

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:

Reščič, E., 2014. Vpliv toplotnih mostov na porabo energije za ogrevanje v poslovno trgovskem objektu Plan invest v Kopru. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Košir, M.): 45 str.

Datum arhiviranja: 04-11-2014

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:

Reščič, E., 2014. Vpliv toplotnih mostov na porabo energije za ogrevanje v poslovno trgovskem objektu Plan invest v Kopru. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Košir, M.): 45 pp.

Archiving Date: 04-11-2014

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



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

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

Kandidat:

ERIK REŠČIČ

**VPLIV TOPLOTNIH MOSTOV NA PORABO ENERGIJE
ZA OGREVANJE V POSLOVNO TRGOVSKEM
OBJEKTU PLAN INVEST V KOPRU**

Diplomska naloga št.: 75/OG-MO

**THE IMPACT OF THERMAL BRIDGES ON ENERGY
CONSUMPTION FOR HEATING IN THE BUSINESS
COMMERCIAL FACILITY PLAN INVEST IN KOPER**

Graduation thesis No.: 75/OG-MO

Mentor:
doc. dr. Mitja Košir

Predsednik komisije:
doc. dr. Mitja Košir

Ljubljana, 28. 10. 2014

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani Erik Reščič izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom: »Vpliv toplotnih mostov na porabo energije za ogrevanje v poslovno trgovskem objektu Plan invest v Kopru.«

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

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Portorož, 25.9.2014

(podpis)

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN Z IZVLEČKOM

UDK: 536.491:699.86(497.4)(043.2)
Avtor: Erik Reščič
Mentor: doc. dr. Mitja Košir
Naslov: Vpliv toplotnih mostov na porabo energije za ogrevanje v poslovno trgovskem objektu Plan invest v Kopru
Tip dokumenta: Dipl. nal. - VSŠ
Opis in oprema: 45 str., 26 pregl., 26 sl., 2 pril.
Ključne besede: prenos toplote, toplotni mostovi, letna potrebna toplota za ogrevanje, transmisijske izgube

Izvleček

V diplomski nalogi se ukvarjamo s problemom toplotnih mostov na poslovno trgovskem objektu Plan invest ter njihovim vplivom na porabo energije za ogrevanje. Toplotni mostovi ne povzročajo samo toplotne izgube ampak imajo lahko vpliv tudi na zdravje človeka, saj na mestih, kjer so prisotni lahko pride do pojava plesni.

V uvodu je za lažje razumevanje napisane nekaj teoretične osnove o mehanizmih prenosa toplote ter o tipih toplotnih mostov. V nadaljevanju evidentiramo vse toplotne mostove na stavbi ter s pomočjo računalniških programov TEDI in TOST izračunamo energetska bilanco stavbe. Analiziramo tri primere, v prvem primeru toplotnih mostov ne upoštevamo, v drugem jih upoštevamo skladno s standardoma SIST EN ISO 13789 in SIST EN ISO 14683, v tretjem pa na poenostavljen način. Nato analiziramo, v kolikšni meri toplotni mostovi vplivajo na porabo energije za ogrevanje. Na koncu izvedemo še ukrepe za izboljšanje stanja tako, da stavba izpolnjuje predpisane zahteve po Pravilniku o učinkoviti rabi energije (PURES 2010) ter Tehnični smernici za graditev TSG-1-004:2010 (TSG4).

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC: 536.491:699.86(497.4)(043.2)
Author: Erik Reščič
Supervisor: Assist. prof. Mitja Košir, Ph. D.
Title: The impact of thermal bridges on energy consumption for heating in the business commercial facility Plan invest in Koper
Document type: Graduation Thesis – Higher professional studies
Notes: 45 p., 26 tab., 26 fig., 2 ann.
Keywords: heat transfer, thermal bridges, annual heating requirements, transmission losses

Abstract

In the graduation thesis we deal with the problem of thermal bridges in the business commercial facility Plan invest and their impact on heating energy consumption. Thermal bridges don't cause only heat loss but may have an impact on human health because on the places where they are present may grow mold.

In the introduction is written some theoretical base of heat transfer mechanisms and the types of thermal bridges. In the following we register all thermal bridges in the building and with the help of computer programs TEDI and TOST we calculate the energy balance of the building. We analyze three cases, in the first case we don't consider the thermal bridges, in the second by considering thermal bridges in accordance with standards SIST EN ISO 13789 and SIST EN ISO 14683 and in a simplified way in the third. Then we analyze the impact of thermal bridges on heating energy consumption. At the end we perform the steps to improve the situation so that the building complies the requirements laid down by the energy efficiency regulation (PURES 2010) and the technical guideline for building TSG-1-004:2010 (TSG4).

ZAHVALA

Za pomoč in podporo pri nastajanju diplomske naloge se zahvaljujem mentorju doc. dr. Mitji Koširju. Zahvaljujem se tudi staršem za finančno pomoč in podporo v času študija.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
1.1	Cilj diplomske naloge	1
1.2	Hipoteza.....	2
2	TOPLOTNI MOSTOVI V STAVBAH	3
2.1	Prenos toplote skozi stavbni ovoj	3
2.1.1	Prevod toplote ali kondukcija	3
2.1.2	Prestop toplote ali konvekcija	4
2.1.3	Sevanje toplote ali radiacija	4
2.2	Analiza toplotnih mostov	5
2.3	Geometrijski toplotni mostovi.....	5
2.4	Konstruktivski toplotni mostovi.....	6
2.5	Kombinirani toplotni mostovi	8
2.6	PURES 2010 in TSG4	8
2.7	Standardi	9
3	PREDSTAVITEV OBRAVNAVANEGA OBJEKTA	11
3.1	Evidentiranje toplotnih mostov.....	15
3.1.1	Stik okno – zunanja stena	19
3.1.2	Vogal objekta	20
3.1.3	Temelj.....	21
3.1.4	Atika.....	22
4	ANALIZA PORABE ENERGIJE ZA OGREVANJE V STAVBI	23
4.1	Uporabljena programska oprema	23
4.2	Vhodni podatki.....	23
4.2.1	Splošni podatki	23
4.2.2	Klimatski podatki	24
4.2.3	Računska podobdobja	25

4.2.4	Nočna izolacija, senčenje.....	26
4.2.5	Podatki o conah.....	26
5	REZULTATI.....	30
5.1	Brez upoštevanja toplotnih mostov	30
5.2	Upoštevanje toplotnih mostov skladno s SIST EN ISO 13789 ter SIST EN ISO 14683	31
5.3	Upoštevanje toplotnih mostov na poenostavljen način.....	32
5.4	Primerjava rezultatov	33
5.5	Ukrepi za izboljšanje stanja	36
5.6	Določitev energijskega razreda stavbe	43
6	ZAKLJUČEK.....	44
	VIRI	46

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Sestava konstrukcijskih sklopov	13
Preglednica 2: Podatki o ogrevanju, hlajenju in ogrevanju sanitarne vode	24
Preglednica 3: Klimatski podatki	25
Preglednica 4: Osnovni podatki o coni	27
Preglednica 5: Podatki o prezračevanju	27
Preglednica 6: Podatki o zunanjih stenah in ravni strehi.....	28
Preglednica 7: Podatki o netransparentnih konstrukcijskih sklopih	28
Preglednica 8: Podatki o tleh na terenu.....	28
Preglednica 9: Podatki o topli vodi in razsvetljavi	29
Preglednica 10: Podatki o kondicionirani prostornini stavbe, površini toplotnega ovoja ter oblikovnem faktorju	30
Preglednica 11: Toplotna bilanca brez upoštevanja toplotnih mostov.....	30
Preglednica 12: Dobitki in izgube brez upoštevanja toplotnih mostov.....	30
Preglednica 13: Toplotna bilanca po upoštevanju toplotnih mostov skladno s SIST EN ISO 13789 in SIST EN ISO 14683	31
Preglednica 14: Izgube in dobitki po upoštevanju toplotnih mostov skladno s SIST EN ISO 13789 in SIST EN ISO 14683	31
Preglednica 15: Toplotna bilanca po upoštevanju toplotnih mostov na poenostavljen način	32
Preglednica 16: Izgube in dobitki po upoštevanju toplotnih mostov na poenostavljen način.	32
Preglednica 17: Cena električne energije dobavitelja Petrol d.d. [21]	36
Preglednica 18: Letna primarna energija.....	36
Preglednica 19: Toplotna bilanca stavbe po izvedenem ukrepu št. 1	37
Preglednica 20: Izgube in dobitki po izvedenem ukrepu št. 1	37
Preglednica 21: Toplotna bilanca stavbe po izvedenem ukrepu št. 2	38
Preglednica 22: Izgube in dobitki po izvedenem ukrepu št. 2	38
Preglednica 23: Toplotna bilanca stavbe po izvedenem ukrepu št. 3	39
Preglednica 24: Izgube in dobitki po izvedenem ukrepu št. 3	39
Preglednica 25: Toplotna bilanca stavbe po izvedenem ukrepu št. 4	40
Preglednica 26: Izgube in dobitki po izvedenem ukrepu št. 4	40

KAZALO SLIK

Slika 1: Prevod toplote [10]	3
Slika 2: Elektromagnetna valovanja glede na valovno dolžino [12].....	5
Slika 3: Geometrijski toplotni most	6
Slika 4: Primeri konstrukcijskih toplotnih mostov in predlaganih rešitev [15].....	7
Slika 5: Primer kombiniranega toplotnega mostu z AB vezjo.....	8
Slika 6: Izgled tabele z najpogostejšimi toplotnimi mostovi v SIST EN ISO 14683 [8]	10
Slika 7: Lokacija objekta [18].....	12
Slika 8: Poslovno trgovski objekt Plan invest	12
Slika 9: Tloris pritličja z evidentiranimi toplotnimi mostovi	16
Slika 10: Tloris nadstropja - ni večjih toplotnih mostov	17
Slika 11: Prerez B-B z evidentiranimi toplotnimi mostovi	18
Slika 12: Tloris pritličja z evidentiranimi toplotnimi mostovi	22
Slika 13: Tloris pritličja z evidentiranimi toplotnimi mostovi	22
Slika 14: Tloris pritličja z evidentiranimi toplotnimi mostovi	22
Slika 15: Vpliv toplotnih mostov na koeficient transmisijskih toplotnih izgub.....	33
Slika 16: Vpliv toplotnih mostov na letno potrebno energijo za ogrevanje	34
Slika 17: Vpliv toplotnih mostov na letno potrebno energijo za ogrevanje na enoto kondicionirane prostornine	34
Slika 18: Vpliv toplotnih mostov na transmisijske izgube	35
Slika 19: Vpliv toplotnih mostov na porabo energije za ogrevanje v stavbi	35
Slika 20: Spreminjanje faktorja HT' z izvajanjem ukrepov.....	41
Slika 21: Spreminjanje QNH z izvajanjem ukrepov	41
Slika 22: Spreminjanje QNH/Ve z izvajanjem ukrepov	42
Slika 23: Spreminjanje izgub z izvajanjem ukrepov	42
Slika 24: Spreminjanje dobitkov z izvajanjem ukrepov	43
Slika 25: Energijski razred stavbe v prvotnem stanju	43
Slika 26: Energijski razred stavbe po izvedenih ukrepih za izboljšanje stanja	43

»Ta stran je namenoma prazna.«

1 UVOD

V današnjih časih prihaja do vse večjih teženj po učinkoviti rabi energije. V raznih medijih je mogoče zmeraj pogosteje zaslediti različna opozorila ter nasvete o učinkoviti rabi energije, varčevanju oziroma zmanjšanju porabe le te. Po podatkih Gospodarske zbornice Dolenjske in Bele krajine je v Sloveniji zabeležena kar 40 % poraba energije za ogrevanje objektov, ki so energetske neučinkoviti [1]. Cilj učinkovite rabe energije ni samo zmanjšati mesečne stroške ampak tudi zaščiti okolje ter izboljšati kakovost življenja v prostoru v katerem živimo. Za ogrevanje stavb uporabljamo različne energetske vire kot npr. drva, pelete, kurilno olje, elektriko, zemeljski plin itd.. Problem je, da je večina teh virov neobnovljivih. To ima tudi zelo velik vpliv na gospodarstvo. Energentov, kot so na primer kurilno olje na našem ozemlju praktično ni, zato jih je potrebno uvažati. Za to je potrebna velika količina denarja, ki ob neracionalni rabi energije izpuhti v zrak. Velik dosežek bi bila že uporaba obnovljivih virov. Brez večjih vlaganj v stavbe bi lahko ob racionalni rabi energije zmanjšali njeno porabo za vsaj desetino [2]. Če se nekoliko bolj osredotočimo na energijo potrebno za ogrevanje je tukaj kar nekaj ukrepov za zmanjšanje njene porabe. Poleg racionalizacije delovanja ogrevalnih naprav ter uporabe obnovljivih virov, je tukaj še gradbeni del. S primerno izolacijo ovoja stavbe so prihranki lahko tudi do 25 % [2]. Res pa je, da je tukaj začetna investicija zelo visoka in dolgoročna. Prihranki so lahko zelo veliki tudi z namestitvijo ustreznih oken ter vrat. Tukaj igra zelo veliko vlogo tudi sam način vgradnje le teh. Način vgradnje vedno bolj teži k RAL smernicam, ki poleg tega, da zmanjšuje vpliv toplotnih mostov na stiku okno - stena, zmanjšuje tudi ventilacijske izgube zaradi boljšega tesnjenja. Tudi s pomočjo zakonodajnih zahtev je možno vplivati na višanje energetske učinkovitosti, zato je EU sprejela vrsto dokumentov med katerimi je tudi Direktiva o energetske učinkovitosti stavb [3] s katerimi želijo v naslednjih petih letih za približno četrtino zmanjšati porabo energije ter povečati delež energije, pridobljene iz obnovljivih virov. Posledica zahtev na nivoju EU je tudi uvedba novega slovenskega Pravilnika o učinkoviti rabi energije v stavbah (v nadaljevanju PURES 2010) [4] s katerim so se zahteve glede energetske učinkovitosti novih stavb precej zaostrole. Število novogradenj se je v Sloveniji občutno zmanjšalo, zelo pa se je povečalo število energetskih sanacij raznih javnih ustanov, ki jih delno ali pa v celoti financira EU.

