



TAJDA BOŽIČ

**UČINKOVITOST PARCIALNIH ENERGIJSKIH
UKREPOV PRENOVE STAREJŠE MEŠČANSKE
STAVBE IN NJIHOVI VPLIVI NA NOTRANJE
OKOLJE**

DIPLOMSKA NALOGA

**UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI PROGRAM
PRVE STOPNJE GRADBENIŠTVO**

Ljubljana, 2019

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



Kandidat/-ka:

TAJDA BOŽIČ

**UČINKOVITOST PARCIALNIH ENERGIJSKIH
UKREPOV PRENOVE STAREJŠE MEŠČANSKE
STAVBE IN NJIHOVI VPLIVI NA NOTRANJE
OKOLJE**

**EFFICIENCY OF PARTIAL ENERGY
RENOVATION SOLUTIONS OF AN OLDER
BOURGEOIS BUILDING AND THEIR EFFECT ON
INDOOR ENVIRONMENT**

Mentor/-ica:

doc. dr. Mitja Košir

Predsednik komisije:

Somentor/-ica:

asist. Luka Pajek

Član komisije:

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	620.9:699.86(043.2)
Avtor:	Tajda Božič
Mentor:	doc. dr. Mitja Košir
Somentor:	asist. Luka Pajek
Naslov:	Učinkovitost parcialnih energijskih ukrepov prenove starejše meščanske stavbe in njihovi vplivi na notranje okolje
Tip dokumenta:	Diplomska naloga – univerzitetni študij
Obseg in oprema:	38 str., 36 pregl., 5 sl., 5 graf., 1 pril.
Ključne besede:	prenova, potrebna letna toplota za ogrevanje, koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub, toplotna prehodnost, dnevna osvetljenost, toplotni most

Izvleček

V diplomski nalogi obravnavam štiri parcialne energijsko sanacijske ukrepe ter ukrep celovite energijske prenove starejše meščanske poslovno stanovanjske stavbe. Analiza obstoječega energijskega stanja ter vseh sanacijskih ukrepov je izvedena s pomočjo programa KI Energija, ki izračuna potrebno letno toploto za ogrevanje Q_{NH} in koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub H_T ter poda njuni dovoljeni maksimalni vrednosti predpisani glede na zahteve Pravilnika o učinkoviti rabi energije v stavbah. Na podlagi obeh omenjenih parametrov se oceni energijska učinkovitost posameznega sanacijskega ukrepa. Prav tako je s pomočjo programa KI Energija analiziran vpliv toplotnih mostov. Poleg energijskega aspekta je v nalogi obravnavana tudi osvetljenost notranjih prostorov. Analiza osvetljenosti za 3 poslovne in 4 bivalne prostore je tako za obstoječe stanje kot tudi za vse sanacijske ukrepe izvedena v programu Velux Daylight Visualizer 3, kjer je predstavljena s povprečno vrednostjo količnika dnevne svetlobe KDS_{av} . V nadaljevanju je preverjen tudi vpliv posameznega sanacijskega ukrepa na osvetljenost notranjega okolja.

Na podlagi rezultatov naloge sem ugotovila, da energijsko učinkovitost stavbe najbolj izboljšamo z izvedbo celovite energijske sanacije, po učinkovitosti pa ji nato sledita še ukrepa toplotne izolacije sten iz zunanje oz. notranje strani. Doprinos ostalih parcialnih sanacijskih ukrepov k večji energijski učinkovitosti stavbe je minimalen. Kljub vsemu, stavba tudi po celoviti energijski sanaciji še vedno ne zadostuje vsem zahtevam Pravilnika o učinkoviti rabi energije v stavbah. Prav tako sem ugotovila, da se osvetljenost prostorov z izvedbo sanacijskih ukrepov nekoliko zmanjša, vendar lahko njen primanjkljaj nadomestimo z umetno osvetlitvijo.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC: 620.9:699.86(043.2)
Author: Tajda Božič
Supervisor: Assist. Prof. Mitja Košir, Ph.D.
Co-advisor: Assist. Luka Pajek, M.Sc.
Title: Efficiency of partial energy renovation solutions of an older bourgeois building and their effect on indoor environment
Document type: Graduation Thesis – University studies
Scope and tools: 38 p., 36 tab., 5 fig., 5 graph., 1 ann.
Keywords: renovation, annual heat demand, specific transmission heat losses, thermal transmittance, daylight illumination, thermal bridge

Abstract

The subject of my thesis are four partial energy renovation solutions and a complete energy renovation of an older bourgeois business-residential building. Building energy analysis is carried out with the help of the KI Energija program for the existing building and all energy renovation solutions. The program calculates the annual heat demand Q_{NH} , the specific transmission heat losses H'_T and also their maximum values which are required by PURES. Energy efficiency of each renovation solution is estimated on the basis of previously calculated Q_{NH} and H'_T value. The impact of thermal bridges is also analysed with the help of KI Energija program. Besides the energy aspect my thesis also discusses the quantity of indoor illumination. The illumination analysis inside 3 business and 4 living areas is represented by the average daylight factor KDS_{av} and is calculated with the help of Velux Daylight Visualizer 3 program. Afterwards the effect of each renovation solution on the illumination of indoor environment is being discussed.

On the basis of my results I determined the complete energy renovation of the building as the most efficient energy renovation solution followed by the insulation of external walls either on the outer or inner side. The contribution of other partial solutions to the energetic efficiency is very minimal. Despite being the most efficient energy solution the complete renovation still doesn't meet all the requirements set by PURES. The energy renovation solutions also lower the illumination of indoor spaces but the lack of it can be replaced by artificial light.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju doc. dr. Mitji Koširju in somentorju asist. Luki Pajku za posvečen čas, strokovno pomoč in nasvete, ki sta mi jih nudila pri pisanju diplomske naloge.

Posebna, pristrčna zahvala tudi mojim staršem, ki so mi omogočili študij, me spodbujali in verjeli vame.

KAZALO VSEBINE

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK	II
BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT	III
ZAHVALA	IV
1 UVOD	1
1.1 Cilji naloge	1
1.2 Hipoteze	2
1.3 Pregled zakonodaje	2
1.3.1 Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah	2
1.3.2 Tehnična smernica za graditev TSG-1-004: 2010 Učinkovita raba energije	3
1.3.3 Standard ISO 14683:2007(E) oz. ISO 14683:2016(E)	4
1.3.4 Odlok o ureditvenem načrtu mestno jedro Kostanjevica	4
2 ANALIZA OBSTOJEČEGA STANJA, ORODJA IN METODE	6
2.1 Opis stavbe	6
2.2 Potek raziskovalnega dela	8
2.3 Vhodni podatki za obstoječe stanje, predpostavke in posplošitve	8
2.3.1 Vhodni podatki obstoječega stanja za potrebe analize v programu KI energija	8
2.3.2 Izris modela stavbe v programu SketchUp	13
2.3.3 Vhodni podatki obstoječega stanja za potrebe analize v programu Velux Daylight Visualizer 3	14
2.3.4 Predpostavke in posplošitve	15
2.4 Programska oprema in merilci	15
2.4.1 KI Energija	15
2.4.2 SketchUp	15
2.4.3 Velux Daylight Visualiser 3	16
2.4.4 Luksmeter	16
2.4.5 Laserski merilec razdalj	17
3 VHODNI PODATKI ZA CELOVITO PRENOVO STAVBE TER VHODNI PODATKI ZA POSAMEZNE PARCIALNE ENERGIJSKO SANACIJSKE UKREPE	18
3.1 Vhodni podatki za toplotno izolacijo na zunanji strani sten	18
3.2 Vhodni podatki za toplotno izolacijo na notranji strani sten	19
3.3 Vhodni podatki za dodatno toplotno izolacijo strehe	20
3.4 Vhodni podatki pri ukrepu menjave stavbnega pohištva (okna, zunanja vrata)	21
3.5 Vhodni podatki za celovito energijsko sanacijo stavbe	21
4 REZULTATI	23
4.1 Rezultati energijske analize v programu KI Energija	23

4.1.1 Obstoječe stanje	23
4.1.2 Toplotna izolacija sten na zunanji strani.....	24
4.1.3 Toplotna izolacija sten na notranji strani	25
4.1.4 Dodatna toplotna izolacija strehe.....	25
4.1.5 Menjava oken in vrat	26
4.1.6 Celovita energijska prenova stavbe	27
4.2 Rezultati osvetljenosti v programu Velux Daylight Visualizer 3	27
5 PRIMERJAVA REZULTATOV	29
5.1 Primerjava rezultatov energetske analize	29
5.2. Primerjava rezultatov osvetljenosti prostorov.....	31
5.3 Medsebojni vpliv energijske učinkovitosti stavbe in osvetljenosti prostorov	32
6 ZAKLJUČEK	35
VIRI	37

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Maksimalne vrednosti toplotne prehodnosti za gradbene elemente stavbe, ki jih določa Tehnična smernica	3
Preglednica 2: Vrednosti linijske toplotne prehodnosti za križanja gradbenih elementov po standardu ISO 14683	4
Preglednica 3: Osnovni podatki o stavbi	9
Preglednica 4: Meteorološki podatki	9
Preglednica 5: Osnovni podatki o obeh conah	9
Preglednica 6: Površine netransparentnih delov cone 1 in cone 2	10
Preglednica 7: Vrednosti uporabljene za določitev tipa oken in vrat	10
Preglednica 8: Vhodni podatki transparentnih površin za cono 1	11
Preglednica 9: Vhodni podatki transparentnih površin za cono 2	11
Preglednica 10: Vhodni podatki toplotnih mostov za cono 1 in 2	12
Preglednica 11: Sestava konstrukcijskih sklopov	13
Preglednica 12: Faktorji refleksivnosti površin in transmisivnost zasteklitve	14
Preglednica 13: Prostornine in površine zunanjih sten stavbe s toplotno izolacijo na zunanji strani	18
Preglednica 14: Sestava zunanjih sten in sten frčad, ki so izolirane na zunanji strani	19
Preglednica 15: Toplotni most na stiku stavbnega pohištva in sten	19
Preglednica 16: Neto prostornina in površina cone 1 in 2 s toplotno izolacijo na notranji strani	20
Preglednica 17: Sestava zunanjih sten izoliranih na notranji strani	20
Preglednica 18: Toplotni mostovi pri izvedbi izolacije na notranji strani sten	20
Preglednica 19: Sestava dodatno izolirane strehe	21
Preglednica 20: Lastnosti troslojne zasteklitve in lesenih okvirjev	21
Preglednica 21: Toplotni most tal na terenu	22
Preglednica 22: Vrednosti U v primerjavi z $U_{\max}$ za obstoječe stanje	23
Preglednica 23: Vrednosti U_w v primerjavi z $U_{w,\max}$ ter vrednosti g v primerjavi z $g_{\max}$ za obstoječe stanje	23
Preglednica 24: H_T in Q_{NH} obstoječega stanja	24
Preglednica 25: Vrednosti U v primerjavi z $U_{\max}$ pri toplotni izolaciji sten na zunanji strani	24
Preglednica 26: H_T in Q_{NH} pri toplotni izolaciji sten na zunanji strani	24
Preglednica 27: Vrednosti U v primerjavi z $U_{\max}$ pri toplotni izolaciji sten na notranji strani	25
Preglednica 28: H_T in Q_{NH} pri toplotni izolaciji sten na notranji strani	25
Preglednica 29: Vrednosti U v primerjavi z $U_{\max}$ pri dodatni toplotni izolaciji strehe	25
Preglednica 30: H_T in Q_{NH} pri dodatni toplotni izolaciji strehe	26
Preglednica 31: Vrednosti U_w v primerjavi z $U_{w,\max}$ ter vrednosti g v primerjavi z $g_{\max}$ za primer troslojne zasteklitve oken in vrat	26
Preglednica 32: H_T in Q_{NH} za primer troslojne zasteklitve oken in vrat	26
Preglednica 33: Vrednosti U v primerjavi z $U_{\max}$ pri celoviti energijski sanaciji stavbe	27
Preglednica 34: H_T in Q_{NH} za primer celovite energetske sanacije stavbe	27
Preglednica 35: Povprečne vrednosti KDS za vse referenčne prostore	28
Preglednica 36: Distribucija KDS_{av} po tlorisu pritličja in nadstropja za obstoječe stanje in stanje celovite prenove stavbe	28

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Primerjava koeficientov specifičnih transmisijskih toplotnih izgub H'_T	29
Grafikon 2: Primerjava letne potrebne toplote za ogrevanje Q_{NH}	30
Grafikon 3: Primerjava KDS_{av} po prostorih in glede na izvede energijsko-sanacijski ukrep.....	31
Grafikon 4: Q_{NH} in KDS_{av} za vsak referenčni prostor	33
Grafikon 5: H'_T in KDS_{av} za vsak referenčni prostor.....	34

KAZALO SLIK

Slika 1: Obstoječe stanje obravnavanega objekta [15].....	6
Slika 2: Tloris pritličja	7
Slika 3: Tloris nadstropja	7
Slika 4: Prerez stavbe	8
Slika 5: SketchUp model obstoječega objekta	14

»Ta stran je namenoma prazna«

1 UVOD

Ustrezna sestava stavbnega ovoja je poleg orientiranosti stavbe, njene lokacije in oblike, pomemben dejavnik pri načrtovanju stavb. Vpliva namreč na bivalno ugodje znotraj stavbe, na količino energije, ki je potrebna za ogrevanje, hlajenje in osvetljevanje prostorov, ter tudi na trajnost objekta, ki je zaradi slabega oz. nepravilnega delovanja konstrukcijskih sklopov stavbnega ovoja lahko znatno manjša [1]. Stavbni ovoj so elementi stavbe, ki varujejo notranji kondicionirani del stavbe pred zunanjimi vplivi. To so tla proti terenu oz. neogrevanemu prostoru (npr. proti kleti), stene proti neogrevanim prostorom oz. zunanje stene (fasada), stavbno pohištvo (okna, vrata) ter strop proti neogrevanemu prostoru oz. streha [2].

Novogradnje so grajene v skladu s Pravilnikom o učinkoviti rabi energije v stavbah (v nadaljevanju PURES) [3] ter Tehnično smernico za graditev TSG-1-004 (v nadaljevanju Tehnična smernica) [4]. Starejše stavbe, ki v Sloveniji prevladujejo, pa zahtevam PURES-a in Tehnične smernice večinoma ne ustrezajo. Kar 60 % vseh enodružinskih in 72 % večstanovanjskih stavb v Sloveniji je namreč glede na debelino izolacije fasade energijsko neučinkovitih. Visok je tudi delež oken, ki nimajo energijsko varčne zasteklitve, saj znaša kar 84 % [5].

Življenje v takih stavbah je energijsko bolj potratno, saj je zaradi energijskih izgub oz. dobitkov poraba energije za ogrevanje oz. hlajenje večja. Vse več lastnikov takšnih stavb se zato odloča za celovito energijsko sanacijo stavbe ali pa vsaj za izvedbo enega izmed parcialnih energijsko-sanacijskih ukrepov. Odločijo se bodisi za menjavo oken, dodatno toplotno izolacijo zunanjih sten, strehe, ali pa celovito prenovo stavbnega ovoja, ki obsega vse prej naštete energijsko sanacijske ukrepe. Odločitev, kako obsežne prenove se lotiti pri določeni stavbi, je poleg finančnega vidika odvisna od učinkovitosti posameznega sanacijskega ukrepa. To pomeni, da me zanima, za koliko bi izvedba posameznega ukrepa izboljšala energijsko delovanje stavbnega ovoja, kar bom s pomočjo programa KI Energija [6] tudi raziskovala v svoji nalogi.

Z energijsko sanacijo sicer zmanjšamo prehod energije skozi stavbni ovoj ter posledično znižamo tudi podhlajevanje oz. pregrevanje stavbe, vendar hkrati negativno vplivamo na osvetljenost notranjih prostorov. Kolikšen vpliv pravzaprav ima posamezen energijsko-sanacijski ukrep na osvetljenost, torej ali z izvedbo katerega izmed ukrepov bistveno zmanjšamo osvetljenost bivalnih oz. poslovnih prostorov, bom preverila v nadaljevanju naloge s pomočjo programa Velux Daylight Visualizer 3 [7]. Zadostna osvetljenost prostorov je namreč nadvse pomembna za kvalitetno notranje okolje, v katerem se ljudje dobro in udobno počutimo. Prav zaradi velikega odstotka časa, ki ga preživimo v notranjosti (po raziskavah sodeč naj bi ljudje v povprečju kar 90 % dneva preživel v notranjih prostorih) [8], vpliva sanacijskih ukrepov na osvetljenost pri prenavljanju stavb nikakor ne gre zanemariti. Kljub temu pa pravilnika, ki bi obravnaval dnevno osvetljenost v stavbah v Sloveniji, še ni. Zahteve po dnevni svetlobi so tako deloma zastopane v Pravilniku o minimalnih tehničnih zahtevah za graditev stanovanjskih stavb in stanovanj [9] in Pravilniku o zahtevah za zagotavljanje varnosti in zdravja delavcev na delovnih mestih [10], [1].

1.1 Cilji naloge

V sklopu naloge bom na podlagi pridobljenih izhodiščnih podatkov o izbrani stavbi čim točneje določila njeno obstoječe energijsko stanje vključno s prisotnimi toplotnimi mostovi. Izvedla bom tudi analizo osvetljenosti sedmih referenčnih prostorov znotraj nje in sicer z izračunom povprečne vrednosti količnika dnevne svetlobe (KDS_{av}). Ker predpostavljam, da trenutna sestava stavbnega ovoja

ne zadostuje zahtevam PURES-a, bom predlagala različne možne parcialne energijske ukrepe prenove ter ukrep celovite prenove stavbe.

