

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:

Lindič, V., 2015. Študija možnosti energetske prenove spomeniško zaščitene stavbe. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Košir, M., somentor Kunič, R.): 63 str.

Datum arhiviranja: 16-09-2015

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



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

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

This is original version of final thesis.

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

Lindič, V., 2015. Študija možnosti energetske prenove spomeniško zaščitene stavbe. B.Sc Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Košir, M., co-supervisor Kunič, R.): 63 p.

Archiving Date: 16-09-2015

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



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

**VISOKOŠOLSKI STROKOVNI
ŠTUDIJSKI PROGRAM PRVE
STOPNJE OPERATIVNO
GRADBENIŠTVO**

Kandidatka:

VANJA LINDIČ

**ŠTUDIJA MOŽNOSTI ENERGETSKE PRENOVE
SPOMENIŠKO ZAŠČITENE STAVBE**

Diplomska naloga št.: 97/OG-MO

**THE STUDY ON THE POSSIBILITY OF ENERGY
RENOVATION OF HERITAGE BUILDING**

Graduation thesis No.: 97/OG-MO

Mentor:

doc. dr. Mitja Košir

Predsednik komisije:

Somentor:

doc. dr. Roman Kunič

Ljubljana, 08. 09. 2015

STRAN ZA POPRAVKE, ERATTA

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisana Vanja Lindič izjavljam, da sem avtorica diplomskega dela »Študija možnosti energetske prenove spomeniško zaščitene stavbe« .

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

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Škovec, avgust 2015

Vanja Lindič

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN Z IZVLEČKOM

- UDK:** 333.483.13:620.9:697(497.4)(043.2)
- Avtor:** Vanja Lindič
- Mentor:** doc.dr. Mitja Košir
- Somentor:** doc.dr. Roman Kunič
- Naslov:** Študija možnosti energetske prenove spomeniško zaščitene stavbe
- Tip dokumenta:** Diplomaska naloga-visokošolski strokovni študij
- Obseg in oprema:** 63 str., 49 preg., 16 slik, 16 graf.
- Ključne besede:** prenova, toplotna zaščita, stavbna dediščina, kulturnovarstveni pogoji, PURES 2010, potrebna letna toplota za ogrevanje

IZVLEČEK

Vsaka stavba z leti potrebuje prenovo. Danes strmimo k temu, da so naše zgradbe čim bolj energetske učinkovite. Minimalne zahteve nam podaja Pravilnik o učinkoviti rabi energije PURES 2010, ki predpisuje zasnovo stavbe in ovoja, tako da dosežemo kar se da nizko potrebo po ogrevanju kot tudi hlajenju stavb. S čim boljšo energetsko prenovo bomo dosegli boljši energijski razred po energetski izkaznici, ki je že obvezna pri prodaji in oddaji stavbe ali njenega posameznega dela. V diplomski nalogi obravnavam eno družinsko hišo, ki ima status kulturne dediščine. Za prenovo spomeniško zaščitene stavbe je potrebno pridobiti kulturnovarstveno soglasje, ki ga določa Zakon o varstvu kulturne dediščine (ZVKD-1), zato je potrebno energetsko prenovo prilagoditi zahtevam Zavoda za kulturno dediščino. Za obravnavano stavbo sem pripravila štiri predloge energetske sanacije pri čemer sem v največji meri upoštevala varstveni režim, ki velja za to stavbo. V programu TEDI sem izračunala vrednosti toplotnih prehodnosti konstrukcijskih sklopov. Predloge sem med seboj primerjala po vrednostih letne potrebne energije za ogrevanje, ki sem jih izračunala s programom TOST. Katera predlagana obnova je najprimernejša, pa je odvisno od potreb investitorja po bivalni površini, od zelenega energetskega učinka in od izpolnjevanja kulturnovarstvenih pogojev.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

- UDC:** 333.483.13:620.9:697(497.4)(043.2)
- Author:** Vanja Lindič
- Supervisor:** prof. Mitja Košir, Ph. D.
- Cosupervisor:** assist. prof. Roman Kunič, Ph. D .
- Title:** The study on the possibility of energy renovation of heritage building
- Document type:** Graduation thesis – University studies
- Scope and tools:** 63 p., 49 tab., 16 fig, 16 graph.
- Keywords:** energy renovation, building heating energy consumption, cultural heritage protection conditions, PURES 2010, energy efficiency

ABSTRACT

Every building needs renovation after a certain period of time. The present trend is to make buildings as energy efficient as possible. The minimum requirements are laid out in the Regulation on Efficient Use of Energy in Buildings - PURES 2010. This regulation prescribes the appropriate design of a building and building envelope in order to achieve the lowest possible need for heating and cooling of buildings. The best possible energy renovation of a building assures a better energy efficiency class set out in the energy performance certificate that has become obligatory when selling and letting a building or its individual unit. My thesis is a study on a single-family house designated as a listed building. In order to renovate a listed building, a protection approval is required as set out in the Cultural Heritage Protection Act (Slovenian abbreviation "ZVKD-1"). Therefore, energy renovation has to be adjusted to the requirements of the Institute for the Protection of Cultural Heritage of Slovenia. I have selected four options for the energy renovation of the studied building. The most important factor determining my selection was a protection arrangement that applies to this building. Using the programme TEDI I calculated values of thermal conduction of construction units. I compared the selected options in regard to values of energy required for heating per annum. The values were calculated with the programme TOST. Which of the proposed renovation options is the most appropriate depends on an investor's needs for rooms, desired energy efficiency, and on the fulfilling of cultural heritage protection conditions.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju doc.dr. Mitji Koširju za strokovno pomoč pri izdelavi diplomske naloge.

Zahvaljujem se svojim staršem za finančno in moralno pomoč v času študija.

Zahvaljujem se tudi Jožetu, Maruši in Maji za vso pomoč, potrpežljivost in podporo, ki so mi jo nudili v času študija.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
1.1	Namen naloge	1
1.2	Metoda dela	2
2	PREGLED ZAKONODAJE	3
2.1	PURES 2010 (Uradni list RS/št.52/10).....	3
2.2	Tehnična smernica za graditev TSG-4 [6].....	4
2.3	Zakon o varstvu kulturne dediščine (ZVKD-1, UL RS št:16/2008).....	6
3	SPLOŠNO O KULTURNI DEDIŠČINI	8
3.1	Definicije in delitev kulturne dediščine.....	8
3.2	Pojmi povezani s kulturno dediščino	9
3.3	Varstvo in ohranjanje kulturne dediščine.....	10
3.3.1	Pravni režim varstva	11
3.4	Obnova stavbne dediščine.....	11
3.4.1	Kulturno varstveni pogoji.....	13
3.4.2	Kulturnovarstveno soglasje.....	13
4	ENERGETSKA PRENOVA STAVBNE DEDIŠČINE	14
4.1	Primeri energetskih prenov iz tujine	15
4.1.1	Primeri, kjer so se ukrepi izvajali iz notranje strani stavbe.....	15
4.1.2	Primer, kjer so se ukrepi izvajali na zunanji strani stavbe.....	17
4.1.3	Obnova Slovenskega etnološkega muzeja (SEM)	18
5	OPIS OBRAVNAVANE STAVBE	21
5.1	Splošno.....	21
5.2	Zasnova izhodiščne situacije	22
5.3	Osnovni vhodni podatki.....	25
5.3.1	Vhodni podatki za izračun toplotne prehodnosti s programom TEDI	25
5.3.2	Rezultati obstoječega stanja	28
5.3.2.1	Sestave KS in izračun toplotne prehodnosti s programom TEDI	28
5.3.2.2	Energetska bilanca obstoječega stanja s programom TOST.....	30
5.3.2.3	Komentar rezultatov.....	31
6	PREDLOGI ENERGETSKE PRENOVE OBJEKTA	33
6.1	Varianta 1	35
6.1.1	Sestave KS in izračunane toplotne prehodnosti s programom TEDI	37
6.1.2	Energijska bilanca za varianto 1	39

6.1.3	Komentar rezultatov.....	40
6.2	Varianta 2.....	42
6.2.1	Sestave KS in izračun toplotne prehodnosti s programom TEDI.....	43
6.2.2	Energetska bilanca za varianto 2.....	45
6.2.3	Komentar rezultatov.....	47
6.3	Varianta 3.....	49
6.3.1	Sestave KS in toplotne prehodnosti.....	50
6.3.2	Energetska bilanca.....	51
6.3.3	Komentar.....	52
6.4	Varianta 4.....	54
6.4.1	Sestave KS in toplotne prehodnosti.....	54
6.4.2	Energetska bilanca.....	55
6.4.3	Komentar.....	56
7	PREGLED KONČNIH REZULTATOV OBNOV IN UGOTOVITVE.....	59
8	ZAKLJUČEK.....	62
VIRI.....		63

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Največje toplotne prehodnosti za konstrukcijske sklope po TSG4 [6]	5
Preglednica 2: Delitev kulturne dediščine.....	8
Preglednica 3: Poraba energije za hlajenje z neprekinjenem in prekinjenim delovanjem.	20
Preglednica 4: Geodetske koordinate lokacije hiše	25
Preglednica 5: Klimatski podatki	25
Preglednica 6: Površine in volumni con za 1. in 4. varianto prenove	27
Preglednica 7: Površine in volumni con za 2. in 3. varianto prenove	27
Preglednica 8: Površine transparentnih konstrukcijskih sklopov	27
Preglednica 9: Vrsta energenta in učinkovitost sistema za ogrevanje in toplo vodo	28
Preglednica 10: Sestava zunanje stene 1 za obstoječe stanja	28
Preglednica 11: Sestava zunanje stene 2 za obstoječe stanja	29
Preglednica 12: Sestava zunanje stene 3 za obstoječe stanja	29
Preglednica 13: Sestava tal na terenu za obstoječe stanja	29
Preglednica 14: Sestava medetaže za obstoječe stanja.....	29
Preglednica 15: Izračunana energetska bilanca obstoječega stanja stavbe	30
Preglednica 16: Prikaz vrednosti izgub v sezoni ogrevanja za bivalne prostore	31
Preglednica 17: Prikaz vrednosti dobitkov v sezoni ogrevanja za bivalne prostore.....	31
Preglednica 18: Tehnična specifikacija lesenega okna (vir: [24]).....	33
Preglednica 19: Sestava zunanje stene 1 za varianti 1	37
Preglednica 20: Sestava zunanje stene 2 po varianti 1	37
Preglednica 21: Sestava zunanje stene 3 po varianti 1	37
Preglednica 22: Sestava tal na terenu po varianti 1	38
Preglednica 23: Sestava medetaže po varianti 1.....	38
Preglednica 24: Izračunana energetska bilanca variante 1	39
Preglednica 25: vrednosti izgub za sezono ogrevanja pri varianti 1	39
Preglednica 26: vrednosti dobitkov za sezono ogrevanja pri varianti 1.....	39
Preglednica 27: Sestava zunanje stene 1 po varianti 2	43
Preglednica 28: Sestava zunanje stene 2 po varianti 2	44
Preglednica 29: Sestava zunanje stene 3 po varianti 2	44
Preglednica 30: Sestava medetaže po varianti 2.....	44
Preglednica 31: Sestava zunanje strehe po varianti 2.....	45
Preglednica 32: Izračunana energetska bilanca stavbe za varianto 2	45
Preglednica 33: vrednosti izgub za sezono ogrevanje pri varianti 2	46
Preglednica 34: vrednosti dobitkov za sezono ogrevanje pri varianti 2.....	46
Preglednica 35: Tehnične specifikacija Multipora (Vir: [28])	49
Preglednica 36: Sestava zunanje stene 1 po varianti 3	50
Preglednica 37: Sestava zunanje stene 2 po varianti 3	50
Preglednica 38: Sestava zunanje stene 3 po varianti 3	50
Preglednica 39: Sestava strehe po varianti 3	51
Preglednica 40: Izračunana energetska bilanca stavbe za varianto 3	51
Preglednica 41: vrednosti izgub za sezono ogrevanje pri varianti 3	51
Preglednica 42: vrednosti dobitkov za sezono ogrevanje pri varianti 3.....	52
Preglednica 43: Sestava medetaže po varianti 4.....	54
Preglednica 44: Izračunana energetska bilanca stavbe za varianto 4	55
Preglednica 45: Vrednosti izgub za varianto 4	55
Preglednica 46: Vrednosti dobitkov za varianto 4.....	55

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Primerjava med izgubami in dobitki za sezono ogrevanja obst. stanja.....	31
Grafikon 2: Primerjava med izgubami in dobitki za sezono ogrevanja za varianto 1.....	40
Grafikon 3: Primerjava izgub in dobitkov med obstoječim stanjem in varianto 1 prenove .	41
Grafikon 4: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine.....	41
Grafikon 5: Primerjava med izgubami in dobitki za sezono ogrevanja za varianto 2.....	46
Grafikon 6: Primerjava izgub in dobitkov med obstoječim stanjem in drugo varianto prenove.....	47
Grafikon 7: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine.....	48
Grafikon 8: razmerje med izgubam in dobitkom za sezono ogrevanja pri varianti 3	52
Grafikon 9: Primerjava izgub in dobitkov med obstoječim stanjem in tretjo varianto prenove.....	53
Grafikon 10: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine	53
Grafikon 11: Razmerje med izgubam in dobitkom za sezono ogrevanja pri varianti 4	56
Grafikon 12: izgube in dobitki za sezono ogrevanja	57
Grafikon 13: letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine	57
Grafikon 14: Transmisijske izgube na prostornino ogrevane cone	60
Grafikon 15: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine	60
Grafikon 16: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine	61

KAZALO SLIK

Slika 1: Vertikalni prerez izoliranega podstrešnega stanovanja (vir: [21])	15
Slika 2: Javna šola v Latviji	16
Slika 3: Vojaška poslovna šola leta 1890 (vir: [21])	17
Slika 4: Vojaška poslovna šola po prenovi (vir: [21])	17
Slika 5: Stanovanjski blok v Hamburgu (vir: [21])	18
Slika 6: Stanje pred prvo obnovo 1980 (vir: arhiv ZVKDS)	21
Slika 7: Današnje stanje objekta	22
Slika 8: Tloris obravnavane stavbe	23
Slika 9: Prerez A-A obravnavane stavbe	24
Slika 10: Prerez B-B obravnavane stavbe	24
Slika 11: Prikaz obravnavanih konstrukcijskih sklopov	26
Slika 12: Lesene okno (vir: [24])	33
Slika 13: Drenaža ob kamnitem zidu	34
Slika 14: Detajl vogala kamnita stena - zunanja stena 2	35
Slika 15: Prerez kamnite stene	36
Slika 16: Detajl stika strešnega kapa	43

1 UVOD

Danes je vedno več govora o visokih stroških, ki jih imamo pri ogrevanju in ohlajanju naših stanovanjskih hiš. Cene energentov so se zadnja leta močno povečale. Fosilna goriva so dražja, ker je vedno več povpraševanja po njih, zaloge le-teh pa se zmanjšujejo. Poleg tega pa pri njihovem izgorevanju nastaja veliko CO₂, ki vpliva na podnebne spremembe našega planeta. Različne raziskave kažejo, da se v območju EU največ energije porabi pri stavbah in to kar 40 % [1], zato se danes odločamo za energetsko obnovo stavb. Ker pa to predstavlja strošek, mora biti prenova v vseh pogledih zasnovana in izvedena optimalno. Energetsko učinkovitost stavbe izboljšamo z gradbenimi ukrepi na ovoju stavbe, ki so povezani z velikimi stroški. Pri sami obnovi se srečamo z naborom problemov, ki so drugačni kot pri gradnji novega objekta. Že v začetku smo omejeni pri izboru materiala in vezani na obstoječo orientacijo stavbe. Ker ne smemo prekomerno posegati v obstoječo stavbo, velikokrat ne moremo izvesti idealnih rešitev, kot bi jih lahko pri novogradnji. Ob tem pa moramo zagotoviti, da stavba ostane stabilna, varna pred potresom in požarom, zagotavlja zdravo bivanje, prijazna do okolja in varčna [1].

Stopnja zahtevnosti energetske prenove stavbe se nam zviša v kolikor imamo opravka s stavbno dediščino, kjer je potrebno pred posegom v kulturno dediščino pridobiti pogoje in kulturnovarstveno soglasje, ki so zahtevani v Zakonu o varstvu kulturne dediščine (ZVKD-1) [2]. Stavbe zaščitene pod kulturnim varstvom, so izvzete iz določil Pravilnika o učinkoviti rabi energije (PURES 2010) [3], vendar pa, če prebivamo v takšni stavbi si ravno tako želimo toplotnega ugodja in cenejše stroške ogrevanja. Pri obnovi moramo biti zelo natančni, da ohranimo vse elemente in tradicionalne materiale. Zavedati se moramo, da je kulturna dediščina pomemben del našega okolja, saj odraža našo preteklost, to pa moramo po najboljših močeh ohraniti.

1.1 Namen naloge

Namen diplomske naloge je poiskati najbolj optimalni predlog obnove izbrane stanovanjske hiše, ki je zaščitena pod kulturnim varstvom, pri tem pa v največji možni meri upoštevati predpisano zakonodajo. Najpomembnejše je da se ohrani bistvo kulturne dediščine in zagotovi prijetno bivanje v izbrani stavbi z nižjimi stroški energije.

1.2 Metoda dela

Najprej sem naredila pregled veljavne zakonodaje. Ključna dokumenta sta Zakon o varstvu kulturne dediščine (v nadaljevanju ZVKD-1) na področju stavbne dediščine in Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (v nadaljevanju PURES 2010) na področju energetske učinkovitosti stavb. Podala sem opis izbrane stanovanjske hiše in načrte današnjega stanja objekta. Zasnovala sem štiri različne rešitve prenove. V pomoč sta mi bila računalniška programa TEDI [4] in TOST [5]. Za ustreznost predloga pa se sem se posvetovala na Zavodu za varstvo kulturne dediščine, na območni enoti Novo mesto. Na koncu sem izbrala najbolj optimalno varianto iz energetskega vidika kot iz vidika kulturnovarstvenih pogojev.

2 PREGLED ZAKONODAJE

2.1 PURES 2010 (Uradni list RS/št.52/10)

Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah je bil sprejet na podlagi Zakona o graditvi objektov (ZGO-1). Predpisuje, kako graditi in prenavljati objekte, da zadovoljimo zahtevam za energetske učinkovitost. Osnovne zahteve so zapisane v 8. – 14. členu pravilnika [3]:

- **Robni pogoji:** Pri zagotavljanju učinkovite rabe energije v stavbi je treba upoštevati njeno življenjsko dobo, namembnost, lastnosti zunanjega in notranjega okolja ter uporabljenih materialov, sistemov in virov energije (OVE).
- **Arhitekturna zasnova:** Upoštevati načela bioklimatskega načrtovanja stavbe.
- **Toplotna zaščita:** Biti mora korektno izvedena, zlasti se je treba izogibati toplotnim mostovom v ovoju.
- **Ogrevanje/hlajenje:** Naprave in sistemi za ogrevanje in hlajenje morajo zagotoviti toplotno ugodje v najbolj neugodnih razmerah; pri čemer je treba projektirati energijsko učinkovite komponente sistemov.
- **Hlajenje stavbe:** Pregrevanje stavbe je treba preprečevati s pasivnimi gradbenimi elementi za senčenje, če to ne zadošča, se predvidijo nočno hlajenje oz. prezračevanje in druge alternativne rešitve. Šele če ti ukrepi ne zadoščajo, se sme projektirati sistem za hlajenje stavbe v skladu z načeli energijske učinkovitosti sistema.
- **Prezračevanje:** Mehansko prezračevanje je potrebno, kadar naravno ne zadošča za doseganje kakovosti zraka v prostorih. Prezračevalni sistem mora izpolnjevati zahteve za energijsko učinkovitost sistema in njegovih komponent. Mehanski ali hibridni sistemi morajo zagotavljati učinkovito vračanje toplote zraka.
- **Priprava tople vode:** Zahtevan izbor energijsko učinkovitih hranilnikov tople vode in pripadajočih elementov. Topla voda se praviloma zagotavlja s sprejemniki sončne energije ali alternativnim sistemom z uporabo obnovljivih virov energije.
- **Razsvetljava:** Osvetljevanje z dnevno svetlobo ima prednost pred umetno razsvetljavo, ki pa mora temeljiti na optimalni uporabi energijsko učinkovitih svetil in učinkovite regulacije. Upoštevati je treba velikost prostora in število uporabnikov.

V 7. členu pravilnika [3] so določene mejne vrednosti učinkovite rabe energije. Predpisani pogoji se nanašajo na:

- koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub H_T' skozi površino toplotnega ovoja stavbe,
- dovoljeno letno potrebno toploto za ogrevanje $Q(NH)$ stavbe, ki je preračunana na enoto kondicionirane površine oz. prostornine stavbe,
- dovoljen letni potrebni hlad za hlajenje $Q(NC)$ stavbe, preračunan na enoto hlajene površine stavbe,
- letno primarno energijo za delovanje sistema v stavbi $Q(p)$, preračunana na enoto ogrevane površine stavbe in
- mejne vrednosti toplotnih prehodnosti za zunanje površine stavbe in ločilnih elementov stavbe so določene v Tehnični smernici za graditev TSG-4.