1.1 Cilj diplomske naloge

Cilj diplomske naloge je na Poslovno trgovskem objektu Plan invest izračunati potrebno količino energije za ogrevanje ter skupne izgube in dobitke. Po dobljenih rezultatih bomo izvedli analizo vpliva vseh toplotnih mostov na stavbi na celotno potrebno količino energije za ogrevanje. Analizo bomo izvedli s pomočjo računalniškega programa TOST [5] ter TEDI [6].

Analizirali bomo tri različne primere. V prvem primeru vpliva toplotnih mostov ne bomo upoštevali. V drugem primeru bomo vpliv toplotnih mostov upoštevali skladno s standardoma SIST EN ISO 13789:2008 (v nadaljevanju SIST EN ISO 13789) [7] in SIST EN ISO 14683:2008 (v nadaljevanju SIST EN ISO 14683) [8], v tretjem pa po poenostavljenem načinu, predvidenem po Tehnični smernici TSG-1-004:2010 (v nadaljevanju TSG4) [9]. V primeru, da bodo rezultati izračunov neustrezni glede na zahteve PURES 2010 in TSG4, bomo izvedli še analizo vpliva ukrepov za izboljšanje stanja.

1.2 Hipoteza

Pričakujemo lahko, da stavba ne bo izpolnjevala zahtev o maksimalni dovoljeni porabi energije za ogrevanje po PURES 2010 in TSG4, saj je bila projektirana in grajena pred časom uveljavitve omenjenega pravilnika ter tehnične smernice.

Hkrati lahko pričakujemo, da bodo najboljši rezultati izračunani v primeru neupoštevanja toplotnih mostov, najslabši pa v primeru upoštevanja standardov SIST EN ISO 13789 in SIST EN ISO 14683. Za izračun po poenostavljenem načinu upoštevanja toplotnih mostov po TSG4 pa lahko pričakujemo, da se bo po rezultatih o porabi energije za ogrevanje uvrstila med zgoraj omenjenima ekstremoma. S tem omenjena poenostavljena metoda ne predstavlja pristopa, ki bi bil na varni strani.

2 TOPLOTNI MOSTOVI V STAVBAH

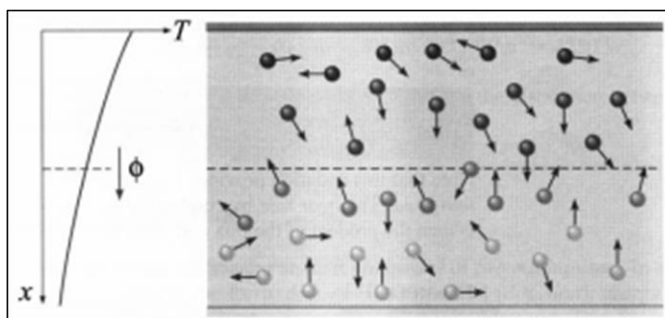
2.1 Prenos toplote skozi stavbni ovoj

O prenosu toplote lahko govorimo, kadar nastopi spontan prenos toplote z mesta z višjo temperaturo na mesto z nižjo temperaturo. Prenos preneha, kadar se temperaturi na obeh mestih izenačita. Medtem ko pri termodinamiki določamo količino toplote, ki je potrebna za prehod sistema iz enega ravnotežnega stanja v drugo, pri teoriji prenosa toplote pojasnjujemo načine ter napovedujemo hitrost prenosa toplote. Izpeljava analitičnih izrazov temelji na osnovi prvega in drugega zakona termodinamike ter na empirično dobljenih zvezah. Pri zakon termodinamike pravi, da energija ne more nastati iz nič, niti ne more izginiti v nič. Lahko pa se pretvarja iz ene vrste energije v drugo. Sprememba notranje energije je enaka vsoti dovedenega ali oddanega dela ter dovedene ali oddane toplote. Drugi zakon termodinamike se da izreči na več načinov. Za nas je najpomembnejše to, da prehod toplote s telesa z nižjo temperaturo na telo z višjo temperaturo, ni mogoč.

V splošnem se toplota prenaša s tremi različnimi mehanizmi, ki jih bomo predstavili s pomočjo zapiskov predavanj o prenosu toplote [10] ter strokovnega članka z naslovom Mehanizem prenosa toplote skozi konstrukcijske sklope v stavbah [11].

2.1.1 Prevod toplote ali kondukcija

Prevod toplote je pojav, pri katerem sestavni delci snovi vibrirajo, krožijo ter se gibljejo premočrtno (slika 1). Z naraščanjem temperature, narašča enako časno tudi kinetična energija. Zaradi medsebojnega trkanja delcev se pojavi prenos kinetične energije z območja z višjo temperaturo na območje z nižjo temperaturo. Pretežni del prenosa toplote skozi konstrukcijski sklop se odvija prav s kondukcijo, to je ob stiku toplejšega s hladnejšim delom.



Slika 1: Prevod toplote [10]

Z zmanjševanjem toplotne prevodnosti ter povečevanjem debeline določenega materiala oziroma konstrukcijskega sklopa, se toplotni tok manjša.

Prevod toplote je lahko stacionaren ali nestacionaren. Pri nestacionarnem prevodu toplote se robni pogoji skozi konstrukcijski sklop spreminjajo s časom in krajem. Pri tem so robni pogoji zunanja in notranja temperatura, zunanja in notranja vlažnosti ter atmosferski tlak. Pri stacionarnem prevodu toplote pa robni pogoji niso odvisni od časa. V večini primerov se v načrtovalski praksi za izračun prenosa toplote skozi stavbni ovoj upoštevajo stacionarni robni pogoji kljub temu, da v realnosti skoraj nikoli ne nastopijo.

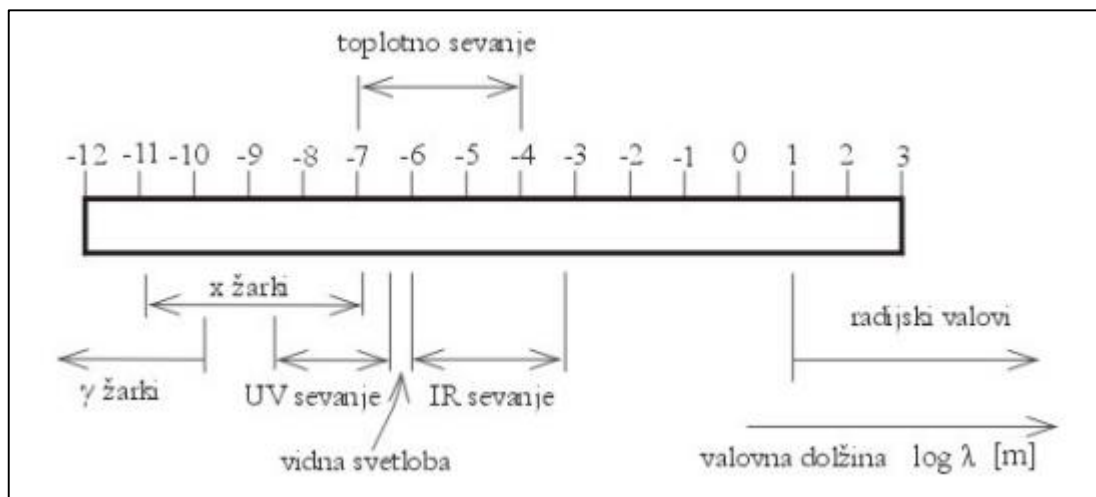
2.1.2 Prestop toplote ali konvekcija

Prestop toplote pri obravnavanju konstrukcijskih sklopov predstavlja prenos toplote med plinom (zrakom) in trdnim telesom in obratno.

Toplotna prestopnost mejne zračne plasti (α) je v splošnem odvisna od fizikalnih lastnosti plina (toplotna prevodnost - λ , gostota - ρ , specifična toplota - c_p), tlaka in temperature plina ter materialnih in geometričnih lastnosti površine trdnega telesa s katerim je plin v stiku. V primeru izračuna prehoda toplote skozi konstrukcijski sklop, mejno zračno plast obravnavamo kot dodatni homogeni sloj materiala s konstantnimi lastnostmi. Tako se v primeru zunanje stene, za izračun prestopa privzamejo vrednosti $\alpha_i = 8 \text{ W/m}^2\text{K}$ na notranji strani in $\alpha_e = 23 \text{ W/m}^2\text{K}$ na zunanji strani konstrukcijskega sklopa.

2.1.3 Sevanje toplote ali radiacija

Radiacija je prenos toplote iz enega telesa na drugo, brez da bi se telesi medsebojno stikali. Kot je prikazano na sliki 3, je toplotno sevanje sestavljeno iz vseh elektromagnetnih valovanj, valovne dolžine med 10^{-7} in 10^{-4} m (UV žarki, vidna svetloba ter IR žarki).



Slika 2: Elektromagnetna valovanja glede na valovno dolžino [12]

Prenos toplote s sevanjem se od prenosa toplote s kondukcijo in konvekcijo razlikuje v tem, da se lahko vrši skozi prazen prostor ter da je prenesena toplota sorazmerna temperaturi na četrto potenco. Pri izračunu prehoda toplote skozi netransparentne konstrukcijske sklope stavbnega ovoja, prenos s sevanjem načeloma zanemarimo.

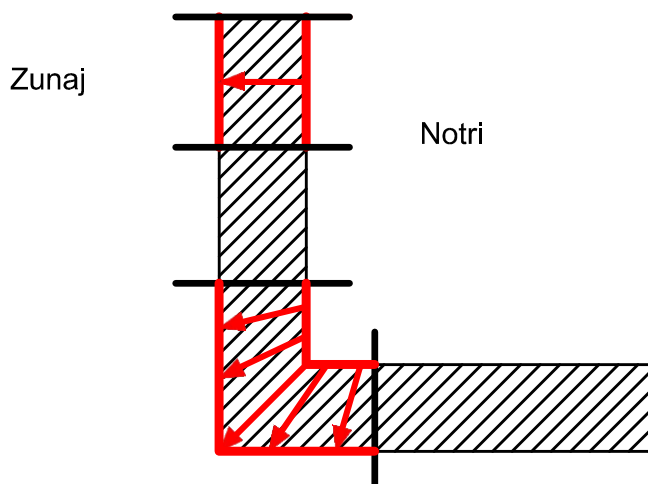
2.2 Analiza toplotnih mostov

Na toplotno prehodnost stavbnega ovoja imajo toplotni mostovi zelo velik vpliv. Kljub temu, da so določeni konstrukcijski sklopi relativno dobro toplotno izolirani, lahko nerešeni toplotni mostovi povzročajo visok delež toplotnih izgub. Problem toplotnih mostov pa niso le toplotne izgube. Velik vpliv imajo tudi na samo toplotno ugodje v prostoru, posredno pa lahko povzročajo tudi zdravstvene težave, saj lahko na mestih pojava toplotnih mostov nastaja plesen, ki ima negativen vpliv na dihala [13]. Ravno zaradi tega je potrebno pazljivo načrtovanje ter izvedba detajlov, kot so križanja, preboji, odprtine itd.

Glede na vzrok nastanka, toplotne mostove delimo na geometrijske, konstrukcijske in kombinirane toplotne mostove.

2.3 Geometrijski toplotni mostovi

Geometrijski toplotni mostovi nastopajo na delu stavbnega ovoja, kjer je zunanja površina, preko katere prehaja toplota iz notranjega ogrevanega prostora v zunanje okolje, precej večja od notranje [14]. To se največkrat zgodi v vogalih stavb. V praksi se toplotnim mostovom, ki so posledica geometrije ne moremo izogniti, lahko pa njihov vpliv zmanjšamo.



