

Univerza  
v Ljubljani  
Fakulteta  
za gradbeništvo  
in geodezijo



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

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

To je izvirna različica zaključnega dela.

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

Kuhar, M., 2016. Vrednotenje energetske učinkovitosti stavbnega ovoja dvostanovanjske hiše. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Kunič, R., somentor Pajek, L.): 45 str.

<http://drugg.fgg.uni-lj.si/5892/>

Datum arhiviranja: 12-10-2016

University  
of Ljubljana  
Faculty of  
Civil and Geodetic  
Engineering



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

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

This is original version of final thesis.

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

Kuhar, M., 2016. Vrednotenje energetske učinkovitosti stavbnega ovoja dvostanovanjske hiše. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Kunič, R., co-supervisor Pajek, L.): 45 pp.

<http://drugg.fgg.uni-lj.si/5892/>

Archiving Date: 12-10-2016

Univerza  
v Ljubljani

Fakulteta za  
*gradbeništvo in  
geodezijo*



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

UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI  
PROGRAM PRVE STOPNJE  
GRADBENIŠTVO

Kandidat:

**MATIC KUHAR**

**VREDNOTENJE ENERGETSKE UČINKOVITOSTI  
STAVBNEGA OVOJA DVOŠTANOVANJSKE HIŠE**

Diplomska naloga št.: 257/B-GR

**EVALUATION OF THE ENERGY PERFORMANCE OF  
THE BUILDING ENVELOPE OF DUPLEX**

Graduation thesis No.: 257/B-GR

**Mentor:**

doc. dr. Roman Kunič

**Somentor:**

asist. Luka Pajek

Ljubljana, 20. 09. 2016

## **STRAN ZA POPRAVKE**

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

## IZJAVE

Spodaj podpisani študent Matic Kuhar, vpisna številka 26110146, avtor pisnega zaključnega dela študija z naslovom: Vrednotenje energetske učinkovitosti stavbnega ovoja dvostanovanjske hiše

### IZJAVLJAM

1. *Obkrožite eno od variant a) ali b)*

a) da je pisno zaključno delo študija rezultat mojega samostojnega dela;

b) da je pisno zaključno delo študija rezultat lastnega dela več kandidatov in izpolnjuje pogoje, ki jih Statut UL določa za skupna zaključna dela študija ter je v zahtevanem deležu rezultat mojega samostojnega dela;

2. da je tiskana oblika pisnega zaključnega dela študija istovetna elektronski obliki pisnega zaključnega dela študija;

3. da sem pridobil/-a vsa potrebna dovoljenja za uporabo podatkov in avtorskih del v pisnem zaključnem delu študija in jih v pisnem zaključnem delu študija jasno označil/-a;

4. da sem pri pripravi pisnega zaključnega dela študija ravnal/-a v skladu z etičnimi načeli in, kjer je to potrebno, za raziskavo pridobil/-a soglasje etične komisije;

5. soglašam, da se elektronska oblika pisnega zaključnega dela študija uporabi za preverjanje podobnosti vsebine z drugimi deli s programsko opremo za preverjanje podobnosti vsebine, ki je povezana s študijskim informacijskim sistemom članice;

6. da na UL neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve avtorskega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico dajanja pisnega zaključnega dela študija na voljo javnosti na svetovnem spletu preko Repozitorija UL;

7. da dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v pisnem zaključnem delu študija in tej izjavi, skupaj z objavo pisnega zaključnega dela študija.

V/Na: Ljubljani

Datum: 14.9.2016

Podpis študenta/-ke:

---

**BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN Z IZVLEČKOM**

- UDK:** 699.86:728.2(043.2)
- Avtor:** Matic Kuhar
- Mentor:** doc. dr. Roman Kunič
- Somentor:** assist. Luka Pajek
- Naslov:** Vrednotenje energetske učinkovitosti stavbnega ovoja dvostanovanjske hiše
- Tip dokumenta:** Diplomaska naloga – univerzitetni študij
- Obseg in oprema:** 45 str., 30 sl., 20 pregl.
- Ključne besede:** Stavbni ovoj, dvostanovanjska hiša, toplotni mostovi, toplotne izgube, energetska sanacija konstrukcijskih sklopov

**Izveček:**

Pri nalogi je predstavljeno trenutno stanje stavbnega ovoja obravnavanega objekta. Obravnavani objekt je dvostanovanjska hiša, v kateri stanujem od rojstva. Nahaja se v Ljubljani, natančneje v Zgornjem Kašlju. Pri energetskih lastnostih posameznih konstrukcijskih sklopih, sem toplotno prehodnost določil s pomočjo spletnega programskega orodja U-wert, izračun energetske bilance objekta pa sem izdelal s pomočjo programa TOST. Rezultati, ki sem jih dobil pred sanacijo so pokazali, da trenutni stavbni ovoj ne ustreza zahtevam, ki so predpisane z veljavnimi zakonodajami. Po pridobljenih rezultatih je opisan predlog energetske sanacije objekta. Nato je ponovno izdelana energetska bilanca objekta po sanaciji. V nalogi so predstavljeni vplivi tipičnih toplotnih mostov, ki se pojavljajo pri objektu pred in po sanaciji. Pridobljeni rezultati so pokazali, da je razlika transmisijskih izgub med poenostavljenim in dejanskim upoštevanje toplotnih mostov pred sanacijo večja kot pri rezultatih po sanaciji. Razlog za to je, da smo imeli pred energetske sanacije več toplotnih mostov. Z energetske sanacije smo vpliv nekaj toplotnih mostov omejili oziroma smo jih odstranili.

## **BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT**

- UDK:** 699.86:728.2(043.2)
- Author:** Matic Kuhar
- Supervisor:** Prof. Roman Kunič, Ph.D.
- Cosupervisor:** Assist. Luka Pajek
- Title:** Evaluation of the energy performance of the building envelope of Duplex
- Document type:** Graduation Thesis – University studies
- Scope and tools:** 45 p., 30 fig., 20 tab.
- Keywords:** Building envelope, Duplex, thermal bridges, heat loss, Energy renovation construction kits

### **Abstract:**

The thesis describes the current status of the building envelope, of the building which is Duplex where I live since birth. It is located in Ljubljana, more precisely in Zgornem Kašlju. In energy performance of individual structural sections, thermal transmittance was determined by using the online software tool U-Wert. The energy balance of the object was created with the help of the program TOST. The results that I have received before renovation have shown that the current building envelope does not meet the requirements prescribed by applicable laws. After results is described the proposed renovation of the building. Then there are presents new results after renovation. The thesis presents the effects of typical thermal bridges which occur at the facility before and after renovation. The results obtained showed that the differential transmission loss between simplified and the actual consideration of thermal bridges before renovation higher than the results after the renovation. The reason for this is that we had before the energy renovation more thermal bridges. With energy renovation the influence of some thermal bridges was limited or have been removed.

## ZAHVALA

Zahvaljujem se vsem, ki so me v času študija v podpirali predvsem družini, ki mi je omogočila študij in mi ves čas stala ob strani.

Zahvalil pa bi se rad tudi mentorju doc. dr. Romanu Kuniču in somentorju asist. Luku Pajku za vso pomoč, napotke in ideje pri pisanju diplomske naloge ter lektorici Vandi Dolžan.

## KAZALO VSEBINE

<b>1 UVOD</b> .....	1
1.1 Namen naloge .....	1
<b>2 ZAKONODAJA</b> .....	2
2.1 Evropska direktiva o energetske učinkovitosti v stavbah – EPBD-r .....	2
2.2 Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah – PURES 2010 .....	2
2.3 Tehnična smernica za graditev TSG-1-004:2010 Učinkovita raba energije .....	2
2.4 Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic .....	3
<b>3 TOPLOTNI MOSTOVI</b> .....	5
3.1 Vrste toplotnih mostov .....	6
3.1.1 Konstrukcijski toplotni mostovi .....	6
3.2 Geometrijski toplotni most .....	7
3.3 Kombiniran toplotni most .....	7
3.4 Konvekcijski toplotni most .....	8
3.3 Določitev vplivov toplotnih mostov .....	8
3.3.1 Standard SIST EN ISO 14683 .....	9
<b>4 OBRAVNAVANI OBJEKT</b> .....	12
4.1 Pred sanacijo .....	12
4.1.1 Obstoječe stanje .....	12
4.1.2 Toplotni mostovi .....	16
4.2 Sanacija objekta .....	20
4.2.1 Toplotni mostovi .....	24
<b>5 IZRAČUN ENERGIJSKE LATNOSTNI STAVBNEGA OVOJA PRI OBRAVNAVANEM OBJEKTU</b> .....	27
5.1 Pred sanacijo objekta .....	27
5.1.1 Vhodni podatki .....	27
5.1.2 Rezultati .....	34
5.1.2.1 Upoštevanje vpliva toplotnih mostov na poenostavljen način - TSG-01-004-3.1.2 .....	34



---

5.1.2.2 Upoštevanje vpliva toplotnih mostov po dejanskem postopku – EN SIST 13789 / SIST EN ISO 14683 .....	35
5.1.3 Primerjava rezultatov .....	36
5.2 Po sanaciji objekta .....	38
5.2.1 Vhodni podatki .....	38
5.2.2 Rezultati .....	40
5.2.2.1 Upoštevanje vpliva toplotnih mostov na poenostavljen način - TSG-01-004-3.1.2.....	40
5.2.2.2 Upoštevanje vpliva toplotnih mostov po dejanskem postopku – EN SIST 13789 / SIST EN ISO 14683 .....	41
5.2.3 Primerjava rezultatov .....	42
<b>6 ZAKLJUČEK</b> .....	<b>45</b>
<b>VIRI</b> .....	<b>46</b>

## KAZALO SLIK

Slika 1: prikaz razredov energetske učinkovitosti in letne potrebne toplote za ogrevanje objektov na enoto uporabne površine stavbe $Q_{NH} / A_U$ kWh/(m <sup>2</sup> a) (vir: [9]).....	3
Slika 2: objekt (vir: [14]).....	5
Slika 3: termografski posnetek (vir: [14]) .....	5
Slika 4: primer konstrukcijskega toplotnega mostu (vir: [15]).....	6
Slika 5: geometrijski toplotni most (vir: [11]) .....	7
Slika 6: kombiniran toplotni most (vir: [11]).....	7
Slika 7: prikaz numeričnega izračuna (vir: [18]).....	9
Slika 8: prikaz kataloga toplotnih mostov (vir: [19]).....	9
Slika 9: prikaz lokacije toplotnih mostov (vir: [16]) .....	10
Slika 10: prikaza konstrukcijskega sklopa in linijskega toplotnega prehoda $\Psi$ (vir: [16]).....	11
Slika 11: lokacija objekta (vir: [20]) .....	12
Slika 12: obravnavani objekt (vir: avtor) .....	13
Slika 13: detajl pri podstrešju pred (levo) in po (desno) sanaciji (vir: [22]) .....	20
Slika 14: balkon pred (levo) in po (desno) sanaciji (vir: [15]) .....	21
Slika 15: detajl pri oknu (vir: [23]) .....	21
Slika 16: detajl pri strehi (vir: [22]) .....	25
Slika 17: vnos splošnih podatkov (vir: [4]) .....	27
Slika 18: klimatski podatki za obravnavan objekt (vir: [4]).....	28
Slika 19: zavihek osnovni podatki (vir: [4]) .....	29
Slika 20: zavihek prezračevanje (vir: [4]).....	29
Slika 21: zavihek stena, streha (vir: [4]).....	30
Slika 22: zavihek transparentni del (vir: [4]).....	30
Slika 23: zavihek tla (vir: [4]) .....	31
Slika 24: zavihek predelni KS med conami (vir: [4]).....	31

---

Slika 25: zavihek topla voda (vir: [4]).....	32
Slika 26: Graf - koeficient specifičnih transmisijских toplotnih izgub ( $H'T$ ) pred sanacijo (vir: avtor) .....	36
Slika 27: Graf - letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto uporabne površine ( $Q_{NH/AU}$ ) pred sanacijo (vir: avtor) .....	37
Slika 28: Graf - koeficient specifičnih transmisijских toplotnih izgub ( $H'T$ ) po sanaciji (vir: avtor) .....	42
Slika 29: Graf - letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto uporabne površine ( $Q_{NH/AU}$ ) po sanaciji (vir: avtor).....	42
Slika 30: Graf – odstotek letnih transmisijских izgub v razmerju do celotnih izgub (vir: avtor)	43

## KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: prikaz sestave konstrukcijskih sklopov obstoječega stanja, z rdečo barvo so obarvani rezultati, ki ne ustrezajo veljavnim zakonodajam (vir: [5]) .....	14
Preglednica 2: balkon na objektu in konstrukcijski prikaz iz standarda za balkon (vir: lasten, [16]) .....	16
Preglednica 3: okno na objektu in konstrukcijski prikaz iz standarda za okna (vir: lasten, [16]) .....	17
Preglednica 4: križanje pri strehi in konstrukcijski prikaz iz standarda za streho (vir: lasten, [16]) .....	18
Preglednica 5: izolacija pri kleti in konstrukcijski prikaz iz standarda za streho (vir: lasten, [16]) .....	19
Preglednica 6: vogal objekta in konstrukcijski prikaz iz standarda za vogal (vir: lasten, [16])	19
Preglednica 7: prikaz sestave konstrukcijskih sklopov po sanaciji, z zeleno barvo so obarvani rezultati, ki ustrezajo veljavnim zakonodajam (vir: [5]).....	22
Preglednica 8: detajl okna po sanaciji in konstrukcijski prikaz iz standarda za okna (vir: [23], [16]) .....	24
Preglednica 9: izolacija pri kleti in konstrukcijski prikaz iz standarda za streho (vir: lasten, [16]) .....	26
Preglednica 10: vogal objekta in konstrukcijski prikaz iz standarda za vogal (vir: lasten, [16]) .....	26
Preglednica 11: prikaz vhodnih podatkov za vse cone po sanaciji (vir: lasten) .....	33
Preglednica 12: rezultati na privzeti (poenostavljen) način (vir: [4]) .....	34
Preglednica 13: izgube in dobitki (vir: [4]).....	34
Preglednica 14: rezultati na dejanski način (vir [4]) .....	35
Preglednica 15: izgube in dobitki (vir: [4]).....	36
Preglednica 16: prikaz vhodnih podatkov za vse cone po sanaciji (vir: [4]) .....	39
Preglednica 17: rezultati na privzeti (poenostavljen) način po sanaciji (vir: [4]) .....	40
Preglednica 18: izgube in dobitki na privzeti način po sanaciji (vir: [4]).....	40
Preglednica 19: rezultati na dejanski način upoštevanja po sanaciji (vir:[4]).....	41
Preglednica 20: izgube in dobitki na dejanski način po sanaciji (vir: [4]).....	41

## 1 UVOD

Na zemlji vedno večji problem predstavljajo toplogredni izpusti, ki onesnažujejo zemeljsko ozračje. Zaradi tega je svetovna politika namenila veliko pozornosti zmanjšanju toplogrednih izpustov v ozračje. Pri tem je pomembna tudi učinkovita raba energije v stanovanjskih in nestanovanjskih objektih. Evropski parlament je tako sprejel direktivo, ki se imenuje Evropska direktiva o energetske učinkovitosti v stavbah ali EPBD [1], ki predpisuje energetske učinkovitost objektov ter upošteva cilje evropske podnebne-energetske politike 20-20-20 do leta 2020. Način gradnje novih objektov se je usmeril v gradnjo nizko oziroma v nič energijski različice izvedbe. Takšna gradnja, brez ustreznega razvoja materiala še pred nekaj leti ne bi bila možna. Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah – PURES in Tehnična smernica – TSG4 predpisujeta minimalne zahteve pri gradnji novih in prenovi obstoječih objektov za učinkovito rabo energije.

Obstoječemu objektu lahko z energetske sanacijo podaljšamo njegovo življenjsko dobo, izboljšamo počutje v objektu in učinkovito rabo energije. Obravnavani objekt v diplomski nalogi je dvostanovanjska hiša, ki je bila zgrajena leta 1975, končno zunanjo podobo pa je dobila leta 1994. Obravnavani objekt sem za diplomsko nalogo izbral zato, ker v njem stanujem že od rojstva. V obdobju, ko je bil grajen, se še ni posvečalo toliko pozornosti toplotnemu prehodu skozi ovoj stavbe, zato me je zanimalo, kolikšna je letna potreba po energiji, ki je namenjena ogrevanju obstoječega stanja in kakšna sanacija objekta bi bila potrebna, da bi objekt ustrezal minimalnim zahtevam po PURES-u [2] in TSG4 [3].

### 1.1 Namen naloge

Namen naloge je na konkretnem primeru stavbe izračunati energetske lastnosti trenutnega stanja objekta pri katerem sem si pomagal s programom TOST [4] in spletnim programskim orodjem U-wert [5]. Sledi opis prilagoditve stavbnega ovoja zahtevam, ki so zapisane v pravilniku za učinkovito rabo energije v Sloveniji – PURES. Po opisu predloga energetske preнове bom v nalogi ponovno s pomočjo programa TOST izračunal energijske lastnosti objekta po predlagani sanaciji. Predstavil bom tudi tipične toplotne mostove, ki se pojavljajo pri objektih ter ovrednotil njihov vpliv po privzetem (poenostavljenem) in dejanskem postopku v skladu s PURES-om [2] in s SIST EN ISO 14683 [6].