2.2 Tehnična smernica za graditev TSG-4 [6]

PURES 2010 navaja obvezno uporabo smernice TSG-1-004 Učinkovita raba energije. V njej so navedeni gradbeni ukrepi in rešitve za doseganje zahtev PURESa 2010 [16]:

- Določena je metodologija izračuna energijskih lastnosti stavbe, v skladu s slovenskimi standardi (SIST EN ISO 13790 [32]).
- Podaja splošne zahteve za stavbni ovoj s ciljem zmanjšanja prehoda energije skozi površine ovoja, zmanjšanje pregrevanja in podhlajevanja konstrukcije, preprečitev poškodb, ki so posledica difuzije vodne pare, in uravnavanja zrakotesnost stavb.
- Čim manjši vpliv toplotnih mostov na energetske potrate stavbe in na nastanek poškodb.
- Največje toplotne prehodnosti za konstrukcijske sklope (preglednica 1).

Preglednica 1: Največje toplotne prehodnosti za konstrukcijske sklope po TSG4 [6]

Elementi ovoja stavbe	U_{MAX} (W/m ² K)
zunanje stene in stena proti neogrevanim prostorom	0,28
zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom-manjše površine, ki skupaj ne presegajo 10% površine neprozornega dela zunanje stene.	0,60
stene, ki mejijo na ogrevane sosednje stavbe	0,50
stene med stanovanji in stene proti stopniščem, hodnikom in drugim manj ogrevanim prostorom.	0,70
notranje stene in medetažne konstrukcije med ogrevanimi prostori različnih enot, različnih uporabnikov ali lastnikov nestanovanjskih stavb.	0,90
zunanja stena ogrevanih prostorov proti terenu	0,35
tla na terenu in tla nad neogrevano kletjo, neogrevanim prostorom ali garažo	0,35
tla nad zunanjim zrakom, tla nad neogrevano kletjo, neogrevanim prostorom ali garažo pri talnem ogrevanju.	0,30
strop proti neogrevanim prostorom, stropi v sestavi ravnih ali poševnih streh.	0,20
terase manjše velikosti, ki skupaj ne presegajo 5% površine strehe.	0,60
strop proti terenu.	0,35
vertikalna okna ali balkonska vrata in greti zimski vrtovi z okvirji iz lesa ali umetnih mas.	1,30
vertikalna okna ali balkonska vrata in greti zimski vrtovi z okvirji iz kovin	1,60
strešna okna, steklene strehe	1,40
svetlobniki, svetlobne kupole (do skupno 5% površine strehe)	2,40
vhodna vrata	1,60
garažna vrata	2,00

2.3 Zakon o varstvu kulturne dediščine (ZVKD-1, UL RS št:16/2008)

ZVKD-1 zajema področje varovanja in ohranjanja stavbne dediščine. Sestavljen je iz naslednji delov [2]:

I. Splošne določbe

Navaja, kakšen je namen zakona in definira javno korist varstva dediščine. Podani so osnovni izrazi in njihovi pomeni, ki so uporabljeni. Lastninska pravica na dediščini je podrobneje razdelana v 6. členu zakona.

II. Vzpostavitev varstva

Vse posamezne nepremičnine ali območje dediščine so zapisane v registru. To so lahko premožnosti ali nepremičnine. Zakon navaja, kako poteka razglasitev neke dediščine.

III. Posegi

28. člen navaja, kdaj je potrebno pridobiti kulturnovarstveno soglasje. Pri posegih, za katere je predpisano gradbeno dovoljenje, se kulturnovarstveno soglasje izda kot projektno soglasje v skladu s predpisi, ki urejajo graditev. Za pridobitev soglasja je pogoj izpolnjevanje kulturnovarstvenih pogojev, kot je navedeno v 29. členu.

IV. Uporaba, upravljanje in druga ravnanja

Zapisane so splošne določbe glede ravnanja z dediščino in uporabo ter načela upravljanja s spomeniki.

V. Predkupna pravica in razlastitev

Obravnava predkupno pravico na dediščini. V drugem delu pa je zapisano kdaj je dopustna razlastitev in na kakšen način poteka.

VI. Financiranje posebnih ukrepov varstva

Govori o zagotavljanju sredstev za izvajanje posebnih ukrepov varstva. To so stroški predhodnih raziskav, sofinanciranje obnove spomenikov, stroški nadomestil, vlaganj javnih sredstev in stroški izvajanja predkupne pravice.

VII. Register in dokumentiranje

Register je vzpostavljen z namenom informacijske podpore varstva dediščine. Predpisano je, kateri podatki o dediščini so zapisani v registru, ki ga vodi ministrstvo. 68. člen navaja potrebna pooblastila za ministrstva in državne javne službe za dostopnost do podatkov.

VIII. Varstvo dediščine v razvojnih načrtih in planih

Strategija varstva dediščine se naredi na podlagi ocene ogroženosti dediščine. Uporabi se za pripravo dokumentov razvojnega načrtovanja in ostalih dokumentov, ki zadevajo kulturo in gospodarstvo. Ministrstvo določi smernice, ki se jih upošteva pri pripravi prostorskega akta. Predpisuje konservatorski načrt prenove, kot obvezni sestavni del podrobnega prostorskega načrta.

IX. Javna služba varstva

Navaja obseg dejavnosti javnih služb in izvajanje nadzora nad njihovim dejavnostmi.

X. Izvajanje dejavnosti varstva na podlagi nazivov in pogodb ter opravljanje specializiranih dejavnosti

Našteti so regulirani poklici na področju varstva dediščina in pogoji, ki jih morajo izpolnjevati. Vzpostavljen je seznam strokovno usposobljenih oseb za opravljanje specializiranih del varstva z namenom, da se omogoči dostop lastnikom dediščin do verodostojnih podatkov.

XI. Nevladne organizacije na področju varstva

Omenja nevladne organizacije in njihove pravice, ki s svojim delovanjem veliko prispeva v dobro kulturnih dediščin.

XII. Nadzorstvo

Izvajanje določb zakona nadzorujejo inšpektorji, pristojni na področju kulturne dediščine. Od 115. člena do 119. člena so naštetih inšpekcijski ukrepi v primeru nedovoljenih posegov, škode, škodljivega ravnanja, izkoriščanja podobe ali imena brez soglasja lastnika ter pri opravljanju dejavnosti, ki so v nasprotju s predpisi.

XIII. Kazenske določbe

Določa višino glob za točno določene prekrške

XIV. Naštete vse prehodne in končne določbe, ki so zajete v tem zakonu

3 SPLOŠNO O KULTURNI DEDIŠČINI

3.1 Definicije in delitev kulturne dediščine

ZVKD-1 (Ur.l.RS,16/2008) podaja naslednjo definicijo kulturne dediščine »so *dobrine, podedovane iz preteklosti, ki jih državljani Republike Slovenije opredeljujejo kot odsev in izraz svojih vrednot, identitet, verskih in drugih prepričanj, znanj in tradicij. Dediščina vključuje vidike okolja, ki izhajajo iz medsebojnega vplivanja med ljudmi in prostorom skozi čas*« [2].

Zavod za varovanje kulturne dediščine Slovenije definira dediščino kot vire in dokaze, ki so nastali skozi človeško zgodovino, ne glede na to kako so nastali, se razvijali in ohranili. Ker imajo veliko kulturno, znanstveno in splošno človeško vrednost je ohranjanje in varstvo dediščine v interesu države. Osnovna funkcija kulturne dediščine je njeno neposredno vključevanje v prostor in aktivno življenje v njem, predvsem na področju vzgoje, posredovanja znanj in izkušenj preteklih obdobij ter krepitev narodove samobitnosti in kulturne istovetnosti [7].

Po osnovni delitvi razdelimo kulturno dediščino na materialno in nematerialno. Materialna dediščina sestoji iz premične in nepremične dediščine. Premično kulturno dediščino predstavljajo predmeti ali skupina predmetov, ki so rezultat človekove dejavnosti, ustvarjalnosti ter razvoja glede na dogajanja v posameznih obdobjih. Hranijo jih v muzejih in so zapisane v register kot spomenik. Vse nepremičnine ali njihovi posamezni deli, ki imajo vrednote dediščine in so vpisane v Register nepremičnine kulturne dediščine, spadajo v skupino nepremičnih dediščin. Nematerialna oz. nesnovna dediščina je zapisana v Registru žive dediščine. Predstavljajo nesnovne kulturne dobrine, kot so znanja, spretnosti, šege in navade [8]. Bolj nazorni prikaz delitve je predstavljen v preglednici 2.

Preglednica 2: Delitev kulturne dediščine

KULTURNA DEDIŠČINA		
MATERIALNA		NEMATERIALNA
PREMIČNA	NEPREMIČNA	znanje, spretnosti, šege in navade
predmeti	stavbna dediščina	
zbirke predmetov	arheološka dediščina	
	kulturna krajina	

3.2 Pojmi povezani s kulturno dediščino

Pomen besed in besednih zvez, povezanih s kulturno dediščino in njenim varstvom, ki jih opredeljuje Zavod za varovanje kulturne dediščine Slovenije (ZVKDS):

Kulturni spomeniki

Z odlokom sprejeta in registrirana dediščina. Spomeniki lokalnega pomena so območja ali objekti z izjemno kulturno vrednostjo na območju lokalne skupnosti. Državni spomeniki so najpomembnejši spomeniki v Sloveniji z nacionalnem pomenom [12].

Stavbna dediščina

Stavbe, vključno s pripadajočimi napeljavami, okrasjem, opremo in pripadajočimi zemljišči, drugi grajeni sestavi, naselja ter njihovi deli in prostorske ureditve, tudi če so oblikovane iz naravnih prvin. Deli se na stavbe, skupine stavb in območja, ki imajo izrazit zgodovinski, arheološki, umetniški, znanstveni, družbeni ali tehniški pomen [7]

Konservatorski načrt

Je strokovni elaborat, ki je del projektne dokumentacije za pridobitev projektnih pogojev ali del projektne dokumentacije za pridobitev projektne soglasja, s katerim se določijo sestavine spomenika, ki jih je treba ohraniti, in načrt izvedbe del, potrebnih za njegovo ohranitev. Izdelati ga je potrebno vedno, kadar gre za poseg v strukturne elemente spomenika. Je obvezen del podrobnega prostorskega načrta [2].

Register nepremične kulturne dediščine

Je uradna zbirka podatkov o nepremične kulturne dediščine v RS. Predpisuje in vodi ga Ministrstvo za kulturo Republike Slovenije. Podatki so javni in dosegljivi na spletu ali pa se jih posreduje na podlagi posebnih dogovorov. Z vpisom v register dobi dediščina svojo evidenčno številko, ki enoto enolično določi pri vseh postopkih varstva [2].

Celostno ohranjanje dediščine

Zajema smiselno porazdelitev nalog za ohranjanje dediščine na različne državne organe in lokalne skupnosti ter sodelovanje med njimi. Pri sprejemanju odločitev na vseh ravneh imajo pravico sodelovanja tudi lastniki dediščine in drugi zainteresirani (društva, združenja, nevladne organizacije) [13].

Poseg v varovano stavbo ali območje

Gledano v najširšem pomenu je to vsako delo, ki vpliva na spremembo videza, strukturo, notranja razmerja ali uporabo dediščine, ki dediščino popači, povzroči njeno propadanje, uničuje ter odstranjuje ali spreminja njeno lokacijo [12].

Obnova

Obsega načrtovalske in izvedbene ukrepe in posege, ki bodo omogočili stavbi (območju) ustrezno koristnost. Njen cilj je na podlagi predhodne ocene stanja, vrednotenja in opredelitve varovanih sestavin doseči v čim večji meri spoštovanje celovitosti in značaja stavbnega sestava, gradiv in konstrukcij ter ustrezne vsebine. Načela posegov so postopnost, nujnost in (kasnejša možna) odstranitev [12].

3.3 Varstvo in ohranjanje kulturne dediščine

Varovanje kulturne dediščine je določeno z ustavo v 73. členu o varovanju naravne in kulturne dediščine » *vsakdo je dolžan v skladu z zakonom varovati naravne znamenitosti in redkosti ter kulturne spomenike. Država in lokalne skupnosti skrbijo za ohranjanje naravne in kulturne dediščine*« (URS-NPB9; Ur. l. RS, št. 47/2013, 5/2013).

Javno službo za varstva nepremičnine in njenih premičnin kulturne dediščine opravlja Zavod za varovanje kulturne dediščine Slovenije. Njeno ureditev in delovanje določa ZVKD-1 [2] in Sklep o ustanovitvi Javnega zavoda RS za varstvo kulturne dediščine (Ur.l. št 65/2008). Naloga zavoda je, da izvaja postopke, vezane na neposredno ohranitev dediščine, preprečitev škodljivih vplivov na dediščino, predstavlja dediščino javnosti in razvija zavesti o njenih vrednotah. Zavod izvaja pravno, fizično in arhivsko varstvo nepremičnine kulturne dediščine. Varstveni režimi se nanašajo na tiste lastnosti dediščine, zaradi katerih je prepoznana kot kulturna dediščina in je tudi vpisana v register dediščin. Vsi nameravani posegi, ki bi vodili do sprememb varovanih lastnosti na enoti kulturne dediščine morajo biti v skladu z navodili in pod nadzorom pristojne službe ZVKDSja. Če želimo izvesti posege, moramo izpolnjevati kulturno varstvene pogoje, na podlagi katerih pridobimo kulturnovarstveno soglasje [2].

3.3.1 Pravni režim varstva

Pravilnik o seznamih zvrsti dediščine in varstvenih usmeritvah (Ur.l. RS, št.102/2010) [10] prepisuje naslednje varstvene usmeritve v območju dediščine:

- Spodbujanje trajnostne uporabe dediščine, to je uporaba dediščine na način in v obsegu, ki dolgoročno ne povzroča izgube njenih kulturnih lastnosti.
- Spodbujanje vzdržnega razvoja dediščine, s katerim se omogoča zadovoljevanje potreb sedanje generacije, ne da bi bila s tem okrnjena ohranitev dediščine za prihodnje generacije.
- Spodbujanje dejavnosti in ravnanj, ki ohranjajo kulturne, socialne, gospodarske, znanstvene, izobraževalne in druge pomene dediščine.
- Ohranjanje lastnosti, posebne narave in družbenega pomena dediščine ter njene materialne substance.
- Dovoljeni so posegi v dediščino, ki upoštevajo in trajno ohranjajo njene varovane vrednote.
- Dovoljeni so posegi, ki omogočajo vzpostavitev trajnih gospodarskih temeljev za ohranitev dediščine ob spoštovanju njene posebne narave in družbenega pomena.

V območju stavbne dediščine velja dodatni pravni režim varstva, ki narekuje ohranjanje osnovnega gabarita stavbe, ohranjanje gradbenega materiala in konstrukcijsko zasnovo, obliko zunanjsčine, funkcionalno zasnovo stavbe, stavbno pohištvo in notranjo opremo, sestavine in pritikline ter celovitost dediščine v prostoru [17].

Kulturne spomenike varuje strog varstveni režim, saj se spomenik varuje kot celoto. Zajema redno vzdrževanje, varovanje originalne namembnosti, varovanje in prenova obstoječega spomenika ali vzpostavitev prvotnega stanja. Varuje se zunanjsčina kot tudi notranjsčina spomenika. Spremembe morajo čim manj vplivati na lastnosti, zaradi katerih ima status kulturnega spomenika. Za vsak posamezni kulturni spomenik je podrobni varstveni režim opredeljen v aktu o razglasitvi [17].

3.4 Obnova stavbne dediščine

ZVKDS podaja naslednje smernice [15], ki služijo pri prenovi stavbne dediščine :

Fasada - najpomembnejši element zunanjsčine in izraža značaj in pomen stavbe, zato naj bi se tudi obnavljala v celoti. Določena je z osnovnimi razmerji med širino, dolžino in

višino stavbe ter z razporeditvijo okenskih in vratnih odprtih in razmerjem med nosilnimi in nošenimi elementi. Pri prenovi fasade je zaželeno uporabljati tradicionalne materiale.

Fasadni okras - sestavni del fasade, ki ga je treba ohranjati in prenavljati po restavratorskih principih. Rekonstrukcija poškodovanega ali uničenega okrasa mora biti izvedena tako, da dobimo podobo originala.

Okna in vrata - potrebno jih je varovati in prenavljati v originalnih oblikah, dimenzijah, materialih in barvah oz. jih nadomestiti z novimi, ki so natančna replika originalnih. Pri vgradnji novih je pomembno, da se namestijo na enako oddaljenost od zunanjega roba fasade kot predhodno okno.

Če imamo škatlasta okna, je dopustno zamenjati notranje krilo, zunanje krilo pa se obnovi in ustrezno zatesni na notranji strani.[20]

Balkoni in lože (ulična stran) - elementi fasadne kompozicije, ki dajejo stavbi njen karakter. Ohranjati in varovati jih je potrebno v originalnem stanju.

Litoželezne ograje in druge litoželezne fasadne elemente – zahtevni za kopirati, zato jih je potrebno v največji možni meri ohraniti in obnoviti.

Napisi - ne smejo segati nad venec, ki ločuje pritličje od prvega nadstropja. Napisi morajo biti slovenski, vsaj kar zadeva prevedljiv del naslova trgovine oziroma lokala.

Napisne table - ki označujejo poslovne dejavnosti v stavbi, ne smejo biti pritrjene direktno na fasado ampak na za to predvidenih nosilcih.

Izveski - če označujejo trgovske ali gostinske lokale morajo biti obešeni na konzolo na eni ali drugi strani trgovske fasade, ne smejo segati nad venec, ki ločuje pritličje od prvega nadstropja, morajo se prilagajati stavbi in ne smejo ovirati pešcev pri hoji po pločniku.

Klimatske naprave – morajo biti izvedene brez zunanje enote oz. se jih namesti izven vidnega polja ulične fasade.

Streha – potrebno ohranjanje značilnih naklonov in uporabljati materiale, ki se po velikosti, obliki in barvi ujemajo s prvotno kritino.

Strešni elementi (dimniki, frčade, železne konice, snegolovi...) – potrebno jih je varovati v originalni obliki, kljub temu da ne služijo svojemu namenu.

Notranjščina stavbne dediščine – pozorni moramo biti na vse arhitekturne in okrasne detajle, stavbno pohištvo, ter ostale pomembne elemente. Pri napeljave novih inštalacij smo pozorni, da čim manj vplivajo na videz prostorov. V stanovanjih so dopustne spremembe, ki jih zahteva nov stanovanjski standard in potrebe posameznih uporabnikov [15].

3.4.1 Kulturno varstveni pogoji

Ko se odločimo za kakršen koli poseg na stavbi, ki je vpisana v Register kulturne dediščine Slovenije, je potrebno pridobiti kulturnovarstvene pogoje. Pridobljeni kulturnovarstveni pogoji so osnova za pridobitev kulturnovarstvenega soglasja. Izda ga pristojna območna enota Zavoda za varstvo kulturne dediščine Slovenije.

V vlogi za pridobitev kulturnovarstvenih pogojev je potrebno navesti, kakšen je namen posega in priložiti ustrezno skico in opis posega. Če predpisi predpisujejo za nameravan poseg projektno dokumentacijo, se to priloži k vlogi. Projekt za pridobitev gradbenega dovoljenja mora izpolnjevati zahteve, ki so določene s kulturnovarstvenimi pogoji. V primeru posega v nosilne elemente konstrukcije, je potreben še konservatorski načrt.

Pri obnovi fasade je potreben popis predvidenih del v sklopu obnove in restavratorski program za predvidena dela. Ob namestitvi novih elementov (luči, izveski, napisi, zvonci) se izriše pozicijo elementa na fasadi (merilo 1:50), načrt novega elementa z uporabljenimi materiali (merilo 1:10) in izris detajlov pritrditve elementa. Pri pleskanju stavbnega pohištva se po sondažnih raziskavah določi barvni ton. Ko nameravamo zamenjati stavbno pohištvo, ki se ohrani v celoti, se izriše arhitekturni načrt stavbnega pohištva, po katerem se izdelajo nove elemente. V vlogo za obnovo strehe se priloži popis del in skico namestitve strešnih elementov [14].

3.4.2 Kulturnovarstveno soglasje

Je odločba Zavoda za varstvo kulturne dediščine Slovenije, ki je izdana v upravnem postopku po predložitvi projektne gradbene dokumentacije (po predpisih, ki urejajo graditev). Soglasje se pridobi, če so v priloženi gradbeni dokumentaciji upoštevani zahtevani kulturnovarstveni pogoji. V soglasju je lahko določeno način izvedbe del in strokovni nadzor nad deli.

4 ENERGETSKA PRENOVA STAVBNE DEDIŠČINE

Energetska prenova objektov, ki so prepoznani kot del naše dediščine se od ostalih prenov razlikujejo v omejitvah, katerih namen je ohraniti kvalitete kulturne dediščine. Po besedah mag. Barbare Žižič, univ.dipl.inž.arh, se pri prenovah objektov kulturne dediščine soočamo z dvema poljema tveganja: »1. uresničevanje energetskih ukrepov z njihovo prevlado, kar ima za posledico uničenje kulturnih, historičnih in arhitekturnih vrednot in 2. uresničevanje varstva v širšem, strožjem obsegu, kot je najmanj potrebno, ki ima za posledico popolno izključenost dediščine iz spodbud za energetska učinkovitosti« (Konferenca »Trajnostna prenova zaščiteneh stavb, Ljubljana, 16.6.2015).

Stroge energetske zahteve, ki jih določajo evropski okoljski cilji, predstavljajo grožnjo kulturnim, zgodovinskim in arhitekturnim dosežkom, zato je v Direktivi o energijski učinkovitosti 2010/31/EU (EPBD-r)[33] dovoljeno, da se države same odločijo ali se zaščitene stavbe umakne iz zahtev ukrepov za energetska učinkovitost stavb, saj zaščitene stavbe možno prenoviti samo v tolikšni meri, kot dopušča varstveni režim.

