

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:

Megušar, P., 2015. Vpliv toplotnih mostov na porabo energije za ogrevanje na primeru osnovne šole. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Košir, M., somentorica Kristl, Ž.): 64 str.

Datum arhiviranja: 02-06-2015

University  
of Ljubljana

Faculty of  
Civil and Geodetic  
Engineering



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

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

This is original version of final thesis.

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

Megušar, P., 2015. Vpliv toplotnih mostov na porabo energije za ogrevanje na primeru osnovne šole. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Košir, M., co-supervisor Kristl, Ž.): 64 p.

Archiving Date: 02-06-2015

Univerza  
v Ljubljani

Fakulteta za  
gradbeništvo in  
geodezijo



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

UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI  
PROGRAM GRADBENIŠTVO  
KONSTRUKCIJSKA SMER

Kandidat:

**PRIMOŽ MEGUŠAR**

**VPLIV TOPLOTNIH MOSTOV NA PORABO ENERGIJE  
ZA OGREVANJE NA PRIMERU OSNOVNE ŠOLE**

Diplomska naloga št.: 3434/KS

**THE IMPACT OF THERMAL BRIDGES ON ENERGY  
CONSUMPTION FOR HEATING IN THE CASE OF  
PRIMARY SCHOOL**

Graduation thesis No.: 3434/KS

**Mentor:**

doc. dr. Mitja Košir

**Predsednik komisije:**

izr. prof. dr. Janko Logar

**Somentorica:**

dr. Živa Kristl

**Član komisije:**

izr. prof. dr. Maruška Šubic-Kovač

Ljubljana, 27. 05. 2015

## **STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA**

**Stran z napako**

**Vrstica z napako**

**Namesto**

**Naj bo**

**IZJAVE**

Podpisani Primož Megušar izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom »Vpliv toplotnih mostov na porabo energije za ogrevanje na primeru Osnovne šole«.

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

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Dolenja vas, 4.5.2015

Primož Megušar

**BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK**

<b>UDK:</b>	<b>536.2:699.86:727(043.2)</b>
<b>Avtor:</b>	<b>Primož Megušar</b>
<b>Mentor:</b>	<b>doc. dr. Mitja Košir</b>
<b>Somentor:</b>	<b>dr. Živa Kristl</b>
<b>Naslov:</b>	<b>Vpliv toplotnih mostov na porabo energije za ogrevanje na primeru Osnovne šole</b>
<b>Tip dokumenta:</b>	<b>Dipl. nal. – UNI</b>
<b>Obseg in oprema:</b>	<b>64 str., 52 pregl., 34 sl.</b>
<b>Ključne besede:</b>	<b>Toplotni mostovi, poraba energije za ogrevanje v stavbi, transmisijske izgube</b>

**Izvleček**

Na primeru Osnovne šole Dobrova sem preveril, kakšen vpliv imajo dejanski toplotni mostovi na porabo energije za ogrevanje. Iz načrtov stavbe sem evidentiral vse toplotne mostove, kateri vplivajo na porabo energije. Tem toplotnim mostovom sem nato v standardu SIST EN ISO 14683 poiskal ustrezne približke. Nato sem s programom TOST izvedel tri simulacije. V prvem primeru toplotnih mostov nisem upošteval. V drugem primeru sem toplotne mostove upošteval na poenostavljen način, v zadnjem primeru pa sem jih upošteval po standardu SIST EN ISO 14683. Rezultate za vse tri primere sem nato primerjal med seboj. Na koncu sem podal še nekatere ukrepe, kako bi lahko porabo energije zmanjšali. Rezultati so pokazali, da je poraba energije zaradi toplotnih mostov ki sem jih upošteval po standardu SIST EN ISO 14683 večja za okoli 20% kot v primeru brez upoštevanja toplotnih mostov, pri primeru poenostavljene metode, pa je poraba večja za slabih 12%.

**BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT**

**UDK:** 536.2:699.86:727(043.2)  
**Author:** Primož Megušar  
**Supervisor:** Assist. Prof. Mitja Košir, Ph.D.  
**Co-supervisor:** Živa Kristl, Ph.D.  
**Title:** The impact of thermal bridges on energy consumption for heating in the case of Primary school  
**Document type:** Graduation Thesis – University Studies  
**Scope and tools:** 64 p., 52 tab., 34 fig.  
**Keywords:** Thermal bridges, building heating energy consumption, transmission losses

**Abstract:**

In the case of Primary school Dobrova I checked what impact have actual thermal bridges on energy consumption for heating. From the plans of the building, I recorded all thermal bridges, which have affect on energy consumption. In standard SIST EN ISO 14683 I seek appropriate approximations to these thermal bridges. Then I made three simulations with the program TOST. In the first case I did not take thermal bridges into account. In the second case, I have taken them into account in a simplified manner and in the last case, I have taken them into account according to the SIST EN ISO 14683. Then I compared the results for all three cases with each other. Finally I made some steps how to reduce energy consumption. The results showed that the energy consumption due to thermal bridges increased by about 20%, comparing to SIST EN ISO 14683, regarding the case without taking them into account. In the case of a simplified method, the consumption increased by nearly 12%.

**KAZALO VSEBINE**

<b>1</b>	<b>UVOD .....</b>	<b>1</b>
1.1	Opredelitev problema .....	1
1.2	Namen naloge .....	1
1.3	Metode dela.....	2
1.4	Pregled literature .....	2
1.4.1	Študija vpliva toplotnih mostov na porabo energije na primeru stanovanja Matisse [6].....	2
1.4.2	Vpliv toplotnih mostov na porabo energije v mediteranskem podnebjju [7] .....	3
1.4.3	Vpliv toplotnih mostov k porabi energije pri uporabi lahkih jeklenih okvirjev v Braziliji [8] .....	4
<b>2</b>	<b>ZAKONODAJA.....</b>	<b>5</b>
2.1	Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES 2010) [9].....	5
2.2	Tehnična smernica za graditev TSG-1-004:2010 [5] .....	5
2.3	Standard SIST EN ISO 14683 [3] .....	6
2.4	Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic.....	7
<b>3</b>	<b>TOPLOTNI MOSTOVI .....</b>	<b>8</b>
3.1	Konstrukcijski toplotni most.....	8
3.2	Geometrijski toplotni most.....	9
3.3	Kombinirani toplotni most.....	9
<b>4</b>	<b>UPORABLJENA PROGRAMSKA OPREMA .....</b>	<b>10</b>
<b>5</b>	<b>OBRAVNAVANI OBJEKT IN TOPLOTNI MOSTOVI V OBRAVNAVANEM OBJEKTU .....</b>	<b>11</b>
5.1	Obravnani objekt.....	11
5.2	Toplotni mostovi v obravnavanem objektu .....	16
5.2.1	Tloris objekta .....	16
5.2.2	Prerez A-A.....	16
5.2.3	Prerez B-B.....	17
5.2.4	Prerez C-C .....	17
5.2.5	Prerez D-D .....	18
5.2.6	Prerez E-E.....	18
<b>6</b>	<b>IZRAČUN ENERGETSKE BILANCE OBJEKTA .....</b>	<b>28</b>
6.0.1	Vhodni podatki.....	28

---

6.1	Primer 1 – Izračun porabe energije brez upoštevanja toplotnih mostov .....	38
6.1.1	Vhodni podatki .....	38
6.1.2	Rezultati.....	39
6.2	Primer 2 – upoštevanje toplotnih mostov na poenostavljen način .....	41
6.2.1	Vhodni podatki.....	41
6.2.2	Rezultati.....	42
6.3	Primer 3 – upoštevanje toplotnih mostov po standardu SIST EN ISO14683 [3] .....	44
6.3.1	Vhodni podatki.....	44
6.3.2	Rezultati.....	45
6.4	Primerjava rezultatov .....	47
6.4	Ukrepi za izboljšanje energetske bilance objekta .....	50
6.5.1	Izboljšanje toplotne prehodnosti konstrukcijskih sklopov.....	50
6.5.2	Sanacija nekaterih toplotnih mostov.....	52
6.6	Primerjava saniranih primerov z obstoječim stanjem.....	57
<b>7</b>	<b>ZAKLJUČEK .....</b>	<b>60</b>
<b>VIRI</b>	<b>.....</b>	<b>62</b>



**KAZALO SLIK**

Slika 1: Obravnavana toplotna mostova (vir: [6]).....	3
Slika 2: Lokacije toplotnih mostov (vir: [2]) .....	6
Slika 3: Konstrukcijski toplotni most (vir: [13]) .....	8
Slika 4: Geometrijski toplotni most (vir: [13]) .....	9
Slika 5: Kombinirani toplotni most (vir: [13]) .....	9
Slika 6: OŠ Dobrova vzhodna stran .....	11
Slika 7: OŠ Dobrova južna stran .....	11
Slika 8: Satelitski posnetek lokacije (vir: [15]).....	12
Slika 9: Južna fasada (vir: [17]).....	13
Slika 10: Severna fasada (vir: [17]) .....	13
Slika 11: Vzhodna fasada (vir: [17]) .....	13
Slika 12: Zahodna fasada (vir:[17]) .....	13
Slika 13: Tloris objekta (vir: [17]).....	16
Slika 14: Prerez A-A (vir: [17]).....	17
Slika 15: Prerez B-B (vir: [17]).....	17
Slika 16: Prerez C-C (vir: [17]) .....	18
Slika 17: Prerez D-D (vir: [17]) .....	18
Slika 18: Prerez D-D (vir: [17]) .....	19
Slika 19: Prikaz temperaturnih con v prerezu stavbe [17].....	31
Slika 20: 1.primera – toplotnih mostov ne upoštevam .....	38
Slika 21: 2.primera – upoštevanje toplotnih mostov na poenostavljen način .....	41
Slika 22: 3.primera – upoštevanje toplotnih mostov po SIST EN ISO 14683.....	44
Slika 23: Graf - koeficient specifičnih transmisivnih toplotnih izgub stavbe .....	47
Slika 24: Graf - letna potrebna toplota za ogrevanje .....	47
Slika 25: Graf - letni potrebni hlad za hlajenje .....	48

---

Slika 26: Graf transmisijske izgube .....	49
Slika 27: Toplotni most S2 pred in po sanaciji (vir: [17]) .....	53
Slika 28: Toplotni most S10 pred in po sanaciji (vir: [17]) .....	53
Slika 29: Toplotni most O1 pred in po sanaciji (vir: [17]).....	53
Slika 30: Toplotni most S4 pred in po sanaciji (vir: [17]) .....	54
Slika 31: Graf - koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe .....	57
Slika 32: Graf - letna potrebna energija za ogrevanje.....	57
Slika 33: Graf - letni potrebni hlad za hlajenje .....	58
Slika 34: Graf transmisijske izgube .....	59

**KAZALO PREGLEDNIC**

Preglednica 1: Razvrščanje v razrede energetske učinkovitosti .....	7
Preglednica 2: Konstrukcijski sklopi in njihove lastnosti .....	14
Preglednica 3: Toplotni most S1 .....	19
Preglednica 4: Toplotni most S2 .....	20
Preglednica 5: Toplotni most S3 .....	20
Preglednica 6: Toplotni most S4 .....	21
Preglednica 7: Toplotni most S5 .....	21
Preglednica 8: Toplotni most S6 .....	22
Preglednica 9: Toplotni most S7 .....	22
Preglednica 10: Toplotni most S8 .....	23
Preglednica 11: Toplotni most S9 .....	23
Preglednica 12: Toplotni most S10 .....	24
Preglednica 13: Toplotni most S11 .....	24
Preglednica 14: Toplotni most T1.....	25
Preglednica 15: Toplotni most T2.....	25
Preglednica 16: Toplotni most O1 .....	26
Preglednica 17: Toplotni most V1 .....	26
Preglednica 18: Evidentirani toplotni mostovi.....	27
Preglednica 19: Učinkovitost sistemov za ogrevanje, hlajenje in toplo vodo.....	28
Preglednica 20: Klimatski podatki .....	29
Preglednica 21: Povprečna dnevna mesečna temperatura, prejeta količina sončnega sevanja po orientacijah in povprečno število dni ogrevanja v mesecu .....	29
Preglednica 22: Računska podobobja.....	30
Preglednica 23: Ogrevana cona - osnovni podatki .....	31
Preglednica 24: Projektna notranja temperatura in povprečna moč dobitkov notranjih virov	32

---

Preglednica 25: Prezračevanje .....	33
Preglednica 26: Transparentni konstrukcijski sklopi .....	33
Preglednica 27: Tla .....	34
Preglednica 28: Topla voda .....	34
Preglednica 29: Razsvetljava .....	35
Preglednica 30: Transparentni konstrukcijski sklopi .....	36
Preglednica 31: Tla .....	36
Preglednica 32: Podatki o kleti .....	36
Preglednica 33: Razsvetljava .....	37
Preglednica 34: Podatki o neto uporabni površini stavbe, kondicionirani prostornini, površini toplotnega ovoja in oblikovnem faktorju .....	39
Preglednica 35: Rezultati - 1.primera .....	39
Preglednica 36: Izgube in dobitki - 1.primera .....	40
Preglednica 37: Potrebna letna energija - 1.primera .....	40
Preglednica 38: Rezultati - 2.primera .....	42
Preglednica 39: Izgube in dobitki - 2.primera .....	42
Preglednica 40: Potrebna letna energija - 2.primera .....	43
Preglednica 41: Rezultati - 3.primera .....	45
Preglednica 42: Izgube in dobitki - 3.primera .....	46
Preglednica 43: Potrebna letna energija - 3.primera .....	46
Preglednica 44: Maksimalne vrednosti toplotne prehodnosti konstrukcijskih sklopov po TSG4 [5] .....	50
Preglednica 45: Rezultati - 1.ukrep .....	51
Preglednica 46: Izgube in dobitki - 1.ukrep .....	51
Preglednica 47: Potrebna letna energija - 1.ukrep.....	52
Preglednica 48: Toplotni mostovi pri zunanji steni.....	54
Preglednica 49: Toplotni most pri tleh .....	55

Preglednica 50: Rezultati - 2. ukrep .....	55
Preglednica 51: Izgube in dobitki - 2.ukrep .....	55
Preglednica 52: Potrebna letna energija - 2.ukrep .....	56



## **1 UVOD**

### **1.1 Opredelitev problema**

Zaradi vedno višjih cen energentov ter potrebi po večjem toplotnem udobju v stavbi je potrebno, da s čim manjšim vložkom energije za ogrevanje dosežemo ter ohranjamo primerno bivalno temperaturo. Koliko toplote bo potrebno dovajati v objekt je tako v veliki meri odvisno od vrste ter debeline toplotne izolacije, oziroma od toplotnih mostov na objektu preko katerih nam toplota »uhaja«. Toplotna izolacija je zelo pomemben element pri oblikovanju stavbnega ovoja tako stanovanjskih kot tudi nestanovanjskih stavb. Tako kot obleka pri človeku, ima podoben namen vzdrževati temperaturo v objektu tudi toplotna izolacija. Toplotni mostovi pa so kritične točke, linije ali ploskve z večjo toplotno prehodnostjo na objektu oziroma na zunanjem ovoju stavbe. Toplotnim mostovom se je potrebno čim bolj izogniti. To je možno s sanacijo obstoječih objektov ali z ustrezno izbiro detajlov pri novogradnjah. Veliko toplotnih mostov je posledica prekinitve toplotno izolacijske plasti. Ponavadi to nastane zaradi križanj različnih konstrukcijskih sklopov. Pri stavbah z boljšim načrtovanjem detajlov križanj pa so lahko prevladujoči geometrijski toplotni mostovi, ki pa nastanejo v vogalih oziroma tistih delih stavbe, kjer je zunanja površina preko katere toplota prehaja iz notranjih prostorov precej večja od notranje. Velik problem pri toplotnih mostovih poleg samega vpliva na toplotno bilanco je tudi pojav površinske kondenzacije, saj se v območju toplotnih mostov temperatura notranje površine precej zniža. Ta pojav je zelo izrazit predvsem v zimskem času pri nizkih temperaturah in visoki relativni vlažnosti ob sočasnem nezadostnem prezračevanju. Pri večkratnem ponavljanju kondenzacije lahko na teh mestih pride tudi do nastanka plesni, ki pa ni le estetski problem, temveč ima lahko negativen učinek tudi na samo zdravje, kar se lahko kaže v obliki raznih alergij [1].

Da je potrebno zmanjšati porabo energije v stavbah govori tudi evropska Direktiva o energetske učinkovitosti stavb [2]. Z njo želijo v nekaj letih v Evropski uniji zmanjšati porabo energije za približno četrtno in hkrati povečati porabo energije iz obnovljivih virov.

### **1.2 Namen naloge**

Namen moje diplomske naloge je preveriti, kakšen vpliv imajo toplotni mostovi na porabo energije za ogrevanje v stavbi Osnovne šole Dobrova. V sklopu diplomske naloge bo moj cilj potrditi oziroma ovreči sledeči hipotezi:

- Vpliv toplotnih mostov na porabo energije za ogrevanje ni zanemarljiv, saj je objekt relativno velik, posledično pa so velike tudi dolžine toplotnih mostov.
- Z upoštevanjem toplotnih mostov na poenostavljen način v primerjavi z upoštevanjem le teh po standardu SIST EN ISO 14683 [3] smo na varni strani.

### 1.3 Metode dela

Na dejanskem objektu Osnovna šola Dobrova pri Ljubljani, sem evidentiral vse toplotne mostove, za katere pričakujem, da bodo imeli vpliv na porabo energije za ogrevanje. Nato sem z računalniškim programom za računanje energetske bilance stavb (TOST) [4] naredil tri različne simulacije. V prvem primeru toplotnih mostov nisem upošteval. Preveril sem, kakšna bi bila poraba energije, če bi imel nekakšno idealizirano stanje, kjer ne bi bilo toplotnih mostov. V drugem primeru sem toplotne mostove upošteval na poenostavljen način, kot ga predvideva Tehnična smernica za graditev TSG-1-004:2010 Učinkovita raba energije (v nadaljevanju TSG4) [5]. Ta metoda deluje po principu, da se na celotnem ovoju stavbe upošteva povečana toplotna prehodnost za  $0,06\text{W}/(\text{mK})$  v primeru, če imajo vsi toplotni mostovi linijsko toplotno prehodnost manjšo od  $0,2\text{W}/(\text{mK})$ . V tretjem primeru pa sem upošteval dejanske toplotne mostove po standardu SIST EN ISO 14683 [3]. Dobljene rezultate iz vseh treh primerov sem nato primerjal med seboj. Na podlagi analize pridobljivih rezultatov sem predlagal možne izboljšave obstoječega stanja ter učinkovitost le-teh preveril z upoštevanjem v izračunu s programskim orodjem TOST [4].