## 2 ZAKONODAJA

### 2.1 Evropska direktiva o energetske učinkovitosti v stavbah – EPBD-r

EPBD spodbuja k izboljšanju energetske učinkovitosti stavb z upoštevanjem klimatskih in lokalnih lastnosti v Evropski uniji. Upošteva tudi cilje evropske podnebne-energetske politike 20/20/20 do leta 2020, kar pomeni 20% zmanjšanja emisij CO<sub>2</sub>, 20% izboljšanje energetske učinkovitosti in 20% povečanje obnovljivih virov energije do leta 2020. Vse zahteve, ki so določene v tej direktivi, so minimalne in vsi zakoni morajo upoštevati do direktivo.

V 7. členu je opisano, da se pri večji prenovi obstoječih stavb zagotovi izpolnitev minimalnih zahtev glede energetske učinkovitosti, ki so določene v skladu s 4. členom te direktive [1], [7].

### 2.2 Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah – PURES 2010

PURES 2010 je začel veljati leta 2011, z njima pa so določene **tehnični normativi**, ki jih morajo izpolnjevati stavbe za učinkovito rabo energije na področju toplotne zaščite, hlajenja, ogrevanja, pripravi tople vode in razsvetljave. **PURES 2010 moramo upoštevati** pri novogradnjah kot tudi pri večji prenovi obstoječe stavbe, kjer prenova toplotnega ovoja stavbe zajema več kot 25 % površine toplotnega ovoja. Določanje gradbenih ukrepov oziroma rešitev za doseg zahtev iz PURES-a 2010 in metode za izračune lastnosti stavb je zapisano v tehnični smernici za graditev TSG-1-004 - Učinkovita raba energije. Njena uporaba je obvezna. [2].

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

S tem pravilnikom so predpisane tehnične zahteve, ki jih mora izpolnjevati stavba za učinkovito rabo energije na področju toplotne zaščite, ogrevanja, hlajenja, pripravi tople vode, itd. Uporaba TSG-1-004 je obvezna.

V tehnični smernici je določeno, da mora biti vpliv toplotnih mostov za letno potrebo po toploti čim manjši. Pri toplotnih mostovi, ki imajo linijsko toplotno prehodnost večjo kot  $\psi_e > 0,2$  W/mK, moramo detajle popraviti tako, da se jim izognemo. V primeru, da takšna izvedba detajla ni mogoča, moramo dokazati, da ne prihaja do kondenzacije vodne pare na mestu toplotnega mostu.

Pri toplotnih mostovi, ki imajo linijsko toplotno prehodnost manjšo kot  $\psi_e < 0,2$  W/mK, se njihov vpliv lahko upošteva na poenostavljen način, s povečanjem toplotne prehodnost ovoja stavbnega ovoja za 0,06 W/m<sup>2</sup>K [3].

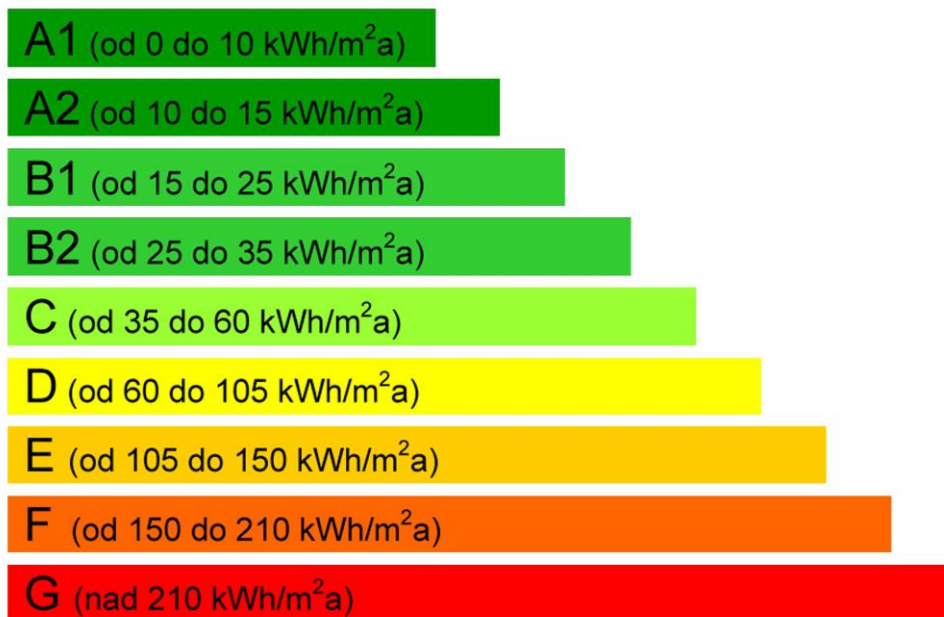
## 2.4 Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb

Ta pravilnik [8] je stopil v veljavo leta 2014 in z njim je določena vsebina, oblika in način izdelave energetskih izkaznic. Poznamo:

1. Računska energetska izkaznica, ki se izdelava za vse novo zgrajene objekte na podlagi izračunanih energijskih kazalnikov letne rabe energije (toplota za ogrevanje, letne emisije, dovedena energija za delovanje stavbe, ...).
2. Merjena energetska izkaznica, ki se izdelava za nestanovanjske objekte, ki so že zgrajeni. Določa se na podlagi meritev letne rabe energije.

Za objekte, ki so kulturno zaščiteni, izdelava energetskih izkaznic ni potrebna.

Energijski kazalniki, določeni na podlagi računske in merjene energetske izkaznice, se prikazujejo na barvnem poltraku (slika 1).



Slika 1: prikaz razredov energetske učinkovitosti in letne potrebne toplote za ogrevanje objektov na enoto uporabne površine stavbe  $Q_{NH} / A_U$  kWh/(m<sup>2</sup>a) (vir: [9])

V 7. členu tega pravilnika je zapisano priporočilo za učinkovito in stroškovno izboljšavo energetske učinkovitosti stavbe. Predlagani učinki so:

- sanacija stavbnega ovoja
- izboljšanje energetske učinkovitosti sistemov
- povečanje učinkovitosti rabe obnovljivih virov energije.

S tem pravilnikom je določeno tudi, da mora biti na vidnem mestu v stavbah nameščena vsaj prva stran energetske izkaznice, ki so v lasti javnega sektorja in to so:

- stavbe javne uprave
- stavbe kot so šola in univerze
- stavbe za zdravstvo
- stavbe namenjene kulturnim dejavnostim in za razvedrilo [8], [9].



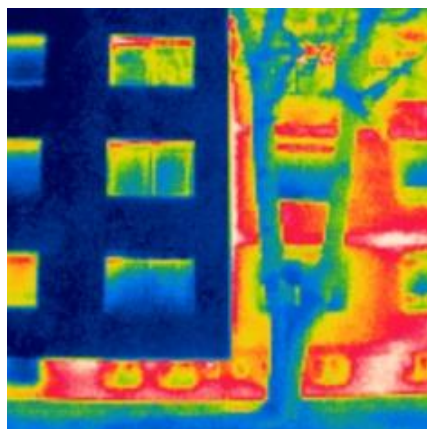
### 3 TOPLOTNI MOSTOVI

Toplotni most nastane na mestu zunanjšega dela ovoja stavbe, kjer je toplotni upor konstrukcijske sklopa izrazito manjši od toplotnega upora na sosednjih mestih. Na toplotnem mostu je prehod toplote v zimskem času iz notranjega ogrevanega prostora proti zunanji okolici močno povečan, notranja površinska temperatura pa je na tem delu nižja kot drugod. Pojav toplotnega mostu ne vpliva samo na toplotno prehodnost stavbe, vpliva tudi na počutje uporabnikov. Na mestih pojavljanja toplotnih mostov lahko nastane plesen, ki vpliva na higiensko in zdravstveno stanje v stavbi [10], pojavita se lahko tudi korozija in odpadanje ometa. Poznamo več vrst toplotnih mostov, ki se razlikujejo glede na vzrok nastanka in glede na obliko. Glede na vzrok nastanka poznamo: konstrukcijski, geometrijski, kombinirani in konvekcijski toplotni most, glede na obliko pa poznamo linijske in točkovne toplotne mostove [11], [12].

Najlažji način odkrivanja toplotnih mostov je z izdelavo termografskih posnetkov stavbe (Slika 3). Za izdelavo termografskih posnetkov potrebujemo termokamero, ki zazna infrardeče sevanje stavbe, ki je našim očem skrito [13].



Slika 2: objekt (vir: [14])



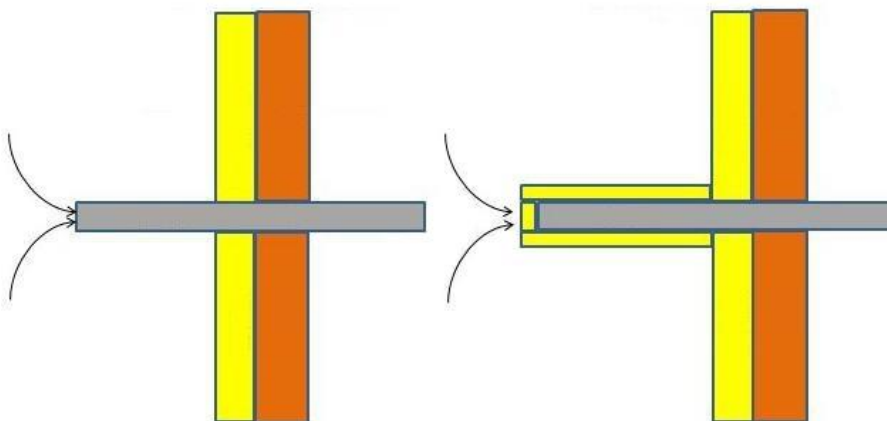
Slika 3: termografski posnetek (vir: [14])

Na sliki 3 je prikazan termografski posnetek objekta. Objekt je na levi strani toplotno izoliran, medtem ko desna stran in cokel nista izolirana. Modra barva na termografskem posnetku (slika 3) prikazuje mesta, kjer je objekt toplotno izoliran in ima nižjo površinsko temperaturo, rdeča barva pa prikazuje visoko površinsko temperaturo, ki se pojavi na toplotno neizoliranih delih stavbe oziroma na mestih toplotnega mostu.

### 3.1 Vrste toplotnih mostov

#### 3.1.1 Konstrukcijski toplotni mostovi

Konstrukcijski toplotni most (Slika 4) se pojavi takrat, ko je toplotni ovoj prekinjen z materialom, ki ima večjo toplotno prevodnost (jeklo, armiran beton). Pojavi pa se tudi, ko element ni zaščiten s toplotnim ovojem z zunanje kot tudi z notranje strani. Vzrok za nastanek je največkrat nepravilna izvedba detajlov in križanj, ki pa se jim lahko s pravilnim načrtovanjem skoraj povsem lahko izognemo [11].

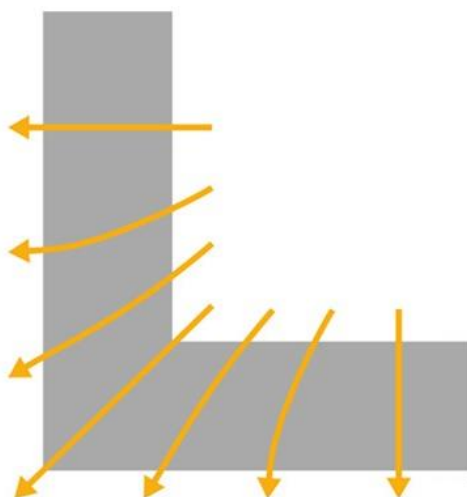


Slika 4: primer konstrukcijskega toplotnega mostu (vir: [15])

Na sliki 4 je prikazana verjetno najpogostejši konstrukcijski toplotni most, ki se pojavlja pri starejših objektih. Na levi strani je prikazan neizoliran balkon ali terasa, ki je povezan z armiranobetonsko ploščo. Ovoj stavbe je zaradi balkona prekinjen in predstavlja toplotni most. Na desni strani slike pa je prikazana rešitev – dodatna toplotna izolacija okoli balkona.

### 3.2 Geometrijski toplotni most

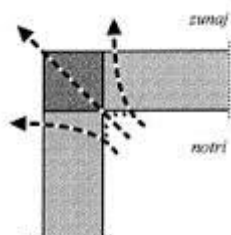
Takšni toplotni most se pojavi na ovoja, kjer je temperatura na zunanji površini, preko katere prehaja toplota iz ogrevanega prostora v zunanje okolje, precej višja od temperature na notranji strani. To se največkrat pojavi v vogalih stavbe. Geometrijskih toplotnih mostov (Slika 5) ne moremo odstraniti, lahko le zmanjšamo njihov vpliv. Priporočeno je, da se izogibamo vogalom, ki imajo manjši kot od  $90^\circ$  [11].



Slika 5: geometrijski toplotni most (vir: [11])

### 3.3 Kombiniran toplotni most

Kombiniran toplotni most (Slika 6) nastane v kombinaciji geometrijskega in konstrukcijskega toplotnega mostu. Takšni primeri so precej pogosti: armiranobetonska plošča, armiranobetonska potresna vogalna vez in balkonska stena in podobno [11].



Slika 6: kombiniran toplotni most (vir: [11])

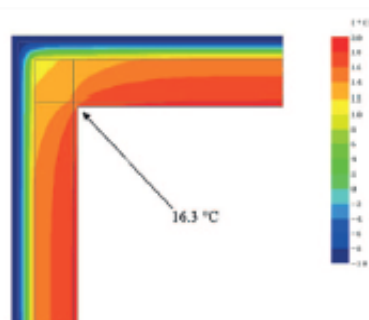
### 3.4 Konvekcijski toplotni most

Ta toplotni most nastane, ko navlažen notranji zrak prehaja v konstrukcijski sklop zaradi prekinitve ali netesnosti na toplotnem ovoju stavbe. Kondenzacija vodne pare, ki nastane v konstrukcijskem sklopu, je bolj nevarna kot kondenzacija, ki nastane zaradi ovirane difuzije vodne pare. Mesta, kjer največkrat prihaja do konvekcijskih toplotnih mostov, so izolirane strehe nad ogrevanim prostorom in okenske preklade [11].

### 3.3 Določitev vplivov toplotnih mostov

Linijška toplotna prehodnost  $\Psi$  (W/mK) predstavlja vpliv linijskih toplotnih mostov in je določena s količnikom med toplotnim tokom in med dolžino ter razlika v temperaturi na obeh straneh toplotnega mostu. Pri izbiri linijske toplotne prehodnosti imamo po standardu SIST EN 14683 na razpolago tri načine [16]:

1. numerični izračun (Slika 7) – najbolj natančen izračun. Deluje v skladu s standardom SIST EN 10211, ki natančno predpisuje postopke za izračun toplotnega toka in površinske temperature, s katerimi lahko potem določimo toplotno prehodnost  $\Psi$  (W/mK) posameznega toplotnega mosta. Za numerični izračun potrebujemo programsko opremo, s katero prikažemo vpliv toplotnega mosta [17].
2. katalogi toplotnih mostov (Slika 8) – natančnost izračuna je podobna kot pri numeričnem izračunu ampak samo, če se primer v katalogu popolnoma ujema z dejanskim detajlom. V katalogu toplotnih mostov so namreč določeni fiksni materiali in fiksne dimenzije, zato obstaja velika možnost, da se primer v katalogu z dejanskimi toplotnimi mostovi ne ujema dovolj točno. Vrednost linijske toplotne prehodnosti  $\Psi$  lahko uporabimo v primeru, če so toplotne lastnosti detajla v katalogu podobne ali slabše kot na dejanskem toplotnem mostu [17].
3. privzete vrednosti – najmanj natančen izračun. Te vrednosti toplotne prehodnosti lahko uporabimo, ko nimamo točnih informacij glede izvedbe detajla, ali kadar nam zadošča le groba ocena [16].



Slika 7: numerični izračun (vir: [18])

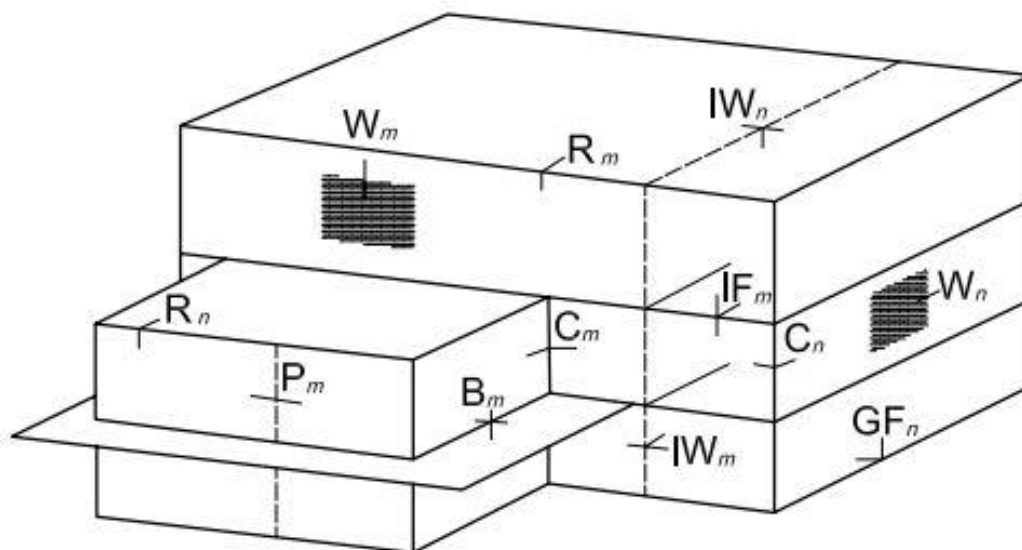
Stahlkorb		1.1-Z2	
		U-Wert Wand in W/(m <sup>2</sup> · K)	Ψ-Wert in W/(m · K)
1		0.15	0.24
2		0.20	0.23
		0.25	0.22
		0.30	0.22
		0.35	0.21
		0.40	0.20
Einschränkungen		Zuschläge	
Kragplattenanschlussdämmung	8 cm	4 Kragplattenanschlussdämmung 6 cm	+ 0.03 W/(m · K)
Bodenheizung	keine	Bodenheizung	+ 0.02 W/(m · K)

$$\Psi = 0.23 + 0.03 = 0.26 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$$

Slika 8: katalog toplotnih mostov (vir: [19])

### 3.3.1 Standard SIST EN ISO 14683

V standardu SIST EN ISO 14683 so zapisane privzete vrednosti za linijsko toplotno prehodnost  $\Psi$ . Te vrednosti lahko uporabljamo, ko nimamo točnih informacij glede izvedbe detajla ali kadar nam zadošča le groba ocena  $\Psi$ . Privzetih vrednosti  $\Psi$  ne moremo upoštevati pri kritičnih površinskih temperatura, pri katerih nastane kondenzacija [16].



