pretok zraka skozi konstrukcijo v stavbo ali iz nje, ki nastane zaradi razlike v tlakih. Nekontroliran pretok zraka se pojavlja na tistih mestih v ovoju stavbe, ki ne tesnijo (fuge, špranje, rege ...). Če stavba ni dovolj tesna, prezračevanje ni zadostno. V klasičnih zidanih stavbah, ovoj stavbe ni zrakotesen, skozi zunanji ovoj prehajanja zrak in prihaja do nekontrolirane toplotne izgube, prevaja se zvok, nastajajo gradbene poškodbe in zunanji ovoj ni zanesljiv (Zbašnik-Senegačnik, 2008).

Pri skoraj nič energijski hiše je pomembno zelo natančno načrtovanje, saj je potrebno poznati vse detajle, ter tudi njihovo izvedbo, kajti zrakotesen ovoj mora biti neprekinjen. Pri načrtovanju so pomembni naslednji dejavniki:

- neprekinjena zrakotesna površina na vseh delih stavbe,
- ena zrakotesna površina stavbe, pri kateri se netesni deli ne smejo nadomeščati z drugo zrakotesno površino in
- zrakotesni ovoj pritrjen na notranjo stran toplotnoizolacijskega ovoja, površina deluje kot parna ovira

Pri masivni gradnji skoraj nič energijske stavbe, je zrakotesna plast notranji omet, ki mora biti izveden od AB temeljne plošče do AB stropa v objektu. Betonske plasti in porobetonski zidaki sta edina nosilna gradiva, ki sta že sama po sebi zagotavljata zrakotesnost ob pravilni vgradnji. Posebno pozornost je potrebno nameniti prebojem skozi zrakotesno površino objekta. Preboji se pojavijo pri dovodu vode, elektrike, prezračevanja, odvodu kanalizacije, zunanjih lučeh, napajalnih kabljev za senčila, pri omaricah talnega ogrevanja, pri elektro omaricah, in vgradnjih kotličkih. Če pustimo netesna mesta pod betonskimi estrihi, je kasnejše tesnjenje povezano z visokimi stroški. Na stiku med AB temeljno ploščo in opečnimi zidaki je potrebno vgraditi zrakotesen lepilni trak izdelan na bazi akrilatov ali butil-kavčuka, ki prepreči prehod zraka skozi konstrukcijo. Pri projektiranju skoraj nič energijske zidane stavbe je pomembno, da omarice za talno ogrevanje, elektro omarice in vgradnje kotličke poskušamo vgraditi na notranje stene objekta. Drugače je potrebno odprtino pred vgradnjo elementa ometati, ter po vgradnji elementa zatesniti špranje in rege okoli vseh prebojev. Rege se zatesnijo z ekspanzijsko mehkokolično zrakotesno poliuretansko peno. Pri izdelavi elektro instalacij je potrebno uporabljati zrakotesne instalacijske doze. Vsako instalacijsko dozo je potrebno natančno vgraditi, dobro utopiti v mavec, kajti nepravilna vgradnja ne dosega želenega učinka. V skoraj nič energijskih zidanih stavbah lahko strop v mansardi izvedemo z armiranobetonsko ploščo ali pa kot suhomontažni strop. Armiranobetonska plošča že sama po sebi zagotavlja zrakotesnost, dobro je potrebno zatesniti samo preboje skozi ploščo (kot npr. oddušnik, prezračevanje, luči...). Pri izdelavi suhomontažnega stropa, pa je potrebno zelo natančno izvesti tesnjenje. Na fino ometane stene je potrebno s trajnoelastičnimi masami prilepiti parno oviro oz. zaporo. Vse spoje in preboje med parno oviro je potrebno tesniti s tesnilnimi trakovi, ki so obstojni in namenjeni tesnjenju. Takšni trakovi imajo zelo dobro lepljivost, saj imajo med 200 g in 260 g lepila/m² površine traku.



Slika 6: Vgradnja zrakotesnega traku na stiku med AB temeljno ploščo in zunanjim opečnim zidom

Vir: Arhiv podjetja As Invest d.o.o



*Slika 7: Tesnjenje stika med cevjo, ki poteka v estrihu in električnih kablom z zrakotesno peno
Vir: Arhiv podjetja As Invest d.o.o*

Pomemben detajl pri zagotavljanju zrakotesnosti objekta, je montaža stavbnega pohištva, kamor spadajo okna in vrata. Z nepravilno montažo stavbnega pohištva se prehod toplote in s tem toplotna izguba objekta še poveča. V klasičnih masivnih stavbah so okna montirana po klasični metodi z vijaki in s poliuretansko peno oz. purpenom. V skoraj nič energijskih zidanih stavbah se okenske špalete izolirajo s toplotno izolacijo, ter montaža je izvedena po RAL smernicah. Pri tem sistemu gre za načelo, da je znotraj bolj tesno kot zunaj in se prepreči vdor vode in vodne pare v opečni zid. Na notranji strani imamo paronepropustno in zrakotesno oviro, na zunanji pa parodifuzno oviro. Med obema ovirama na sredini je toplotna in zvočna izolacija. Najbolj pogosta montaža po Ral smernicah je montaža s trakovi ali pa s nabreklijivo peno.



*Slika 8: Toplotna izolacija notranjih špalet z XPS izolacijo, ki je armirana s fasadnim lepilom, ter
montaža okna po Ral smernicah (notranji trak paronepropusten in zrakotesen)
Vir: Arhiv podjetja As Invest d.o.o*



Slika 9: Montaža oken po Ral smernicah (zunanji trak vodotesen in paroprepusten)

Vir: Arhiv podjetja As Invest d.o.o



Slika 10: Vgradnja parne zapore za suhomontažni strop pred izdelavo ometov

Vir: Arhiv podjetja As Invest d.o.o



*Slika 11: Izdelava gladkih ometov, ki so zaključeni čisto do tal, ter priključeni na parno zaporo za suhomontažni strop
Vir: Arhiv podjetja As Invest d.o.o*

S tem ko v objektu zagotovimo ustrezno zrakotesnost, zmanjšamo porabo energije za ogrevanje, izboljšamo zvočno zaščito in kakovost zraka v prostoru, preprečimo nastajanje gradbenih poškodb, preprečimo nastajanje suhega zraka v objektu, v poletnem času je preprečeno pregrevanje, ter preprečimo hladna tla. V skoraj nič energijskih zidanih stavbah se temperaturna razlika zraka pri tleh in pod stropom giblje okoli 1°C. Zrakotesnost objekta preverimo s Blower Door testom (test zrakotesnosti).

2.2.4 Blower Door test

Blower door test je tlačni test (standard ISO 9972), ki ugotavlja zrakotesnost stavbe. S pomočjo Blower door testa ugotovimo, kje v naši konstrukciji so netesnosti in reže skozi katere stavba prepušča zrak. Meritev deluje na osnovi zračnega toka, ki ga povzroča razlika tlaka 50 Pa med zunanostjo in notranostjo objekta. Rezultat je zračna prepustnost objekta, ki nam poda količino zraka, ki prehaja skozi gradbeno konstrukcijo pri pod ali nadtlaku 50 Pa (Zbašnik- Senegačnik, 2008).

Pri skoraj nič energijski stavbi je maksimalna dovoljena izmenjava zraka skozi netesna mesta objekta 0,6 celotnega volumna stavbe ($n_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$). Za izvajanje testa v odprtino okna ali vrat začasno namestimo napravo, ter vpihujemo ali izpihujemo zrak iz objekta. Pri razliki tlaka 50 Pa med stavbo in okolico, izmerimo količino zraka, ki ga moramo vpihovati, da razlika tlaka ostane 50 Pa. Rezultat je razmerje med celotnim volumnom stavbe in količino zraka, ki ga moramo vpihati v stavbo (Zimic 2010).

Ko opravimo test, pridobimo certifikat o zrakotesnosti stavbe, ki ga moramo priložiti ostali dokumentaciji, če želimo pridobiti nepovratna finančna sredstva. Bistvo testa je, da ugotovimo napake,

ki so izvedene pri tesnjenju in lahko izvajalec napake še odpravi. Pri izvedbi testa v klasični stanovanjski stavbi je rezultat testa okoli 3 h^{-1} .



*Slika 12: Naprava pri izvajanju Blower Door testa
Vir: Arhiv podjetja As Invest d.o.o*

2.2.5 Prezračevanje

V kolikor želimo imeti v stavbi ustrezno kakovost zraka, je potrebno vgraditi prisilno prezračevanje, ki zagotovi v prostor med 25 in 35 m^3 svežega zraka na vsako osebo. V klasičnih zidanih stavbah, kjer ni zagotovljena zrakotesnost kot v skoraj nič energijskih zidanih stavbah, je dovod zraka mogoč skozi netesna mesta objekta. V skoraj nič energijskih zidanih stavbah imamo vgrajene prezračevalne naprave rekuperatorje z velikim izkoristkom in sicer nad 90%. Rekuperator odda topel odpadni zrak, hladnejšemu zraku, ki vstopa v objekt, ter s tem zmanjša toplotno izgubo objekta (Zbašnik-Senegačnik, 2008).

Prezračevalna naprava skozi dobro izoliran dovodni kanal dovaja sveži zrak v stavbo, ter odpadni izrabljen zrak skozi dobro izoliran odvodni kanal iz zgradbe. V bivalne prostore objekta, spalnice, dnevne sobe, otroške sobe se dovaja sveži zrak, iz prostorov, kjer je zrak slabši in sicer kopalnica, WC, utility, garderoba in shramba, pa se zrak odvaja. Iz prezračevalne naprave se skozi dušilec zvoka (glušnik) dovodni zrak dovede v razdelilno komoro, potem pa se skozi antistatične antibakterijske fleksibilne cevi zrak dovaja v prostore, ki imajo na stropu oziroma steni vgrajene vpihvalne šobe. Odpadni zrak potuje od sesalne šobe, ki je vgrajena na stropu oziroma steni prostora, skozi fleksibilno cev do razdelilne komore, ter nato do prezračevalne naprave, kjer se v prenosniku toplote sveži zrak predgreje s toploto odpadnega zraka, ki se izsesa iz prostorov. Odpadni zrak se nato, preko dobro izoliranih cevi odvede iz objekta. V prezračevalni napravi so vgrajeni tudi filtri, ki očistijo prah in pelod iz dovodnega zraka.



*Slika 13: Razvod fleksibilnih cevi prezračevanja v AB plošči
Vir: Arhiv podjetja As Invest d.o.o*



*Slika 14: Prezračevalna naprava z izolirano cevjo za dovod in odvod zraka
Vir: Arhiv podjetja As Invest d.o.o*



*Slika 15: Razdelilna komora z vgrajenim dušilcem zvoka
Vir: Arhiv podjetja As Invest d.o.o*

2.2.6 Okna in zunanja vrata

V skoraj nič energijskih zidanih stavbah so okna in zunanja vrata zelo pomemben element, ki vpliva na porabo energije. Toplotna prehodnost oken in vrat ne sme presegati $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Okna v skoraj nič energijskih zidanih stavbah zmanjšujejo toplotne izgube in omogočajo toplotne dobitke od sonca, pod pogojem da so vgrajena prava stekla. Toplotno prehodnost okna definirajo naslednje karakteristike:

- toplotna prehodnost zasteklitve,
- toplotna prehodnost okvirja in
- vrsta distančnika, ki ločuje dve stekli in zadržuje plin v prostoru med stekloma.