### 1.4 Pregled literature

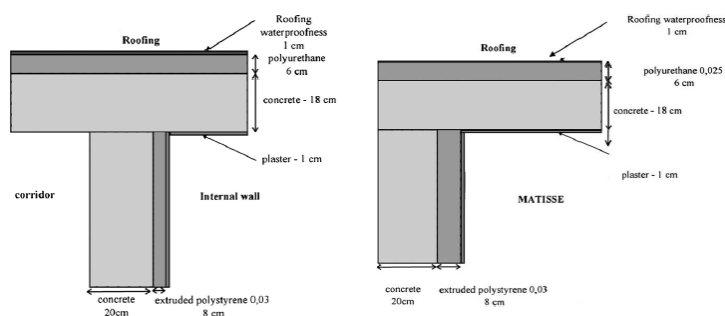
Na tematiko vpliva toplotnih mostov na energetske bilanco objektov je bilo napisanih že veliko strokovnih in znanstvenih člankov. V tem poglavju bom predstavil nekaj primerov, ki se nanašajo na to temo.

#### 1.4.1 Študija vpliva toplotnih mostov na porabo energije na primeru stanovanja Matisse [6]

Študija vpliva toplotnih mostov na porabo energije je bila izvedena na stanovanju Matisse, ki je velikosti  $65,8\text{m}^2$  in vključuje poleg dnevnega prostora še dve spalnici. Stanovanje se



nahaja v najvišjem nadstropju, katerega zaključuje ravna streha. V stanovanju sta dva tipa toplotnih mostov (obliki T in L), kot je prikazano na sliki 1.



Slika 1: Obravnavana toplotna mostova (vir: [6])

Problema ugotavljanja vpliva toplotnih mostov so se lotili dvostopenjsko, in sicer najprej s programom Sisley. To je računalniški program namenjen za 2D modeliranje in analizo toplotnih mostov oziroma prenosov toplote v konstrukcijskih sklopih. V drugi fazi pa so uporabili program CLIM2000, ki je namenjen pridobivanju energetskih lastnosti stavbe. Na podlagi teh izračunov so prišli do ugotovitev, da so se zaradi toplotnih mostov na tem primeru toplotne izgube povečale za okoli 5 do 7%.

#### 1.4.2 Vpliv toplotnih mostov na porabo energije v mediteranskem podnebj [7]

V Italiji trenutno veljavni predpisi ne zahtevajo, temveč le priporočajo upoštevanje toplotnih mostov, katerih odpravljanje ponavadi predstavlja dodaten strošek pri gradnji oziroma obnovi objektov. Članek predstavlja študijo o učinkih toplotnih mostov za dve vrsti stavb (vrstne hiše in hiše dvojček). Predstavljeni so ukrepi s katerimi se zmanjša vpliv toplotnih mostov ter ekonomska študija upravičenosti teh ukrepov. Obravnavani hiši stojita v južni Italiji, kjer je mediteransko podnebje, za katerega je značilna kratka ogrevalna sezona ter dolga ohlajevalna sezona. Pri študiji so upoštevali ogrevanje med 15. novembrom in 31. marcem in sicer 10 ur na dan na temperaturo 20°C. Hlajenje poteka od začetka junija pa do konca septembra na temperaturo 26°C. Hiši sta grajeni iz betonskih okvirjev z opečnim polnilom. Analiza je pokazala, da so ukrepi s katerimi so sanirali toplotne mostove zelo učinkoviti v času ogrevanja, saj se je potrebna količina primarne energije zmanjšala za 25% pri vrstni hiši, ter 17,5% pri hiši dvojček. V času hlajenja pa je učinek manjši, saj je zmanjšanje energije predstavlja le okoli 3,5%. Prav tako so prišli do ugotovitve, da v milejših podnebjih z izolacijo na zunanji strani sten ne dobimo dosti boljše energetske učinkovitosti kot z uporabo lahkih izolacijskih opečnih blokov z lokalno korekcijo toplotnih mostov. Analiza stroškov in

koristi je pokazala, da prihranki, ki jih dobimo zaradi sanacije toplotnih mostov v mediteranskem podnebju ne zadoščajo za povračilo dodatnih stroškov, ki jih imamo zaradi toplotnih mostov pri gradnji oziroma prenovi.

#### **1.4.3 Vpliv toplotnih mostov k porabi energije pri uporabi lahkih jeklenih okvirjev v Braziliji [8]**

Za gradnjo stanovanjskih objektov je bila tehnologija lahkih okvirjev v Braziliji predstavljena v letu 1990. Ta sistem oblikovanja objektov je bil v Brazilijo prinesen iz ZDA in je optimiziran za njihovo zmerno podnebje, zato so morali uvesti tudi nekaj sprememb oziroma prilagoditev brazilskemu podnebju. Namen tega prispevka je oceniti vpliv toplotnih mostov na toplotno učinkovitost stavbe grajene z lahkimi jeklenimi okvirji v Braziliji. V analizi sta bila uporabljena numerični simulacijski program EnergyPlus in specifična metoda, ki obravnava učinke kovinskih konstrukcij. Študija je bila izvedena na dveh klimatiziranih poslovnih stavbah. Zaradi kovinskih elementov, ki so bili vključeni v analizo se toplotna obremenitev poveča za okoli 10% v primerjavi, da bi bili vsi elementi nekovinski. Tudi v primeru, da so kovinski le vertikalni elementi na fasadi objekta so simulacije pokazale 5% povečanje letne porabe energije.

## 2 ZAKONODAJA

### 2.1 Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES 2010) [9]

Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (v nadaljevanju PURES 2010) je bil v Uradnem listu objavljen konec junija 2010, veljati pa je začel 1. Januarja 2011 [9]. Ta pravilnik določa tehnične zahteve, ki morajo biti izpolnjene za učinkovito rabo energije v stavbah na področju toplotne zaščite, ogrevanja, hlajenja, prezračevanja in njihove kombinacije, priprave tople vode in razsvetljave v stavbah, zagotavljanja lastnih obnovljivih virov za delovanje sistemov v stavbi ter metodologijo za izračun energetskih lastnosti stavbe. PURES 2010 [9] se uporablja pri gradnji novih stavb in rekonstrukciji stavb oziroma njihovih posameznih delov, kjer se posega v najmanj 25 odstotkov površine toplotnega ovoja, če je to tehnično izvedljivo.

Glede toplotnih mostov PURES 2010 [9] zahteva obvezno uporabo TSG4 [5], v kateri je naveden in definiran način kako se jih upošteva.

### 2.2 Tehnična smernica za graditev TSG-1-004:2010 [5]

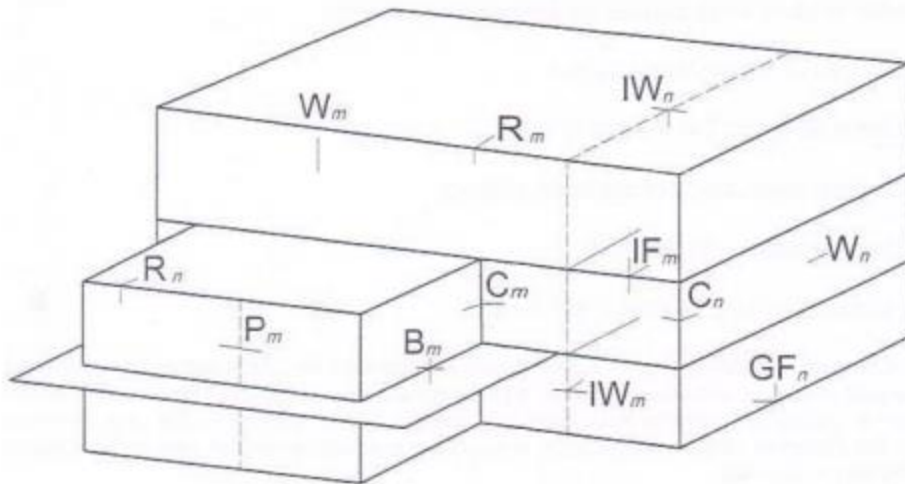
Poleg PURES 2010 [9] je bila hkrati objavljena tudi TSG4 [5]. Njena uporaba je obvezna. Tehnična smernica določa gradbene ukrepe oziroma rešitve za doseganje zahtev iz tega pravilnika in določa metodologijo izračuna energetskih lastnosti stavbe.

O toplotnih mostovih tehnična smernica pravi, da morajo imeti čim manjši vpliv na potrebo po letni toploti. Če imajo toplotni mostovi linijsko toplotno prehodnost večjo od  $0,2\text{W}/(\text{mK})$ , se jim je potrebno z ustreznimi ukrepi oziroma popravki detajlov izogniti, če pa to ni mogoče, je potrebno dokazati, da na mestu toplotnih mostov vodna para ne bo kondenzirala [5].

Tehnična smernica določa tudi, da se pri računu porabe energije v stavbah toplotne mostove upošteva po standardih SIST EN ISO 13789 [10], SIST EN ISO 14683 [3] in SIST EN ISO 10211 [11]. V primeru, da imajo vsi toplotni mostovi linijsko toplotno prehodnost ( $\Psi$ ) manjšo od  $0,2\text{W}/(\text{mK})$ , pa se lahko njihov vpliv na porabo energije upošteva na poenostavljen način, in sicer tako, da se na celotnem ovoju stavbe upošteva povečana toplotna prehodnost za  $0,06\text{W}/(\text{mK})$  [5].

### 2.3 Standard SIST EN ISO 14683 [3]

Standard podaja poenostavljeno metodo za določanje toplotnega toka skozi posamezne linearne toplotne mostove, ki nastopajo na stikih gradbenih elementov. Slika 2 prikazuje tipične lokacije na stikih konstrukcijskih sklopov, ki so obravnavane v standardu.



Slika 2: Lokacije toplotnih mostov (vir: [2])

V standardu najdemo tabelirane projektne vrednosti za linearne toplotne prehodnosti ( $\Psi$ ) za različne vrste toplotnih mostov, ki se nahajajo na zgoraj omenjenih lokacijah. Ob vsakem detajlu toplotnega mostu so napisane tri različne vrednosti linijske toplotne prehodnosti odvisno od dimenzij, katere so bile uporabljene.

- $\Psi_e$  - temelji na zunanjih dimenzijah, merjenih med zunanji površinami zunanjih elementov stavbe.
- $\Psi_{oi}$  - temelji na skupnih notranjih dimenzijah, merjenih med notranji površinami zunanjih elementov stavbe.
- $\Psi_i$  - temelji na notranjih dimenzijah, merjenih med notranji površinami vsake sobe v stavbi.

Uporabiti je mogoče kateregakoli izmed teh treh načinov, vendar pa je pomembno, da izberemo  $\Psi$ , ki temelji na dimenzijah, katere uporabimo tudi pri določanju površin toplotnih prehodnosti celotne stavbe. V Sloveniji uporabljamo  $\Psi_e$ , saj nam tako določa TSG4 [5].

## 2.4 Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic

Ta pravilnik določa podrobnejšo vsebino in obliko energetskih izkaznic stavbe, metodologijo za izdajo energetske izkaznice ter vsebino podatkov, način vodenja registra energetskih izkaznic in način prijave izdane energetske izkaznice za vpis v register [12].

V preglednici 1 so prikazani kriteriji za uvrstitev stavb v razrede energetske učinkovitosti, katere bom uporabil v nadaljevanju pri obravnavanem objektu.

Preglednica 1: Razvrščanje v razrede energetske učinkovitosti

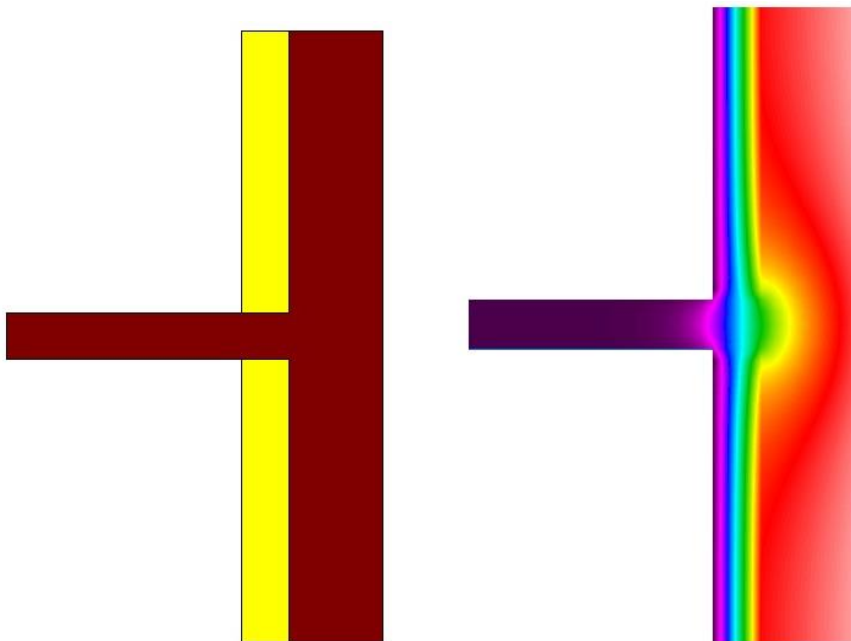
Razred energetske učinkovitosti	Letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe na enoto uporabne površine stavbe $Q(NH) / A(u)$ kWh/(m <sup>2</sup> a)	
A1	do	10
A2	10	15
B1	15	25
B2	25	35
C	35	60
D	60	105
E	105	150
F	150	210
G	210	in več

### 3 TOPLOTNI MOSTOVI

Prekinjena toplotna izolacija na zunanjem ovoju stavbe povzroči predvsem v zimskem času povečan toplotni tok iz notranjih ogrevanih prostorov v zunanje okolje. Ta pojav ne vpliva le na toplotno bilanco stavbe, temveč tudi na samo toplotno udobje ter higienske in zdravstvene razmere v bivalnem okolju. Zato so zelo pomembni skrbno načrtovani in izvedeni detajli, kot so križanja, preboji, stiki, odprtine ter razni priključki, tako da je toplotnih mostov čim manj. Toplotne mostove se deli glede na vzrok nastanka na konstrukcijske in na geometrijske toplotne mostove. Po obliki pa na površinske, linijske in točkovne.

#### 3.1 Konstrukcijski toplotni most

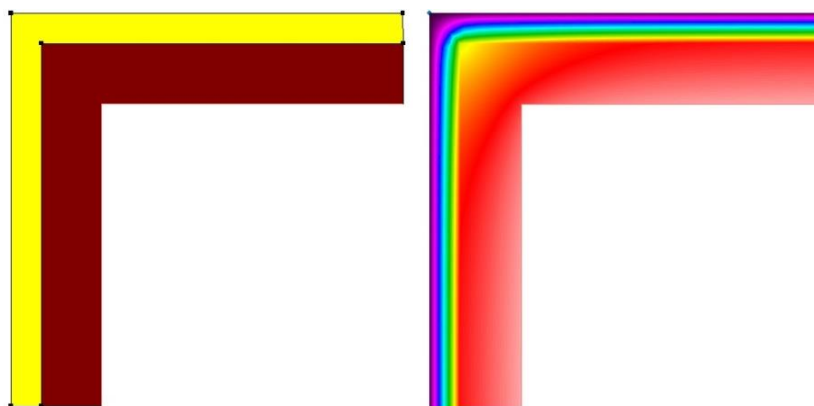
Konstrukcijski ali materialni toplotni most je posledica neenakomernega toplotnega upora na zunanjem ovoju stavbe. Do njega pride tam, kjer je sloj toplotne izolacije prekinjen ali oslabiljen. Konstrukcijskim toplotnim mostovom se lahko s skrbnim in pravilnim načrtovanjem detajlov in križanj skoraj povsem izognemo.



Slika 3: Konstrukcijski toplotni most (vir: [13])

### 3.2 Geometrijski toplotni most

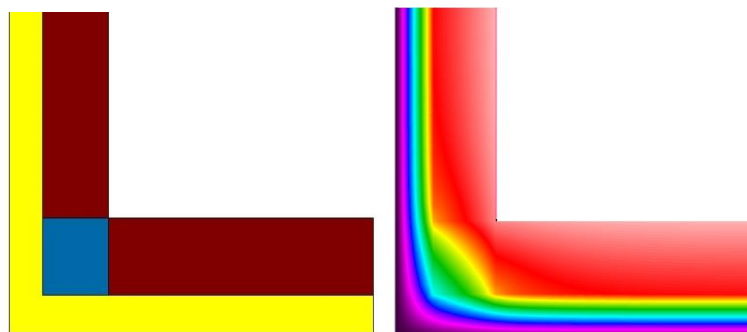
Če konstrukcijske toplotne mostove lahko preprečimo, pa se geometrijskim ne moremo izogniti, saj nastanejo tam, kjer je zunanja površina preko katere toplota prehaja iz notranjih prostorov precej večja od notranje. Geometrijski toplotni mostovi se tako pojavijo predvsem na vogalih stavbe.



Slika 4: Geometrijski toplotni most (vir: [13])

### 3.3 Kombinirani toplotni most

Pogosto geometrijski toplotni most nastopa v kombinaciji s konstrukcijskim. Takšen primer je na primer armiranobetonska potresna vogalna vez, nosilni armiranobetonski stebri v zunanji steni, ki segajo preko zunanje ravnine zidu, armiranobetonska betonska plošča in balkonska stena, toplotno neizoliran stik dveh zunanjih sten ter armiranobetonske plošče proti neogrevanemu podstrešju oziroma ravne strehe in podobno.



Slika 5: Kombinirani toplotni most (vir: [13])

#### **4 UPORABLJENA PROGRAMSKA OPREMA**

Za računanje energetske bilance objekta sem uporabil program TOST [4], ki so ga izdelali v okviru Katedre za stavbe in konstrukcijske elemente na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani. Program nam omogoča izračun vseh potrebnih podatkov za izdelavo končnega poročila oziroma dokazila ustreznosti o toplotni zaščiti stavb po Pravilniku o učinkoviti rabi energije v stavbah upoštevajoč SIST EN ISO 13790 [14] in TSG4 [5].

Program je izdelan v okviru programa Excel in je zelo enostaven za uporabo. Omogoča nam izračun porabe toplote v stanovanjskih in nestanovanjskih stavbah po mesečni metodi. Upoštevati je mogoče obdobja nezasedenosti stavbe ter več con z različnimi režimi ogrevanja. V izračun je mogoče vključiti tudi posebne elemente ovoja, kot so steklenjaki, prezračevani in ogrevani elementi ovoja, netransparentni elementi s transparentno izolacijo ter zbiralno shranjevalne stene.



## 5 OBRAVNAVANI OBJEKT IN TOPLOTNI MOSTOVI V OBRAVNAVANEM OBJEKTU

### 5.1 Obravnavani objekt



Slika 6: OŠ Dobrova vzhodna stran



Slika 7: OŠ Dobrova južna stran

Vpliv toplotnih mostov na porabo energije za ogrevanje bom preveril na primeru Osnovne šole Dobrova. Stavba se nahaja v kraju Dobrova pri Ljubljani (GKX=101648, GKY=454915). Na sliki 8 je prikazan satelitski posnetek lokacije.