Slika 9: prikaz lokacije toplotnih mostov (vir: [16])

Na sliki 9 so označene lokacije tipičnih linijskih toplotnih mostov. Označeni so z oznakami, ki odvisne od konstrukcijskega sklopa, kjer se pojavlja toplotni most:






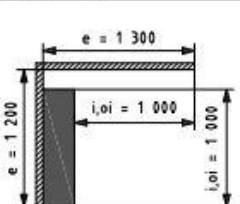

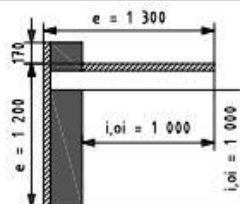
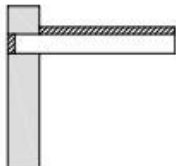
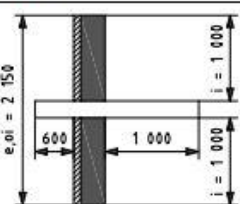
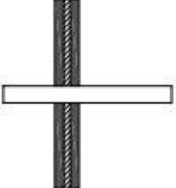
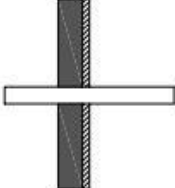
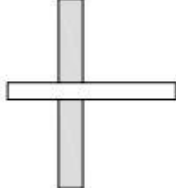
- R – streha
- B – balkon
- C – vogali
- IF – medetažne konstrukcije
- IW – notranje stene
- GF – tla
- P – stebri
- W – okna in vrata

Vrednost linijskega toplotnega prehoda  $\Psi$  za posamezni konstrukcijski sklop lahko določimo na 3 različne načine:

1.  $\Psi_i$  – notranje dimenzijah, dolžine merjene za posamezne sobe
2.  $\Psi_{oi}$  – skupne notranje dimenzije v celotnem objektu, dolžine merjene v celotnem objektu za enake KS,
3.  $\Psi_e$  – dolžina zunanjih dimenzij

Uporabljamo lahko vse tri načine, paziti pa moramo na to, da vedno uporabljamo enak način pri vseh oblikah toplotnih mostov na objektu. Za Slovenijo je s Tehnično smernico za graditev TSG-1-004:2010 določeno, da izberemo tretji način, ki temelji na določanju dolžin zunanjih dimenzij.

Tipični toplotni mostovi so v standardu SIST EN 14683 za različne KS prikazani v tabeli (slika 10). Konstrukcijski sklopi se razlikujejo po sestavi in poziciji toplotne izolacije poleg prikaza konstrukcijskega sklopa pa so zapisane tudi vse 3 vrednosti linijskega toplotnega prehoda  $\Psi$ , ki so odvisne od načina določanja dolžin toplotnega mosta [16].

 Wall	 Lightweight wall (including lightweight masonry and timber frame walls)	 Insulating layer	 Slab/pillar	 Window frame
<b>Roofs (continued)</b>				
 <p><b>R9</b></p> $\Psi_e = -0,05$ $\Psi_{oi} = 0,15$ $\Psi_i = 0,15$	 <p><b>R10</b></p> $\Psi_e = 0,00$ $\Psi_{oi} = 0,20$ $\Psi_i = 0,20$	 <p><b>R11</b></p> $\Psi_e = 0,05$ $\Psi_{oi} = 0,25$ $\Psi_i = 0,25$	 <p><b>R12</b></p> $\Psi_e = 0,15$ $\Psi_{oi} = 0,40$ $\Psi_i = 0,40$	
<b>Balconies</b>				
 <p><b>B1</b></p> $\Psi_e = 0,95$ $\Psi_{oi} = 0,95$ $\Psi_i = 1,05$	 <p><b>B2</b></p> $\Psi_e = 0,95$ $\Psi_{oi} = 0,95$ $\Psi_i = 1,05$	 <p><b>B3</b></p> $\Psi_e = 0,90$ $\Psi_{oi} = 0,90$ $\Psi_i = 1,00$	 <p><b>B4</b></p> $\Psi_e = 0,70$ $\Psi_{oi} = 0,70$ $\Psi_i = 0,80$	

Slika 10: KS in linijskega toplotnega prehoda  $\Psi$  (vir: [16])

## 4 OBRAVNAVANI OBJEKT

### 4.1 Pred sanacijo

#### 4.1.1 Obstoječe stanje

Obravnavani objekt je dvostanovanjska hiša, ki je bila zgrajena leta 1975. Sleme strehe je orientiran JV – SZ. Objekt je visok 10 m, dolg je 11,3 m in širok je 9,3 m. Razdeljen je na dve ogrevani stanovanji, ki sta eden nad drugim, uporabna površina enega stanovanja je 81m<sup>2</sup> višina stropa pa je 2,5 m. Pod prvim stanovanjem je klet, ki je neogrevana in ima polovico svoje višine pod terenom drugo, polovico pa nad terenom. Uporabna površina kleti je prav tako 81 m<sup>2</sup>, višina stropa pa je 2,20 m. Nad drugim stanovanjem je neogrevano pohodno podstrešje namenjeno odlaganju stvari. Uporabno površina podstrešja je 89 m<sup>2</sup>. Klet, 1. in 2. stanovanje ter podstrešje povezuje stopnišče, ki je neogrevano. Ogrevani stanovanji se ogrevata na utekočinjen naftni plin, prezračevanje pa se izvaja naravno. Na sliki 11 so prikazane koordinate obravnavanega objekta, na sliki 12 pa je prikazan pogled na objekt.



Slika 11: lokacija objekta (vir: [20])

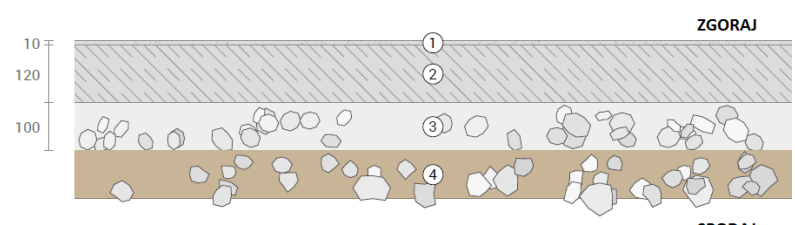
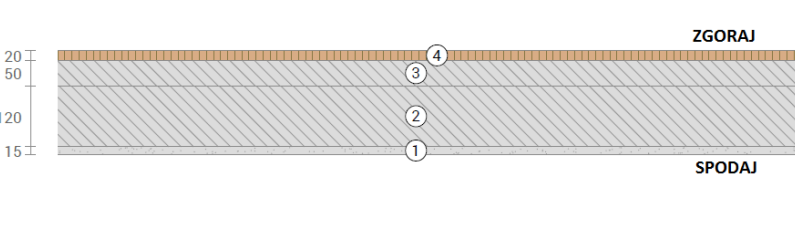
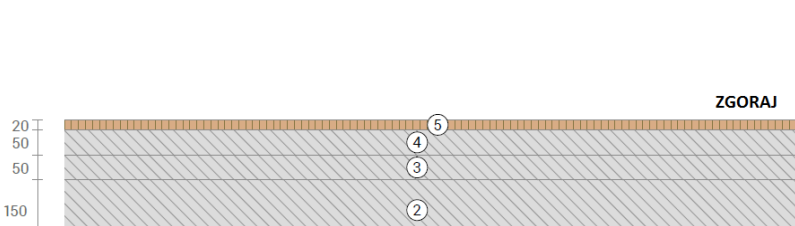




Slika 12: obravnavani objekt (vir: avtor)

Zaradi pomanjkanja denarja je obravnavani objekt dobil končno fasado leta 1994, ki od takrat še ni bila prenovljena in zato ne ustreza predpisom za učinkovito rabo energije v Sloveniji – PURES 2010. Leta 2010 so bila stara lesena okna zamenjana z dvojno zastekljenimi PVC okni. Zamenjana so bila vsa okna v obeh stanovanjih in na stopnišču, okna v kleti in na podstrehi pa so ostala lesena. Kritina na strehi je, značilna za tisto obdobje, salonitka, ki še ni bila zamenjana, ker je še v dobrem stanju, potrebna pa bi bila zamenjave, saj je okoljske zelo oporečna. KS so zgrajeni značilno za tisto obdobje, brez načrtovanja detajlov križanj, saj ni bilo na razpolago veliko različnih materialov in sama gradnja hiš s stališča toplotnega ovoja še ni bila tako razvita. Sestava konstrukcijskih sklopov obstoječega stanja je prikazano v preglednici 1. Toplotno prehodnost ( $U$ ) skozi posamezni konstrukcijski sklop sem pridobil s pomočjo spletnega programskega orodja U-wert [5].

Preglednica 1: prikaz sestave KS obstoječega stanja, z rdečo barvo so obarvani rezultati, ki ne ustrezajo veljavnim zakonodajam (vir: [5])

TLA KLET	
	<ol style="list-style-type: none"><li>1. ploščice - 10 mm</li><li>2. beton - 120 mm</li><li>3. nasutje - 100 mm</li><li>4. utrjena podlaga</li></ol> <p><b>U = 3,55 W/m<sup>2</sup>K</b></p>
TLA 1. NADSTROPJE	
	<ol style="list-style-type: none"><li>1. omet - 15 mm</li><li>2. armiranobetonska plošča - 120 mm</li><li>3. tlak s stiroporjem - 50 mm</li><li>4. parket - 20 mm</li></ol> <p><b>U = 2,38 W/m<sup>2</sup>K</b></p>
TLA 2. NADSTROPJE	
	<ol style="list-style-type: none"><li>1. omet - 15 mm</li><li>2. monta - 150 mm</li><li>3. beton - 50 mm</li><li>4. tlak s stiroporjem - 50 mm</li><li>5. parket - 20 mm</li></ol> <p><b>U = 1,59 W/m<sup>2</sup>K</b></p>

se nadaljuje ...

... nadaljevanje preglednice 1

<b>TLA PODSTREHA</b>	
	<p>5. tlak – 50 mm 4. mineralna volna – 120 mm 3. beton – 50 mm 2. monta – 150 mm 1. omet – 15 mm</p> <p><b><math>U = 0,288 \text{ W/m}^2\text{K}</math></b></p>
<b>ZUNANJA STENA</b>	
	<p>4. fasadni omet – 15 mm 3. kombi plošče – 50 mm 2. opeka – 300 mm 1. omet – 15 mm</p> <p><b><math>U = 0,51 \text{ W/m}^2\text{K}</math></b></p>
<b>STENA MED STOPNIŠČEM IN STANOVANJMI</b>	
	<p>3. omet – 15 mm 2. opeka – 200 mm 1. omet – 15 mm</p> <p><b><math>U = 1,96 \text{ W/m}^2\text{K}</math></b></p>
<b>STREHA</b>	
	<p>2. salonitke 1. zračna plast</p> <p><b><math>U = 6,08 \text{ W/m}^2\text{K}</math></b></p>

#### 4.1.2 Toplotni mostovi

Ker se pri načrtovanju in gradnji ni veliko posvečalo izvedbi detajlov križanj, je pri končnem objektu prišlo do značilnih toplotnih mostov, ki so natančneje opisani v podpoglavjih:

- balkon
- okna
- vogali
- prehajanje toplote skozi nepravilno zaključeno izolacijo na podstrehi

##### Toplotni most pri balkonu (Preglednica 2)

Objekt ima 2 velika balkona, ki nista pravilno načrtovana, saj je balkon iz armiranega betona in je neizoliran, kar predstavlja pri objektu velik toplotni most. En balkon je dolg 13,35 m, torej skupaj dva balkona predstavljata dolžino 26,7 m. V preglednici 2 sta vidna balkona na objektu in konstrukcijski sklop iz standarda SIST EN 14683.

Preglednica 2: balkon na objektu in konstrukcijski prikaz iz standarda za balkon (vir: lasten, [16])



##### Toplotni most pri oknih (Preglednica 3)

Stara lesena okna so bila leta 2010 zamenjana za nova, dvoslojno zastekljena PVC okna, ki ustrezajo današnjim zahtevam, kar pa ne pomeni, da so bili odstranjeni toplotni mostovi pri oknih. Ob menjavi oken namreč ni bilo izvedeno pravilno križanje pri namestitvi oken, da bi ustrezalo današnjim standardom in zahtevam in so zato nameščena na sredino zidarske odprtine, med zunanjim in notranjim okoljem, kot je vidno v preglednici 3. Skupno število oken in vrat na objektu je 30 in predstavljajo skupno dolžino 129,2 m. Po različnih conah so dolžine toplotnih mostov razdeljene:

- klet 23 m
- stopnišče 15,9 m

- 1. stanovanje 41,55 m
- 2. Stanovanje 41,55 m
- podstrešje 7,2 m

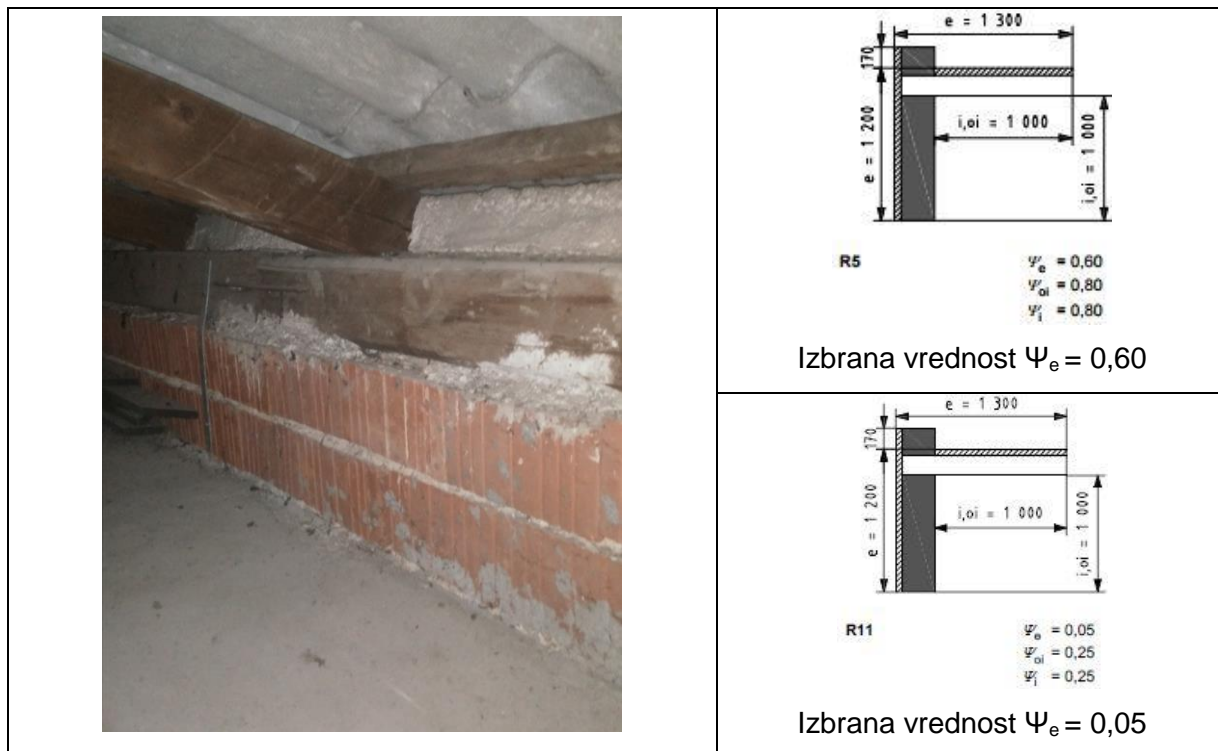
Preglednica 3: okno na objektu in konstrukcijski prikaz iz standarda za okna (vir: lasten, [16])



#### Toplotni most pri strehi (Preglednica 4)

Ker je detajl pri strehi nepravilno izveden, prihaja do prehoda toplote po celotnem obsegu objekta. Toplota iz 2. stanovanja prehaja skozi nepravilno izvedenim zaključkom toplotne izolacije v okolico. Do takšnih vrst toplotnih mostov prihaja pri večini objektov, ki imajo neogrevano podstrešje, saj se takrat ni posvečalo dovolj pozornosti pri izvedbi pravih križanj toplotne izolacije, ker so verjetno mislili, da neogrevanje podstrešja ni potrebno dodatno izolirati. Celotna dolžina toplotnega mosta pri strehi je 41,2 m.