Danes je tako v klasičnih in skoraj nič energijskih zidanih stavbah običajna troslojna zasteklitev. Pri zasteklitvah v skoraj nič energijskih stavbah je na steklo nanesen neviden nizkoemisijski nanos iz srebrnih oksidov, ki omogoča da ima steklo veliko prepustnost sončnega sevanja v prostor ($g \geq 50\%$). Steklo, ki ima veliko prepustnost, nam omogoči, da lahko tudi v zimskem času pridobimo toplotne dobitke skozi stavbno pohištvo. Okvirji v skoraj nič energijskih stavbah so nižji in širši, ter imajo boljšo toplotno izolativnost. Distančniki so pri skoraj nič energijskih stavbah iz umetne snovi, pri običajnem stavbnem pohištvu pa so distančniki iz aluminija.



*Slika 16: TGI distančnik iz umetne snovi
Vir: Arhiv podjetja As Invest d.o.o*

V skoraj nič energijskih stavbah je potrebna vhodna vrata izbrati zelo skrbno, saj lahko neprimerna vrata predstavljajo zelo veliko šibko točko v ovoju stavbe. Vhodna vrata za skoraj nič energijske stavbe:

- morajo zagotavljati stabilnost oblike pri različnih klimatskih obremenitvah,
- morajo biti enostavne za uporabo s čim manj steklene površine,
- morajo imeti dvojna tesnila,
- prag mora imeti vgrajeno tesnilo,
- vgrajeni so dodatni zapahi, ki vratno krilo stisnejo ob tesnilo in
- minimalna višina praga je 15mm od končne finalne obloge.

Stavbno pohištvo v skoraj nič energijski zidani stavbi predstavljajo velik strošek pri celotni gradnji.

2.2.7 Toplotni ovoj objekta

Pravilna izvedba toplotnega ovoja z ustreznimi detajli skoraj nič energijske zidane stavbe je zelo pomemben dejavnik. Toplotni ovoj stavbe mora biti neprekinjeno povezan, saj je toplotna izolacija zelo pomemben in predvsem stroškovno najbolj učinkovit način varčevanja z energijo. Pri skoraj nič energijskih zidanih stavbah se uporabljajo večje debeline toplotne izolacije kot pri klasičnih zidanih stavbah. Podatke za debelino toplotne izolacije, ki jo potrebujemo za izoliranje skoraj nič energijske zidane stavbe pridobimo iz PHPP izračuna.

V PHHP izračunu so upoštevani vsi dejavniki, ki vplivajo na izbiro debeline toplotne izolacije:

- arhitektura stavbe,
- orientacija,
- vrsta in karakteristike materialov, ki jih uporabimo pri gradnji,
- klimatske razmere področja kjer gradimo stavbo

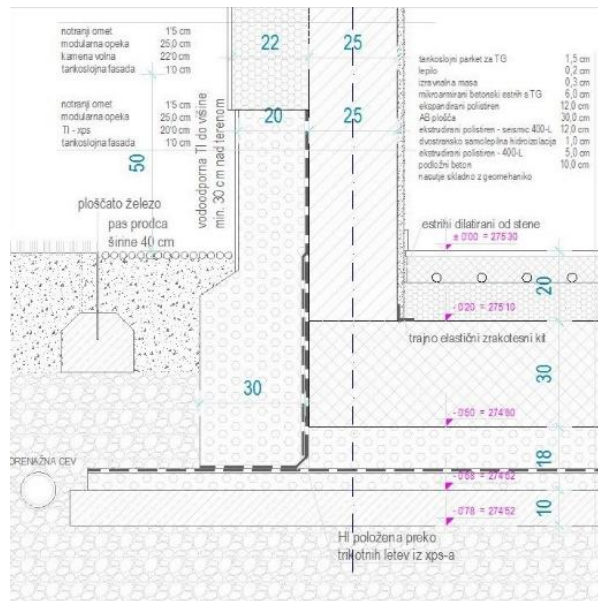
Pri zidanih stavbah imamo 3 konstrukcijske elemente, kjer je pomembna večja debelina toplotne izolacije:

- izolacija tal,
- izolacija zunanjega zidu in
- izolacija strehe.

2.2.7.1 Izolacija tal

Klasične zidane stavbe so temeljene na armiranobetonskih temeljih, pri katerih ni izveden detajl, kjer bi se stikala toplotna izolacija tal in toplotna izolacija na zunanjem zidu. Pri tej vrsti temeljenja toplotni ovoj ni 100% sklenjen. Stik med toplotno izolacijo pod plavajočim betonskim estrihom in toplotno izolacijo na fasadi je prekinjen z zidom iz zidakov.

Skoraj nič energijske zidane stavbe so temeljene na armiranobetonski temeljni plošči, pod katero je vgrajena toplotna izolacije ekstrudiran polistiren- XPS, kot tudi hidroizolacija. Konstrukcijski sklop, ki je kompozit armiranobetonske temeljne plošče, ter toplotne in hidro izolacije imenuje temeljna blazina. Pri tej vrsti temeljenja nimamo prekinitve toplotne izolacije v ovoju stavbe. Pod temeljno ploščo objekta vgradimo toplotno izolacijo minimalne tlačne trdnosti 400 kPa v debelini od 12 do 25 cm, odvisno od PHPP izračuna, preostanek toplotne izolacije pa se vgradi pod plavajoče betonske estrihe. Toplotna izolacija vgrajena pod betonsko ploščo objekta nam omogoča temperaturno stabilnost prostorov tako poleti kot pozimi. Večino toplotne izolacije pod betonsko ploščo vgradimo nad hidroizolacijo.



Slika 17: Detajl izdelava temeljne blazine
Vir: Arhitektura Starc



Slika 18: Polaganje 1 sloja toplotne izolacije v deb. 5 cm (vgradnja pod hidroizolacijo)
Vir: Arhiv podjetja As Invest d.o.o



Slika 19: Izdelava horizontalne hidroizolacije, ter priključek hidroizolacije na preboje
Vir: Arhiv podjetja As Invest d.o.o



Slika 20: Polaganje 2 sloja toplotne izolacije v deb. 12cm (vgradnja nad hidroizolacijo)
Vir: Arhiv podjetja As Invest d.o.o

2.2.7.2 Izolacija zunanjega zidu

Debelina toplotne izolacije na zunanjem zidu se pri skoraj nič energijskih zidanih stavbah giblje med 20 in 30 cm. Pri skoraj nič energijskih zidanih stavbah imamo izolacijo vgrajeno na zunanjem zidu, ki je v terenu, ter toplotno izolacijo nad terenom v obliki fasade objekta. Za izoliranje zidu, ki je v terenu se uporablja ekstrudiran polistiren - XPS, ki je stikovano s toplotno izolacijo temeljne blazine (Slika 17).



*Slika 21: Vgradnja ekstrudiranega polistirena (XPS) na zunanji zid v terenu
Vir: Arhiv podjetja As Invest d.o.o*

Za izolacijo zunanjega zidu nad terenom pri skoraj nič energijskih zidanih stavbah se uporablja toplotna izolacija, ki ima dobre toplotnoizolacijske lastnosti. Uporablja se toplotna izolacija iz kamene ali mineralne volne ali pa ekspaniranega polistirena - EPS. Za izdelavo kontaktne fasade na klasičnih masivnih stavbah se uporablja toplotna izolacija iz ekspaniranega polistirena ($\lambda = 0,039 \text{ W/mK}$), saj je takšna toplotna izolacija iz ekonomskega vidika ugodnejša kot toplotna izolacija iz kamene oziroma mineralne volne. Pri izbiri izolacije zunanjega zidu pri skoraj nič energijski zidani stavbi se tudi večina investitorjev odloči za izolacijo iz ekspaniranega polistirena, ker je cenovno ugodnejša. Pri izdelavi kontaktne fasade se pri skoraj nič energijskih zidanih stavbah uporablja izolacija z izboljšano izolativnostjo ($\lambda = 0,032 \text{ W/mK}$), ki ima 20% boljšo izolativnost, kot navadni ekspaniran polistiren. Predstavnik izboljšane izolacije, ki ima primes grafitnih delcev sta NEOPOR proizvajalca Demit, NEO super proizvajalca Fragmat in Dalmatiner proizvajalca Caparol. Na trgu se pojavljajo toplotne izolacije s še boljšo izolativnostjo, kot jo ima toplotna izolacija s primesjo grafitnih delcev, vendar je cena take izolacije zelo visoka in se uporabljajo zelo malo. Prednost take izolacije je v debelini, saj zelo tanke plošče zagotavljajo potrebno debelino izolacije, ki jo potrebujemo. Predstavnik take izolacije so vakumski paneli, ter poliuretanske plošče.



Slika 22: Toplotna izolacija na zunanjem zidu (dalmatiner-leva slika, neopor- desna slika)
Vir: Arhiv podjetja As Invest d.o.o

2.2.7.3 Izolacija strehe

Sestava konstrukcijskega sklopa streha mora biti pravilno načrtovana in kvalitetno izvedena. Strešna kritina na gradbeno fizikalne lastnosti nima vpliva, naslednji sloji pa so bistvenega pomena:

- zračni kanal (zagotavlja prezračevanje),
- sekundarna kritina (dodatna zaščita pred vdorom vode v konstrukcijo),
- izolacija (toplotna, požarna in zvočna funkcija) in
- parna zapora.

Toplotna izolacija strehe zagotavlja ugodje v prostoru, ter energijsko varčnost stavbe. Za izoliranje strehe se uporablja toplotna izolacija iz steklenih vlaken, toplotne prevodnosti $\lambda = 0,032 \text{ W/mK}$ ali $0,035 \text{ W/mK}$. Debelina vgrajene toplotne izolacije pod streho v skoraj nič energijskih zidanih stavbah se giblje med 36 in 40 cm.



Slika 23: Debelina toplotne izolacije (steklena volna) vgrajene v skoraj nič energijsko stavbo
Vir: Arhiv podjetja As Invest d.o.o

3 PRIMERJAVA STROŠKOV IN NAČINA GRADNJE SKORAJ NIČ ENERGIJSKE ZIDANE STAVBE IN KLASIČNE ZIDANE STAVBE

3.1 Splošno

Za primerjavo stroškov različnih konstrukcijskih sklopov in načina gradnje skoraj nič energijske zidane stavbe in klasične zidane stavbe bom obravnaval dve različni stanovanjski hiši podobnih kvadratur, ki ju je izvajalo podjetje, v katerem sem zaposlen. V primerjavo bom vključil dejanske stroške, ki so nastali pri gradnji obeh stavb (Priloga C1 in Priloga C2). Pri obeh stavbah bom upošteval enake cene osnovnih gradbeno obrtniških del (armatura, beton, zidanje, opaži). Skoraj nič energijska zidana stavba se nahaja v Brežicah, klasična zidana stavba pa je zgrajena na obrobju Novega mesta. Temeljenje skoraj nič energijske zidane stavbe je izvedeno na temeljni blazini, pri klasični zidani stavbi pa so izvedeni klasični armiranobetonski pasovni temelji. V primerjavo sem vključil objekta, pri katerih niso upoštevane vrednosti finalnih oblog (parket, laminat, keramika ...), saj pride pri izbiri oblog do velikih finančnih odstopanj in bi bili potem rezultati zavajajoči.

Pri skoraj nič energijski zidani stavbi ima uporabnik tudi druge koristi in pozitivne učinke, ki jih stroškovno ne moremo opredeliti. Skoraj nič energijska zidana stavba zagotavlja boljše bivalno ugodje, ki se odražajo v enakomerni toploti v stavbi, svežem zraku, itd. Pri skoraj nič energijski zidani stavbi se tržna vrednost objekta ohranja, saj je tehnologija gradnje napredna, v primerjavi z gradnjo klasičnih zidanih stavb.