Avstrijski zavod za kulturno dediščino (Bundesdenkmalamt) je določil naslednje smernice, ki so v pomoč pri energetska obnovi spomeniško zaščiteneh stavb [11]:

1. Ohranjanje originalne substance: glavni cilj varovanja je, da se ohrani zgodovinsko izročilo in vizualni izgled objektov. Morebitni posegi morajo biti v skladu z zahtevami, ki so določene za kulturno dediščino.
2. Prenova ima prednost pred zamenjavo.
3. Izvede se analiza stanja pred posegi in po izvedenih ukrepih.
4. Celostno načrtovanje ukrepov, kar pomeni, da se ne zanašamo samo na energetska učinkovitost, ampak tudi na samo uporabo objekta.
5. Spremembe vedenjskih navad uporabnikov.
6. Individualna obravnava objektov je potrebna, ker vsak objekt zahteva individualno rešitev, zato je še posebej nujna dobra komunikacija med gradbenimi strokovnjaki in investitorji
7. Koherentnost materialov – uporaba tradicionalnih materialov.
8. Izvedeni ukrepi morejo biti reverzibilni in popravljivi.
9. Obnova mora biti zasnovana tako, da se zagotovi minimalno tveganja napak in poškodb na objektu.
10. Zavedati se je potrebno odgovornosti obnove tudi za prihodnost, tako da se dediščina ohrani tudi za prihodne rodove.

4.1 Primeri energetskih prenov iz tujine

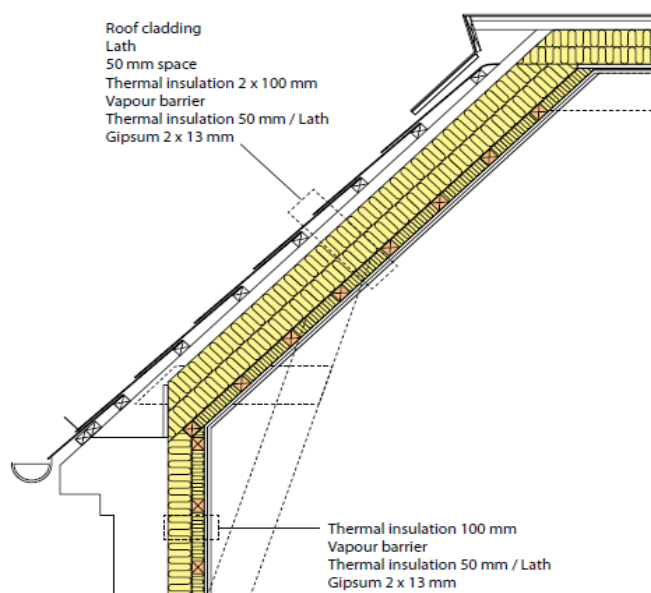
4.1.1 Primeri, kjer so se ukrepi izvajali iz notranje strani stavbe

Izvajanja ukrepov za izboljšanje energetske učinkovitosti, se lahko lotimo iz notranje strani. Velika prednost takšnih ukrepov je, da se ohrani originalna fasada in s tem izgled objekta, kar je tudi zahteva za ohranjenost kulturne dediščine. Kako so se obnove na takšen način lotili v drugih državah, sem povzela v naslednjih točkah [21].

- Danska- Kopenhagen

Leta 2005 so prenovili stanovanjskih blokov, ki ima zaščiteno ulično fasado. Zgrajen je bil leta 1904. Cilj projekta je bilo znižanje porabe energije za ogrevanje, toplo vodo in prezračevanje. Zahteva je bila, da se v celoti ohrani obstoječa fasada s pogledom na ulico. Opečna stena je bila v preteklosti že prenovljena, zato je dobro ohranjena.

Na notranjo stran so dodali 10 cm mineralne volne. Nanjo so namestili 0,2 mm folijo, ki ima funkcijo parne ovire. Streho so izolirali z 20 cm izolacijo med škarniki in še z 5 cm dodatne izolacije pod škarniki (slika 1).



Slika 1: Vertikalni prerez izoliranega podstrešnega stanovanja (vir: [21])

Dodatno so izolirali tudi kletne stropove, ki so jih morali najprej dodatno podpreti z lesenimi tramovi. Nato so izvedli spuščeni strop z 10 cm mineralne volne. Stavba se je priključila na

sistem daljinskega ogrevanja. Izveden ni bil noben ukrep v zvezi s sistemom prezračevanja.

Ocenjena vrednost prihranka energije za ogrevanje, prezračevanje in toplo vodo je bila 21kWh/m^2 . Dejanske vrednosti znižanja energije v literaturi, nisem zasledila [21].

- Latvija- Riga

Prenova javne šole v letu 2008, ki je bila zgrajena med letoma 1876 in 1879 (slika 2). Debelina zidane stene v pritličju znaša od 106 cm do 134 cm in v zgornjih nadstropjih 93cm. Zaradi debelih sten je zadoščala že 7,5 cm debela toplotna izolacija iz kamene volne. V mansardi so dodali po 20 cm toplotne izolacije. Obnovljeni so bili zunanji okvirji škatlastih oken. Iz notranje strani pa so namestili dvojno zasteklitev. Nameščen je bil nov prezračevalni sistem z vračanjem odpadne toplote, ki je povezan s klimatskimi enotami. Stavba je z obnovo zmanjšala porabo energije za okoli 112MWh/mesec . Vrednost temelji na meritvah realne porabe energije, ki je bila izmerjena v eni kurilni sezoni. Prenova je stala 12,8 milijonov € [21].



Slika 2: Javna šola v Latviji

- Poljska – Gdansk

Vojaška poslovna stavba iz leta 1890 (slika 3), ki je bila obnovljena med letoma 2007 in 2009 (slika 4). Cilj tega projekta je bil, povečanje energijske učinkovitosti stavbe in ohranitev prvotne fasade po zahtevah spomeniškega varstva. Zunanje stene so bile izolirane z notranje strani, s 5 cm izolacijskimi ploščami iz kalcijevega silikata, ki

preprečujejo kondenziranje vlage na mestu toplotnih mostov. Da so preprečili vdor vlage, so zunanje stene impregnirali s hidrofoбно maso. Strehe so izolirali z 20 cm toplotne izolacije (mineralna volna). V kleti so izvedli obnovitev apnenega ometa, na mestih, kjer je bil le ta izpostavljen vlagi. Obnovili so tudi okvirje enojnih lesenih oken. Za zamenjavo ogrevalnega sistema se niso odločili. Namestili pa so mehanski prezračevalni sistem z ventilatorskimi konvertorji. Vrednost učinka energetske učinkovitosti po prenovi ni znana [21].



Slika 3: Vojaška poslovna šola leta 1890 (vir: [21])



Slika 4: Vojaška poslovna šola po prenovi (vir: [21])

4.1.2 Primer, kjer so se ukrepi izvajali na zunanji strani stavbe

Ukrepi, ki se izvedejo na zunanji strani stavbe, predstavljajo tveganje za ohranitev kulturne dediščine. Zato je zunanja izolacija pogosto prepovedana na historigčnih stavbah, saj uničuje prvotno površino in videz stavbe.

Ker to ni običajen način obnove zgodovinske stavbe, sem v pregledani literaturi zasledila le dva primera obnove, ki sta bila izvedla v Nemčiji.

- Nemčija- Hamburg, Wilhelmsburger

Stanovanjski blok iz leta 1926 (slika 5), ki je bil obnovljen leta 2010. Pred samo prenovo je bila izvedena študija potencialnih vrednostih zmanjšanja energije, ki naj bi jih doprinesla obnova. Potrebna energija za ogrevanje je pred prenovo znašala 215kWh/m^2 , po prenovi se je zmanjšala na 60kWh/m^2 , kar predstavlja 72% prihranek. To so dosegli z namestitvijo sončnih kolektorjev, ki služijo za ogrevanje stanovanj in ogrevanje vode, v klet pa so namestili zalogovnik za toplo vodo. V mansardnih prostorih so dodali stanovanja, zato so dvignili streho za 50 cm. Ob tem so morali paziti, da niso posegli v ohranjenost ulične fasade. Da se je zagotovila ohranjenost dediščine, izolacije na ulično stran niso namestili. So pa izolirali fasado na dvoriščni strani z 18 cm izolacijskega materiala iz mineralne volne. Streha se je toploto zaščitila s 26 cm mineralne volne. Mansardne stene pa so se iz notranje strani obložile z 10 cm mineralne volne. V predhodni obnovi so že izolirali strop kleti, ki je iz lesenih tramov z 10 cm mineralne izolacije. Na ulični strani so bila nameščena nova dvokrilna okna, predvsem zato, ker so bila stara v slabem stanju in bi lahko prišlo do kondenziranja. Na dvoriščno stran pa so namestili ravno tako nova trokrilna okna. Posodobili so ogrevalni sistem in v vsako stanovanje namestili kondenzacijski plinski kotel. Nameščen pa je bil tudi prezračevalni sistem [21].



Slika 5: Stanovanjski blok v Hamburgu (vir: [21])

4.1.3 Obnova Slovenskega etnološkega muzeja (SEM)

Obnova SEM je poteka v okviru projekta MUSEUMS NNE5-1999-20 Energy Efficiency in Retrofitted and New Museum buildings in je bil financiran s strani EU. K obnovi so

pristopili z uvajanjem novih tehnologij, vezanih na energetske učinkovitost. Glavni cilj projekta je bil, da se zagotovijo optimalni pogoji za razstavljanje in skladiščenje eksponatov v skladu z mednarodnimi standardi ter se zagotovi primerno okolje za obiskovalce tako iz vizualnega, kot iz toplotnega vidika in racionalno rabo energije brez zmanjšanja kakovosti funkcionalne uporabe. Izvedli so sedem področij aktivnosti v povezavi s planiranjem posegov: energija za ogrevanje in hlajenje, ventilacija, dnevna svetloba, kontrola in upravljanje sistema, računalniške simulacije, konstrukcijski kompleksi, merjenje in preizkušanje. Pred prenovo je bilo z računalniško simulacijo ugotovljeno, da objekt letno porabi 156 kWh/m^2 energije za ogrevanje in hlajenje. To vrednost so uporabili, kot referenčno vrednost za energetske učinkovitost stavbe po izvedenih ukrepih.

Na notranjo stran stene so namestili sevalne stenske panele za ogrevanje in hlajenje. Ta sistem je bil narejen prav za muzejske stavbe. Sistem je zasnovan tako da primarno oddaja toploto s sevanjem in ne s konvekcijo. Vgrajen je bil na vzhodnem delu objekta, ki je namenjen razstavljanju, v pritličje ter v 1., 2. in 3. nadstropje. Razstavni prostor predstavlja 2575 m^2 površine muzeja. To je bil tudi največji poseg v okviru tega projekta.

Predhodni mehanski način prezračevanja so nadomestili z novim avtomatskim naravnim prezračevalnim sistemom, ki uporablja majhne tangencialne ventilatorje, vgrajene v okensko polico. Uporabljajo ga tako za fiziološko prezračevanje kot tudi za hlajenje z nočnim prezračevanjem. V nadstropnih prostorih se upošteva $0,5 \text{ h}^{-1}$ izmenjavo zraka med delovnim časom, tako da se ventilatorji vklopijo na 15 min za dobo 15 min. Ob vikendih pa je prezračevanje izključeno. V pritličnem prostoru se sistem prezračevanja vklopi, glede na koncentracijo CO_2 . V ogrevalni sezoni se zrak zajema z južne strani in izpusti na severni strani, poleti pa je delovanje ravno nasprotno. Sistem je usklajen z delovanjem stenskih panelov za ohlajanje. Ko nimamo zunaj dovolj ugodnih pogojev za hlajenje s prezračevanjem, se avtomatsko vklopi stenski sistem hlajenja.

Za nadzor in vodenje sistemov in naprav se uporablja centralni nadzorni sistem (CNS). CNS stalno nadzoruje in izbira podatke o mikroklimi, energijskem sistemu in notranjem udobju (temperature, vlažnosti, poraba energije za ogrevanje, hlajenje, razsvetljavo ...).

V okviru obnove so tudi toplotno izolirali objekt z 10 cm izolacije z ustrezno parno oviro na notranji strani 50 cm opečne stene. S tem ukrepom so zmanjšali toplotno prehodnost iz $1,16 \text{ W/m}^2\text{K}$ na $0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$ ter zagotovili, da je ostala fasada nedotaknjena, tako da se je obdržal prvotni videz objekta.

V fazah pred obnovo, med obnovo in leto po obratovanju so potekale obširne preiskave z namenom preverjanja učinkovitosti izbranega sistema. Faza pred obnovo je pokazala, da se v notranjosti objekta v poletnem času ohrani temperatura 18°C in 25°C. V drugi fazi so dva referenčna prostora v 1. in 2. nadstropju popolnoma renovirali, tako da so jih toplotno izolirali, namestili okna z dvojno zasteklitvijo in nizko emisijskim namazom ter za ogrevanje uporabili konvekcijske električne radiatorje. Rezultati meritve so prikazali, da ta sistem porabi 10 kWh/m² manj od predlaganega zračnega sistema. V tretji fazi so v testni prostor v 1. nadstropju namestili stenske panele za ogrevanje in hlajenje. Drugi referenčni prostor pa je ostal isti kot v fazi 2. Izmerjeni rezultati v zimskem času so prikazali, da prostor s stenskimi paneli porabi 12% manj energije za ogrevanje od referenčnega prostora. Poleti pa so izvedli testiranje za dve sezoni s prekinjenim in neprekinjenim hlajenjem. Rezultati so prikazani v preglednici 3.

Preglednica 3: Poraba energije za hlajenje z neprekinjenem in prekinjenim delovanjem

Temperatura	Neprekinjeno hlajenje	Prekinjeno hlajenje
22,5 °C	15 kWh/m ²	30 kWh/m ²
25,0 °C	10 kWh/m ²	25 kWh/m ²

Temperature so bile izbrane z namenom preverjanja učinkovitosti sistema ogrevanja in hlajenja in možnosti nastanka površinske kondenzacije. Preizkus je dokazal, da se stenski paneli dobro odnesejo v vseh sezonah in dosledno vzdržujejo notranjo temperaturo, saj sta temperatura prostora in temperatura stene podobna.

Rezultati, ki so bili znani po prvem obratovalnem letu so bili še boljši od predvidenih 46,5% referenčne vrednosti porabe energije. Razstavni prostor, ki zavzema približno polovico površine muzeja, pa predstavlja le 14% porabe energije za ogrevanje glede na porabo celotne stavbe [19].

5 OPIS OBRAVNAVANE STAVBE

5.1 Splošno

Obravnavana stavba se nahaja v občini Mirna peč, v naselju Biška vas. V Biški vasi, ki leži na nadmorski višini 254 m, je kar nekaj kulturnih znamenitosti, kot je perišče ob Temenici, ki je zasnovano kot stopnišče, ob katerem je nizek betonski zid, na katerem so prali perilo. V središču vasi je odprta kapelica iz leta 1837 s kapelico z zidanim nadstropnim nastavkom z nišami. Ob kapelici je postavljena enodružinska hiša, ki je bila včasih furmanska gostilna. Hiša ima kamnit portal z letnico izgradnje 1804. V veži je ohranjena kamnita miza z letnico 1887. Stavba je bila 16.8.1992 razglašena za spomenik lokalnega pomena in je vpisana v Register nepremičnin kulturne dediščine pod številko 8694 [22]. ZVKDS definira kulturne spomenike lokalnega pomena kot območja ali objekte, ki imajo izjemno kulturno vrednost, predstavljajo vrhunske dosežke ustvarjalnosti oziroma ključne ali redko ohranjene dokumente nekega razvojnega obdobja na lokalnem nivoju. Gospod Dušan Strgar iz ZVKDS na območni enoti Novo mesto je pripomnil, da stavba ne ustreza statusu spomenika, zato se bo pravni status stavbe po odlogu pri naslednjem popisu spremenil v status kulturne stavbne dediščine.

Leta 1989 so hišo prenovili za stanovanjske potrebe, tako se je funkcionalna zasnova notranjosti objekta spremenila. Od prvotnega stanja se je popolnoma ohranil le sprednji zunanji kamnit zid. Obdržala se je tlorisna in višinska zasnova kot tudi zunanjščina (barva fasade in fasadni detajli, oblika in naklon strešin, kritina). Ker je bilo stavbno pohištvo v zelo slabem stanju, so zamenjali vsa škatlasta okna, ki so imela enojno zasteklitev z vezanimi lesenimi okni z dvojno zasteklitvijo. Obdržala pa so se originalna sprednja dvokrilna vrata med kamnitim portalom.



Slika 6: Stanje pred prvo obnovo 1980 (vir: arhiv ZVKDS)

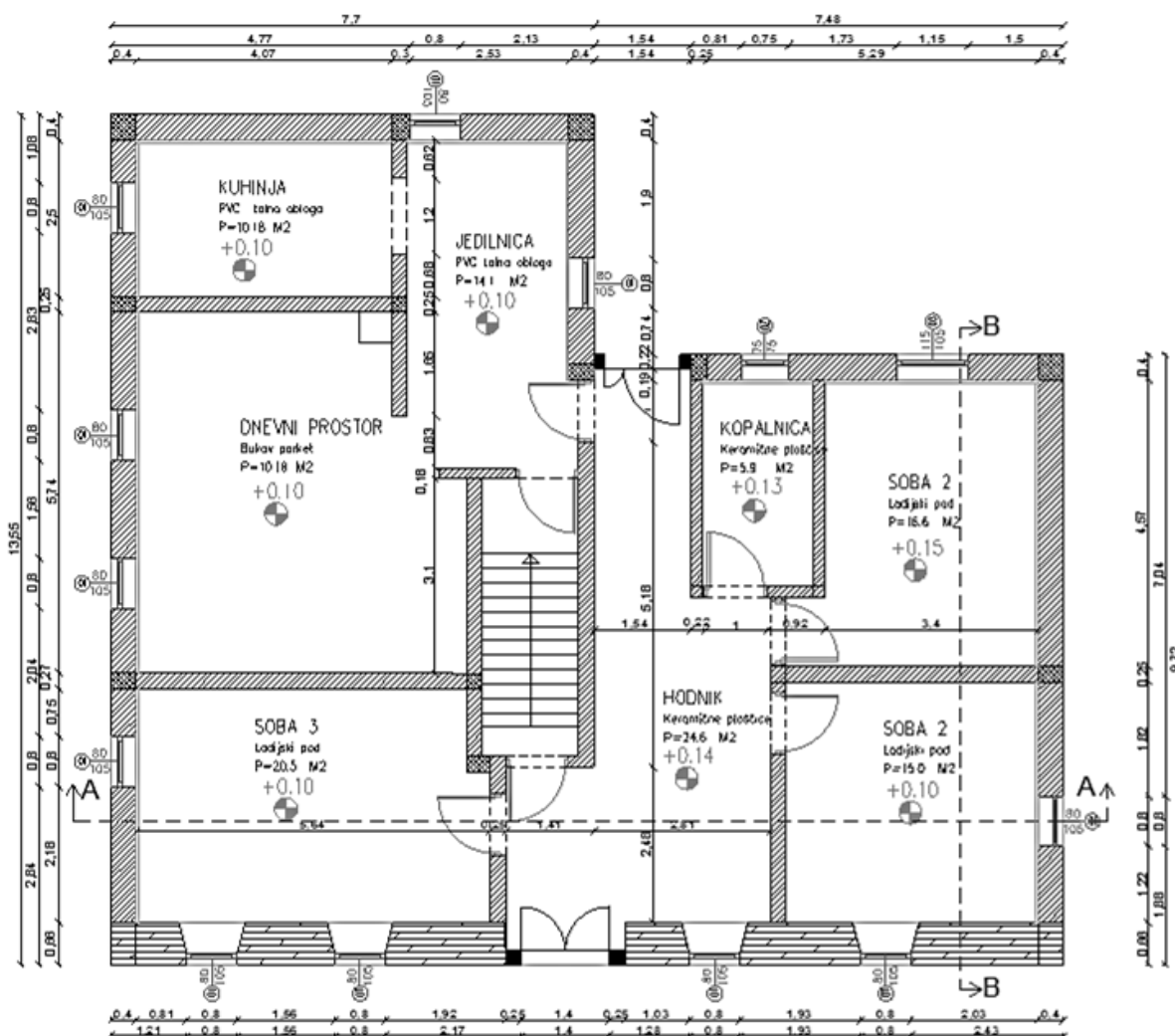
5.2 Zasnova izhodiščne situacije

Hiša je zasnovana kot pritlični objekt z ozkim prizidkom s tlorisom v obliki črke L (slika 7). Za bivanje se uporabljajo prostori v pritličju. V prihodnosti pa lastnik želi urediti mansardno stanovanje v trenutno neogrevanem podstrešju. Na sliki 8 je prikazan tloris izhodiščnega stanja in prereza na 9 in 10 sliki.