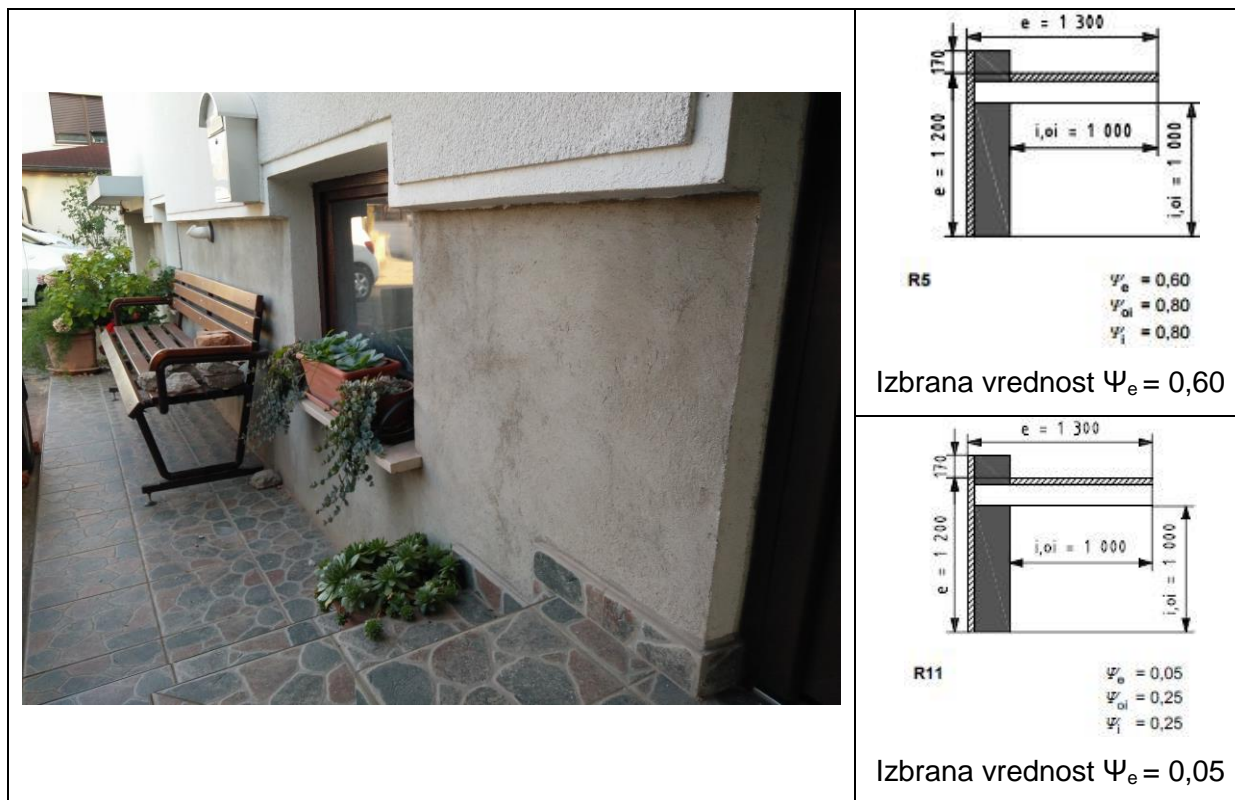
Preglednica 4: križanje pri strehi in konstrukcijski prikaz iz standarda za streho (vir: lasten, [16])



#### Toplotni most pri kleti (Preglednica 5)

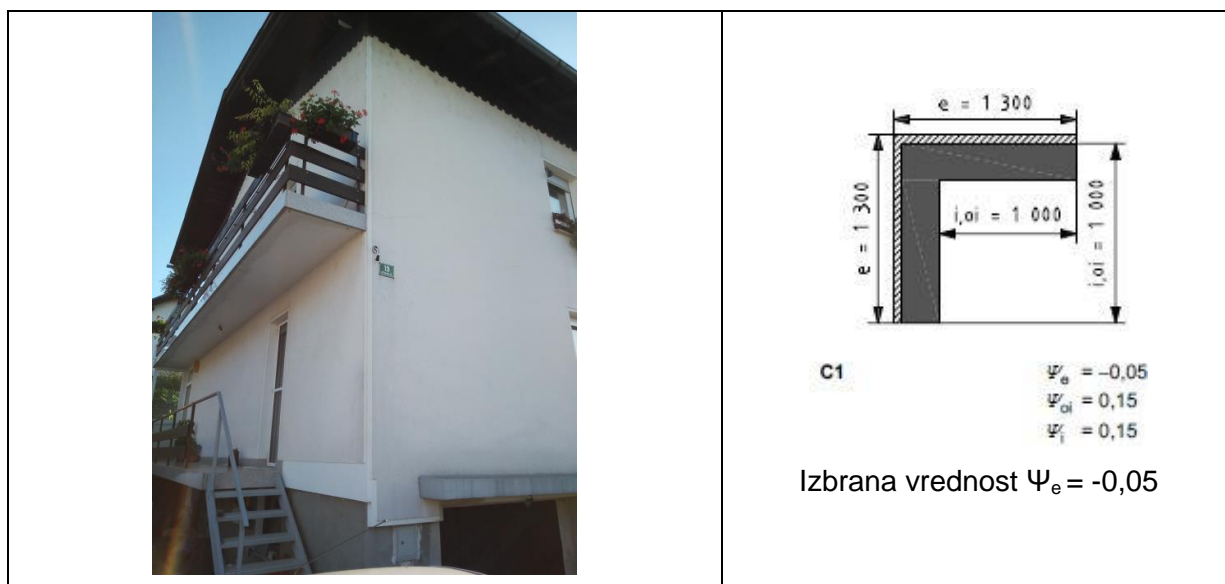
Zaradi nepravilne izvedene izolacije na zunanji steni, kot je vidno v preglednici 5, prihaja do podobnega toplotnega mosta kot pri strehi, saj je izolacija nameščena le do polovice kletne stene nad terenom. Celotna dolžina toplotnega mosta zaradi nepravilne izvedbe izolacije je 41,2 m.

Preglednica 5: izolacija pri kleti in konstrukcijski prikaz iz standarda za streho (vir: lasten, [16])

Toplotni most v vogalih (Preglednica 6)

Toplotni most v vogalih se pojavlja v vseh objektih, ki so toplotno izolirani. Ne moremo ga odstraniti, lahko pa omejimo njegov vpliv. Skupna dolžina toplotnih mostov na obravnavane objektu v vogalih je 24,8 m, izbrana vrednost  $\Psi_e$  pa je negativna, ker v izračunu energetske bilance upoštevamo zunanje dimenzije objekta.

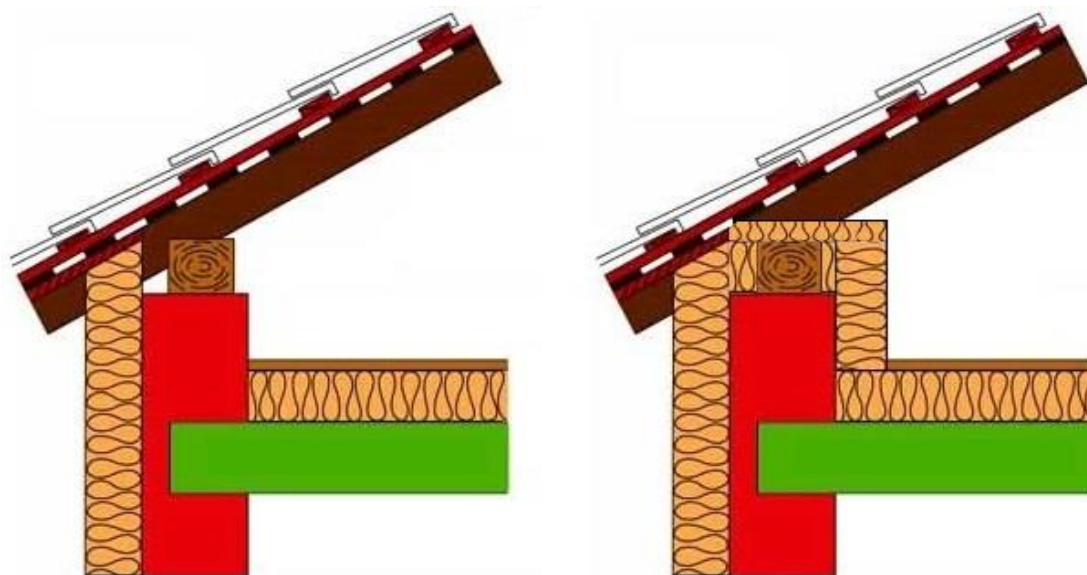
Preglednica 6: vogal objekta in konstrukcijski prikaz iz standarda za vogal (vir: lasten, [16])



## 4.2 Sanacija objekta

Kot je razvidno iz preglednice 1, nobena skupna toplotna prehodnost konstrukcijskega sklopa ne ustreza današnjim zahtevam in predpisom, ki so določene v Tehnični smernici – TSG4 zato bi za učinkovito rabo energije morali objekt dodatno toplotno izolirati. Nove vrednosti toplotne prehodnosti ( $U$ ) vseh konstrukcijskih sklopov sem določal na podlagi mejnih vrednosti, ki so določene v Tehnični smernici – TSG4. [3]

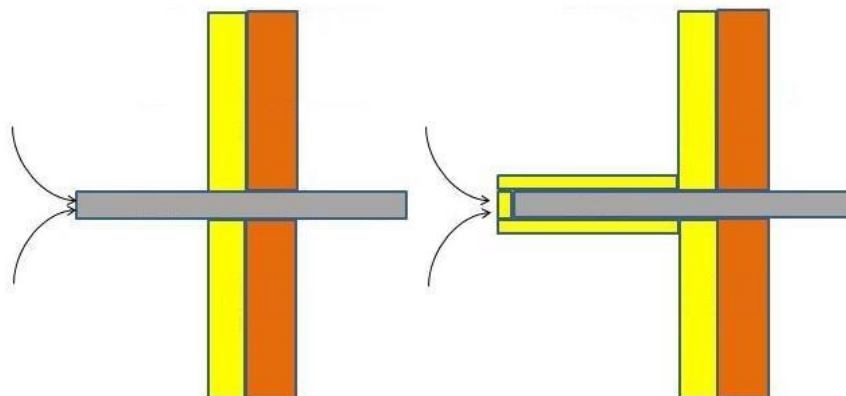
- Za dodatno toplotno izolacijo pri zunanjih stenah bi izbral EPS plošče, debeline 15 cm zaradi možnosti črpanja sredstev iz EKO skladov, kjer piše, da mora biti sloj nove toplotne izolacije debeline najmanj 18 cm, če ima toplotno prehodnost več kot  $0,45 \text{ W/mK}$ , oziroma lahko je tudi manjša debelina toplotne izolacije, če je razmerje med  $\lambda/d \leq 0,250 \text{ W/m}^2\text{K}$  [21]. Stena pri kleti, ki je nad terenom, je sedaj 80 cm njene višine neizolirana, 40 cm njene višine pa je izolirana s kombi ploščo, debeline 5 cm. Pri sami toplotni sanaciji bi na neizolirani del stene dodal najprej 5 cm debelo EPS ploščo in nato še 15 cm in bi tako skupna debelina izolacije znašala 20 cm kot pri celotni zunanji steni. Toplotno izolacijo pri tleh bi namestil v stik s tlemi.
- Detajl pri neogrevanem podstrešju je sedaj izdelan nepravilno in bi morali pri sanaciji izvesti pravilno križanje stene in tal pri podstrešju, kot je prikazano na sliki 13.



Slika 13: detajl pri podstrešju pred in po sanaciji (vir: avtor, [22])

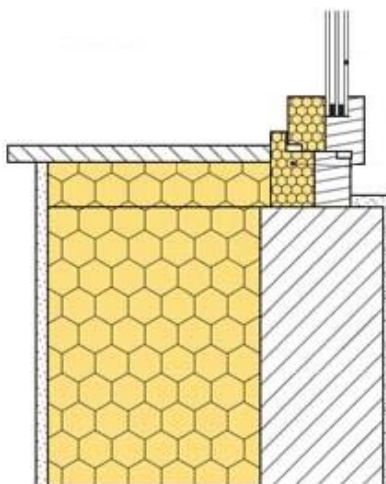
- Neizoliran balkon, ki predstavlja velik toplotni most pri objektu, ima najvišjo vrednost  $\Psi$ -ja, bi bilo potrebno obleči z dodatno toplotno izolacijo debeline 5 cm z vseh strani, tako bi omejili vpliv toplotnega mostu. Kako bi izgledal balkon po sanaciji, je prikazano na sliki 14.





Slika 14: balkon pred (levo) in po (desno) sanaciji (vir: [15])

- Okna pri obeh stanovanjih so bila zamenjana leta 2010 tako, da so sedaj nameščena dvoslojna PVC okna, ki ustrezajo predpisom in zahtevam. V kleti in na podstrešju so ostala stara okna lesena in jih tudi tokrat ne bi menjal, saj sta obe coni neogrevani. Potrebno pa bi bilo izvesti pravilen detajl pri vseh oknih, saj pri menjavi oken ta detajl ni bil izveden pravilno. Na sliki 15 je prikazana ena izmed možnih rešitev.



Slika 15: detajl pri oknu (vir: [23])

- Vse medetažne konstrukcije, razen tal na podstrešju, imajo sedaj zelo visoko toplotno prehodnost, vendar pa nobena vrednost ne ustreza vrednostim, ki so predpisane v tehnični smernici. Na vse medetažne konstrukcije bi bilo potrebno nanesti dodaten sloj toplotne izolacije. Ker je strop v kleti nizek, višina stropa je 2,2 m, bo potrebno izbrati material z veliko toplotno upornostjo, da bomo izgubili čim manj višine. Sam sem za izračune izbral toplotno izolacijo XPS debeline 8 cm. Tako dobimo strop višine 2,09 m, kar za prostore, kjer se ne gibamo pogosto, ustreza. Tla pri prvem nadstropju so sedaj sestavljena zgolj iz armiranega betona in tlaka, tako da bi ob sanaciji odstranili parket in namestili EPS ploščo, debeline 12 cm in nov parket. Tla pri 2. nadstropju imajo sedaj poleg armiranega betona in tlaka nameščeno še monto,

zato je toplotna prehodnost malo nižja in bi namestil samo 5 cm debelo ploščo EPS. Tla pri podstrešju imajo še dodatno sloj mineralne volne debeline 12 cm in bi namestil dodatno plast EPS-a debeline 8 cm, na katerega bi nato namestil še OSB plošče, da bi dobili pohodno podstrešje. V preglednici 7 so natančneje predstavljeni konstrukcijski sklopi po sanaciji.

Preglednica 7: prikaz sestave konstrukcijskih sklopov po sanaciji, z zeleno barvo so obarvani rezultati, ki ustrezajo veljavnim zakonodajam (vir: [5])

<b>TLA KLET</b>	
<b>ZGORAJ</b>	
<b>SPODAJ</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. tlak - 30 mm</li> <li>2. PE folija</li> <li>3. XPS - 80 mm</li> <li>4. ploščice - 10 mm</li> <li>5. beton - 120 mm</li> <li>6. nasutje - 100 mm</li> <li>7. utrjena podlaga</li> </ol> <p style="background-color: #90EE90; display: inline-block; padding: 2px;"><b>U = 0,32 W/m<sup>2</sup>K</b></p>
<b>TLA 1. NADSTROPJE</b>	
<b>ZGORAJ</b>	
<b>SPODAJ</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>6. parket – 20 mm</li> <li>5. PE folija</li> <li>4. EPS - 120 mm</li> <li>3. tlak s stiroporjem - 50 mm</li> <li>2. armiranobetonska plošča - 120 mm</li> <li>1. omet - 15 mm</li> </ol> <p style="background-color: #90EE90; display: inline-block; padding: 2px;"><b>U = 0,26 W/m<sup>2</sup>K</b></p>
<b>TLA 2. NADSTROPJE</b>	
<b>ZGORAJ</b>	
<b>SPODAJ</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>7. parket – 20 mm</li> <li>6. PE folija</li> <li>5. EPS – 50 mm</li> <li>4. tlak s stiroporjem - 50 mm</li> <li>3. beton – 50 mm</li> <li>2. monta – 150 mm</li> <li>1. omet – 15 mm</li> </ol> <p style="background-color: #90EE90; display: inline-block; padding: 2px;"><b>U = 0,49 W/m<sup>2</sup>K</b></p>

se nadaljuje ....

... nadaljevanje preglednice 7

<b>TLA PODSTREHA</b>	
	<p>8. OSB – 20 mm</p> <p>7. PE folija</p> <p>6. EPS – 80 mm</p> <p>5. tlak – 50 mm</p> <p>4. mineralna volna – 120 mm</p> <p>3. beton – 50 mm</p> <p>2. monta – 150 mm</p> <p>1. omet – 15 mm</p> <p><b><math>U = 0,172 \text{ W/m}^2\text{K}</math></b></p>
<b>ZUNANJA STENA</b>	
	<p>6. fasadni omet – 10 mm</p> <p>5. EPS – 150 mm</p> <p>4. fasadni omet – 15 mm</p> <p>3. kombi plošče – 50 mm</p> <p>2. opeka – 300 mm</p> <p>1. omet – 15 mm</p> <p><b><math>U = 0,157 \text{ W/m}^2\text{K}</math></b></p>
<b>STENA MED STOPNIŠČEM IN STANOVANJI</b>	
	<p>5. omet – 15 mm</p> <p>4. EPS – 50 mm</p> <p>3. omet – 15 mm</p> <p>2. opeka – 200 mm</p> <p>1. omet – 15 mm</p> <p><b><math>U = 0,51 \text{ W/m}^2\text{K}</math></b></p>
<b>STREHA</b>	
	<p>5. kritina</p> <p>4. prezračevalni sloj</p> <p>3. paropropustna folija</p> <p>2. lesene deske</p> <p>1. zračna plast</p> <p><b><math>U = 2,77 \text{ W/m}^2\text{K}</math></b></p>

Kot je razvidno iz preglednice 7, vsi konstrukcijski sklopi po sanaciji ustrezajo zahtevam, ki so predpisane z veljavno zakonodajo.