Slika 8: Satelitski posnetek lokacije (vir: [15])

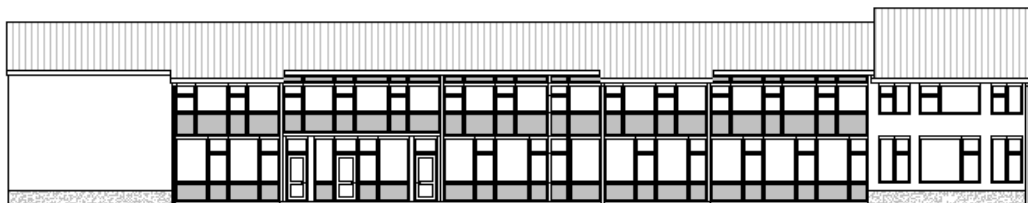
Osnovna šola obsega kletne prostore, pritličje in prvo nadstropje. V kletnih prostorih se nahaja kotlovnica in servisni prostori za potrebe hišnika. V pritličju se nahajajo pisarniški prostori, zbornica, sanitarije, garderobni prostori ter šest učilnic, od katerih sta dve namenjeni predšolski vzgoji in imata dostop do pokrite terase. V prvem nadstropju je šest učilnic in sanitarni prostori.

Stavba je visoka 9m, dolga je 51,3m ter široka 18,9m. Ogrevanje se izvaja po celotnem pritličju in prvem nadstropju, katerih uporabna površina meri 1783,8m<sup>2</sup>. Prostornina znaša 7352,8m<sup>3</sup>. Kletni prostori so neogrevani z uporabno površino 102,5m<sup>2</sup> in prostornino 318,77m<sup>3</sup>. Stavba se ogreva na kurilno olje, prezračevanje se izvaja naravno.

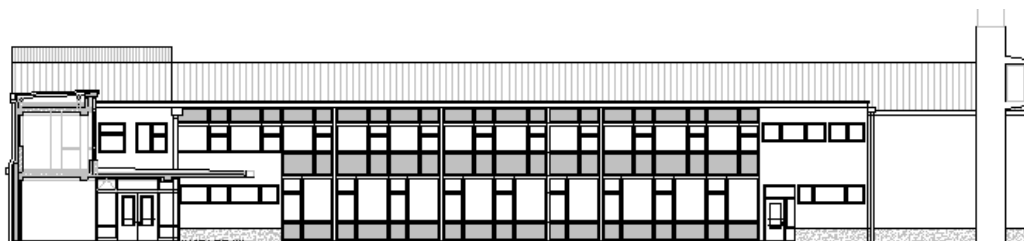
Zunanje stene konstrukcije so deloma armiranobetonske, deloma pa zgrajene iz modularne opeke. Debelina AB stene je 20 cm, toplotna izolacija v obliki plošč iz mineralne volne na zunanji strani sten pa je debeline 8 cm. Površina zunanjih sten znaša 666,89m<sup>2</sup>. Medetažna konstrukcija je AB plošča debeline 10cm. Kletni prostori so prav tako armiranobetonski. Streha objekta je lesena konstrukcija v naklonu 15 stopinj, del strehe pa je raven ter armiranobetonski. Izolacija strehe je mineralna volna debeline 15cm. Strešna kritina je iz profilirane pločevine. Tla na terenu so izolirana z EPS ploščami debeline 7cm. V preglednici 2 so prikazani sestavi vseh konstrukcijskih sklopov v stavbi s pripadajočimi vrednostmi toplotne prehodnosti (U), katere vrednosti sem pridobil s pomočjo programske opreme TEDI [16]. Okna so sestavljena iz PVC profilov z dvojno low-E zasteklitvijo. Toplotna prehodnost

oken znaša  $U_W = 1,410W/(m^2K)$ . Faktor prepustnosti celotnega sončnega sevanja ( $g_{gl,w}$ ) znaša 0,58. Faktor okvirjev ( $F_{FW}$ ) je 0,3.

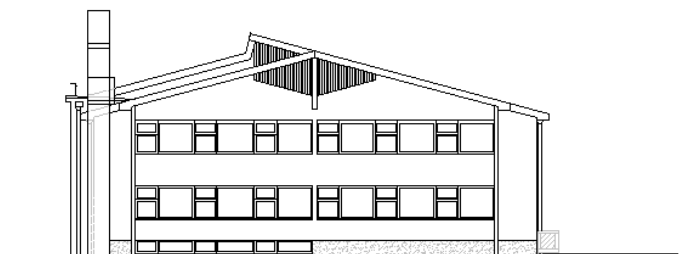
Na slikah od 9 do 12 so prikazane fasade objekta.



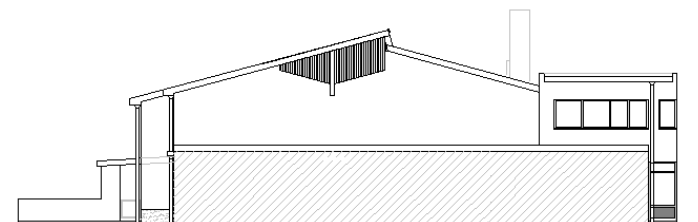
Slika 9: Južna fasada (vir: [17])



Slika 10: Severna fasada (vir: [17])

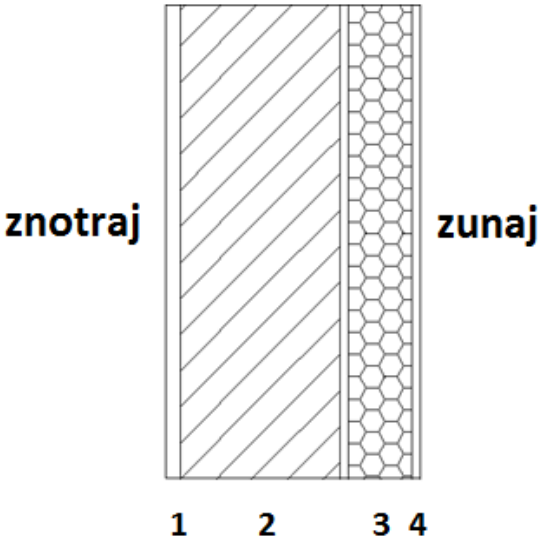
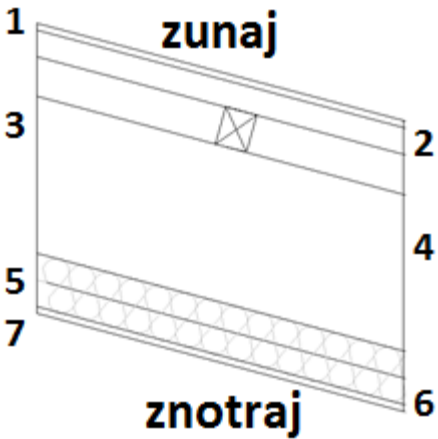


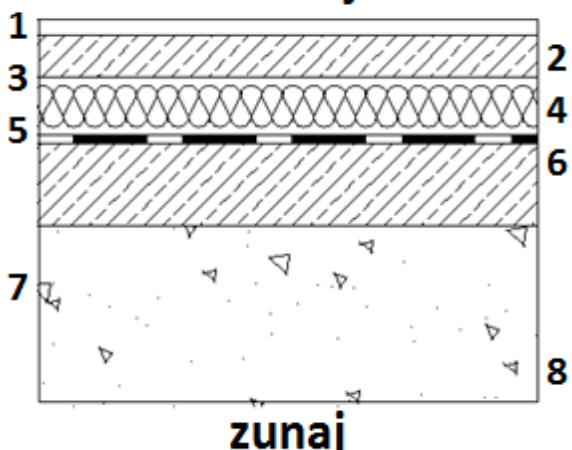
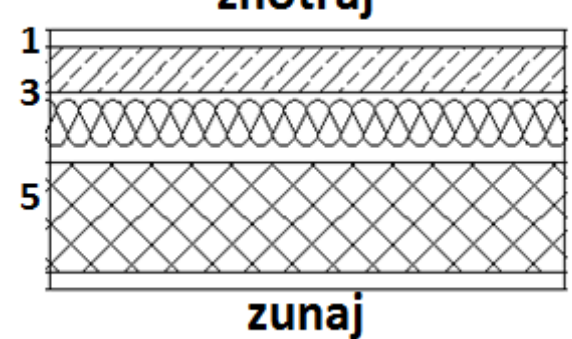
Slika 11: Vzhodna fasada (vir: [17])



Slika 12: Zahodna fasada (vir:[17])

Preglednica 2: Konstrukcijski sklopi in njihove lastnosti

	<p>Zunanja stena</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Omet 2cm</li> <li>2 Modularna opeka 20cm</li> <li>3 Mineralna volna 8cm</li> <li>4 Vodoodporna vezana plošča 1cm na kovinski podkonstrukciji</li> </ol> <p><math>U = 0,448W/(m^2K)</math></p>
	<p>Streha:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Strešna kritina iz profilirane pločevine</li> <li>2 Lesen opaž 2cm</li> <li>3 Lesena konstrukcija 65cm</li> <li>4 Zračna plast</li> <li>5 Mineralna volna 15 cm</li> <li>6 PVC folija</li> <li>7 Mavčne kartonske plošče na kovinski podkonstrukciji 1,25cm</li> </ol> <p><math>U = 0,166W/(m^2K)</math></p>

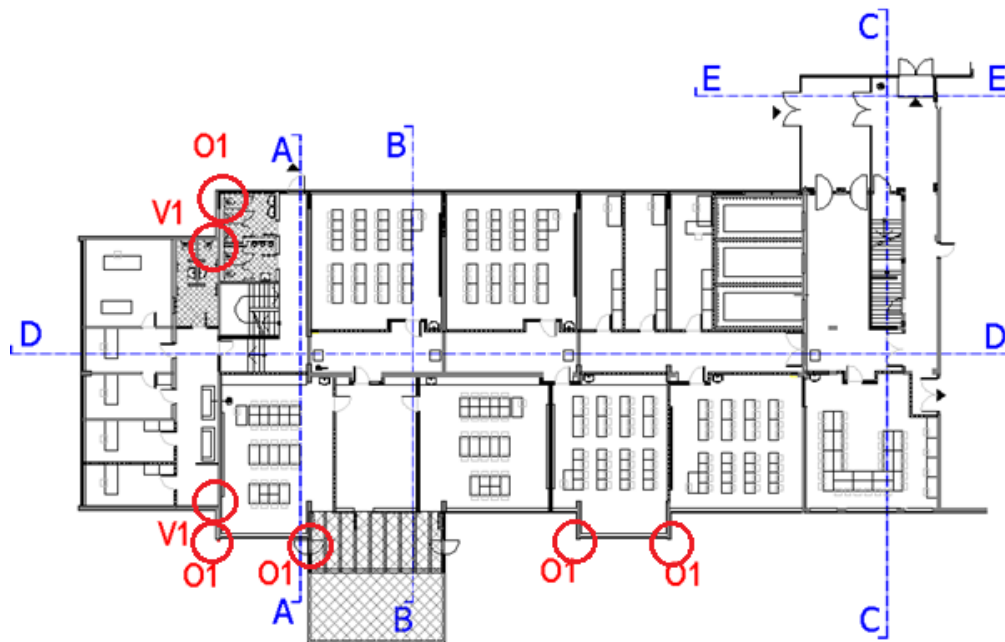
<p style="text-align: center;"><b>znotraj</b></p>  <p style="text-align: center;"><b>zunaj</b></p>	<p>Tla na terenu:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Tehno parket 2cm</li> <li>2 Armiran cementni estrih 5cm</li> <li>3 PVC folija</li> <li>4 EPS 7cm</li> <li>5 Hladen bitumenski premaz + varjeni bitumenski trakovi 1cm</li> <li>6 Pusti beton 10cm</li> <li>7 Utrjeno nasutje 30cm</li> <li>8 Obstoječi teren</li> </ol> <p><math>U = 0,396W/(m^2K)</math></p>
<p style="text-align: center;"><b>znotraj</b></p>  <p style="text-align: center;"><b>zunaj</b></p>	<p>Tla med ogrevano cono in kletjo:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Tehno parket 2cm</li> <li>2 Armiran cementni estrih 5cm</li> <li>3 PVC folija</li> <li>4 EPS 7cm</li> <li>5 AB plošča 20cm</li> <li>6 Omet 2cm</li> </ol> <p><math>U = 0,419W/(m^2K)</math></p>

## 5.2 Toplotni mostovi v obravnavanem objektu

S pomočjo standarda SIST EN ISO 14683 [3] sem izvedel analizo linearnih toplotnih mostov na stavbi, za katere lahko pričakujem, da bodo vplivali na potrebno energijo za ogrevanje v stavbi. Zaradi lažje obravnave in predstavitve sem jih razdelil v toplotne mostove, ki se pojavljajo v tlorisih stavbe in pa tiste, ki se pojavljajo v vertikalnih prerezhih.

### 5.2.1 Tloris objekta

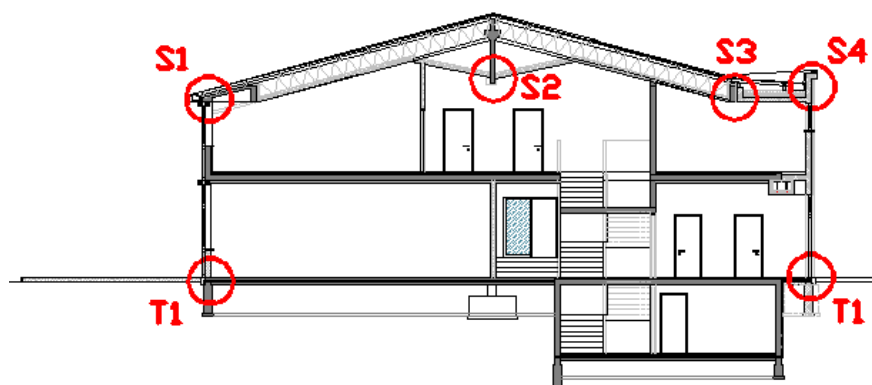
V tlorisu sem evidentiral dva tipa toplotnih mostov. Kombinirani toplotni mostovi z oznako O1 se pojavijo na vogalih pri stiku oken s steno, medtem ko sta toplotna mostova V1 geometrijska (slika 13).



Slika 13: Tloris objekta (vir: [17])

### 5.2.2 Prerez A-A

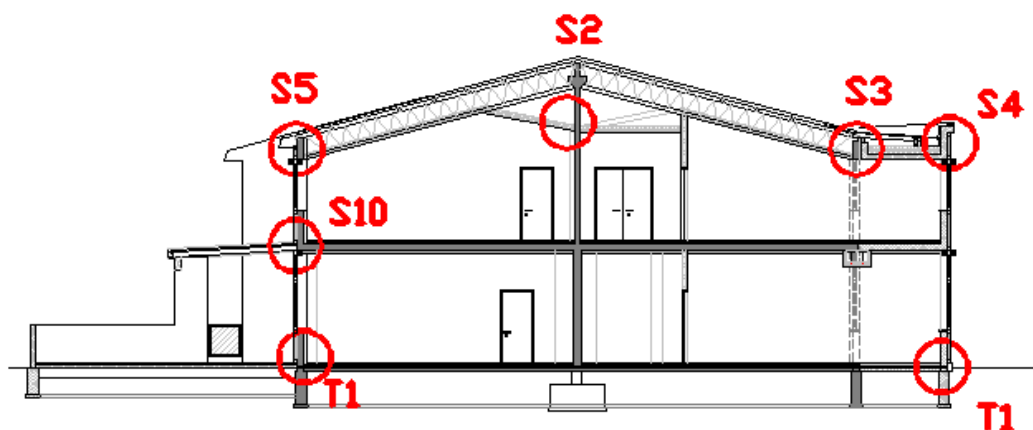
V tem prerezu se pojavi pet različnih tipov toplotnih mostov. Na stiku s tlemi poteka skoraj po celotni dolžini objekta na obeh straneh toplotni most, ki sem ga označil z oznako T1. Ta toplotni most je posledica prekinjene toplotne izolacije zunanje stene, ki se konča na stiku s tlemi. Na strehi objekta se zaradi prekinjene toplotne izolacije pojavijo štiri tipi toplotnih mostov. Na levi in desni strani objekta sta na stiku stene s streho toplotna mostova z oznako S1 in S4, vmes pa potekajo toplotni mostovi z oznako S2 in S3 (slika 14).



Slika 14: Prerez A-A (vir: [17])

### 5.2.3 Prerez B-B

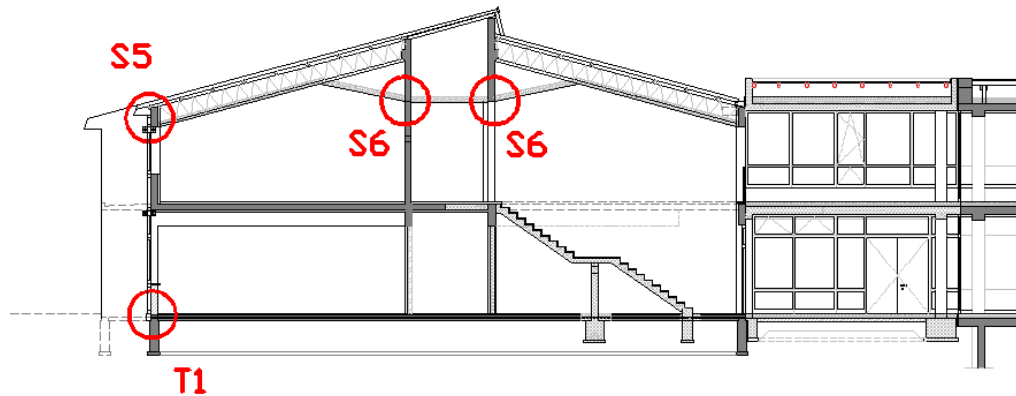
Podobno kot v prerezu A-A imamo na stiku s tlemi toplotne mostove z oznako T1. Prav tako so na strehi objekta toplotni mostovi z oznakami S2, S3 in S4. Na levi strani objekta je na stiku zunanje stene s streho toplotni most S5, medtem ko je na zunanji steni pri stiku nadstreška objekta s fasado zaradi prekinjene toplotne izolacije toplotni most z oznako S10 (slika 15).



Slika 15: Prerez B-B (vir: [17])

### 5.2.4 Prerez C-C

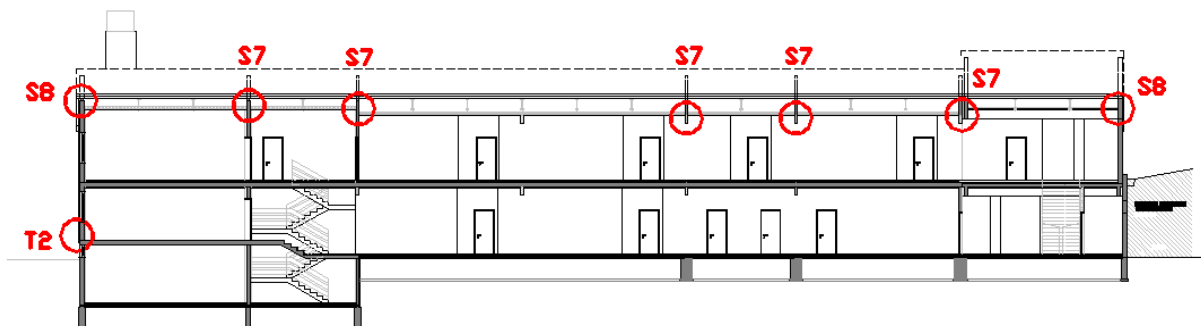
Poleg že poznanih toplotnih mostov z oznakama T1 in S5 se v prerezu C\_C pojavi še toplotni most S6, ki poteka v dveh linijah po sredini objekta. Toplotni most S6 nastane zaradi prekinjene toplotne izolacije (slika 16).