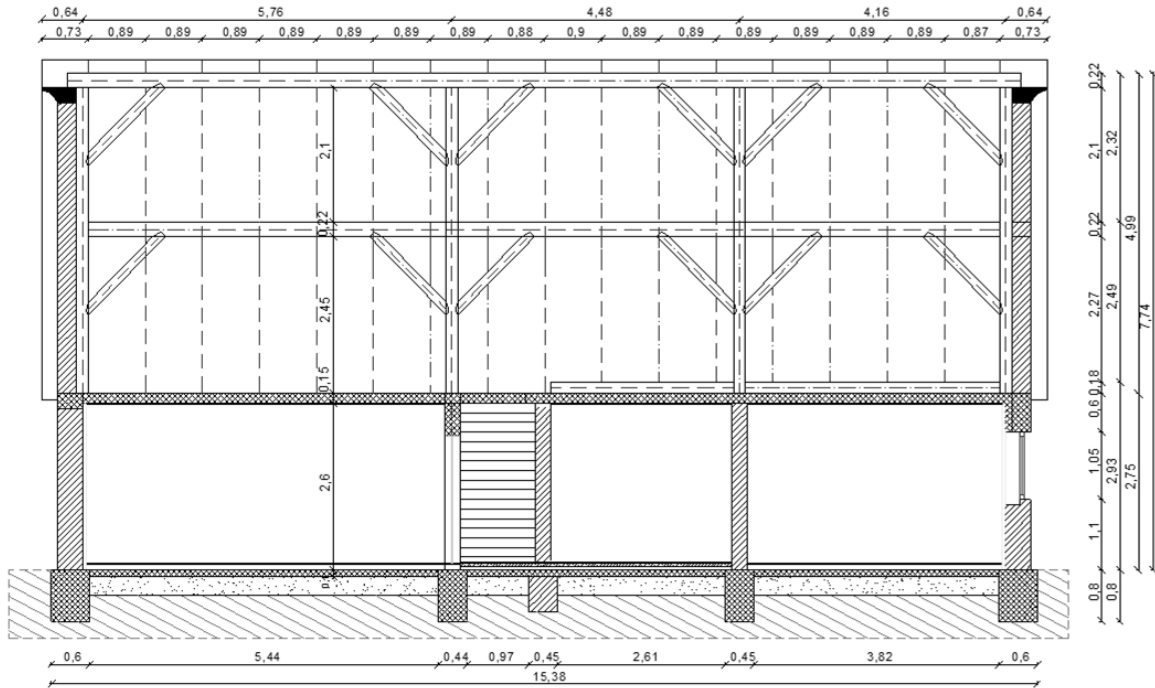
Nosilna konstrukcija je izvedena iz masivnih kamnitih zidov debeline 66 cm in iz betonskih blokov debeline 40 cm, na katere je na notranji strani dodana 5 cm izolacija iz porobetona. Streha je lesena dvokapnica z naklonom 45° in pokrita z opečnim bobrovcem. Predelne stene so iz opečnih zidakov in iz porobetonkih blokov. Medetažno konstrukcijo predstavlja armirana betonska plošča. Vsa okna so lesena z dvojno zasteklitvijo in so stara 26 let. Vhodna vrata na zahodni in vzhodni strani hiše so ravno tako lesena in brez dodatne izolacije. Fasada je izvedena iz mineralnega fasadnega ometa. Okoli oken so izvedene fasadne štukature. Napušč je obdelan s simsi. Za namen senčenja in zaščite oken so nameščena lesena polkna. Hiša se ogreva s kombiniranim toplovodnim kotlom z 80 l bojlerjem na leseno biomaso z močjo 30 kW.



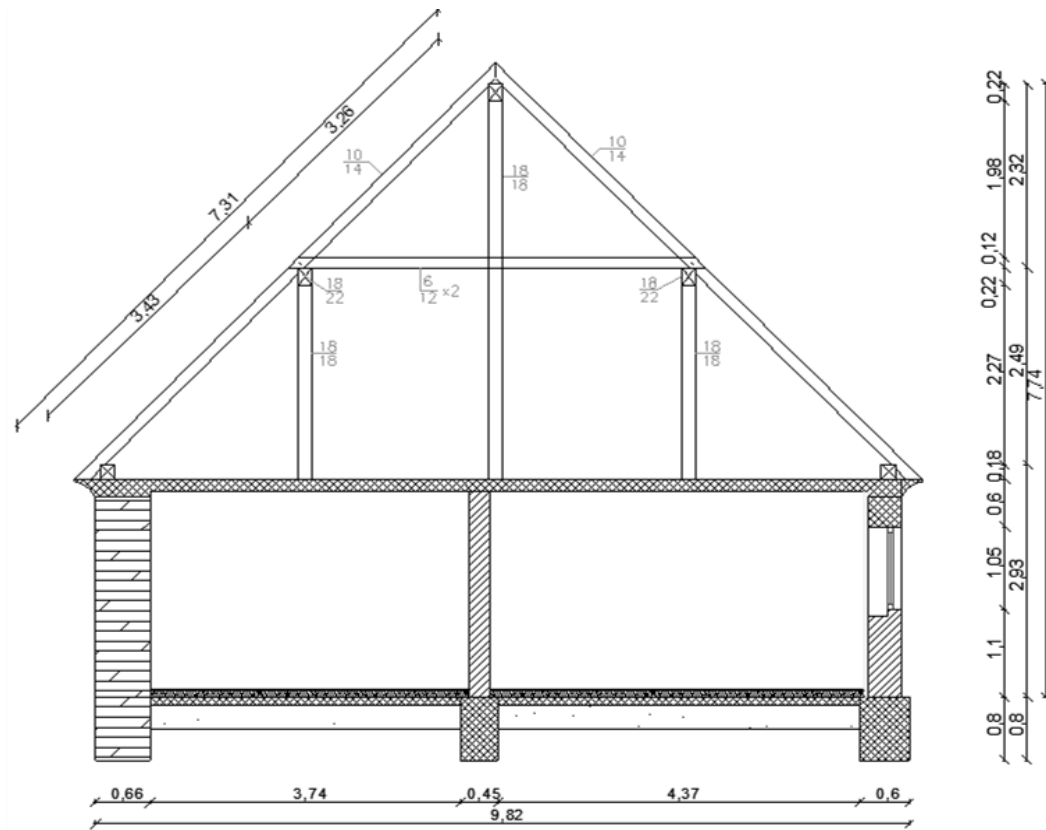
Slika 7: Današnje stanje objekta



Slika 8: Tloris obravnavane stavbe



Slika 9: Prerez A-A obravnavane stavbe



Slika 10: Prerez B-B obravnavane stavbe

5.3 Osnovni vhodni podatki

5.3.1 Vhodni podatki za izračun toplotne prehodnosti s programom TEDI

Na podlagi lokacije objekta, ki je definirana z geodetskimi koordinatami (preglednica 4), program iz baze podatkov poda klimatske podatke prikazane v preglednici 5.

Preglednica 4: Geodetske koordinate lokacije hiše

X	80627
Y	506263

Preglednica 5: Klimatski podatki

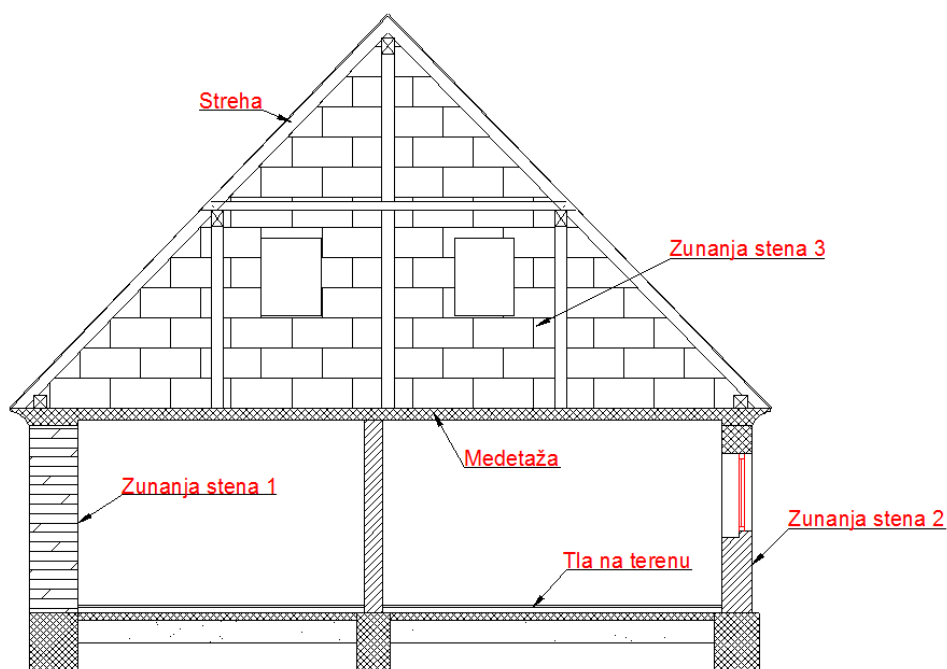
Temperaturni primanjkljaj DD (dan K)	3300
Projektna temperatura (°C)	-13
Povprečna letna temperatura (°C)	9,6
Letna sončna energija (kWh/m ²)	1160
Trajanje ogrevalne sezone (dnevi)	240
Začetek ogrevalne sezone (dan)	265
Konec ogrevalne sezone (dan)	140

Vrsta konstrukcijskega sklopa sem izbrala glede na vrsto in pozicijo posameznega sklopa. Hiša spada med stavbe s temperaturo notranjega zraka pozimi nad 19 °C ali poleti hlajene pod 26°C. Za obdobje difuzijskega navlaženja v času zime sem za notranjo temperaturo upoštevala 20°C, zunanja temperatura pa je odvisna od konstrukcijskega sklopa. Relativna vrednost vlažnosti v prostoru pa je 60%. Za stavbe, ki so neklimatizirane ali stavbe s procesom, kjer nastane več vodne pare, se za izračun sušenja gradbene konstrukcije upošteva, da sta dejanski temperaturi in relativna vlažnost zraka v objektu in zunaj njega enaki 65%.

Za vsak primer obnove, so v preglednicah podane sestave posameznih konstrukcijskih sklopov (slika 8). Navedeni so materiali, debeline in vrednosti toplotne prevodnosti za vsak sloj sestave, po vrstnem redu od notranje strani proti zunanji oziroma iz toplejše strani proti hladnejši.

Za vse primere obnove sem obravnavala naslednje KS:

- zunanja kamnita stena (Zunanja stena 1)
- zunanja stena iz betonskih blokov (Zunanja stena 2)
- zunanja opečna stena (Zunanja stena 3)
- streha (Streha)
- medetaža (Medetaža)
- tla na terenu (Tla na terenu)



Slika 11: Prikaz obravnavanih konstrukcijskih sklopov

5.3.2 Vhodni podatki za izračun energetske bilance s programom TOST

V programu TOST sem za obstoječe stanje in za vse možnosti prenove izračunala, koliko energije potrebuje obravnavani objekt za ogrevanje na letni ravni. Predvideno je bilo, da je stavba v konstanti uporabi zato ni podobdobji z nižano temperaturo ogrevanja. Na transparentnih KS sem upoštevala senčila le v poletnih mesecih, od junija do septembra. Faktor osenčenosti sem na vseh straneh objekta predpostavila 1, ker v okolici objekta ni nobenega dejavnika, ki bi povzročal večjo osenčenost.

Objekt v obstoječem stanju sem razdelila na ogrevano cono (pritličje) in na neogrevano cono (preglednica 6). V 2. in 3. varianti pa sem upoštevala, da se podstrešje preuredi v bivalno mansardo, ki jo upoštevamo kot 2. ogrevavno cono. Površine in volumni con so predstavljeni v preglednici 7.

Preglednica 6: Površine in volumni con za 1. in 4. varianto prenove

Podatki	Pritličje	Podstrešje
Ogrevana/neogrevana cona	ogrevana	neogrevana
Uporabna površina (m ²)	117,1	150,8
Neto uporabna prostornina (m ³)	292,7	407,8
Vrsta konstrukcije glede na toplotno kapaciteto	težka	

Preglednica 7: Površine in volumni con za 2. in 3. varianto prenove

Podatki	Pritličje	Bivalna mansarda
Ogrevana/neogrevana cona	ogrevana	ogrevana
Uporabna površina (m ²)	117,1	80,8
Neto uporabna prostornina (m ³)	292,7	316,0
Vrsta konstrukcije glede na toplotno kapaciteto	težka	

V preglednici 8 so prikazane površine transparentnih konstrukcijskih sklopov.

Preglednica 8: Površine transparentnih konstrukcijskih sklopov

Orientacija	Pritličje (m ²)	Mansarda (m ²)
S	0,84	1,68
J	3,36	1,68
V	6,44	/
Z	6,09	1,68

Med osnovnimi vhodnimi podatki sem še podala vrsto energenta in učinkovitost sistema za ogrevanja in pripravo tople vode (preglednica 9). Vrednost učinkovitosti obeh sistemov sta enaki, določila pa sem jih na podlagi tabele iz uporabniškega priročnika TOST [5].

Preglednica 9: Vrsta energenta in učinkovitost sistema za ogrevanje in toplo vodo

Energent	Lesna biomasa
Generacija – standardni kotel, razred B	80%
Distribucija – izolirane cevi, znotraj ogrevanih in neogrevanih prostorov	80%
Emisija – radiatorji, ploskovno ogrevanje, razred B	78%

Za izračun porabe energije za ogrevanje sanitarne tople vode sem podala vrsto stavbe (enostanovanjska hiša), referenčno površino stavbe in upoštevala 365 dni zagotavljanja tople vode.

Poraba energije za notranjo razsvetljavo znaša $6,2 \text{ W/m}^2$ (izračun na podlagi obstoječe razsvetljave). Povprečna moč vgrajenih svetilk na enoto uporabne površine objekta, ne presega največje predpisane vrednosti 8 W/m^2 določene v 14. členu TSG4 [6].

5.3.2 Rezultati obstoječega stanja

V spodnjih preglednicah so izračunane vrednosti toplotne prehodnosti za obstoječe stanje in izračunana letna potrebna toplota za ogrevanje. Dobljene U vrednosti sem primerjala s predpisanimi vrednostmi, ki jih navaja PURES2010. Nato pa sem jih uporabila kot vhodni podatek v programu TOST.

5.3.2.1 Sestave KS in izračun toplotne prehodnosti s programom TEDI

Preglednica 10: Sestava zunanje stene 1 za obstoječe stanja

Zunanja stena 1			
Material	Debelina (m)	ρ (kg/m^3)	λ (W/mK)
Apneni omet	0,02	1600	0,81
Kamniti zid	0,66	2000	1,16
Mineralni fasadi omet	0,015	1650	0,7
$U = 1,330 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{\text{MAX}} = 0,280 \text{ W/m}^2\text{K}$			

Preglednica 11: Sestava zunanje stene 2 za obstoječe stanja

Zunanja stena 2			
Material	Debelina (m)	ρ (kg/m ³)	λ (W/mK)
Apneni omet	0,015	900	0,21
Porobeton	0,05	450	0,14
Betonski blok	0,4	1600	0,74
Mineralni fasadi omet	0,005	1650	0,7
$U = 0,903 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{\text{MAX}} = 0,280 \text{ W/m}^2\text{K}$			

Preglednica 12: Sestava zunanje stene 3 za obstoječe stanja

Zunanja stena 3			
Material	Debelina (m)	ρ (kg/m ³)	λ (W/mK)
Mrežasti opečni votlak	0,3	1850	0,61
Mineralni fasadi omet	0,005	1650	0,7
$U = 1,391 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{\text{MAX}} = 0,600 \text{ W/m}^2\text{K}$			

Preglednica 13: Sestava tla na terenu za obstoječe stanja

Tla na terenu			
Material	Debelina (m)	ρ (kg/m ³)	λ (W/mK)
Keramične ploščice	0,03	2300	1,28
Cementni estrih	0,05	2200	1,4
PE folija	0,002	1000	0,19
EPS	0,05	180	0,039
Varjeni bit. trakovi	0,02	1300	0,19
Betonska plošča	0,08	2000	1,16
$U = 0,670 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{\text{MAX}} = 0,350 \text{ W/m}^2\text{K}$			

Preglednica 14: Sestava medetaže za obstoječe stanja

Medetaža			
Material	Debelina (m)	ρ (kg/m ³)	λ (W/mK)
Cementna malta	0,01	2100	1,4
AB plošča	0,15	2400	2,04
$U = 4,14 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{\text{MAX}} = 0,200 \text{ W/m}^2\text{K}$			

5.3.2.2 Energetska bilanca obstoječega stanja s programom TOST

Prezračevanje je naravno. Urno izmenjavo zraka z zunanjim okoljem sem določila 1,30/h, glede na vrednosti, ki jih podaja SIST EN ISO 13790 v dodatku F. Minimalna izmenjava zraka n_{\min} mora biti vsaj $0,5 \text{ h}^{-1}$ za prostore v stavbi, ki so namenjeni bivanju ljudi ter 5 h^{-1} za podstrešni del [23].

Pri obstoječem stanju objekta sem upoštevala lesena okna z dvojno zasteklitvijo, ki so bila vgrajena ob prenovi leta 1989. Okna so slabo vzdrževana in imajo slabo tesnjenje med okvirjem in zasteklitvijo. Predpostavila sem U vrednost na $3,5 \text{ W/m}^2\text{K}$. Skozi dvojno zasteklitev sem predpostavila 81% prehoda celotnega sončnega sevanja (g faktor). Razmerje med površino okvirja s površino celotne okenske odprtine znaša 0,3.

V preglednici 15 so prikazani rezultati obstoječega stanja objekta. Razvidna je primerjava med izračunano vrednostjo letne potrebne toplote za ogrevanje Q_{NH} in največjo dovoljeno vrednostjo, ki je predpisana v PURES-u 2010. Vrednosti so prikazane tudi na enoto kondicionirane površine $A(u)$ oziroma prostornine $V(e)$. V spodnjem delu preglednice je podan koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe (W/K).

Preglednica 15: Izračunana energetska bilanca obstoječega stanja stavbe

Energetska bilanca	Izračunana	Največja dovoljena
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} (kWh)	65484	11311
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto Uporabne površine in kondicionirane prostornine		
Q_{NH}/A_u (kWh/m ² a)	559,21	96,63
Q_{NH}/V_e (kWh/m ³ a)	224,31	
Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe H_T' (W/m ² K)	0,82	0,36

Izgube in dobitki za sezono ogrevanja za bivalni del objekta so prikazani v preglednici 16 in 17. Transmisijske izgube so toplotne izgube zaradi prehoda toplote skozi ovoj stavbe. Ventilacijske izgube so izgube toplote zaradi prezračevanja in infiltracije zunanjega zraka v stavbo. Poleg izgub so navedeni tudi notranji dobitki toplote zaradi notranjih virov, ki nastajajo v prostorih (prebivalci hiše in električne naprave), ter solarni dobitki zaradi sončnega obsevanja.

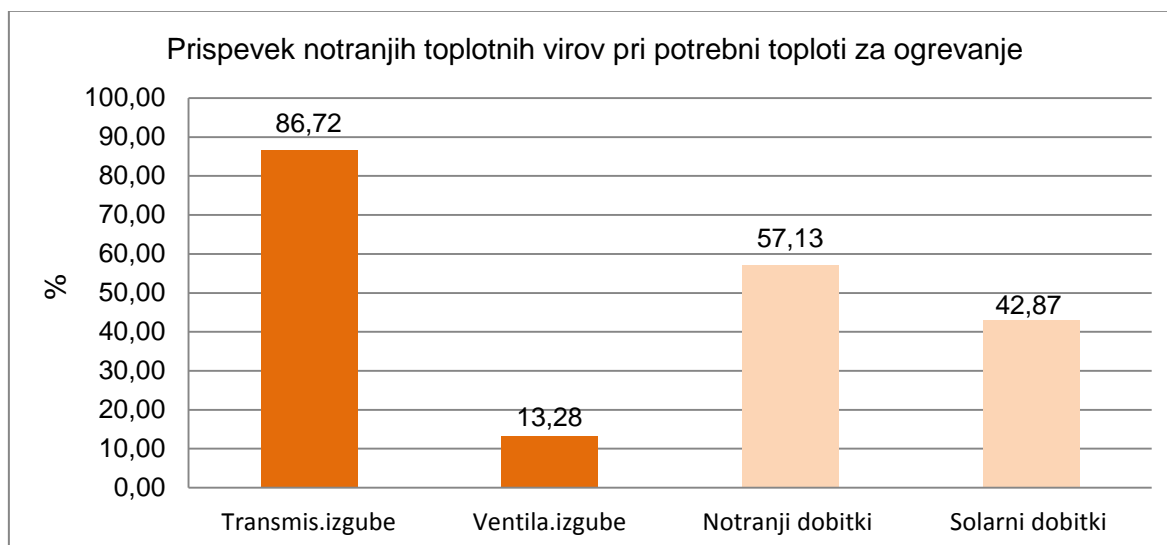
Preglednica 16: Prikaz vrednosti izgub v sezoni ogrevanja za bivalne prostore

Izgube za sezono ogrevanja za bivalne prostore	
Transmisijske izgube (kWh)	61420
Ventilacijske izgube (kWh)	9403
Skupne izgube (kWh)	70823

Preglednica 17: Prikaz vrednosti dobitkov v sezoni ogrevanja za bivalne prostore

Dobitki za sezono ogrevanja za bivalne prostore	
Notranji dobitki (kWh)	3050
Solarni dobitki (kWh)	2289
Skupni dobitki (kWh)	5339

Na grafikonu 1 sem prikazala razmerja med transmisijskim in ventilacijskim izgubam, ter primerjavo med notranjim in solarnim dobitkom.