#### 4.2.1 Toplotni mostovi

Toplotne mostove, ki so trenutno na objektu, bi pri sami toplotni sanaciji poskušali odstraniti. V primeru, da toplotnega mosta ni mogoče povsem odstraniti, pa bi zmanjšali njihov vpliv pri prehajanju toplote iz notranjega prostora v zunanji prostor.

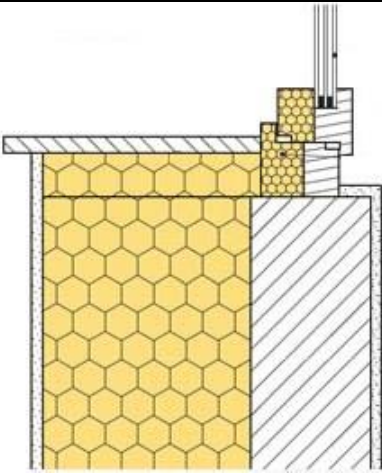

##### Toplotni most pri balkonu

Po sanaciji objekta se vpliv toplotnega mostu, ki se pojavi pri balkonu, lahko popolnoma odstrani (Slika 15). Balkon je potrebno z vseh strani na zunanji strani zaščititi s toplotno izolacijo, da se ustavi prehod toplote skozi armiranobetonsko ploščo balkona.

##### Toplotni most pri oknih (Preglednica 8)

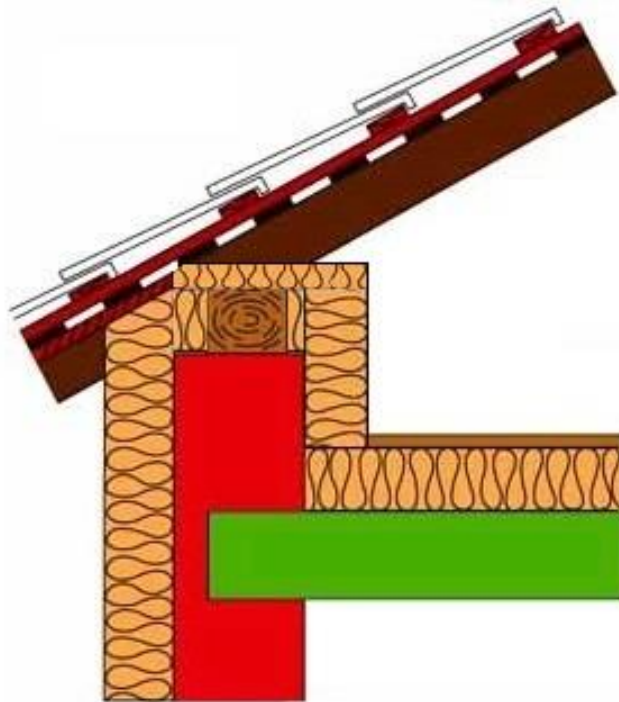
- Dolžina toplotnega mostu po sanaciji objekta ostane enaka, kot je bila pred sanacijo. Spremeni pa se vrednost pri toplotni prehodnosti toplotnega mostu. Ob nanašanju dodatne toplotne izolacije na zunanjo steno, je potrebno sloj veliko manjše debeline, nekaj centimetrov, namestiti tudi okoli okna do okvirja okna. S tem se vpliv toplotnega mostu, ki nastane pri oknih, močno zmanjša. Nova vrednost je prikazana v preglednici 8.

Preglednica 8: detajl okna po sanaciji in konstrukcijski prikaz iz standarda za okna (vir: [16,23])

	 <p><b>W12</b></p> $\Psi_e = 0,10$ $\Psi_{oi} = 0,10$ $\Psi_i = 0,10$ <p>Izbrana vrednost <math>\Psi_e = 0,10</math></p>
---	--

### Toplotni most pri strehi

Pri toplotni sanaciji objekta je potrebno izdelati tudi pravilen detajl pri neogrevanem podstrešju. Ker streha ni izolirana, saj je podstrešje neogrevano, je potrebno toplotno izolacijo namestiti po obodu zunanje stene do izolacije, ki je na novo nameščena na tla na podstrešju. Detajl je prikazana na sliki 16. S tem se toplotni most pri strehi popolnoma odstrani.

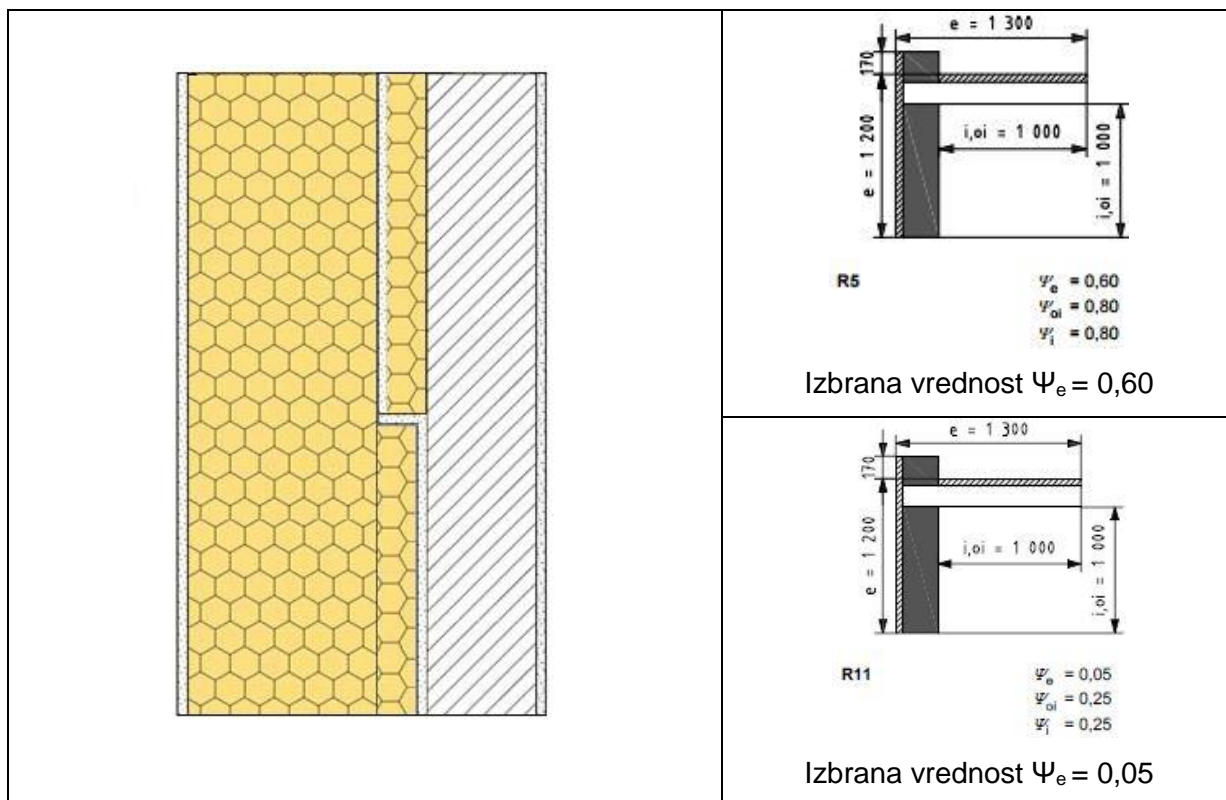


Slika 16: detajl pri strehi (vir: avtor)

### Toplotni most pri kleti (Preglednica 9)

Pri toplotni sanaciji se objekta lahko učinek toplotnega mosta zmanjšamo, tako da namestimo dodatno toplotno izolacijo pri kletni steno do tal. S tem se pot toplotnega prehoda malo podaljša, celotna dolžina toplotnega mosta pa ostane skoraj enaka in je 42,5 m.

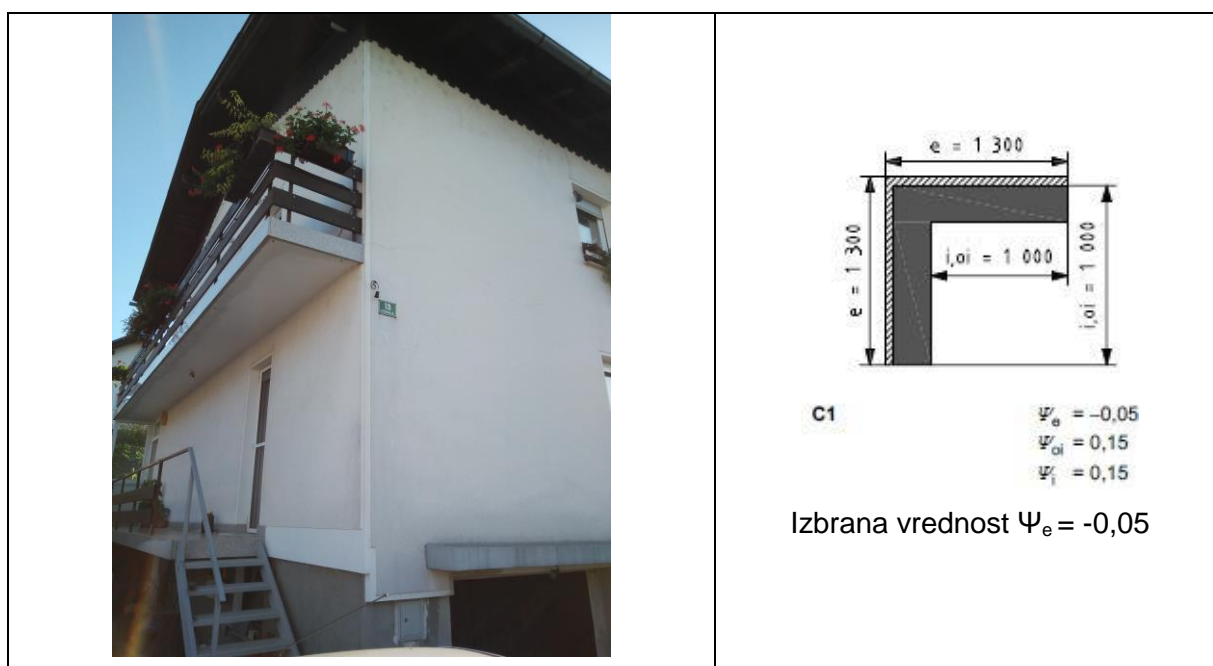
Preglednica 9: izolacija pri kleti in konstrukcijski prikaz iz standarda za streho (vir: lasten, [16])



### Toplotni most v vogalih (Preglednica 10)

Toplotni mostovi v vogalih bi po sanaciji ostali enaki. Skupna dolžina toplotnih mostov v vogalih torej ostaja enaka 24,8 m.

Preglednica 10: vogal objekta in konstrukcijski prikaz iz standarda za vogal (vir: lasten, [16])



## 5 IZRAČUN ENERGIJSKE LATNOSTNI STAVBNEGA OVOJA PRI OBRAVNAVANEM OBJEKTU

Pri izračunu energijske lastnosti objekta si bom pomagala s programskim orodjem TOST [4], ki izračuna izgube, dobitke, izkoristke in letno porabo energije. Deluje v skladu s SIST EN ISO 13790 in v skladu z PURES-om [2]. V program je potrebno vnesti splošne podatke o objektu, klimatske podatke in podatke o različnih conah, ki so v samem objektu. Celotni objekt je deljen na 5 različnih con ogrevanja:

1. Cona - ogrevana: 1. stanovanje
2. Cona – ogrevana: 2. stanovanje
3. Cona - neogrevana: stopnišče
4. Cona – neogrevana: podstreha
5. Cona – neogrevana: neogrevana klet

### 5.1 Pred sanacijo objekta

#### 5.1.1 Vhodni podatki

##### Splošni podatki

Pri tem zavihku je potrebno izbrati, na kakšen način naj program upošteva toplotne mostove. Sam sem pri projektni nalogi izbiral med dvema načinoma in sicer 1.način: poenostavljen način – TSG-01-004-3.1.2 in 2.način: EN SIST 13789 / SIST EN ISO 14683. Oba sta predstavljena kasneje. Za načinom upoštevanja toplotnih mostov je potrebno vnesti toplotno prevodnost zemlje –  $\lambda_G$  (W/mK), ki znaša 2,00 W/mK. Nato sledijo vnosi podatkov o učinkovitosti sistemov za ogrevanje, hlajenje in toplo vodo. Za ogrevanje in toplo vodo se pri obravnavnem objektu uporablja utekočinjen naftni plin, ki ima učinkovitost: generacija – 0,90; distribucija – 0,95; emisija – 0,96. Pri hlajenju objekta sem pri generaciji, distribuciji in emisiji vnesel 1,0 saj obravnavani objekt nima sistema za hlajenje.

Toplotna prevodnost zemljine $\lambda_g$ (W/mK)			
2,00			
<b>Ogrevanje</b>			
Energent	Utekočinjen naftni plin		
Učinkovitost sistemov			
Generacija	0,90	Distribucija	0,95
Emisija	0,96		
<b>Hlajenje</b>			
Energent	Električna energija		
Učinkovitost sistemov			
Generacija	1,00	Distribucija	1,00
Emisija	1,00		
<b>Topla voda</b>			
Energent	Utekočinjen naftni plin		
Učinkovitost sistemov			
Generacija	0,90	Distribucija	0,95
Emisija	0,96		


Slika 17: vnos splošnih podatkov (vir: [4])

### Klimatski podatki

S pomočjo spletne strani Atlas Okolja, ki jo omogoča Agencija RS za okolje [20], sem določil koordinate objekta, ki sem jih nato vnesel v program TOST. Ko so se naložili klimatski podatki, sem dobil podatke o klimi za izbrano lokacijo.

Podani koordinati

X  Y



Povezavo med katastrskimi občinami, parcelnimi številkami in koordinatami najdete na spletnih straneh [RS MQP](#)

Klimatski podatki

Temperaturni primanjkljaj DD (dan K)	3300
Projektna temperatura (°C)	-13
Povprečna letna temperatura (°C)	10
Letna sončna energija (kWh/m <sup>2</sup> )	1121
Trajanje ogrevalne sezone (dnevi)	225
Začetek ogrevalne sezone (dan)	275
Konec ogrevalne sezone (dan)	135

Izbrani kvadrat	
Point ID	12045
X	100500
Y	469500

Mesec	Povprečna temperatura (°C)	Globalno sončno sevanje po orientacijah (MJ/m <sup>2</sup> , 90°)					Ogrevanje (dnevi)
		Horizont.	S	V	J	Z	
JAN	-1,0	102	28	52	156	75	31
FEB	2,0	174	41	80	215	121	28
MAR	6,0	307	70	149	260	179	31
APR	10,0	437	110	210	251	220	30
MAJ	15,0	546	133	256	237	251	15
JUN	18,0	569	153	250	218	264	0
JUL	20,0	610	141	263	240	283	0
AVG	19,0	528	116	239	269	260	0
SEPT	15,0	362	84	163	259	188	0
OKT	10,0	213	58	101	203	116	29
NOV	4,0	106	34	57	121	58	30
DEC	1,0	77	25	43	111	48	31
Ogrev.sezona	5,2	1669	431	813	1421	933	225

Slika 18: klimatski podatki za obravnavani objekt (vir: [4])

### Podatki o conah

Pri tem zavihku si lahko izberemo 3 ogrevane cone z ogrevano kletjo, 5 neogrevanih con z neogrevano kletjo in še posebej lahko izberemo cono Steklenjak. Ko si v programu izberemo cono, ki jo imamo na objektu, se nam odpre novo okno z različnimi zavihki.

- Zavihek osnovni podatki – pri vsaki coni je potrebno vnesti ime, prostornino cone (Ve) in uporabni površino cone (Au). Če je cona ogrevana, je potrebno vnesti podatke kakšna vrsta konstrukcije je glede na toplotno kapaciteto. V tem zavihku moramo tudi vnesti podatek o moči dobitkov notranjih virov ( $\phi$ ). Ta podatek dobimo, tako da uporabno površino cone pomnožimo s številom 5.



Opis cone	1.STANOVANJE			
Neto prostornina cone (m <sup>3</sup> )	202,50	(obvezno za nestanovanjske in javne stavbe)		
Uporabna površina cone (m <sup>2</sup> )	81,00	(obvezno za stanovanjske stavbe)		
Vrsta konstrukcije glede na toplotno kapaciteto	Srednja			
Izračunana efektivna toplotna kapaciteta cone C (MJ/K)	13,37			
	Dan	Noč	Vikend	Nezasedeno
Projektna notranja temperatura pozimi $\theta_{\text{ph}}$ (°C)	20,0	20,0	20,0	20,0
Projektna notranja temperatura poleti $\theta_{\text{pc}}$ (°C)	26,0	26,0	26,0	26,0
Povprečna moč dobitkov notranjih virov $\phi_i$ (W)	405,	405,	405,	405,

Slika 19: zavihek osnovni podatki (vir: [4])

- Zavihek prezračevanje – pri tem zavihku je potrebno vnesti podatke o vrsti prezračevanja, lahko imamo mehansko, naravno ali hibridno. Pri obravnavanem objektu je prezračevanje naravno. Vnesti moramo tudi izmenjavo zraka, ki se izemlja z zunanjim okoljem v času ene ure. Odvisna od vrste prezračevanja in tesnilnosti oken in minimalno izmenjavo zraka ( $n_{\text{min}}$ ), katere vrednosti so določene z nacionalnimi predpisi.