3.2 Predstavitev objektov

3.2.1 Skoraj nič energijska zidana stavba

V obravnavani skoraj nič energijski zidani stavbi prebiva štiri članska družina. Stavba je zgrajena v 2 etažah (pritličje in mansarda). Neto tlorisna površina objekta je 150 m². Po PHPP izračunu je potrebna letna specifična energija za obratovanje stavbe (ogrevanje, hlajenje, ...) 9,9 kWh/m². Stavba ima streho dvokapnico s frčado, ter nerazčlenjen ovoj. Stanovanjska stavba nima napuščev, kar omogoča večjo dostopnost svetlobe in s tem večje svetlobno ugodje, kar je tudi prednost skoraj nič energijskih zidanih stavb, ki nimajo oziroma imajo minimalen napušč. Sleme strehe stavbe poteka v smeri zahod - vzhod, kar pomeni idealno orientacijo za toplotne pridobitve v zimskem času. Stavbno pohištvo je leseno z zaščito iz aluminija na zunanji strani. Velikost steklenih površin je 26,30 m², ki so v veliki večini orientirane proti jugu. Zasteklitev je troslojna v sestavi stekla 4 – 14 – 4 – 14 – 4 mm. Steklo ima nanešen premaz, ki omogoča veliko propustnost sončnega sevanja (g = 60%). Vhodna vrata primerna za skoraj nič energijske stavbe so narejene iz aluminija. Za senčenje stavbe se uporabljajo aluminijaste žaluzije, ki se upravljajo na motorni pogon, saj s tem ukrepom zagotavljamo zrakotesnost. Če imajo zunanje žaluzije ali rolete ročni pogon, pridobimo dodatne preboje na stavbnem pohištvi, ki jih je problematično zatesniti in s tem ima stavba dodatno možnost za prehod in vdor hladnega zraka,

ter toplotne izgube. Razvod prezračevanje objekta je narejen v armirano betonski plošči nad pritličjem, kjer so razpeljane antistatične in antibakterijske fleksibilne cevi za pritličje, kot tudi nadstropje. Odvodne in dovodne komore za zrak so v pritličju vgrajene na stropu, v nadstropju pa so v stenah. Za prezračevanje se uporablja rekuperator z vračanjem toplote, ki ima izkoristek porabljene energije 98%. Za pripravo tople vode in ogrevanje stavbe se uporablja kompaktna toplotna črpalka zrak-voda z močjo 6 kW, ter grelno močjo (COP) 4,74. Pod betonskimi estrihi so na toplotni izolaciji položene cevi talnega ogrevanja.

Test zrakotesnosti je bil uspešno opravljen, saj je bil dosežen rezultat $0,41 \text{ h}^{-1}$, kar pomeni da je hiša zrakotesna in so bili vsi detajli (montaža stavbnega pohištva, tesnjenje stika med opečnim zidom in AB temeljno ploščo s trakovi, pravilna montaža in tesnjenje doz za elektroinstalacije, izvedba priključka parne zapore na notranje omete, izvedba notranjih ometov od tal do stropa, zatesnitev prebojev skozi AB temeljno ploščo, ter skozi toplotni ovoj stavbe) pravilno in kvalitetno izvedeni.



*Slika 24: Skoraj nič energijska zidana stavba v Brežicah
Vir: Arhiv podjetja As Invest d.o.o*

3.2.2 Klasična zidana stavba

Neto tlorisna površina zidane stavbe, v kateri prebiva 5 članska družina je 163 m^2 in je razporejena v 2 etažah (pritličje in mansarda). Kot pri skoraj nič energijski zidani stavbi je tudi pri obravnavani stavbi nerazčlenjen ovoj. Streha je klasična dvokapnica s frčado. Stavba ima napušč ob fasadi. Sleme objekta poteka v smeri severozahod- jugovzhod. Obravnavana stavba ima leseno stavbno pohištvo s klasično troslojno zasteklitvijo, ter z aluminijsko zaščito oken na zunanji strani. Za senčenje stavbe se uporabljajo aluminijske žaluzije, ki se upravljajo na ročni pogon. Stavba se ogreva z ločeno split toplotno črpalko zrak - voda z močjo 10 kW, ter grelno močjo (COP) 4,0. V objektu ni izvedeno prezračevanje. Kot pomoč pri ogrevanju stavbe ima investitor vgrajen kamin na drva.



*Slika 25: Klasična zidana stavba v Novem mestu
Vir: Arhiv podjetja As Invest d.o.o*

3.3 Sestava konstrukcijskih sklopov

3.3.1 Tla na terenu

3.3.1.1 Skoraj nič energijska zidana stavba

Sestava tal na terenu:

- | | |
|---|-------------|
| - toplotna izolacija ekstrudiran polistiren - XPS | deb. 6 cm |
| - hidroizolacija | deb. 0,4 cm |
| - toplotna izolacija ekstrudiran polistiren - XPS | deb. 6 cm |
| - armiranobetonska plošča | deb. 25 cm |
| - toplotna izolacija ekspandiran polistiren - EPS | deb. 21 cm |
| - folija in betonski estrih | deb. 6 cm |
| - talna obloga | |

3.3.1.2 Klasična zidana stavba

Sestava tal na terenu:

- | | |
|---|-------------|
| - armiranobetonski temelji | |
| - podložni nearmirani beton | deb. 10 cm |
| - hidroizolacija | deb. 0,4 cm |
| - toplotna izolacija ekspandiran polistiren - EPS | deb. 13 cm |
| - folija in betonski estrih | deb. 6 cm |
| - talna oblog | |

Pri skoraj nič energijski zidani stavbi je skupna debelina toplotne izolacije 33 cm, pri klasični stavbi pa le 13 cm. Vidimo, da je skoraj nič energijska zidana stavba veliko bolje izolirana na tleh, saj je razlika med skupnima debelinama toplotne izolacije kar 20 cm.

Zelo pomemben detajl izvedbe tal na terenu je tudi pravilna izvedba hidroizolacije, predvsem priključek hidroizolacije na preboje skozi toplotno izolacijo in hidroizolacijo. Pri izvedbi klasičnega temeljenja se izvede temeljna kanalizacija med armiranobetonskimi temelji, kar onemogoča kvalitetno izvedbo horizontalne hidroizolacije s priključki na preboje.

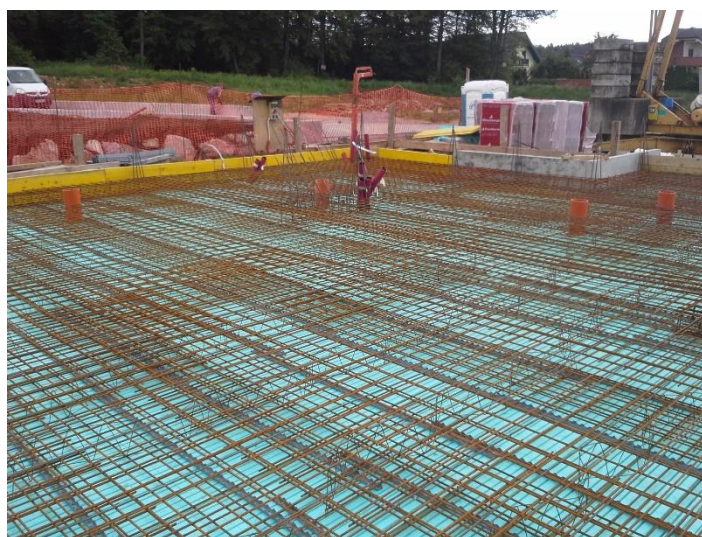


*Slika 26: Razvod temeljne kanalizacije med AB pasovnimi temelji
Vir: Arhiv podjetja As Invest d.o.o*

Pri skoraj nič energijski zidani stavbi se temeljna kanalizacija in vsi dovodi instalacij do objekta (elektrika, voda, telefon ...) izvedejo v tamponski blazini pod objektom. Na vse te preboje se lahko kvalitetno izvede priključek hidroizolacije. Pri temeljni blazini se v območju armirano betonske temeljne plošče vgradi kanalizacijska cev v cevi, katere premer je 200 mm. Vmesni prostor pa se zapolni z elastično poliuretansko peno. S tem ukrepom preprečimo poškodbe, saj je omogočen horizontalni in vertikalni pomik cevi temeljne kanalizacije v primeru potresa ter pri morebitnem posedanju stavbe. Pri klasičnem temeljenju izvedba takega detajla ni mogoča in pride v primeru potresa do posedanja in poškodb.



*Slika 27: Razvod temeljne kanalizacije v tamponski blazini pod temeljno blazino in priklop hidroizolacije na preboje
Vir: Arhiv podjetja As Invest d.o.o*



*Slika 28: Vgradnja cevi v cevi skozi AB temeljno ploščo
Vir: Arhiv podjetja As Invest d.o.o*

3.3.2 Zunanji zid

3.3.2.1 Skoraj nič energijska zidana stavba

Sestava zunanjega zidu:

- apneni omet deb. 1,5 cm
- opečni modularni blok deb. 25 cm
- toplotna izolacija ekspanziran polistiren z dodatkom grafita - Dalmatiner proizvajalec Caparol deb. 22 cm
- armirni in zaključni sloj fasade deb. 0,5 cm

3.3.2.2 Klasična zidana stavba

Sestava zunanjega zidu:

- apneni omet deb. 1,5 cm
- opečni modularni blok deb. 25 cm
- toplotna izolacija ekspanziran polistiren - EPS deb. 16 cm
- armirni in zaključni sloj fasade deb. 0,5 cm

Pri gradnji obeh objektov se je za zidanje uporabila klasična modularna opeka debeline 25 cm in klasična apnena podaljšana malta. Razlika v debelini toplotne izolacije na zunanjem zidu med objektoma je 7 cm, vendar imamo pri skoraj nič energijski zidani stavbi toplotno izolacijo z dodatkom grafitnih delcev, ki ima boljše lastnosti in sicer za 20%. Ob upoštevanju boljše izolativnosti, pridemo do podatka, da je na zunanjem zidu skoraj nič energijske zidane stavbe vgrajeno 11 cm več toplotne izolacije.

Na zunanjem zidu v terenu imata obe stavbi izvedeno vertikalno hidroizolacijo, debelina toplotne izolacije pa je različna. Pri skoraj nič energijski zidani stavbi je debelina toplotne izolacije 22 cm, pri klasični zidani stavbi pa je debelina ekstrudiranega polistirena 10 cm.

3.3.3 Strop proti podstrešju

3.3.3.1 Skoraj nič energijska zidana stavba

Sestava stropa proti podstrešju:

- mavčnokartonska plošča deb. 1,25 cm
- parna zapora
- toplotna izolacija steklena volna deb. 40 cm (20 cm + 20 cm)

3.3.3.2 Klasična zidana stavba

Sestava stropa proti podstrešju:

- mavčnokartonska plošča deb. 1,25 cm
- parna zapora
- toplotna izolacija steklena volna deb. 30 cm (14 cm +16 cm)

Na obeh stavbah se je uporabila toplotna izolacija izolativnosti $\lambda = 0,035$ W/mK. Razlika v debelini toplotne izolacije med stavbama je 10 cm.