Odločila sem se izdelati energijsko analizo za parcialen ukrep menjave oken z dvoslojno zasteklitvijo za tista s trojno zasteklitvijo, dodatno toplotno izolacijo strehe ter za dve varianti izvedbe toplotne izolacije zunanjih sten in sicer zunaj ter znotraj. Cilj vsakega izmed omenjenih parcialnih ukrepov ter celovite prenove je skladnost s PURES-om. Učinkovitosti posameznih ukrepov bom primerjala med seboj, z obstoječim energijskim stanjem stavbe ter s celovito energijsko saniranim stanjem. Na enak način bom primerjala tudi vpliv, ki ga ima posamezen ukrep na osvetljenost notranjih prostorov ter vpliv toplotnih mostov.

Omenjene ukrepe energijske prenove bom izvedla z namenom, da ugotovim, koliko posamezen ukrep prispeva k izboljšanju energijske učinkovitosti stavbe oz. kolikšen delež celovite energijske sanacije predstavlja. Prav tako je moj namen ugotoviti, če oz. za koliko vsak izmed ukrepov prispeva k zmanjšanju vpliva toplotnih mostov ter poslabšanju osvetljenosti notranjih prostorov.

1.2 Hipoteze

Na podlagi pridobljenega znanja iz predavanj na fakulteti ter na podlagi PURES-a in Tehnične smernice predpostavljam naslednje hipoteze:

1. Obstoječa stavba ne izpolnjuje zahtev o učinkoviti rabi energije, ki jo predpisujeta PURES in Tehnična smernica.
2. Energijsko sanacijski ukrepi neugodno vplivajo na osvetljenost notranjih prostorov. Največji vpliv ima sprememba lastnosti zasteklitve.
3. Celovita energijska prenova ustreza predpisom PURES-a in Tehnične smernice. Z njeno izvedbo odpravimo tudi toplotne mostove.

1.3 Pregled zakonodaje

1.3.1 Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah

Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah določa tehnične zahteve, ki morajo biti izpolnjene za učinkovito rabo energije v stavbah na področju toplotne zaščite, ogrevanja, hlajenja, prezračevanja ali njihove kombinacije, priprave tople vode in razsvetljave v stavbah, zagotavljanja lastnih obnovljivih virov energije za delovanje sistemov v stavbi ter metodologijo za izračun energijskih lastnosti stavbe v skladu z Direktivo 31/2010/EU o energetski učinkovitosti stavb. Uporablja se pri gradnji novih stavb in rekonstrukciji stavbe oziroma njenega posameznega dela, kjer se posega v najmanj 25% površine toplotnega ovoja, če je to tehnično izvedljivo [3].

Pri zagotavljanju učinkovite rabe energije v stavbah je treba upoštevati celotno življenjsko dobo stavbe, njeno namembnost, podnebne podatke, materiale konstrukcije in ovoja, lego in orientiranost, parametre notranjega okolja, vgrajene sisteme in naprave ter uporabo obnovljivih virov energije [3].

V 7. členu pravilnika je določenih pet pogojev, ki jih mora stavba izpolnjevati, da jo ovrednotimo kot energijsko učinkovito. Prvi štirje pogoji določajo maksimalno vrednost:

- koeficienta specifičnih transmisijskih toplotnih izgub skozi površino toplotnega ovoja H'_T ,
- dovoljenje letne potrebne toplotne za ogrevanje Q_{NH} stavbe, preračunane na enoto kondicionirane

- površine A_u oziroma prostornine V_e ,
- dovoljenega letnega potrebnega hlada za hlajenje Q_{NC} stavbe, preračunanega na enoto hlajene površine stavbe A_u ,
 - letne primarne energije za delovanje sistemov v stavbi Q_p , preračunane na enoto ogrevane površine A_u .

Zadnji pogoj pa pogojuje, da ne sme biti presežena nobena od mejnih vrednosti, določenih v tabeli 1 točke 3.1.1 Tehnične smernice [3].

S toplotno zaščito površine toplotnega ovoja stavbe in ločilnih elementov delov stavbe z različnimi režimi notranjega toplotnega ugodja je treba:

- zmanjšati prehod energije skozi površino toplotnega ovoja stavbe,
- zmanjšati podhlajevanje ali pregrevanje stavbe,
- zagotoviti tako sestavo gradbenih konstrukcij, da ne prihaja do poškodb ali drugih škodljivih vplivov zaradi difuzijskega prehoda vodne pare,
- nadzorovati oziroma uravnavati zrakotesnost stavbe [3].

Stavbe je treba projektirati in graditi tako, da je vpliv toplotnih mostov na letno potrebo po energiji za ogrevanje in hlajenje čim manjši in da toplotni mostovi ne povzročajo škode stavbi ali njenim uporabnikom [3].

1.3.2 Tehnična smernica za graditev TSG-1-004: 2010 Učinkovita raba energije

V 5. členu PURES-a je navedeno, da Tehnična smernica za graditev določa gradbene ukrepe oziroma rešitve za doseg zahtev iz tega pravilnika in določa metodologijo izračuna energijskih lastnosti stavbe. Uporaba Tehnične smernice je obvezna [3].

V tabeli 1 Tehnične smernice so določene maksimalne vrednosti toplotne prehodnosti (U_{max}) elementov zunanje površine stavbe in ločilnih elementov delov stavbe z različnimi režimi notranjega toplotnega ugodja. Tiste vrednosti U_{max} , ki pridejo v poštev za moj izbrani objekt in ki jih bom upoštevala v nalogi, so navedene v preglednici 1 [4].

Preglednica 1: Maksimalne vrednosti toplotne prehodnosti za gradbene elemente stavbe, ki jih določa Tehnična smernica

Gradbeni elementi stavb, ki omejujejo ogrevane prostore	U_{max} [W/m ² K]
Zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom	0,28
Tla na terenu	0,35
Strop proti neogrevanemu prostoru	0,20
Vertikalna okna ali balkonska vrata z okvirji iz lesa ali umetnih mas	1,30
Vhodna vrata	1,60

Pri določitvi potrebne toplote za ogrevanje bom vpliv toplotnih mostov upoštevala po standardu ISO 14683:2007(E) ter njegovi novejši različici ISO 14683:2016(E) [11], [12]. V primeru, ko imajo vsi toplotni mostovi v stavbi linijsko toplotno prehodnost $\psi_e < 0,2$ W/mK, lahko njihov vpliv upoštevamo tako, da celotnemu ovojju stavbe povečamo vpliv toplotne prehodnosti za 0,06 W/m²K. Kadar imajo toplotni mostovi, tako kot pri obravnavani stavbi, linijsko toplotno prehodnost $\psi_e > 0,2$ W/mK, se jim je potrebno v skladu z zadnjim stanjem gradbene tehnike izogniti s popravki načrtovanih detajlov oziroma vsaj dokazati, da v njih ne bo prišlo do kondenzacije vodne pare [4].

Tehnična smernica določa tudi maksimalno vrednost toplotne prehodnosti zasteklitve, ki znaša $U_{g,max} = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$, ter maksimalno toplotno prehodnost celotnega okna (steklo in okvir), ki znaša $U_{w,max} = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$. Toplotna prehodnost zunanjih vrat ne sme biti večja od $1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ [4].

Vse zastekljene površine večje od $0,5 \text{ m}^2$, razen tistih, ki so obrnjene v smeri od severovzhoda preko severa do severozahoda ali pa so poleti trajno zasenčene z naravno oziroma umetno oviro, morajo omogočati tako zaščito proti sončnemu obsevanju, pri kateri je faktor prepustnosti celotnega sončnega obsevanja stekla in senčila $g < 0,50$. Kot senčila se upoštevajo samo senčila, vgrajena na zunanji strani ali v medstekelnem prostoru. Senčila na notranji strani se ne štejejo kot zaščita proti sončnemu obsevanju [4].

Stavbe morajo biti grajene tako, da voda, ki zaradi difuzije prodira v gradbeno konstrukcijo, ne kondenzira. Če pa že pride do kondenzacije, se mora vodna para po koncu računskega obdobja difuzijskega navlaževanja in izsuševanja povsem izsušiti. Kondenzirana vlaga v konstrukciji ne sme povzročiti škode na gradbenih materialih (nastanka plesni, poslabšanja izolacijskih lastnosti materialov) [4].

1.3.3 Standard ISO 14683:2007(E) oz. ISO 14683:2016(E)

V standardu so zajete poenostavljene metode za določanje prehoda toplote skozi linijske toplotne mostove, ki se pojavijo na stikih oz. križanjih različnih gradbenih elementov. Navadno se pojavijo na stikih:

- zunanje stene in medetažne konstrukcije,
- zunanje in notranje stene,
- zunanje stene in strehe,
- zunanje stene in tal na terenu,
- zunanje stene in stavbnega pohištva (oken, vrat) [11], [12].

Skladno s standardom so tudi določene privzete vrednosti linijske toplotne prehodnosti ψ_e , ki so v njem navedene v tabeli C.2 [11], [12]. Pri izdelavi naloge sem iz prej omenjene tabele C.2, skladno z izbrano stavbo in energijsko-sanacijskimi ukrepi uporabila vrednosti ψ_e , navedene v preglednici 2.

Preglednica 2: Vrednosti linijske toplotne prehodnosti za križanja gradbenih elementov po standardu ISO 14683

Križanja gradbenih elementov	$\psi_e \text{ [W/mK]}$
Zunanja stena – medetažna konstrukcija IF 3	0,90
Zunanja stena – predelna stena IW 3	0,90
Tla na terenu GF 5	0,60
Zunanja stena – stavbno pohištvo (okna, vrata) W 9	0,60

1.3.4 Odlok o ureditvenem načrtu mestno jedro Kostanjevica

Odlok narekuje ureditev mestnega jedra Kostanjevice na Krki na podlagi 39. člena o urejanju naselij in drugih posegov v prostor. V 12. členu odloka je navedeno, da je pri prenovi stavb potrebno upoštevati značilnosti kostanjeviške arhitekture glede:

- parcelacije in lege objekta na parceli,
- odmika od sosednjega objekta,
- orientacije objekta,
- organizacije zunanje ureditve,

- sestave in razmerja osnovnih stavbnih mas,
- oblikovanja fasad (osnost, členitev, strukture, barve, materiali),
- stavbnih zasnov (veže, hodniki, stopnišča, bivalni prostor),
- oblikovanja in opremljenosti stavb (stavbno pohištvo, tlaki, poslikave, kamnoseška oprema),
- oblikovanje, naklon strešin in raster kritine [13].

2 ANALIZA OBSTOJEČEGA STANJA, ORODJA IN METODE

2.1 Opis stavbe

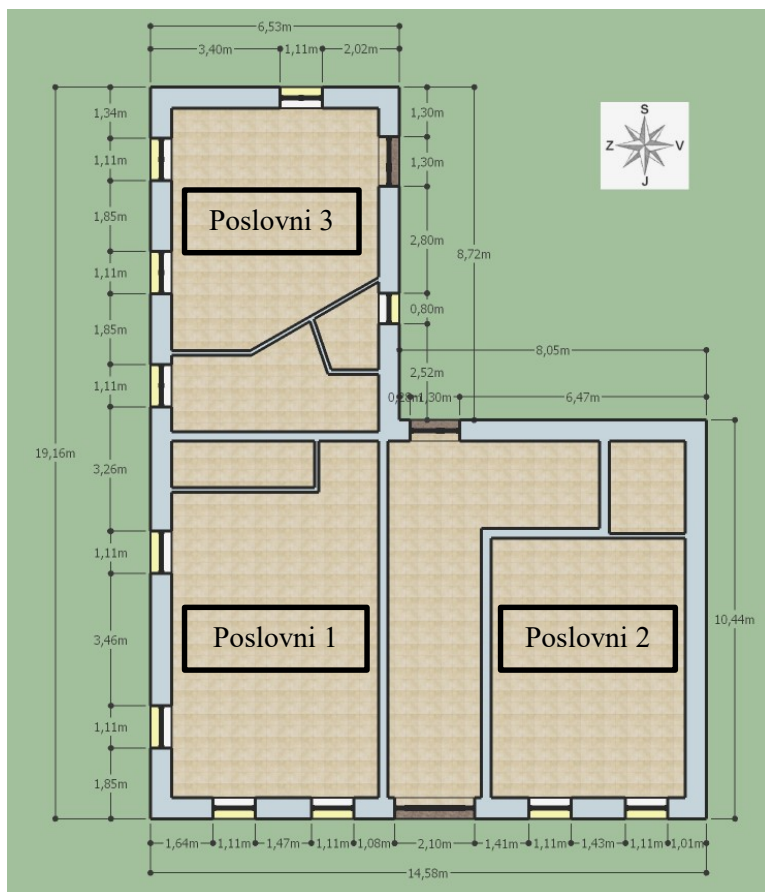
Obravnavana poslovno stanovanjska stavba se nahaja na Ljubljanski cesti v Kostanjevici na Krki, ki je bila 23. oktobra 1997 razglašena za kulturni in zgodovinski spomenik z namenom, da se ohranijo zgodovinske, kulturne, estetske in naravne vrednote ter zagotovi usklajen razvoj mesta. V register nepremične kulturne dediščine (RKD) je vpisana kot spomenik lokalnega pomena pod evidenčno številko (EŠD) 262 [14]. Spomenik obsega ožje in širše območje. Ožje območje obsega mestno jedro, ki se je razvilo na umetnem otoku na okljuku reke Krke. V 19. stoletju se je izoblikovalo tudi t.i. kostanjeviško predmestje na desnem bregu Krke vzdolž Ljubljanske ceste, kjer se nahaja obravnavana stavba. Vsi posegi na ožjem območju spomenika morajo biti usklajeni z odlokom o ureditvenem načrtu mestno jedro Kostanjevica (Uradni list RS, št. 12/95) [13].

Obravnavana stavba je bila zgrajena okrog leta 1890 kot poslovno stanovanjska stavba. Družina, ki je v njej stanovala, je v delu pritličnih prostorov, ki gledajo na ulico, imela trgovino z mešanim blagom, v preostalem delu pritličja pa bivalne prostore. Novi lastnik je stavbo, ki ima tloris v obliki črke L, leta 1994 prenovil, pri čemer je ohranil tako njen meščanski videz kakor tudi njeno poslovno stanovanjsko funkcijo. V pritličju stavbe se nahajajo trije poslovni prostori, v mansardi pa so urejeni bivalni prostori, kot je prikazano na sliki 1.



Slika 1: Obstoječe stanje obravnavanega objekta [15]

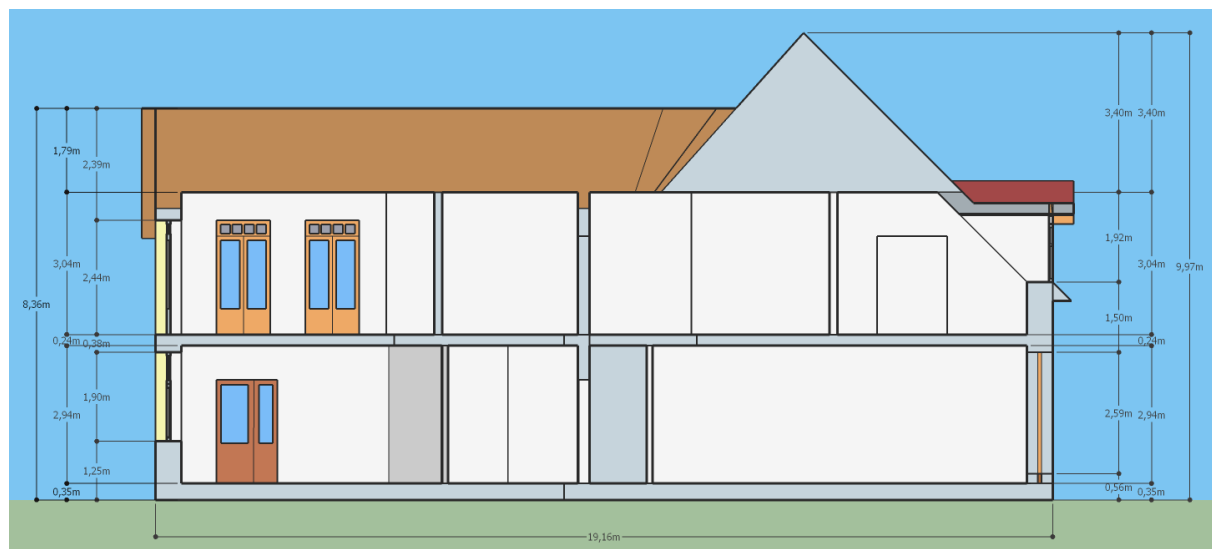
Prenova leta 1994 je potekala v skladu z Odlokom o ureditvenem načrtu mestno jedro Kostanjevica [13]. Obsegala je preureditev neogrevanega podstrešja v mansardno stanovanje, kateremu so bile z dovoljenjem Zavoda za varstvo kulturne dediščine (ZVKDS) dodane tudi frčade, namestitev toplotne izolacije na tleh na terenu, zamenjavo stavbnega pohištva (prvotna lesena okna z enojno zasteklitvijo so zamenjali z lesenimi okni z dvoslojno zasteklitvijo), zunanje opečnate stene so izolirali s slojem toplotnoizolacijskega ometa. V sklopu ureditve mansarde je bila med špirovce strehe dodana toplotna izolacija, staro opečnato kritino so nadomestili z novo. Tloris pritličja, nadstropja ter prerez stavbe v smeri sever - jug so prikazani na slikah 2, 3 in 4.



Slika 2: Tloris pritličja



Slika 3: Tloris nadstropja



Slika 4: Prerez stavbe

Čeprav je ovoj stavbe energijsko bolj učinkovit, kot je bil pred prenovo, je stavba po današnjih zahtevah PURES-a še vedno energijsko neučinkovita. Zato sem se odločila analizirati možne energijsko-sanacijske ukrepe, ki bi njeno učinkovitost izboljšali in zadostili zahtevam PURES-a.