Slika 3: Geometrijski toplotni most

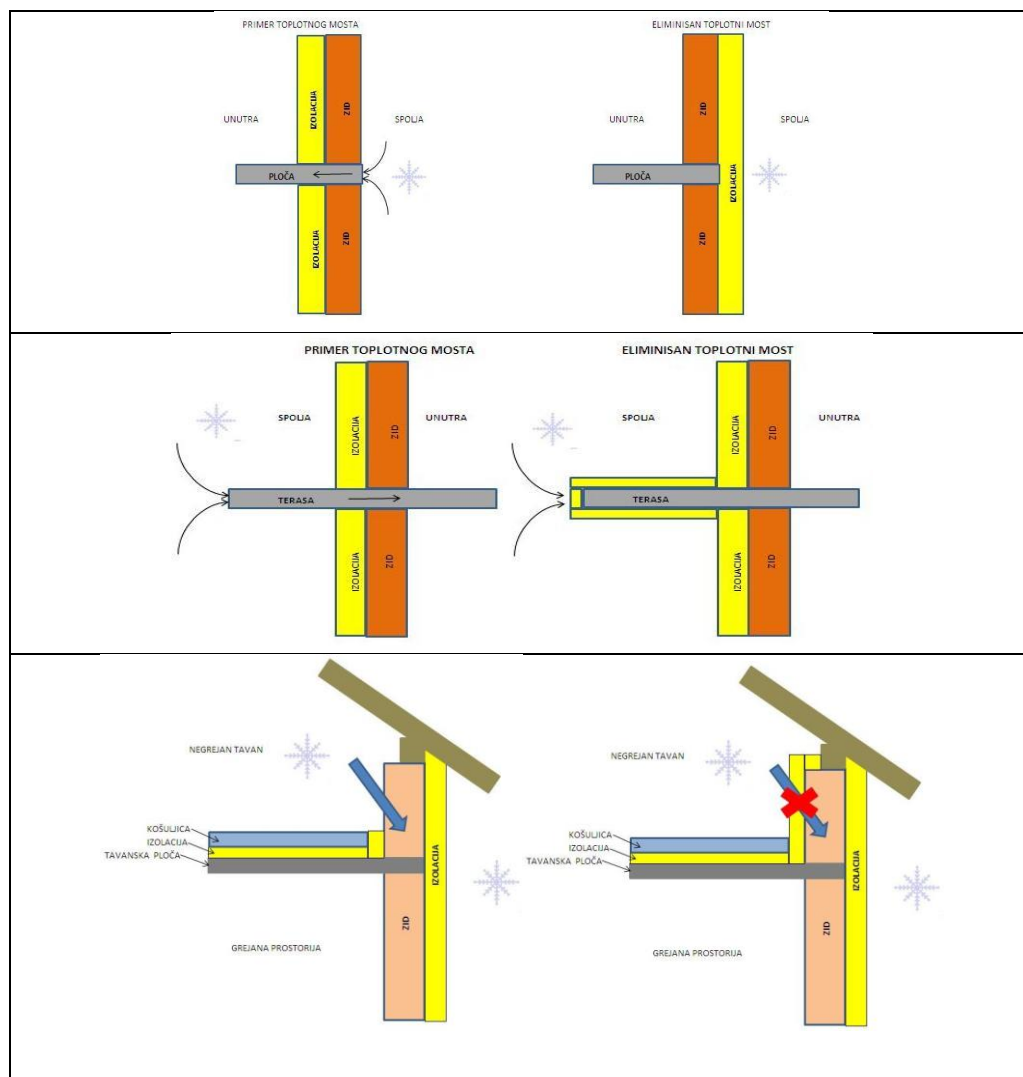
Na sliki 3 je prikazan tipičen geometrijski toplotni most v vogalu stavbe. V »nemotenem« delu stene sta zunanja (hladna) in notranja (topla) površina enaki, zato na tem delu ne pride do geometrijskega toplotnega mostu. V vogalu pa je notranja topla površina skozi katero uhaja toplota precej manjša od zunanje hladne površine. Zaradi tega se na tem delu pojavi geometrijski toplotni most. Rdeče puščice prikazujejo smer toplotnega toka.

Z večanjem ostrine kota med dvema elementoma se enako časno večja tudi učinek toplotnega mostu, saj se notranja površina zmanjšuje, zunanja pa povečuje. V praksi se takim toplotnim mostovom ne moremo izogniti, lahko pa njihov vpliv zelo zmanjšamo z izogibanjem kotom manjšim od 90 stopinj, z dodajanjem oz. večanjem debeline toplotne izolacije na zunanji strani itd. Poleg v vogalih stavb, se z geometrijskimi toplotnimi mostovi srečujemo tudi pri slemenu, priključku stene na kap, čelnem napušču itd. [14].

Učinek geometrijskih toplotnih mostov je lahko tudi pozitiven. To se zgodi v primeru konkavnih vogalov. Takšni vogali imajo zunanjo površino manjšo od notranje, zato povzročajo ravno obraten efekt.

2.4 Konstrukcijski toplotni mostovi

Glavni vzrok za nastanek konstrukcijskih toplotnih mostov predstavlja prekinjen (npr. preboji) ali oslabljen (npr. stebri med katerimi je prostor zapolnjen s termoizolacijo – pogosto pri lesenih in jeklenih montažnih stavbah) toplotni ovoj stavbe. Zelo pogost je nastop konstrukcijskega toplotnega mostu, ko stavbni ovoj prebode neizoliran element iz materiala z veliko toplotno prevodnostjo. Nastanek takšnih toplotnih mostov je največkrat posledica slabo načrtovanih detajlov.



Slika 4: Primeri konstrukcijskih toplotnih mostov in predlaganih rešitev [15]

Na sliki 4 so predstavljeni trije pogosti primeri pri katerih nastopijo konstrukcijski toplotni mostovi ter rešitve za preprečitev njihovega nastanka.

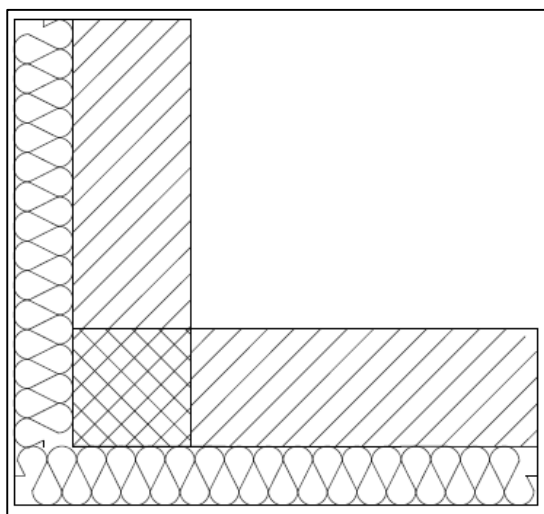
Prvi primer prikazan na sliki 4 prikazuje nastanek toplotnega mosta, kadar je toplotna izolacija nameščena na notranji strani objekta. Toplotna izolacija na steni je prekinjena, betonska plošča pa ni izolirana. To v zimskem času predstavlja izgubo toplote, zato so tla v tem delu prostora neprijetno hladna lahko pa se pojavijo tudi težave z nastankom kondenza in rastjo plesni. Problem lahko rešimo s postavitvijo izolacije na zunanjo stran stene.

Drugi primer prikazuje betonsko teraso oziroma balkon, ki skupaj s ploščo tvori celoto. Izolacija, ki je nameščena na zunanji strani je ponovno prekinjena, zato terasa predstavlja toplotni most. Podobno kot v prejšnjem primeru, postanejo v zimskem času tla in stene hladne, na katerih pa lahko pride tudi do pojava kondenzacije. Problem lahko rešimo z namestitvijo toplotne izolacije okoli terase ali pa z vgradnjo toplotnoizolacijskih košaric (ni prikazano na sliki 5).

Zadnji primer prikazuje nastanek toplotnega mostu, kadar je podstrešje neogrevano. Toplotna izolacija je nameščena na zunanji strani objekta. Kljub temu, da je izveden »plavajoči pod«, je zid na podstrešju iz notranje strani neizoliran ter tako pride do nastanka toplotnega mostu. Problem lahko rešimo tako, da zid na podstrešju v celoti izoliramo iz notranje strani [15].

2.5 Kombinirani toplotni mostovi

V praksi se pogosto geometrijski in konstrukcijski toplotni mostovi pojavljajo hkrati. Tipični primeri so protipotresna vez v vogalu stavbe, toplotno neizoliran stik dveh zunanjih sten, armiranobetonski nosilni stebri v zunanji steni, ki segajo preko zunanje ravnine zidu in podobno [14]. Na sliki 5 je prikazan primer kombiniranega toplotnega mostu z armiranobetonsko protipotresno vezjo v vogalu.



Slika 5: Primer kombiniranega toplotnega mostu z AB vezjo

2.6 PURES 2010 in TSG4

V prvem členu PURES 2010 je razložen namen pravilnika: *»Ta pravilnik določa tehnične zahteve, ki morajo biti izpopolnjene za učinkovito rabo energije v stavbah na področju toplotne zaščite, ogrevanja, hlajenja, prezračevanja ali njihove kombinacije, priprave tople vode in razsvetljave v stavbah, zagotavljanja lastnih obnovljivih virov energije za delovanje sistemov in stavbi ter metodologijo za izračun energijskih lastnosti stavbe v skladu z Direktivo 30/2010/EU Evropskega parlamenta in Sveta z dne 19. maja 2010 o energetske učinkovitosti stavb.«* [4]

Med pomembnejše zahteve pravilnika prav gotovo sodi zagotovitev energije iz obnovljivih virov. Toplotna zaščita ovoja stavbe mora biti učinkovitejša, zahteve glede maksimalne toplotne prehodnosti konstrukcijskih sklopov so v primerjavi s predhodnim pravilnikom veliko strožje. Prav tako je določena maksimalna dovoljena poraba energije za hlajenje stanovanjskih stavb, ki ne sme biti prekoračena.

V petem členu PURES 2010 je razložen namen tehnične smernice TSG4: *»Tehnična smernica za graditev TSG-1-004:2010 Učinkovita raba energije v stavbah (v nadaljnjem besedilu: tehnična smernica) določa gradbene ukrepe oziroma rešitve za doseg zahtev iz tega pravilnika in določa metodologijo izračuna energijskih lastnost stavbe. Uporaba tehnične smernice je obvezna.«* [4]

Tehnična smernica TSG4 je bila objavljena hkrati s PURES 2010. Dokumenta sta med seboj tesno povezana.

Ta dva dokumenta ne podajata podrobnih zahtev glede toplotnih mostov. PURES 2010 navaja, da mora biti vpliv toplotnih mostov na potrebno energijo za ogrevanje in hlajenje čim manjši ter da njihov vpliv ne povzroča škode stavbi in njenim uporabnikom. TSG4 pa navaja, da se je treba toplotnim mostovom z večjo linijsko toplotno prehodnostjo ($\Psi_e > 0,2 \text{ W/mK}$) izogniti. Navaja tudi, da se pri računu potrebne toplote za ogrevanje vpliv toplotnih mostov upošteva skladno s standardi SIST EN ISO 13789, SIST EN ISO 14683 oziroma SIST EN ISO 10211 [16]. Če pa imajo vsi toplotni mostovi linijsko toplotno prehodnost $\Psi_e < 0,2 \text{ W/mK}$ lahko njihov vpliv upoštevamo na poenostavljen način tako, da povečamo toplotno prehodnost stavbnega ovoja za $0,06 \text{ W/m}^2\text{K}$ [9].

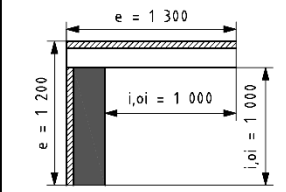
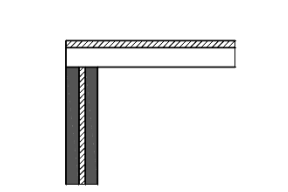
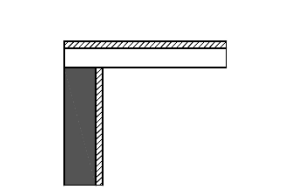
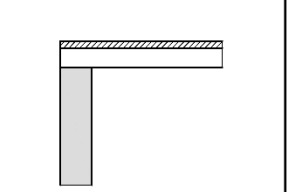
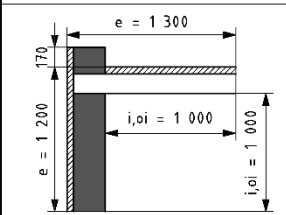
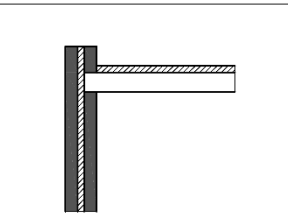
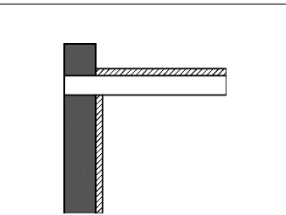
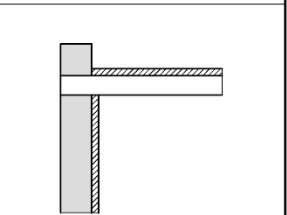
2.7 Standardi

Standard SIST EN ISO 14683 navaja poenostavljene metode za določitev linijskih toplotnih prehodnosti različnih tipov toplotnih mostov. V tabelarični obliki (slika 6) so grafično prikazani splošni primeri najpogostejših toplotnih mostov ter pripadajoče projektne vrednosti linijske toplotne prehodnosti. Prikazani so tudi primeri uporabe teh vrednosti pri izračunu koeficienta toplotne prehodnosti. Navedene linijske toplotne prehodnosti so izračunane po numerični metodi skladno s standardom SIST EN ISO 10211:2008.

Table A.2 — Default values of linear thermal transmittance

Dimensions in mm; linear thermal transmittance in W/(m·K)

Wall	Lightweight wall (including lightweight masonry and timber frame walls)	Insulating layer	Slab/pillar	Window frame
------	--	------------------	-------------	--------------

Roofs				
 <p>R1</p> $\psi_e = 0,55$ $\psi_{oi} = 0,75$ $\psi_i = 0,75$	 <p>R2</p> $\psi_e = 0,50$ $\psi_{oi} = 0,75$ $\psi_i = 0,75$	 <p>R3</p> $\psi_e = 0,40$ $\psi_{oi} = 0,75$ $\psi_i = 0,75$	 <p>R4</p> $\psi_e = 0,40$ $\psi_{oi} = 0,65$ $\psi_i = 0,65$	
 <p>R5</p> $\psi_e = 0,60$ $\psi_{oi} = 0,80$ $\psi_i = 0,80$	 <p>R6</p> $\psi_e = 0,50$ $\psi_{oi} = 0,70$ $\psi_i = 0,70$	 <p>R7</p> $\psi_e = 0,65$ $\psi_{oi} = 0,85$ $\psi_i = 0,85$	 <p>R8</p> $\psi_e = 0,45$ $\psi_{oi} = 0,70$ $\psi_i = 0,70$	

Slika 6: Izgled tabele z najpogostejšimi toplotnimi mostovi v SIST EN ISO 14683 [8]

Standard SIST EN ISO 13789 določa koeficient transmissijskih toplotnih izgub, ki ga potrebujemo za izračun transmissijskih toplotnih izgub.