Grafikon 1: Primerjava med izgubami in dobitki za sezono ogrevanja obst. stanja

5.3.2.3 Komentar rezultatov

Iz rezultatov, predstavljenih v poglavju 5.3.2, je razvidno, da noben KS v obstoječem stanju ne ustreza predpisanimi maksimalno dovoljenim U vrednostim. Posledica teh vrednosti vpliva na veliko potrebo po dovedeni specifični letni toploti za ogrevanje stavbe (preglednica 15). Letna potrebna toplota predstavlja toploto, ki jo je potrebno v enem letu

dovesti v stavbo za doseganje projektnih notranjih temperatur v obdobju ogrevanja in je kar 5,8-krat večja od največje dovoljene. Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe je za 2,3-krat večji od največjega dovoljenega. Transmisijske izgube predstavljajo 86,72% vseh izgub. Zmanjšamo jih lahko z dodatno toplotno izolacijo in z vgradnjo energijsko varčnejših oken. Ventilacijske izgube znašajo 9403 kWh in so manjše od transmisijskih. Dodatno bi jih lahko še zmanjšali, če zatesnimo kritične stike v ovoju zgradbe, pri stropu proti podstrešju, okenske pripire in pri stiku med okvirjem okna in odprtino v zidu. Notranji dobitki so 3050 kWh. Predstavljajo sproščeno toploto znotraj hiše, ki jo oddajajo ljudje in električne naprave ter razsvetljava. Solarni dobitki so nekoliko manjši od notranjih in znašajo 2289 kWh. Hiša je ugodno orientirana, saj ima na severni strani najmanjše površine transparentnih delov.

6 PREDLOGI ENERGETSKE PRENOVE OBJEKTA

V nadaljevanju bom prikazala štiri variante energetske prenove obravnavanega objekta. Pri naboru ukrepov za boljše energetske učinkovitost hiše mi je svetoval gospod Dušan Strgar z Zavoda za varstvo kulturne dediščine Novo mesto. Predlagal mi je najboljše možnosti za prenovo, ki bi bile dopustne za prenovo obravnavane stavbne dediščine.

V vseh variantah sem zamenjala vezna okna z manj energetske potratnimi okni (slika 12). Karakteristike predvidenih oken so predstavljene v preglednici 18. Vgradnja novih oken bi se izvedla po smernicah RAL. Takšna vgradnja zagotavlja 100% zatesnjeni stik med oknom in zidom ob pravilni izvedbi. Pri tem je potrebno poudariti, da s tem dosežemo manjše izgube toplote, ampak je potrebno zagotavljati redno prezračevanje prostorov. Prezračevanje ostane pri obnovi naravno. Zaradi izboljšane tesnjenja stavbnega ovoja sem korigirala stopnjo izmenjave zraka z zunanjim okoljem, ta zdaj znaša 0,8/h.

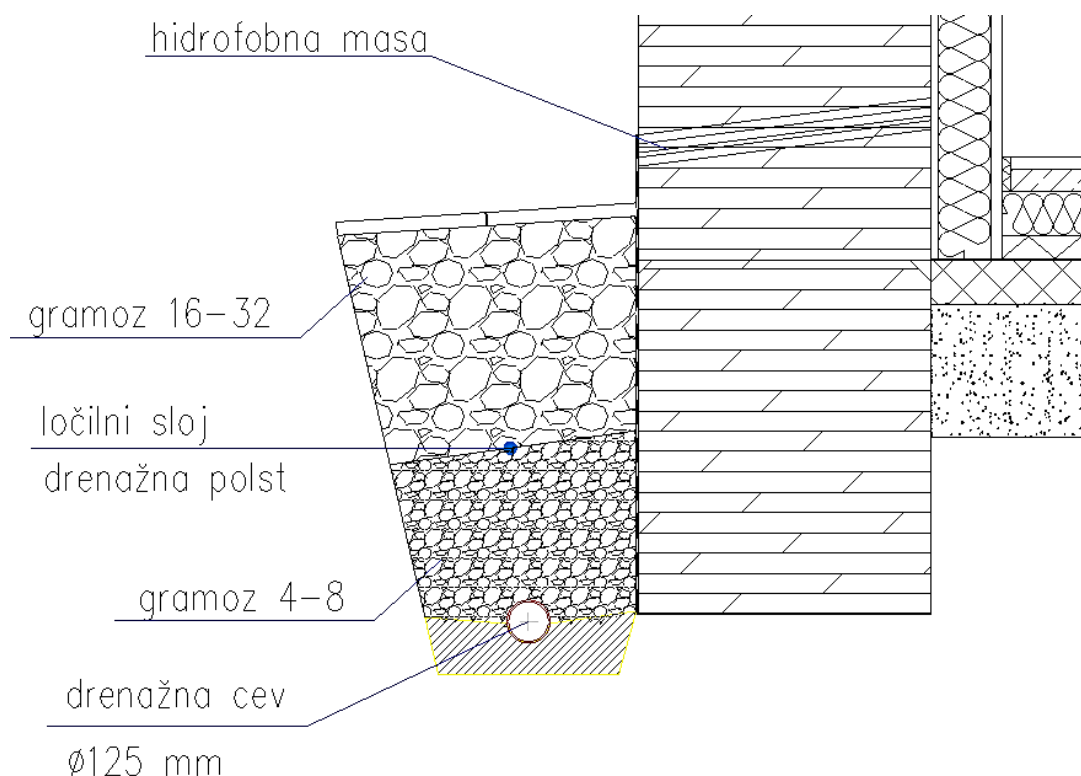
Preglednica 18: Tehnična specifikacija lesenega okna (vir: [24])

Energijski razred	A+
Toplotna prehodnost stekel – U_g	0,6 W/m ² K
Toplotna prehodnost okna – U_w	0,88W/m ² K
Vrsta lesa	smreka
Zasteklitev	trojna
Prehod sončnega sevanja – $g_{gl,w}$	58%



Slika 12: Lesene okno (vir: [24])

Pred namestitvijo toplotne zaščite je potrebno preveriti vlažnost zidov. Posebno pozornost posvetimo 128 let staremu kamnitemu zidu, ki nima izvedene nobene hidroizolacije. Spoznati je treba vzroke navlaževanja in jih odpraviti. Najučinkovitejši ukrep je izkop do temeljev in izvedba drenaže. Izvedemo vertikalno hidroizolacijo in vertikalno drenažo za odvod vode stran od objekta (slika 13). V predelu obodnega zidu v stiku s terenom (talni zidec ali "cokl") odbijemo ves omet in na razgaljeni zid omečemo z apneno malto ali s parapropustnimi sanacijskimi ometi (sušilni ometi). Hiša nima vodoravne hidroizolacije na stiku med površino temelja in nosilnimi zidovi. Posledica tega je kapilarni dvig vode v višje ležeče sloje. Horizontalno in vertikalno izolacijo je priporočljivo vstaviti nad nivo terena. Tako se tudi odbojna voda ob nalivih ne more zateči v kapilare. Eden od učinkovitejših postopkov vgradnje vodoravne izolacije je z injektiranjem hidrofobne mase. Tako zamašimo kapilare in vlaga se ne more širiti po zidu. Ker je kamniti zid debelejši od 50 cm, je potrebno injektirati z zunanje in notranje strani [25].



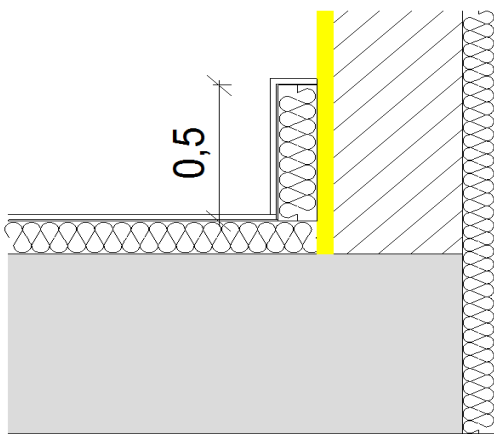
Slika 13: Drenaža ob kamnitem zidu

6.1 Varianta 1

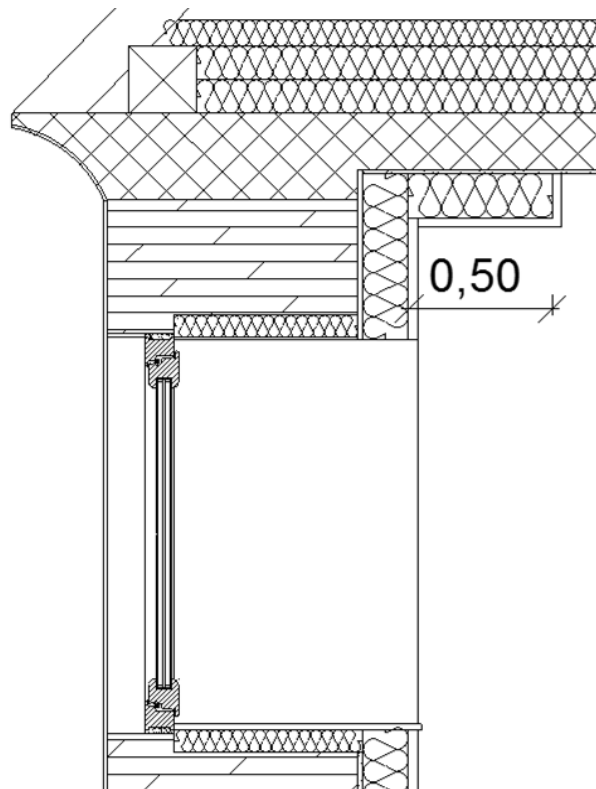
- Zunanje stene

Pri izolaciji vseh zunanjih sten sem upoštevala priporočene vrednosti iz PURES 2010. Glede na to, da je edini originalno ohranjen zid na vzhodni strani objekta, bi ga obložili z izolacijo na notranji strani. Ostale stene pa bi izolirali z zunanje strani s kameno volno in s tem preprečili zmanjšanje uporabne notranje površine prostorov zaradi sloja toplotne izolacije. Pred izvedbo TI na notranji strani je potrebno odstraniti ves obstoječi omet in zid po potrebi utrditi z injekcijsko maso. Kamniti zid bi izolirali z vlaknastimi lesenimi ploščami, ki se prilepijo s paroprepustnim lepilom na ometan zid. Plošče je potrebno lepiti po celotni površini, da se izognemo kondenzaciji na stiku med konstrukcijo in izolacijo. Na izolacijo je obvezna namestitev kakovostne parne zapore, ki mora biti zrakotesna na vseh stikih. S tem zmanjšamo možnosti za nastanek potencialne vlage in plesni.

Pri opisani izvedbi se srečamo s potencialnimi toplotnimi mostovi. Najbolj kritičen je na stiku med kamnitim zidom in zunanjo steno iz betonskih blokov. Rešitev predstavljenega TM je moč omiliti s pravilom »pol metra čez« (slika 14 in 15), ki ga poudarja energetski svetovalec Bojan Žnidaršič v članku o notranji TI [26].



Slika 14: Detajl vogala kamnita stena - zunanja stena 2



Slika 15: Prerez kamnite stene

- Tla na terenu

Tla proti terenu opravljajo naslednje funkcije: toplotno zaščito, hidroizolacije, difuzijo vodne pare ter prenos zvoka. Ko izvedemo prenovo, moramo najprej odstraniti obstoječe sloje do betonske podlage. Ponovno je potrebno namestiti hidroizolacijo. Nato se položi zvočna izolacija in toplotna izolacija. Med izolacijo in cementnim estrihom se vstavi še PVC folija.

- Medetažna konstrukcija

Strop proti neogrevanem podstrešju je v obstoječem stanju neizoliran. Po AB plošči se doda priporočeno debelino 25 cm steklene volne in pohodno oblogo. Ker v KS ne pride do nastanka kondenza, parna ovira ni potrebna.

6.1.1 Sestave KS in izračunane toplotne prehodnosti s programom TEDI

Preglednica 19: Sestava zunanje stene 1 za varianti 1

Zunanja stena 1			
Material	Debelina (m)	ρ (kg/m ³)	λ (W/mK)
Mavčno kartonaste plošče	0,025	900	0,21
Polietilenska folija	0,001	1200	0,3
Vlaknaste lesene plošče	0,12	190	0,045
Apneni omet	0,02	1600	0,81
Kamniti zid	0,66	2000	1,16
Mineralni fasadi omet	0,015	1650	0,7
$U = 0,279 \text{ W/m}^2\text{K} < U_{\text{MAX}} = 0,280 \text{ W/m}^2\text{K}$			

Preglednica 20: Sestava zunanje stene 2 po varianti 1

Zunanja stena 2			
Material	Debelina (m)	ρ (kg/m ³)	λ (W/mK)
Apneni omet	0,015	900	0,21
Porobeton	0,05	450	0,14
Betonski blok	0,4	1600	0,74
Kamena volna	0,1	30	0,038
Mineralni fasadi omet	0,005	1650	0,7
$U = 0,268 \text{ W/m}^2\text{K} < U_{\text{MAX}} = 0,280 \text{ W/m}^2\text{K}$			

Preglednica 21: Sestava zunanje stene 3 po varianti 1

Zunanja stena 3			
Material	Debelina (m)	ρ (kg/m ³)	λ (W/mK)
Apneni omet	0,015	900	0,21
Mrežasti opečni votlak	0,3	1850	0,61
Kamena volna	0,1	30	0,038
Mineralni fasadi omet	0,005	1650	0,7
$U = 0,307 \text{ W/m}^2\text{K} < U_{\text{MAX}} = 0,600 \text{ W/m}^2\text{K}$			

Preglednica 22: Sestava tal na terenu po varianti 1

Tla na terenu			
Material	Debelina (m)	ρ (kg/m^3)	λ (W/mK)
Keramične ploščice	0,03	2300	1,28
Cementni estrih	0,05	2200	1,4
PE folija	0,002	1000	0,19
EPS	0,1	12	0,043
Plošče iz kamene volne	0,05	180	0,039
Varjeni bitumenski trakovi	0,02	1300	0,19
Podložni beton	0,08	2000	1,16
$U = 0,257 \text{ W/m}^2\text{K} < U_{\text{MAX}} = 0,350 \text{ W/m}^2\text{K}$			

Preglednica 23: Sestava medetaže po varianti 1

Medetaža			
Material	Debelina (m)	ρ (kg/m^3)	λ (W/mK)
Cementna malta	0,01	2100	1,4
AB plošča	0,15	2400	2,04
PE folija	0,002	1000	0,19
Steklena volna	0,16	60	0,032
Iverke-trde	0,02	1000	0,12
$U = 0,184 \text{ W/m}^2\text{K} < U_{\text{MAX}} = 0,200 \text{ W/m}^2\text{K}$			

6.1.2 Energijska bilanca za varianto 1

Preglednica 24: Izračunana energetska bilanca variante 1

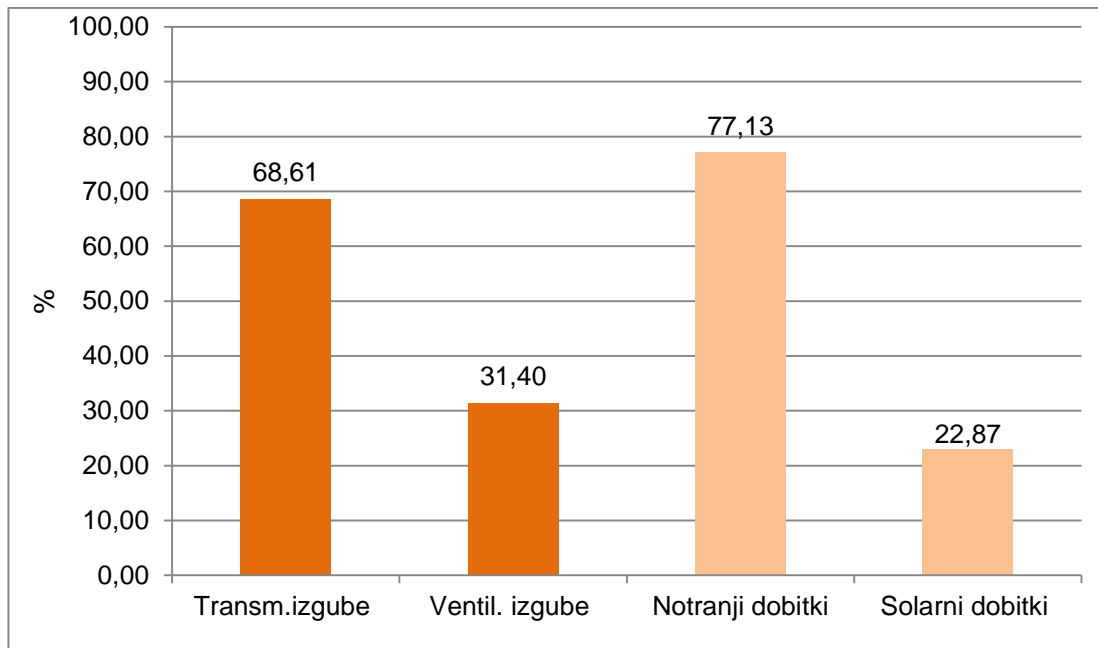
Energetska bilanca	Izračunana	Največja dovoljena
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} (kWh)	14406	11311
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine		
Q_{NH}/A_u (kWh/m ² a)	123,02	96,63
Q_{NH}/V_e (kWh/m ³ a)	49,22	
Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe H_T' (W/m ² K)	0,29	0,36

Preglednica 25: vrednosti izgub za sezono ogrevanja pri varianti 1

Izgube za sezono ogrevanja za bivalne prostore	
Transmisijske izgube (kWh)	12429
Ventilacijske izgube (kWh)	5688
Skupne izgube (kWh)	18116

Preglednica 26: vrednosti dobitkov za sezono ogrevanja pri varianti 1

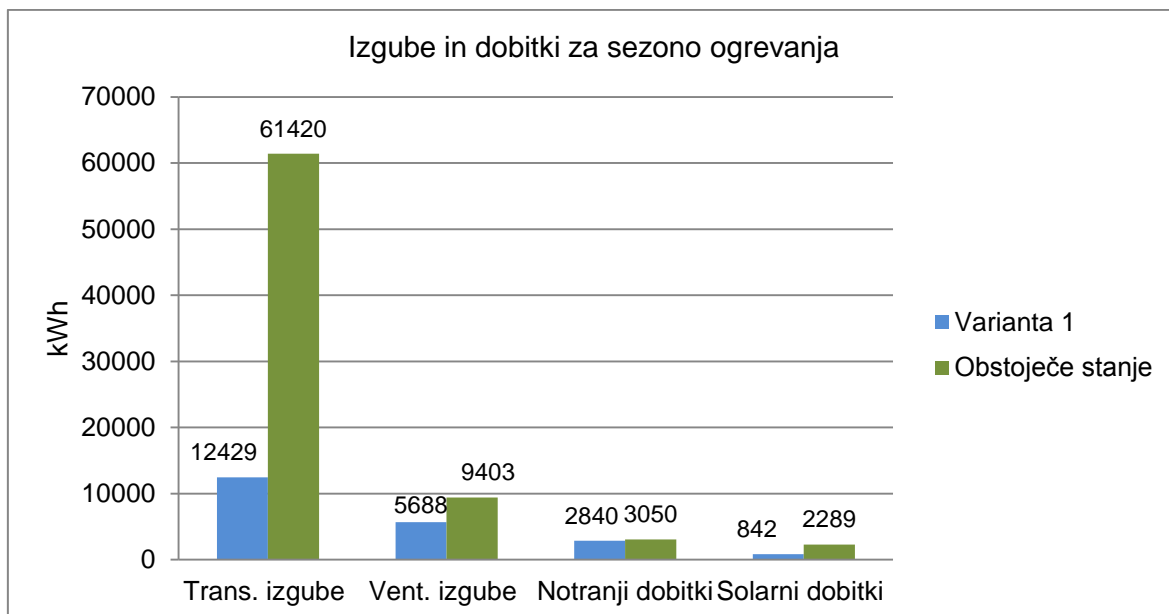
Dobitki za sezono ogrevanja za bivalne prostore	
Notranji dobitki (kWh)	2840
Solarni dobitki (kWh)	842
Skupni dobitki (kWh)	3682



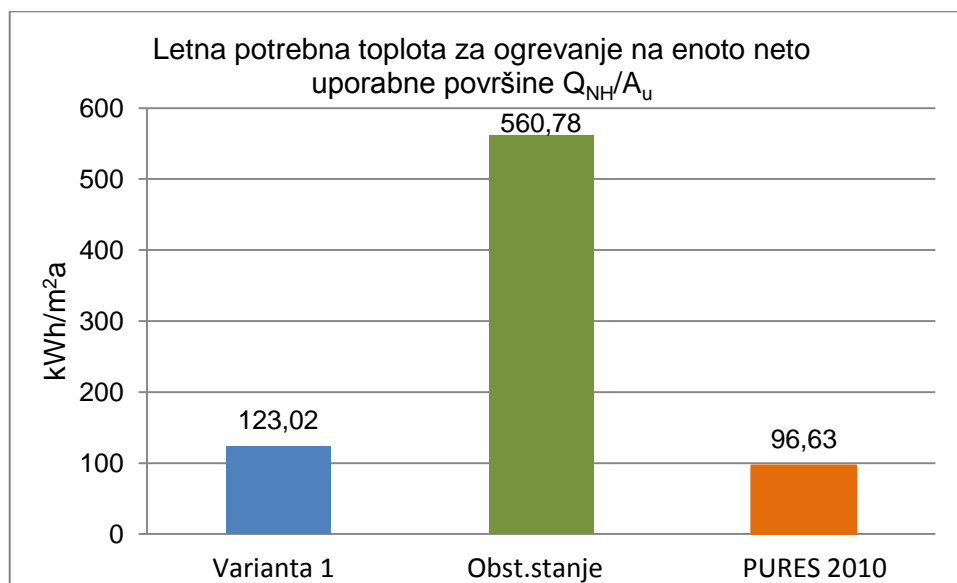
Grafikon 2: Primerjava med izgubami in dobitki za sezono ogrevanja za varianto 1

6.1.3 Komentar rezultatov

Z izvedbo ukrepov v prvi varianti prenove smo dosegli 79% manj potrebne toplote za ogrevanje stavbe, kar smo dosegli predvsem z zmanjšanjem transmisijskih izgub. Grafikon 4 prikazuje vrednosti letno potrebne energije za ogrevanje na enoto ogrevane površine za obnovo, izhodiščno stanje in maksimalno dovoljeno vrednost, ki jo predpisuje PURES 2010. Na grafu 3 so prikazane izgube in dobitki za sezono ogrevanja za prenovljeno stanje in obstoječe stanje. Z vgradnjo boljšega stavbnega pohišstva in izoliranjem toplotnega ovoja smo dosegli kar 81% manj transmisijskih izgub. Zaradi boljšega tesnjenja so se ventilacijske izgube iz 9403 kWh zmanjšale na 5680 kWh. Tako so se izgube v skupnem seštevku zmanjšale za 75,5%. Ravno tako so se zmanjšali tudi solarni dobitki na račun novih oken, ki imajo manjšo g – vrednost (prehod sončnega sevanja).