2.2 Potek raziskovalnega dela

Za preveritev hipotez, postavljenih v poglavju 1.2, sem potek raziskovalne naloge razdelila na naslednje korake:

1. Pridobitev podatkov o dimenzijah stavbe, sestavi konstrukcijskih sklopov in izris 3D modela stavbe v programu SketchUp.
2. Izračun toplotne prehodnosti U za posamezne konstrukcijske sklope, izračun koeficienta specifičnih transmisij toplote skozi površino toplotnega ovoja H_T ter izračun dovoljene letne potrebne toplotne za ogrevanje Q_{NH} v programu KI Energija.
3. Analiza osvetljenosti (izračun KDS_{av}) treh poslovnih in štirih bivalnih prostorov v programu VELUX Daylight Visualizer 3.
4. Zgoraj omenjeni koraki 1-3 so izvedeni za obstoječe stanje stavbe. Izvedem ponovitev korakov 1-3 še za stanje celovite prenove ter za različne parcialne energijsko-sanacijske ukrepe: dodana toplotna izolacija na zunanji strani sten, dodana toplotna izolacija na notranji strani sten, dodatna toplotna izolacija strehe, zamenjava oken in vrat.
5. Primerjava rezultatov parcialnih sanacijskih ukrepov med seboj, z obstoječim stanjem ter s stanjem celovite prenove.
6. Diskusija o pomenu rezultatov ter ugotovitev, ali so se predpostavljene hipoteze izkazale za pravilne ali napačne.

2.3 Vhodni podatki za obstoječe stanje, predpostavke in posplošitve

2.3.1 Vhodni podatki obstoječega stanja za potrebe analize v programu KI energija

Obstoječe stanje stavbe zajema stanje stavbe po prenovi leta 1994. Za potrebe analize v programu KI Energija, sem stavbo razdelila na dve ogrevani coni. Cona 1 zajema pritličje, ki je namenjeno poslovnim prostorom, cona 2 pa zajema mansardo, kjer se nahajajo bivalni prostori.

Preglednica 3: Osnovni podatki o stavbi

Vrsta stavbe	Poslovno-stanovanjska stavba
Ulica	Ljubljanska cesta
Kraj	Kostanjevica na Krki
Y koordinata objekta	533033
X koordinata objekta	77814
Parcelna številka	269/3
ID oznaka stavbe	1898

Preglednica 4: Meteorološki podatki

Podnebje	Celinsko
Temperaturni primanjkljaj [Kdan/a]	3100
Projektna temperatura [°C]	-13
Energija sončnega obsevanja [kWh/m²a]	1160

Preglednica 5: Osnovni podatki o obeh conah

	Cona 1 - Pritličje	Cona 2 - Mansarda
Namembnost	Enostanovanjske stavbe	Enostanovanjske stavbe
Bruto ogrevana prostornina [m³]	688,126	617,013
Neto ogrevana prostornina [m³]	505,37	446,93
Neto uporabna površina [m²]	171,90	171,90
Višina etaže [m]	2,94	2,60
Širina [m]	14,58	14,58
Dolžina [m]	19,16	19,16
Ogrevana s prekinitvami	Ne	Ne
Notranja temperatura pozimi [°C]	20,00	20,00
Notranja temperatura poleti [°C]	26,00	26,00
Notranji viri pozimi [W/m]	4,00	4,00
Notranji viri poleti [W/m]	4,00	4,00
Način gradnje	Srednje težka gradnja	Srednje težka gradnja
Vlažnost zraka [%]	65,00	65,00
Barva fasade	Svetla	Svetla
Prezračevanje	Naravno	Naravno
Št. izmenjav zraka pozimi [h⁻¹]	0,50	0,50
Št. izmenjav zraka poleti [h⁻¹]	0,50	0,50
Prezračevanje pozimi [m³/l]	252,69	223,47
Prezračevanje poleti [m³/l]	252,69	223,47

Preglednica 6: Površine netransparentnih delov cone 1 in cone 2

Površine [m ²]/Cona	Cona 1 - Pritličje	Cona 2 - Mansarda
Netransparentni del zunanje stene:		
S stena	46,03	26,83
J stena	31,17	10,50
V stena	63,50	58,13
Z stena	55,56	32,34
Stene frčad V	-	4,60
Stene frčad Z	-	4,60
Stene frčad J	-	1,44
Stene frčad Z	-	1,44
Strop mansarde	-	171,90
Tla na terenu	209,16	-
Streha	-	139,47

Ker ima stavba tako poslovno kot tudi bivalno funkcijo, se velikost transparentnih površin glede na funkcijo prostora razlikuje. Stavba ima tako več različno velikih oken in vrat, ki sem jih zaradi različne površine, deleža zasteklitve, toplotne prehodnosti okenskega okvirja, smeri neba, proti kateri so usmerjeni in senčenja z objekti, morala znotraj posamezne cone ločiti na podskupine, katerih vhodni podatki so za cono 1 prikazani v preglednici 8, za cono 2 pa v preglednici 9.

Vsa okna v obeh conah imajo dvoslojno zasteklitev ter okvir iz macesnovega lesa. Prav tako so iz macesnovega lesa z dvoslojno zasteklitvijo narejena vrata v cono 1, ki gledajo na sever in vzhod ter balkonska vrata v cono 2. Vrata v cono 1, ki gledajo na južno stran so iz hrastovega lesa, še vedno pa imajo dvojno zasteklitev. Ker so tako okna kot vrata stara že 25 let, točnih podatkov o toplotni prehodnosti zasteklitve in okvirja ter podatka o energijski prehodnosti zasteklitve nimam, zato sem za omenjene vrednosti poskušala najti čim bolj točne približke. Vrednosti, ki sem jih upoštevala, so prikazane v preglednici 7 [16], [17].

Preglednica 7: Vrednosti uporabljene za določitev tipa oken in vrat

Vrata J (hrastov les) – tip 1	
Toplotna prehodnost zasteklitve - U_g [W/m ² K]	1,10
Toplotna prehodnost okvirja - U_f [W/m ² K]	1,71
Energijska prehodnost zasteklitve - g	0,61
Vsa ostala okna in vrata (macesnov les) – tip 2	
Toplotna prehodnost zasteklitve - U_g [W/m ² K]	1,10
Toplotna prehodnost okvirja - U_f [W/m ² K]	1,39
Energijska prehodnost zasteklitve - g	0,61

Preglednica 8: Vhodni podatki transparentnih površin za cono 1

	Velika okna J	Velika okna Z	Navadna okna Z	Navadno okno S	Majhno okno V	Vrata V	Vrata S	Vrata J
Površina [m ²]	11,48	5,74	6,33	2,11	0,80	2,87	2,87	5,88
Delež zasteklitve	0,74	0,74	0,64	0,64	0,68	0,38	0,38	0,26
Naklon [°]	90	90	90	90	90	90	90	90
Tip okna/vrat	1	1	1	1	1	1	1	2
Senčenje z objekti [°]	0, 15, 15	0, 15, 15	0, 15, 15	0, 15, 15	40, 15, 15	40, 15, 15	0, 15, 15	0, 15, 15
Senčila na zunanji strani	/	/	/	/	/	/	/	/
Senčila na notranji strani	Bele zavese a=0,10 t=0,90	Bele zavese a=0,10 t=0,90	Bele zavese a=0,10 t=0,90	Bele zavese a=0,10 t=0,90	Bele zavese a=0,10 t=0,90	/	/	/
Senčila spuščena	Poleti	Poleti	Poleti	Poleti	Stalno	/	/	/

Preglednica 9: Vhodni podatki transparentnih površin za cono 2

	Frčade J	Frčade Z	Okna Z	Balkonska vrata S	Balkonska vrata V
Površina [m ²]	9,70	3,88	2,88	2,81	5,62
Delež zasteklitve	0,58	0,58	0,65	0,48	0,48
Naklon [°]	90	90	90	90	90
Tip okna/vrat	1	1	1	1	1
Senčenje z objekti [°]	0, 30, 0	0, 30, 0	0, 15, 15	0, 30, 15	40, 45, 15
Senčila na zunanji strani	/	/	/	/	/
Senčila na notranji strani	Bele zavese a=0,10 t=0,90	Bele zavese a=0,10 t=0,90	Bele zavese a=0,10 t=0,90	Bele zavese a=0,10 t=0,90	Bele zavese a=0,10 t=0,90
Senčila spuščena	Poleti	Poleti	Poleti	Poleti	Poleti

Pri določitvi toplotnih mostov za vsako cono sem poleg njihove dolžine morala vnesti tudi podatke o linijski toplotni prehodnosti, ki sem jih pridobila iz standarda ISO 14683 [11], [12].

Preglednica 10: Vhodni podatki toplotnih mostov za cono 1 in 2

Vrsta toplotnega mostu/ Cona	Cona 1	Cona 2
Stik zidu in stavbnega pohištva		
Dolžina [m]	91,22	48,50
Linijska toplotna prehodnost [W/m]	0,60	0,60
Tla na terenu		
Dolžina [m]	62,58	/
Linijska toplotna prehodnost [W/m]	0,60	/

Za izračun toplotne prehodnosti posameznega konstrukcijskega sklopa sem potrebovala tudi podatke o sestavi in debelini le-teh. Prikazani so v preglednici 11, sloji v posameznem konstrukcijskem sklopu pa si sledijo od notranjosti proti zunanosti. Vse zunanje stene v obeh conah, torej južna, severna, vzhodna in zahodna, imajo enako sestavo, ki je v preglednici opisana kot zunanja stena. Stene frčad, strop mansarde in streha se nahajajo zgolj v coni 2, tla na terenu pa samo v coni 1.

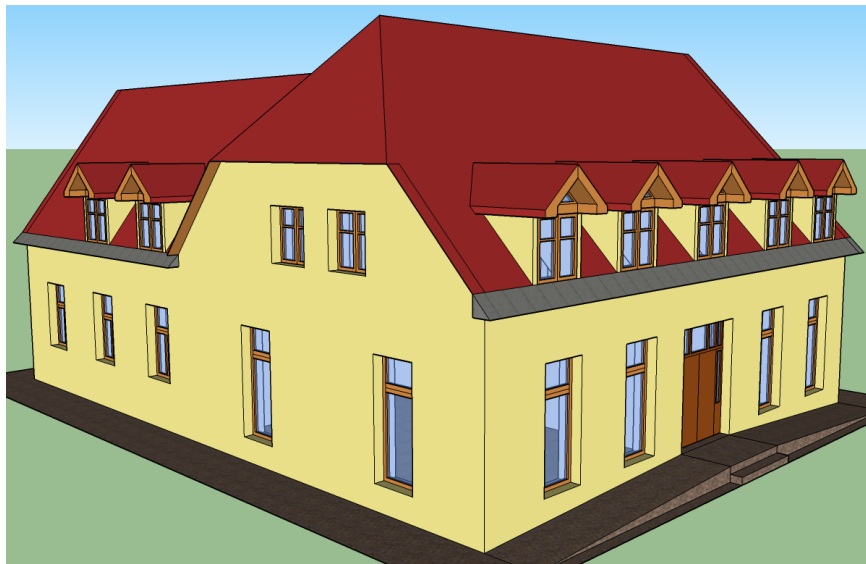
Preglednica 11: Sestava konstrukcijskih sklopov

Konstrukcijski sklop	Material	Debelina sloja [cm]	Toplotna prevodnost λ [W/mK]
Zunanja stena	Osnovni omet	2,50	0,87
	Polna NF opeka	50	0,47
	Toplotno-izolacijski omet	5	0,16
Tla na terenu	Keramične ploščice	1	0,87
	Cementni estrih	5	1,40
	PE folija	0,02	0,19
	EPS	5	0,04
	Bitumenska lepenka	1	0,19
	Podložni beton	10	0,93
	Gramozno nasutje	20	1,40
Stene frčad	Mavčno kartonske plošče	1,25	0,21
	PE folija	0,02	0,19
	Steklena volna	10	0,04
	Lesene letve	3	0,14
	Cementno vlaknena plošča	3	0,56
Strop nadstropja	Mavčno kartonske plošče	1,25	0,21
	PE folija	0,02	0,19
	Steklena volna	15	0,03
	Lesene deske	5	0,14
Streha	Mavčno kartonske plošče	1,25	0,21
	PE folija	0,02	0,19
	Steklena volna	12	0,04
	Lesene deske	3	0,14
	Strešna lepenka	0,13	0,19
	Vzdolžne letve	3	0,17
	Prečne letve	3	0,19
	Opečnati strešniki	1,50	0,99

2.3.2 Izris modela stavbe v programu SketchUp

Originalnih načrtov stavbe zaradi njene starosti nisem imela, zato sem opravila terenske izmere stavbe, s pomočjo katerih sem lahko izrisala 3D model stavbe v programu SketchUp [18]. Meritve sem opravila z laserskim merilnikom razdalj BOSCH GLM 30 [19]. Zunanji gabariti stavbe znašajo

14,58 x 19,16 x 6,53 x 8,72 x 8,05 x 10,44 m. Debelina zunanjih sten znaša 55 cm, debelina predelnih sten pa od 12 do 25 cm. Naklon strehe je 40,20° na zahodni in vzhodni strani, ter 48° na preostalih straneh vključno s frčadami. Neto višina pritličja (cone 1) znaša 2,94 m, neto višina mansarde (cone 2) pa znaša med 1,12 in 3,04 m.



Slika 5: SketchUp model obstoječega objekta

2.3.3 Vhodni podatki obstoječega stanja za potrebe analize v programu Velux Daylight Visualizer 3

V program Velux Daylight Visualizer 3 sem uvozila 3D model stavbe izrisan v SketchUp-u, določila faktor refleksivnosti vseh površin stavbnega ovoja, tal ob stavbi, ter transmisivnost zasteklitve, ki sem jih predhodno izmerila z luksmetrom. Vse vrednosti so navedene v preglednici 12. Za lokacijo stavbe sem izbrala najboljši možen približek, ki je bil Ljubljana, ter ustrezno orientirala stavbo glede na smeri neba. Če pogledamo sliko 2, vidimo glavna vhodna hrastova vrata, do katerih vodi rahla klančina. Omenjena vrata se nahajajo na južni strani objekta.

Preglednica 12: Faktorji refleksivnosti površin in transmisivnost zasteklitve

Površina	Refleksivnost površin oz. transmisivnost zasteklitve
Rumena fasada	0,61
Tlakovci okrog hiše	0,30
Ploščice	0,58
Hrastova vrata	0,17
Macesnova vrata in okenski okvirji	0,38
Parket	0,33
Bela stena in strop	0,91
Strešna opeka	0,20
Bakrena obroba na strehi	0,16
Zasteklitev oken in vrat	0,77

2.3.4 Predpostavke in posplošitve

Pri določitvi osvetljenosti notranjih prostorov v programu Velux Daylight Visualizer 3 sem zanemarila vpliv sosednjih objektov in dreves. Prav tako sem zanemarila bankomat, ki se nahaja v enem izmed oken, kot je razvidno iz slike 1. Zanemarila sem tudi rešetke na nekaterih oknih v pritličju (cona 1) ter ograjo na treh francoskih balkonih v mansardi (cona 2). Vsi omenjeni vplivi bodo tudi po izvedbi katerega koli energijsko sanacijskega ukrepa še vedno prisotni in se ne bodo spreminjali. Ravno zato, ker me pri analizi osvetljenosti zanima zgolj njena sprememba glede na izveden sanacijski ukrep, jih v nalogi nisem upoštevala. Osvetljenost prostorov bo po izvedbi posameznega sanacijskega ukrepa namreč manjša za enak delež, ne glede na to, ali bi omenjene stalne vplive upoštevala ali ne.

Osvetljenost prostorov tako v pritličju kot v mansardi sem analizirala na višini delovne ravnine, ki znaša 85 cm [1]. Za analizo sem si izbrala sedem referenčnih prostorov: vse 3 poslovne prostore ter 4 ključne bivalne prostore (obe spalnici, ter dnevno sobo in kuhinjo). To so namreč prostori, ki so v uporabi največ, zato je tudi potreba po zadostni količini svetlobe v njih najpomembnejša. Ostalih prostorov, kot so kopalnica, hodnik, WC in stopnišče, nisem analizirala, saj z vidika osvetljenosti niso tako bistveni.

Pri računanju faktorja refleksivnosti površin s pomočjo križnega računa sem predpostavila, da ima beli list refleksivnost 85 %. Pri računanju transmisivnosti zasteklitve sem predpostavila, da znaša količina prepuščene svetlobe skozi odprto okno 100 %. Postopek meritev in računanja je opisan v nadaljevanju naloge v poglavju 2.4.4.

2.4 Programska oprema in merilci

Pri raziskovalnem delu diplomske naloge sem uporabila programe KI Energija 2017, VELUX Daylight Visualizer 3 ter SketchUp, merilec luksmeter Extech LT40 LED Light Meter in laserski merilec razdalj BOSCH GLM 30.

2.4.1 KI Energija

KI Energija 2017 [6] je program podjetja Knauf Insulation d.o.o., njegovi avtorji so prof. dr. Sašo Medved, doc. dr. Ciril Arkar, Tomaž Šuklje u.d.i.s., 3K-IT d.o.o. ter Knaufinsulation tehnična služba. Temelji na Pravilniku o učinkoviti rabi energije v stavbah [3] in se uporablja za izračun parametrov gradbene fizike ter kazalnikov za energetske izkaznice. Poleg gradbenega vsebuje tudi strojni del, ki omogoča vnos sistemov prezračevanja, ogrevanja, tople vode, razsvetljave Pri nalogi sem ga uporabila za izračun toplotne prehodnosti konstrukcijskih sklopov U , ki jih je program primerjal z največjo dovoljeno toplotno prehodnostjo za posamezen sklop $U_{\max}$ in za izračun energijske bilance stavbe, pri kateri sta me zanimala koeficient specifičnih transmisijskih izgub skozi površino toplotnega ovoja H_T ter specifična letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} , preračunana na enoto kondicionirane površine A_u . Da bi prišla do omenjenih rezultatov, sem v program podatke o stavbnem ovoju (površina, orientacija, sestava konstrukcijskih sklopov, toplotni mostovi ...) ter oknih in vratih (površina, delež zasteklitve, orientacija, naklon, senčenje in senčila ...), ki so bolj natančno navedeni v točki 2.2.1.