	Dan	Noč	Vikend	Nezasedeno
Vrsta prezračevanja	Naravno	Naravno	Naravno	Naravno
Urna izmenjava zraka z zunanjim okoljem $n$ (h <sup>-1</sup> )	0,60	0,60	0,60	0,60
Minimalna izmenjava zraka $n_{\text{min}}$ (h <sup>-1</sup> )	0,50	0,50	0,50	0,50

Slika 20: zavihek prezračevanje (vir: [4])

- Zavihek stena, streha – tukaj je potrebno vnesti podatke o površini zunanje stene(A), vendar samo netransparentni del, torej brez oken, in toplotno prehodnost (U) skozi zunanjo steno. Če imamo vgrajen tudi kakšen dodaten ogrevalni sistem v steni ali tleh, moramo vnesti podatke o ogrevanih elementih. Pri obravnavanem objektu ni nobenih dodatno ogrevanih elementov, tako da sem te podatke pustil prazne. V primeru, da na začetku pri splošnih podatkih izberemo, da program upošteva toplotne mostove na poenostavljen način – TSG-01-004-3.1.2 (1.način), nam podatkov o toplotnih mostovih ni potrebno vnašati, saj nam program avtomatsko upošteva višjo toplotno prehodnost (U) stavbnega ovoja za 0,06 W/m<sup>2</sup>K. V primeru, da izberemo za način upoštevanja toplotnih mostov EN SIST 13789 / SIST EN ISO 14683 (2.način), moramo pri tem zavihku vnesti dolžino (l) toplotnega mosta in vrednost linijskega toplotnega prehoda ( $\Psi_e$ ) za določen toplotni most, ki so zapisane v standardu SIST

EN 14683. Če cona meji na streho, moramo vnesti tudi površino (A) in toplotno prehodnost (U) strehe, v nasprotnem primeru pustimo prazno.

		Ogrevan element			
A (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> K)	R <sub>i</sub> (m <sup>2</sup> K/W)	R <sub>e</sub> (m <sup>2</sup> K/W)	ξ (-)	
Zunanja stena (le netransparentni del)	81,85	0,510	0,000	0,000	0,00

ψ (W/mK)	l (m)
-0,050	7,50
0,950	14,35
0,600	41,55
0,600	31,75
0,050	34,95

		Ogrevan element		
A (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> K)	R <sub>i</sub> (m <sup>2</sup> K/W)	R <sub>e</sub> (m <sup>2</sup> K/W)	ξ (-)
Streha	0,00	0,000	0,000	0,00

Slika 21: zavihek stena, streha (vir: [4])

- Zavihek transparentni konstrukcijski sklopi – ta zavihek zahteva podatke o oknih. Najprej izberem orientacijo oken, glede na smer neba, nato za izbrano smer neba vpišemo površino oken (A<sub>w</sub>), toplotno prehodnost oken (U<sub>w</sub>), faktor sončnega sevanja (g<sub>gl,w</sub>), faktor okvirja (F<sub>F,w</sub>) in toplotni upor oken (R<sub>Nl,w</sub>).

Orientacija	A <sub>w</sub> (m <sup>2</sup> )	U <sub>w</sub> (W/m <sup>2</sup> K)	g <sub>gl,w</sub> (-)	F <sub>F,w</sub> (-)	R <sub>Nl,w</sub> (m <sup>2</sup> K/W)
J	7,65	1,400	0,58	0,20	0,710
S	3,33	1,400	0,58	0,20	0,710
V	1,55	1,400	0,58	0,15	0,710

Slika 22: zavihek transparentni del (vir: [4])

- Zavihek tla – če cona meji na tla, moramo vnesti podatke o tleh. Ker ima obravnavani objekt neogrevano klet, je bilo potrebno v ta zavihek vpisati debelino zunanje stene nad terenom, toplotno prehodnost zunanje stene, ki se je nad terenom (U) in toplotno prehodnost tal med kletjo in prostor nad njo, torej toplotno prehodnost (U) tal v 1. nadstropju. Poleg teh podatkov je bilo potrebno vnesti še površino tal (A<sub>bt</sub>), obseg tal

(P), toplotni upor tal ( $R_{bf,t}$ ), kolikšna višina kletne stene je pod terenom (z), višino kletne stene nad terenom (h) in izmenjavo zraka.

Debelina zunanje stene nad terenom (m)	<input type="text" value="0,30"/>
Topl. prehodnost zunanje stene kleti nad terenom ( $W/m^2 K$ )	<input type="text" value="1,170"/>
Topl. prehodnost tal med kletjo in prostori nad njo ( $W/m^2 K$ )	<input type="text" value="2,380"/>

	$A_{bf}$ ( $m^2$ )	P (m)	$R_{bf,t}$ ( $m^2 K/W$ )	z (m)	h (m)	n ( $h^{-1}$ )
Tla kleti	<input type="text" value="81,00"/>	<input type="text" value="34,95"/>	<input type="text" value="0,280"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="1,20"/>	<input type="text" value="0,80"/>

Slika 23: zavihek tla (vir: [4])

- Zavihek predelni KS med conami – tukaj je potrebno vnesti površino (A) in toplotno prehodnost (U) KS, s katerim izbrana cona meji na ostale cone.

	Netransparentni del				
			Ogrevan element		
	A ( $m^2$ )	U ( $W/m^2 K$ )	$U_o$ ( $W/m^2 K$ )	$R_i$ ( $m^2 K/W$ )	$\xi$ (-)
Predelni element proti 2. OC	<input type="text" value="81,00"/>	<input type="text" value="1,590"/>			
Predelni element proti 3. OC	<input type="text" value="0,00"/>	<input type="text" value="0,000"/>			
Predelni element proti OC z OK	<input type="text" value="0,00"/>	<input type="text" value="0,000"/>			
Predelni element proti 1. NC	<input type="text" value="15,60"/>	<input type="text" value="1,960"/>	<input type="text" value="0,000"/>	<input type="text" value="0,000"/>	<input type="text" value="0,000"/>
Predelni element proti 2. NC	<input type="text" value="0,00"/>	<input type="text" value="0,000"/>	<input type="text" value="0,000"/>	<input type="text" value="0,000"/>	<input type="text" value="0,000"/>
Predelni element proti 3. NC	<input type="text" value="0,00"/>	<input type="text" value="0,000"/>	<input type="text" value="0,000"/>	<input type="text" value="0,000"/>	<input type="text" value="0,000"/>
Predelni element proti 4. NC	<input type="text" value="0,00"/>	<input type="text" value="0,000"/>	<input type="text" value="0,000"/>	<input type="text" value="0,000"/>	<input type="text" value="0,000"/>
Predelni element proti 5. NC	<input type="text" value="0,00"/>	<input type="text" value="0,000"/>	<input type="text" value="0,000"/>	<input type="text" value="0,000"/>	<input type="text" value="0,000"/>
Predelni element proti NC z NK	<input type="text" value="81,00"/>	<input type="text" value="2,380"/>	<input type="text" value="0,000"/>	<input type="text" value="0,000"/>	<input type="text" value="0,000"/>
Predelni element proti ST	<input type="text" value="0,00"/>	<input type="text" value="0,000"/>	<input type="text" value="0,000"/>	<input type="text" value="0,000"/>	<input type="text" value="0,000"/>

Slika 24: zavihek predelni KS med conami (vir: [4])

- Zavihek topla voda in razsvetljava – za cone, ki so namenjene bivanju, torej samo za 1. in 2. Stanovanje vnesemo podatke o topli vodi. Vnesti je treba število dni zagotavljanja tople vode in referenčno površino cone. Pri razsvetljavi moramo vnesti gostoto moči svetilk (PN), ki za bivalne cone znaša  $8,0 W/m^2$ , za klet in stopnišče pa  $3,0 W/m^2$ .

Topla voda	
Vrsta stavbe	<input type="text" value="Večstanovanjska stavba"/>
Število dni zagotavljanja tople vode	<input type="text" value="365"/>
Referenčna površina (m <sup>2</sup> )	<input type="text" value="81,00"/> Površina stanovanj

Razsvetljava	
Vrsta stavbe	<input type="text" value="1 - 111, 112 - Eno in več-stanovanjske stavbe"/>
Gostota moči svetilk PN (W/m <sup>2</sup> )	<input type="text" value="8,0"/>
Zasilna razsvetljava	<input type="text" value="NE"/>
Avtomatsko vodeneje razsvetljave	<input type="text" value="NE"/>
Nadzorni sistem stalne osvetljenosti F <sub>c</sub> (-)	<input type="text" value="NE"/>
Upoštevanje zasedenosti F <sub>o</sub> (-)	<input type="text" value="Ročno"/>
Upoštevanje vpliva dnevne svetlobe F <sub>b</sub> (-)	<input type="text" value="Ročno"/>
Maksimalna gostota moči svetilk PN za izbran tip stavbe (W/m <sup>2</sup> )	<input type="text" value="8"/>
Izračunana gostota moči svetilk PN za obravnavano stavbo (W/m <sup>2</sup> )	<input type="text" value="4,6"/>
<input type="button" value="Pomoč"/>	

Slika 25: zavihek topla voda (vir: [4])

Obravnavani objekt je razdeljen na 5 različnih con in sicer:

1. Cona - ogrevana: 1. stanovanje (1. nadstropje)
2. Cona – ogrevana: 2. stanovanje (2. nadstropje)
3. Cona - neogrevana: stopnišče (povezuje klet, 1. in 2. nadstropje)
4. Cona – neogrevana: podstreha (pod 1. nadstropjem)
5. Cona – neogrevana: neogrevana klet (nad 2. nadstropjem)

V preglednici 11 so prikazani vsi vhodni podatki pred sanacijo za vseh 5 con.

Preglednica 11: prikaz vhodnih podatkov za vse cone po sanaciji (vir: lasten)

VHODNI PODATKI ZA POSAMEZNE CONE																			
	1. Cona			2. Cona			3. Cona			4. Cona		5. Cona							
Ime cone	1. Stanovanje			2. Stanovanje			Stopnišče			Podstrešje		Klet							
Stanje (ogrevano/neogrevano)	Ogrevano			Ogrevano			Neogrevano			Neogrevano		Neogrevano							
Ogrevana prostornina cone $V_e$ (m <sup>3</sup> )	202,5			202,5			117,3			150		178,2							
Uporabna površina cone – notranja $A_u$ (m <sup>2</sup> )	81			81			17,2			89,25		81							
Vrsta konstrukcije glede na toplotno kapaciteto	Srednja			Srednja			/			/		/							
Vrsta prezračevanja	Naravno			Naravno			Naravno			Naravno		Naravno							
Urna izmenjava zraka z Z okoljem (h <sup>-1</sup> )	0,6			0,6			0,3			0,8		0,3							
Minimalna izmenjava zraka (h <sup>-1</sup> )	0,5			0,5			0,2			0,5		0,2							
SESTAVE KS																			
Zunanja stena																			
Površina, netransparenten del $A$ (m <sup>2</sup> )	81,85			81,85			45,5			36,4		41,95							
Toplotna prehodnost $U$ (W/m <sup>2</sup> K)	0,51			0,51			0,51			0,51		1,17							
Tla																			
Površina tal $A_t$ (m <sup>2</sup> )	/			/			/			/		81							
Izpostavljeni obseg tal $P$ (m)	/			/			/			/		34,95							
Toplotni upor tal $R_{f,t}$ (m <sup>2</sup> K/W)	/			/			/			/		0,28							
Debelina zunanje stene nad nivojem terena $d_w$ (m)	/			/			/			/		0,3							
Streha																			
Površina $A$ (m <sup>2</sup> )	/			/			/			113		/							
Toplotna prehodnost $U$ (W/m <sup>2</sup> K)	/			/			/			6,08		/							
Predelni KS med conami																			
Cona	2.		3.	5.		1.	3.		4.		1.	2.		5.	2.		1.	3.	
Površina med conama $A$ (m <sup>2</sup> )	81	15,6	81	81	15,6	81	15,6	15,6	13,8	81	81	13,75							
Toplotna prehodnost $U$ (W/m <sup>2</sup> K)	1,59	1,96	2,38	1,59	1,96	0,29	1,96	1,96	1,96	0,288	2,38	1,96							
Odprtine v zunanjem ovoju stavbe																			
Smeri neba	J	S	V	J	S	V	S	Z	V	Z	J	S	V						
Površina odprtine $A_w$ (m <sup>2</sup> )	7,65	3,33	1,55	7,65	3,33	1,55	2,15	3,6	0,81	0,81	3,17	5,67	2,08						
Toplotna prehodnost $U_w$ (W/m <sup>2</sup> K)	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8						
Faktor prehoda celotnega sončnega sevanja $g_{glw}$ (/)	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76						
Faktor okvirja $F_f$ (/)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2						
Topla voda in razsvetljava																			
Število dni zagotavljanja tople vode (dni)	365			365			0			0		0							
Gostota moči svetilk	8			8			3			0		3							
Zasilna razsvetljava	Ne			Ne			Ne			Ne		Ne							
Avtomatsko vodenje razsvetljave	Ne			Ne			Ne			Ne		Ne							
Nadzorni sistem stalne osvetljenosti	Ne			Ne			Ne			Ne		Ne							
Upoštevanje zasedenosti	Ročno			Ročno			Ročno			Ročno		Ročno							
Upoštevanje vpliva dnevne svetlobe	Ročno			Ročno			Ročno			Ročno		Ročno							

## 5.1.2 Rezultati

### 5.1.2.1 Upoštevanje vpliva toplotnih mostov na poenostavljen način - TSG-01-004-3.1.2

Pri poenostavljenem načinu oziroma privzetem načinu upoštevanja toplotnih mostov pustimo podatke o toplotnih mostovih prazne, saj nam program TOST v skladu z veljavno zakonodajo sam upošteva višjo toplotno prehodnost ( $U$ ) za  $0,06 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Preglednica 12: rezultati na privzeti (poenostavljen) način (vir: [4])

		Izračunana	Največja dovoljena
Koeficient specifičnih transmisijских toplotnih izgub $H^{\cdot}_T$ ( $\text{W/m}^2\text{K}$ )		<b>0,44</b>	0,37
Letna raba primarne energije $Q_P$ (kWh)		<b>38.753</b>	34.643
Letna potrebna toplota za ogrevanje $Q_{NH}$ (kWh)		<b>19.986</b>	9.320
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto uporabne površine in kondicionirane prostornine	$Q_{NH}/A_U$ ( $\text{kWh/m}^2\text{a}$ )	<b>123,37</b>	57,59
	$Q_{NH}/V_E$ ( $\text{kWh/m}^3\text{a}$ )	49,35	-
Ali stavba ustreza zahtevam?		<b>NE</b>	

Iz preglednice 12 je razvidno, da so vsi izračunani podatki večji od dovoljenih vrednosti, ki jih določata PURES in Tehnična smernica. Koeficient specifičnih transmisijских toplotnih izgub ( $H^{\cdot}_T$ ) znaša  $0,44 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Letna raba primarne energije ( $Q_P$ ) znaša  $38.753 \text{ kWh}$ . Letna potrebna toplota za ogrevanje ( $Q_{NH}$ ) in letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto uporabne površine ( $Q_{NH}/A_U$ ) presegata dovoljeno vrednost za več kot 100% in znašata  $Q_{NH} = 19.986 \text{ kWh}$ ,  $Q_{NH}/A_U = 123,37 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ . [2, 3].

Pri tem načinu, so bili takšni rezultati pričakovani, saj imajo vsi konstrukcijski sklopi pri obravnavanem objektu veliko večjo toplotno prehodnost ( $U$ ), kot je določeno v Tehnični smernici TSG4 in zato tudi noben rezultat ne ustreza dovoljenim vrednostim.

Preglednica 13: izgube in dobitki (vir: [4])

$\text{kWh/m}^2$	1. Cona	2. Cona	Skupaj
Transmisijские izgube	183,83	106,77	145,30
Ventilacijske izgube	33,91	33,41	33,66
Skupaj izgube	217,74	140,18	178,96
Notranji dobitki	32,95	28,91	30,93
Solarni dobitki	45,21	27,35	36,28
Skupni dobitki	78,16	56,25	67,21

Transmisijские izgube predstavljajo večinski del izgub in za obe stanovanji znašajo  $145,30 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  (81,2 %), ventilacijskih izgub je  $33,66 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  (18,8 %) in skupne izgube znašajo  $178,96 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ .

Notranji dobitki, tukaj so upoštevane električne naprave in osebe, ki prebivajo v prostoru, znašajo skupaj za obe stanovanji 30,93 kWh/m<sup>2</sup>a, solarni dobitki, ki nastanejo zaradi sončnega sevanja na objekt, pa skupaj znašajo 36,28 kWh/m<sup>2</sup>a. Vsi dobitki skupaj znašajo 67,21 kWh/m<sup>2</sup>a.

### 5.1.2.2 Upoštevanje vpliva toplotnih mostov po dejanskem postopku – EN SIST 13789 / SIST EN ISO 14683

Pri drugem načinu sem izbral, da program TOST upošteva toplotne mostove po dejanskem postopku EN SIST 13789 / SIST EN ISO 14683, kar pomeni, da sem za vsak toplotni most na objektu podal njegovo dolžino in njegovo vrednost linijskega toplotnega prehoda ( $\Psi_e$ ), ki je določene v standardu SIST EN 14683.

Ostali vhodni podatki so enaki kot pri 1. načinu.