Za določitev koeficienta transmissijskih toplotnih izgub potrebujemo tudi vrednosti linijskih toplotnih prehodnosti. Zaradi tega bomo v naši diplomski nalogi uporabili oba standarda, standard SIST EN ISO 14683 za določitev linijske toplotne prehodnosti ter standard SIST EN ISO 13789 za določitev koeficienta transmissijskih toplotnih izgub, ki je potreben za izračun transmissijskih izgub.

3 PREDSTAVITEV OBRAVNAVANEGA OBJEKTA

Analizo vpliva toplotnih mostov na porabo energije za ogrevanje v stavbi bom izvedel na primeru Poslovno trgovskega objekta Plan invest (PTO Plan invest). Objekt, ki je lociran v industrijski coni v Kopru (GKX = 44591, GKY = 401117, slika 7) obsega pritličje in prvo nadstropje. Pritličje obsega pretežno prodajne in skladiščne površine ter gostinski lokal, v nadstropju pa poslovne prostore na polovici objekta ter fitness na drugi polovici objekta. Objekt se v nadstropju konzolno poveča za širino pločnika, ki obdaja objekt, tako da je celoten obod objekta nadkrit (Slika 8). Vertikalne komunikacije se nahajajo v dveh jedrih z dvoramnim stopniščem. Obe jedri se končata z izhodom na ravno streho, kjer so nameščene naprave za ogrevanje, hlajenje in prezračevanje. Streha je nepohodna, le manjši del pa je izveden kot pohodni ter služi za vzdrževalni dostop do predhodno omenjenih naprav. Bruto tlorisna površina pritličja znaša $857,63 \text{ m}^2$, bruto tlorisna površina nadstropja in strehe pa $1177,38 \text{ m}^2$. Medetažna konstrukcija nadstropja leži na koti $+3,91 \text{ m}$, streha pa na koti $+8,16 \text{ m}$. Objekt je temeljen na armirano betonski branasti plošči. Vertikalna in horizontalna nosilna konstrukcija je zasnovana kot endoskelet z jeklenimi HEB profili na rastru $7,5 \text{ m}$. Na jekleno konstrukcijo so položene prefabricirane PVP plošče v pritličju in rebričaste plošče v nadstropju in strehi. Obodne stene obeh stopnišč so iz armiranega betona, predelne stene v pritličju iz modularne opeke debeline 19 cm z vertikalnimi in horizontalnimi armiranobetonskimi vezmi. Predelne stene v nadstropju so suhomontažne, v mavčnokartonski izvedbi.

Fasada objekta je v pritličju deloma zidana, deloma zastekljena. Zidana fasada je izvedena kot klasična tankoslojna kontaktna fasada z 8 cm toplotne izolacije v obliki plošč iz kamene volne. Fasada v nadstropju je izvedena v obliki montažnih Trimo fasadnih plošč iz mikro profilirane jeklene pločevine debeline 10 cm . Strešna kritina je ravna, topla streha z zaključno hidroizolacijsko PVC membrano in 20 cm toplotne izolacije v obliki ekstrudiranega polistirena (XPS). V preglednici 1 so prikazane izvedbe tal na terenu, medetažne plošče, zunanjih sten, predelnih sten ter strehe. V preglednici 1 je ob vsakem konstrukcijskem sklopu navedena tudi njegova toplotna prehodnost (U). Izračun je bil izveden s pomočjo programske opreme TEDI. Rezultati izračunov so v prilogi A.

Vsi notranji tlaki so izvedeni v obliki plavajočega estriha debeline 5 cm . Finalne obdelave so gres, tekstilni tlak ter keramika. V večini prostorov je spuščen strop ali strop iz gladkih mavčnokartonskih plošč.

V nadstropju so izvedena okna iz ALU okenskih okvirjev ter steklom s toplotno prehodnostjo $U_g = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$. Skupna toplotna prehodnost oken znaša $U_w = 1,52 \text{ W/m}^2\text{K}$. Faktor prepustnosti celotnega sončnega sevanja znaša $g = 0,73$. V pritličju je izvedena steklena fasada, enakih karakteristik kot okna. [17]



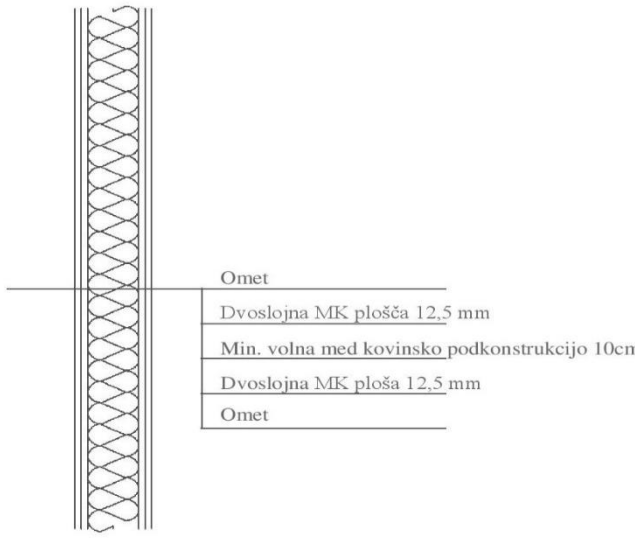
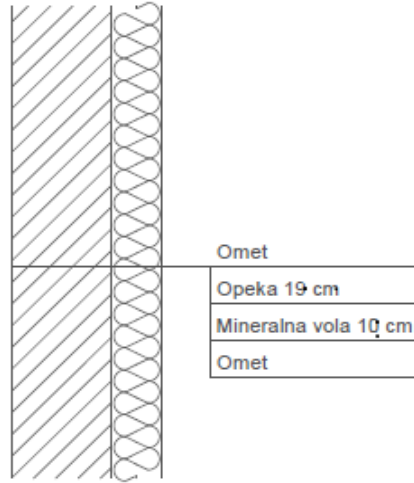
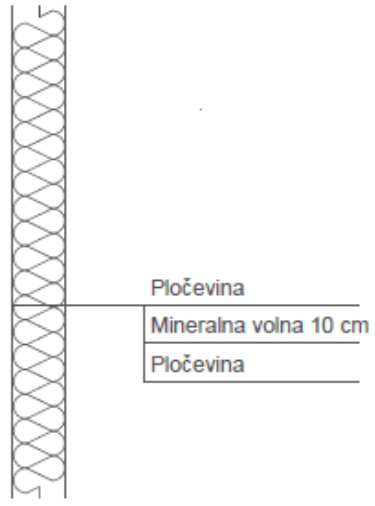
Slika 7: Lokacija objekta [18]



Slika 8: Poslovno trgovski objekt Plan invest

Preglednica 1: Sestava konstrukcijskih sklopov

<p>Finalni tlak d=2 cm</p> <p>Mikroarmirani estrih d=5 cm</p> <p>XPS d=8 cm</p> <p>PE folija</p> <p>PVP plošča d=25 cm</p> <p>Zračni medprostor d=40 cm</p> <p>AB temeljna plošča d=30 cm</p> <p>Bitumenska HI</p> <p>Podložni beton d=10 cm</p> <p>Ojačitvena folija</p> <p>Nasutje d=40 cm</p> <p>Drenažna folija</p>	<p>Tla na terenu</p> <p>$U = 0,388 \text{ W/m}^2\text{K}$</p>
<p>Finalni tlak</p> <p>Mikroarmirani estrih d=5 cm</p> <p>EPS d=5 cm</p> <p>PE folija</p> <p>Rebričaste plošče d=22 cm</p> <p>HEB jekleni profil d=40 cm</p> <p>Spuščen strop</p>	<p>Medetažna Konstrukcija</p> <p>$U = 0,616 \text{ W/m}^2\text{K}$</p>
<p>Hidroizolacijska folija</p> <p>Poliesterski filc</p> <p>XPS d=20 cm</p> <p>Parna zapora</p> <p>Naklonski beton 1,5% d=5-10 cm</p> <p>Rebričaste plošče d=22 cm</p> <p>HEB jekleni profil d=40 cm</p> <p>Spuščen strop</p>	<p>Ravna streha</p> <p>$U = 0,184 \text{ W/m}^2\text{K}$</p>

 <p>Omet Dvoslojna MK plošča 12,5 mm Min. volna med kovinsko podkonstrukcijo 10cm Dvoslojna MK plošča 12,5 mm Omet</p>	<p>Predelna stena</p> <p>$U = 0,340 \text{ W/m}^2\text{K}$</p>
 <p>Omet Opeka 19 cm Mineralna vola 10 cm Omet</p>	<p>Zidana stena</p> <p>$U = 0,367 \text{ W/m}^2\text{K}$</p>
 <p>Pločevina Mineralna volna 10 cm Pločevina</p>	<p>Trimo fasadni panel</p> <p>$U = 0,383 \text{ W/m}^2\text{K}$</p>

3.1 Evidentiranje toplotnih mostov

Evidentiranja toplotnih mostov se lotimo sistematično. Preverimo vsa križanja in preboje ter ugotovimo, ali pride do prekinitve toplotne izolacije. Preverimo tudi vse vogale ter morebitno zmanjšanje debeline toplotne izolacije na kakšnem delu toplotnega ovoja. Nato v standardu SIST EN ISO 14683 poiščemo primere toplotnih mostov, ki v tem večji meri odgovarjajo dejanskemu stanju na stavbi ter odčitamo vrednost linijske toplotne prehodnosti. V nadaljevanju so na slikah 9, 10 in 11 prikazane pozicije evidentiranih toplotnih mostov, v nadaljnjih poglavjih pa v preglednicah izbrani ekvivalentni primeri toplotnih mostov iz standarda. Ob vsakem je zapisana njegova linijska toplotna prehodnost ter skupna dolžina pojavljanja na stavbi.

OZNAKE TOPLOTNIH MOSTOV:

O-P...okno – pritličje

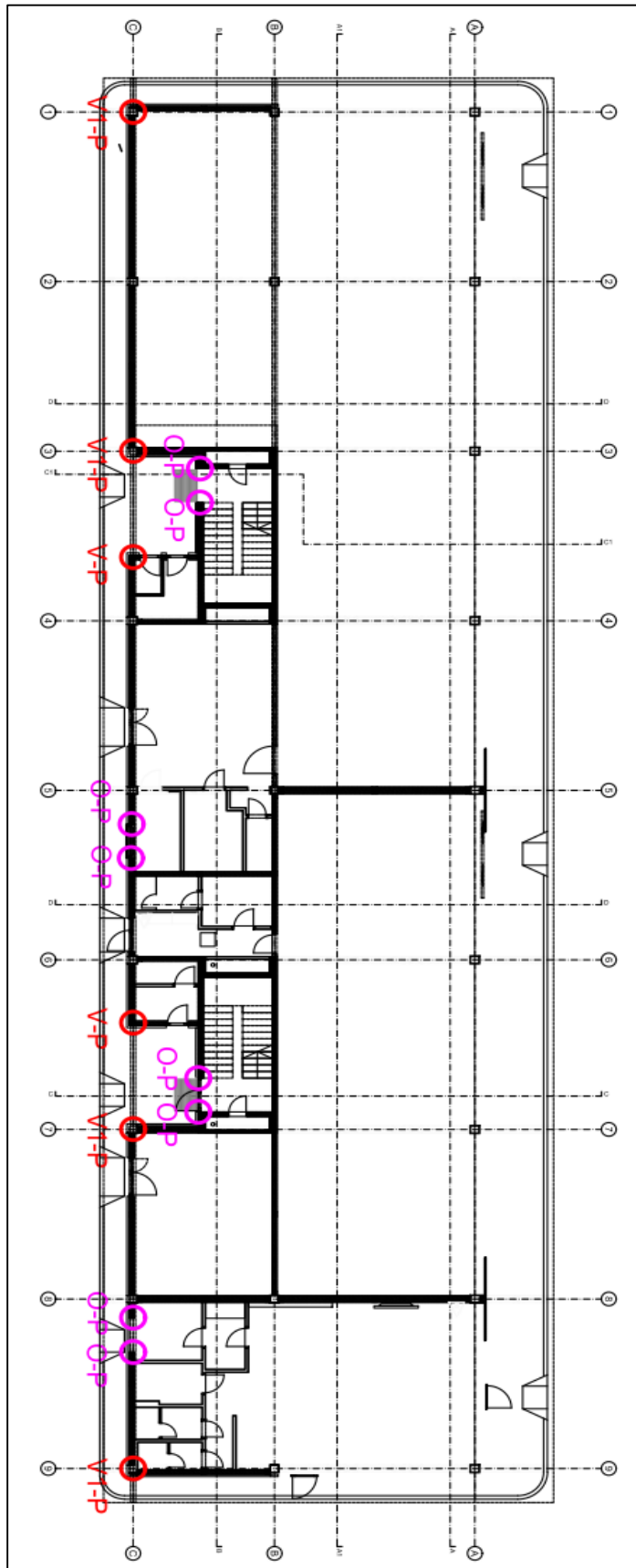
V-P...vogal – pritličje

V1-P...vogal 1 – pritličje

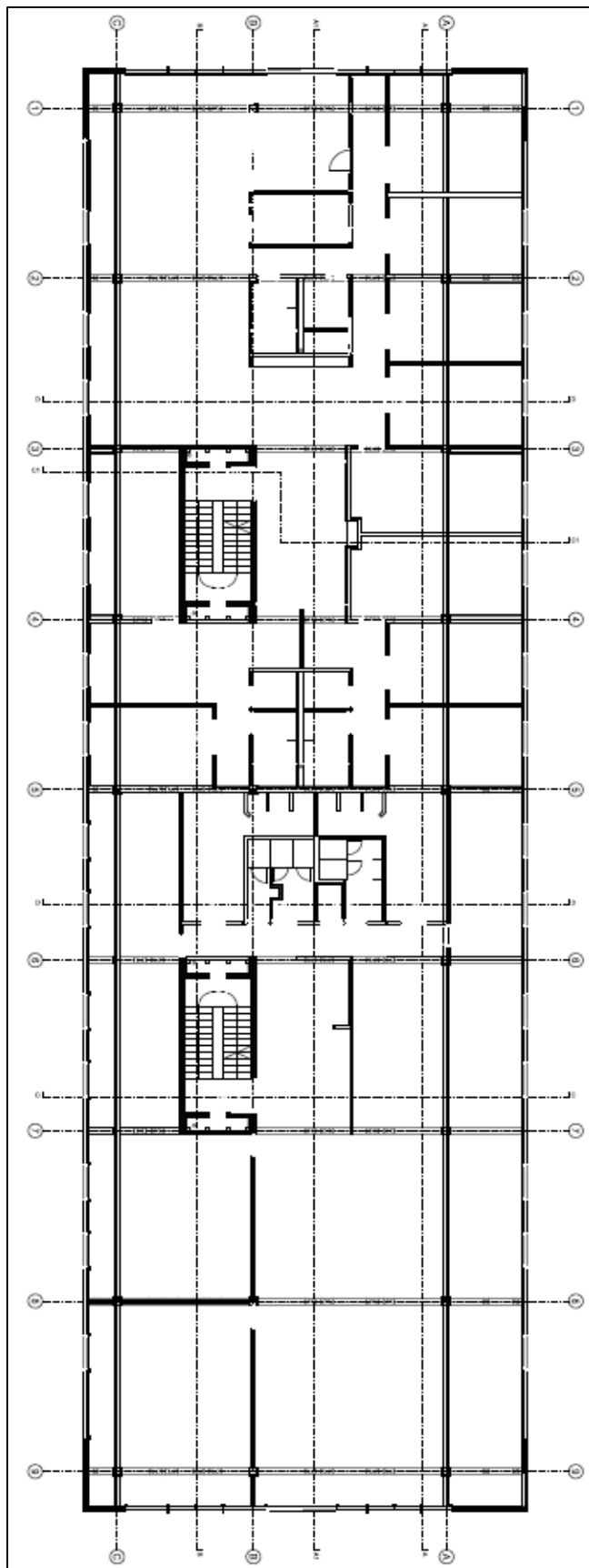
T1...temelj 1

T2...temelj 2

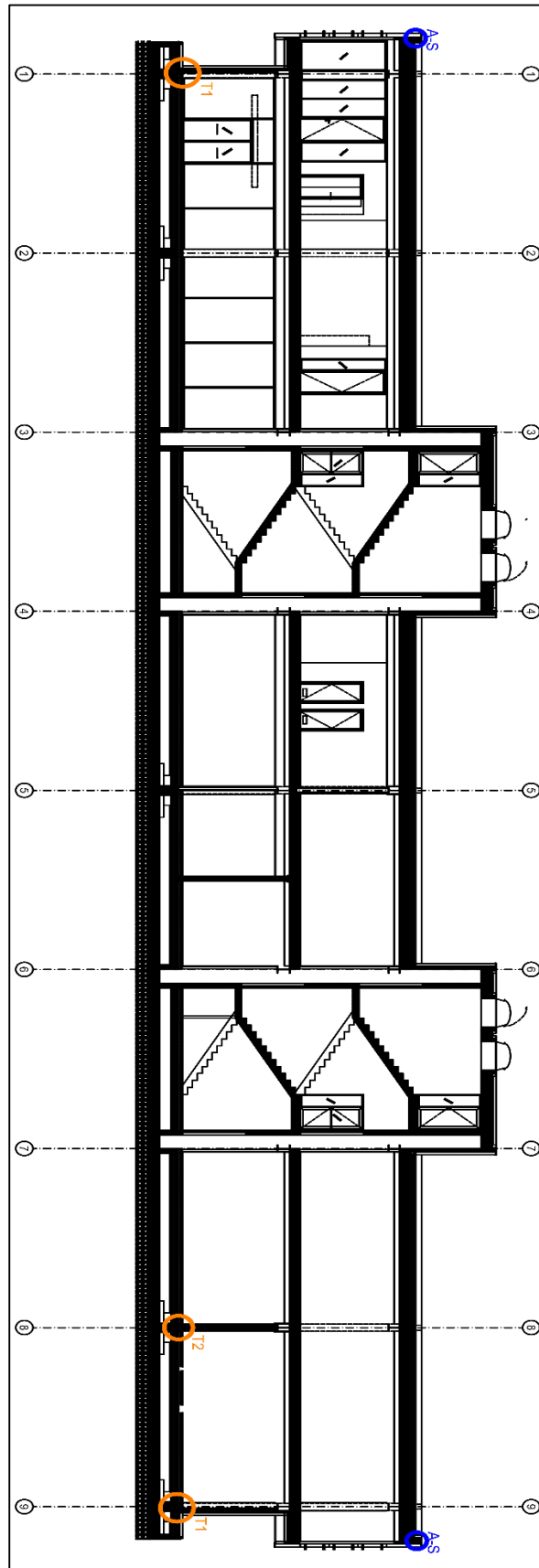
A-S...atika streha



Slika 9: Tloris pritličja z evidentiranimi toplotnimi mostovi

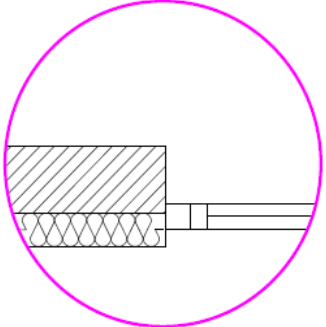
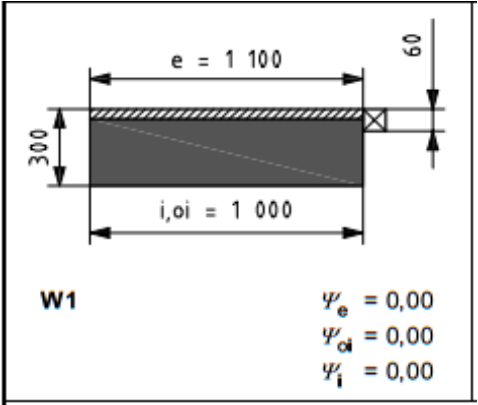


Slika 10: Tloris nadstropja - ni večjih toplotnih mostov

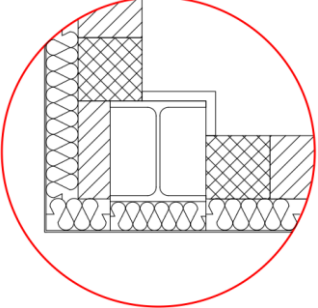
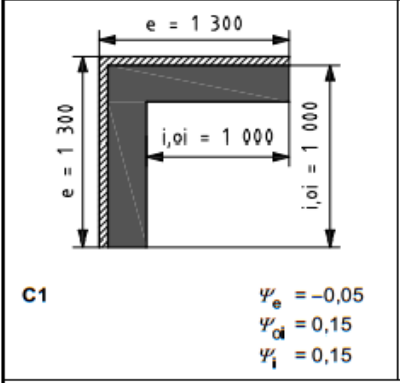
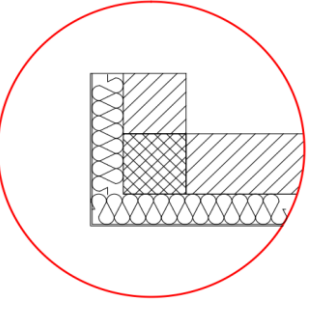
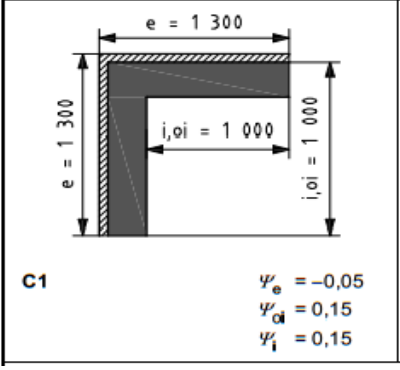


Slika 11: Prerez B-B z evidentiranimi toplotnimi mostovi

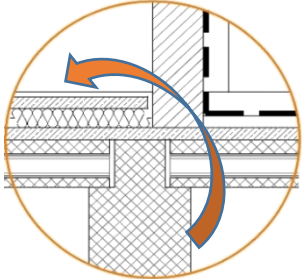
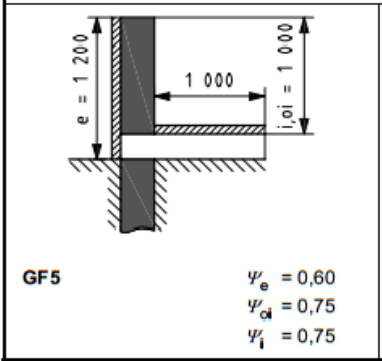
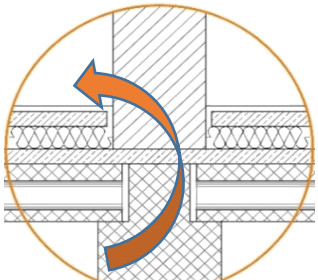
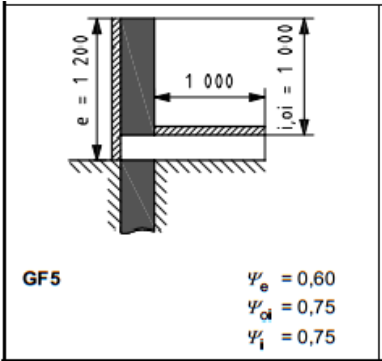
3.1.1 Stik okno – zunanja stena

 <p>O-P</p>	<p>Toplotni most na stiku okno – zunanja stena</p>
 <p>W1</p> <p>$\psi_e = 0,00$ $\psi_{oi} = 0,00$ $\psi_i = 0,00$</p>	<p>Primerljiv toplotni most iz standarda SIST EN ISO 14683.</p> <p>Linijaska toplotna prehodnost: $\Psi_e = 0,00$</p> <p>Dolžina: $l = 65,40 \text{ m}$</p>

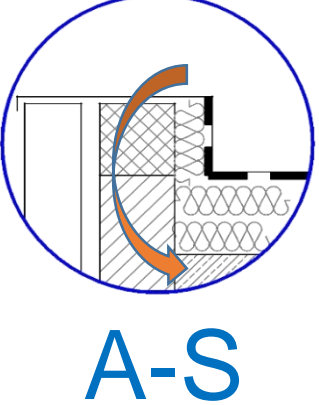
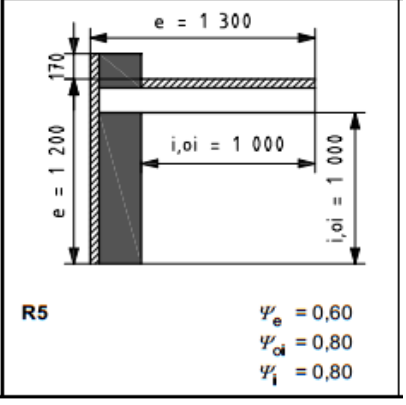
3.1.2 Vogal objekta

 <p style="text-align: center; color: red; font-size: 2em;">V-P</p>	<p>Geometrijski toplotni most v vogalu.</p>
	<p>Primerljiv toplotni most iz standarda SIST EN ISO 14683.</p> <p>Linijska toplotna prehodnost: $\psi_e = -0,05 \text{ W/m K}$</p> <p>Dolžina: $l = 7,50 \text{ m}$</p>
 <p style="text-align: center; color: red; font-size: 2em;">V1-P</p>	<p>Geometrijski toplotni most v vogalu.</p>
	<p>Primerljiv toplotni most iz standarda SIST EN ISO 14683. Predpostavimo enak primer kot pri toplotnem mostu V – P.</p> <p>Linijska toplotna prehodnost: $\psi_e = -0,05 \text{ W/mK}$</p> <p>Dolžina: $l = 15,00 \text{ m}$</p>

3.1.3 Temelj

 <p style="text-align: center; color: yellow; font-size: 2em;">T1</p>	<p>Toplotni most zaradi prekinjene toplotne izolacije med zunanjim pločnikom in steno.</p>
 <p>GF5</p> <p style="text-align: right;"> $\psi_e = 0,60$ $\psi_{oi} = 0,75$ $\psi_i = 0,75$ </p>	<p>Primerljiv toplotni most iz standarda SIST EN ISO 14683.</p> <p>Linijaska toplotna prehodnost: $\psi_e = 0,60 \text{ W/mK}$</p> <p>Dolžina: $l = 63,50 \text{ m}$</p>
 <p style="text-align: center; color: yellow; font-size: 2em;">T2</p>	<p>Toplotni most zaradi prekinjene toplotne izolacije med temeljem in steno.</p>
 <p>GF5</p> <p style="text-align: right;"> $\psi_e = 0,60$ $\psi_{oi} = 0,75$ $\psi_i = 0,75$ </p>	<p>Primerljiv toplotni most iz standarda SIST EN ISO 14683. Predpostavimo enak primer kot pri toplotnem mostu T1.</p> <p>Linijaska toplotna prehodnost: $\psi_e = 0,60 \text{ W/mK}$</p> <p>Dolžina: $l = 21,40 \text{ m}$</p>

3.1.4 Atika

 <p>A-S</p>	<p>Toplotni most zaradi neizoliranega zgornjega dela atike.</p>
 <p>R5</p> <p>$\psi_e = 0,60$ $\psi_{oi} = 0,80$ $\psi_i = 0,80$</p>	<p>Primerljiv toplotni most iz standarda SIST EN ISO 14683. Predpostavimo, da atika iz notranje strani ni izolirana.</p> <p>Linijaska toplotna prehodnost: $\psi_e = 0,60 \text{ W/mK}$</p> <p>Dolžina: $l = 164,20 \text{ m}$</p>

4 ANALIZA PORABE ENERGIJE ZA OGREVANJE V STAVBI

4.1 Uporabljen programski oprema

Analizo bomo izvedli s pomočjo uporabe računalniškega programa TOST. Program omogoča izračun podatkov, ki jih potrebujemo za izdelavo dokaza o ustreznosti toplotne zaščite stavbe, zahtevane po PURES 2010. Z uporabo mesečne metode lahko izračunamo porabo toplote za ogrevanje stavb. Metoda izračuna je skladna s standardom SIST EN ISO 13790:2008 [19]. Izračun toplotnih prehodnosti konstrukcijskih sklopov smo izvedli s programom TEDI.