3.4 Vrednost investicije skoraj nič energijske zidane in klasične masivne zidane stavbe

Preglednica 1: Vrednost skoraj nič energijske zidane in klasične zidane stavbe

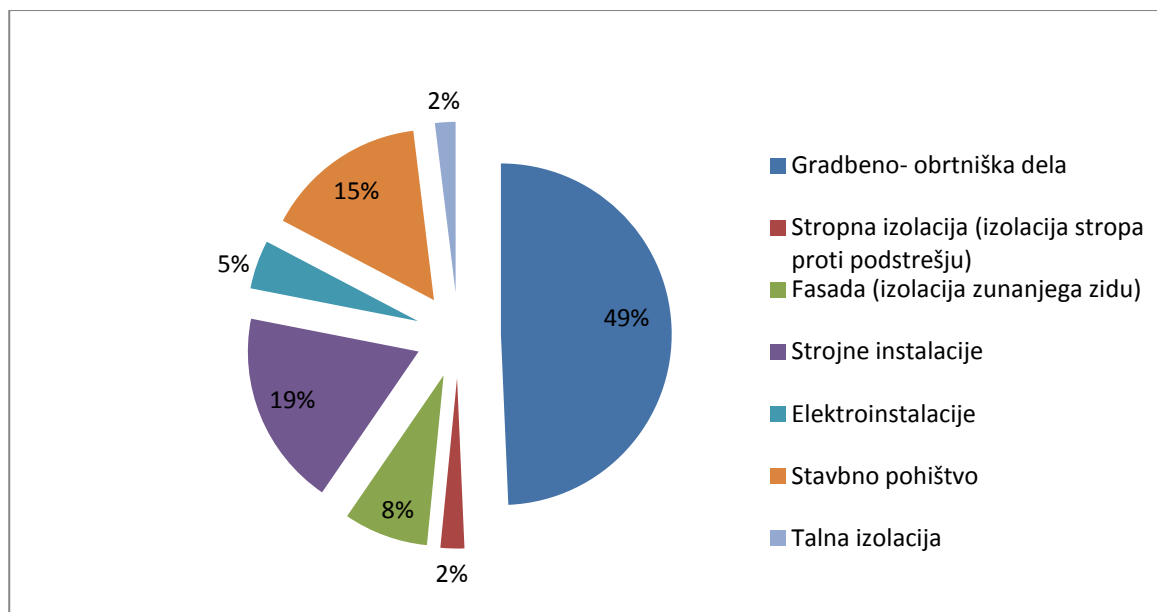
	Skoraj nič energijska zidana stavba (150 m ²)	Klasična zidana stavba (163 m ²)
Vrednost investicije v EUR, z 9,5% DDV	125.640,00	121.180,00
Nepovratna finančna sredstva v EUR	12.565,00	1.000,00
Vrednost v EUR	113.075,00	120.180,00
Vrednost v EUR/m ²	753,83	737,30
Razlika v EUR/m ²	16,53	-
Razlika v %	2,2	-

Iz tabele vidimo, da je cena na kvadrat skoraj nič energijske zidane stavbe za 16,53 EUR višja kot cena na kvadrat klasične zidane stavbe oziroma 2,2%. Pri izračunu so že upoštevana nepovratna sredstva, ki sta jih investitorja prejela od Eko Sklada. V primeru, da se sredstva pridobljena iz strani Eko sklada ne upoštevajo, je cena kvadratnega metra skoraj nič energijske zidane stavbe višja za 94,16 EUR oziroma 12,6%.

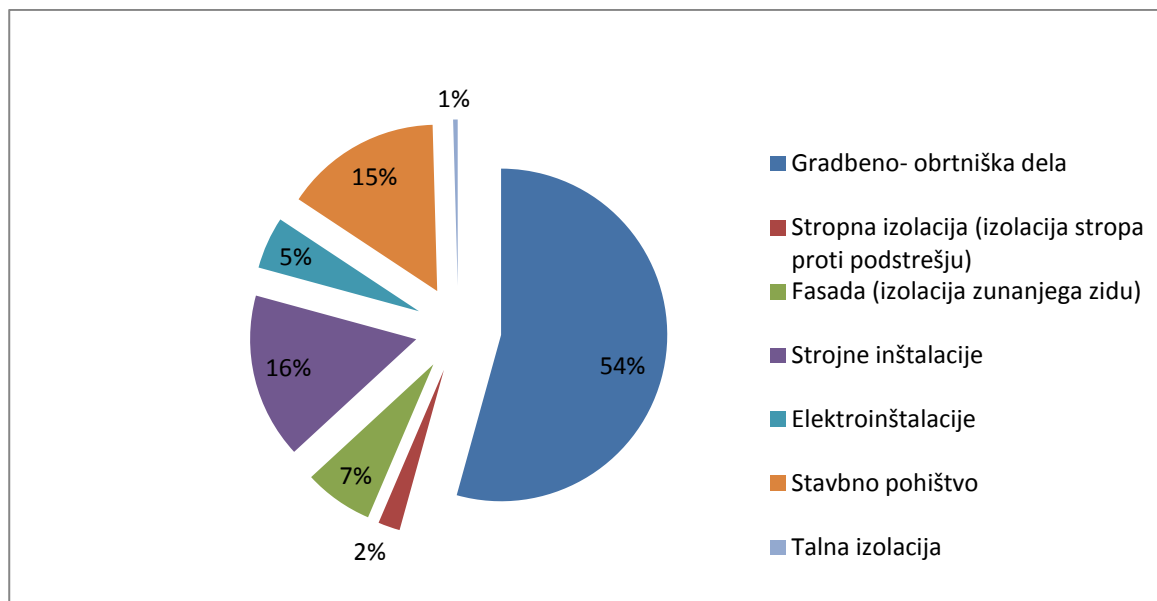
Investitor klasične zidane stavbe je prejel nepovratna sredstva v vrednosti 1.000,00 EUR za vgradnjo toplotne črpalke za ogrevanje in pripravo tople vode tipa zrak - voda. Nepovratna finančna spodbuda za skoraj nič energijsko zidano stavbo pa so znašala 12.565,00 EUR. Stavba je bila glede na razred energetske učinkovitosti in glede na vrsto izolacijskega materiala razvrščena v III skupino, kar pomeni, da je stavba z več kot 25% volumskega deleža toplotno izolacijskih materialov. Razred energijske učinkovitosti stavbe je < 10 kWh/m², tako da je bila finančna spodbuda 75,00 EUR/m² za 150 m² neto bivalne površine, kar znaša 11.250,00 EUR. V stavbo je bilo vgrajeno leseno stavbno pohištvo z zunanjo zaščito iz aluminija. Kvadratura steklenih površin stavbe je 26,30 m², tako da je znašala vrednost nepovratne finančne spodbude 1.315,00 EUR, saj je investitor upravičen do spodbude 50,00 EUR/m² stekla.

3.5 Predstavitev deležev posameznih del in materialov

Grafikon 1: Delež investicije posameznega sklopa za skoraj nič energijsko zidano stavbo



Grafikon 2: Delež investicije posameznega sklopa za klasično zidano stavbo



Iz zgornjih grafikonov vidimo, da je pri skoraj nič energijski zidani stavbi delež gradbeno obrtniških del manjši, kot pri klasični zidani stavbi, saj imamo večje debeline toplotne izolacije na zunanji steni, stropu proti podstrešju, ter na tleh (talna izolacija), kar pomeni večjo investicijo in s tem večji delež pri celotni investiciji.

Kot je razvidno iz Grafikona 1 in Grafikona 2 je pri obeh načinih gradnje delež elektro instalacij, stavbnega pohištva in toplotne izolacije stropa proti podstrešju enak. Pri skoraj nič energijski zidani stavbi je večji vpliv strojnih instalacij, saj imamo izvedeno prezračevanje, kar predstavlja 34% celotne vrednosti izvedbe strojnih instalacij.

3.6 Stroški obratovanja skoraj nič energijske zidane in klasične zidane stavbe

Pri analizi stroškov obratovanja bom upošteval podatke, ki sem jih pridobil iz vprašalnika (Priloga 1), ki sem ga poslal investitorjem skoraj nič energijskih zidanih stavb, ter od investitorja klasične zidane stavbe, ki jo obravnavam. V porabi električne energije so vključeni vsi stroški in porabniki, ki so v stavbi (toplotna črpalka za ogrevanje in pripravo tople vode, TV, pralni stroj,). Pri izračunu bom upošteval povprečno maloprodajno ceno električne energije, ki znaša 0,135 EUR/kWh.

Preglednica 2: Poraba električne energije skoraj nič energijske zidane in klasične zidane stavbe

	Skoraj nič energijska zidana stavba (150 m ²)	Klasična zidana stavba (163 m ²)
Celotna poraba energije na letni ravni (kWh)	5040	8120
Celotna poraba energije na letni ravni na m ² stavbe (kWh/m ²)	33,6	49,82
Razlika v kWh/m ²	-	16,22
Vrednost v EUR z DDV	680,40	1.096,20
Vrednost v EUR/m ² z DDV	4,54	6,73
Razlika v EUR/m ² z DDV	-	2,19

Iz zgornje preglednice vidimo, da je razlika med porabo električne energije na letni ravni v skoraj nič energijski zidani in klasični zidani stavbi znaša 3080 kWh, to pomeni 415,80 EUR pri dejanski neto površini obravnavanih stavb. Po izračunu porabe električne energije na neto površino stavbe, pridemo do podatkov, da se v klasični zidani stavbi porabi 16,22 kWh/m² več energije, kot v skoraj nič energijski zidani stavbi. Letna poraba električne energije v klasični masivni stavbi je za 341,59 EUR višja.

3.7 Izračun povračila vložka v skoraj nič energijsko zidano stavbo

Vložek dodatne investicije v skoraj nič energijsko zidano stavbo znaša 16,53 EUR/m², prihranek pri porabi energije na letni ravni znaša 2,19 EUR/m².

$$Doba\ vračila\ (t) = 16,53\ EUR/m^2 / 2,19\ EUR/m^2 = 7,55\ let$$

V obravnavanem primeru je doba vračanja vložka v skoraj nič energijsko zidano stavbo 7 let in 200 dni, ob upoštevanju, da se cena električne energije ne spreminja.

Dobava vračanja vložka v skoraj nič energijsko zidano stavbo se še zmanjša, saj ima investitor v klasično zidano stavbo vgrajen kamin, ki ima poleg dekorativne funkcije, tudi dogreva stavbo v jesenskem in zimskem času. Investitor porabi na leto cca 4,0 m³ drv, kar znese dodatni strošek pri ogrevanju stavbe v vrednosti cca 240 EUR, oziroma 1,47 EUR/m².

$$Doba\ vračila\ (t) = 16,53\ \frac{EUR}{m^2} / \left(2,19\ \frac{EUR}{m^2} + 1,47\ \frac{EUR}{m^2} \right) = 4,52\ let$$

Doba vračanja vložka v skoraj nič energijsko zidano stavbo, ob upoštevanju stroška za nakup drv znaša 4 leta in 190 dni ob upoštevanju, da se cena drv in električne energije ne spremeni.

Doba vračanja vložka v skoraj nič energijsko zidano stavbo ob neupoštevanju subvencije Eko Sklada.

$$Doba\ vračila\ (t) = 94,16\ EUR/m^2 / 2,19\ EUR/m^2 = 43\ let$$

V obravnavanem primeru je doba vračanja vložka v skoraj nič energijsko zidano stavbo ob neupoštevanju subvencije, ki jo investitor pridobi od države 43 let, ob upoštevanju, da se cena električne energije ne spreminja.

4 ANALIZA VPRAŠALNIKA IN PRIPOROČILA BODOČIM INVESTITORJEM SKORAJ NIČ ENERGIJSKIH ZIDANIH STAVB

4.1 Splošno

Da bi čim bolj realno pridobil mnenja o bivanju, zadovoljstvu in stroških bivanja v nič energijskih zidanih stavbah, sem sestavil vprašalnik (PRILOGA A), ki sem ga poslal desetim investitorjem. Vprašalnik je bil poslan investitorjem, ki bivajo v skoraj nič energijskih zidanih stavbah več kot 1 leto. Od desetih poslanih vprašalnikov sem dobil izpolnjenih 8 anket.

4.2 Analiza odgovorov

V skoraj nič energijskih zidanih stavbah prebivajo v povprečju 4 družinski člani. Za ogrevanje stavbe se uporablja toplotna črpalka tipa zrak- voda (6 investitorjev), ter tipa voda-voda (2 investitorja). Za prezračevanje stavbe se uporablja rekuperator z vračanjem vlage, katerega investitorji nikoli ne izklaplajo.