2.4.2 SketchUp

SketchUp [18] je programsko orodje za 3D modeliranje, v lasti podjetja Trimble Inc. Uporabljajo ga predvsem arhitekti, urbanisti, gradbeniki, strojniki, notranji oblikovalci... . Uporabila sem ga za izris

3D modela izbrane stavbe, ki sem ga potrebovala za analizo osvetljenosti v programu Velux Daylight Visualizer 3, ter za določitev površine transparentnih in nestransparentnih delov stavbnega ovoja v programu KI Energija. Podatke o dimenzijah stavbe na podlagi katerih sem njen model lahko izrisala, sem pridobila s terenskimi meritvami s pomočjo laserskega merilca razdalj BOSCH GLM 30 [19]. Da bi bil prikaz modela po uvozu v program Velux Daylight Visualizer ustrezen, sem ga morala izrisati na poseben način, skladno z navodili za uvoz modela [20].

2.4.3 Velux Daylight Visualiser 3

VELUX Daylight Visualiser 3 [7] so razvili pri podjetju VELUX za namen analize in simulacije dnevne osvetljenosti prostorov v stavbah. V programu narišemo ali vanj, tako kot sem naredila jaz, uvozimo 3D model stavbe, ki jo želimo analizirati. Stavbo moramo pravilno orientirati glede na smeri neba. Določene morajo biti velikost, število, oblika in pozicija oken prav tako moramo navesti lastnosti zasteklitve (transmisivnost zasteklitve) ter reflektivnost ostalih netransparentnih površin. V program lahko vnesemo tudi pohištvo ter morebitne zunanje ovire. Pri prikazu rezultatov analize najprej izberemo željene rezultate: svetlost, osvetljenost ali količnik dnevne svetlobe. Za vsakega izmed njih nato izberemo še prikaz rezultatov analize na določen dan v letu, uro in tip neba. Pri moji raziskavi so me zanimale povprečne vrednosti količnika dnevne svetlobe (KDS_{av}). To je razmerje med osvetljenostjo na neki točki v notranjosti in zunanjo osvetljenostjo na neovirani horizontalni zunanji površini v istem trenutku [1]. Izračun količnika dnevne svetlobe je zasnovan na podlagi standardnega CIE oblačnega neba, kar pomeni, da direktne sončne svetlobe pri računanju KDS-a ne upoštevamo. Pod popolnoma oblačnim nebom, je količnik dnevne svetlobe v določeni točki konstanten in neodvisen od ure, letnega časa in orientacije svetlobne odprtine [21].

2.4.4 Luksmeter

Za določitev lastnosti površin sem uporabila Extech LT40 LED Light Meter, ki se uporablja za določitev osvetljenosti v pisarnah, šolah in ostalih stavbah. Meri vrednosti LED, Metal Halide, fluorescentne, visokotlačne natrijeve, inkadescenčne in naravne svetlobe vse do 400 000 lux [22]. Z njegovo pomočjo sem izmerila dejanske vrednosti reflektivnosti notranjih in zunanjih netransparentnih površin stavbe ter transmisivnost transparentnih površin tj. zasteklitve. Pravokotno na vsako izmed površin sem v oddaljenosti 25 cm usmerila LED Light Meter ter na njem odčitala količino odbite svetlobe. Takoj za tem sem površino prekrila z belim A3 listom, ter ob nespremenjeni poziciji LED Light Metra ponovno izmerila količino odbite svetlobe od lista. Postopek sem na vsaki površini ponovila 3x, da bi dobila čim bolj točne rezultate. Predpostavila sem, da ima beli list faktor reflektivnosti 0,85, ter s pomočjo križnega računa izračunala faktor reflektivnosti merjene površine. Za končno vrednost faktorja sem vzela povprečno vrednost vseh treh meritev. Faktor transmisivnosti zasteklitve sem določila na podoben način. LED Light Meter sem držala v pravokotni smeri tik pred zasteklitvijo z usmerjenostjo proti zunanosti. Odčitala sem količino svetlobe, nato pa sem okno odprla, LED Light Meter ohranila na istem mestu ter ponovno izmerila količino svetlobe. Tudi tu sem postopek zaradi boljše rezultata ponovila 3x. Meritev sem izvajala čim bolj na sredini zasteklitve, da bi bil vpliv senčenja zaradi okenskega okvirja čim manjši. Predpostavila sem, da transmisivnost oz. prepustnost svetlobe odprtega okna znaša 1, ter tako kot prej s križnim računom izračunala faktor transmisivnosti zasteklitve. V vrednosti faktorja transmisivnosti je upoštevana tudi umazanija, ki se je v času meritve nahajala na zasteklitvi [23].

2.4.5 Laserski merilec razdalj

Z laserskim merilcem razdalj BOSCH GLM 30 sem izmerila vse dimenzije stavbe, ki sem jih potrebovala za izris 3D modela stavbe v programu SketchUp. Merilec ima merilno območje od 0,15 do 30 m, ter merilno natančnost ± 2 mm kar pomeni, da je bil za moje potrebe meritev dovolj natančen, prav tako je imel zadostno merilno območje [19].

3 VHODNI PODATKI ZA CELOVITO PRENOVO STAVBE TER VHODNI PODATKI ZA POSAMEZNE PARCIALNE ENERGIJSKO SANACIJSKE UKREPE

V tem poglavju bom navedla le tiste vhodne podatke sanacijskih ukrepov, ki se razlikujejo od podatkov, uporabljenih pri analizi obstoječega stanja stavbe.

3.1 Vhodni podatki za toplotno izolacijo na zunanji strani sten

Zunanje stene stavbe ter stene frčad sem na zunanji strani izolirala s kameno volno FKD-S Thermal. Zunanjim stenam sem dodala 15 cm, stenam frčad pa 5 cm kamene volne. Skladno s tem sem popravila tudi 3D model stavbe v SketchUp-u, saj sem zunanje stene stavbe odebelila za 15 cm, stene frčad pa za 5 cm. Popravljen model sem uvozila v program Velux Daylight Visualizer, vse vrednosti faktorjev refleksivnosti površin in transmisivnosti oken so ostale enake kot pri obstoječem stanju in so navedene v preglednici 12.

V programu KI Energija sem vsem konstrukcijskim sklopom zunanjih sten in frčad dodala ustrezno debelino kamene volne. Pri tem se je povečala tudi površina zunanjih sten in bruto ogrevana prostornina obeh con. Toplotni mostovi ostajajo nespremenjeni, izjema je samo stik stavbnega pohištva z zunanjimi stenami v coni 2.

Preglednica 13: Prostornine in površine zunanjih sten stavbe s toplotno izolacijo na zunanji strani

	Cona 1 - Pritličje	Cona 2 - Mansarda
Bruto ogrevana prostornina [m³]	721,72	647,14
Širina [m]	14,88	14,88
Dolžina [m]	19,46	19,46
Površina J stene [m²]	32,20	10,71
Površina S stene [m²]	47,09	25,98
Površina V stene [m²]	64,56	57,31
Površina Z stene [m²]	56,61	32,55
Površina sten frčad V [m²]	-	5,55
Površina sten frčad Z [m²]	-	5,55
Površina sten frčad J [m²]	-	1,82
Površina sten frčad Z [m²]	-	1,82

Preglednica 14: Sestava zunanjih sten in sten frčad, ki so izolirane na zunanji strani

Konstrukcijski sklop	Material	Debelina sloja [cm]	Toplotna prevodnost λ [W/mK]
Zunanja stena	Osnovni omet	2,50	0,87
	Polna NF opeka	50	0,47
	Toplotno-izolacijski omet	5	0,16
	Kamena volna	15	0,04
	Osnovni omet	0,50	0,87
	Zaključni sloj	0,30	0,45
Stene frčad	Mavčno kartonske plošče	1,25	0,21
	PE folija	0,02	0,19
	Steklena volna	10	0,04
	Kamena volna	5	0,04
	Lesene letve	3	0,14
	Cementno vlaknena plošča	3	0,56

Preglednica 15: Toplotni most na stiku stavbnega pohištva in sten

Vrsta toplotnega mostu/ Cona	Cona 2
Stik zidu in stavbnega pohištva	
Dolžina [m]	31,38
Linijska toplotna prehodnost [W/m]	0,60

3.2 Vhodni podatki za toplotno izolacijo na notranji strani sten

Zunanje stene stavbe sem na notranji strani izolirala s 15 cm kamene volne FKD-S Thermal. Sten frčad iz notranje strani nisem mogla izolirati, saj bi z dodano izolacijo prekrila del okenskega okvirja in onemogočila odpiranje oken. Zato v stene frčad pri tem parcialnem sanacijskem ukrepu nisem posegala in sem jih pustila v obstoječem stanju.

Ker se z dodano toplotno izolacijo na notranji strani sten zmanjša neto prostornina in površina prostorov, sem skladno s tem popravila tudi 3D model stavbe v SketchUp-u, saj sem notranje robove zunanje stene pomaknila 15 cm navznoter. Popravljen model sem uvozila v Velux Daylight Visualizer, vse vrednosti faktorjev refleksivnosti površin in transmisivnosti oken pa so ostale enake kot pri obstoječem stanju in so navedene v preglednici 12.

Konstrukcijskim sklopom zunanjih sten sem v programu KI Energija na notranji strani dodala sloj kamene volne. Prisotni so toplotni mostovi na stiku zunanjih in predelnih sten, zunanjih sten in medetažne konstrukcije ter na stiku stavbnega pohištva in zunanjih sten. Toplotni most na tleh na terenu pri tem parcialnem sanacijskem ukrepu ni prisoten.

Preglednica 16: Neto prostornina in površina cone 1 in 2 s toplotno izolacijo na notranji strani

	Cona 1 - Pritličje	Cona 2 - Mansarda
Neto ogrevana prostornina [m³]	464,16	410,48
Neto uporabna površina [m²]	157,88	157,88

Preglednica 17: Sestava zunanjih sten izoliranih na notranji strani

Konstruktivski sklop	Material	Debelina sloja [cm]	Toplotna prevodnost λ [W/mK]
Zunanja stena	Mavčno kartonske plošče	1,25	0,21
	Podkonstruktivski C profil	5	0,28
	PE folija	0,02	0,19
	Kamena volna	15	0,04
	Osnovni omet	2,50	0,87
	Polna NF opeka	50	0,47
	Toplotno izolacijski omet	5	0,16

Preglednica 18: Toplotni mostovi pri izvedbi izolacije na notranji strani sten

Vrsta toplotnega mostu/ Cona	Cona 1	Cona 2
Stik zidu in stavbnega pohištva		
Dolžina [m]	91,22	35,81
Linijska toplotna prehodnost [W/m]	0,60	0,60
Stik zunanje in predelne stene		
Dolžina [m]	29,40	17,08
Linijska toplotna prehodnost [W/m]	0,90	0,90
Stik zunanje stene in medetažne konstrukcije		
Dolžina [m]	60,48	/
Linijska toplotna prehodnost [W/m]	0,90	/

3.3 Vhodni podatki za dodatno toplotno izolacijo strehe

Dodatno toplotno izolacijo strehe sem izvedla tako, da sem na že obstoječo izolacijo med špirovci na zunanji strani položila Agepan THD lesno vlaknene plošče v debelini 10 cm. Celotna sanirana sestava konstrukcijskega sklopa strehe je predstavljena v preglednici 19 [24].

Omenjen energijsko-sanacijski ukrep strehe ostalih parametrov v programu KI Energija, glede na obstoječe stanje, ne spreminja. Prav tako zanemarljivo vpliva na osvetljenost prostorov, zato 3D modela stavbe v SketchUp-u in analize v programu Velux Daylight Visualizer pri tej varianti nisem obravnavala.

Preglednica 19: Sestava dodatno izolirane strehe

Konstruktivski sklop	Material	Debelina sloja [cm]	Toplotna prevodnost λ [W/mK]
Streha	Mavčno kartonske plošče	1,25	0,21
	PE folija	0,02	0,19
	Steklena volna	12	0,04
	Lesno vlaknene plošče	10	0,04
	Vzdolžne letve	3	0,17
	Prečne letve	3	0,19
	Opečnati strešniki	1,50	0,99

3.4 Vhodni podatki pri ukrepu menjave stavbnega pohištva (okna, zunanja vrata)

Obstoječo dvoslojno zasteklitev oken in zunanjih vrat sem zamenjala s troslojno zasteklitvijo. Okvirji oken in vrat še naprej ostajajo iz istega materiala, torej hrastovega (tip 1) in macesnovega (tip 2) lesa, zato je vrednost njihove toplotne prehodnosti enaka kot pri obstoječem stanju. Vrednosti toplotne in energijske prehodnosti zasteklitve sta za okna s troslojno zasteklitvijo drugačni, kar je razvidno iz preglednice 20. Nova okna in vrata namestimo na isto mesto, kot so se nahajala pri obstoječem stanju, torej jih ne pomikamo niti proti notranjemu niti proti zunanjemu robu konstrukcije [17].

Preglednica 20: Lastnosti troslojne zasteklitve in lesenih okvirjev

Vrata J (hrastov les) – tip 1	
Toplotna prehodnost zasteklitve - U_g [W/m ² K]	0,70
Toplotna prehodnost okvirja - U_f [W/m ² K]	1,71
Energijska prehodnost zasteklitve - g	0,49
Vsa ostala okna in vrata (macesnov les) – tip 2	
Toplotna prehodnost zasteklitve - U_g [W/m ² K]	0,70
Toplotna prehodnost okvirja - U_f [W/m ² K]	1,39
Energijska prehodnost zasteklitve - g	0,49

SketchUp modela za sanacijski ukrep menjave zasteklitve ni bilo potrebno spreminjati. Za potrebe določitve osvetljenosti prostorov (faktor KDS_{av}) v programu Velux Daylight Visualizer sem le v slednjem spremenila faktor transmisivnosti zasteklitve, ki za okna s troslojno zasteklitvijo znaša 0,70 [17]. Faktorji refleksivnosti površin ostajajo enaki kot pri obstoječem stanju.

3.5 Vhodni podatki za celovito energijsko sanacijo stavbe

Celovita energijska sanacija stavbe zajema toplotno izolacijo sten na zunanji strani iz poglavja 3.1, dodatno toplotno izolacijo strehe iz poglavja 3.3 ter zamenjavo oken in vrat iz poglavja 3.4. Novih troslojno zastekljenih oken in vrat ne namestimo enako globoko v konstrukciji kot pri obstoječem stanju stavbe, pač pa jih pomaknemo 9 cm navzven proti zunanjemu robu konstrukcije, do toplotne izolacije (kamene volne). S tem se izognemo toplotnim mostovom na stiku oken z zunanjo steno.

Upoštevajoč dodano toplotno izolacijo na zunanji strani sten in spremenjen položaj oken in vrat, ki so sedaj pomaknjena do izolacije, ustrezno popravim obstoječ 3D model stavbe v SketchUp-u. Slednjega zopet uvozim v program Velux Daylight Visualizer, kjer za faktor transmisivnosti zasteklitve upoštevam vrednost 0,70. Faktorji refleksivnosti površin in ostali parametri so enaki kot pri

obstojećem stanju.

V programu KI Energija za izračun energijske bilance stavbe in določitev toplotne prehodnosti konstrukcijskih sklopov upoštevam vrednosti iz preglednic 13, 14, 19 in 20. Toplotni most je prisoten le na stiku tal na terenu, kakor je prikazano v preglednici 21. Na ostalih stikih toplotni mostovi niso prisotni. Vsi podatki, ki niso navedeni v zgoraj omenjenih razpredelnicah, ostanejo enaki kot pri obstoječem stanju.

Preglednica 21: Toplotni most tal na terenu

Vrsta toplotnega mostu/ Cona	Cona 1
Tla na terenu	
Dolžina [m]	62,58
Linijaska toplotna prehodnost [W/m]	0,60

4 REZULTATI

4.1 Rezultati energijske analize v programu KI Energija

4.1.1 Obstoječe stanje

V preglednici 22 so zbrani rezultati toplotne prehodnosti posameznega konstrukcijskega sklopa U v primerjavi z največjimi dovoljenimi vrednostmi toplotne prehodnosti $U_{\max}$ za vsak sklop, ki jih predpisuje Tehnična smernica. Prehod toplote je dovolj majhen le skozi tla na terenu ter strop mansarde, zato energijska sanacija teh dveh sklopov ni potrebna in je v nalogi ne bom obravnavala. Preko vseh ostalih konstrukcijskih sklopov prehaja več toplote, kot je dovoljeno, kar pomeni, da jih bo za doseganje zahtev Tehnične smernice, potrebno dodatno toplotno izolirati. Najbolj izstopajoč je rezultat toplotne prehodnosti skozi zunanje stene, saj je več kot dvakrat večji od maksimalne dovoljene vrednosti.