4.2 Vhodni podatki

Skladno s 3. in 4. členom PURES 2010, obravnavani objekt spada med nestanovanjske stavbe – Poslovne in upravne stavbe (CC-SI oznaka 1220).

4.2.1 Splošni podatki

Pri izračunu za mejne vrednosti učinkovite rabe energije so upoštewane milejše vrednosti, ki veljajo do konca leta 2014. Vpliv toplotnih mostov bomo upoštevali na dva načina:

- a.) Skladno s SIST EN ISO 13789 / SIST EN ISO 14683
- b.) Na poenostavljen način

V primeru a.) bosta analizirani dve varianti, prva brez upoštevanja ter druga z upoštevanjem toplotnih mostov. Toplotna prevodnost zemljine iz projekta ni razvidna, zato uporabimo vrednost $\lambda_g = 2 \text{ W/mK}$. Za ogrevanje, hlajenje in ogrevanje tople vode točni podatki o vrsti vgrajenih naprav niso znani, zato za učinkovitost generacije, distribucije in emisije uporabimo predpostavljene vrednosti:

Za ogrevanje ter zagotavljanje tople vode se uporablja toplotna črpalka. Kot energent služi električna energija. Učinkovitost generacije je 200 %. Celoten razvod je sestavljen iz izoliranih cevi znotraj ogrevanih prostorov. Učinkovitost distribucije je 95 %. Vgrajeni so ventilatorski konvektorji razreda A. Učinkovitost emisije je 92 %.

Za hlajenje se uporablja toplotna črpalka razreda A. Učinkovitost generacije je 350 %. Celoten razvod je sestavljen iz izoliranih cevi znotraj ohlajevanih prostorov. Učinkovitost distribucije je 95 %. Vgrajeni so ventilatorski konvektorji razreda A. Učinkovitost emisije je 92 %.

Preglednica 2: Podatki o ogrevanju, hlajenju in ogrevanju sanitarne vode

	Ogrevanje	Hlajenje	Topla voda
Energent	Električna energija	Električna energija	Električna energija
Učinkovitost sistemov			
Generacija	2,00	3,50	2,00
Distribucija	0,95	0,95	0,95
Emisija	0,92	0,92	0,92

4.2.2 Klimatski podatki

Na osnovi X in Y koordinat (GKX = 44591, GKY = 401117) program poda ustrezne klimatske podatke. Podatki so prikazani v preglednici 3.

Preglednica 3: Klimatski podatki

Temperaturni primanjkljaj DD (dan K)	2100						
Projektna temperatura (°C)	-4						
Povprečna letna temperatura (°C)	13,6						
Letna sončna energija (kWh/m²)	1283						
Trajanje ogrevalne sezone (dnevi)	200						
Začetek ogrevalne sezone (dan)	290						
Konec ogrevalne sezone	125						
Mesec	Povprečna temperatura (°C)	Globalno sončno sevanje po orientacijah (MJ/m ² , 90°)					Ogrevanje (dnevi)
		Horizont.	S	V	J	Z	
JAN	5,0	133	37	67	206	103	31
FEB	6,0	208	49	95	259	156	28
MAR	9,0	353	81	162	299	228	31
APR	12,0	465	118	210	267	249	30
MAJ	17,0	609	149	270	264	296	5
JUN	20,0	639	171	268	243	316	0
JUL	23,0	681	159	280	266	338	0
AVG	23,0	597	133	261	301	318	0
SEPT	19,0	414	98	187	294	229	0
OKT	14,0	267	74	128	255	153	14
NOV	9,0	140	46	77	162	81	30
DEV	6,0	107	34	59	155	71	31
Ogrev. sezona	8,5	1628	425	774	1508	1006	200

4.2.3 Računska podobdobja

Objekt se ogreva le v času prisotnosti zaposlenih. Ker gre za poslovno trgovski objekt je težko določiti natančno trajanje časovnih podobdobj. Pisarniški prostori se na primer v povprečju ogrevajo po 10 ur na dan, trgovski prostori pa po 12 ur na dan. Spet drugače je v prostorih fitness centra, ki se ogreva tudi po 18 ur na dan. Tudi obdobja nezasedenosti se spreminjajo iz prostora v prostor. Ker točnih podatkov o časovnih podobdobjih ni, se le ta v analizi ne bodo upoštevala. Predpostavimo torej, da se objekt ogreva 24 ur na dan. S to predpostavko bodo

izračunane vrednosti porabljene energije hkrati tudi na varni strani, saj bodo višje kot v primeru dejanske uporabe stavbe.

4.2.4 Nočna izolacija, senčenje

Na transparentnih konstrukcijskih sklopih objekta ni nočne izolacije ter zunanjih senčil, zato se vpliv le teh v analizi ne upošteva.

4.2.5 Podatki o conah

Po standardu SIST EN ISO 13790, razdelitev stavbe na toplotne cone ni potrebna, če so izpolnjeni naslednji pogoji [19]:

- a.) Nastavljene temperature za ogrevanje prostorov se ne razlikujejo za več kot 4 K.
- b.) Noben prostor ni mehansko hlajen ali pa so vsi mehansko hlajeni in se nastavljene temperature za hlajenje prostorov ne razlikujejo za več kot 4 K.
- c.) Prostore oskrbuje isti sistem ogrevanja (če obstaja) in isti sistem hlajenja (če obstaja) v skladu z ustreznimi standardi o ogrevalnih in hladilnih sistemih
- d.) Če obstaja(-jo) sistemi(-i) prezračevanja v skladu z ustreznim standardom o sistemih prezračevanja, ki je naveden v dodatku A, najmanj 80 % tlorisne površine oskrbuje isti sistem prezračevanja.
- e.) Količina prezračevanja v prostorih, izražena v kubičnih metrih na kvadratni meter tlorisne površine na sekundo, se ne razlikuje za več kot faktor 4 v mejah 80 % tlorisne površine ali kadar so vrata med prostori lahko pogosto odprta.

Vse našteje pogoje objekt izpolnjuje, zato delitev na toplotne cone ni potrebna. Celoten objekt se obravnava kot eno cono. Neto kondicionirana prostornina cone (V_e) je izračuna po poenostavljenem obrazcu skladno s tehnično smernico TSG4 in znaša 80 % bruto prostornine cone, to je 6.793,40 m³. Glede na toplotno kapaciteto spada konstrukcija med lahke, saj gre v večini za montažno stavbo, brez bistvenih masivnih elementov v notranjosti ter lahkimi predelnimi stenami. Toplotna kapaciteta cone (C) znaša 184,96 MJ/K. Projektna notranja temperatura znaša pozimi 20°C, poleti pa 26 °C. Povprečna moč dobitkov notranjih virov je določena skladno s standardom SIST EN ISO 13790 in znaša povprečno 7,4 W/m² uporabne površine oziroma 12.439,00 W na celotno uporabno površino stavbe.

Preglednica 4: Osnovni podatki o coni

Neto prostornina cone (m³)	6.793,40	
Vrsta konstrukcije glede na toplotno kapaciteto	Lahka	
Efektivna toplotna kapaciteta (MJ/K)	184,96	
Projektna notranja temperatura (°C)	Pozimi	Poleti
Dan	20	26
Noč	20	26
Povprečna moč dobitkov notranjih virov (W)		
Dan	12.439,00	
Noč	12.439,00	

4.2.5.1 Prezračevanje

Predvidi se naravno prezračevanje. Urna izmenjava zraka z zunanjim okoljem (n) znaša $0,7 \text{ h}^{-1}$ podnevi ter $0,5 \text{ h}^{-1}$ ponoči. Minimalna izmenjava zraka (n_{min}) znaša $0,5 \text{ h}^{-1}$ tako podnevi kot ponoči [20].

Preglednica 5: Podatki o prezračevanju

	Dan	Noč
Vrsta prezračevanja	Naravno	Naravno
Urna izmenjava zraka z zunanjim okoljem (h^{-1})	0,70	0,50
Minimalna izmenjava zraka (h^{-1})	0,50	0,50

4.2.5.2 Stene, streha

Zunanja stena objekta je v pritličju zidana, v nadstropju pa je sestavljena iz ognjevarnih Trimo panelov. Ker je toplotna prehodnost obeh tipov sten praktično enaka predpostavimo, da celoten objekt obdaja stena s toplotno prehodnostjo $U = 0,367 \text{ W/m}^2\text{K}$. Površina sten znaša 819 m^2 . Ker element ni ogrevan, se notranji in zunanji toplotni upor med ogrevalno ravnino in notranjostjo oziroma zunanjostjo, ne definira.

Ravna streha ima površino $1177,40 \text{ m}^2$, toplotna prehodnost pa znaša $0,184 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Preglednica 6: Podatki o zunanjih stenah in ravni strehi

	Zunanja stena	Ravna streha
Površina elementa (m²)	819,00	1177,40
Toplotna prehodnost (W/m²K)	0,367	0,184

4.2.5.3 Transparentni konstrukcijski sklopi

Skupna površina transparentnih konstrukcijskih sklopov znaša 262,50 m² na severni, 108,60 m² na južni, 37,50 m² na vzhodni ter 37,50 m² na zahodni strani. Toplotna prehodnost (U_w) vseh elementov znaša 1,52 W/m²K, g faktor je 0,73, faktor okvirja ($F_{F,w}$) pa 0,15.

Preglednica 7: Podatki o netransparentnih konstrukcijskih sklopih

	Sever	Jug	Vzhod	Zahod
Površina A_w (m²)	262,50	108,60	37,50	37,50
Toplotna prehodnost U_w (W/m²K)	1,52	1,52	1,52	1,52
Faktor prehoda celotnega sončnega sevanja g_w (-)	0,73	0,73	0,73	0,73
Faktor okvirja U_w (-)	0,15	0,15	0,15	0,15

4.2.5.4 Tla na terenu

Površina tal na terenu znaša 857,63 m², izpostavljeni obseg tal pa 147,80 m. Skupni toplotni upor ($R_{f,t}$) znaša 2,577 m²K/W. Tla nimajo izolacije robov.

Preglednica 8: Podatki o tleh na terenu

Površina tal A_f (m²)	857,63
Izpostavljeni obseg tal P (m)	147,80
Skupni toplotni upor tal $R_{f,t}$ (m²K/W)	2,577

4.2.5.5 Predelni KS med conami

Objekt se obravnava kot enotno cono, zato se predelnih konstrukcijskih sklopov med conami ne upošteva.

4.2.5.6 Topla voda in razsvetljava

Ker gre za večnamenski objekt s pisarniškim delom, fitnes centrom, trgovinami ter gostinskim lokalom predpostavimo, da so v večini pisarne, površino pisarn pa nekoliko povečamo, to je na 1300 m². Topla voda se zagotavlja skozi vse leto. Gostota moči svetilk predpostavimo, da znaša 10 W/m², kar je manj od predpisane maksimalne gostote moči (11 W/m²). Objekt je opremljen z zasilno razsvetljavo, avtomatsko vodenje razsvetljave ter nadzorni sistem stalne osvetljenosti pa nista prisotna. Zasedenost ter vpliv dnevne svetlobe se upošteva ročno.

Preglednica 9: Podatki o topli vodi in razsvetljavi

Število dni zagotavljanja tople vode	365
Referenčna površina (m²)	1300
Gostota moči svetilk PN (W/m²)	10
Maksimalna gostota moči svetilk PN ((W/m²))	11

5 REZULTATI

5.1 Brez upoštevanja toplotnih mostov

Preglednica 10: Podatki o kondicionirani prostornini stavbe, površini toplotnega ovoja ter oblikovnem faktorju

Neto uporabna površina A_u (m²)	1.681,43
Kondicionirana prostornina stavbe V_e (m³)	6.793,40
Površina toplotnega ovoja stavbe A (m²)	3.300,13
Oblikovni faktor f_o (m⁻¹)	0,49

Preglednica 11: Toplotna bilanca brez upoštevanja toplotnih mostov

	Izračunano	Dovoljeno
Koeficient specifičnih transmisijских toplotnih izgub H_T' (W/m²K)	0,47	0,44
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} (kWh)	62.053,00	52.058,00
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine	Q_{NH}/A_u (kWh/m ² a)	-
	Q_{NH}/V_e (kWh/m ³)	7,66

Preglednica 12: Dobitki in izgube brez upoštevanja toplotnih mostov

(kWh/m ²)	Ogrevanje
Transmisijske izgube	41,88
Ventilacijske izgube	39,98
Skupne izgube	81,86
Notranji dobitki	45,64
Solarni dobitki	53,64
Skupni dobitki	99,28

Iz rezultatov je razvidno, da kljub neupoštevanju toplotnih mostov stavba ne izpolnjuje zahtev o maksimalni porabi energije za ogrevanje po PURES 2010 in TSG4. Koeficient specifičnih transmisijских toplotnih izgub (H_T') znaša 0,47 W/m²K, kar je 0,03 W/m²K več od dovoljene

vrednosti (0,44 W/m²K). Letna potrebna energija za ogrevanje (Q_{NH}) znaša 62.053,00 kWh oziroma 9,13 kWh/m³ gledano na enoto kondicionirane prostornine, kar je za 1,47 kWh/m³ več od maksimalne dovoljene vrednosti. Transmisijske izgube znašajo 41,88 kWh/m², ventilacijske pa 39,98 kWh/m². Skupnih izgub je 81,86 kWh/m². Notranji dobitki zaradi prisotnosti ljudi in električnih naprav znašajo 45,64 kWh/m², solarni dobitki pa 53,64 kWh/m². Skupni dobitki znašajo 99,28 kWh/m², vendar vsi dobitki niso izkoristljivi.