Grafikon 3: Primerjava izgub in dobitkov med obstoječim stanjem in varianto 1 prenove



Grafikon 4: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine

Kljub temu, da smo vrednosti toplotne prehodnosti KS spravili pod maksimalno dovoljene vrednosti, stavba še vedno potrebuje 2284 kWh preveč energije za ogrevanje oz. 26,39 kWh/m². Če bi želeli izboljšati rezultate, bi bilo potrebno še dodatno izolirati sam ovoj hiše.

Posebno pozornost pa je potrebno nameniti TM, ki se pojavijo na:

- vogalu med notranjo in zunanjo izolacijo
- stiku med kamnitim portalom in vratnim krilom na vhodni strani
- stiku med kamnito steno in stropom

Z izvedbo opisane prenove bi poskrbeli, da se na hiši ohrani kompozicija fasade, razporeditve okenskih in vratnih odprtih ter razmerje med nosilnimi in nošenimi deli, tako se ohrani značaj objekta kot celote. Hkrati pa poskrbimo da hiša prebivalcem nudi ugodno bivalno okolje.

6.2 Varianta 2

Pri drugi varianti sem se odločila, da bom neogrevano podstrežje upoštevala kot bivalno mansardo, ki sem jo upoštevala kot 2. ogrevalno cono. Pri tem se spremenijo robni pogoji za določene KS. Podatki o površinah so prikazani v preglednici 7. Vso toplotno izolacijo pa sem predvidela na zunanji strani.

- Zunanje stene

Če je izolacija na kamniti steni položena na zunanji strani, je potrebno premakniti kamniti portal za debelino izolacije navzven. Ob tem pa se moramo zavedati ekonomske opravičljivost izvedbe takšnega načina obnove. Na opečno kot tudi na steno iz betonskih blokov se doda 15 cm kamene volne. Vso stavbno pohoštvo se mora ravno tako premakniti navzven, tako da se ohrani prvotna podoba stavbe.

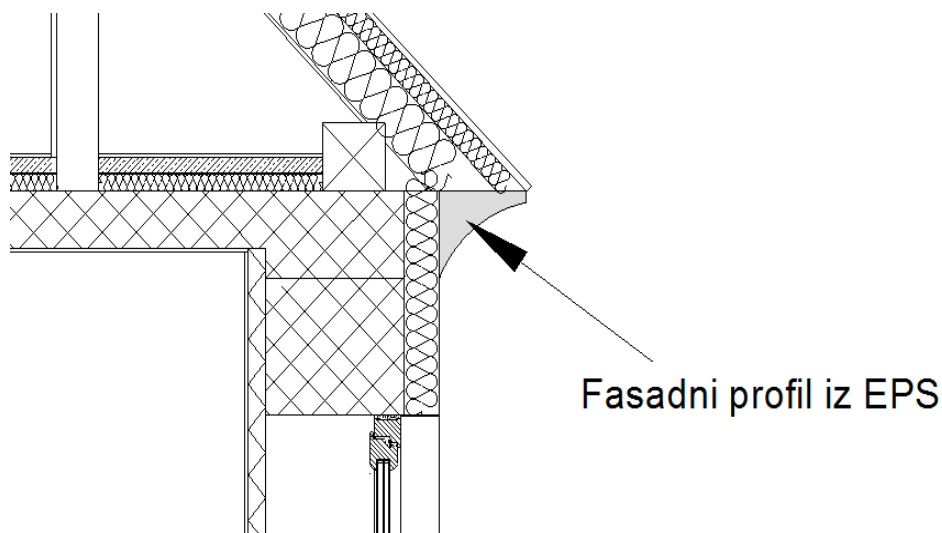
- Strop proti ogrevanem prostoru

Medetažna konstrukcija ločuje dve ogrevani coni, zato se spremenijo robni pogoji. Potrebno je položiti zvočno izolacijo, da preprečimo prenos udarnega zvoka na masivne dele konstrukcije. Izvede se plavajoči estrih, ki je cenovno najučinkovitejša in enostavna rešitev. Za preprečitev širjenja zvoka v bočni smeri oz. prenosa zvoka na vertikalne elemente uporabimo elastificiran trak oz. dilatacijske lamele.

- Streha

Na streho je potrebno namestiti ustrezno debelino izolacije, da preprečimo pregrevanje podstrešnih prostorov. Da bi v mansardi pridobili več bivalnega prostora, sem izolacijo

namestila med škarnike (14 cm) in nad škarnike. Kot je prikazano na sliki 15, lahko vgradim 6 cm dodatne izolacije na škarnike. Tako se lahko fasado pod napuščem zaključí s polkrožnim simsom, ki se ga naredi iz fasadnega profila EPS.



Slika 16: Detajl stika strešnega kapa

6.2.1 Sestave KS in izračun toplotne prehodnosti s programom TEDI

Preglednica 27: Sestava zunanje stene 1 po varianti 2

Zunanja stena 1			
Material	Debelina (m)	ρ (kg/m ³)	λ (W/mK)
Apneni omet	0,02	1600	0,81
Kamniti zid	0,66	2000	1,16
Apneni omet	0,015	1600	0,81
Kamena volna	0,1	30	0,038
Mineralni fasadni omet	0,015	1650	0,7
$U = 0,262 \text{ W/m}^2\text{K} < U_{\text{MAX}} = 0,280 \text{ W/m}^2\text{K}$			

Preglednica 28: Sestava zunanje stene 2 po varianti 2

Zunanja stena 2			
Material	Debelina (m)	ρ (kg/m ³)	λ (W/mK)
Apneni omet	0,015	900	0,21
Porobeton	0,05	450	0,14
Betonski blok	0,4	1600	0,74
Kamena volna	0,15	30	0,038
Mineralni fasadi omet	0,005	1650	0,7
$U = 0,189 \text{ W/m}^2\text{K} < U_{\text{MAX}} = 0,280 \text{ W/m}^2\text{K}$			

Preglednica 29: Sestava zunanje stene 3 po varianti 2

Zunanja stena 3			
Material	Debelina (m)	ρ (kg/m ³)	λ (W/mK)
Apneni omet	0,015	1600	0,81
Mrežasti opečni votlak	0,3	1400	0,61
PE folija	0,00015	1000	0,19
Kamena volna	0,15	100	0,033
Mineralni fasadi omet	0,005	1650	0,7
$U = 0,191 \text{ W/m}^2\text{K} < U_{\text{MAX}} = 0,280 \text{ W/m}^2\text{K}$			

Preglednica 30: Sestava medetaže po varianti 2

Medetaža			
Material	Debelina (m)	ρ (kg/m ³)	λ (W/mK)
Hrastov parket	0,02	700	0,21
Cementni estrih	0,05	2200	1,4
PE folija	0,0002	1000	0,19
XPS	0,05	42	0,036
Neopremska guma	0,005	1000	0,16
AB plošča	0,15	2400	2,04
Cementni omet	0,01	2100	1,4
$U = 0,528 \text{ W/m}^2\text{K} < U_{\text{MAX}} = 0,1,350 \text{ W/m}^2\text{K}$			

Preglednica 31: Sestava zunanje strehe po varianti 2

Streha (bivalna mansarda)			
Material	Debelina (m)	ρ (kg/m ³)	λ (W/mK)
Mavčno kartonaste plošče	0,0125	900	0,21
OSB plošče	0,01	1000	0,19
Polietilenska folija	0,0002	1200	0,3
Celulozna vlakna	0,14	85	0,04
Vlaknene lesene plošče	0,06	190	0,045
Sekundarna kritina	0,001	1100	0,19
Zračna plast	0,05	1	0,043
Strešni bobrovec	0,02	1900	0,99
$U = 0,164 \text{ W/m}^2\text{K} < U_{\text{MAX}} = 0,200 \text{ W/m}^2\text{K}$			

6.2.2 Energetska bilanca za varianto 2

Preglednica 32: Izračunana energetska bilanca stavbe za varianto 2

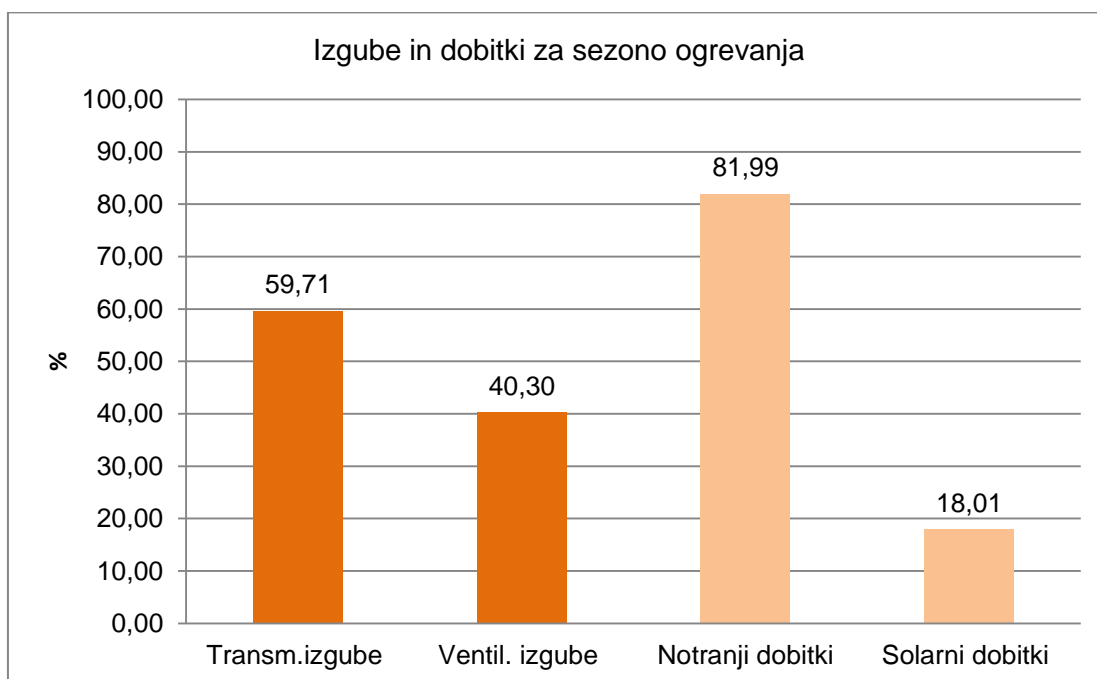
Energetska bilanca	Izračunana	Največja dovoljena
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} (kWh)	21246	12154
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine		
Q_{NH}/A_u (kWh/m ² a)	107,38	60,12
Q_{NH}/V_e (kWh/m ³ a)	34,91	
Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe H_T' (W/m ² K)	0,35	0,36

Preglednica 33: vrednosti izgub za sezono ogrevanje pri varianti 2

Izgube za sezono ogrevanja	Pritličje	Mansarda	Skupaj
Transmisijske izgube (kWh)	10665	5888	16552
Ventilacijske izgube (kWh)	5651	6017	11668
Skupne izgube (kWh)	16316	11905	28220

Preglednica 34: vrednosti dobitkov za sezono ogrevanje pri varianti 2

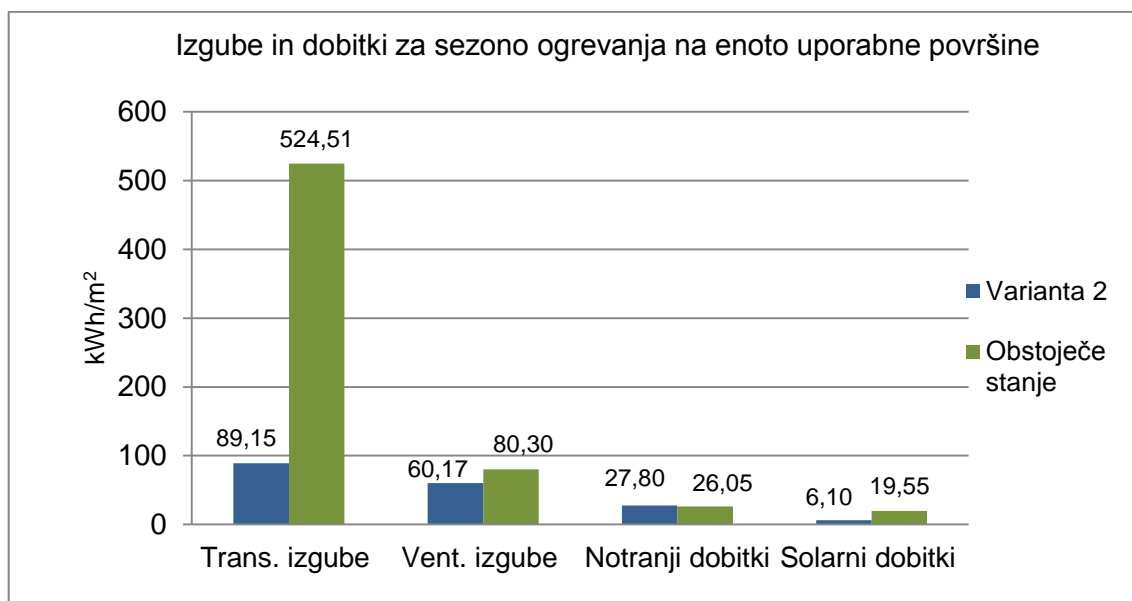
Dobitki za sezono ogrevanja	Pritličje	Mansarda	Skupaj
Notranji dobitki (kWh)	3222	2279	5501
Solarni dobitki (kWh)	765	443	1208
Skupni dobitki (kWh)	3987	2722	6709



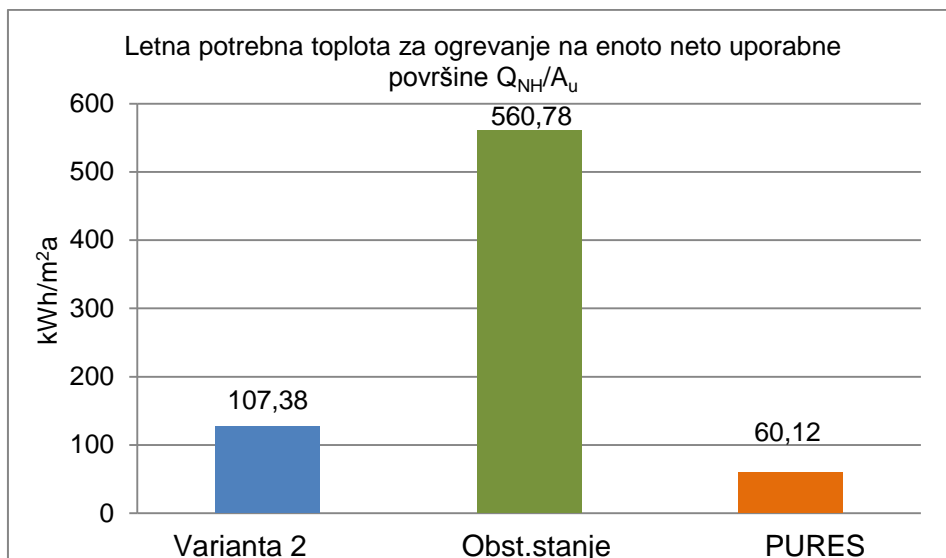
Grafikon 5: Primerjava med izgubami in dobitki za sezono ogrevanja za varianto 2

6.2.3 Komentar rezultatov

Ker se je z opisano obnove povečala uporabna površina ogrevane cone, sem dobljene vrednosti izhodiščnega stanja normirala po enoti uporabne površine. Z izvedbo ukrepov, ki smo jih izvedli z drugo varianto, smo dosegli 80,85% manj potrebne toplote za ogrevanje na enoto površine stavbe. Ravno tako sem normirala izgube in dobitke, tako da sem lahko primerjala rezultate z obstoječim stanjem (graf 6). Transmisijske izgube prenovljenega stanja so za 83% manjše od prvotnega stanja. Ventilacijske izgube se razlikujejo za 20,13 kWh/m². Manjša vrednost je bila dosežena na račun manjše urne izmenjave zraka z zunanjim okoljem. Kvalitetna vgradnja stavbnega pohištva po "RAL smernicah", je prispevala k boljšemu tesnjenju stavbe. Notranji dobitki v mansardi znašajo 2279 kWh. Ko sem vrednost normirala na površino enote je približno enaka kot v izhodiščnem stanju. Solarni dobitki so se zmanjšali za 13,45 kWh na enoto uporabne površine, ker v mansardnem delu imamo manjše površine transparentnih površin skozi katere prehaja toplota.



Grafikon 6: Primerjava izgub in dobitkov med obstoječim stanjem in drugo varianto prenove



Grafikon 7: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine

Čeprav smo z izvedenimi ukrepi zelo zmanjšali porabo energije, je ta še vedno večja od zahteve v PURESu 2010 za 47,3 kWh/m².

Pozitivna lastnost variante 2 je, da se s takšnim načinom izolacije najlažje izognemo potencialnim toplotnim mostovom in preprečimo pregrevanje masivne konstrukcije, vendar se moramo vprašati, ali so stroški, ki nastanejo z premikom kamnitega portala in stavbnega pohištva, upravičeni ob takšni izvedbi. Za pridobitev kulturnovarstvenih pogojev je potrebno fasado obdelati s štukaturnim okrasjem, kot je bilo izvedeno na originalnem primeru. Način izoliranja z zunanje strani pogosto ni spremenljiv za kulturno varstvene objekte.

6.3 Varianta 3

Ravno tako kot v prejšnjem primeru (varianta 2) sem predvidela spremembo namembnosti podstrešnega prostora v bivalne namene. Iz neogrevane cone se spremeni v ogrevano cono z upoštevano površino 80,8 m². Za razliko od drugega načina obnove, sem tukaj upoštevala namestitev toplotne izolacije iz notranje strani stavbe. To je tudi najpogostejši ukrep pri energetski obnovi historičnih stavb. S tem zagotovimo nedotaknjenost zunanje ovoja fasade.

- Zunanje stene

Vse stene se izolira z mineralnimi izolacijskimi ploščami Multipor. Za tak izbor materiala sem se odločila zaradi njegovih dobrih lastnosti, kot so toplotna prehodnost, paroprepustnost in požarna odpornost. Osnovne karakteristike materiala so podane v preglednici 35. Pred izvedbo izolacije je potrebno odstraniti ves notranji obstoječi omet in izravnati zid. Izračun v programu TEDI je pokazal, da parna zapora ni potrebna, saj ima material nizko difuzijsko upornost [27].

Preglednica 35: Tehnične specifikacije Multipora (Vir: [28])

Gostota	115 kg/m ³
Toplotna prevodnost	0,042 W/mK
Paropropustnost	difuzijsko odprt, faktor upora difuziji vodne pare = 3
Požarna zaščita	negorljiv - gradbeni material razreda A1 - EN 13501-1
Trdnost	v sredini \geq 350 kPa
Natezna trdnost	\geq 80 kPa
Deformabilnost	\leq 1 mm pri 1000 N točkovne obremenitve
Sorpcijska vlažnost	\leq 6 % mase (pri 23°C in 80 % relativni vlagi)

- Streha

Za izolacijo strešne konstrukcije, se uporabi mineralno stekleno volno z visokim deležem recikliranih in obnovljivih snovi. Ker je negorljiva, je še toliko bolj primerna za izolacijo bivalnih podstrešnih stanovanj. Pod opečnim bobrovcem se izvede prezračevalni kanal in vstavi paroprepustno folijo. Prvi sloj izolacije se položi med škarnike, na katere se prečno pritrdi podkonstrukcija za vstavljanje drugega sloja mineralne volne. Za preprečitev prodiranja vlage v strešno konstrukcijo se namesti še parno oviro [29].