Preglednica 14: rezultati na dejanski način (vir [4])

		Izračunana	Največja dovoljena
Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub $H_T$ (W/m <sup>2</sup> K)		<b>0,73</b>	0,37
Letna raba primarne energije $Q_P$ (kWh)		<b>50.138</b>	34.643
Letna potrebna toplota za ogrevanje $Q_{NH}$ (kWh)		<b>29.988</b>	9.320
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto uporabne površine in kondicionirane prostornine	$Q_{NH}/A_U$ (kWh/m <sup>2</sup> a)	<b>185,11</b>	57,59
	$Q_{NH}/V_E$ (kWh/m <sup>3</sup> a)	74,04	-
Ali stavba ustreza zahtevam?		<b>NE</b>	

Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub ( $H_T$ ) pri tem načinu znaša 0,73 Wm<sup>2</sup>K, kar pomeni, da je dobljena vrednost večja od največje dovoljene vrednosti in je precej višja kot pri poenostavljenem načinu. Letna raba primarne energije ( $Q_P$ ) znaša 50.138 kWh in skoraj 50% presega največjo dovoljeno vrednost, ki znaša 34.643 kWh. Letna potrebna toplota za ogrevanje ( $Q_{NH}$ ) znaša 29.988 kWh mejna vrednost pa je 9.320 kWh, tako da izračunana vrednost predstavlja kar več kot 200% preveliko vrednost.

Preglednica 15: izgube in dobitki (vir: [4])

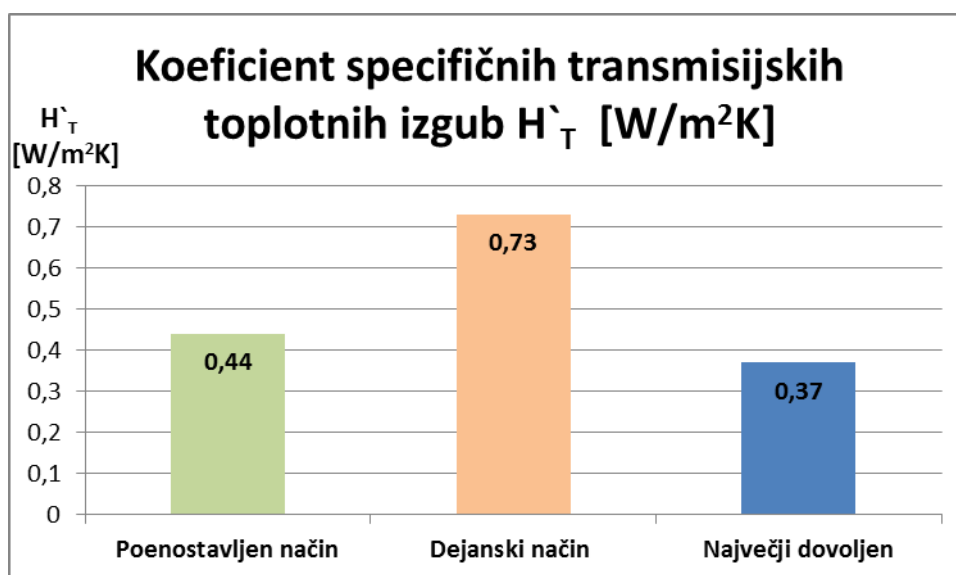
kWh/m <sup>2</sup>	1. Cona	2. Cona	Skupaj
Transmisijske izgube	256,34	167,10	211,72
Ventilacijske izgube	35,14	34,20	34,67
Skupaj izgube	291,49	201,30	246,40
Notranji dobitki	38,47	33,95	36,21
Solarni dobitki	53,88	33,43	43,66
Skupni dobitki	92,36	67,38	79,87

Transmisijske izgube ponovno predstavljajo večji del izgub in skupaj znašajo 211,72 kWh/m<sup>2</sup>a (85,9 %), medtem ko ventilacijske izgube skupaj znašajo 34,67 kWh/m<sup>2</sup>a (14,1 %), skupne izgube pri tem načinu so 246,40 kWh/m<sup>2</sup>a.

Notranji dobitki električnih naprav in oseb, ki prebivajo v objektu, znašajo za obe coni skupaj 36,21 kWh/m<sup>2</sup>a, solarni dobitki za obe coni skupaj pa znašajo 43,66 kWh/m<sup>2</sup>a. Vsi dobitki, za obe coni znašajo 79,87 kWh/m<sup>2</sup>a.

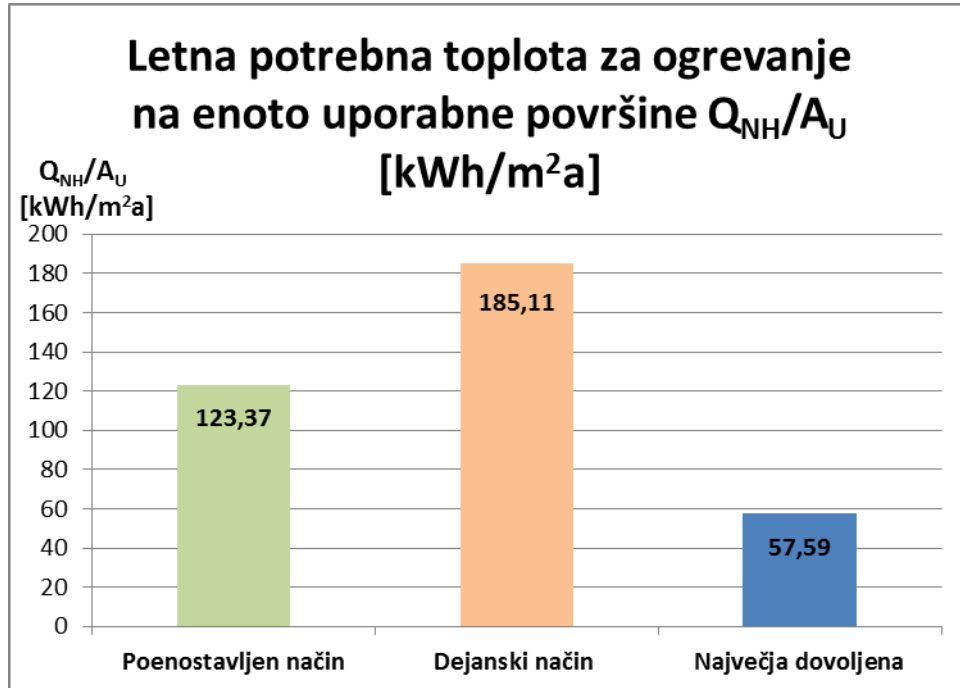
### 5.1.3 Primerjava rezultatov

Na sliki 26 in 27 so prikazane primerjave rezultatov za poenostavljen in dejanski način upoštevanja toplotnih mostov za koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub ( $H^{\circ}_T$ ) in za letno potrebno toploto za ogrevanje na enoto uporabne površine ( $Q_{NH}/A_U$ ) ter največjo dovoljeno vrednost za objekt pred sanacijo.



Slika 26: Graf - koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub ( $H^{\circ}_T$ ) pred sanacijo (vir: avtor)





Slika 27: Graf - letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto uporabne površine ( $Q_{NH}/A_U$ ) pred sanacijo (vir: avtor)

Iz slike 26 je razvidno, da ima največji koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub ( $H_{\tau}$ ) način, kjer upoštevamo vpliv toplotnih mostov po standardu SIST EN 14683 (na dejanski način). Dobljeni rezultat pri dejanskem načinu presega največjo dovoljeno vrednost za približno 100 %. Pri poenostavljenem načinu upoštevanja toplotnih mostov, je vrednost koeficienta specifičnih transmisijskih toplotnih izgub ( $H_{\tau}$ ) malo višja od največje dovoljene, kar je bilo pričakovano, saj nobena toplotna prevodnost ( $U$ ) konstrukcijskih sklopov ni ustrezala zahtevam, ki so predpisane v Tehnični smernici – TSG4. Pričakoval sem, da bosta oba rezultata presegala največje dovoljene vrednosti, nisem pa pričakoval tolikšne razlike med rezultatoma.

Kot je razvidno iz slike 27, pri obeh načinih upoštevanja toplotnih mostov, letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto uporabne površine ( $Q_{NH}/A_U$ ) močno presega največjo dovoljeno vrednost. Pri poenostavljenem načinu dobljeni rezultat presega največjo dovoljeno vrednost za več kot 100 %, medtem ko pri upoštevanju toplotnih mostov na dejanski način, dobljeni rezultat presega vrednost za več kot 200 %. Med poenostavljenim in dejanskim načinom upoštevanja toplotnih mostov je torej precejšnja razlika in rezultati so presenetljivo veliki. Razlika med dobljenimi rezultati je tako velika zaradi dejstva, da je pri dejanskem stanju veliko več toplotnih mostov, kot jih program TOST predvideva pri poenostavljenem načinu. Veliko toplotnih mostov pri obravnavanem objektu ima linijsko toplotno prehodnost ( $\Psi_e$ ) večjo od 0,2 W/mK, zato je dejanski način upoštevanja toplotnih mostov bolj primeren.

## **5.2 Po sanaciji objekta**

### **5.2.1 Vhodni podatki**

Ker noben rezultat v poglavju 5.1 ni bil pod največjo dovoljeno, ki jo določata PURES in tehnična smernica – TSG4, bi bilo potrebno pri obravnavanem objektu vse konstrukcijske sklope dodatno toplotno izolirati. Sanacija celotnega objekta je opisana v poglavju 5.2. Opisano je tudi, kateri toplotni mostovi se še pojavljajo pri objektu po sanaciji in kateri toplotni mostovi so bili odstranjeni [2, 3].

V preglednici 16, so predstavljeni vsi vhodni podatki po sanaciji objekta za vseh 5 con. Pri vhodnih podatkih se razlikujejo toplotne prehodnosti konstrukcijskih sklopov in prostornine posameznih con zaradi dodane dodatne toplotne izolacije. Vsi novi vhodni podatki so obarvani z zeleno barvo.

Preglednica 16: prikaz vhodnih podatkov za vse cone po sanaciji (vir: [4])

SPLOŠNE ZNAČILNOSTI POSAMEZNE CONE																								
	1. Cona			2. Cona			3. Cona			4. Cona		5. Cona												
Ime cone	1. Stanovanje			2. Stanovanje			Stopnišče			Podstrešje		Klet												
Ogrevana prostornina cone $V_e$ (m <sup>3</sup> )	194,4			198,45			109,9			147		169,3												
Uporabna površina cone – notranja $A_u$ (m <sup>2</sup> )	81			81			16			87,4		81												
Vrsta konstrukcije glede na toplotno kapaciteto	Srednja			Srednja			/			/		/												
Vrsta prezračevanja	Naravno			Naravno			Naravno			Naravno		Naravno												
Urna izmenjava zraka z Z okoljem (h <sup>-1</sup> )	0,6			0,6			0,3			0,8		0,3												
Minimalna izmenjava zraka (h <sup>-1</sup> )	0,5			0,5			0,2			0,5		0,2												
SESTAVE KS																								
Zunanja stena																								
Površina, netransparenten del $A$ (m <sup>2</sup> )	91,4			91,4			57,3			37		43												
Toplotna prehodnost $U$ (W/m <sup>2</sup> K)	0,157			0,157			0,157			0,157		0,157												
Tla																								
Površina tal $A_t$ (m <sup>2</sup> )	/			/			/			/		81												
Izpostavljeni obseg tal $P$ (m)	/			/			/			/		35,85												
Toplotni upor tal $R_{f,t}$ (m <sup>2</sup> K/W)	/			/			/			/		3,125												
Debelina zunanje stene nad nivojem terena $d_w$ (m)	/			/			/			/		0,5												
Streha																								
Površina $A$ (m <sup>2</sup> )	/			/			/			113		/												
Toplotna prehodnost $U$ (W/m <sup>2</sup> K)	/			/			/			2,77		/												
Predelni KS med conami																								
Cona	2.		3.		5.		1.		3.		4.		1.		2.		5.		2.		1.		3.	
Površina med conama $A$ (m <sup>2</sup> )	81	15,6	81	81	15,6	81	15,6	15,6	12,8	81	81	12,75												
Toplotna prehodnost $U$ (W/m <sup>2</sup> K)	0,49	0,51	0,26	0,49	0,51	0,17	0,51	0,51	0,51	0,171	0,26	0,51												
Odprtine v zunanjem ovoju stavbe																								
Smeri neba	J	S	V	J	S	V	S	Z	V	Z	J	S	V											
Površina odprtine $A_w$ (m <sup>2</sup> )	7,65	3,33	1,55	7,65	3,33	1,55	2,15	3,6	0,81	0,81	3,17	5,67	2,08											
Toplotna prehodnost $U_w$ (W/m <sup>2</sup> K)	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8											
Faktor prehoda celotnega sončnega sevanja $g_{glw}$ (/)	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76											
Faktor okvirja $F_f$ (/)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2											
Topla voda in razsvetljava																								
Število dni zagotavljanja tople vode (dni)	365			365			0			0		0												
Gostota moči svetilk	8			8			3			0		3												
Zasilna razsvetljava	Ne			Ne			Ne			Ne		Ne												
Avtomatsko vodenje razsvetljave	Ne			Ne			Ne			Ne		Ne												
Nadzorni sistem stalne osvetljenosti	Ne			Ne			Ne			Ne		Ne												
Upoštevanje zasedenosti	Ročno			Ročno			Ročno			Ročno		Ročno												
Upoštevanje vpliva dnevne svetlobe	Ročno			Ročno			Ročno			Ročno		Ročno												

## 5.2.2 Rezultati

### 5.2.2.1 Upoštevanje vpliva toplotnih mostov na poenostavljen način - TSG-01-004-3.1.2

Preglednica 17: rezultati na privzeti (poenostavljen) način po sanaciji (vir: [4])

		Izračunana	Največja dovoljena
Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub $H_T$ (W/m <sup>2</sup> K)		0,22	0,37
Letna raba primarne energije $Q_P$ (kWh)		24.474	35.588
Letna potrebna toplota za ogrevanje $Q_{NH}$ (kWh)		7.067	10.086
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto uporabne površine in kondicionirane prostornine	$Q_{NH}/A_U$ (kWh/m <sup>2</sup> a)	43,62	62,25
	$Q_{NH}/V_E$ (kWh/m <sup>3</sup> a)	17,99	-
Ali stavba ustreza zahtevam?		DA	

Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub ( $H_T$ ) je v tem primeru pod največjo dovoljeno vrednostjo in znaša 0,22 Wm<sup>2</sup>K, tako da ustreza vrednostim, ki so določene v PURES-u in Tehnični smernici – TSG4. Prav tako kot transmisijske toplotne izgube, tudi letna raba primarne energije ( $Q_P$ ) ustreza predpisanim vrednostim in znaša 24.474 kWh. Letna potrebna toplota za ogrevanje ( $Q_{NH}$ ) prav tako ustreza predpisanim vrednostim in znaša 7.067 kWh, medtem ko je največja dovoljena vrednost 10.086 kWh.

Preglednica 18: izgube in dobitki na privzeti način po sanaciji (vir: [4])

kWh/m <sup>2</sup>	1. Cona	2. Cona	Skupaj
Transmisijske izgube	55,99	53,79	54,89
Ventilacijske izgube	29,18	30,17	29,67
Skupaj izgube	85,17	83,96	84,57
Notranji dobitki	23,48	23,95	23,71
Solarni dobitki	22,34	19,84	21,09
Skupni dobitki	45,81	43,78	44,80

Transmisijske izgube tokrat znašajo za obe stanovanji skupaj 54,89 kWh/m<sup>2</sup>a (64,9 %), ventilacijske izgube pa znašajo 29,67 kWh/m<sup>2</sup>a (35,1 %). Izgube v tem primeru znašajo 84,57 kWh/m<sup>2</sup>a.

Notranji dobitki v stavbi prispevajo za obe stanovanji 23,71 kWh/m<sup>2</sup>a, solarni dobitki pa prispevajo 21,09 kWh/m<sup>2</sup>a. Vsi dobitki za obe stanovanji znašajo 44,80 kWh/m<sup>2</sup>a.

### 5.2.2.2 Upoštevanje vpliva toplotnih mostov po dejanskem postopku – EN SIST 13789 / SIST EN ISO 14683

Preglednica 19: rezultati na dejanski način upoštevanja po sanaciji (vir:[4])

		Izračunana	Največja dovoljena
Koeficient specifičnih transmisijjskih toplotnih izgub $H_T$ (W/m <sup>2</sup> K)		<b>0,26</b>	0,37
Letna raba primarne energije $Q_P$ (kWh)		<b>25.487</b>	35.588
Letna potrebna toplota za ogrevanje $Q_{NH}$ (kWh)		<b>8.412</b>	10.086
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto uporabne površine in kondicionirane prostornine	$Q_{NH}/A_U$ (kWh/m <sup>2</sup> a)	<b>51,92</b>	62,25
	$Q_{NH}/V_E$ (kWh/m <sup>3</sup> a)	21,41	-
Ali stavba ustreza zahtevam?		<b>DA</b>	

Koeficient specifičnih transmisijjskih toplotnih izgub ( $H_T$ ) znaša 0,26 W/m<sup>2</sup>K in je znotraj največje dovoljene vrednosti, ki znaša 0,37 W/m<sup>2</sup>K. Letna raba primarne energije ( $Q_P$ ) znaša 25.487 kWh in letna potrebna toplota za ogrevanje ( $Q_{NH}$ ) znaša 8.412 kWh. Obe vrednosti sta manjši od največje dovoljene vrednosti.