Glede na rezultate vprašalnika, so povprečne karakteristike skoraj nič energijske zidane stavbe:

- poraba električne energije	5080 kW/h leto
- debelina toplotne izolacije temeljnih tal	29 cm
- debelina toplotne izolacije na zunanji steni	22,50 cm
- debelina toplotne izolacije na stropu proti podstrešju	40 cm
- rezultati testa zrakotesnosti	od 0,18 h ⁻¹ do 0,60 h ⁻¹
- zimska temperatura v objektu	22°C
- poletna temperatura v objektu	22,8°C
- velikost steklenih površin	38,03 m ²
- neto površina objekta	184,40 m ²
- bruto površina objekta	255,40 m ²
- prostornina objekta	814 m ³
- površina fasadnega ovoja	256,4 m ²

Na večini stavb je vgrajeno stavbno pohištvo tipa les z zunanjo zaščito iz aluminija (5 stavb), ena stavba ima vgrajena lesena okna, dve pa imata PVC stavbno pohištvo s karakteristikami primernimi za skoraj nič energijske stavbe. Pri stavbah, kjer je vgrajeno PVC stavbno pohištvo ni možno pridobiti nepovratnih sredstev, ki so razpisana za vgradnjo stavbnega pohištva.

Vse stavbe imajo vgrajene zunanje žaluzije na elektro pogone, s katerimi senčijo prostore. Vse stavbe imajo poleg žaluzij, nad veliki panoramskimi stenami v pritličju izveden previs nadstropja, ali pa nadstrešek, ki onemogoča direktni vpliv sonca na stekleno površino.

Štiri stavbe imajo vgrajene toplozračne kamine, ki so zelo majhne moči (2 do 4 kW) in služijo bolj dekorativnemu namenu, ter za prijetno vzdušje v prostoru. Če bi v skoraj nič energijsko zidano stavbo vgradili kamin prevelike moči, bi prišlo do pregrevanja stavbe. Na leto porabijo med 2 in 3 m³ drv za kurjenje kamina.

Na vprašanje investitorjem koliko in kje so izvedeli za skoraj nič energijsko zidano stavbo, so bili odgovori zelo podobni. Najbolj pogost odgovor investitorjev o informiranosti o skoraj nič energijskih stavbah je bil, da so vedeli zelo malo oziroma nič. Večina investitorjev je izvedela iz tiskanih in spletnih oglasov, ki jih objavljajo podjetja, ki se ukvarjajo z montažno gradnjo skoraj nič energijskih objektov (Lumar, Marles, itd.). Nekateri so izvedeli od projektantov, ko so se zanimali za projektiranje stavbe ali pa na raznih sejmih o gradnji hiš.

Visoko bivalno ugodje, kvalitetno bivanje in zmanjšanje stroškov bivanja na ekonomsko smiselno minimum so bili glavni razlogi, ki so jih navedli za odločitev o gradnji skoraj nič energijske zidane stavbe. Vsi zgoraj naštetih razlogi so navedeni tudi kot pozitivni učinki bivanja v skoraj nič energijski zidani stavbi. Kot negativni učinek so navedli razlog, da se moraš kot uporabnik skoraj nič energijske zidane stavbe obnašati drugače kot v klasični stavbi in vedeti, da imaš opravka s stavbo, ki zahteva od tebe nekaj discipline (npr. nepotrebno odpiranje oken v času hude vročine ali mraza, ustrezno senčenje). Negativni učinki, ki niso povezani z bivalnim ugodjem, so finančne narave, saj takšna gradnja stane več kot klasična gradnja stavbe in tudi nepovratna spodbuda Eko sklada ne pokrije celotnega dodatnega stroška. Nekateri investitorji bi na severno stran objekta vgradili dodatna okna zaradi svetlobe, ki bi jo dobili v prostore na tej strani, čeprav bi s tem poslabšali karakteristike stavbe.

4.3 Priporočila bodočim investitorjem

Zakonodaja se glede energetske učinkovitosti novih stavb zastruje, zato bodo skoraj nič energijske zidane stavbe postale nekaj samoumevnega. Investitor, ki se odloči za gradnjo skoraj nič energijske zidane stavbe, lahko pridobi kredit za gradnjo pod boljšimi pogoji, saj banke spodbujajo "zeleno" gradnjo. Skoraj nič energijska zidana stavba zagotavlja uporabnikom visoko bivalno ugodje, saj zagotavlja enakomerne temperature v objektu, enakomerne temperature obodnih površin, rekuperacija filtrira zrak, dovaja sveži zrak v prostore, odvaja odpadni zrak (ni neprijetnih vonjav iz WC školjk, kuhinje, shrambe, garderobe za čevlje), ker ni potrebe po odpiranju oken ni v stavbi mrčes, pri nakupu stavbnega pohištva (oken) imamo možnost, da odločimo za več fiksnih zasteklitev, kar zmanjša strošek nakupa stavbnega pohištva, saj so mehanizmi za odpiranje dragi. Stroški za ogrevanje in vzdrževanje stavbe so nizki, energenti se bodo dolgoročno dražili, končna vrednost skoraj nič energijske zidane stavbe pa je višja, v primeru, da se odločimo v prihodnosti za prodajo. Pri skoraj nič energijski zidani stavbi ne potrebujemo dodatnega prostora za kotlovnico in imamo več prostora za

druge stvari oziroma lahko zgradimo manjšo stavbo. Toplotno črpalko in prezračevalno napravo lahko vgradimo v omaro ali kakšen manjši prostor v stavbi. V primeru izpada električne energije imamo možnost napajanje celotne stavbe z manjšim agregatom, saj so porabniki v skoraj nič energijski zidani stavbi majhni. Velika akumulacija zidane stavbe nam dopušča tudi občasne napake, kot npr. da poleti pozabimo spustiti žaluzije, nedelovanje ogrevalnega sistema za krajši čas pozimi, saj se temperatura v objektu spreminja zelo počasi.

Zelo pomemben dejavnik pred pričetkom gradnje skoraj nič energijske zidane stavbe, je pravilna izbira projektanta in izvajalca del. Pravilna zasnova stavbe, kjer je upoštevano senčenje, ki prepreči pregrevanje, oblika stavbe, orientacija stavbe, postavitve steklenih površin in kvalitetno ter pravilno izvedeni detajli so osnova za učinkovito skoraj nič energijsko zidano stavbo.

5 UGOTOVITVE IN ZAKLJUČEK

Diplomska naloga predstavlja povzetek znanja, ki sem ga pridobil v praksi in v letih študija na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo. V diplomski nalogi sem podrobno predstavil tehnologijo in detajle, ki jih je potrebo poznati in upoštevati pri gradnji zidane skoraj nič energijske stavbe. Na dveh zidanih stanovanjskih stavbah v JV delu Slovenije (skoraj nič energijska in klasična) sem analiziral stroške gradnje, delež posameznih del, ki imajo vpliv na gradnje skoraj nič energijske zidane in klasične zidane stavbe, ter izračunal dobo povračila dodatne investicije, ki jo vložimo v gradnjo skoraj nič energijske zidane stavbe. Ob upoštevanju nepovratnih sredstev Eko sklada, ki jih prejmejo investitorji ob zaključku naložbe v gradnjo in po opravljenem testu zrakotesnosti so stroški gradnje skoraj nič energijske zidane stavbe višji za 2,2%. Ob upoštevanju energijske varčnosti skoraj nič energijske zidane stavbe, se investicija povrne v 7,55 letih. V primeru, da država ne bi spodbujala gradnje skoraj nič energijskih stavb z izplačilom nepovratnih sredstev bi bila investicija višja za 12,6%, doba vračila pa kar 43 let in sem mnenja, da bi se veliko večina investitorjev odločila za gradnjo klasične zidane stavbe. To sklepam iz odgovorov investitorjev na vprašanje za odločitev gradnje skoraj nič energijske zidane stavbe, saj so vsi navedli odgovor, da je bila finančna pomoč s strani države (Eko sklad) eden izmed glavnih razlogov, da so se odločili za takšno gradnjo.

Vsi ljudje se najprej vprašamo koliko nas bo neka stvar stala, ter kolikšne stroške bomo imeli z njo. Opažam, da se vse več ljudi zaveda, da nekoliko dražja začetna investicija pomeni tudi naložbo za prihodnost, saj bo vrednost stroškov vzdrževanja manjša, ter da ima investicija v skoraj nič energijsko zidano stavbo tudi druge koristi na ljudi in okolje, ki jih ne moremo meriti skozi denar.

VIRI

Bernard, P. 2014. Pasivna hiša mora biti tudi dobro izolirana. Gradbenik marec: str. 16-17.

Jerman, B. 2009. Aktivno, pasivno in naravno hlajenje stavb.

<http://www.e-netsi.si/files/Aktivno-pasivno-naravno-hlajenje-stavb> (Pridobljeno 22. 6. 2016.)

Jerman, B. Ste razočarani nad delovanjem poletnega obvoda pri prezračevalni napravi z vračanjem toplote.

<http://www.e-netsi.si/files/ste-razocarani-nad-poletnim-obvodom-pri-prezracevalni-napravi.pdf>
(Pridobljeno 22. 6. 2016.)

Jurečko, T. 2010. Standardi trajnostne gradnje: Pasivna hiša. Diplomaska naloga. Maribor, Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo, univerzitetni Arhitektura (samozaložba T. Jurečko): str. 1-5, 12-20.

Karlovšek, A. 2007. Energijsko varčna pasivna hiša. Diplomaska naloga. Maribor, Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko (samozaložba A. Karlovšek): str. 4-20.

Pasivna hiša, 2014. Pogosta vprašanja v zvezi z varčno gradnjo.
<http://www.ugodnagrada.com/index.php/faq/> (Pridobljeno 20. 6. 2016.)

Praznik, M. in Kovič, S. 2009. Ekonomski in energijski vidiki načrtovanja novogradnje NEH in PS, Nizkoenergijske in pasivne hiše, str. 22- 27.

Praznik, M. in Zbašnik- Senegačnik, M. 2016. Trajnostna zasnova energijsko učinkovitih enodružinskih hiš. Ljubljana, Univerza v Ljubljani. Fakulteta za arhitekturo.

Ursa Slovenija. 2016. Pasivna hiša. Gradbenik 4: str. 50.

Zbašnik- Senegačnik, M. 2008. Pasivna hiša. Ljubljana, Univerza v Ljubljani. Fakulteta za arhitekturo.

Zbašnik- Senegačnik, M. 2009. Pasivna hiša- Danes mit, jutri obveza.
http://www.varchnahiša.si/vh09_clanek_02.html (Pridobljeno 24. 6. 2016.)