6.3.1 Sestave KS in toplotne prehodnosti

Preglednica 36: Sestava zunanje stene 1 po varianti 3

Zunanja stena 1			
Material	Debelina (m)	ρ (kg/m ³)	λ (W/mK)
Mavčna malta	0,005	1500	0,7
Multipor	0,16	115	0,042
Lahko mineralno lepilo	0,01	1800	0,7
Kamniti zid	0,66	2000	1,16
Mineralni fasadi omet	0,005	1650	0,7
$U = 0,231 \text{ W/m}^2\text{K} < U_{\text{MAX}} = 0,280 \text{ W/m}^2\text{K}$			

Preglednica 37: Sestava zunanje stene 2 po varianti 3

Zunanja stena 2			
Material	Debelina (m)	ρ (kg/m ³)	λ (W/mK)
Mavčna malta	0,005	1500	0,7
Multipor	0,16	115	0,045
Lahko mineralno lepilo	0,01	1000	0,7
Porobeton	0,05	450	0,14
Betonski blok	0,4	1600	0,74
Mineralni fasadi omet	0,005	1650	0,7
$U = 0,215 \text{ W/m}^2\text{K} < U_{\text{MAX}} = 0,280 \text{ W/m}^2\text{K}$			

Preglednica 38: Sestava zunanje stene 3 po varianti 3

Zunanja stena 3			
Material	Debelina (m)	ρ (kg/m ³)	λ (W/mK)
Mavčna malta	0,025	1500	0,7
Multipor	0,16	115	0,045
Lahko mineralno lepilo	0,01	1000	0,7
Mrežasti opečni votlak	0,3	1400	0,61
Mineralni fasadi omet	0,005	1650	0,7
$U = 0,230 \text{ W/m}^2\text{K} < U_{\text{MAX}} = 0,280 \text{ W/m}^2\text{K}$			

Preglednica 39: Sestava strehe po varianti 3

Streha (bivalna mansarda)			
Material	Debelina (m)	ρ (kg/m ³)	λ (W/mK)
Mavčno kartonaste plošče	0,0125	900	0,21
Polietilenska folija	0,0002	1000	0,3
Steklena volna (pod škarniki)	0,12	30	0,04
Steklena volna (med škarniki)	0,014	30	0,04
Sekundarna kritina	0,001	1100	0,19
Zračna plast	0,05	1	0,043
Strešni bobrovec	0,02	1900	0,99
$U = 0,106 \text{ W/m}^2\text{K} < U_{\text{MAX}} = 0,200 \text{ W/m}^2\text{K}$			

6.3.2 Energetska bilanca

Preglednica 40: Izračunana energetska bilanca stavbe za varianto 3

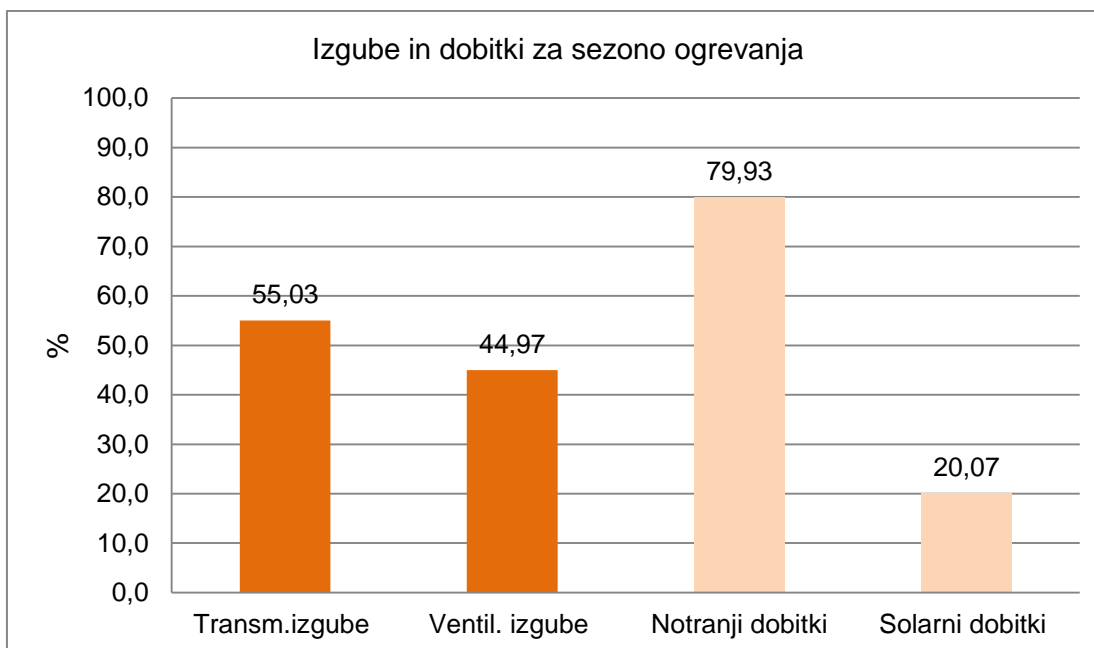
Energetska bilanca	Izračunana	Največja dovoljena
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} (kWh)	19059	12082
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine		
Q_{NH}/A_u (kWh/m ² a)	96,33	59,82
Q_{NH}/V_e (kWh/m ³ a)	31,31	
Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe H_T' (W/m ² K)	0,31	0,36

Preglednica 41: vrednosti izgub za sezono ogrevanje pri varianti 3

Izgube za sezono ogrevanja	Pritličje	Mansarda	Skupaj
Transmisijske izgube (kWh)	9296	5025	14321
Ventilacijske izgube (kWh)	5628	5999	11627
Skupne izgube (kWh)	14923	11024	25948

Preglednica 42: vrednosti dobitkov za sezono ogrevanje pri varianti 3

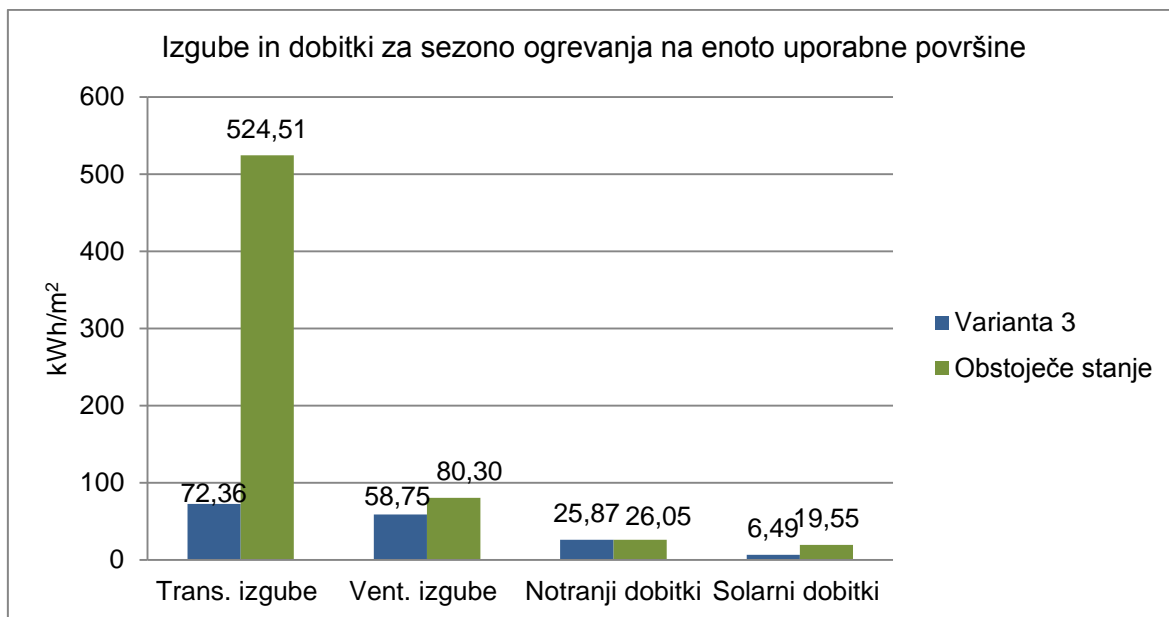
Dobitki za sezono ogrevanja	Pritličje	Mansarda	Skupaj
Notranji dobitki (kWh)	3278	2279	5557
Solarni dobitki (kWh)	781	443	1224
Skupni dobitki (kWh)	4059	2722	6781



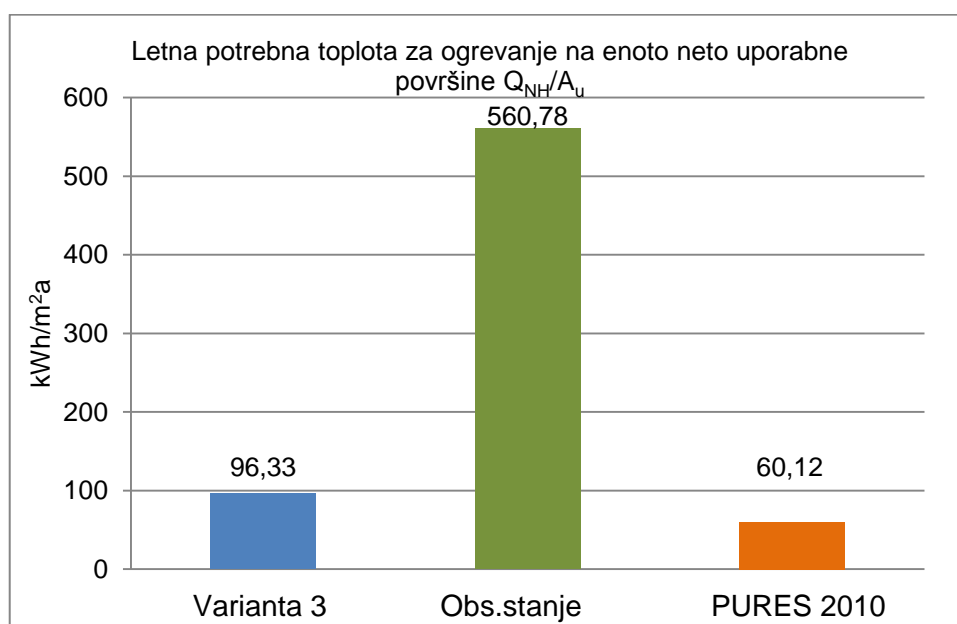
Grafikon 8: razmerje med izgubam in dobitkom za sezono ogrevanja pri varianti 3

6.3.3 Komentar

Prihranek toplote na letni ravni je 83 % v primerjavi s prvotnim stanjem objekta. Ker imamo v tem primeru dve ogrevani coni, je smiselno rezultate primerjati glede na letno potrebno toploto za ogrevanje na enoto neto uporabne površine. Pri obnovljeni varianti potrebujemo kar 464,5 kWh manj potrebne toplote na 1m², kot jo porabijo sedaj. Izgube sem uspela zmanjšati predvsem na račun transmissijskih izgub (graf 9). Ostale vrednosti so podobne kot v prejšnjem primeru.



Grafikon 9: Primerjava izgub in dobitkov med obstoječim stanjem in tretjo varianto prenove



Grafikon 10: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine

V primerjavi s prejšnjo varianto smo prihranili še več toplote za ogrevanje. Kljub temu še vedno presega predpisano vrednost za $36,13 \text{ kWh/m}^2$. Doseganje boljših rezultatov lahko pišemo boljšemu izboru materialov. Pri tem pa se je potrebno zavedati pomanjkljivosti notranje izolacije, saj ne dosega enakega učinka kot zunanja. Poleti prihaja do pregretja zidov in zaradi temperaturnega časovnega zamika je to moč čutiti tudi ponoči. Pozimi pa

prihaja ravno do obratnega pojava. Za pravilno delovanje takega sistema moramo biti pri izvedbi dovolj natančni in dosledni, da ne prihaja do kondenzacije med zidom in TI. Izolacijo je potrebno namestiti tudi na okenske špalete, zato je potrebno zamenjati okenske police. Montira se jih na toplotno izolacijo, tako da se izognemo toplotnemu mostu [26].

Taka izvedba prenove je najbolj smiselna za ohranjanje vizualne podobe stavbne dediščine. Kamniti portal, ki je pomembnejši element hiše, ostane na svojem mestu in tako se izognemo morebitnih poškodb, ki nastanejo s premikom portala, kot bi bilo potrebno v varianti 2. S takim načinom smo odškodovani za uporabno površino, ki jo zavzamejo novi sloji.

6.4 Varianta 4

Izvede se minimalne ukrepe, tako da ostane podstrešje ostane neogrevano. Pritličje predstavlja ogrevano cono, podstrešje pa neogrevano cono. Zamenja se stavbno pohištvo in izolira strop proti neogrevanemu podstrešju. Ob takem ukrepu le strop proti neogrevanemu podstrešju zadostuje predpisani vrednosti toplotne prehodnosti konstrukcijskega sklopa.

- Strop proti neogrevanemu podstrešju

Na očiščeno AB plošče se v dveh ali treh smereh položi 25 cm steklene volne. Namestitev parne ovire na beton ni potrebna. Na vrhu se namesti talna obloga, da se omogoči dostop v primeru vzdrževanja dimnika.

6.4.1 Sestave KS in toplotne prehodnosti

Preglednica 43: Sestava medetaže po varianti 4

Medetaža			
Material	Debelina (m)	ρ (kg/m ³)	λ (W/mK)
Cementna malta	0,01	2100	1,4
AB plošča	0,15	2400	2,04
Steklena volna	0,25	60	0,032
Iverke-trde	0,02	1000	0,12
$U = 0,122 \text{ W/m}^2\text{K} < U_{\text{MAX}} = 0,200 \text{ W/m}^2\text{K}$			

6.4.2 Energetska bilanca

Preglednica 44: Izračunana energetska bilanca stavbe za varianto 4

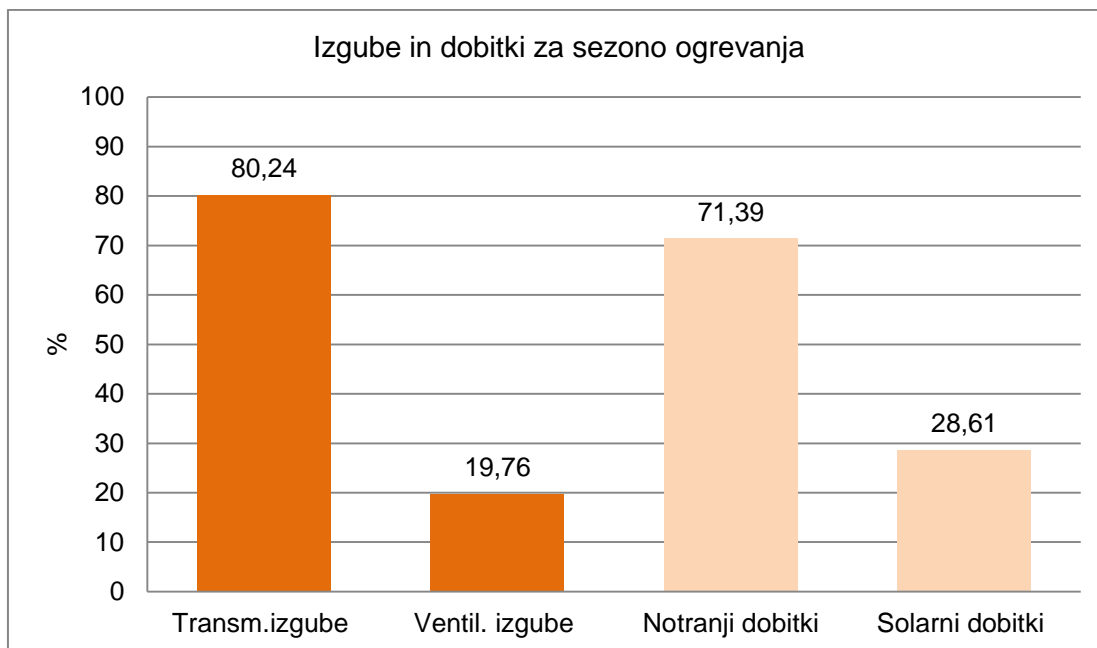
Energetska bilanca	Izračunana	Največja dovoljena
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} (kWh)	27631	11311
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine		
Q_{NH}/A_u (kWh/m ² a)	236,16	96,63
Q_{NH}/V_e (kWh/m ³ a)	94,32	
Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe H_T' (W/m ² K)	0,51	0,36

Preglednica 45: Vrednosti izgub za varianto 4

Izgube za sezono ogrevanja za bivalne prostore	
Transmisijske izgube (kWh)	25501
Ventilacijske izgube (kWh)	6280
Skupne izgube (kWh)	31781

Preglednica 46: Vrednosti dobitkov za varianto 4

Dobitki za sezono ogrevanja za bivalne prostore	
Notranji dobitki (kWh)	2997
Solarni dobitki (kWh)	1201
Skupni dobitki (kWh)	4198

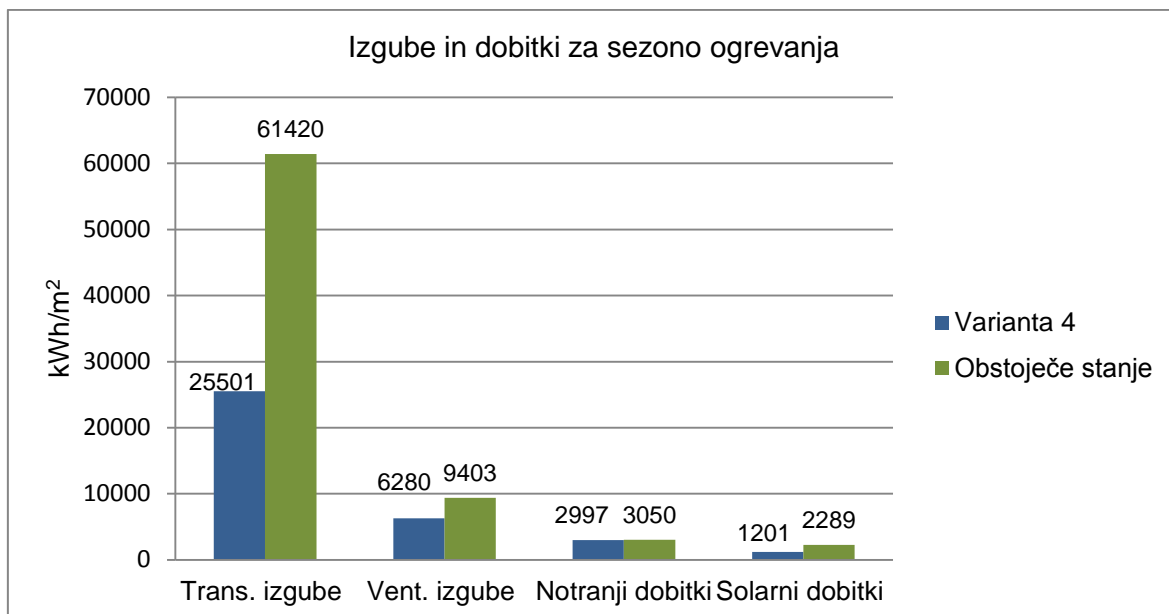


Grafikon 11: Razmerje med izgubam in dobitkom za sezono ogrevanja pri varianti 4

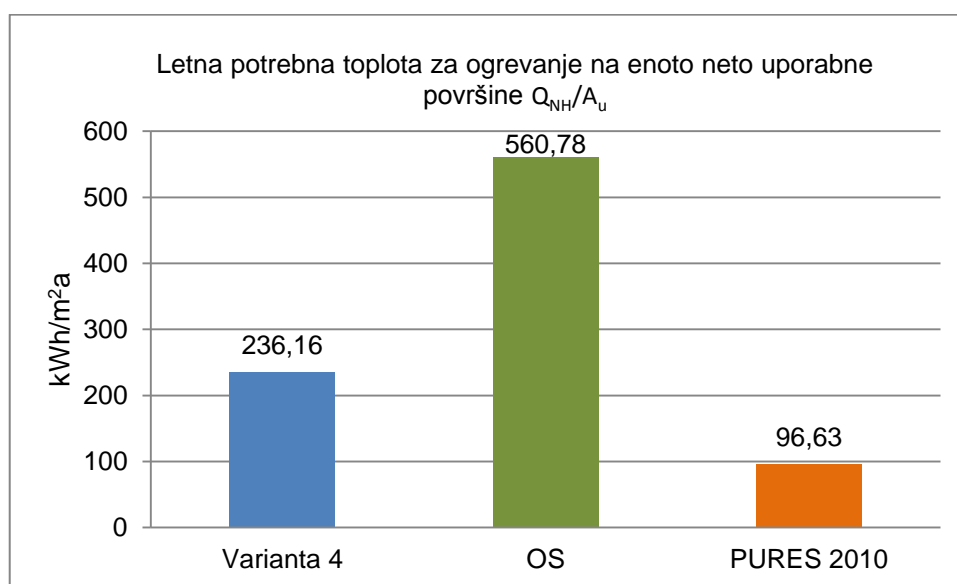
6.4.3 Komentar

Danes ima hiša velike transmisijske izgube skozi strop proti podstrešju, zato je izvedba izolacije tal na podstrešju najbolj enostaven in hkrati najbolj učinkovit izolacijski poseg na ovoju stavbe. Prihranek energije je 57,9%, predvsem na račun zmanjšanja transmisijskih izgub skozi stropno konstrukcijo. Prezračevalne izgube so se zmanjšale za 33,2%, ker sem upoštevala manjšo vrednost izmenjave zraka, zaradi boljšega tesnjenja stavbnega pohištva. Solarni dobitki so se spustili iz vrednosti 2289 kWh na 1201 kWh, ker imajo novo vgrajena okna manjšo vrednost prehoda sončnega sevanja.

Glede na to, da smo tokrat izvedli le 2 ukrepa, smo veliko privarčevali z ozirom na ostale predlagane načine obnove. Nikakor pa ne moremo s takšnim načinom obnove doseči vrednosti, ki jih podaja PURES 2010.