Preglednica 22: Vrednosti U v primerjavi z $U_{\max}$ za obstoječe stanje

Konstrukcijski sklop	U [W/m^2K]	$U_{\max}$ [W/m^2K]	Ustreznost
Tla na terenu	0,25	0,35	Da
Zunanje stene	0,64	0,28	Ne
Stene frčad	0,30	0,28	Ne
Strop mansarde	0,19	0,20	Da
Streha	0,26	0,20	Ne

Preglednica 23 prikazuje vrednosti toplotne prehodnosti celotnega okna oz. vrat U_w ter vrednosti faktorja prepustnosti celotnega sončnega sevanja g v primerjavi z maksimalno dovoljeno toplotno prehodnostjo oken $U_{w,\max}$ in maksimalnim faktorjem prepustnosti celotnega sončnega sevanja $g_{\max}$, ki ju določa Tehnična smernica. Pri določitvi g faktorja oken in vrat je upoštevano tudi senčenje, ki ga povzročajo sosednje stavbe. Toplotna prehodnost vseh oken in vrat je ustrezna, saj je manjša od maksimalne dovoljene. V Tehnični smernici je podano, da ustreznost zahtevi $g < 0,50$, ni nujna za okna, ki so obrnjena v območju smeri severozahod – sever – severovzhod. Zato lahko vsa okna in vrata, ki gledajo na sever, označimo kot energetske ustrezne. Tudi okna in vrata, ki gledajo na vzhod, so energetske ustrezne, saj imajo zaradi senčenja z objekti g manjši od $g_{\max}$. Z energijskega vidika so torej problematična oz. neustrezna okna in vrata, ki so obrnjena na zahod in jug, saj njihov g faktor znaša več kot 0,50.

Preglednica 23: Vrednosti U_w v primerjavi z $U_{w,\max}$ ter vrednosti g v primerjavi z $g_{\max}$ za obstoječe stanje

Okno oz. vrata	U_w [W/m^2K]	$U_{w,\max}$ [W/m^2K]	g	$g_{\max}$	Ustreznost
Velika okna J	1,18	1,30	0,58	0,50	Ne
Velika okna Z	1,18	1,30	0,58	0,50	Ne
Navadna okna Z	1,20	1,30	0,58	0,50	Ne
Navadno okno S	1,20	1,30	0,58	0,50	Da
Majhno okno V	1,19	1,30	0,35	0,50	Da
Vrata V	1,28	1,60	0,37	0,50	Da
Vrata S	1,28	1,60	0,61	0,50	Da
Vrata J	1,55	1,60	0,61	0,50	Ne
Frčadna okna J	1,22	1,30	0,52	0,50	Ne
Frčadna okna Z	1,22	1,30	0,52	0,50	Ne
Navadna okna Z	1,20	1,30	0,58	0,50	Ne
Balkonska vrata S	1,25	1,30	0,53	0,50	Da
Balkonska vrata V	1,25	1,30	0,27	0,50	Da

V preglednici 24 so prikazani rezultati energetske bilance obstoječe stavbe. Iz njih je razvidno, da obstoječa stavba ne zadošča zahtevam, ki jih določa PURES. Izračunani vrednosti koeficienta specifičnih transmisij toplinskih izgub skozi površino toplotnega ovoja H'_T ter dovoljene letne potrebne toplotne za ogrevanje stavbe Q_{NH} , preračunane na enoto kondicionirane površine A_u , sta namreč večji od dovoljenih. Odvisni sta od faktorja oblike f_o , ki za obravnavano stavbo znaša $0,70 \text{ m}^{-1}$ in povprečne letne temperature na lokaciji. Koeficient H'_T je odvisen še od razmerja med površino oken in površino toplotnega ovoja stavbe, ki znaša $z = 0,068$. Odstopanja od dovoljenih vrednosti so kar velika. Q_{NH} presega dovoljeno vrednost za skoraj tri krat, H'_T pa je približno ena in pol krat večji od dovoljene vrednosti [3].

Preglednica 24: H'_T in Q_{NH} obstoječega stanja

	Izračunan	Dovoljen	Ustreznost
H'_T [$\text{W/m}^2\text{K}$]	0,58	0,39	Ne
Q_{NH} [$\text{kWh/m}^2\text{a}$]	120,40	42,00	Ne

4.1.2 Toplotna izolacija sten na zunanji strani

Z dodanim slojem toplotne izolacije na zunanjo stran sten in sten frčad se prehod toplote skozi njih dovolj zmanjša, da ne presega maksimalne dovoljene vrednosti toplotne prehodnosti $U_{\max}$, ki jo predpisuje Tehnična smernica. To pomeni, da je njihova energijska učinkovitost ustrezna. Toplotna prehodnost sten je približno za tretjino manjša od maksimalne dovoljene vrednosti, toplotna prehodnost sten frčad pa za četrtno. Točne vrednosti U so prikazane v preglednici 25.

Preglednica 25: Vrednosti U v primerjavi z $U_{\max}$ pri toplotni izolaciji sten na zunanji strani

Konstrukcijski sklop	U [$\text{W/m}^2\text{K}$]	$U_{\max}$ [$\text{W/m}^2\text{K}$]	Ustreznost
Tla na terenu	0,25	0,35	Da
Zunanje stene	0,17	0,28	Da
Stene frčad	0,21	0,28	Da
Strop mansarde	0,19	0,20	Da
Streha	0,26	0,20	Ne

Toplotne prehodnosti oken U_w in faktorji prepustnosti celotnega sončnega sevanja g so pri tem energijsko-sanacijskem ukrepu enaki kot pri obstoječem stanju in so navedeni v poglavju 4.1.1.

Faktor oblike f_o , ki je definiran kot razmerje med površino toplotnega ovoja stavbe in neto ogrevano prostornino stavbe, se zaradi dodanega sloja toplotne izolacije na zunanji strani nekoliko zmanjša in znaša $0,68 \text{ m}^{-1}$. Posledično se zmanjšata tudi vrednosti H'_T in Q_{NH} , ki pa še vedno ne ustrezata zahtevam PURES-a, kar je tudi razvidno iz preglednice 26. Razmerje med površino oken in površino toplotnega ovoja stavbe se ni spremenilo $z = 0,068$. Vrednost H'_T minimalno presega zgornjo dovoljeno mejo, medtem ko je Q_{NH} od dovoljene vrednosti dvakrat večja.

Preglednica 26: H'_T in Q_{NH} pri toplotni izolaciji sten na zunanji strani

	Izračunan	Dovoljen	Ustreznost
H'_T [$\text{W/m}^2\text{K}$]	0,40	0,39	Ne
Q_{NH} [$\text{kWh/m}^2\text{a}$]	83,90	40,20	Ne

4.1.3 Toplotna izolacija sten na notranji strani

Toplotno izolacijo sem lahko namestila le na notranji strani zunanjih sten. Na notranji strani sten frčad to ni bilo mogoče, saj bi s tem prekrila del okenskega okvirja in onemogočila odpiranje oken. Edini konstrukcijski sklop, v katerega sem s tem parcialnim sanacijskim ukrepom posegla, je torej sklop zunanjih sten. Njihovo toplotno prehodnost sem zmanjšala, tako da je sedaj več kot tretjino manjša od $U_{\max}$ in ustreza Tehnični smernici, kar je tudi zabeleženo v preglednici 27.

Preglednica 27: Vrednosti U v primerjavi z $U_{\max}$ pri toplotni izolaciji sten na notranji strani

Konstrukcijski sklop	U [W/m^2K]	$U_{\max}$ [W/m^2K]	Ustreznost
Tla na terenu	0,25	0,35	Da
Zunanje stene	0,17	0,28	Da
Stene frčad	0,30	0,28	Ne
Strop mansarde	0,19	0,20	Da
Streha	0,26	0,20	Ne

Toplotne prehodnosti oken U_w in faktorji prepustnosti celotnega sončnega sevanja g so pri tem energijsko-sanacijskem ukrepu enaki kot pri obstoječem stanju in so navedeni v poglavju 4.1.1.

Upoštevajoč vse toplotne mostove, tudi ta parcialen ukrep prenove ni skladen s PURES-om, saj sta tako vrednost H'_T kot tudi Q_{NH} večji od dovoljenih. Koeficient H'_T dovoljeno vrednost presega za malo več kot desetino, Q_{NH} pa za skoraj dva in pol krat. Faktor oblike f_o je enak kot pri obstoječem stanju in znaša $0,70 m^{-1}$, ravno tako enak ostaja $z = 0,068$.

Preglednica 28: H'_T in Q_{NH} pri toplotni izolaciji sten na notranji strani

	Izračunan	Dovoljen	Ustreznost
H'_T [W/m^2K]	0,44	0,39	Ne
Q_{NH} [kWh/m^2a]	97,70	42,00	Ne

4.1.4 Dodatna toplotna izolacija strehe

V sklopu tega parcialnega sanacijskega ukrepa sem streho, ki v obstoječem stanju pogoju Tehnične smernice ni zadostovala, dodatno izolirala tako, da je njena toplotna prehodnost sedaj za petino manjša od maksimalne dovoljene vrednosti $U_{\max}$. Ostali neustrezni konstrukcijski sklopi v sklopu tega ukrepa niso sanirani, kar je tudi razvidno iz preglednice 29.

Preglednica 29: Vrednosti U v primerjavi z $U_{\max}$ pri dodatni toplotni izolaciji strehe

Konstrukcijski sklop	U [W/m^2K]	$U_{\max}$ [W/m^2K]	Ustreznost
Tla na terenu	0,25	0,35	Da
Zunanje stene	0,64	0,28	Ne
Stene frčad	0,30	0,28	Ne
Strop mansarde	0,19	0,20	Da
Streha	0,17	0,20	Da

Toplotne prehodnosti oken U_w in faktorji prepustnosti celotnega sončnega sevanja g so pri tem energijsko-sanacijskem ukrepu enaki kot pri obstoječem stanju in so navedeni v poglavju 4.1.1.

Kot prikazuje preglednica 30, sta vrednosti H'_T in Q_{NH} zaradi izboljšane energetske učinkovitosti strehe še vedno krepko večji od dovoljenih. H'_T presega dovoljeno vrednost skoraj za polovico, Q_{NH} pa kar 2,8-krat. Faktor oblike f_o je enak kot pri obstoječem stanju in znaša $0,70 \text{ m}^{-1}$, ravno tako enak ostaja $z = 0,068$.

Preglednica 30: H'_T in Q_{NH} pri dodatni toplotni izolaciji strehe

	Izračunan	Dovoljen	Ustreznost
H'_T [$\text{W/m}^2\text{K}$]	0,56	0,39	Ne
Q_{NH} [$\text{kWh/m}^2\text{a}$]	117,50	42,00	Ne

4.1.5 Menjava oken in vrat

Toplotne prehodnosti konstrukcijskih sklopov so enake kot so navedene v preglednici 22 v poglavju 4.1.1, saj je ta sanacijski ukrep obsegal zgolj menjavo oken in vrat.

Kot je prikazano v preglednici 31, je toplotna prehodnost U_w v vseh primerih manjša od maksimalne dovoljene vrednosti $U_{w,max}$. Vrednosti g faktorja so določene z upoštevanjem senčenja, ki ga povzročajo sosednji objekti in so povsod manjše od g_{max} . Na podlagi omenjenih rezultatov lahko vsa okna in vrata označimo kot energijsko ustrezna.

Preglednica 31: Vrednosti U_w v primerjavi z $U_{w,max}$ ter vrednosti g v primerjavi z g_{max} za primer troslojne zasteklitve oken in vrat

Okno oz. vrata	U_w [$\text{W/m}^2\text{K}$]	$U_{w,max}$ [$\text{W/m}^2\text{K}$]	g	g_{max}	Ustreznost
Velika okna J	0,88	1,30	0,47	0,50	Da
Velika okna Z	0,88	1,30	0,47	0,50	Da
Navadna okna Z	0,95	1,30	0,47	0,50	Da
Navadno okno S	0,95	1,30	0,47	0,50	Da
Majhno okno V	0,92	1,30	0,28	0,50	Da
Vrata V	1,13	1,60	0,30	0,50	Da
Vrata S	1,13	1,60	0,49	0,50	Da
Vrata J	1,45	1,60	0,49	0,50	Da
Frčadna okna J	0,99	1,30	0,42	0,50	Da
Frčadna okna Z	0,99	1,30	0,41	0,50	Da
Navadna okna Z	0,94	1,30	0,47	0,50	Da
Balkonska vrata S	1,06	1,30	0,42	0,50	Da
Balkonska vrata V	1,06	1,30	0,22	0,50	Da

Vrednosti H'_T in Q_{NH} sta, kakor kaže preglednica 32, veliko višji od dovoljenih vrednosti, kar pomeni, da PURES-u ne zadoščata. Koeficient H'_T je večji od dovoljene vrednosti približno ena in pol krat, Q_{NH} pa približno 2,9-krat. Faktor oblike f_o je enak kot pri obstoječem stanju in znaša $0,70 \text{ m}^{-1}$, ravno tako enak ostaja $z = 0,068$.

Preglednica 32: H'_T in Q_{NH} za primer troslojne zasteklitve oken in vrat

	Izračunan	Dovoljen	Ustreznost
H'_T [$\text{W/m}^2\text{K}$]	0,56	0,39	Ne
Q_{NH} [$\text{kWh/m}^2\text{a}$]	120,10	42,00	Ne

4.1.6 Celovita energijska prenova stavbe

S celovito energijsko sanacijo stavbe je prehod toplote skozi vsakega izmed konstrukcijskih sklopov dovolj majhen, da ne presega maksimalnih vrednosti $U_{\max}$ ter tako popolnoma izpolnjuje zahteve Tehnične smernice, kar je tudi bil cilj naloge. Podrobnejši rezultati so prikazani v preglednici 33.

Preglednica 33: Vrednosti U v primerjavi z $U_{\max}$ pri celoviti energijski sanaciji stavbe

Konstrukcijski sklop	U [W/m^2K]	$U_{\max}$ [W/m^2K]	Ustreznost
Tla na terenu	0,25	0,35	Da
Zunanje stene	0,17	0,28	Da
Stene frčad	0,21	0,28	Da
Strop mansarde	0,19	0,20	Da
Streha	0,17	0,20	Da

Vrednosti toplotne prehodnosti oken in vrat U_w ter faktorji prepustnosti celotnega sončnega sevanja g so pri celoviti energijski sanaciji enaki, kot pri ukrepu menjave oken in vrat v poglavju 4.1.5, preglednica 31. To pomeni, da je vso stavbno pohištvo z energijskega vidika ustrezno in skladno s Tehnično smernico.

Kakor je prikazano v preglednici 34, je vrednost koeficienta H'_T za četrtno manjša od največje dovoljene, kar pomeni, da specifične transmisijske toplotne izgube skozi ovoj stavbe niso večje, kot jih dovoljuje PURES. Nasprotno pa je vrednost Q_{NH} še vedno za približno polovico večja od dovoljene vrednosti, kar nam pove, da na letni ravni še vedno potrebujemo preveč toplote za ogrevanje stavbe, kot pa to predpisuje PURES. Ocenjujem, da razlog za to tiči v metodologiji izračuna dovoljene Q_{NH} . Poleg transmisijskih toplotnih izgub ter solarnih dobitkov je namreč odvisna tudi od ventilacijskih toplotnih izgub. Ker se stavba prezračuje naravno, s pomočjo odpiranja oken, so njene ventilacijske izgube v primerjavi z izgubami pri mehanskem ali hibridnem prezračevanju večje. Naravno prezračevanje namreč v nasprotju z njima ne omogoča vračanja toplote v stavbo, ki ventilacijske izgube in s tem potrebo po ogrevanju znatno zmanjša [1].

Preglednica 34: H'_T in Q_{NH} za primer celovite energijske sanacije stavbe

	Izračunan	Dovoljen	Ustreznost
H'_T [W/m^2K]	0,29	0,39	Da
Q_{NH} [kWh/m^2a]	64,30	42,20	Ne

4.2 Rezultati osvetljenosti v programu Velux Daylight Visualizer 3

Osvetljenost sedmih referenčnih prostorov (3 poslovni, 4 bivalni) sem opisala s povprečnimi vrednostmi količnika dnevne svetlobe KDS_{av} . Rezultati so prikazani v preglednici 35. Grafični rezultati, kjer je vidna distribucija dnevne svetlobe po tlorisu pritličja in nadstropja so za obstoječe stanje in stanje celovite energijske prenove prikazani v preglednici 36. Podrobni grafični rezultati, s katerimi je predstavljena osvetljenost referenčnih prostorov pri izvedbi vsakega izmed sanacijskih ukrepov, so podani v prilogi A. Parcialni sanacijski ukrep, pri katerem sem dodala toplotno izolacijo samo na streho, na osvetljenost prostorov ne vpliva, zato za ta primer posebne analize osvetljenosti v programu Velux Daylight Visualizer nisem izvedla.

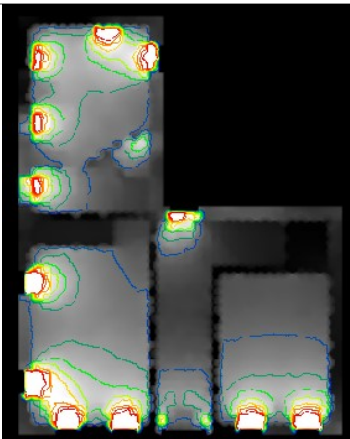
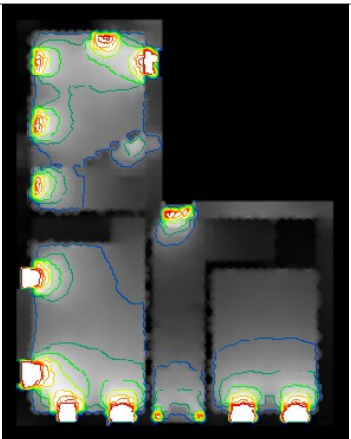
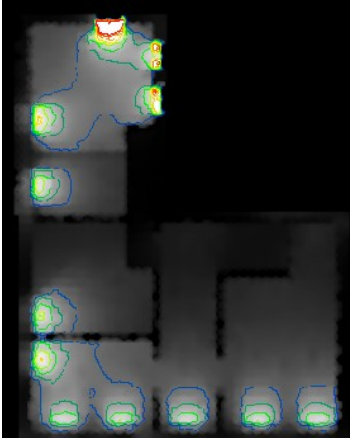
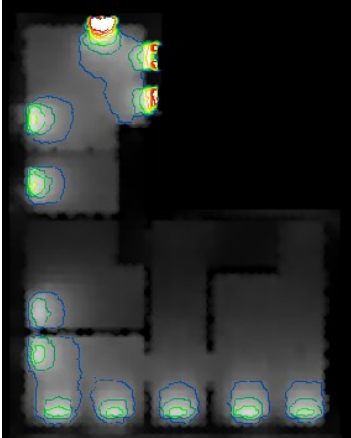
Večji kot je KDS_{av} , bolj osvetljen je prostor. Priporočena vrednost osvetljenosti prostorov znaša 300 lux oz. 500 lux za poslovne prostore, kar pomeni, da zaželen KDS_{av} znaša 3 % oz. 5 % [25]. Kot je razvidno iz preglednice 35, priporočene vrednosti 5 % objekt ne dosega v nobenem izmed poslovnih prostorov v nobenem stanju. Izračunani KDS_{av} za poslovne prostore znašajo namreč le polovico ali

tretjino te vrednosti. Ravno tako osvetljenost bivalnih prostorov v nobenem stanju ne dosega priporočene vrednosti 3 %. Od nje so izračunani KDS_{av} bivalnih prostorov manjši za približno polovico, nekateri pa znašajo tudi samo slabo četrtino njene vrednosti. Se pa vrednosti 3 % bližajo oz. so njej enaki KDS_{av} poslovnih prostorov.