Slika 16: Prerez C-C (vir: [17])

### 5.2.5 Prerez D-D

V tem prerezu imamo tri različne tipe toplotnih mostov. Z oznako T2 sem označil toplotni most pri kletnem oknu. Na levem in desnem robu objekta je na stiku zunanje stene s streho toplotni most z oznako S8, medtem ko po celotni širini objekta na petih različnih mestih potekajo toplotni mostovi z oznako S7 (slika 17).

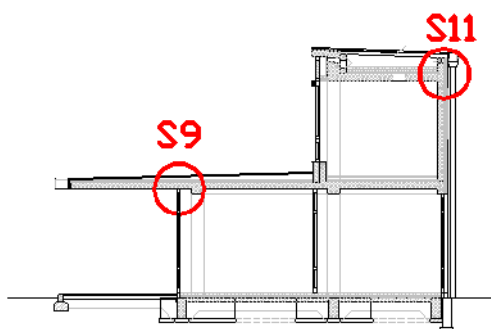


Slika 17: Prerez D-D (vir: [17])

### 5.2.6 Prerez E-E

V tem prerezu imamo dva različna tipa toplotnih mostov. S9 je toplotni most na stiku steklenih vrat z nadstreškom. Zaradi prekinjene toplotne izolacije je na desni strani še toplotni most z oznako S11 (slika 18).





Slika 18: Prerez D-D (vir: [17])

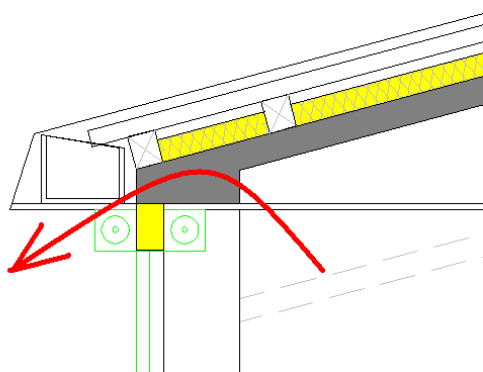
V nadaljevanju bom predstavil lastnosti vseh identificiranih in obravnavanih toplotnih mostov (preglednica 3-17). V preglednicah na levi strani so slike konkretnih toplotnih mostov, katere sem pridobil iz načrtov stavbe. Na desni strani pa so pripadajoči toplotni mostovi privzeti iz standarda SIST EN ISO 14683 [3].

Preglednica 3: Toplotni most S1

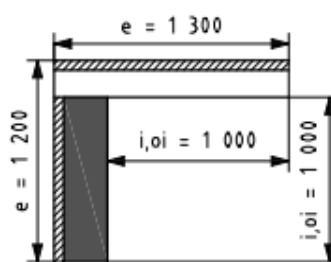
S1 – Toplotni most na stiku strehe z zunanjo steno.

Toplotna izolacija je prekinjena, toplota prehaja skozi AB nosilec.

(vir: [17])



(vir: [3])



R1

$\psi_e = 0,55$   
 $\psi_{oi} = 0,75$   
 $\psi_i = 0,75$

Dolžina toplotnega mostu: 10,5m

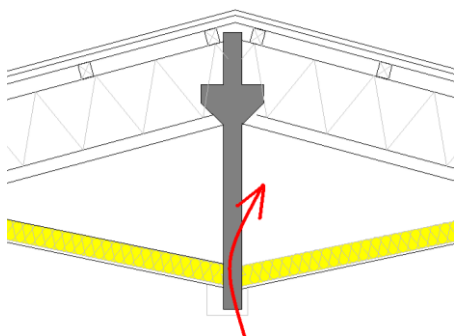
Kategorija toplotnega mostu po SIST EN ISO 14683: R1  $\Psi_e = 0,55$

## Preglednica 4: Toplotni most S2

S2 – Toplotni most pri AB strešnem nosilcu.

Toplotna izolacija je prekinjena pri strešnem nosilcu, skozi katerega pride do prehajanja toplote.

(vir: [17])



(vir: [3])



**P3**

$$\psi_e = 1,15$$

$$\psi_{cl} = 1,15$$

$$\psi_i = 1,15$$

Dolžina toplotnega mostu: 43m

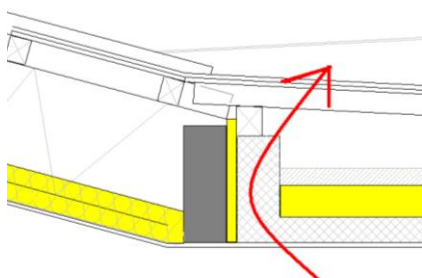
Kategorija toplotnega mostu po SIST EN ISO 14683: P3  $\psi_e = 1,15$

## Preglednica 5: Toplotni most S3

S3 – Toplotni most na strehi pri priključku novega prizidka k obstoječemu delu stavbe.

Toplotna izolacija je na tem delu prekinjena.

(vir: [17])



(vir: [3])



**P3**

$$\psi_e = 1,15$$

$$\psi_{cl} = 1,15$$

$$\psi_i = 1,15$$

Dolžina toplotnega mostu: 34,5m

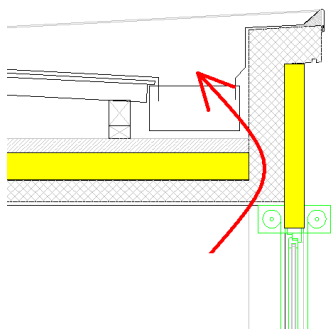
Kategorija toplotnega mostu po SIST EN ISO 14683: P3  $\psi_e = 1,15$

### Preglednica 6: Toplotni most S4

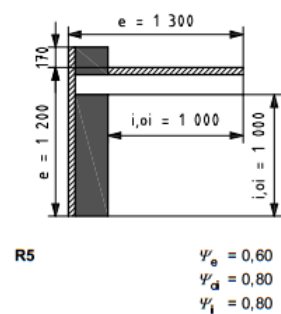
S4 – Toplotni most na strehi novejšega prizidka k objektu.

Toplotna izolacija na tem mestu je prekinjena in toplota lahko prehaja skozi armirano betonski strop.

(vir: [17])



(vir: [3])



Dolžina toplotnega mostu: 34,5m

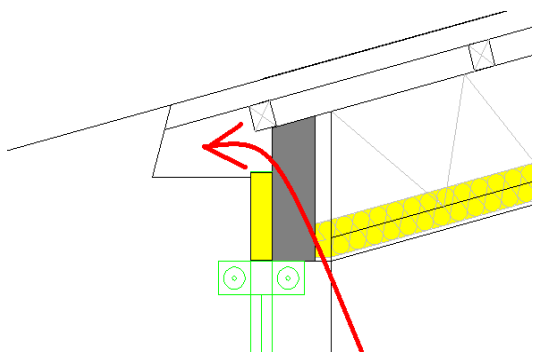
Kategorija toplotnega mostu po SIST EN ISO 14683: R5  $\Psi_e = 0,60$

### Preglednica 7: Toplotni most S5

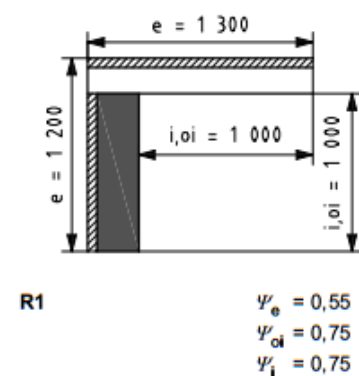
S5 – Toplotni most na stiku strehe z zunanjo steno.

Toplotna izolacija je prekinjena, toplota prehaja skozi AB nosilec.

(vir: [17])



(vir: [3])



Dolžina toplotnega mostu: 39,8m

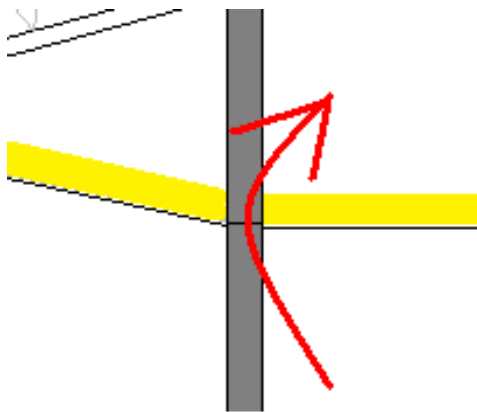
Kategorija toplotnega mostu po SIST EN ISO 14683: R1  $\Psi_e = 0,55$

## Preglednica 8: Toplotni most S6

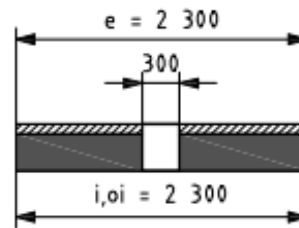
S6 – Toplotni most pri strešnih nosilcih.

Prekinjena toplotna izolacija.

(vir: [17])



(vir: [3])



P1

$\psi_e = 1,30$

$\psi_d = 1,30$

$\psi_i = 1,30$

Dolžina toplotnega mostu : 15,6m

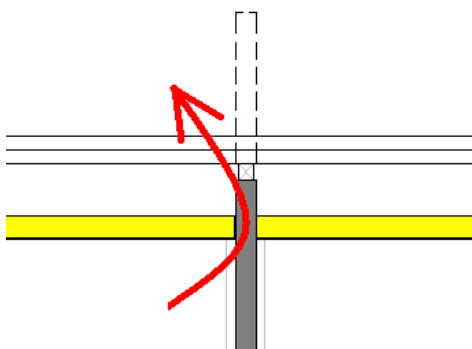
Kategorija toplotnega mostu po SIST EN ISO 14683: P1  $\Psi_e = 1,30$ 

## Preglednica 9: Toplotni most S7

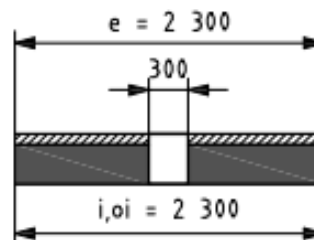
S7 – toplotni most pri strešnih nosilcih.

Prekinjena toplotna izolacija.

(vir: [17])



(vir: [3])



P1

$\psi_e = 1,30$

$\psi_d = 1,30$

$\psi_i = 1,30$

Dolžina toplotnega mostu: 80 m

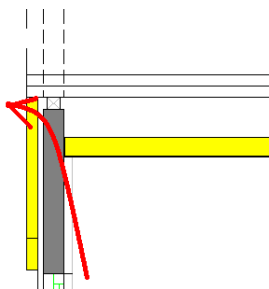
Kategorija toplotnega mostu po SIST EN ISO 14683: P1  $\Psi_e = 1,30$

### Preglednica 10: Toplotni most S8

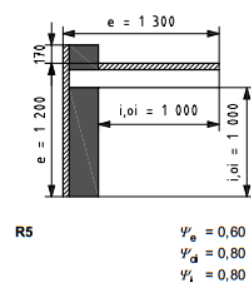
S8 – toplotni most na V in Z robu objekta pri stiku zunanje stene z ostrešjem.

Prekinjena toplotna izolacija.

(vir: [17])



(vir: [3])



Dolžina toplotnega mostu: 32m

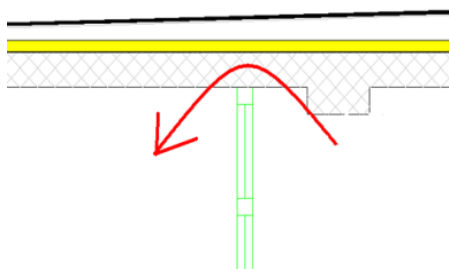
Kategorija toplotnega mostu po SIST EN ISO 14683: R5  $\Psi_e = 0,60$

### Preglednica 11: Toplotni most S9

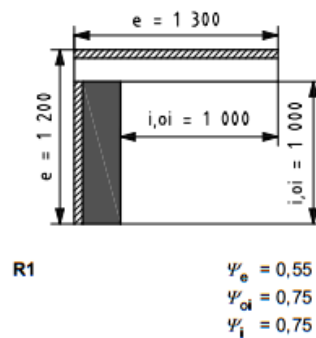
S9 – toplotni most pri nadstrešku – vhod v šolo.

Nadstrešek je izoliran samo iz zgornje strani, zato toplota lahko prehaja skozi konstrukcijo na stiku steklenega ovoja z betonskim nadstreškom.

(vir: [17])



(vir: [3])



Dolžina toplotnega mostu: 6,9m

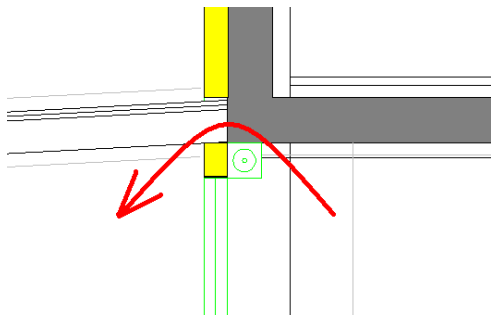
Kategorija toplotnega mostu po SIST EN ISO 14683: R1  $\Psi_e = 0,55$

## Preglednica 12: Toplotni most S10

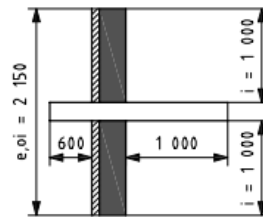
S10 – toplotni most na stiku nadstreška z osnovno konstrukcijo.

Toplotna izolacija na stiku je prekinjena, toplota prehaja skozi AB konstrukcijo.

(vir: [17])



(vir: [3])



**B1**

$$\begin{aligned}\psi_e &= 0,95 \\ \psi_d &= 0,95 \\ \psi_i &= 1,05\end{aligned}$$

Dolžina toplotnega mostu: 8m

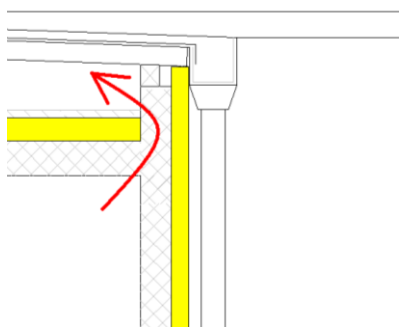
Kategorija toplotnega mostu po SIST EN ISO 14683: B1  $\Psi_e = 0,95$

## Preglednica 13: Toplotni most S11

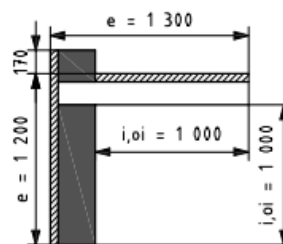
S11 – Toplotni most na strehi prizidka k objektu.

Toplotna izolacija na tem mestu je prekinjena in toplota lahko prehaja skozi armiranobetonski strop.

(vir: [17])



(vir: [3])



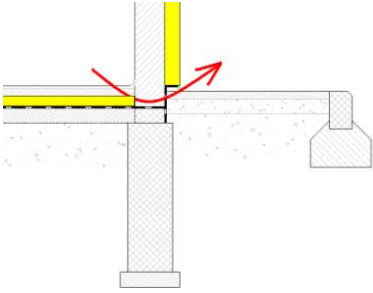
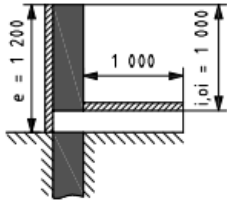
**R5**

$$\begin{aligned}\psi_e &= 0,60 \\ \psi_d &= 0,80 \\ \psi_i &= 0,80\end{aligned}$$

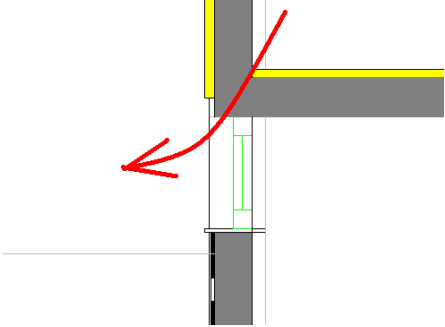
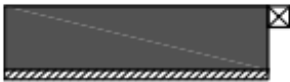
Dolžina toplotnega mostu: 6,9m

Kategorija toplotnega mostu po SIST EN ISO 14683: R5  $\Psi_e = 0,60$

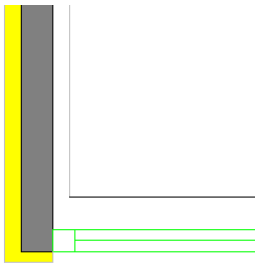

### Preglednica 14: Toplotni most T1

T1 – Toplotni most pri tleh. Toplotna izolacija se konča na stiku s tlemi.	
(vir: [17]) 	(vir: [3])  <b>GF5</b> $\psi_e = 0,60$ $\psi_{ci} = 0,75$ $\psi_i = 0,75$
Dolžina toplotnega mostu: 59,1m Kategorija toplotnega mostu po SIST EN ISO 14683: GF5 $\Psi_e = 0,60$	

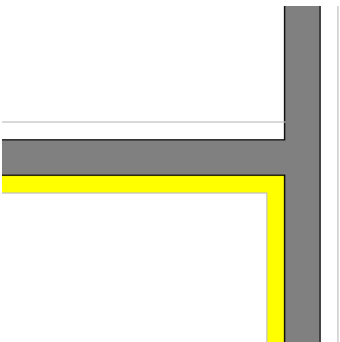
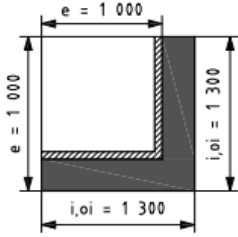
### Preglednica 15: Toplotni most T2

T2 – Toplotni most pri kletnem oknu. Prekinjena toplotna izolacija.	
(vir: [17]) 	(vir: [3])  <b>W3</b> $\psi_e = 0,80$ $\psi_{ci} = 0,80$ $\psi_i = 0,80$
Dolžina toplotnega mostu: 7,9m Kategorija toplotnega mostu po SIST EN ISO 14683: W3 $\Psi_e = 0,80$	

Preglednica 16: Toplotni most O1

O1 – toplotni most pri stiku okenj s steno.	
(vir: [17]) 	(vir: [3])  <b>W18</b> $\Psi_e = 0,20$ $\Psi_{oi} = 0,20$ $\Psi_i = 0,20$
Dolžina toplotnega mostu: 19,25 m	
Kategorija toplotnega mostu po SIST EN ISO 14683: W18 $\Psi_e = 0,20$	

Preglednica 17: Toplotni most V1

V1 – toplotni most v vogalih stavbe	
Geometrijski toplotni most.	
(vir: [17]) 	(vir: [3])  <b>C5</b> $\Psi_e = 0,05$ $\Psi_d = -0,15$ $\Psi_i = -0,15$
Dolžina toplotnega mostu: 13,6m	
Kategorija toplotnega mostu po SIST EN ISO 14683:C5 $\Psi_e = 0,05$	



V preglednici 18 so navedeni vsi toplotni mostovi s pripadajočimi dolžinami in koeficienti linearne toplotne prehodnosti, katere potrebujemo za izračun energetske bilance objekta v kolikor toplotne mostove upoštevamo po standardu SIST EN ISO 14683 [3]. Toplotni mostovi od S1 do T2 so konstrukcijski, toplotni most O1 je kombiniran, V1 pa geometrijski.