»Ta stran je namenoma prazna«

SEZNAM PRILOG:

PRILOGA A: PISNI VPRAŠALNIK

A.1 Pisni vprašalnik

PRILOGA B: NAČRTI

B.1 Načrt temeljne plošče skoraj nič energijske zidane stanovanjske hiše
B.2 Načrt pritličja skoraj nič energijske zidane stanovanjske hiše
B.3 Načrt mansarde skoraj nič energijske zidane stanovanjske hiše
B.4 Načrt prereza A - A skoraj nič energijske zidane stanovanjske hiše
B.5 Načrt prereza B - B skoraj nič energijske zidane stanovanjske hiše
B.6 Načrt pritličja klasične zidane stanovanjske hiše
B.7 Načrt mansarde klasične zidane stanovanjske hiše
B.8 Načrt prereza A - A klasične zidane stanovanjske hiše

PRILOGA C: PRIKAZ POSAMEZNIH STROŠKOV GRADNJE

C.1 Preglednica posameznih stroškov pri gradnji skoraj nič energijske zidane stavbe (Brežice)
C.2 Preglednica posameznih stroškov pri gradnji klasične zidane stavbe (Novo mesto)

»Ta stran je namenoma prazna«

PRILOGA A: PISNI VPRAŠALNIK

Sem Miha Sever, študent Fakultete za gradbeništvo in geodezijo. V sklopu diplomske naloge primerjam višino investicije klasične in skoraj nič energijske zidane stanovanjske hiše. Prosim vas, če lahko izpolnite spodnji vprašalnik. Za vaše sodelovanje se vam prijazno zahvaljujem. Zbrani podatki bodo namenjeni izključno izdelavi moje diplomske naloge z naslovom:

Primerjalna analiza investicije klasične in skoraj nič energijske zidane stanovanjske hiše

PISNI VPRAŠALNIK:

1.) Lokacija objekta:

2.) Število družinskih članov:

3.) Neto površina objekta:

4.) Bruto površina objekta:

5.) Prostornina objekta:

6.) Površina fasadnega ovoja:

7.) Velikost steklenih površin:

8.) Način ogrevanja objekta:

9.) Vgrajeni tip stavbnega pohištva:

- a) PVC
- b) lesena
- c) les- alu

10.) Orientacija objekta:

11.) Faktor oblike objekta:

12.) Poraba električne energije (letna raven):

13.) Ali imate v objektu kamin?

DA NE

(če je odgovor DA)

Koliko m³ drv porabite?

14.) Debeline toplotne izolacije na posameznih sklopih, ter vrsta materiala:

- TEMELJNA TLA:

* pod estrihom

* pod temeljno ploščo_ nad HHI

* pod temeljno ploščo_ pod HHI

- ZUNANJA STENA:

- STROP PROTI POŠEVNI STREHI:

15.) Rezultat izračuna PHPP:

16.) Rezultat testa zrakotesnosti:

17.) Povprečna zimska temperatura v objektu:

18.) Povprečna poletna temperatura v objektu:

19.) Upravljanje prezračevanja:

VEDNO

GA IZKLAPLJAMO

Kdaj imate izklopljenega?

20.) Tip senčil na objektu:

a) žaluzije

b) rolete

c) drugo:

21.) Kako skrbite za pravilno senčenje objekta:

22.) Kje ste izvedeli za pasivno hišo in koliko ste že pred izvedbo vedeli o pasivni hiši?

23.) Zakaj tak tip hiše in kako ste se odločili za pasivno hišo?

24.) Pozitivni in negativni učinki bivanja v pasivni hiši?

25.) Ali bi še enkrat gradili pasivno hišo?

DA

NE

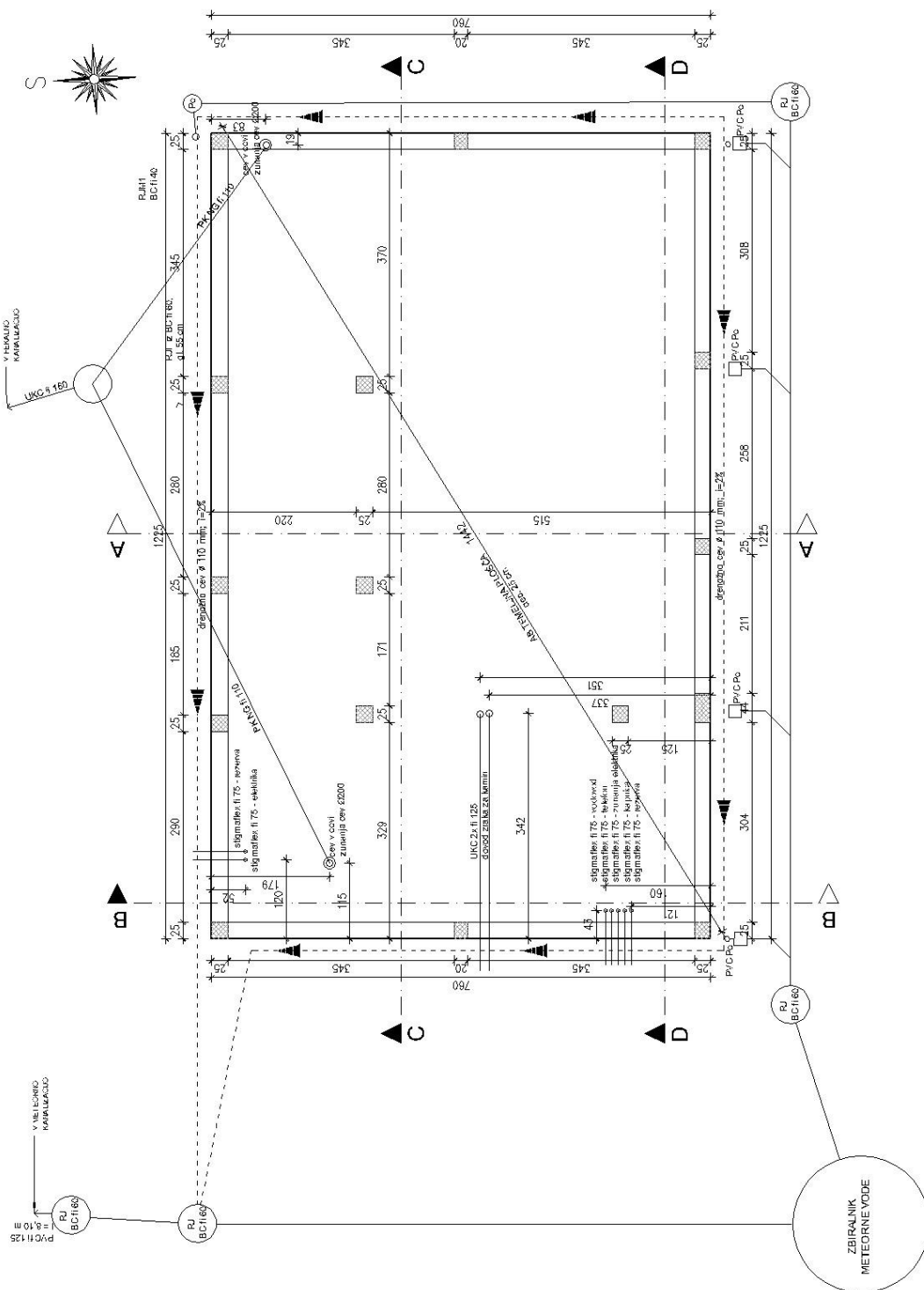
(če je odgovor DA)

Kaj bi spremenili pri pasivnosti objekta?