Preglednica 35: Povprečne vrednosti KDS za vse referenčne prostore

Prostor	KDS_{av} [%] Obstoječe stanje	KDS_{av} [%] TI sten zunaj	KDS_{av} [%] TI sten znotraj	KDS_{av} [%] Menjava oken in vrat	KDS_{av} [%] Celovita prenova
Poslovni 1	2,83	2,46	2,45	2,61	2,41
Poslovni 2	1,99	1,52	1,52	1,60	1,41
Poslovni 3	3,00	2,68	2,70	2,75	2,64
Kuhinja	1,67	1,42	1,41	1,47	1,37
Dnevna soba	0,70	0,63	0,62	0,65	0,57
Soba 1	0,61	0,45	0,46	0,48	0,41
Soba 2	1,61	1,49	1,48	1,52	1,31

Preglednica 36: Distribucija KDS_{av} po tlorisu pritličja in nadstropja za obstoječe stanje in stanje celovite prenove stavbe

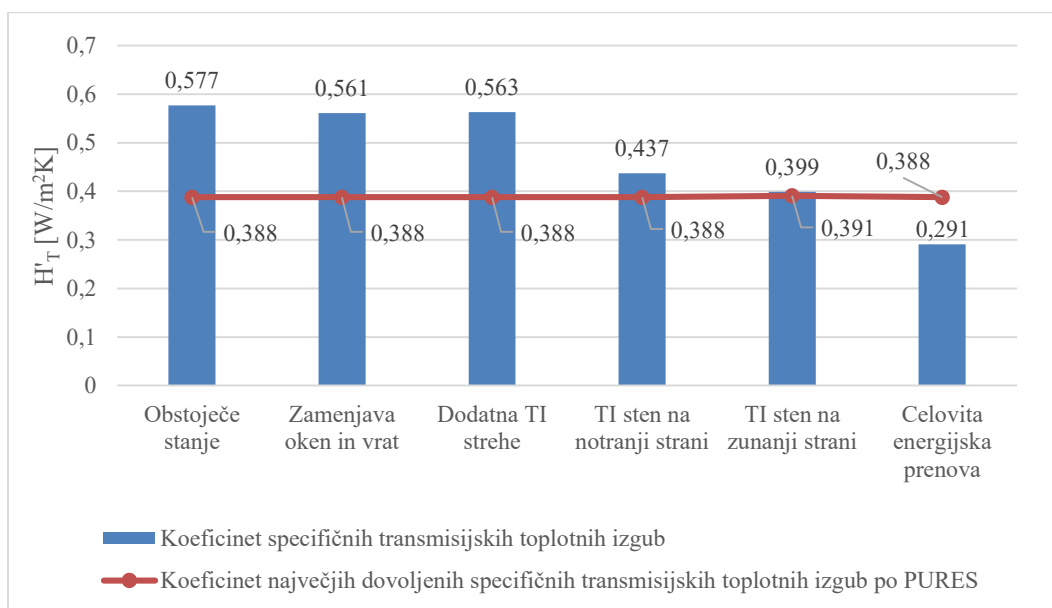
Legenda grafičnih rezultatov		OBSTOJEČE STANJE	CELOVITA PRENOVA
KDS_{av} [%] Daylight Factor 8,00 7,00 6,00 5,00 4,00 3,00 2,00 1,00	Tloris pritličja		
	Tloris nadstropja		

5 PRIMERJAVA REZULTATOV

5.1 Primerjava rezultatov energetske analize

Iz grafikona 1 je razvidno, da na zmanjšanje koeficienta specifičnih transmisijских izgub H_T obstoječega stanja najbolj vpliva celovita energetska sanacija, ki H_T skoraj prepolovi, zniža ga namreč za 49,5 %. Po učinkovitosti ji sledita toplotno izoliranje zunanjih sten na zunanji ter notranji strani, ki H_T zmanjšata za 30,8 % ter 24,3 %. Razlog za večje toplotne izgube pri izvedbi izolacije na notranji strani v primerjavi z izvedbo izolacije na zunanji strani so toplotni mostovi, ki so pri izolaciji sten iz notranje strani prisotni na več mestih. Zamenjava oken in vrat ter dodatna toplotna izolacija strehe na koeficient H_T skoraj nimata vpliva, saj ga vsak izmed ukrepov zmanjša le za dobra 2 %. Menim, da je razlog za tako majhen vpliv obeh sanacijskih ukrepov na transmisijских izgube že dokaj ustrezno obstoječe stanje tako strehe kot tudi oken in vrat. Med špirovce strehe je bila namreč ob obnovi leta 1994 dodana toplotna izolacija, zaradi katere toplotna prehodnost konstrukcijskega sklopa strehe sicer presega dovoljeno vrednost U_{max} , a ne bistveno. Obstoječa okna in vrata, ki so bila ravno tako vgrajena v sklopu obnove leta 1994, ustrezajo kriteriju maksimalne toplotne prehodnosti okna U_w , ki jo predpisuje Tehnična smernica.

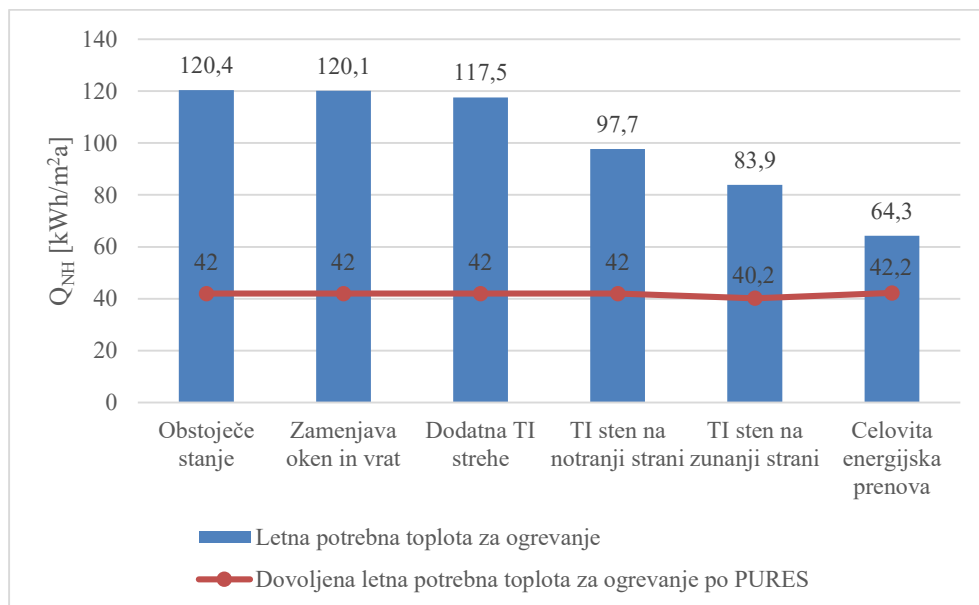
Če primerjam še učinkovitost posameznih parcialnih ukrepov s celovito prenovo, ugotovim, da celovita prenova zmanjša koeficient transmisijских izgub za 18,7 % oz. za 25,3 % več kot samo toplotna izolacija zunanjih sten na zunanji oz. notranji strani. V primerjavi z ostalima dvema parcialnima ukrepoma je celovita prenova učinkovitejša za približno 47 %.



Grafikon 1: Primerjava koeficientov specifičnih transmisijских toplotnih izgub H_T

Kot lahko razberemo iz grafikona 2, je letna potreba po toploti za ogrevanje najmanjša pri celoviti energijski prenovi, pri kateri je Q_{NH} za kar 46,6 % manjši od Q_{NH} obstoječega stanja. Z dodano toplotno izolacijo sten na zunanji strani glede na obstoječe stanje dosežemo za 30,3 %, z izolacijo sten na notranji strani pa za 18,9 % nižjo potrebo po toploti. Ukrepa dodatne toplotne izolacije strehe in menjava oken ter vrat, na potrebo po toploti skoraj nimata vpliva, saj jo z njuno izvedbo znižamo le za 2,4 % oz. 0,25 % glede na obstoječe stanje.

V primerjavi s celovito energijsko sanacijo je ukrep toplotne izolacije sten na zunanji strani kar se tiče zmanjšanja letne porabe toplote za ogrevanje za 16,3 %, ukrep izolacije na notranji strani pa za 27,7 % manj učinkovit. Učinkovitost ostalih dveh parcialnih ukrepov je glede na celovito prenovo še mnogo manjša.



Grafikon 2: Primerjava letne potrebne toplote za ogrevanje Q_{NH}

Po analizi rezultatov iz grafikonov 1 in 2 je jasno, da rezultati obeh nakazujejo enako. Kažejo, da je energijsko daleč najbolj učinkovita izvedba celovite prenove, saj so pri njej tako transmisijske toplotne izgube kot tudi potreba po energiji za ogrevanje najmanjše. Po učinkovitosti ji sledita še parcialna ukrepa, pri katerih toplotno izoliramo stene iz zunanje in notranje strani, saj tudi ta bistveno zmanjšata koeficient H_T in Q_{NH} . Ostala dva parcialna ukrepa sta od omenjenih treh variant bistveno manj učinkovita in jih, ko jih primerjamo še z rezultati obstoječega stanja, lahko označimo za neučinkovita, saj je njun prispevek k energijsko učinkovitejšemu delovanju stavbnega ovoja minimalen. Razlog za to tiči v dokaj dobri obstoječi toplotni izolaciji strehe, dodani v sklopu sanacije leta 1994 ter ustrezni toplotni izolativnosti obstoječih oken, ki so bila ravno tako nameščena tekom sanacije leta 1994. Ker sta torej omenjena elementa že v obstoječem stanju dokaj ustrezna, imata naknadna sanacijska ukrepa, ki sem ju analizirala v sklopu naloge in zajemata zamenjavo oken in vrat ter dodatno toplotno izolacijo strehe, na energijsko učinkovitost precej majhen vpliv.

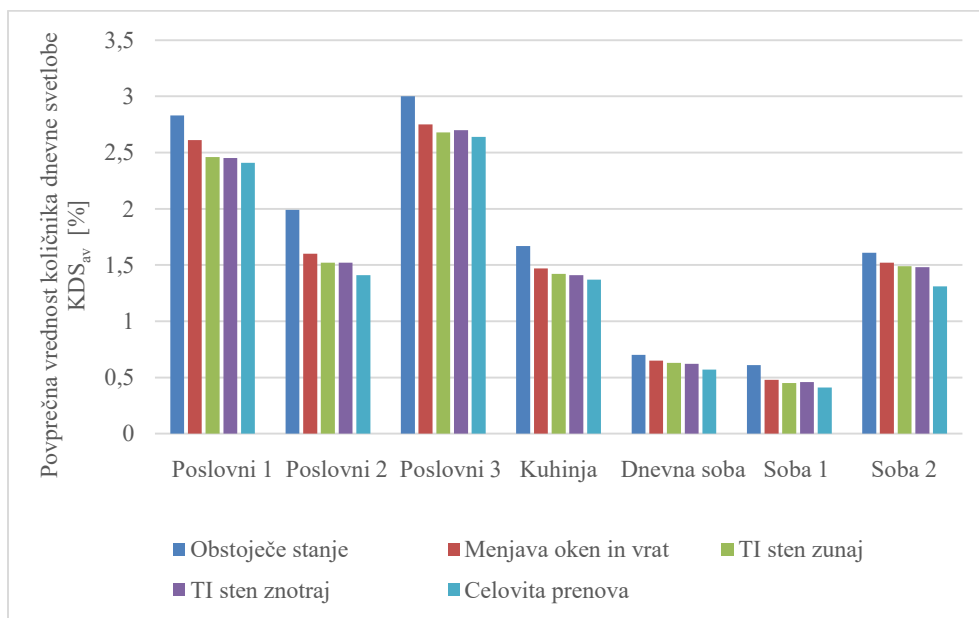
Na transmisijske toplotne izgube ter letno potrebo po energiji za ogrevanje vpliva tudi prisotnost toplotnih mostov v stavbnem ovoju. Več toplotnih mostov namreč pomeni večje transmisijske toplotne izgube ter s tem večjo potrebo po toploti za ogrevanje. Z izvedbo celovite energijske sanacije odpravimo vse toplotne mostove, razen toplotnega mostu pri tleh na terenu. To pomeni, da bi morale biti toplotne izgube pri tej varianti najmanjše ter posledično tudi potreba po energiji za ogrevanje, kar nam rezultati, prikazani na grafikonih 1 in 2 tudi potrdijo. Če pogledamo še prisotnost toplotnih mostov pri toplotni izolaciji stene na zunanji in notranji strani ugotovimo, da se pri izvedbi izolacije na notranji strani pojavita toplotni most med zunanjo in notranjo steno ter med zunanjo steno in medetažno konstrukcijo. Pri izvedbi toplotne izolacije na zunanji strani stene omenjena toplotna mostova nista prisotna, iz česar sklepamo, da so toplotne izgube in potreba po toploti za ogrevanje pri izvedbi izolacije na notranji strani večje, kar rezultati analize prikazani na grafikonih 1 in 2 potrjujejo. Z zamenjavo oken in vrat oz. z dodatnim slojem toplotne izolacije na streho, je prisotnost toplotnih mostov enaka kot pri obstoječem stanju. Ta podatek nam pove, da toplotne izgube in potreba po

energiji verjetno ne bodo bistveno manjše od obstoječih, temu pritrjujejo tudi rezultati na grafikonih 1 in 2.

5.2. Primerjava rezultatov osvetljenosti prostorov

Osvetljenost prostorov, ki je predstavljena s povprečno vrednostjo količnika dnevne svetlobe KDS_{av} , se od prostora do prostora razlikuje, saj nanjo vpliva razmerje med velikostjo transparentnih površin in tlorisno površino posameznega prostora. Iz grafikona 3 je razvidno, da se osvetljenost prostorov z vsakim energijsko sanacijskim ukrepom glede na obstoječe stanje zmanjša. Pri parcialnem ukrepu menjave oken in vrat je vanje nameščena troslojna zasteklitev, ki ima nižji faktor transmisivnosti kot dvoslojna zasteklitev obstoječega stanja. Nižji kot je faktor transmisivnosti, manj dnevne svetlobe prodre skozi zasteklitev. To pomeni, da prostori po menjavi stavbnega pohištva prejmejo precej manj dnevne svetlobe, kot so jo bili deležni v obstoječem stanju. Količnik KDS_{av} je namreč pri troslojni zasteklitvi za do 21 % manjši od količnika KDS_{av} obstoječega stanja. Še manj osvetljeni so prostori po namestitvi toplotne izolacije bodisi na notranjo bodisi na zunanjo stran stene. To nam pove, da se osvetljenost prostorov manjša z večanjem debeline konstrukcijskega sklopa. Katera namestitvev toplotne izolacije doprinese manjšo osvetljenost kot druga ni mogoče določiti, saj sta njuni vrednosti KDS_{av} ponekod enaki, drugod pa je njuna razlika minimalna, od obstoječega stanja pa sta manjši za do 26 %. Celovita prenova združuje ukrep toplotne izolacije sten in zamenjave zasteklitve. Zaradi tega je tudi njen vpliv na osvetljenost največji, z njeno izvedbo je KDS_{av} namreč za do 32 % manjši glede na obstoječe stanje.