Preglednica 18: Evidentirani toplotni mostovi

Oznaka toplotnega mostu	Linearna toplotna prehodnost (W/mK)	Dolžina toplotnega mostu (m)
S1	$\Psi_e = 0,55$	10,5
S2	$\Psi_e = 1,15$	43,0
S3	$\Psi_e = 1,15$	34,5
S4	$\Psi_e = 0,60$	34,5
S5	$\Psi_e = 0,55$	39,8
S6	$\Psi_e = 1,30$	15,6
S7	$\Psi_e = 1,30$	80,0
S8	$\Psi_e = 0,60$	32,0
S9	$\Psi_e = 0,55$	6,9
S10	$\Psi_e = 0,95$	8,0
S11	$\Psi_e = 0,60$	6,9
T1	$\Psi_e = 0,60$	59,1
T2	$\Psi_e = 0,80$	7,9
O1	$\Psi_e = 0,20$	19,25
V1	$\Psi_e = 0,05$	13,6

## 6 IZRAČUN ENERGETSKE BILANCE OBJEKTA

Energetsko bilanco objekta sem izračunal s pomočjo računalniškega programa TOST [4], v katerega je potrebno vnesti različne vhodne podatke, razdeljene na več skupin. V tem poglavju so navedeni vsi podatki, potrebni za izračun porabe energije. Za vse tri različne primere upoštevanja toplotnih mostov so predstavljeni rezultati porabe energije ter primerjava med njimi. Podani so tudi nekateri ukrepi kako bi se lahko poraba energije zmanjšala.

### 6.0.1 Vhodni podatki

#### 6.0.1.1 Splošni podatki

Med splošne podatke je bilo potrebno podati učinkovitost sistemov za ogrevanje, hlajenje in toplo vodo. Kot energent za ogrevanje objekta ter vode se v obravnavani stavbi uporablja lahko kurilno olje. Ker za ogrevanje in ogrevanje tople vode točni podatki o vrsti vgrajenih naprav niso znani, sem uporabil predpostavljene vrednosti. Za generacijo sem vzel standardni kotel, razreda B z učinkovitostjo 0,8. Pod distribucijo sem izbral izolirane cevi, znotraj ogrevanih in neogrevanih prostorov, ki ima prav tako učinkovitost 0,8. Pod emisije pa radiatorje z učinkovitostjo 0,8. Emisije pri topli vodi so 1,0, saj imajo pipe 100% učinkovitost. Ker hlajenja v stavbi ni, sem vse tri vrednosti nastavil na 1,0.

Preglednica 19: Učinkovitost sistemov za ogrevanje, hlajenje in toplo vodo

	Generacija (%)	Distribucija (%)	Emisije (%)
Ogrevanje	80	80	80
Hlajenje	100	100	100
Topla voda	80	80	100

#### 6.0.1.2 Klimatski podatki

Za določeno lokacijo kjer se nahaja obravnavani objekt sem podal koordinate, katere sem dobil na straneh Agencije Republike Slovenija za okolje in prostor [18]. S pritiskom na gumb »Naloži klimatske podatke« dobimo za dotično lokacijo vse potrebne klimatske podatke, ki jih

potrebujemo za izračun energetske bilance. Klimatski podatki so predstavljeni v preglednici 20 in 21.

Preglednica 20: Klimatski podatki

Temperaturni primankljaj DD (dan K)	3300
Projektna temperatura (°C)	-13
Povprečna letna temperatura (°C)	9,4
Letna sončna energija (KWh/m <sup>2</sup> )	1121
Trajanje ogrevalne sezone (dnevi)	245
Začetek ogrevalne sezone (dan)	260
Konec ogrevalne sezone (dan)	140

Preglednica 21: Povprečna dnevna mesečna temperatura, prejeta količina sončnega sevanja po orientacijah in povprečno število dni ogrevanja v mesecu

Mesec	Povprečna temp. (°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	1,0	174	41	80	215	121	28
MER	5,0	307	70	149	260	179	31
APR	9,0	437	110	210	251	220	30
MAJ	14,0	546	133	256	237	251	20
JUN	17,0	569	153	250	218	264	0
JUL	19,0	610	141	263	240	283	0
AVG	19,0	528	116	239	269	260	0
SEPT	15,0	362	89	163	259	188	13
OKT	10,0	213	58	101	203	116	31
NOV	4,0	106	34	57	121	58	30
DEC	0,0	77	25	43	111	48	31
Ogrev.sezona	5,4	1928	493	932	1585	1063	245

### 6.0.1.3 Računska podobdobja

Za vsak mesec posebej je potrebno določiti količine ur za dneve, noči ter vikende. Upoštevamo tudi število dni v mesecu, ko je objekt nezaseden. Te količine je potrebno določiti zaradi uporabe različnih projektnih notranjih temperatur. Določimo jih naknadno pri opisu lastnosti temperaturnih con. Trajanje časovnih podobdobj je prikazano v preglednici 22.

Za časovno podobdobje Dan se upošteva koliko ur na dan je objekt v uporabi oziroma koliko časa je potrebno, da se objekt ogreva na temperaturo, ki je primerna za bivanje ali opravljanje določenih dejavnosti v njej. Za moj primer Osnovne šole sem upošteval, da se to podobdobje začne ob 6.00 zjutraj ter se zaključi ob 19.00. V tem času naj bi bila temperatura v objektu nekje okrog 21°C.

Za ostala podobdobja Noč, Vikend in Nezasedeno se upošteva nižja temperatura, saj je takrat objekt prazen. Projektna temperatura za ta podobdobja je 17 °C.

V podobdobju nezasedeno sem upošteval počitnice in praznike. Pod nezasedeno sem prav tako upošteval vikende (sobota in nedelja), saj je takrat šola prazna in je režim ogrevanja enak kot pri ostalih dnevih, ko v šoli ni dejavnosti.

Preglednica 22: Računska podobdobja

Mesec	Trajanje časovnega podobdobja $t_{sub}$ (h)			Dni <sub>nezas</sub>
	Dan	Noč	Vikend	Nezasedeno
JAN	247	209	0	12
FEB	208	176	0	12
MAR	260	220	0	11
APR	260	220	0	10
MAJ	260	220	0	11
JUN	195	165	0	15
JUL	0	0	0	31
AVG	0	0	0	31
SEPT	273	231	0	9
OKT	247	209	0	12
NOV	260	220	0	10

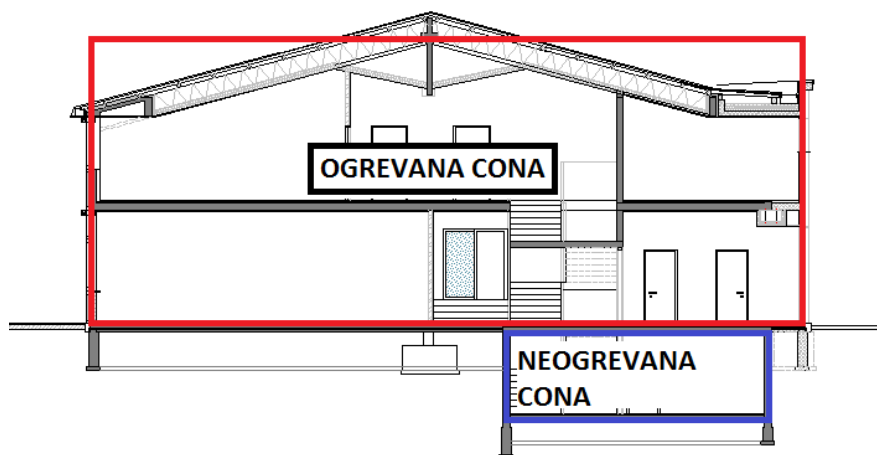
DEC	221	187	0	14
-----	-----	-----	---	----

#### 6.0.1.4 Podatki o temperaturnih conah

V objektih imamo lahko več con z različnimi temperaturami oziroma režimi ogrevanja/hlajenja. V program TOST [4] lahko podamo štiri različne ogrevane cone, pet različnih neogrevanih con, en steklenjak ter po eno ogrevano in neogrevano klet.

V mojem primeru imam eno ogrevano cono, ki obsega celotno pritličje ter prvo etažo. V kleti je neogrevana cona, saj so tam prostori namenjeni kotlovnici, zato ni potrebe po ogrevanju.

Na sliki 19 sta na prerezu stavbe prikazani ogrevana cona in neogrevana klet.



Slika 19: Prikaz temperaturnih con v prerezu stavbe [17]

#### 6.0.1.5 Podatki o ogrevani coni - osnovni podatki

V delovnem listu ogrevana cona je potrebno določiti njeno prostornino ter uporabno površino. Glede na toplotno kapaciteto je potrebno določiti vrsto konstrukcije. Ker je objekt, ki ga obravnavam delno zidan delno armiranobetonski, za vrsto konstrukcije glede na toplotno kapaciteto izberem srednja in glede na to se izračuna efektivna toplotna kapaciteta cone.

Preglednica 23: Ogrevana cona - osnovni podatki

Opis cone	Pritličje + etaža
Vrsta konstrukcije glede na toplotno kapaciteto	Srednja

Izračunana efektivna toplotna kapaciteta cone C (MJ/K)	294,33
--	--------

Za ogrevano cono je potrebno določiti še projektne notranje temperature. Za temperaturno podobdobje dan sem vzel 21°C. Za ostala podobdobja, ko je objekt prazen, pa 17°C.

Zelo pomembna stvar pri računu energetske bilance objekta so dobitki notranjih virov. Ker vsaka oseba in vsaka električna naprava oddaja toploto, je potrebno le to upoštevati pri izračunu bilance. Sploh v mojem primeru osnovne šole, kjer je veliko otrok ter tudi električnih naprav, je moč dobitkov notranjih virov zelo pomemben podatek. Povprečno moč dobitkov notranjih virov določimo po standardu SIST EN ISO 13790 – ANEKS G [14]. Le ta predpisuje, da vzamemo za izobraževalne objekte 70W na osebo ter za naprave 5xAu (uporabna površina cone). V času, ko v objektu ni ljudi, upoštevamo 2xAu (uporabna površina cone). Vseh oseb v stavbi naj bi bilo cca 325. Ker pa prisotnost skoraj nikoli ni popolna, sem število oseb pomnožil s faktorjem 0,8.

- Povprečna moč dobitkov notranjih virov - Dan:

$$325(\text{oseb}) \times 0,8 \times 70\text{W} + 5 \times 1783,8(\text{Au}) = 27127\text{W}$$

- Povprečna moč dobitkov notranjih virov – Noč, Vikend, Nezasedeno:

$$2 \times 1783,8(\text{Au}) = 3568\text{W}$$

Preglednica 24: Projektna notranja temperatura in povprečna moč dobitkov notranjih virov

	Dan	Noč	Vikend	Nezasedeno
Projektna notranja temperatura pozimi (°C)	21,0	17,0	17,0	17,0
Projektna notranja temperatura poleti (°C)	26,0	26,0	26,0	26,0
Povprečna moč dobitkov notranjih- virov (W)	27127	3568	3569	3568

#### 6.0.1.6 Podatki o ogrevani coni - Prezračevanje

Naslednji delovni list je namenjen prezračevanju, ki je lahko naravno, mehansko ali hibridno.

V mojem primeru je prezračevanje naravno. Tukaj moramo določiti urno izmenjavo zraka z zunanjim okoljem. Za časovno podobdobje Dan znaša urna izmenjava zraka z zunanjim okoljem  $1,0 \text{ h}^{-1}$ , za ostala podobdobja pa  $0,4 \text{ h}^{-1}$ . To je v veliki meri odvisno od tesnosti stavbnega ovoja, saj v obdobju, ko šola ni zasedena tudi ni nikogar, ki bi jo prezračeval [19].

Preglednica 25: Prezračevanje

	Dan	Noč	Vikend	Nezasedeno
Vrsta prezračevanja	Naravno	naravno	naravno	naravno
Urna izmenjava zraka z zunanjim okoljem $n \text{ (h}^{-1}\text{)}$	1,00	0,40	0,40	0,40
Minimalna izmenjava zraka $n_{\min} \text{ (h}^{-1}\text{)}$	0,50	0,00	0,00	0,00

#### 6.0.1.7 Podatki o ogrevani coni – Stene, streha

Za konstrukcijske sklope stene in streho je bilo potrebno določiti njihovo površino ter toplotno prehodnost. Slednjo sem izračunal s računalniškim programom za račun toplotne prehodnosti (TEDI) [16].

#### 6.0.1.8 Podatki o ogrevani coni – Transparentni konstrukcijski sklopi

V naslednjem delovnem listu je potrebno vnesti vse podatke v zvezi s transparentnimi konstrukcijskimi sklopi. Glede na orientacijo sem za transparentne dele stavbnega ovoja podal površino odprtin ( $A_w$ ), toplotno prehodnost oken ( $U_w$ ), prehod celotnega sončnega sevanja transparentnega dela ( $g_{gl,w}$ ) in faktor okvirja ( $F_{F,w}$ ). Ker mi podatki o vgrajenih oknih niso poznani, sem vrednosti pridobil iz uporabniškega priročnika programa TOST [4].

Preglednica 26: Transparentni konstrukcijski sklopi

	Južna fasada	Severna fasada	Zahodna fasada
$A_w \text{ (m}^2\text{)}$	154,03	134,14	52,27
$U_w \text{ (W/m}^2\text{K)}$	1,410	1,410	1,410
$g_{gl,w}$	0,58	0,58	0,58
$F_{F,w}$	0,30	0,30	0,30

### 6.0.1.9 Podatki o ogrevani coni - Tla

V mojem primeru imamo tla na terenu, za katera se poda njihova površina  $A_f$ , celotno dolžino KS po obodu ( $P$ ), ki je izpostavljena vplivu zemljine, in skupni toplotni upor tal ( $R_{f,t}$ ). Zadnji podatek sem dobil s pomočjo računalniškega programa TEDI [16]. Poda se tudi debelina zunanje stene nad nivojem terena.

Preglednica 27: Tla

Debelina zunanje stene nad terenom (m)	0,30
$A_f$ ( $m^2$ )	883,50
$P$ (m)	148,35
$R_{f,t}$ ( $m^2K/W$ )	2,5

### 6.0.1.10 Podatki o ogrevani coni – Predelni KS med conami in posebni KS ovoja

V kolikor imamo več različnih ogrevanih oziroma neogrevanih con, moramo za vmesne elemente med posameznimi conami podati površino elementa brez odprtin ( $A$ ), ki v mojem primeru znaša  $111,85m^2$  in toplotno prehodnost elementa ( $U$ ), ta pa je  $0,419W/(m^2K)$ .

### 6.0.1.11 Podatki o ogrevani coni – Topla voda in razsvetljava

Za določitev porabe energije za ogrevanje sanitarne vode je potrebno podati za kakšno vrsto objekta gre. Med danimi možnostmi sem izbral Šola brez tušev. Topla voda se v stavbi zagotavlja 187 dni. To je takrat, ko se v šoli izvaja izobraževanje. Za referenčno površino stavbe sem podal površino učilnic, ki znaša  $959,49m^2$ .

Preglednica 28: Topla voda

Vrsta stavbe	Šola brez tušev
Število dni zagotavljanja tople vode	187
Referenčna površina stavbe ( $m^2$ )	959,49



V stavbi so povečini nameščene fluorescentne cevaste sijalke. Gostota moči svetilk predpostavim, da znaša  $9\text{W}/\text{m}^2$ . Nameščena je tudi zasilna razsvetljava, medtem ko avtomatskega vodenje razsvetljave in nadzora sistema stalne osvetljenosti po prostoru v šoli ni. Upoštevanje zasedenosti in upoštevanje vpliva dnevne svetlobe se upošteva ročno.

Preglednica 29: Razsvetljava

Vrsta stavbe	7 - 1263 - Stavbe za izobraževanje in znanstveno raziskovalno delo
Gostota moči svetilk PN ( $\text{W}/\text{m}^2$ )	9,0
Zasilna razsvetljava	DA
Avtomatsko vodenje razsvetljave	NE
Nadzor sistema stalne osvetljenosti po prostoru $F_c(-)$	NE
Upoštevanje zasedenosti $F_o(-)$	Ročno
Upoštevanje vpliva dnevne svetlobe $F_D(-)$	Ročno

#### 6.0.1.12 Podatki o neogrevani coni – Osnovni podatki

Poleg ogrevane cone, ki obsega tako pritličje kot tudi prvo nadstropje objekta, so tudi kletni neogrevani prostori. Tam se nahajata kotlovnica in prostori za hišnika.

Prostornina neogrevane cone znaša  $318,77\text{m}^3$ , medtem ko je uporabne površine za  $102,5\text{m}^2$ .

#### 6.0.1.13 Podatki o neogrevani coni – Stene, streha

Površina zunanje stene kletnih prostorov nad nivojem terena znaša  $2,16\text{m}^2$ . Njena toplotna prehodnost pa je  $0,448\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Toplotno prehodnost posameznih sklopov sem izračunal s računalniškim programom TEDI [16].

#### 6.0.1.14 Podatki o neogrevani coni – Transparentni konstrukcijski sklopi

V naslednjem delovnem listu je potrebno vnesti vse podatke v zvezi z transparentnimi konstrukcijskimi sklopi. Glede na orientacijo sem za transparentne dele stavbnega ovoja podal površino odprtin ( $A_w$ ), toplotno prehodnost oken ( $U_w$ ), prehod celotnega sončnega

sevanja transparentnega dela ( $g_{gl,w}$ ) in faktor okvirja ( $F_{F,w}$ ). Ker mi podatki o vgrajenih oknih niso poznani, sem vrednosti pridobil iz uporabniškega priročnika programa TOST [4].

Preglednica 30: Transparentni konstrukcijski sklopi

	Zahodna fasada
$A_w$ (m <sup>2</sup> )	4,76
$U_w$ (W/m <sup>2</sup> K)	1,410
$g_{gl,w}$	0,58
$F_{F,w}$	0,30

#### 6.0.1.15 Podatki o neogrevani coni – Tla

V delovnem listu Tla je najprej potrebno podati debelino zunanje stene nad terenom. S programom TEDI [16] sem nato določil toplotno prehodnost zunanje stene nad terenom in toplotno prehodnost tal med kletjo in prostori nad njo.