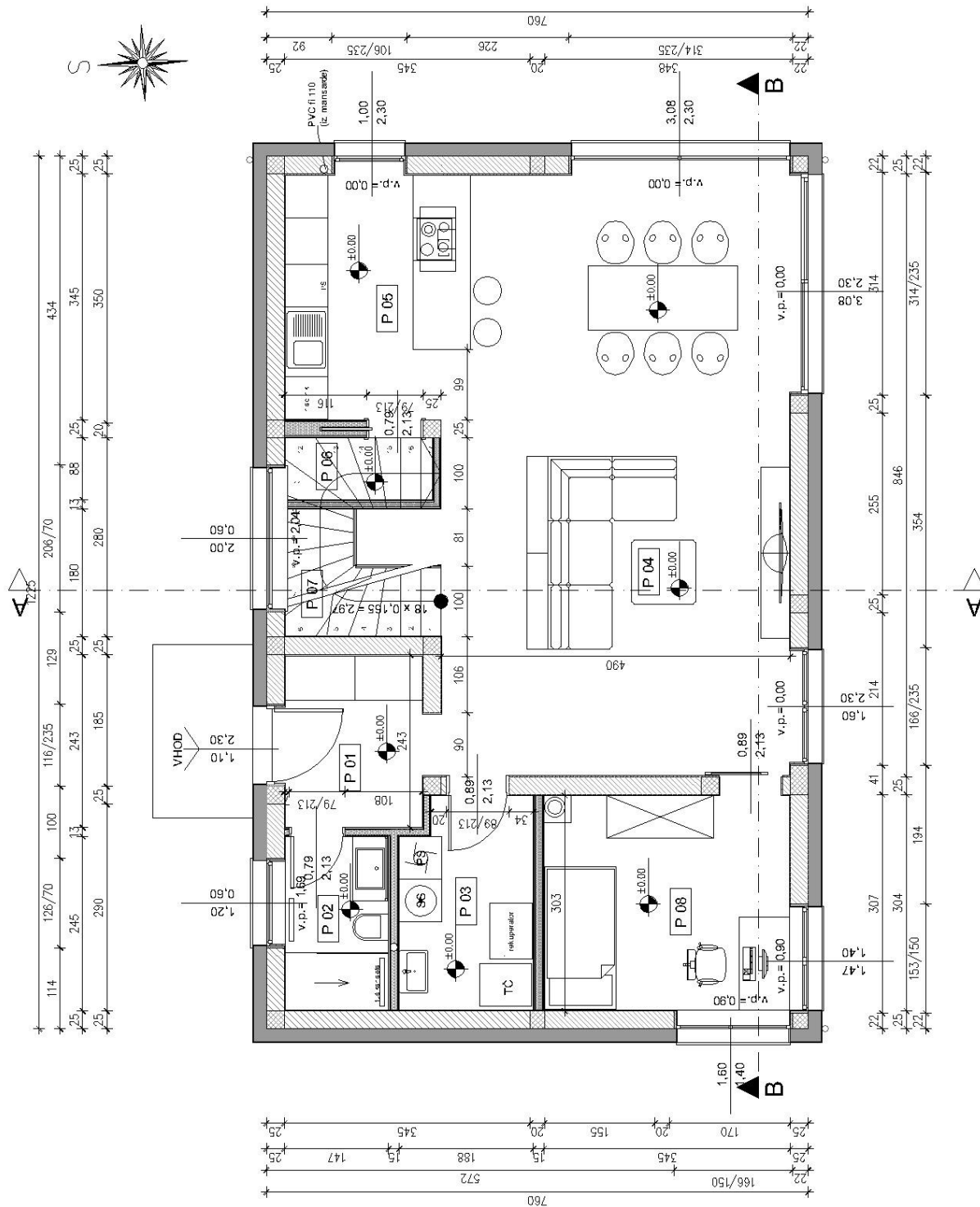
»Ta stran je namenoma prazna«

PRILOGA B: NAČRTI KLASIČNE IN SKORAJ NIČ ENERGIJSKE ZIDANE STANOVANJSKE HIŠE

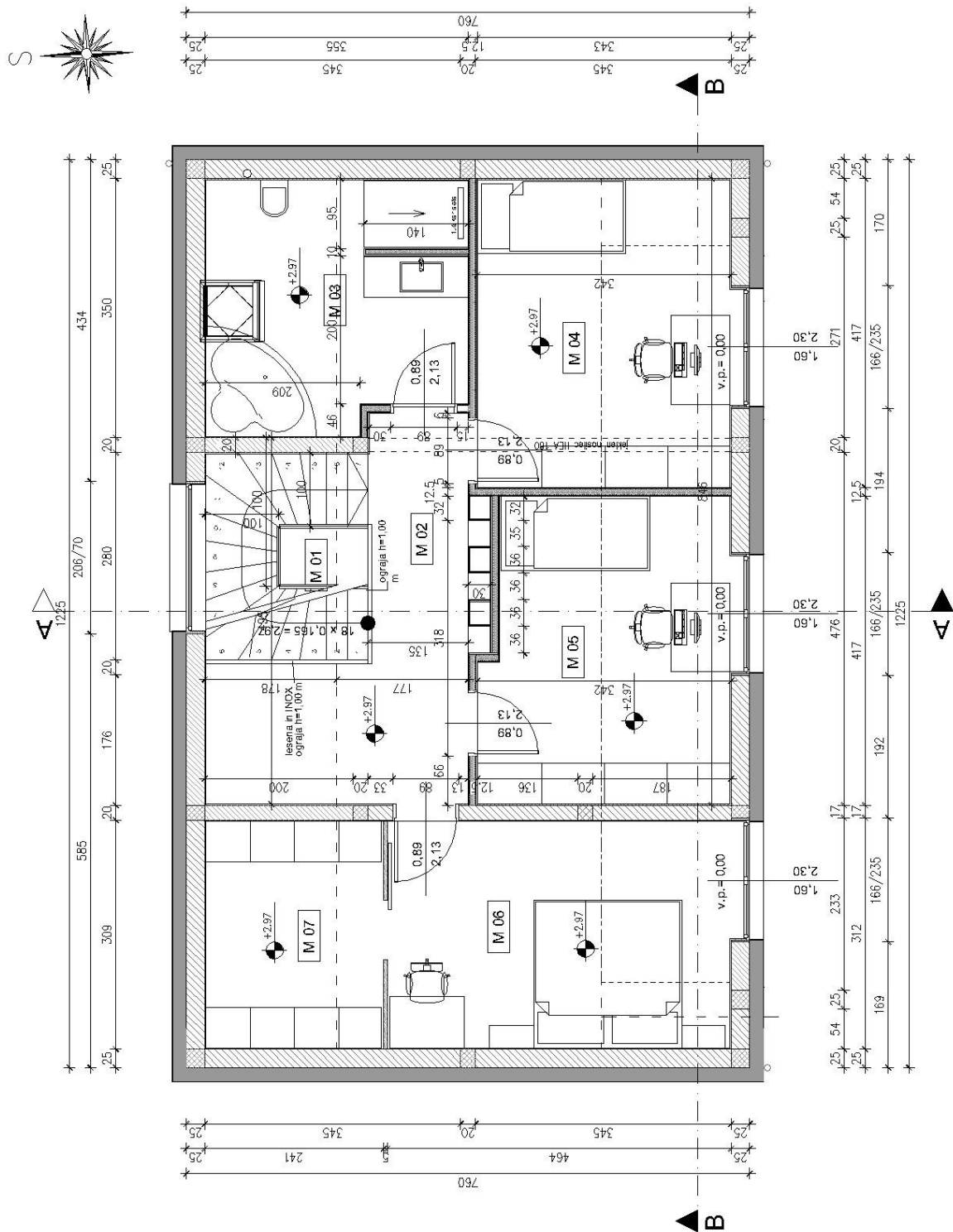
Priloga B.1: Načrt temeljne plošče skoraj nič energijske zidane stanovanjske hiše



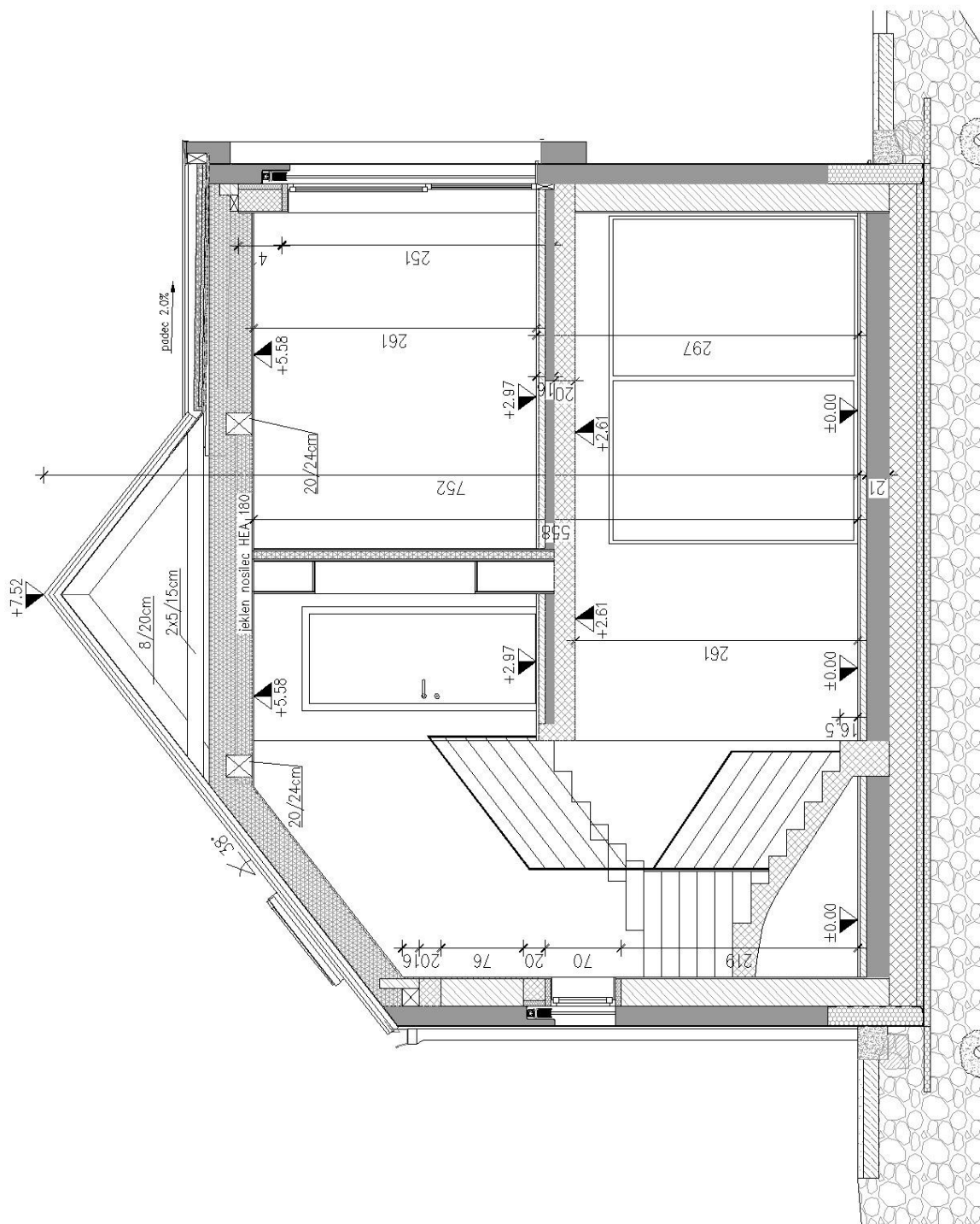
Priloga B.2: Načrt pritličja skoraj nič energijske zidane stanovanjske hiše



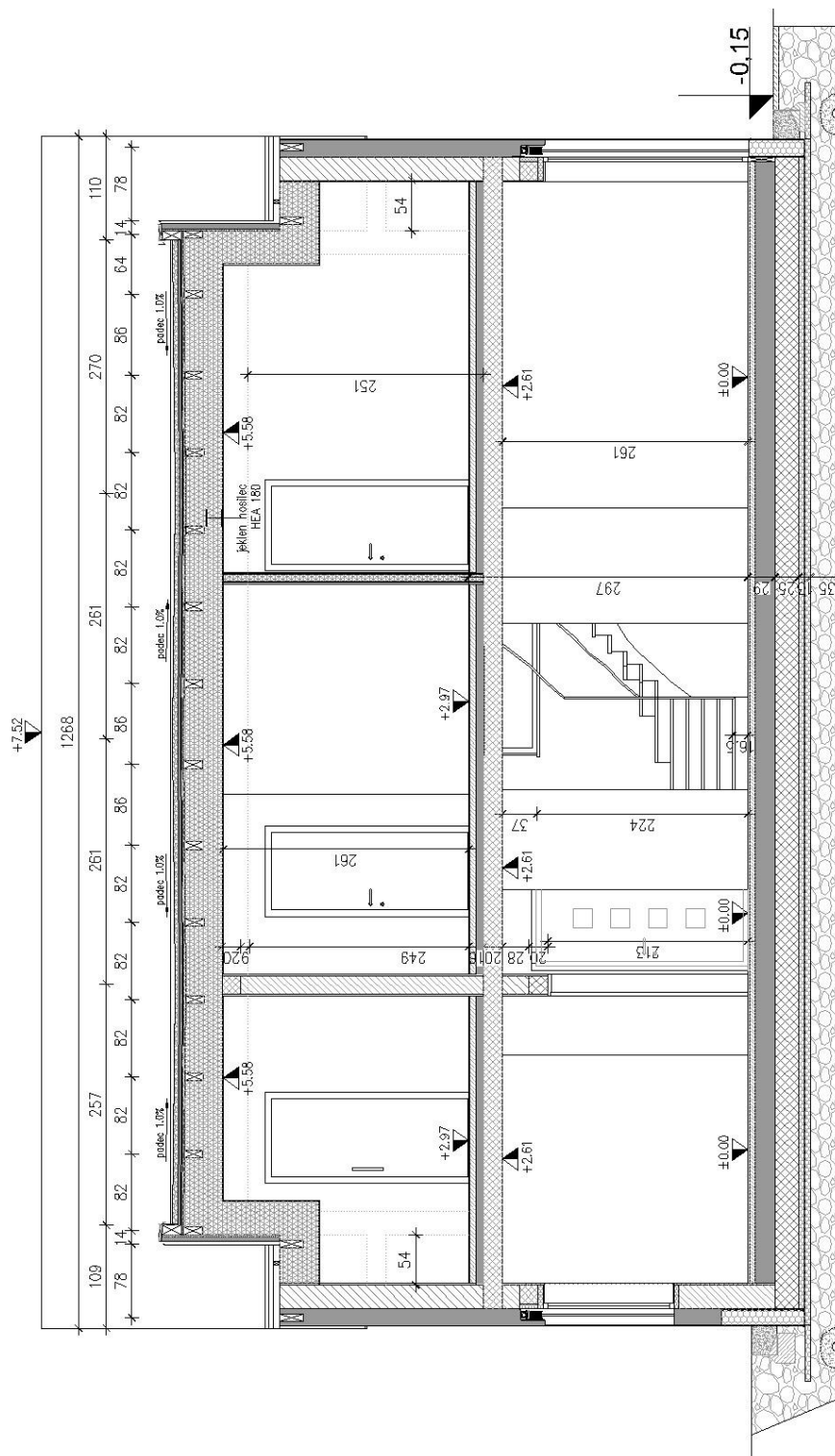
Priloga B.3: Načrt mansarde skoraj nič energijske zidane stanovanjske hiše