5.2 Upoštevanje toplotnih mostov skladno s SIST EN ISO 13789 ter SIST EN ISO 14683

Preglednica 13: Toplotna bilanca po upoštevanju toplotnih mostov skladno s SIST EN ISO 13789 in SIST EN ISO 14683

		Izračunano	Dovoljeno
Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub H_T' (W/m ² K)		0,51	0,44
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} (kWh)		69.076,00	52.058,00
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine	Q_{NH}/A_u (kWh/m ² a)	41,08	-
	Q_{NH}/V_e (kWh/m ³)	10,17	7,66

Preglednica 14: Izgube in dobitki po upoštevanju toplotnih mostov skladno s SIST EN ISO 13789 in SIST EN ISO 14683

(kWh/m ²)	Ogrevanje
Transmisijske izgube	47,04
Ventilacijske izgube	40,44
Skupne izgube	87,48
Notranji dobitki	46,49
Solarni dobitki	54,75
Skupni dobitki	101,24

Kot smo lahko pričakovali, se z upoštevanjem toplotnih mostov rezultati precej poslabšajo. Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub znaša 0,51 W/m²K, kar je za 0,07 W/m²K več od maksimalne dovoljene vrednosti. Letna potrebna toplota za ogrevanje znaša 69.076,00 kWh oziroma 10,17 kWh/m³ gledano na enoto kondicionirane prostornine, kar je za 2,51 kWh/m³ več od dovoljene vrednosti. Transmisijske izgube znašajo 47,04 kWh/m², ventilacijske

pa 40,44 kWh/m². Skupnih izgub je 87,48 kWh/m². Notranji dobitki znašajo 46,49 kWh/m², solarni pa 54,75 kWh/m². Skupni dobitki znašajo 101,24 kWh/m².

5.3 Upoštevanje toplotnih mostov na poenostavljen način

Preglednica 15: Toplotna bilanca po upoštevanju toplotnih mostov na poenostavljen način

		Izračunano	Dovoljeno
Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub H_T' (W/m ² K)		0,50	0,44
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} (kWh)		67.599,00	52.058,00
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine	Q_{NH}/A_u (kWh/m ² a)	40,20	-
	Q_{NH}/V_e (kWh/m ³)	9,95	7,66

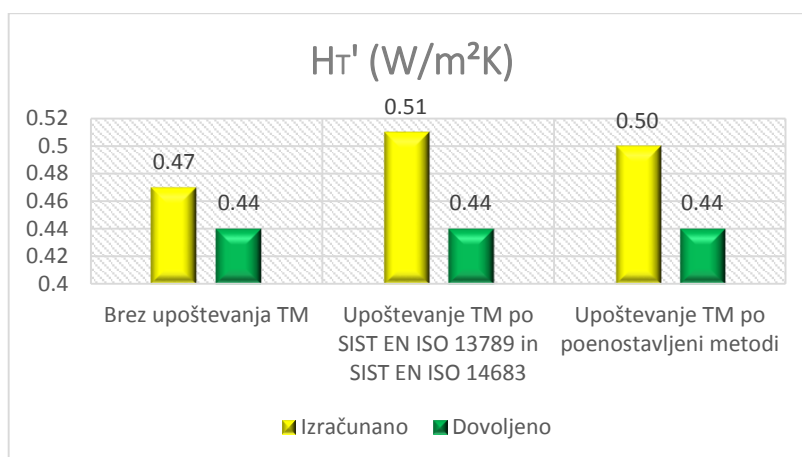
Preglednica 16: Izgube in dobitki po upoštevanju toplotnih mostov na poenostavljen način

(kWh/m ²)	Ogrevanje
Transmisijske izgube	46,13
Ventilacijske izgube	40,36
Skupne izgube	86,49
Notranji dobitki	46,32
Solarni dobitki	54,51
Skupni dobitki	100,83

Z izračunom po poenostavljeni metodi upoštevanja toplotnih smo povečali toplotno prehodnost celotnega ovoja stavbe za 0,06 W/m²K. Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub znaša 0,50 W/m²K kar je za 0,06 W/m²K več od maksimalne dovoljene vrednosti. Letna potrebna energija za ogrevanje znaša 67.599,00 kWh oziroma 9,95 kWh/m³ gledano na enoto kondicionirane površine. Transmisijske izgube znašajo 46,13 kWh/m², ventilacijske pa 40,36 kWh/m². Skupnih izgub je 86,49 kWh/m². Notranji dobitki znašajo 46,32 kWh/m², solarni pa 54,51 kWh/m². Skupni dobitki znašajo 100,83 kWh/m².

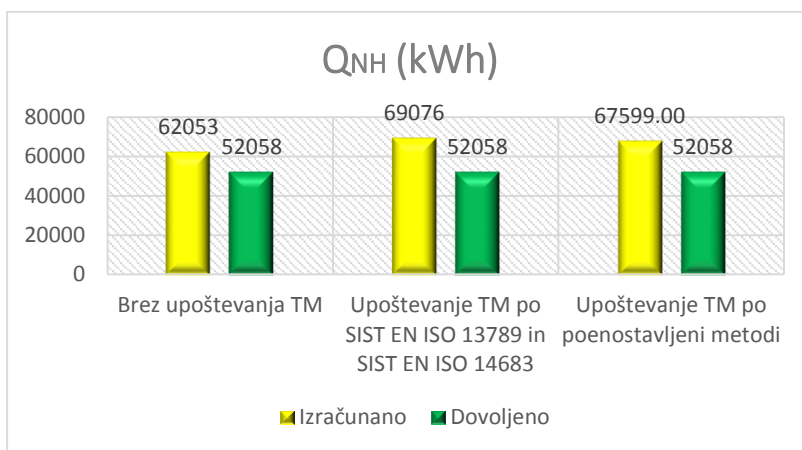
5.4 Primerjava rezultatov

Iz rezultatov je jasno viden vpliv toplotnih mostov na potrebno letno energijo za ogrevanje. Kot že omenjeno, tudi ob neupoštevanju toplotnih mostov, stavba ne izpolnjuje zahtev po PURES 2010 in TSG4.

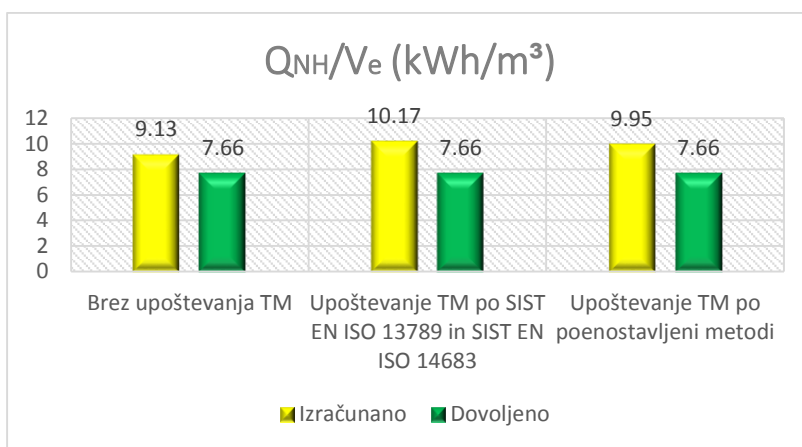


Slika 15: Vpliv toplotnih mostov na koeficient transmisijских toplotnih izgub

Na sliki 15 so prikazane vrednosti koeficientov transmisijских toplotnih izgub za vse tri primere. V prvem primeru toplotnih mostov nismo upoštevali. Koeficient transmisijских toplotnih izgub je za 6,8 % večji od dovoljene vrednosti. V drugem primeru smo toplotne mostove upoštevali skladno s standardoma SIST EN ISO 13789 ter SIST EN ISO 14683. Koeficient transmisijских toplotnih izgub se je povečal in je za 15,9 % večji od dovoljene vrednosti ter za 8,5 % od primera brez upoštevanja toplotnih mostov (slika 19). V tretjem primeru smo toplotne mostove upoštevali po poenostavljeni metodi. Koeficient transmisijских toplotni izgub se je povečal nekoliko manj in je za 13,6 % večji od maksimalne dovoljene vrednosti ter za 1,9 % manjši od primera z upoštevanjem toplotnih mostov skladno s standardoma SIST EN ISO 13789 ter SIST EN ISO 14683. Glede na primer brez upoštevanja toplotnih mostov se je povečal za 6,4 % (slika 19).

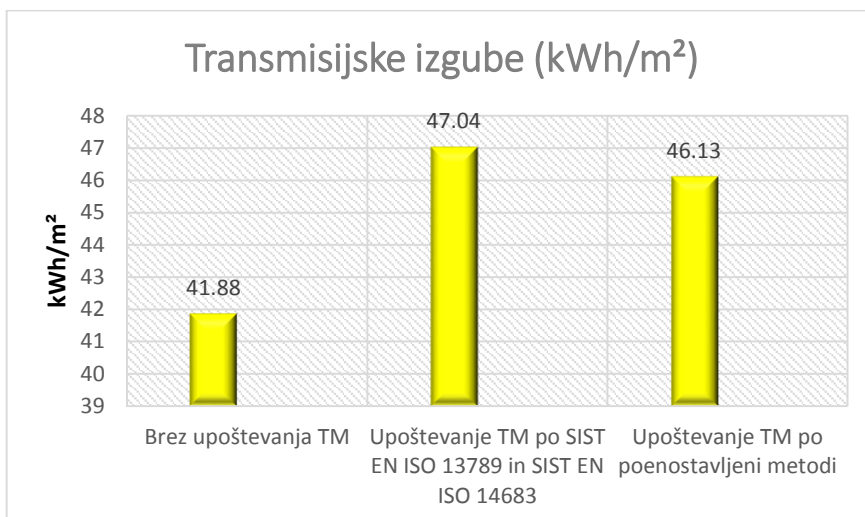


Slika 16: Vpliv toplotnih mostov na letno potrebno energijo za ogrevanje



Slika 17: Vpliv toplotnih mostov na letno potrebno energijo za ogrevanje na enoto kondicionirane prostornine

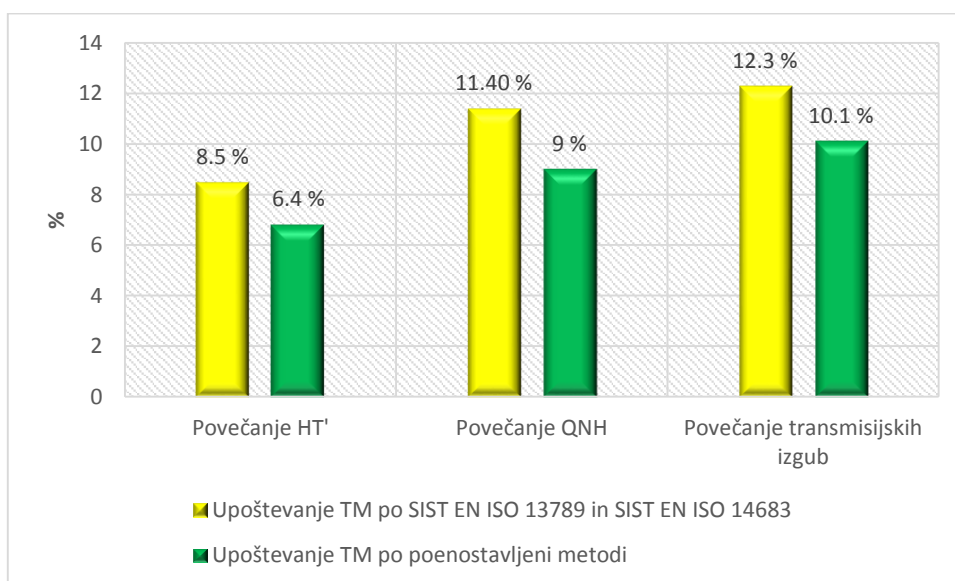
Toplotni mostovi imajo še nekoliko večji vpliv na količino letne potrebne toplote za ogrevanje (Q_{NH}). Pri neupoštevanju toplotnih mostov je ta za 19,2 % večja od maksimalne dovoljene. Pri upoštevanju toplotnih mostov skladno s standardoma SIST EN ISO 13789 ter SIST EN ISO 14683 je večja za 32,8 % od maksimalne dovoljene vrednosti ter za 11,4 % od primera brez upoštevanja toplotnih mostov (slika 19). Pri upoštevanju toplotnih mostov po poenostavljeni metodi je potrebna letna energija za ogrevanje za 29,9 % večja od maksimalne dovoljene vrednosti ter za 2,16 % manjša od primera z upoštevanjem toplotnih mostov skladno s standardoma SIST EN ISO 13789 ter SIST EN ISO 14683. Glede na primer brez upoštevanja toplotnih mostov se je povečala za 9,0 % (slika 19).



Slika 18: Vpliv toplotnih mostov na transmisijske izgube

Ker toplotni mostovi na ventilacijske izgube ter skupne dobitke nimajo skoraj nikakršnega vpliva (glej preglednice 12,14,16), se osredotočimo le na transmisijske izgube.