Preglednica 31: Tla

Debelina zunanje stene nad terenom (m)	0,20
Topl. prehodnost zunanje stene kleti nad terenom (W/m <sup>2</sup> K)	0,448
Topl. Prehodnost tal med kletjo in prostori nad njo (W/m <sup>2</sup> K)	0,419

V nadaljevanju je treba podati še površino tal kleti ( $A_{bf}$ ), celoten obseg KS po obodu, ki je v stiku z zemljino (P), skupni toplotni upor tal ( $R_{bf,t}$ ), globino tal kleti nad nivojem terena (z), višino zgornje površine stropa kleti nad nivojem terena (h) in urno izmenjavo zraka (iz kleti) z zunanjim okoljem (n).

Preglednica 32: Podatki o kleti

$A_{bf}$ (m <sup>2</sup> )	111,85
P (m)	42,13
$R_{bf,t}$ (m <sup>2</sup> K/W)	2,5
z (m)	2,1
h (m)	1,0

n ( $h^{-1}$ )	0,4
----------------	-----

### 6.0.1.16 Podatki o neogrevani coni – Topla voda in razsvetljava

V kletnih prostorih ni nobene potrebe po topli vodi, zato sem pod vrsto stavbe izbral možnost »Ni porabe tople vode«.

Ker se v kletnih prostorih nahajata le kotlovnica ter prostori za hišnika, ni tako velike potrebe po osvetljenosti kot v ogrevani coni, zato predpostavim, da znaša gostota moči svetilk  $5W/m^2$ .

Preglednica 33: Razsvetljava

Vrsta stavbe	7 - 1263 - Stavbe za izobraževanje in znanstveno raziskovalno delo
Gostota moči svetilk PN ( $W/m^2$ )	5,0
Zasilna razsvetljava	NE
Avtomatsko vodenje razsvetljave	NE
Nadzor sistema stalne osvetljenosti po prostoru $F_C$	NE
Upoštevanje zasedenosti $F_O$	Ročno
Upoštevanje vpliva dnevne svetlobe $F_D$	Ročno

## 6.1 Primer 1 – Izračun porabe energije brez upoštevanja toplotnih mostov

V prvem primeru sem preveril, kakšna bi bila poraba energije če ne upoštevamo vpliva toplotnih mostov.

### 6.1.1 Vhodni podatki

#### 6.1.1.1 Splošni podatki

V polju »Način upoštevanja toplotnih mostov« sem izbral po standardu SIST EN ISO 14683 [3], vendar sem v nadaljevanju polja, kjer bi moral vnesti toplotne mostove, pustil prazne.

Podatki o projektu, objektu, projektantu in osnovni podatki za račun

Projekt | Stavba in projektant | Splošni podatki | Klimatski podatki | Računska podobdobja | NI, senčenje | Podatki o conah | Rezultati | Obnovljivi viri | Beležka

Mejne vrednosti - PURES 21. člen

Vrsta dokumentacije

Način upoštevanja toplotnih mostov

Vrsta izračuna

Toplotna prevodnost zemljine  $\lambda_g$  (W/mK)

**Ogrevanje**

Energent

Učinkovitost sistemov

Generacija  Distribucija  Emisija

**Hlajenje**

Energent

Učinkovitost sistemov

Generacija  Distribucija  Emisija

**Topla voda**

Energent

Učinkovitost sistemov

Generacija  Distribucija  Emisija

Slika 20: 1.primera – toplotnih mostov ne upoštevam

## 6.1.2 Rezultati

Preglednica 34: Podatki o neto uporabni površini stavbe, kondicionirani prostornini, površini toplotnega ovoja in oblikovnem faktorju

Neto uporabna površina stavbe $A_u$ ( $m^2$ )	1783,80
Kondicionirana prostornina stavbe $V_e$ ( $m^3$ )	7352,80
Površina toplotnega ovoja stavbe $A$ ( $m^2$ )	3045,87
Oblikovni faktor $f_o = A/V_e$ ( $m^{-1}$ )	0,41

Preglednica 35: Rezultati - 1.primera

	Izračunana	Največja dovoljena	
Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe $H'_T$ ( $W/m^2K$ )	<b>0,37</b>	0,44	
Letna raba primarne energije $Q_P$ (kWh)	<b>356.167</b>	-	
Letna potrebna toplota za ogrevanje $Q_{NH}$ (kWh)	<b>95.177</b>	90.715	
Letni potrebni hlad za hlajenje $Q_{NC}$ (kWh)	<b>11.173</b>	-	
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine	$Q_{NH}/A_u$ (kWh/ $m^2a$ )	<b>53,36</b>	-
	$Q_{NH}/V_e$ (kWh/ $m^3a$ )	<b>12,94</b>	12,34

Iz rezultatov lahko vidim, da koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe ( $H'_T$ ) znaša  $0,37W/(m^2K)$  in je znotraj največje dovoljene vrednosti, ki jo določata PURES 2010 [9] in TSG4 [5]. Letna potrebna toplota za ogrevanje pa je  $95.177kWh$  in je za slabih 5% višja od največje dovoljene ki pa znaša  $90.715kWh$ .

Čeprav v tem primeru toplotni mostovi niso upoštevani, so rezultati letne potrebne toplote za ogrevanje nekoliko višji od največjih dovoljenih. Takšni rezultati so vseeno pričakovani, saj je pri takšnem objektu veliko dejavnikov, ki zvišujejo porabo energije. V prvi vrsti so to konstrukcijski sklopi, ki imajo večjo toplotno prehodnost od maksimalno dovoljene, ki jo predpisuje TSG4 [5]. V mojem primeru bi izpostavil predvsem stene objekta, kjer se zaradi prevelike toplotne prehodnosti in velike površine povzročajo največje transmisijske izgube.

Preglednica 36: Izgube in dobitki - 1.primera

	kWh	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>3</sup>
Transmisijske izgube	102.797	57,63	13,98
Ventilacijske izgube	73.660	41,29	10,02
Skupne izgube	176.457	98,92	24,00
Notranji dobitki	67.404	37,79	9,17
Solarni dobitki	54.335	30,39	7,37
Skupni dobitki	121.739	68,18	16,54

Transmisijske izgube zaradi prehoda toplote skozi ovoj stavbe v prvem primeru znašajo 102.797kWh. Ventilacijskih izgub je za 73.660kWh. Skupne izgube tako znašajo 176.457kWh.

Notranji dobitki oseb in električnih naprav v stavbi prispevajo 67.404kWh. Solarni dobitki zaradi sončnega obsevanja pa znašajo 54.335kWh. Vseh dobitkov skupaj je tako 121.739kWh.

Preglednica 37: Potrebna letna energija - 1.primera

	kWh	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>3</sup>
Ogrevanje	95.177	53,36	12,95
Hlajenje	11.173	6,25	1,52
Topla voda	5	0	0
Razsvetljava	37	0,01	0
Skupaj	106.392	59,64	14,47

Potrebna energija za ogrevanje v prvem primeru znaša 53,36kWh/m<sup>2</sup>. S tem bi se stavba po Pravilniku o metodologiji izdelave in izdaje energetskih izkaznic stavb uvrstila v energijski razred C [12].

## 6.2 Primer 2 – upoštevanje toplotnih mostov na poenostavljen način

### 6.2.1 Vhodni podatki

#### 6.2.1.1 Splošni podatki

V drugem primeru sem izbral kot način upoštevanja toplotnih mostov poenostavljen način. Po TSG4 [5] se poenostavljen način upošteva kot povečanje toplotne prehodnosti celotnega ovoja stavbe za  $0,06\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ .

Ostali parametri so enaki kot pri prvem primeru.

Podatki o projektu, objektu, projektantu in osnovni podatki za račun

Projekt | Stavba in projektant | Splošni podatki | Klimatski podatki | Računska podobdobja | NL, senčenje | Podatki o conah | Rezultati | Obnovljivi viri | Beležka

Mejne vrednosti - PURES 21. člen Do 31. decembra 2014

Vrsta dokumentacije Izvedeno

Način upoštevanja toplotnih mostov Na poenostavljen način - TSG-01-004-3.1.2 Ne velja pri posebnih elementih ovoja, kjer je pri izračunu upoštevan dejanski podani U!

Vrsta izračuna Mesečni izračun

Toplotna prevodnost zemljine  $\lambda_g$  (W/mK) 2,00

Ogrevanje

Energent Lahko kurilno olje

Učinkovitost sistemov

Generacija 0,80 Distribucija 0,80 Emisija 0,80

Hlajenje

Energent Električna energija

Učinkovitost sistemov

Generacija 1,00 Distribucija 1,00 Emisija 1,00

Topla voda

Energent Lahko kurilno olje

Učinkovitost sistemov

Generacija 0,80 Distribucija 0,80 Emisija 0,80

Slika 21: 2.primera – upoštevanje toplotnih mostov na poenostavljen način

## 6.2.2 Rezultati

Preglednica 38: Rezultati - 2.primera

		Izračunana	Največja dovoljena
Koefficient specifičnih transmisijских toplotnih izgub stavbe $H_T'$ ( $W/m^2K$ )		<b>0,40</b>	0,44
Letna raba primarne energije $Q_P$ (kWh)		<b>368.770</b>	-
Letna potrebna toplota za ogrevanje $Q_{NH}$ (kWh)		<b>102.531</b>	90.715
Letni potrebni hlad za hlajenje $Q_{NC}$ (kWh)		<b>10.623</b>	-
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine	$Q_{NH}/A_U$ (kWh/m <sup>2</sup> a)	<b>57,48</b>	-
	$Q_{NH}/V_e$ (kWh/m <sup>3</sup> a)	<b>13,94</b>	12,34

Koefficient specifičnih transmisijских toplotnih izgub stavbe ( $H_T'$ ) v tem primeru znaša  $0,4W/(m^2K)$  in je znotraj največje dovoljene vrednosti, ki jo določata PURES 2010 [9] in TSG4 [5], medtem ko letna potrebna toplota za ogrevanje znaša  $102.531kWh$  in za slabih 12% presega največjo dovoljeno, ki je  $90.715kWh$ .

Preglednica 39: Izgube in dobitki - 2.primera

	kWh	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>3</sup>
Transmisijские izgube	112.202	62,90	15,26
Ventilacijske izgube	76.527	42,90	10,41
Skupne izgube	188.728	105,80	25,67
Notranji dobitki	73.691	41,31	10,02
Solarni dobitki	57.089	32,00	7,76
Skupni dobitki	130.780	73,32	17,79

Transmisijские izgube zaradi prehoda toplote skozi ovoj stavbe v prvem primeru znašajo  $112.202kWh$ . Ventilacijskih izgub je za  $76.527kWh$ . Skupne izgube tako znašajo  $188.728kWh$ .



Notranji dobitki oseb in električnih naprav v stavbi prispevajo 73.691kWh. Solarni dobitki zaradi sončnega obsevanja pa znašajo 57.089kWh. Vseh dobitkov skupaj je tako 130.780kWh.

Preglednica 40: Potrebna letna energija - 2.primera

	kWh	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>3</sup>
Ogrevanje	102.531	57,48	13,94
Hlajenje	10.623	5,96	1,44
Topla voda	5	0	0
Razsvetljava	37	0,01	0
Skupaj	113.196	63,45	15,39

Potrebna energija za ogrevanje v prvem primeru znaša 57,48kWh/m<sup>2</sup>. S tem bi se stavba po Pravilniku o metodologiji izdelave in izdaje energetskih izkaznic stavb uvrstila v energijski razred C [12] .

## 6.3 Primer 3 – upoštevanje toplotnih mostov po standardu SIST EN ISO14683 [3]

### 6.3.1 Vhodni podatki

#### 6.3.1.1 Splošni podatki

V tretjem primeru sem izbral upoštevanje toplotnih mostov po standardu SIST ISO14683 [3]. Ta primer je najbolj točen, saj sem uporabil dejanske toplotne mostove, ki sem jih identificiral iz načrtov objekta. Za vse te toplotne mostove sem v tabelah standarda SIST ISO14683 [3] poiskal ustrezne približke, ki sem jih navedel v poglavju 5.2.

Ostali parametri so enaki kot v prvem primeru.

Podatki o projektu, objektu, projektantu in osnovni podatki za račun

Projekt | Stavba in projektant | Splošni podatki | Klimatski podatki | Računska podobdobja | Nil, senčenje | Podatki o conah | Rezultati | Obnovljivi viri | Beležka

Mejne vrednosti - PURES 21. člen | Do 31. decembra 2014

Vrsta dokumentacije | Izvedeno

Način upoštevanja toplotnih mostov | EN SIST 13789 / SIST EN ISO 14683

Vrsta izračuna | Mesečni izračun

Toplotna prevodnost zemljine  $\lambda_g$  (W/mK) | 2,00

Ogrevanje

Energent | Lahko kurilno olje

Učinkovitost sistemov

Generacija | 0,80 | Distribucija | 0,80 | Emisija | 0,80

Hlajenje

Energent | Električna energija

Učinkovitost sistemov

Generacija | 1,00 | Distribucija | 1,00 | Emisija | 1,00

Topla voda

Energent | Lahko kurilno olje

Učinkovitost sistemov

Generacija | 0,80 | Distribucija | 0,80 | Emisija | 0,80

Slika 22: 3.primera – upoštevanje toplotnih mostov po SIST EN ISO 14683

### 6.3.1.2 Stene, streha

V delovnem listu »Stene, streha« sem sedaj poleg površin in toplotne prehodnosti konstrukcijskega sklopa vnesel še podatke za toplotne mostove. Za vsak toplotni most, ki se nahaja na steni oziroma strehi, sem iz standarda SIST EN ISO14683 [3] določil ustrezen koeficient linijske toplotne prehodnosti. Poleg tega je bilo potrebno podati tudi dolžine toplotnih mostov, le te pa sem določil s pomočjo načrtov objekta.

### 6.3.1.3 Tla

Podobno kot za stene in streho je potrebno podati tudi parametre za toplotne mostove, ki se nahajajo pri tleh.

## 6.3.2 Rezultati

Preglednica 41: Rezultati - 3.primera

		Izračunana	Največja dovoljena
Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe $H_T'$ ( $W/m^2K$ )		<b>0,47</b>	0,44
Letna raba primarne energije $Q_P$ (kWh)		<b>395.331</b>	-
Letna potrebna toplota za ogrevanje $Q_{NH}$ (kWh)		<b>119.222</b>	90.715
Letni potrebni hlad za hlajenje $Q_{NC}$ (kWh)		<b>8.557</b>	-
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine	$Q_{NH}/A_U$ ( $kWh/m^2a$ )	<b>66,84</b>	-
	$Q_{NH}/V_e$ ( $kWh/m^3a$ )	<b>16,21</b>	12,34

Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe ( $H_T'$ ) v tem primeru znaša  $0,47W/(m^2K)$  in je večji od največje dovoljene vrednosti, ki jo določata PURES 2010 [9] in TSG4 [5], medtem ko letna potrebna toplota za ogrevanje znaša  $119.222kWh$  in za 24% presega največjo dovoljeno, ki je  $90.715kWh$ .

Preglednica 42: Izgube in dobitki - 3.primera

	kWh	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>3</sup>
Transmisijske izgube	131.299	73,61	17,86
Ventilacijske izgube	77.619	43,51	10,56
Skupne izgube	208.918	117,12	28,41
Notranji dobitki	75.894	42,55	10,32
Solarni dobitki	59.379	33,29	8,08
Skupni dobitki	135.272	75,83	18,40

Transmisijske izgube zaradi prehoda toplote skozi ovoj stavbe v prvem primeru znašajo 131.299kWh. Ventilacijskih izgub je za 77.619kWh. Skupne izgube tako znašajo 208.918kWh.

Notranji dobitki oseb in električnih naprav v stavbi prispevajo 75.894kWh. Solarni dobitki zaradi sončnega obsevanja pa znašajo 59.379kWh. Vseh dobitkov skupaj je tako 135.272kWh.

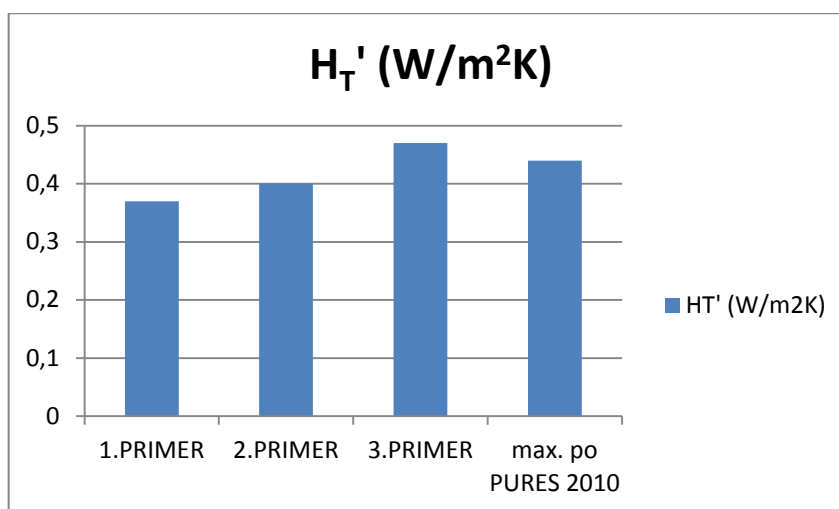
Preglednica 43: Potrebna letna energija - 3.primera

	kWh	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>3</sup>
Ogrevanje	119.222	66,84	16,21
Hlajnje	8.557	4,80	1,16
Topla voda	5	0	0
Razsvetljava	37	0	0
Skupaj	127.821	71,66	17,38

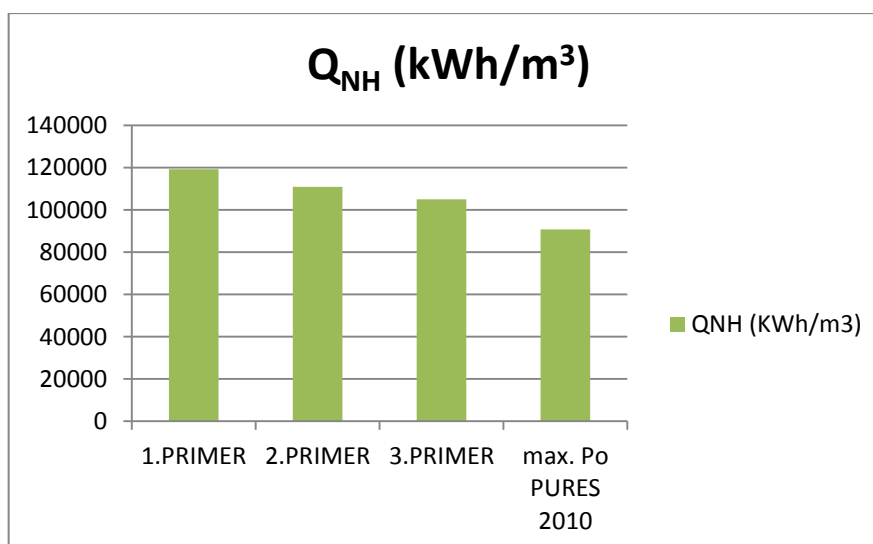
Potrebna energija za ogrevanje v prvem primeru znaša 66,84 kWh/m<sup>2</sup>. S tem bi se stavba po Pravilniku o metodologiji izdelave in izdaje energetskih izkaznic stavb uvrstila v energijski razred D [12].