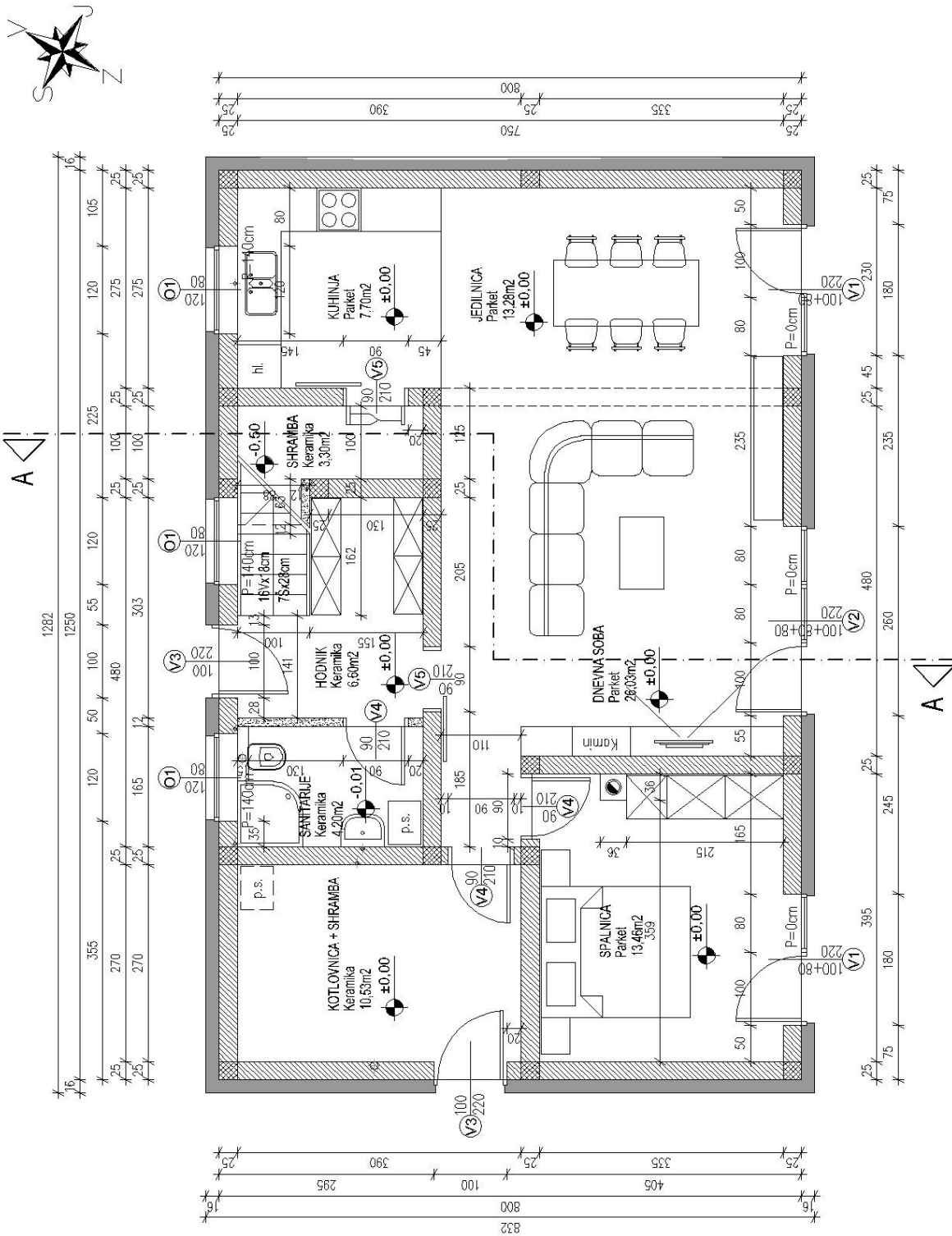
Priloga B.4: Načrt prereza A - A skoraj nič energijske zidane stanovanjske hiše



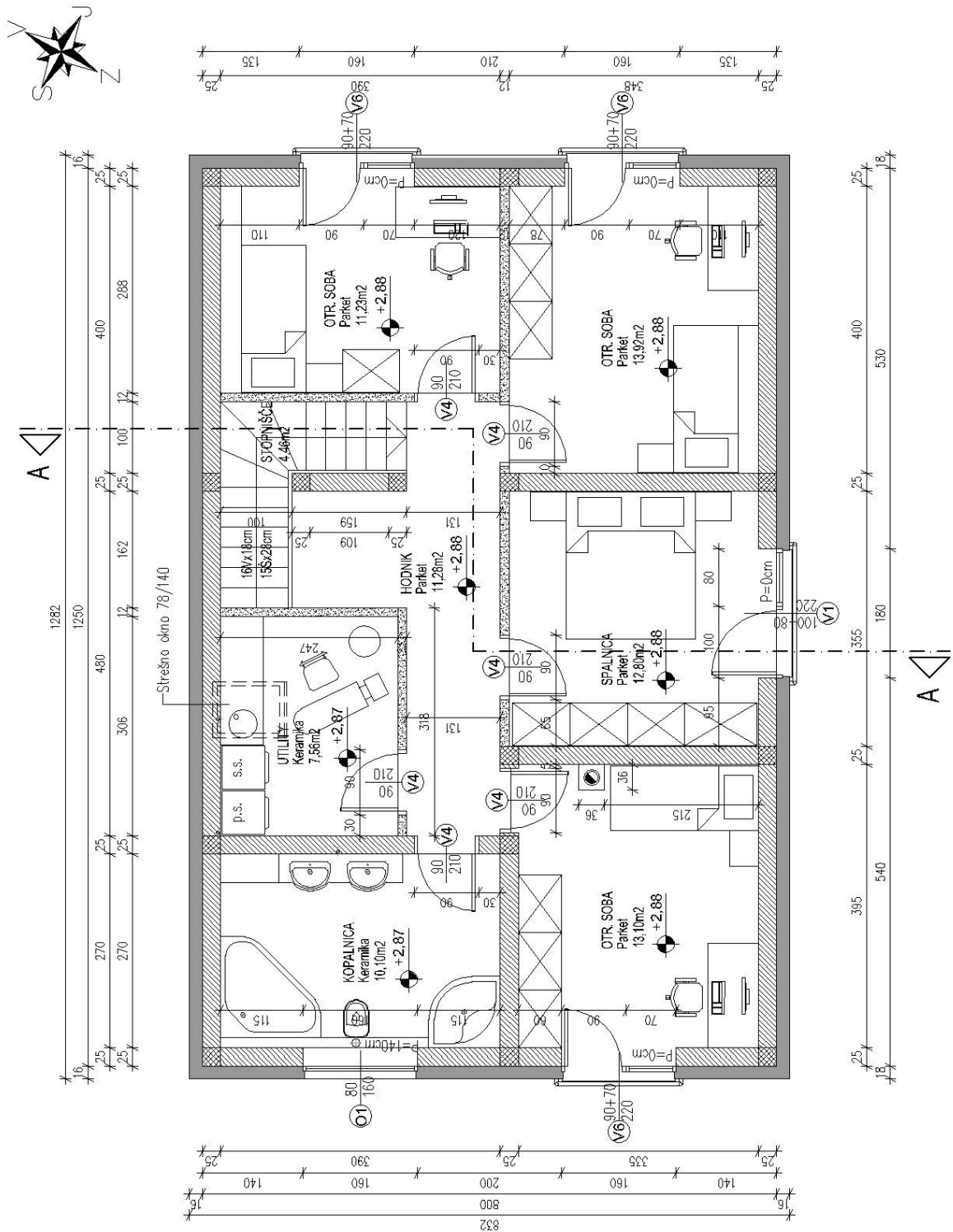
Priloga B.5: Načrt prereza B - B skoraj nič energijske zidane stanovanjske hiše



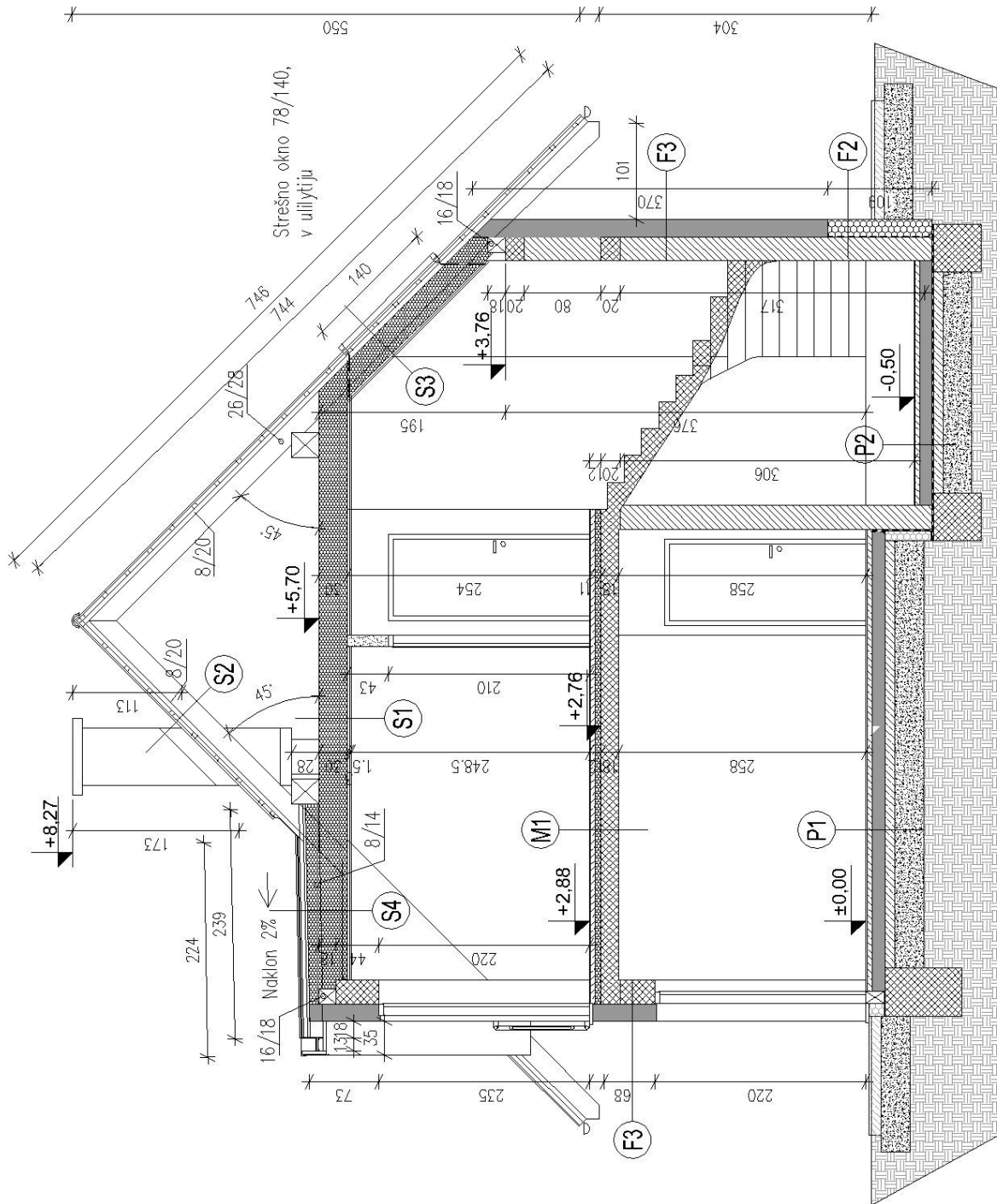
Priloga B.6: Načrt pritličja klasične zidane stanovanjske hiše



Priloga B.7: Načrt mansarde klasične zidane stanovanjske hiše



Priloga B.8: Načrt prereza A - A klasične zidane stanovanjske hiše



PRILOGA C: PRIKAZ POSAMEZNIH STROŠKOV GRADNJE

Priloga C.1: Preglednica posameznih stroškov pri gradnji skoraj nič energijske zidane stavbe (Brežice)

Posamezni sklopi pri gradnji	Vrednost posameznega sklopa (EUR)
Gradbeno obrtniška dela	61.948,71
Stropna izolacija (izolacija stropa proti podstrešju)	2.834,51
Strojne instalacije	23.258,88
Elektro instalacije	5.798,14
Fasada (izolacija zunanjega zidu)	10.057,73
Talna izolacija	2.439,79
Stavbno pohištvo	19.302,24

Priloga C.2: Preglednica posameznih stroškov pri gradnji klasične zidane stavbe (Novo mesto)

Posamezni sklopi pri gradnji	Vrednost posameznega sklopa (EUR)
Gradbeno obrtniška dela	65.800,37
Stropna izolacija (izolacija stropa proti podstrešju)	2.580,00
Strojne instalacije	19.500,00
Elektro instalacije	6.146,26
Fasada (izolacija zunanjega zidu)	8.136,77
Talna izolacija	535,28
Stavbno pohištvo	18.481,32