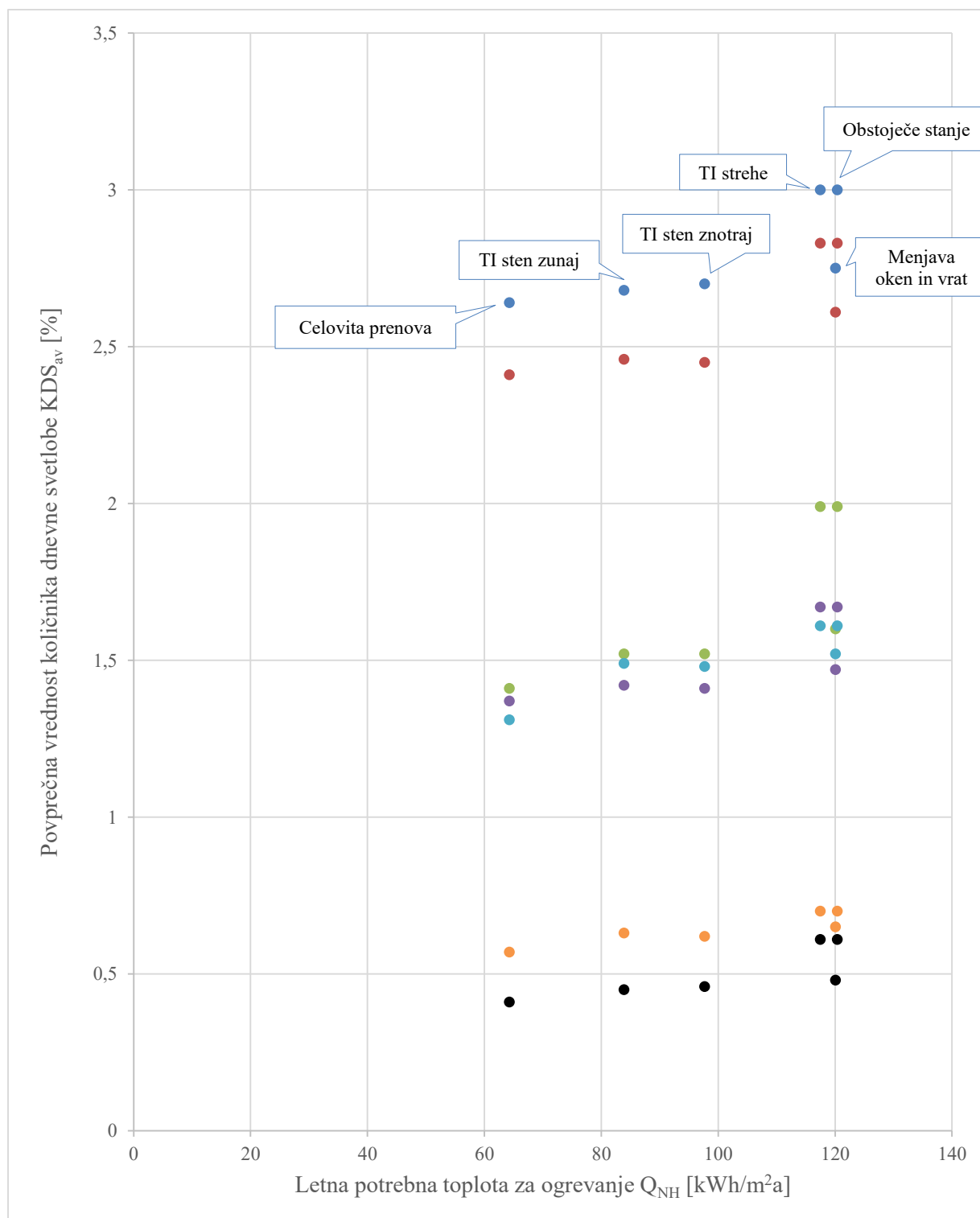
V primerjavi s celovito energijsko sanacijo parcialna ukrepa namestitve toplotne izolacije na zunanjo oz. notranjo stran sten omogočata za do 13 % večjo osvetljenost notranjih prostorov. Pri parcialnem ukrepu menjave oken in vrat so prostori glede na celovito prenovo za do 17 % bolj osvetljeni.



Grafikon 3: Primerjava KDS_{av} po prostorih in glede na izvede energijsko-sanacijski ukrep.

5.3 Medsebojni vpliv energijske učinkovitosti stavbe in osvetljenosti prostorov

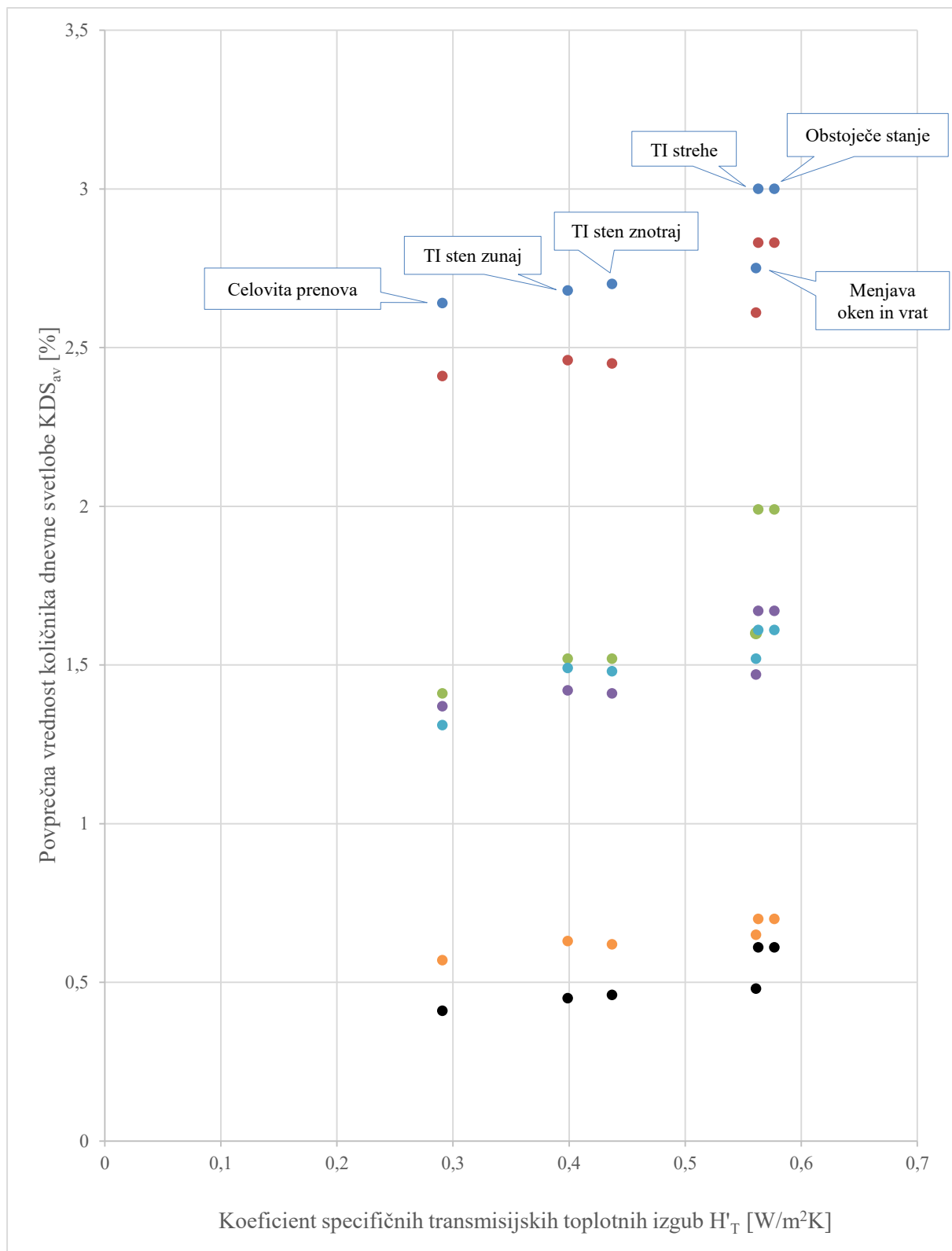
Grafikona 4 in 5 prikazujeta, kako se spreminja povprečna osvetljenost posameznega referenčnega prostora v primerjavi z energijsko učinkovitostjo stavbe. Povprečna osvetljenost prostorov je predstavljena s povprečno vrednostjo količnika dnevne svetlobe KDS_{av} , energijska učinkovitost stavbe pa z letno potrebno toploto za ogrevanje Q_{NH} oziroma s koeficientom specifičnih transmisijskih toplotnih izgub H'_T . Rezultati obeh grafikonov nam povedo, da se osvetljenost prostorov manjša z večanjem energijske učinkovitosti stavbe. Obstoječe stanje, ki je energijsko najbolj potratno, ima najvišjo doseženo osvetljenost. Pri izvedbi celovite prenove, ki je energijsko najbolj ugodna, je osvetljenost prostorov najmanjša. Pri ostalih parcialnih ukrepih je osvetljenost prostorov v primerjavi s celovito prenovo sicer nekoliko večja, a so zato tudi energijske izgube in potreba po toploti večje. Pojavi se vprašanje, ali je smotrno izvesti ukrep celovite prenove in izboljšati energijsko učinkovitost stavbe na račun osvetljenosti. Menim, da je omenjen ukrep smiseln, saj lahko manjkajočo količino dnevne svetlobe vedno nadomestimo z umetno osvetlitvijo, energijskih toplotnih izgub pa v nobenem primeru ne moremo preprečiti, ne da bi hkrati negativno vplivali tudi na osvetljenost prostorov.



Legenda:

- Poslovni 3
- Poslovni 1
- Poslovni 2
- Kuhinja
- Soba 2
- Dnevna soba
- Soba 1

Grafikon 4: Q_{NH} in KDS_{av} za vsak referenčni prostor



6 ZAKLJUČEK

V diplomski nalogi sem s pomočjo programov Velux Daylight Visualizer in KI Energija analizirala obstoječe stanje izbrane stavbe, predlagala in analizirala parcialne energijsko sanacijske ukrepe in ukrep celovite prenove z gledišča rabe energije ter osvetljenosti prostorov.

Na začetku svojega dela sem predpostavila tri hipoteze, ki jih sedaj, po analizi pridobljenih rezultatov, lahko kritično ovrednotim.

1. Obstoječa stavba ne izpolnjuje zahtev o učinkoviti rabi energije, ki jo predpisujeta PURES in Tehnična smernica.

Predpostavljena hipoteza drži. Stavba se je, tako kot sem predvidevala, izkazala za energijsko zelo potratno. Večina konstrukcijskih sklopov ima faktor toplotne prehodnosti U večji od maksimalnega $U_{\max}$. Zastekljene površine sicer imajo U faktor dovolj nizek, vendar je pri tistih, ki so obrnjena na jug in zahod, faktor prepustnosti sončnega obsevanja g večji od dovoljenega. To pripisujem nezadostnemu senčenju, saj senčenja z objekti v teh dveh smereh praktično ni, prav tako ni nameščenih zunanjih senčil (rolet, žaluzij), ki bi zasteklitev ščitile pred sončnim obsevanjem. Faktor transmisijских toplotnih izgub skozi ovoj stavbe H'_T je za 48,7 % večji od dovoljene vrednosti, specifična letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} pa dovoljeno vrednost, ki bi stavbo uvrščala med energijsko učinkovite, presega za kar 186 %. Zato lahko rečem, da je energijska sanacija objekta nedvomno potrebna.

2. Energijsko sanacijski ukrepi neugodno vplivajo na osvetljenost notranjih prostorov. Največji vpliv ima sprememba lastnosti zasteklitve.

Prvi del hipoteze sem v svoji nalogi potrdila. Izvedba parcialnih sanacijskih ukrepov oz. izvedba celovite prenove stavbe osvetljenost notranjih prostorov zmanjšajo. Izjema je le parcialni ukrep dodatne toplotne izolacije strehe, ki na osvetljenost nima nikakršnega vpliva. Drugi del hipoteze, kjer sem predvidela, da bo na osvetljenost prostorov najbolj vplivala menjava dvoslojne zasteklitve za troslojno, se je izkazal za napačnega. Še večji vpliv ima namreč povečana debelina zunanje stene, do katere je prišlo zaradi dodanega sloja toplotne izolacije bodisi na zunanjo bodisi na notranjo stran stene. Z dodano plastjo toplotne izolacije je osvetljenost prostorov za do 6,7 % slabša kot pri menjavi zasteklitve.

3. Celovita energijska prenova ustreza predpisom PURES-a in Tehnične smernice. Z njeno izvedbo odpravimo tudi toplotne mostove.

Po analizi energijske bilance celovite prenove stavbe, sem ugotovila, da zgornja hipoteza le deloma drži. Kljub temu, da pri celoviti energijski sanaciji vsi U faktorji ustrezajo zahtevam Tehnične smernice, specifična letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} še vedno za 52 % odstopa od dovoljene. Po drugi strani, pa smo s celovito energijsko prenovo uspešno zmanjšali koeficient transmisijских toplotnih izgub H'_T , ki je celo za 25 % manjši od dovoljenega. Uspešno smo odpravili tudi vse toplotne mostove razen toplotnega mostu pri tleh na terenu, saj v konstrukcijski stik med tlemi in zunanjo steno pri energijski prenovi nismo posegli. Ker s predvideno celovito energijsko prenovo nismo uspeli doseči dovolj nizke potrebe po toploti za ogrevanje Q_{NH} , bi bilo za še večjo energijsko učinkovitost stavbe zato potrebno razmisliti o ukrepih, ki bi zmanjšali njene ventilacijske toplotne izgube. Slednje nastanejo z odpiranjem oken, ki tudi po energijski prenovi še vedno predstavlja način prezračevanja stavbe. Namesto trenutnega naravnega prezračevanja bi se tako lahko odločili stavbo prezračevati mehansko. Primeren bi bil ukrep rekuperacije, ki bi omogočal vračanje toplote v stavbo ter s tem znižal količino energije, ki je potrebna za njeno ogrevanje (Q_{NH}).

Če na kratko povzamem pridobljene ugotovitve naloge, naj najprej omenim dejstvo, da z nobenim izmed energijsko sanacijskih ukrepov nisem zadostila pogoju letne potrebne toplote za ogrevanje. To me je presenetilo, saj sem pričakovala, da bom vsaj s celovito prenovo, kjer je vpliv toplotnih mostov minimalen, vsi U faktorji pa so dovolj majhni, zadostila vsem zahtevam, ki jih predpisuje PURES. Na podlagi tega lahko trdim, da objekt s celovito prenovo, ki je energijsko gledano najbolj ugodna, postane sicer za skoraj polovico bolj energijsko varčen, ne pa tudi energijsko učinkovit. Morda bi bil rezultat ustrezen, če bi odpravila tudi toplotni most pri tleh na terenu, vendar se mi njegova sanacija, če primerjam zahtevnost izvedbe z njegovim energijskim doprinosom ter ekonomskim vidikom, ne zdi primerna.

Razmisliti je potrebno, za kateri sanacijski ukrep bi se v vlogi lastnika stavbe odločila. Če izbiram samo med parcialnimi ukrepi, bi nedvomno izbrala varianto toplotne izolacije sten iz zunanje strani, saj je iz energijskega vidika najvarčnejša. Osvetljenost prostorov je sicer temu primerno najnižja, vendar bi njeno pomanjkanje reševala z umetno osvetlitvijo. Če v primerjavo dodam še celovito energijsko sanacijo, je odločitev nekoliko težja. Celovita prenova namreč poleg toplotne izolacije sten na zunanji strani zajema še dodatno toplotno izolacijo strehe ter menjavo oken in njihov pomik do toplotne izolacije. V samostojni izvedbi dodatna izolacija strehe k energijski učinkovitosti skoraj ne pripomore. Menim, da zato, ker je strop mansarde proti neogrevanemu podstrešju že v obstoječem stanju dovolj toplotno izoliran, tako da izolacija strehe vpliva na toplotne izgube le v predelu poševnih sten mansarde ter na območju streh frčad. Predvidevam, da bi bil v primeru, če strop proti neogrevanemu podstrešju ne bi imel zadostnega U faktorja, vpliv strehe na transmisijske toplotne izgube H_T in potrebo po toploti Q_{NH} , večji. Zamenjava oken in vrat se mi v samostojni izvedbi, tako kot samo dodatna toplotna izolacija strehe ne zdi primerna, saj so njuni energijski prihranki minimalni. V izvedbi celovite prenove se mi zdi menjava stavbnega pohištva smiselna, saj se pri tem, ko ga pomaknemo do toplotne izolacije, znebimo toplotnih mostov med njim in zunanjo steno.

Pri odločitvi za enega izmed sanacijskih ukrepov ima pomemben vpliv tudi cena posamezne investicije. Že brez izračunov je jasno, da je investicijski vložek pri celoviti energijski sanaciji objekta mnogo večji, kot če se odločimo samo za toplotno izolacijo zunanjih sten. V primerjavi z velikostjo vložka je energijska učinkovitost celovite prenove le za 16,3 - 18,7 % večja od samostojne izolacije sten. Pojavi se torej dvom, ali se je glede na ekonomski vidik smotrno odločiti za celovito prenovo, glede na to, da je izvedba zgolj toplotne izolacije na zunanjih stenah cenovno bistveno ugodnejša, razlika v energijski učinkovitosti pa ni tako velika. Morda bi bil smiselni tudi ukrep, ki ga v svoji nalogi nisem obravnavala in sicer, da bi prenova obsegala namestitev toplotne izolacije na zunanjo stran stene ter menjavo stavbnega pohištva in pomik le-tega do izolacije. Omenjen ukrep torej ne bi obsegal sanacije strehe. S tem bi bila investicija nižja kot pri celoviti prenovi, transmisijske toplotne izgube ter letna potrebna toplota za ogrevanje pa vseeno manjše, kot če bi se odločili samo za toplotno izoliranje sten.