## 6.4 Primerjava rezultatov

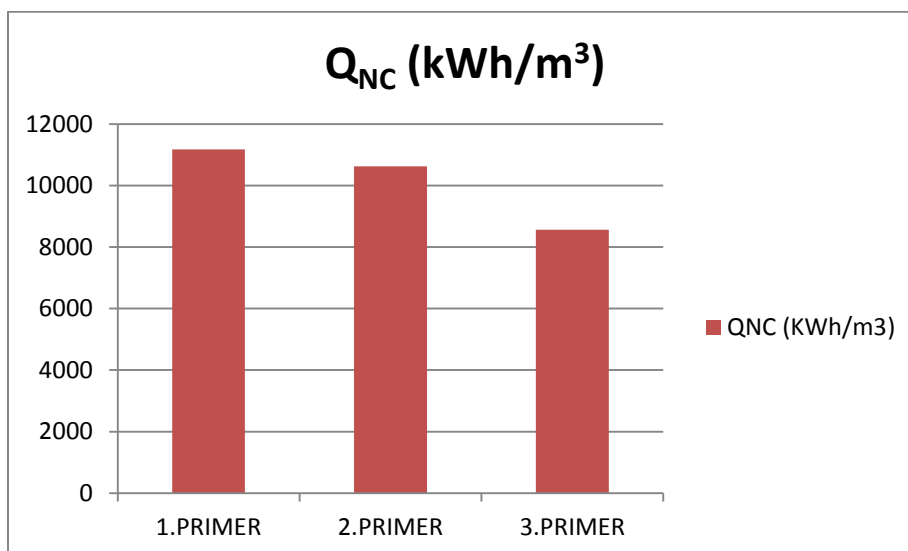
V spodnjih grafih je prikazana primerjava rezultatov za koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub, letno potrebno toploto za ogrevanje in letni potrebni hlad za hlajenje.



Slika 23: Graf - koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe



Slika 24: Graf - letna potrebna toplota za ogrevanje



Slika 25: Graf - letni potrebni hlad za hlajenje

Iz rezultatov prikazanih na sliki 24 se lahko vidi, da daleč največje vrednosti rezultatov letne potrebne toplote za ogrevanje dobimo pri tretjem primeru. Odstopanja med posameznimi primeri so kar precejšna. Pri prvem primeru, ko toplotnih mostov nisem upošteval, so pričakovano rezultati najmanjši. Koeficient transmissijskih toplotnih izgub je sicer v meji dovoljenega, medtem ko je letna potrebna toplota za ogrevanje že pri tem primeru večja od maksimalno dovoljene.

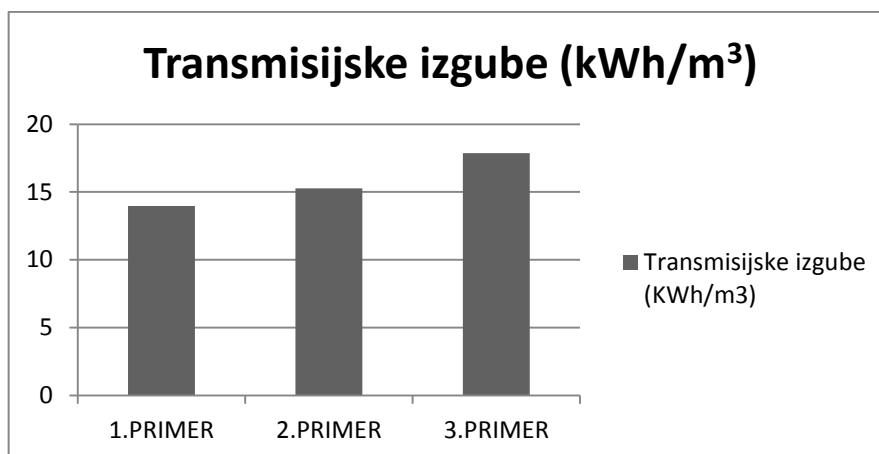
Pri drugem primeru, ko upoštevamo toplotne mostove na poenostavljen način, sem pričakoval največje vrednosti rezultatov, saj bi morali biti ob izbiri tega načina na varni strani, vendar se je izkazalo, da je dejansko stanje dosti slabše. Koeficient specifičnih transmissijskih toplotnih izgub je tudi pri drugem primeru v mejah dovoljenega, medtem ko je letna potrebna toplota za ogrevanje za slabih 12% večja od najvišje dovoljene. Če primerjam prvi in drugi primer, je letna potrebna toplota za ogrevanje pri drugem primeru večja za dobrih 7%.

Najvišje vrednosti rezultatov sem dobil pri tretjem primeru, kjer sem toplotne mostove identificiral ter jih upošteval po standardu SIST EN ISO 14683 [3]. V tem primeru, ki naj bi najbolj prikazoval dejansko stanje, so rezultati precej večji od rezultatov v ostalih dveh primerih. Če primerjam prvi in tretji primer vidim, da toplotni mostovi povečajo letno potrebno toploto za ogrevanje za približno 20%. Od rezultatov drugega primera, pa je letna potrebna toplota za ogrevanje pri tretjem primeru višja za približno 14%.

Obratna situacija pa je pri letnem potrebnem hladu za hlajenje, saj se ga največ potrebuje pri prvem primeru, ko toplotnih mostov nisem upošteval, najmanj pa pri tretjem primeru. Tako pri

prvem primeru v primerjavi s tretjim potrebujemo za slabih 24% več hlada za hlajenje na letni ravni ter okrog 5% več kot pri drugem primeru. To je pričakovano, saj več toplotnih mostov pomeni tudi večje transmisijske izgube, te pa so v času hlajenja dobrodošle.

Na sliki 26 so grafično prikazani rezultati za količine transmisijskih izgub za vse tri primere.



Slika 26: Graf transmisijske izgube

Transmisijske toplotne izgube so največje pri tretjem primeru, kar je tudi najbolj logično, saj se zaradi prehoda toplote skozi ovoj stavbe in toplotne mostove te izgube zelo povečajo. Če primerjam prvi in tretji primer lahko vidimo, da so transmisijske izgube prav zaradi toplotnih mostov večje za okrog 22%. Pri drugem primeru, kjer sem toplotne mostove upošteval na poenostavljen način, pa so izgube večje za dobrih 8%.

## 6.4 Ukrepi za izboljšanje energetske bilance objekta

### 6.5.1 Izboljšanje toplotne prehodnosti konstrukcijskih sklopov

Da bi izboljšali energetsko učinkovitost objekta je na voljo kar nekaj ukrepov. Najprej bi bilo potrebno izboljšati toplotno prehodnost konstrukcijskih sklopov. S tem mislim predvsem na sanacijo oziroma izboljšanje toplotne izolacije zunanjih sten, saj ima streha že sedaj primerno toplotno izolativnost, saniranje tal proti terenu pa bi bil zaradi same tehnične izvedljivosti prevelik poseg. S sanacijo oziroma povečanjem toplotne izolacije zunanjih sten, bi lahko znižali porabo energije za ogrevanje.

Da bi preveril, za koliko lahko zmanjšam porabo energije za ogrevanje, sem naredil še eno simulacijo s programom TOST [4]. Za toplotno prehodnost stene sem izbral parametre, ki so navedeni v TSG4 [5]. Tehnična smernica določa maksimalne vrednosti toplotne prehodnosti konstrukcijskih sklopov in prav te vrednosti sem uporabil pri izračunu. Toplotne mostove sem upošteval po standardu SIST EN ISO 14683 [3], kot v tretjem primeru.

Preglednica 44: Maksimalne vrednosti toplotne prehodnosti konstrukcijskih sklopov po TSG4 [5]

Gradbeni elementi stavb, ki omejujejo ogrevane prostore	$U_{max}$ (W/m <sup>2</sup> K)
Zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom	0,28
Tla na terenu	0,35
Strop proti neogrevanemu prostoru, stropi v sestavi ravnih ali poševnih streh (ravne ali poševne strehe)	0,20



### 6.5.1.1 Rezultati

Preglednica 45: Rezultati - 1.ukrep

		Izračunana	Največja dovoljena
Koeficient specifičnih transmisijских toplotnih izgub stavbe $H_T'$ ( $W/m^2K$ )		<b>0,44</b>	0,44
Letna raba primarne energije $Q_P$ (kWh)		<b>381.580</b>	-
Letna potrebna toplota za ogrevanje $Q_{NH}$ (kWh)		<b>110.899</b>	90.715
Letni potrebni hlad za hlajenje $Q_{NC}$ (kWh)		<b>9.384</b>	-
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine	$Q_{NH}/A_U$ (kWh/m <sup>2</sup> a)	<b>62,17</b>	-
	$Q_{NH}/V_e$ (kWh/m <sup>3</sup> a)	<b>15,08</b>	12,34

Koeficient specifičnih transmisijских toplotnih izgub stavbe ( $H_T'$ ) v tem primeru znaša  $0,44W/(m^2K)$  in prav toliko znaša tudi največja dovoljena vrednosti, ki jo določata PURES 2010 [9] in TSG4 [5], medtem ko letna potrebna toplota za ogrevanje znaša  $110.899kWh$  in za dobrih 18% presega največjo dovoljeno, ki je  $90.715kWh$ .

Preglednica 46: Izgube in dobitki - 1.ukrep

	kWh	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>3</sup>
Transmisijske izgube	121.879	68,32	16,58
Ventilacijske izgube	77.118	43,23	10,49
Skupne izgube	198.997	111,56	27,06
Notranji dobitki	74.883	41,98	10,18
Solarni dobitki	58.306	32,69	7,93
Skupni dobitki	133.188	74,67	18,11

Transmisijske izgube zaradi prehoda toplote skozi ovoj stavbe v prvem primeru znašajo 121.879kWh. Ventilacijskih izgub je za 77.118kWh. Skupne izgube tako znašajo 198.997kWh.

Notranji dobitki oseb in električnih naprav v stavbi prispevajo 74.883kWh. Solarni dobitki zaradi sončnega obsevanja pa znašajo 58.306kWh. Vseh dobitkov skupaj je tako 133.188kWh.

Preglednica 47: Potrebna letna energija - 1.ukrep

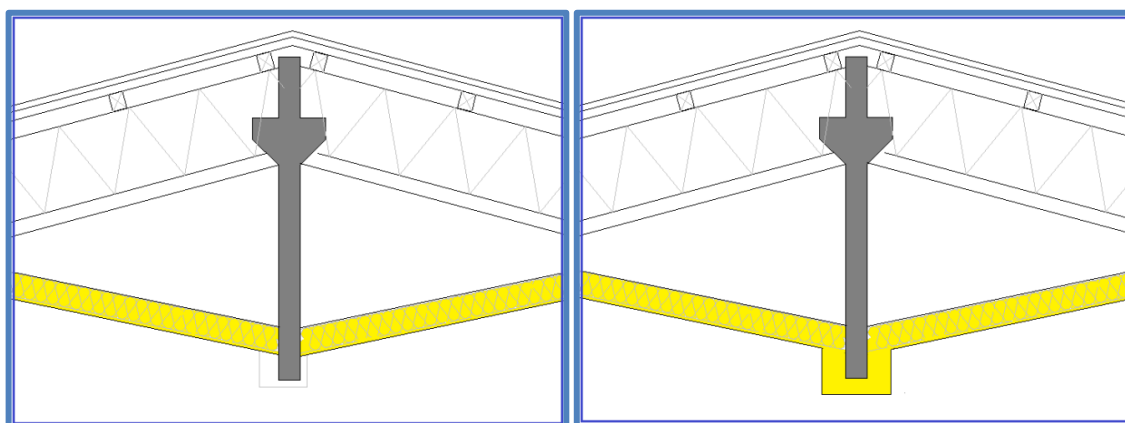
	kWh	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>3</sup>
Ogrevanje	110.899	62,17	15,08
Hlajnje	9.384	5,26	1,28
Topla voda	5	0	0
Razsvetljava	37	0	0
Skupaj	120.326	67,45	16,36

Iz rezultatov lahko vidim, da bi zaradi energetske sanacije zunanjih sten potrebna letna energija znašala 62,17kWh/m<sup>3</sup>. S tem bi se stavba še vedno uvrščala v energijski razred D [12].

### 6.5.2 Sanacija nekaterih toplotnih mostov

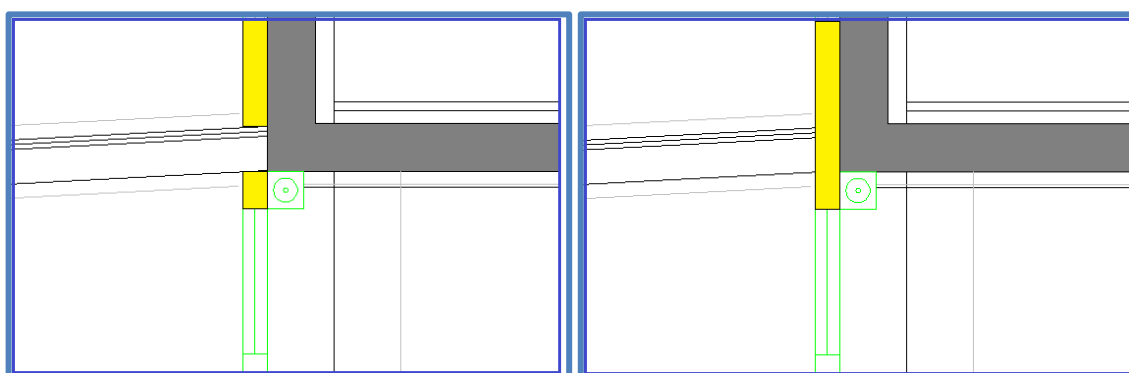
Naslednja vrsta ukrepov za boljšo energetske učinkovitost je sanacija toplotnih mostov. Vseh toplotnih mostov ne bi bilo smiselno sanirati, saj bi bil poseg pri nekaterih prevelik. Pri nekaterih bi bilo potrebno posegati tudi v nosilno konstrukcijo, zato sem izbral le tiste, kjer bi bila sanacija možna oziroma tehnično izvedljiva.

- S2 – Strešni nosilec bi se dalo škatlasto obleči s toplotno izolacijo, kot je prikazano na spodnji sliki.



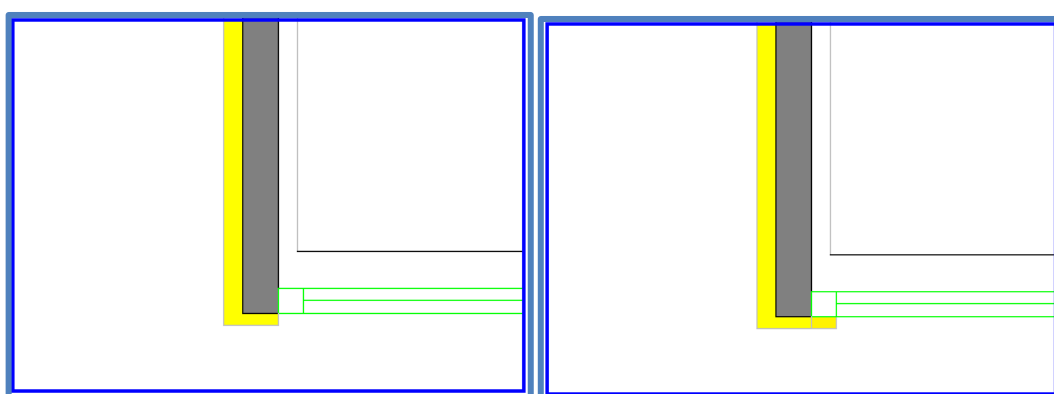
Slika 27: Toplotni most S2 pred in po sanaciji (vir: [17])

- S10 – Linijski toplotni most zaradi nadstreška bi se dalo sanirati v točkovnega, s čimer bi njegov vpliv na porabo energije skoraj izničili.



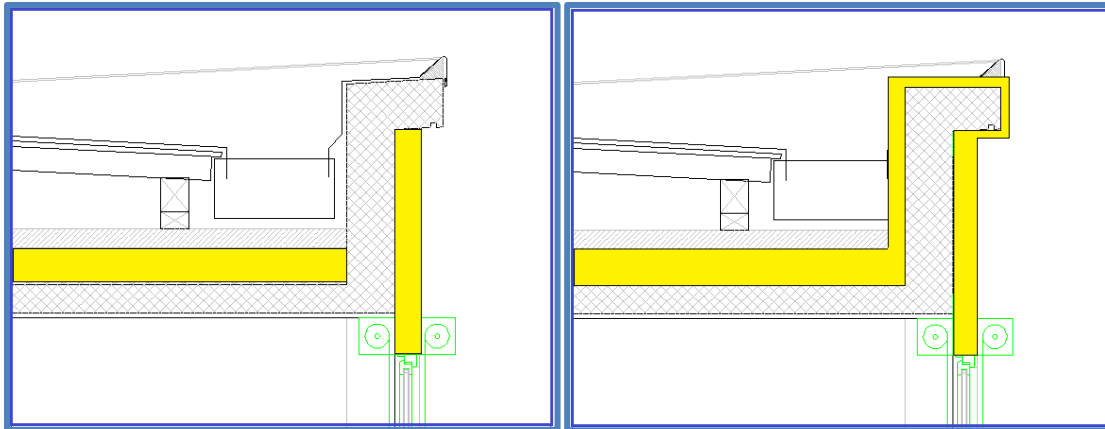
Slika 28: Toplotni most S10 pred in po sanaciji (vir: [17])

- O1 – Še en primer toplotnih mostov, katerim se lahko izognemo na dokaj preprost način. To lahko storimo z izboljšanjem detajlov na stiku oken z nosilno konstrukcijo.



Slika 29: Toplotni most O1 pred in po sanaciji (vir: [17])

- S4 – Toplotnemu mostu na strehi objekta se je mogoče izogniti tako, da betonsko atiko oblečemo s toplotno izolacijo.



Slika 30: Toplotni most S4 pred in po sanaciji (vir: [17])

V preglednici 48 in 49 so navedene linijske toplotne prehodnosti in dolžine tistih toplotnih mostov, kateri še ostajajo.