Preglednica 20: izgube in dobitki na dejanski način po sanaciji (vir: [4])

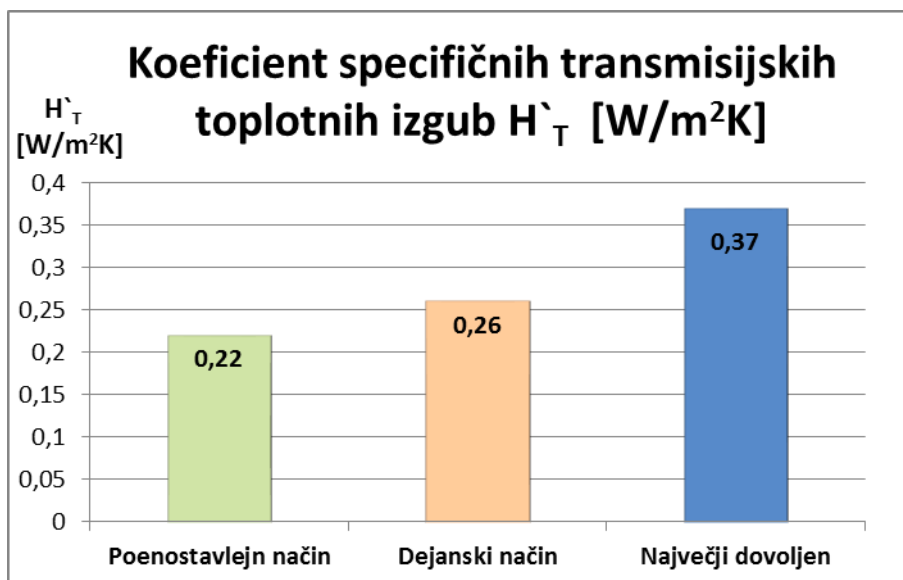
kWh/m <sup>2</sup>	1. Cona	2. Cona	Skupaj
Transmisijjske izgube	77,52	51,24	64,38
Ventilacijske izgube	30,77	29,98	30,38
Skupaj izgube	108,29	81,22	94,76
Notranji dobitki	25,68	23,71	24,70
Solarni dobitki	24,75	19,49	22,12
Skupni dobitki	50,42	43,21	46,81

Transmisijjske izgube ponovno predstavljajo večji del izgub in skupaj za obe stanovnji znašajo 64,38 kWh/m<sup>2</sup>a (67,9 %), medtem ko ventilacijske izgube skupaj znašajo 30,38 kWh/m<sup>2</sup>a (32,1 %). Vse izgube skupaj, za obe coni znašajo 94,76 kWh/m<sup>2</sup>a.

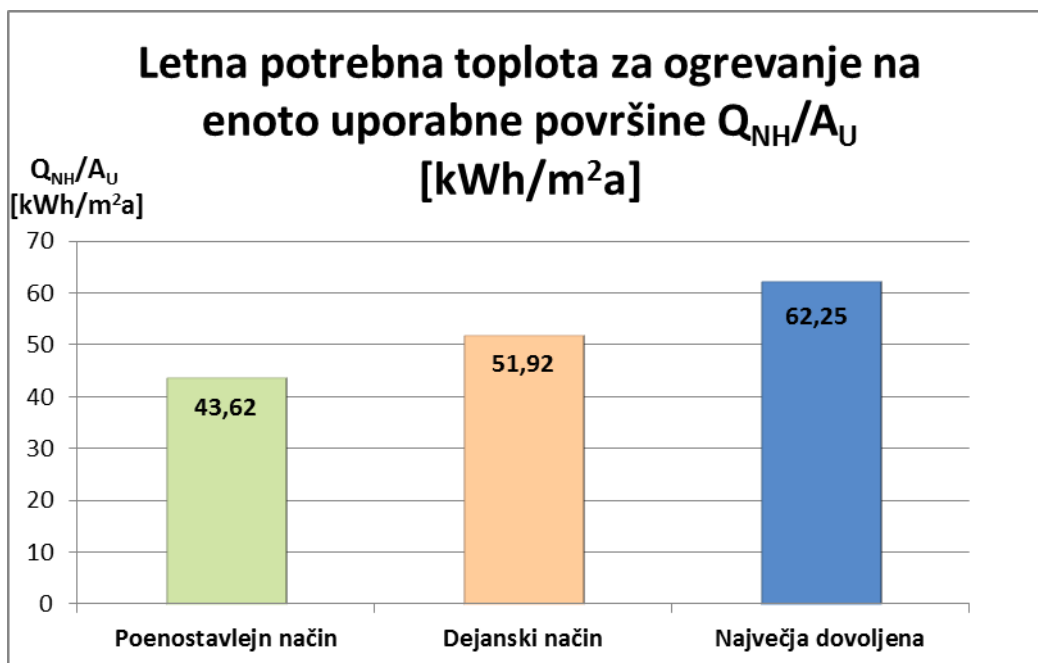
Notranji dobitki električnih naprav in oseb, ki prebivajo v objektu, znašajo za obe coni skupaj 24,70 kWh/m<sup>2</sup>a, solarni dobitki za obe coni skupaj pa znašajo 22,12 kWh/m<sup>2</sup>a. Vsi dobitki, za obe coni, skupaj znašajo 46,81 kWh/m<sup>2</sup>a.

### 5.2.3 Primerjava rezultatov

Na sliki 28 in 29 so prikazane primerjave rezultatov za poenostavljen in dejanski način upoštevanja toplotnih mostov, za koeficient specifičnih transmisij toplinskih izgub ( $H^*_T$ ) in za letno potrebno toploto za ogrevanje na enoto uporabne površine ( $Q_{NH}/A_U$ ) ter največja dovoljena vrednost za objekt po sanaciji.



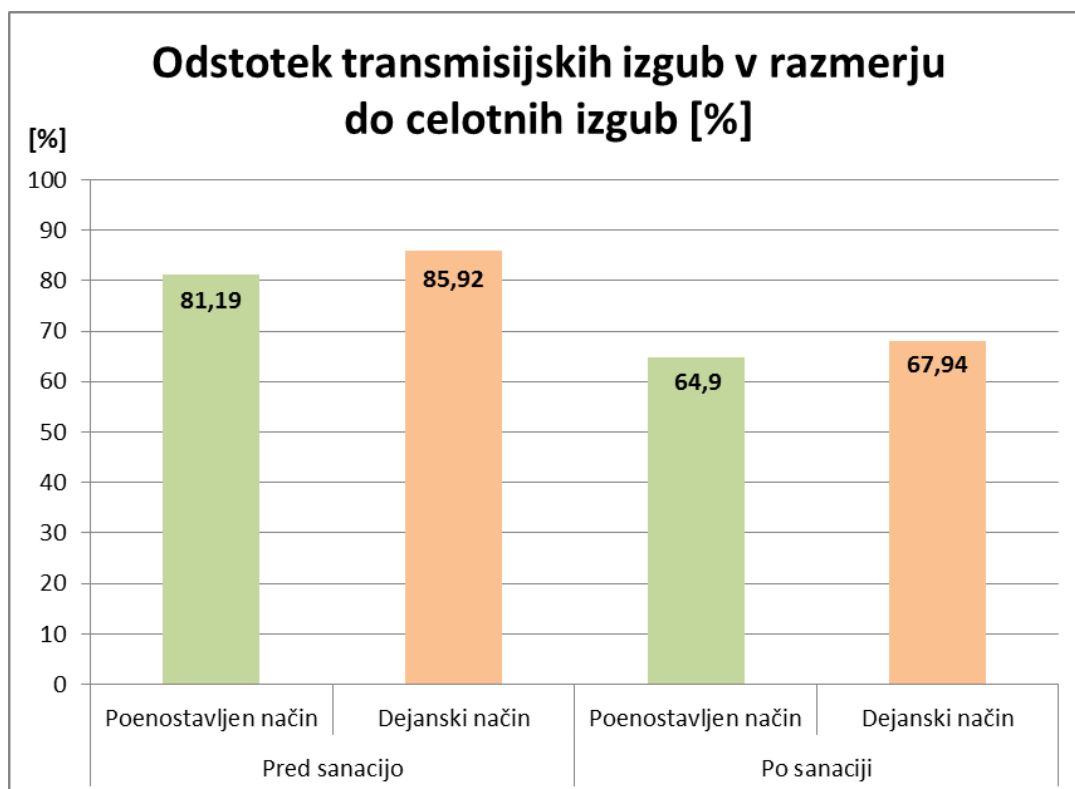
Slika 28: Graf - koeficient specifičnih transmisij toplinskih izgub ( $H^*_T$ ) po sanaciji (vir: avtor)



Slika 29: Graf - letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto uporabne površine ( $Q_{NH}/A_U$ ) po sanaciji (vir: avtor)

Kot je razvidno iz slike 28, sta vrednosti koeficienta specifičnih transmisijских toplotnih izgub ( $H^T$ ), po sanaciji za oba načina upoštevanja toplotnih mostov manjša od največje dovoljene vrednosti. S predvideno sanacijo bi koeficient specifičnih transmisijских toplotnih izgub ( $H^T$ ) precej zmanjšali. Pri upoštevanju toplotnih mostov na poenostavljen način bi s sanacijo objekta zmanjšali vrednost koeficienta specifičnih transmisijских toplotnih izgub ( $H^T$ ) za 50% vrednosti, kot smo jo dobili pri rezultatih pred sanacijo. S predvideno sanacijo bi odpravili nekaj toplotnih mostov, pri nekaterih pa bi njihov vpliv močno omejili in zato je tudi pri rezultatih po sanaciji toliko manjša razlika med poenostavljenim in dejanskim načinom upoštevanja toplotnih mostov. Sedaj sta vrednosti skoraj enaki.

Iz slike 29 je razvidno, da se je največja dovoljena vrednost letne potrebne toplote za ogrevanje na enoto uporabne površine ( $Q_{NH}/A_U$ ) malo zvišala in sicer za 4,66 kWh/m<sup>2</sup>a, saj se je z dodajanjem toplotne izolacije uporabna površina objekta malo zmanjšala. Uporabna površina objekta se je zmanjšala na stopnišču, ker smo morali predelne stene med ogrevanimi stanovanji in neogrevanim stopniščem dodatno izolirati, da smo zadostili pogojem v Tehnični smernici – TSG4. Po predpostavljeno sanaciji sta vrednosti letne potrebne toplote za ogrevanje na enoto uporabne površine ( $Q_{NH}/A_U$ ) tako pri poenostavljenem načinu kot tudi pri dejanskem načinu upoštevanja toplotnih mostov manjše od največje dovoljene. Takšen rezultat je bil tudi pričakovan, saj toplotna prehodnost ( $U$ ) pri vseh konstrukcijskih sklopih ustreza zahtevam, ki so zapisane v Tehnični smernici – TSG4.



Slika 30: Graf – odstotek letnih transmisijских izgub v razmerju do celotnih izgub (vir: avtor)

Na sliki 30 je prikazan graf, ki prikazuje odstotek letnih transmisijskih izgub v razmerju do celotnih izgub. Iz grafa je razvidno, da se z energetske sanacije občutno zmanjšajo transmisijske izgube. Transmisijske izgube so pri dejanskem načinu upoštevanja toplotnih mostov v obeh primerih večje. Razlika transmisijskih izgub med poenostavljenim in dejanskim upoštevanje toplotnih mostov pred sanacijo je večja kot pri rezultatih po sanaciji. Razlog za to je, da smo imeli pred energetske sanacije več toplotnih mostov. Z energetske sanacije smo vpliv nekaj toplotnih mostov omejili oziroma smo jih odstranili.



## 6 ZAKLJUČEK

V nalogi sem za izbrani objekt s pomočjo programa TOST izračunal energijske lastnosti trenutnega stavbnega ovoja. Ugotovil sem, da trenutno stanje niti najmanj ne ustreza minimalnim zahtevam za učinkovito rabo energije, ki jih zahtevata PURES in TSG4. Velik problem pri prehodu toplote v zunanje okolje predstavljajo tudi toplotni mostovi, ki so se pojavili zaradi nepravilnega načrtovanja detajlov. Za potrebe diplomske naloge sem v programu TOST vpliv toplotnih mostov upošteval dva načina in sicer privzeti oziroma poenostavljeni način in dejanski način po standardu SIST EN ISO 14683. Razlika med obema načinoma je ta, da pri poenostavljenem načinu program TOST že sam upošteva višjo toplotno prehodnost stavbnega ovoja za  $0,06 \text{ W/m}^2\text{K}$ , pri dejanskem načinu pa moramo v program TOST vnesti dolžino posameznega toplotnega mostu in vrednost linijskega toplotnega prehoda ( $\Psi_e$ ), ki jih določamo po v standardu SIST EN ISO 14683. Rezultati pri trenutnem stanju so bili pričakovani, saj noben konstrukcijski sklop ni ustrezal minimalnim zahtevam. Presenetila me je velikost razlike med koeficientom specifičnih transmisijskih toplotnih izgub ( $H_{\tau}$ ) pri poenostavljenem načinu in pri dejanskem načinu upoštevanja toplotnih mostov.

Po izračunu trenutne energijske bilance objekta sem opisal energijsko sanacijo objekta in ponovno izračunal energijske bilance objekta po sanaciji. Pri sanaciji sem se ravnal po minimalnih zahtevah, ki so določene v TSG4. S samo sanacijo sem odstranil nekaj toplotnih mostov ali pa omejil njihov vpliv. Rezultati so bili tokrat manjši od največjih dovoljenih vrednosti oziroma ugodnejši, tako da je bila predvidena sanacija ustrezno načrtovana. Pri rezultatih pa me je po energetski prenovi toplotnega stavbnega ovoja presenetila majhna razlika med koeficientom specifičnih transmisijskih toplotnih izgub ( $H_{\tau}$ ) pri poenostavljenem načinu in pri dejanskem načinu, kar pomeni, da smo s samo energijsko sanacijo odstranili velik del toplotnih mostov.

Vsekakor je energetska sanacija objekta, če je le mogoča, potrebna in če bomo želeli slediti trendu zmanjševanja toplotnih izgub in posledično tudi okoljskih izpustov tudi obvezna. S tem bomo zmanjšali stroške ogrevanja in s prihrankom energije tudi nekaj koristnega naredili za okolje ter prihodnje generacije. Hkrati pa bomo izboljšali bivalno okolje in ga tudi spremenimo v bolj zdravega.

## VIRI

- [1] DIREKTIVA 2010/31/EU EVROPSKE PARLAMENTA IN SVETA z dne 19. maja 2010 o energetske učinkovitosti stavb (prenovitev)
- [2] Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah – PURES. Uradni list RS, št. 52/2010. Ljubljana. Ministrstvo za okolje in prostor 2010
- [3] Tehnična smernica za graditev TSG-1-004:2010 Učinkovita raba energije. Ministrstvo za okolje in prostor
- [4] Krainer A., Predan R., (2009). Računalniški program (TOST) za izračun podatkov, potrebnih za diplomsko nalogo oziroma dokaz o ustreznosti toplotne zaščite stavbe. Ljubljana, UL FGG
- [5] Spletno programsko orodje za izračun lastnosti konstrukcijskih sklopov  
[https://www.u-wert.net/cad/?c=1&bt=0&unorm=enev14alt&T\\_i=20&RH\\_i=50&Te=-5&RH\\_e=80&outside=0](https://www.u-wert.net/cad/?c=1&bt=0&unorm=enev14alt&T_i=20&RH_i=50&Te=-5&RH_e=80&outside=0) (pridobljen 20.6.2016)
- [6] SIST EN ISO 14683 – Toplotni mostovi v stavbah – Linearna toplotna prehodnost – Poenostavljena metoda in privzete vrednosti (ISO 14683:2007)
- [7] Direktiva EPBD  
<http://0energijskehise.si/direktiva-epbd> (pridobljen 10.7.2016)
- [8] Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb. Uradni list RS, št. 92/2014, Ljubljana. Ministrstvo za infrastrukturo 2014
- [9] Vrste energetskih izkaznic  
[http://izdelava-energetska-izkaznica.si/?page\\_id=25](http://izdelava-energetska-izkaznica.si/?page_id=25) (pridobljen 13.7.2016)
- [10] Pajek, L., Dovjak, M., Kristl, Ž. (2013). Vpliv gliv v grajenem okolju na zdravje ljudi. Gradbeni vestnik 62: 176–187.
- [11] Toplotni mostovi – učinkovita raba energije  
<http://gcs.gj-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/PDFknjiznjicaAURE/IL2-11.PDF> (pridobljeno 9.7.2016)
- [12] Toplotni mostovi in zidna plesen  
<http://www.domzamlade.si/gradbena-dela/toplotni-mostovi-in-zidna-plesen/> (pridobljen 9.7.2016)
- [13] Termografske kamere  
<http://www.mepro.si/termografske-kamere> (pridobljeno 9.7.2016)

[14] Energetsko poročilo

<http://pametnaenergija.com/> (pridobljen 9.7.2016)

[15] Toplotni mostovi

[http://www.mojmojster.net/clanek/141/Toplotni\\_mostovi](http://www.mojmojster.net/clanek/141/Toplotni_mostovi) (pridobljen 9.7.2016)

[16] SIST EN ISO 14683 – Toplotni mostovi v stavbah – Linearna toplotna prehodnost – Poenostavljena metoda in privzete vrednosti (ISO 14683:2007)

[17] SIST EN ISO 10211 – Toplotni mostovi v stavbah – Toplotni tokovi in površinske temperature – Podrobni izračun (ISO 10211:2007)

[18] Toplotni mostovi v ovoju stavb

<http://energetskaizkaznica.si/nasveti/toplotni-mostovi-v-ovoju-stavb/> (pridobljen 13.7.2016)

[19] Wärmebrückenkatalog. (2002). Zürich, Bundesamt für Energie BFE.

[20] Agencija RS za okolje - Atlas Okolja

[http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas\\_Okolja\\_AXL@Arso](http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso) (pridobljen 13.7.2016)

[21] EKO sklad

<http://www.baumit.si/storitve/eko-sklad-2015/eko-sklad-2015.html> (pridobljen 11.8.2016)

[22] Izolacija detajla pri strehi

<http://www.bauwissen-online.de/Seiten/news444.html> (pridobljen 2.8.2016)