VIRI

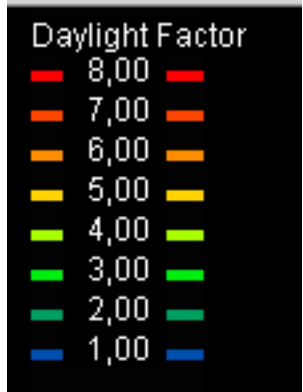
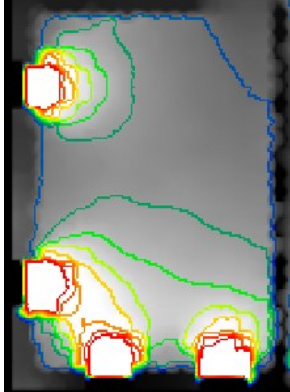
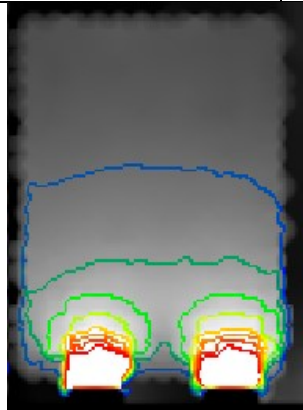
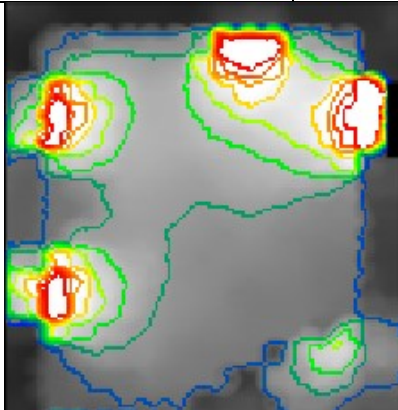
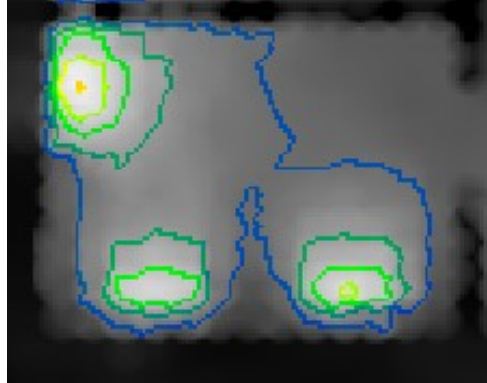
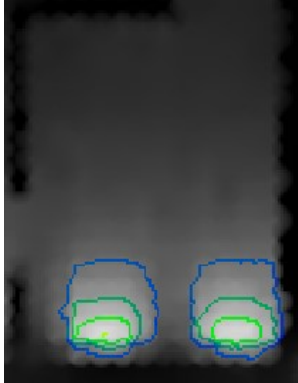
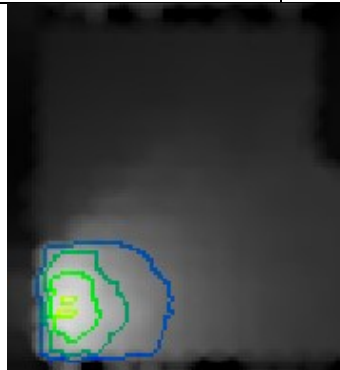
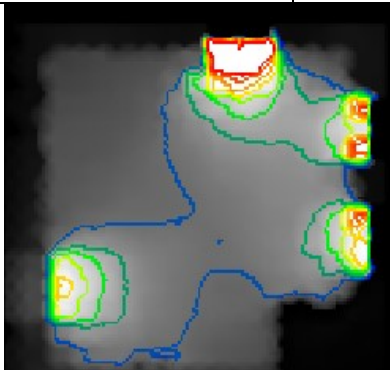
- [1] Košir, M. 2017. Prosojnice predavanj predmeta Bioklimatsko načrtovanje.
- [2] Energetska izkaznica. <http://www.energetska-izkaznica.si/energetska-ucinkovitost/stavbni-ovoj/> (Pridobljeno 8. 6. 2019.)
- [3] Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES). Uradni list RS, št. 52/10 in 61/17. <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=PRAV10043> (Pridobljeno 21. 4. 2019.)
- [4] Tehnična smernica TSG-1-004:2010. Ministrstvo za okolje in prostor, 2010. http://www.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/zakonodaja/graditev_objektov/TSG_01_004_2010_ure.pdf (Pridobljeno 20. 4. 2019.)
- [5] Energetska učinkovitost in energetske izkaznice. <http://www.energetska-ucinkovitost.si/energetska-ucinkovitost-v-stavbah/energetsko-ucinkovita-prenova/> (Pridobljeno 8. 6. 2019.)
- [6] Medved, S., Arkar, C., Šuklje, T., 2017. KI Energija. <https://www.knaufinsulation.si/dokumenti-programi/program-ki-energija-2019> (Pridobljeno 20. 4. 2019.)
- [7] VELUX Daylight Visualizer 3. <https://www.velux.com/article/2016/daylight-visualizer> (Pridobljeno 22. 4. 2019.)
- [8] Vplivi sodobnega življenja na zdravje, počutje in produktivnost. https://velcdn.azureedge.net/~media/marketing/si/katalogi/velux_tig_slo_web.pdf (Pridobljeno 8. 6. 2019.)
- [9] Pravilnik o minimalnih tehničnih zahtevah za graditev stanovanjskih stavb in stanovanj. Uradni list RS, št. 1/11 in 61/17 - GZ. <http://pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=PRAV10213> (Pridobljeno 21. 4. 2019.)
- [10] Pravilnik o zahtevah za zagotavljanje varnosti in zdravja delavcev na delovnih mestih. Uradni list RS, št. 89/99, 39/05 in 43/11 – ZVZD-1. <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=PRAV418> (Pridobljeno 21. 4. 2019.)
- [11] ISO/FDIS 14683:2016(E). Thermal bridges in building construction – Linear thermal transmittance – Simplified methods and default values.
- [12] ISO 14683:2007(E). Thermal bridges in building construction – Linear thermal transmittance – Simplified methods and default values.
- [13] Odlok o ureditvenem načrtu Mestno jedro Kostanjevica. Uradni list RS, št. 12/1995. <https://www.uradni-list.si/glasilo-uradni-list-rs/vsebina?urlid=199512&stevilka=643> (Pridobljeno 9. 4. 2019.)
- [14] Republika Slovenija Ministrstvo za kulturo. Register kulturne dediščine RKD. <https://gisportal.gov.si/portal/apps/webappviewer/index.html?id=df5b0c8a300145fda417eda6b0c2b52b> (Pridobljeno 25. 3. 2019.)
- [15] Google Maps. 2013. <https://www.google.com/maps/@45.8436263,15.4203426,3a,37.6y,23.29h,92.78t/data=!3m6!1e1!3m4!1s9R7epgpGzJbfixS4ZgIYzg!2e0!7i13312!8i6656> (Pridobljeno 9. 4. 2019.)
- [16] Carminati tailor-made windows. Wooden windows and doors. <https://www.carminatiserramenti.com/wooden-windows-and-doors/euro-68> (Pridobljeno 22. 4. 2019.)
- [17] PVC Nagode. Izbira zasteklitve in dodatkov za steklo. 2018. <https://www.pvcnagode.si/dodatki-pvc-okna/steklo-za-okna/> (Pridobljeno 22. 4. 2019.)
- [18] SketchUp. 2017. <https://www.sketchup.com/plans-and-pricing/higher-education-admin> (Pridobljeno 26. 4. 2019.)
- [19] BOSCH. Laserski merilnik razdalj GLM 30 Professional. 2019. <https://www.bosch-professional.com/si/sl/products/glm-30-0601072500> (Pridobljeno 25. 3. 2019.)

-
- [20] Velux. 2014. Manual 3D importer VELUX Daylight Visualizer.
- [21] Kristl, Ž., Evropska pravna fakulteta, BiroArcus. Priporočila za načrtovanje dnevne osvetljenosti. <https://velcdn.azureedge.net/~media/marketing/si/datoteke/priporocila.pdf> (Pridobljeno 28. 4. 2019.)
- [22] Extech. Extech LT40: LED Light Meter. 2019. <http://www.extech.com/display/?id=14538> (Pridobljeno 10. 5. 2019.)
- [23] Košir, M., Dnevna svetloba 2018/19. 1. Vaja: Določitev lastnosti notranjih površin prostora. (Pridobljeno 17. 4. 2019.)
- [24] Natura produkt. Agepan THD XL plošče. http://www.naturaprodukt.si/eko-sekundarna_kritina-agepan-thd-xl.html (Pridobljeno 25. 5. 2019.)
- [25] Velux. Daylight requirements in building codes. <https://www.velux.com/deic/daylight/daylight-requirements-in-building-codes> (Pridobljeno 30. 6. 2019.)

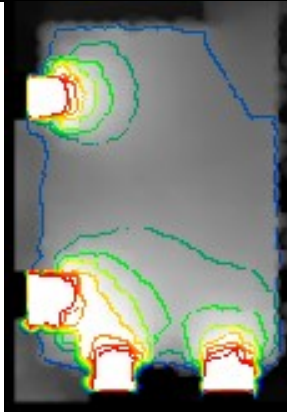
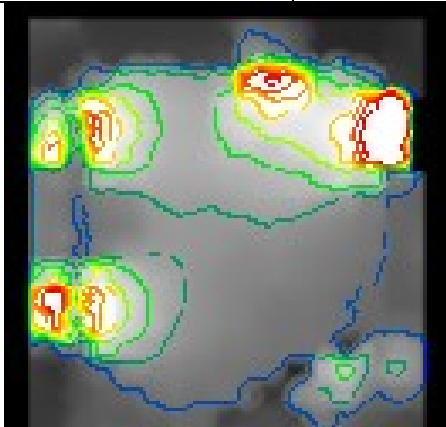
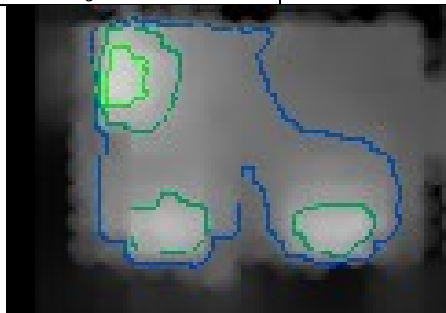
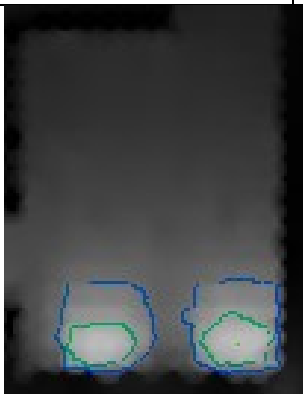
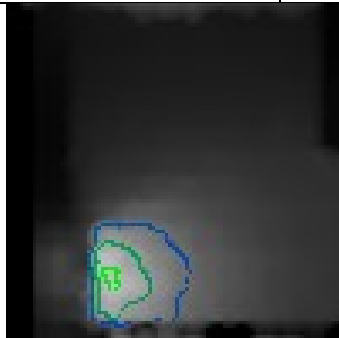
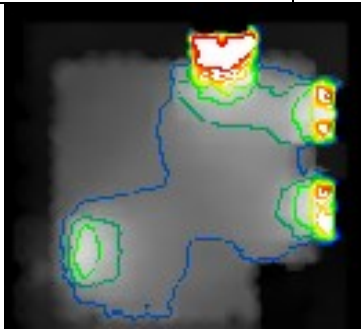
SEZNAM PRILOG

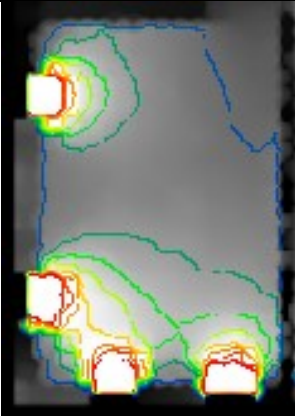
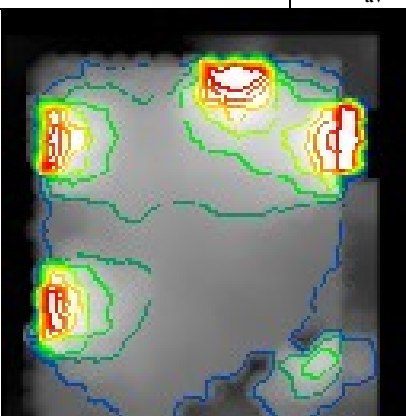
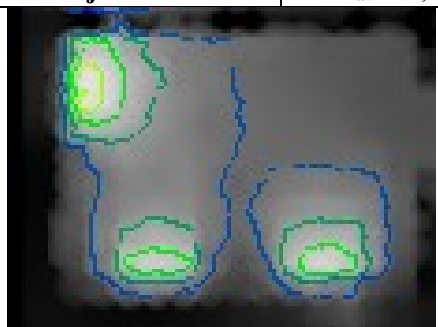
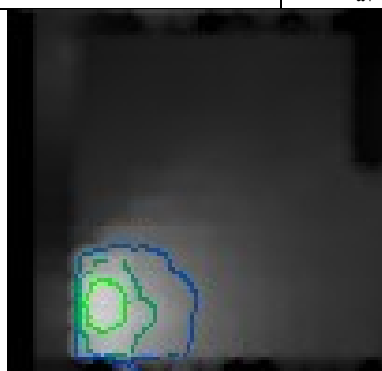
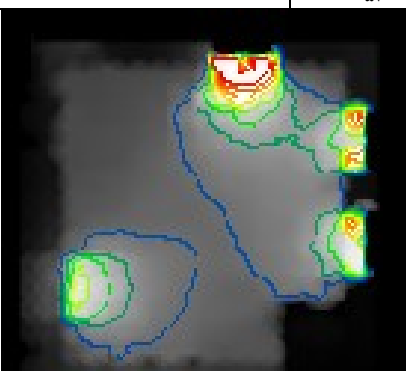
PRILOGA A: GRAFIČNI REZULTATI OSVETLJENOSTI V PROGRAMU VELUX

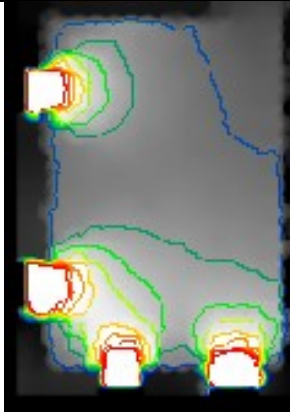
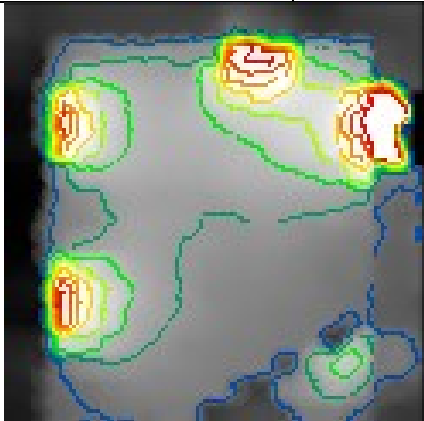
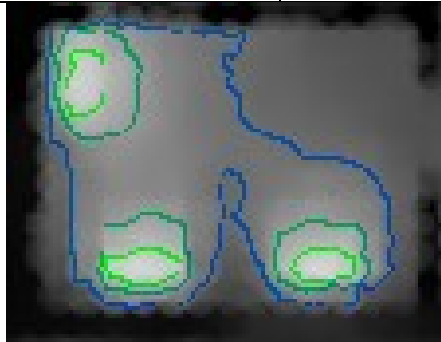
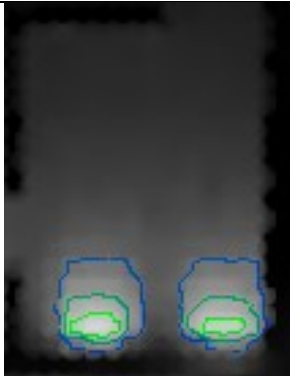
PRILOGA A: GRAFIČNI REZULTATI OSVETLJENOSTI V PROGRAMU VELUX

OBSTOJEČE STANJE			
Legenda grafičnih rezultatov		Poslovni 1	KDS _{av} = 2,83%
Daylight Factor  8,00 7,00 6,00 5,00 4,00 3,00 2,00 1,00			
Poslovni 2	KDS _{av} = 1,99%	Poslovni 3	KDS _{av} = 3%
			
Kuhinja	KDS _{av} = 1,67%	Dnevna soba	KDS _{av} = 0,7%
			
Soba 1	KDS _{av} = 0,61%	Soba 2	KDS _{av} = 1,61%
			

TOPLOTNA IZOLACIJA NA ZUNANJI STRANI STEN			
Legenda grafičnih rezultatov		Poslovni 1	KDS _{av} = 2,46%
Daylight Factor			
Poslovni 2	KDS _{av} = 1,52%	Poslovni 3	KDS _{av} = 2,68%
Kuhinja	KDS _{av} = 1,42%	Dnevna soba	KDS _{av} = 0,63%
Soba 1	KDS _{av} = 0,45%	Soba 2	KDS _{av} = 1,49%

TOPLOTNA IZOLACIJA NA NOTRANJI STRANI STEN			
Legenda grafičnih rezultatov		Poslovni 1	$KDS_{av} = 2,45\%$
Daylight Factor 8,00 7,00 6,00 5,00 4,00 3,00 2,00 1,00			
Poslovni 2	$KDS_{av} = 1,52\%$	Poslovni 3	$KDS_{av} = 2,7\%$
			
Kuhinja	$KDS_{av} = 1,41\%$	Dnevna soba	$KDS_{av} = 0,62\%$
			
Soba 1	$KDS_{av} = 0,46\%$	Soba 2	$KDS_{av} = 1,48\%$
			

MENJAVA OKEN IN VRAT (OZ. DVOSLOJNE ZASTEKLITVE ZA TROSLOJNO)			
Legenda grafičnih rezultatov		Poslovni 1	$KDS_{av} = 2,61\%$
Daylight Factor 8,00 7,00 6,00 5,00 4,00 3,00 2,00 1,00			
Poslovni 2	$KDS_{av} = 1,6\%$	Poslovni 3	$KDS_{av} = 2,75\%$
			
Kuhinja	$KDS_{av} = 1,47\%$	Dnevna soba	$KDS_{av} = 0,65\%$
			
Soba 1	$KDS_{av} = 0,48\%$	Soba 2	$KDS_{av} = 1,52\%$
			

CELOVITA ENERGIJSKA PRENOVA			
Legenda grafičnih rezultatov		Poslovni 1	$KDS_{av} = 2,41\%$
Daylight Factor 8,00 7,00 6,00 5,00 4,00 3,00 2,00 1,00			
Poslovni 2	$KDS_{av} = 1,41\%$	Poslovni 3	$KDS_{av} = 2,64\%$
			
Kuhinja	$KDS_{av} = 1,37\%$	Dnevna soba	$KDS_{av} = 0,57\%$
			
Soba 1	$KDS_{av} = 0,41\%$	Soba 2	$KDS_{av} = 1,31\%$