Preglednica 48: Toplotni mostovi pri zunanji steni

Toplotni most	$\Psi$ (W/mK)	l (m)
S1	0,550	10,50
S3	1,150	34,50
S5	0,550	39,80
S7	1,300	80,00
S8	0,600	32,00
S9	0,550	6,90
S11	0,600	6,90
T2	0,800	7,90
V1	0,050	13,60

Preglednica 49: Toplotni most pri tleh

Toplotni most	$\Psi$ (W/mK)	l(m)
T1	0,600	59,10

### 6.5.2.1 Rezultati

Preglednica 50: Rezultati - 2. ukrep

		Izračunana	Največja dovoljena
Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe $H_T'$ (W/m <sup>2</sup> K)		<b>0,41</b>	0,44
Letna raba primarne energije $Q_P$ (kWh)		<b>372.830</b>	-
Letna potrebna toplota za ogrevanje $Q_{NH}$ (kWh)		<b>104.923</b>	90.715
Letni potrebni hlad za hlajenje $Q_{NC}$ (kWh)		<b>10.029</b>	-
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine	$Q_{NH}/A_U$ (kWh/m <sup>2</sup> a)	<b>58,82</b>	-
	$Q_{NH}/V_e$ (kWh/m <sup>3</sup> a)	<b>14,27</b>	12,34

Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe ( $H_T'$ ) v tem primeru znaša 0,41W/(m<sup>2</sup>K) in je manjši od največje dovoljene vrednosti, ki jo določata PURES 2010 [9] in TSG4 [5], medtem ko letna potrebna toplota za ogrevanje znaša 104.923kWh in za slabih 14% presega največjo dovoljeno, ki je 90.715kWh.

Preglednica 51: Izgube in dobitki - 2.ukrep

	kWh	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>3</sup>
Transmisijske izgube	115.102	64,52	15,65
Ventilacijske izgube	76.754	43,03	10,44
Skupne izgube	191.856	107,55	26,09
Notranji dobitki	74.149	41,57	10,08
Solarni dobitki	57.528	32,25	7,82
Skupni dobitki	131.677	73,82	17,91

Transmisijske izgube zaradi prehoda toplote skozi ovoj stavbe v prvem primeru znašajo 115.102kWh. Ventilacijskih izgub je za 76.754kWh. Skupne izgube tako znašajo 191.856kWh.

Notranji dobitki oseb in električnih naprav v stavbi prispevajo 74.149kWh. Solarni dobitki zaradi sončnega obsevanja pa znašajo 57.528kWh. Vseh dobitkov skupaj je tako 131.677kWh.

Preglednica 52: Potrebna letna energija - 2.ukrep

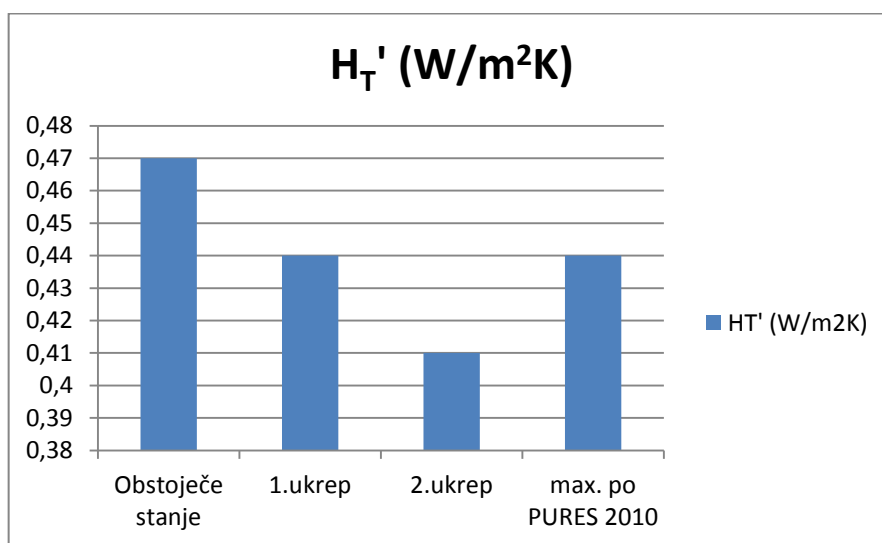
	kWh	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>3</sup>
Ogrevanje	104.923	58,82	14,27
Hlajnje	10.029	5,62	1,36
Topla voda	5	0	0
Razsvetljava	37	0	0
Skupaj	114.993	64,46	15,64

Iz rezultatov lahko vidim, da bi zaradi sanacije nekaterih toplotnih mostov potrebna letna energija znašala 58,82kWh/m<sup>3</sup>. To pomeni, da bi se stroški ogrevanja znižali za okoli 6%.

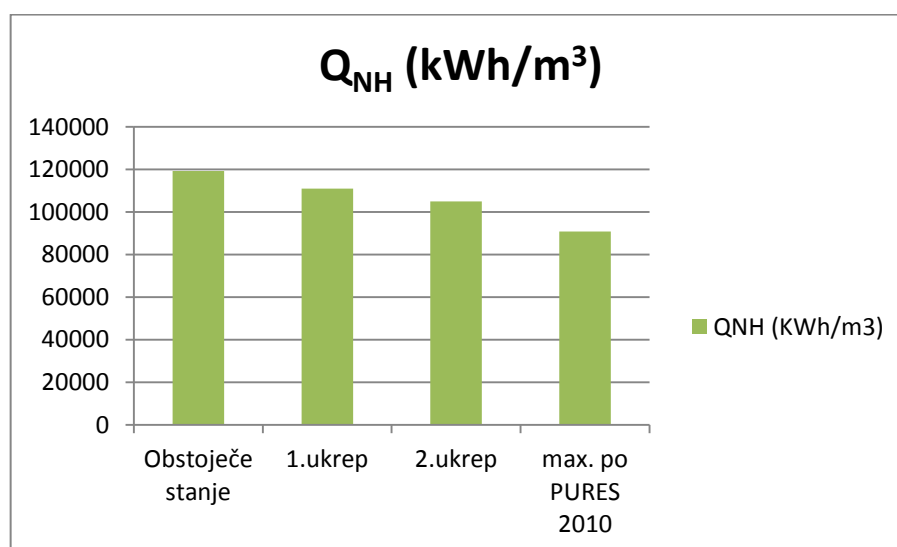
S tem bi se stavba uvrščala v energijski razred C [12].

## 6.6 Primerjava saniranih primerov z obstoječim stanjem

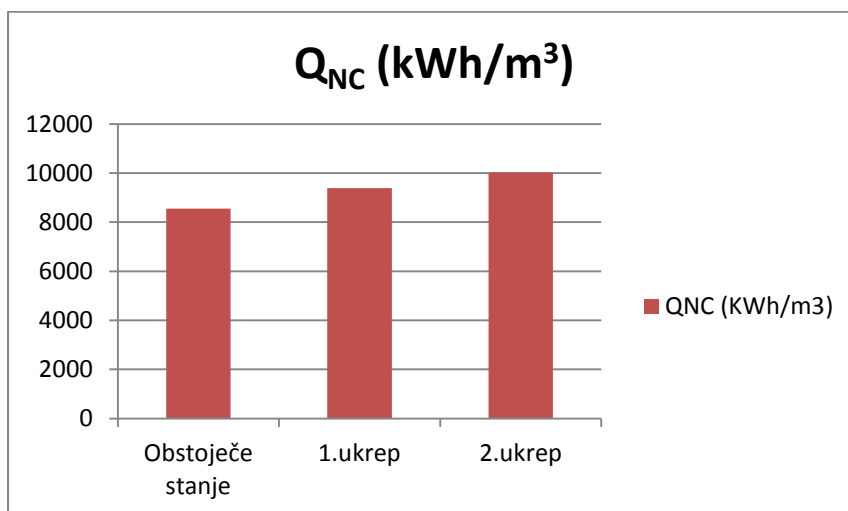
V spodnji slikah so grafično prikazane primerjave rezultatov med tretjim primerom, ko sem upošteval toplotne mostove po standardu SIST EN ISO 14683 [4] in obema primeroma sanacije za koeficient specifičnih transmisijских toplotnih izgub, letno potrebno toploto za ogrevanje in letni potrebni hlad za hlajenje.



Slika 31: Graf - koeficient specifičnih transmisijских toplotnih izgub stavbe



Slika 32: Graf - letna potrebna energija za ogrevanje



Slika 33: Graf - letni potrebni hlad za hlajenje

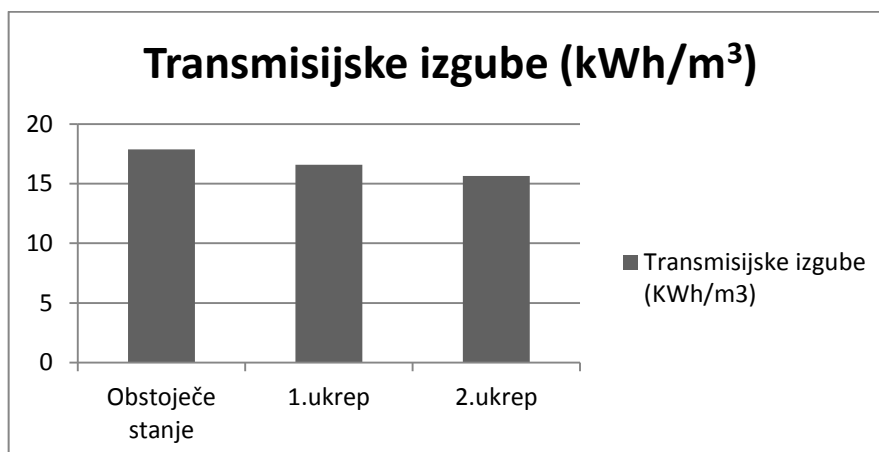
Kot lahko vidimo iz slike 31, se je koeficient transmissijskih toplotnih izgub pri prvem ukrepu, ko sem upošteval izboljšane vrednosti toplotne prehodnosti konstrukcijskih sklopov iz  $0,47\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$  znižal na  $0,44\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$  in se tako izenačil z najvišjo dovoljeno vrednostjo. Pri drugem ukrepu sanacije nekaterih toplotnih mostov, pa se je ta vrednost spustila na  $0,41\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ .

Letna potrebna toplota za ogrevanje se je pri prvem ukrepu znižala iz  $119.222\text{kWh}$  na  $110.899\text{kWh}$ , kar pomeni za 7% prihranka toplote za ogrevanje. Pri drugem ukrepu pa letna potrebna toplota za ogrevanje znaša  $104.923\text{kWh}$ . Glede na prvi ukrep to pomeni dodatnih 5% prihranka. Torej bi lahko z obema ukrepoma skupaj letno potrebno toploto za ogrevanje znižali za okoli 12%.

Obratna situacija pa je pri letnem potrebnem hladu za hlajenje, saj se ga najmanj potrebuje pri primeru obstoječega stanja. Tako pri prvem ukrepu v primerjavi z obstoječim stanjem potrebujemo za slabih 9% več hladu za hlajenje na letni ravni. Pri drugem ukrepu pa ga potrebujemo za okoli 15% več kot pri obstoječem stanju.

Na sliki 34 so grafično prikazani rezultati za količine transmissijskih izgub za vse tri primere.





Slika 34: Graf transmisijске izgube

Kot lahko vidimo iz rezultatov na grafih, se transmisijске izgube glede na obstoječe stanje z vsakim ukrepom znižujejo. Tako so se pri prvem ukrepu izgube znižale iz  $17,86\text{kWh/m}^3$  na  $16,58\text{kWh/m}^3$ , kar izraženo v odstotkih pomeni dobrih 7%. Ko sem dodal še drugi ukrep pa je ta vrednost padla na  $15,65\text{kWh/m}^3$ , to pa pomeni dodatnih 6% manj izgub. Z ukrepi so se torej transmisijске izgube glede na obstoječe stanje znižale za okoli 13%.

## 7 ZAKLJUČEK

Rezultati moje diplomske naloge so pokazali, da so toplotni mostovi lahko zelo velik in pomemben faktor pri porabi energije za ogrevanje. Toplotne mostove najdemo praktično skoraj v vsakem objektu, saj se nekaterim ne moremo izogniti, večini pa bi se lahko že v fazi načrtovanja stavbe z ustrežno izbiro oziroma načrtovanjem detajlov. To je dandanes v času vedno višjih cen energentov ter višjim standardom in zahtevam po učinkoviti rabi energije zelo pomembno.

V diplomski nalogi sem preverjal, kakšen vpliv imajo toplotni mostovi na porabo energije za ogrevanje. Kot primer sem vzel objekt Osnovne šole Dobrova ter iz njenih načrtov evidentiral vse toplotne mostove, ki naj bi vplivali na samo porabo energije. Vpliv toplotnih mostov na porabo energije za ogrevanje sem preverjal na dva različna načina. Najprej sem njihov vpliv upošteval na poenostavljen način, ki ga omogoča program TOST [4]. To pomeni da se na celotnem ovoju stavbe upošteva povečana toplotna prehodnost za  $0,06\text{W}/(\text{mK})$ . Drugi način je bil upoštevanje toplotnih mostov po standardu SIST EN ISO 14683 [3]. Tukaj sem evidentiral dejanske toplotne mostove in jim v standardu poiskal ustrezne detajle.

Rezultati so me zelo presenetili saj so pokazali, da bi za ogrevanje objekta zaradi vpliva toplotnih mostov lahko porabili okoli 20% več energije kot v primeru brez toplotnih mostov. S tem se je potrdila tudi moja prva hipoteza, da vpliv toplotnih mostov na porabo energije za ogrevanje ni zanemarljiv.

Kot zanimivost sem ugotovil, da se sami rezultati med primeroma, ko sem upošteval toplotne mostove na poenostavljen način in po standardu SIST EN ISO 14683 [3] kar veliko razlikujejo. Najvišje vrednosti letne porabe energije za ogrevanje sem dobil pri drugem načinu, ki upošteva dejanske toplotne mostove. Od poenostavljenega načina so tukaj rezultati višji za kar 14%. S tem sem ovrgel svojo drugo hipotezo, ki pravi, da smo z upoštevanjem toplotnih mostov na poenostavljen način na varni strani. Res pa je, da TSG4 [5] uporabo metode upoštevanja toplotnih mostov na poenostavljen način dovoljuje le v primeru, ko imajo vsi toplotni mostovi  $\Psi$  manjšo od  $0,2\text{W}/(\text{mK})$ , kar pa v mojem primeru ne drži.

Pri tako velikem objektu kot je npr. Osnovna šola so lahko prihranki energije zelo veliki. Tako zaradi toplotnih mostov po izračunih letno potrebujemo okoli 24000kWh dodatne energije potrebne za ogrevanje. V nadaljevanju sem podal še nekatere ukrepe za zmanjšanje porabe energije za ogrevanje. Najprej sem upošteval izboljšano toplotno izolativnost zunanjih sten. S programom TOST [4] sem izračunal, da bi na tak način lahko privarčevali okoli 7% energije

za ogrevanje glede na izhodiščno stanje. Naslednji ukrep je bil sanacija nekaterih toplotnih mostov. Tukaj sem izbral le tiste, pri katerih sem presodil, da bi bila sanacija možna in gradbeni posegi ne bi bili preveliki. Tudi s tem ukrepom bi po izračunih privarčevali dodatnih 5%. S tema dvema ukrepoma bi tako stavba na lestvici energetske učinkovitosti prešla iz razreda D, v energijski razred C [12]. Letna potrebna toplota za ogrevanje pa bi bila kljub vsem tem ukrepom še vedno za okoli 15% višja od največje dovoljene, ki jo zahteva PURES 2010 [9].

Na primeru stavbe osnovna šola Dobrova sem dokazal, da bi se lahko z nekaterimi ukrepi bistveno znižali stroški ogrevanja. Kvalitetna gradnja in ustrezno načrtovani detajli so tako ključ do prihrankov pri energiji za ogrevanje.

**VIRI**

- [1] Toplotni mostovi, Učinkovita raba energije. 2014.  
<http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/PDFknjiznjicaAURE/IL2-11.PDF> (Pridobljeno 6. 10. 2014.)
- [2] DIREKTIVA 2012/27/EU EVROPSKEGA PARLAMENTA IN SVETA z dne 25. oktobra 2012 o energetske učinkovitosti, spremembi direktiv 2009/125/ES in 2010/30/EU ter razveljavitvi direktiv 2004/08/ES in 2006/32/ES. Uradni list Evropske unije št. L 315,14.11.2012.
- [3] SIST EN ISO 14683:2008. Toplotni mostovi v stavbah - Linearna toplotna prehodnost - Poenostavljena metoda in privzete vrednosti (ISO 14683:2007).
- [4] Krainer, Predan. 2009. Računalniški program (TOST) za izračun podatkov, potrebnih za končno poročilo oziroma dokaz o ustreznosti toplotne zaščite stavbe. Ljubljana, UL FGG.
- [5] Tehnična smernica za graditev TSG-1-004: 2010 Učinkovita raba energije. Ministrstvo za okolje in prostor. Št: 0071-101/2009: 114 str.
- [6] Deque, F., Olliver, F., Roux, J.J. 2001. Effect of 2D modelling of thermal bridges on the energy performance of buildings. Numerical application on Matisse apartment. Energy and Buildings 33: 583-587.  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037877880001286> (Pridobljeno 6. 2. 2015)
- [7] Evola, G., Margani, G., Marletta, L. 2011. Energy and cost evaluation of thermal bridge correction in Mediterrean climate. Energy and Buildings 43: 2385-2393.

- <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778811002428> (Pridobljeno 6. 2. 2015)
- [8] Gomes, A.P., de Souza, H.A., Tribess, A. 2013. Impact of thermal bridging on the performance of buildings using Light Steel Framing in Brazil. Applied Thermal Engineering 52: 84-85.  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359431112007284> (Pridobljeno 6. 2. 2015)
- [9] Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES 2010). Uradni list RS št. 52/2010, Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor 2010.
- [10] SIST EN ISO 13789:2008. Toplotne značilnosti stavb - Toplotni koeficienti pri prenosu toplote in prezračevanja – Računska metoda (ISO 13789:2007)
- [11] SIST EN ISO 10211:2008. Toplotni mostovi v stavbah - Toplotni tokovi in površinske temperature - Podrobni izračuni (ISO 10211:2007).
- [12] Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaje energetskih izkaznic. Ur.l. RS, št. 77/09: 10310-10312.
- [13] THERM. 2014. Two-Dimensional Building Heat-Transfer Modeling. University of California. Lawrence Berkeley National Laboratory.  
<http://windows.lbl.gov/software/therm/therm.html> (Pridobljeno 7. 12. 2014)
- [14] SIST EN ISO 13790:2008. Energijske lastnosti stavb - Račun rabe energije za ogrevanje in hlajenje prostorov (ISO 13790:2008).
- [15] Zemljevid Slovenije. 2014.

<http://zemljevid.najdi.si/> (Pridobljeno 12. 11. 2014)

- [16] Krainer, Predan. 2009. Računalniški program (TEDI) za analizo toplotnega prehoda, toplotne stabilnosti in difuzije vodne pare skozi večplastne KS. Ljubljana, UL FGG.
- [17] Načrt arhitekture – PZI, objekt: Osnovna šola Dobrova. 2006. Ljubljana, Spino II d.o.o.
- [18] Atlas okolja. 2014.  
[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) (Pridobljeno 1. 10. 2014)
- [19] Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb. Uradni list RS št. 42/2002, Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, 15.4.2002.