Grafikon 12: izgube in dobitki za sezono ogrevanja



Grafikon 13: letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine

Ko smo zamenjali stavbno pohoštvo, brez izoliranja oboda stavbe lahko nastanejo težave, zaradi povišane relativne vlage v prostoru in površinske kondenzacije, ki nastane zaradi nepravilnega prezračevanja. To pa vodi v nastanek plesni. Poleg pravilnega prezračevanja je potrebno nameniti pozornost tudi ustrezni notranji temperaturi, saj ta ne sme biti prenizka, ker lahko s tem povzroči padec površinske temperature na območju

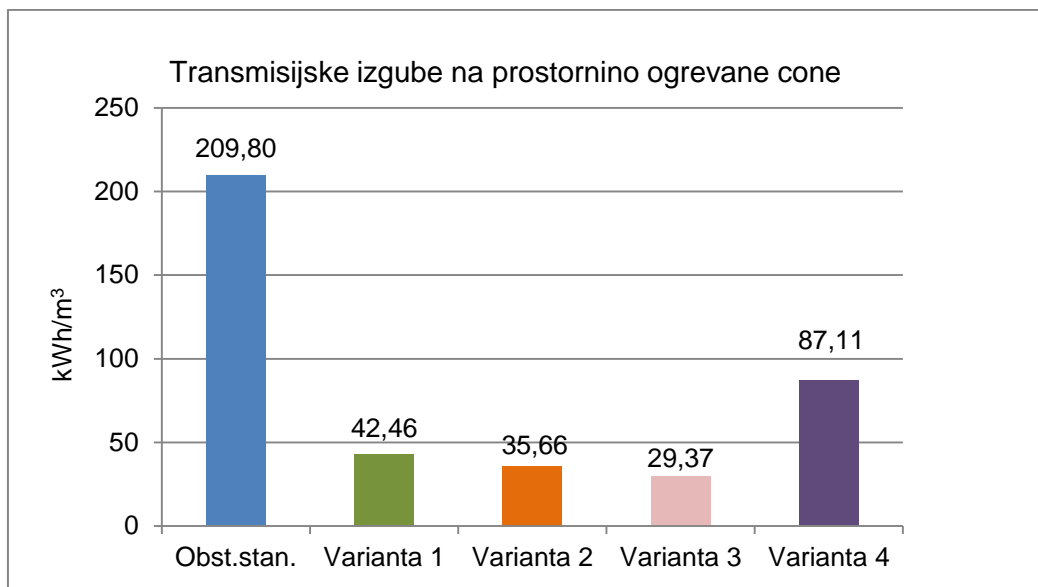
okenskih špalet. Tako je za preprečitev morebitne težave potrebno ob prenovi spremeniti tudi bivalne navade stanovalcev [27].

Tak poseg bi bil najbolj primeren, če bi imela notranjost hiše veliko spomeniško vrednost in če kulturnovarstveni pogoji ne bi dopuščali nameščanja izolacije na stene. Če bi obravnavana stavba imela še originalna škatlasta okna, bi jih bilo smiselno primerno energetsko obdelati. Zatesnili bi pripire in rege, obnovili okvirje in enojno zasteklitev bi zamenjali za dvojno na notranji strani. Za izvedeno obnove bi izpolnjevali kulturno varstvene pogoje, saj sem upoštevala pogoje, ki določajo, da se morajo obdržati lesena okna obstoječih dimenzij in na enaki oddaljenosti od robu fasade. Z dodatno izolacijo na medetažno konstrukcijo pa nismo posegli v noben pomemben varovan element hiše.

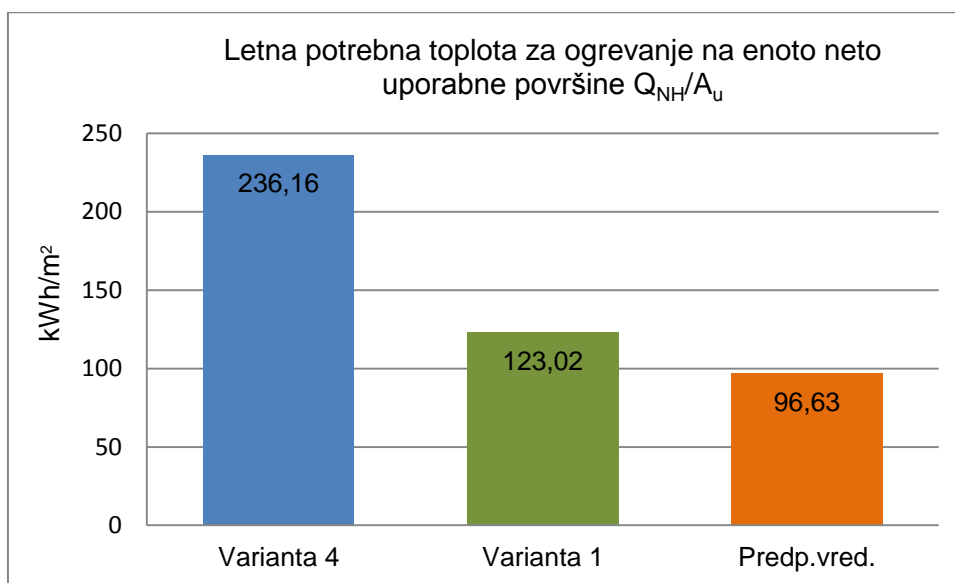
7 PREGLED KONČNIH REZULTATOV OBNOV IN UGOTOVITVE

Za boljši pregled rezultatov sem na grafikonu 14 prikazala vrednosti transmisijskih izgub za posamezne variante in vrednost izgub pri izhodiščnem stanju. Ker se površine ogrevanih con razlikujejo, sem jih normirala po prostornini. Najmanjši delež izgub zaradi prehoda toplote skozi ovoj stavbe je bil dosežen v tretji predlagani prenovi, kjer je bila izolacija v celoti nameščena na notranji strani. Izgube so se močno zmanjšale zaradi najnižjih doseženih vrednosti toplotne prehodnosti skozi zunanje stene. Ravno tako bi lahko še boljše vrednosti dosegli s povečanjem izolacije na zunanji strani ali z dodatno izolacijo v primeru ko imamo izolacijo na notranji strani na kamniti steni in na zunanji strani ostalih zunanjih sten, vendar bi s tem preveč posegli v geometrijsko zasnovo stavbe. Varianta 4 pa je dokaz, da že s samo zamenjavo stavbnega pohištva, namestitvijo izolacije med ogrevano in neogrevano cono in posodobitvijo naprav za ogrevanje in toplo vodo, dosežemo do 2,5-kratno zmanjšanje energije za ogrevanje stavbe na letnem nivoju (grafikon 15).

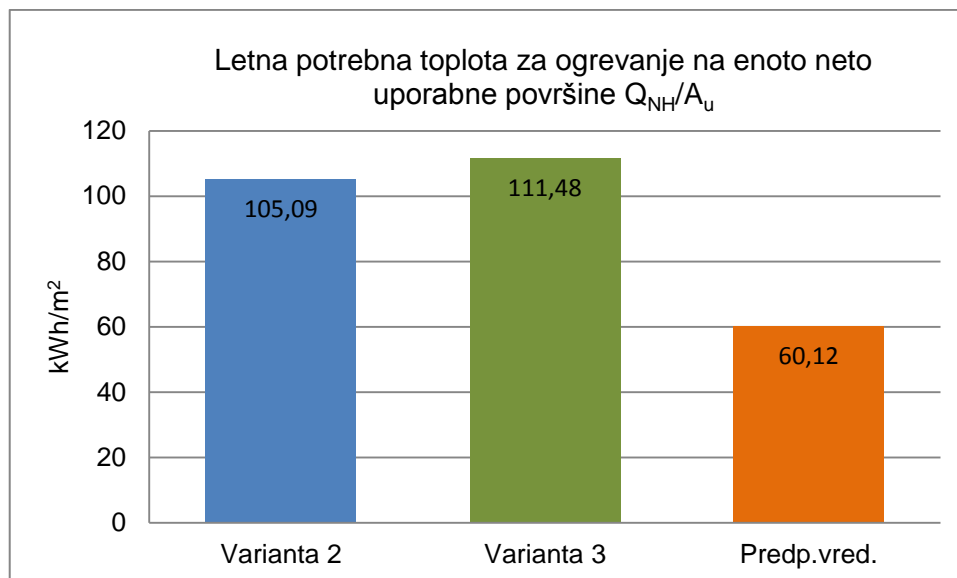
Na grafikonih 16 in 15 sem še prikazala letno potrebno energijo za ogrevanje na enoto površine stavbe za obnove in predpisane vrednosti po PURES-u 2010. Posebej so prikazane vrednosti za varianto 4 in 1 (grafikon 15) in ostali dve varianti (grafikon 16), ker se predpisana največja vrednost razlikuje zaradi spremembe v volumnu ogrevanih con, zaradi različne površine transparentnih površin, večje vrednosti notranjih toplotnih dobitkov. Zanimivo je, da smo se s prvim predlogom obnove najbolj približali predpisani vrednosti. Vrednosti se razlikujeta za $26,39 \text{ kWh/m}^2$. Pri primerih (2 in 3) pride do odstopanj pri potrebni energiji za ogrevanje zaradi različno izbranih materialov in pozicije toplotne izolacije. Vrednosti sta še vedno za približno 1,8-krat večji od predpisane.



Grafikon 14: Transmisijske izgube na prostornino ogrevane cone



Grafikon 15: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine



Grafikon 16: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine

Ker je bila hiša leta 1989 obnovljena, nima več kvalitet kulturnega spomenika. Če hišo obravnavamo kot stavbno dediščino, veljajo manj strožji pravni režim varstva. Kot je dejal konservatorski svetovalec Dušan Strgar, je pomembno, da se pri prenovi ohrani tlorisna in višinska zasnova. Ohrani naj se gradbeni material, v našem primeru je to kamniti zid, lesena okna, strešni bobrovec in kamniti portal. Pri vseh obnovah sem tudi upoštevala, da se ohrani členitev objekta in fasada, oblika in naklon strešine ter fasadni detajli. Naštetim zahtevam se najbolj približamo s tretjo in četrto predlagano obnovo, pri katerih nič ne posegamo v zunanost stavbe. Na notranjščino se nisem ozirala, saj je bila funkcionalna zasnova leta 1989 v celoti spremenjena. V dveh primerih sem predvidela preureditev podstrešja v bivalno mansardo, kar je dopustno v tem primeru. Možna bi bila tudi namestitev strešnih oken, ampak na zahodno oziroma zadnjo stran objekta. Za doseganje enakega vizualnega učinka kot ga ima hiša v izhodiščnem stanju, bi imeli največ težav pri obnovi iz zunanje strani objekta.

Odgovor na vprašanje, katera obnova bi bila najbolj primerna, je odvisen od potrebe investitorja po bivalni površini in zelenega energetskega učinka, ter od pogojev, ki jih predpiše ZVKDS.

8 ZAKLJUČEK

Z energetske prenove dosežemo manjše obratovalne stroške in znižamo vplive na okolje. Vrednosti, ki jih moramo doseči nam predpisuje Pravilnik o učinkoviti rabi energije. PURES 2010, ki se ravno tako lahko uporablja pri stavbah, ki so varovane v skladu s predpisi o varstvu kulturne dediščine, ampak le v tolikšni meri kot to dopuščajo pogoji varstva kulturne dediščine. Zato je potrebno, da se uskladijo vsi cilji različnih strokovnih področij. Ker v Sloveniji vsako leto beležimo primere izgubljene stavbne dediščine, je potrebno da se te stavbe ohranjajo, predvsem elementi ki dajejo objektu spomeniški značaj. Za lažje sodelovanje se je moralo posodobiti tudi konservatorstvo, tako da se dopuščajo preobrazbe zaradi novih rab objektov in potreb po nižjih stroških obratovanja do tiste mere, da se še vedno ohranijo varovane vrednosti stavbne dediščine [31]. K prenovi je potrebno pristopiti po korakih, saj lahko z napačnimi ukrepi povzročimo trajno in nepopravljivo škodo.

V diplomski nalogi sem obravnavali eno družinsko hišo, ki je varovana kot kulturna dediščina. Stavba je bila 1989 že rekonstruirana, zato ima že nekaj vgrajene toplotne izolacije pri tleh na terenu in 5 cm porobetona na notranji strani na treh straneh objekta, škatlasta okna pa so zamenjali z veznimi. Izračunana potreba po energiji za ogrevanje prostorov je 5,8 krat večja od največje vrednosti, ki jo predpisuje PURES 2010. Zaradi visoke vrednosti energije so obratovalni stroški ogrevanja hiše zelo visoki.

Za možne predloge prenov sem se posvetovala na ZVKDS Novo mesto. Dobila sem informacije, katere elemente hiše je potrebno v celoti ohraniti in kateri način obnove je najbolj primeren. Na podlagi zbranih informacij sem se odločila, da izvedem štiri variante. Te se med seboj razlikujejo po številu ogrevalnih con in površini transparentnih delov ovoja stavbe. Konstrukcijske sklope sem zasnovala tako, da vrednost toplotne prehodnosti ni preseгла predpisane maksimalne vrednosti. V primeru, da bi imel investitor potrebo po dodatni bivalni površini v podstrešnem delu, sem izvedla dve varianti (2 in 3) prenove, ki se razlikujeta po mestu vgradnje izolacije in po izbranih materialih. Rezultati obeh predlogov so bili podobni. Slaba stran variante 3 je, zmanjšanje uporabne površine stavbe za 6,5%. Druga varianta, kjer je celotna izolacija na zunanji strani, pa potrebuje veliko dodelav, da bi izpolnjevali pogoje določene s strani ZVKDS-ja. Prva in četrta prenova sta bili zasnovani kot obnova izhodiščnega stanja brez sprememb prostornine in dodatnih transparentnih delov. Katero izvesti, pa je odvisno, kakšen učinek energetske prenove želimo doseči oziroma kaj nam je finančno dosegljivo. Stavba se uporablja za bivanje, zato moramo poleg energetskih učinkov in ukrepov za ohranjanje dediščine zagotoviti tudi zdravo bivalno okolje in visoko stopnjo bivalnega ugodja.

VIRI

[1] S primerno izolacijo do nizkoenergijske stavbe. 2015. Ursa.

<http://www.ursa.si/sl-si/pasivna-gradnja/strani/nizko-energijska-stavba.aspx>

(Pridobljeno 20. 6. 2015.)

[2] Zakon o varstvu kulturne dediščine (ZVKD-1). Ur.l. RS, št. 16/2008.

[3] Pravilnik o učinkoviti rabi energije (PURES 2010). Ur.l. RS, št. 52/2010

[4] Krainer A., Predan R. 2012. Računalniški program TEDI, Uporabniški priporočnik. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.

[5] Krainer A., Predan R. 2012. Računalniški program TOST, Uporabniški priporočnik. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.

[6] Tehnična smernica TSG-1-004:2010 Učinkovita raba energije. Ministrstvo za okolje in prostor.

[7] Zavod za varstvo kulturne dediščine Slovenije. 2015. Kaj je kulturna dediščina.

<http://www.zvkds.si/sl/zvkds/varstvo-kulturne-dediscine/o-kulturni-dediscini/kaj-je-kulturna-dediscina/> (Pridobljeno 24. 6. 2015.)

[8] Čakš O. L. 2014. Izginjanja stavbne dediščine v Sloveniji. Razlaga osnovnih pojmov.

http://www.zvkds.si/media/medialibrary/2014/07/Lucija_%C4%8Cak%C5%A1_Ora%C4%8D_-_Izginjanje_stavbne_dedi%C5%A1%C4%8Dine_v_Sloveniji.pdf

(Pridobljeno 24. 6. 2015.)

[9] Ustava republike Slovenije (URS). Ur.l. RS, št. 47/13 z dne 31. 5. 2013

[10] Pravilnik o seznamih zvrsti dediščine in varstvenih usmeritvah (Uradni list RS, št. 102/10) Resolucija o nacionalnem programu za kulturo 2014-2017 (ReNPK14-17, Uradni list RS, št. 99/13)

[11] Richtlinie-Energieeffizienz am baudenkmal. 2011. Bundesdenkmalamt.

<http://www.bda.at/documents/944221227.pdf> (Pridobljeno 20. 6. 2015.)

- [12] Zavod za varstvo kulturne dediščine. 2015. Terminološki slovar.
<http://www.zvkds.si/sl/zvkds/varstvo-kulturne-dediscine/terminoloski-slovar/>
(Pridobljeno 4. 7. 2015.)
- [13] Zavod za varstvo kulturne dediščine. 2015. Ohranjanje kulturne dediščine.
<http://www.zvkds.si/sl/zvkds/varstvo-kulturne-dediscine/o-kulturni-dediscini/ohranjanje-kulturne-dediscine/> (Pridobljeno 4. 7. 2015.)
- [14] Zavod za varstvo kulturne dediščine. 2015. Priloge k vlogi za pridobitev kulturnovarstvenih pogojev za najpogostejša vzdrževalna in investicijska vzdrževalna dela.
<http://www.zvkds.si/sl/zvkds/nasveti-za-lastnike/pridobitev-kulturnovarstvenih-pogojev/>
(Pridobljeno 4. 7. 2015.)
- [15] Zavod za varstvo kulturne dediščine. 2015. Smernice za posege v stavbno dediščino.
<http://www.zvkds.si/sl/zvkds/nasveti-za-lastnike/obnova-stavbne-dediscine/>
(Pridobljeno 2. 7. 2015.)
- [16] Jordan S. 2011. Zakonodaja za učinkovito rabo energije. Zavod za gradbeništvo Slovenije.
<http://www.dgit-celje.si/dogodkinovice/dg19/05%20-%20Zakonodaja%20PURES2010.pdf>
(Pridobljeno 15. 6. 2015.)
- [17] Priročnik pravnih režimov varstva, ki jih je treba upoštevati pri pripravi planov in posegih v območja kulturne dediščine. 2011. Ministrstvo za kulturo.
http://qiskd6s.situla.org/evrdd/P_11_11_02.htm#l1aaa
(Pridobljeno 2. 7. 2015.)
- [18] Zavod za varstvo kulturne dediščine. 2015. Nasveti za lastnike.
<http://www.zvkds.si/sl/zvkds/nasveti-za-lastnike/>
(Pridobljeno 3. 7. 2015.)
- [19] Košir, M., Krainer, A., Dovjak, M., Perdan, R., Kristl, Ž. 2010. Alternative to the Conventional Heating and Cooling Systems in Public Buildings. Strojniški vestnik – Journal of Mechanical Engineering 56, 9: 575-583.
http://drugg.fgg.uni-lj.si/3782/1/07_2009_176_Kosir_1k.pdf (Pridobljeno 22. 7. 2015.)

[20] Oživiljanje moderna. 2014. Ministrstvo za kulturo.

http://drustvo-dal.si/pdf/Ozivljena_Moderna.pdf

(Pridobljeno 25. 7. 2015.)

[21] Refurbishment for the energy efficiency of historic buildings in member states in the Baltic Sea Region. 2014. Co2ol Bricks.

http://www.co2olbricks.eu/fileadmin/Redaktion/Dokumente/Publications/02_Handbook_WP4_Download_safe.pdf

(Pridobljeno 8. 7. 2015.)

[22] Ministrstvo RS za kulturo. 2015. Register nepremične kulturne dediščine.

<http://rkd.situla.org/>

(Pridobljeno 10. 6. 2015.)

[23] Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb. Ur.l.RS, št. 42/2002

<https://www.uradni-list.si/1/content?id=36371> (Pridobljeno 5. 6. 2015.)

[24] Lesena okna. 2015. Jelovica.

<http://www.jelovica-okna.si/lesena-okna-ekostar2.html> (Pridobljeni 1. 8. 2015.)

[25] Požauko P. 2000. Stara hiša nov dom. Slovenj Gradec. 25 str.

[26] Žnidaršič B. 2014. Notranja toplotna izolacija.

http://nep.vitra.si/datoteke/clanki/Notranja_Toplotna_Izolacija_Oktober_2014.pdf

(Pridobljeno 5. 7. 2015)

[27] Gruden T. 2014. Sanacija gostilne v Sežani s toplotno izolacijo na notranji strani.

Gradbenik 12, 16-18.

[28] Multipor. 2015. Ytong

http://www.ytong.si/si/content/varcevanje_z_energijo.php (Pridobljeno 3. 8. 2015.)

[29] Izolacija poševnih streh. 2014. Ursa

http://www.ursa.si/sl-si/izdelki/Documents/URSA_posevne%20strehe.pdf

(Pridobljeno 10. 7. 2015.)

[30] Tomšič M. 2008. Obnova in zamenjava oken ter stavbna dediščina.

<http://www.zrmk.si/Knjiznica/Obnova%20in%20zamenjava%20oken%20ter%20stavbna%20dedi%C5%A1%C4%8Dina.pdf>

[31] Sapač E. 2015. Spomeniškovarstvena teorija in praksa energetske sanacije arhitekturne dediščine 20. Stoletja.

<http://www.trajnostna-gradnja.si/sites/default/files/Eva%20Sapac.pdf>

(Pridobljeno 20. 6. 2015.)

[32] SIST EN ISO 13790:2008–Energijske lastnosti stavb–Račun rabe energije za ogrevanje in hlajenje prostorov (ISO 13790:2008) – Energy performance of buildings – Calculation of energy use for space heating and cooling (ISO 13790:2008)

[33] Direktiva 2010/31/EU Evropskega parlamenta in sveta z dne 19. maja 2010 o energetske učinkovitosti stavb (prenovitev). Ur.l.EU 153/13.

<http://eurlex.europa.eu/legal-content/SL/ALL/?uri=CELEX:32010L0031>

(Pridobljeno 20. 6. 2015.)