V primeru neupoštevanja toplotnih mostov znašajo te 41,88 kWh/m². V primeru upoštevanja toplotnih mostov skladno s standardoma SIST EN ISO 13789 ter SIST EN ISO 14683 znašajo 47,04 kWh/m² ter so za 12,3 % večje od primera brez upoštevanja toplotnih mostov (slika 19). V primeru upoštevanja toplotnih mostov na poenostavljen način znašajo transmisijske izgube 46,13 kWh/m² in so za 1,9 % manjše od primera z upoštevanjem toplotnih mostov po SIST EN ISO 13789 ter SIST EN ISO 14683 ter za 10,1 % večje od primera brez upoštevanja toplotnih mostov (slika 19).



Slika 19: Vpliv toplotnih mostov na porabo energije za ogrevanje v stavbi

Poglejmo še, kako evidentirani toplotni mostovi vplivajo stroškovno. V preglednici 17 so podani podatki o ceni električne energije dobavitelja Petrol d.d.. Cene veljajo od 1.9.2012 dalje. Kot primer vzemimo letno potrebno energijo za ogrevanje, izračunano z upoštevanjem toplotnih mostov skladno s standardoma SIST EN ISO 13789 ter SIST EN ISO 14683 saj bodo tako rezultati veliko bolje odražali dejansko stanje.

Preglednica 17: Cena električne energije dobavitelja Petrol d.d. [21]

Stopnja odjema	Večja tarifa (€/kWh)	Manjša tarifa (€/kWh)	Enotna tarifa (€/kWh)
Gospodinjski odjem brez DDV	0,06572	0,03601	0,05978
Gospodinjski odjem z DDV	0,08018	0,04393	0,07293

Preglednica 18: Letna primarna energija

	Brez upoštevanja TM	Z upoštevanjem TM po SIST EN ISO 13789 in SIST EN ISO 14683
Letna primarna energija (kWh)	87.960,00	97.916,00

Ker je v nočnem času tarifa nižja kot v dnevnem, vzemimo kot primer enotno tarifo.

Z neupoštevanjem toplotnih mostov znaša letna primarna energija za ogrevanje 87.960,00 kWh (preglednica 18). Letni strošek električne energije za ogrevanje tako znaša 6.414,92 € z DDV. Letna primarna energija za ogrevanje z upoštevanimi toplotnimi mostovi znaša 97.916,00 kWh (preglednica 18). Letni strošek električne energije za ogrevanje pa v tem primeru znaša 7.141,01 € z DDV. Zaradi evidentiranih toplotnih mostov se za ogrevanje stavbe tako letno porabi 726,09 € oziroma 11,32 % več.

5.5 Ukrepi za izboljšanje stanja

Ker stavba ne izpolnjuje zahtev po PURES 2010 in TSG4 poskušajmo stavbo energetske sanirati.

Ukrep št. 1: odpravimo toplotni most na atiki z izolacijo iz zgornje in notranje strani. Geometrijskih toplotnih mostov ne moremo odpraviti, konstrukcijske toplotne mostove pri tleh pa je težko odpraviti, saj bi bilo potrebno namestiti toplotno izolacijo (kot npr. penjeno steklo)

na stiku temelj – zunanja stena ob celotnem obodu stavbe, kar bi predstavljalo relativno velik gradbeni poseg.

Preglednica 19: Toplotna bilanca stavbe po izvedenem ukrepu št. 1

		Izračunano	Dovoljeno
Koeficient specifičnih transmisijских toplotnih izgub H_T' (W/m ² K)		0,48	0,44
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} (kWh)		64.406,00	52.058,00
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine	Q_{NH}/A_u (kWh/m ² a)	38,30	-
	Q_{NH}/V_e (kWh/m ³)	9,48	7,66

Preglednica 20: Izgube in dobitki po izvedenem ukrepu št. 1

(kWh/m ²)	Ogrevanje
Transmisijske izgube	43,36
Ventilacijske izgube	40,16
Skupne izgube	83,79
Notranji dobitki	45,97
Solarni dobitki	54,06
Skupni dobitki	100,02

Kot je razvidno iz preglednice 19, po izvedenem ukrepu št. 1 stavba še vedno ne izpolnjuje predpisanih zahtev po PURES 2010 in TSG4. Koeficient specifičnih transmisijских izgub znaša 0,48 W/m²K in je za 9 % večji od dovoljene maksimalne vrednosti. Letna potrebna toplota za ogrevanje znaša 64.406,00 kWh oziroma 9,48 kWh/m³ gledano na enoto kondicionirane prostornine in je za 23,8 % večja od dovoljene vrednosti. Transmisijske izgube znašajo 43,36 kWh/m², ventilacijske pa 40,16 kWh/m². Skupnih izgub je 83,79 kWh/m². Notranji dobitki znašajo 45,97 kWh/m², solarni pa 54,06 kWh/m². Skupni dobitki znašajo 100,02 kWh/m².

V primerjavi s prvotnim stanjem se koeficient specifičnih transmisijских toplotnih izgub zmanjša za 5,88 %, letna potrebna toplota za ogrevanje za 6,76 %, transmisijske izgube pa za 7,82 %. Na ventilacijske izgube ter notranje in solarne dobitke odprava toplotnega mostu nima vpliva. Rahlo zmanjšanje je le posledica metode, saj se z odstranitvijo toplotnega mostu zmanjša trajanje računske ogrevalne sezone.

Ukrep št. 2: Izpolnimo zahteve glede maksimalne toplotne prehodnosti vsakega konstrukcijskega sklopa. Na zunanje stene v pritličju dodamo 5 cm dodatne izolacije s koeficientom toplotne prevodnosti $\lambda = 0,041 \text{ W/mK}$. V nadstropju zamenjamo panele debeline 10 cm s paneli debeline 15 cm. Na tla na terenu dodamo še 2 cm XPS-a z $\lambda = 0,041 \text{ W/mK}$. Toplotna prehodnost zunanje stene v pritličju sedaj znaša $0,254 \text{ W/m}^2\text{K}$, fasadnih panelov $0,261 \text{ W/m}^2\text{K}$, tal na terenu pa $0,325 \text{ W/m}^2\text{K}$. Izračuni toplotnih prehodnosti po izvedenih ukrepih so prikazani v prilogi B. Zamenjava panelov je v praksi težko izvedljiv ukrep. Poleg visokih stroškov zamenjave nastopijo tukaj tudi problemi iz tehničnega vidika, saj zamenjava zahteva veliko časa, poleg tega pa moramo praktično celoten ovoj stavbe odstraniti, vključno z vsemi okni. Tudi dodatna toplotna izolacija tal zahteva odstranitev obstoječih tlakov, kar je prav tako zelo obsežen poseg.

Preglednica 21: Toplotna bilanca stavbe po izvedenem ukrepu št. 2

		Izračunano	Dovoljeno
Koeficient specifičnih transmisij toplote $H_T' \text{ (W/m}^2\text{K)}$		0,45	0,44
Letna potrebna toplota za ogrevanje $Q_{NH} \text{ (kWh)}$		59.465,00	52.058,00
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine	Q_{NH}/A_u (kWh/m²a)	35,37	-
	Q_{NH}/V_e (kWh/m³)	8,75	7,66

Preglednica 22: Izgube in dobitki po izvedenem ukrepu št. 2

(kWh/m ²)	Ogrevanje
Transmisijske izgube	40,06
Ventilacijske izgube	39,75
Skupne izgube	79,81
Notranji dobitki	45,23
Solarni dobitki	53,11
Skupni dobitki	98,33

Po izvedenem ukrepu št. 2 znaša koeficient specifičnih transmisij toplote $0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$ in je za 2,27 % večji od dovoljene maksimalne vrednosti. Letna potrebna toplota za ogrevanje znaša $59.465,00 \text{ kWh}$ oziroma $8,75 \text{ kWh/m}^3$ gledano na enoto kondicionirane

prostornine in je za 8,1 % večja od dovoljene vrednosti. Transmisijske izgube znašajo 40,06 kWh/m², ventilacijske pa 39,75 kWh/m². Skupnih izgub je 79,81 kWh/m². Notranji dobitki znašajo 45,23 kWh/m², solarni pa 53,11 kWh/m². Skupni dobitki znašajo 98,33 kWh/m².

V primerjavi s prvotnim stanjem se koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub zmanjša za 11,76 %, letna potrebna toplota za ogrevanje za 13,91 %, transmisijske izgube pa za 14,84 %. Na notranje in solarne dobitke dodatna toplotna izolacija nima vpliva oz. je ta vpliv posreden.

Ukrep št. 3: Na vse transparentne konstrukcijske sklope postavimo nočno izolacijo v obliki lamelnih rolet polnjenih s poliuretansko peno. Toplotni upor nočne izolacije znaša $R_{NI,w} = 1$ m²K/W [22]. Nočno izolacijo uporabljamo v času ogrevalne sezone od novembra do marca.

Preglednica 23: Toplotna bilanca stavbe po izvedenem ukrepu št. 3

		Izračunano	Dovoljeno
Koeficient specifičnih transmisijskih toplotni izgub $H_T' (W/m^2K)$		0,44	0,44
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} (kWh)		56,026,00	52.058,00
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine	Q_{NH}/A_u (kWh/m ² a)	33,32	-
	Q_{NH}/V_e (kWh/m ³)	8,25	7,66

Preglednica 24: Izgube in dobitki po izvedenem ukrepu št. 3

(kWh/m ²)	Ogrevanje
Transmisijske izgube	37,51
Ventilacijske izgube	39,74
Skupne izgube	77,25
Notranji dobitki	45,20
Solarni dobitki	53,08
Skupni dobitki	98,29

Po izvedenem ukrepu št. 3 znaša koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub 0,44 W/m²K in je enak dovoljeni maksimalni vrednosti. Letna potrebna toplota za ogrevanje znaša 56.026,00 kWh oziroma 8,25 kWh/m³ gledano na enoto kondicionirane prostornine in je za 7,7

% večja od dovoljene vrednosti. Transmisijske izgube znašajo 37,51 kWh/m², ventilacijske pa 39,74 kWh/m². Skupnih izgub je 77,25 kWh/m². Notranji dobitki znašajo 45,20 kWh/m², solarni pa 53,08 kWh/m². Skupni dobitki znašajo 98,29 kWh/m².

V primerjavi s prvotnim stanjem se koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub zmanjša za 13,73 %, letna potrebna toplota za ogrevanje za 18,89 %, transmisijske izgube pa za 20,26 %. Na notranje in solarne dobitke dodatna nočna izolacija nima vpliva oz. je ta vpliv posreden.

Ukrep št. 4: Urno izmenjavo zraka zmanjšamo na minimalno dovoljeno, to je 0,50 h⁻¹. Ta ukrep je v praksi zelo vprašljiv, saj se v prostorih stavbe nahaja tudi fitness center, kjer je po vsej verjetnosti urna izmenjava zraka večja tudi od začetne predvidene, to je 0,70 h⁻¹.

Preglednica 25: Toplotna bilanca stavbe po izvedenem ukrepu št. 4

	Izračunano	Dovoljeno
Koeficient specifičnih transmisijskih toplotni izgub $H_T' (W/m^2K)$	0,44	0,44
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} (kWh)	39.058,00	52.058,00
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine	Q_{NH}/A_u (kWh/m ² a)	-
	Q_{NH}/V_e (kWh/m ³)	7,66

Preglednica 26: Izgube in dobitki po izvedenem ukrepu št. 4

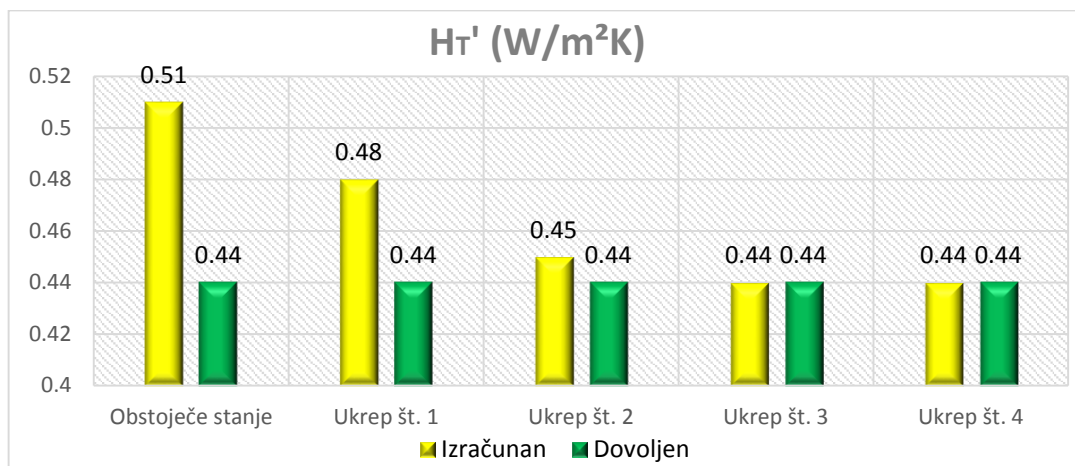
(kWh/m ²)	Ogrevanje
Transmisijske izgube	34,20
Ventilacijske izgube	26,15
Skupne izgube	60,36
Notranji dobitki	40,65
Solarni dobitki	46,82
Skupni dobitki	87,47

Po izvedenem ukrepu št. 4 objekt izpolnjuje predpisane zahteve po PURES 2010 in TSG4. Povečanje urne izmenjave zraka nima vpliva na koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub. Letna potrebna toplota za ogrevanje znaša 39.058,00 kWh oziroma 5,75 kWh/m³

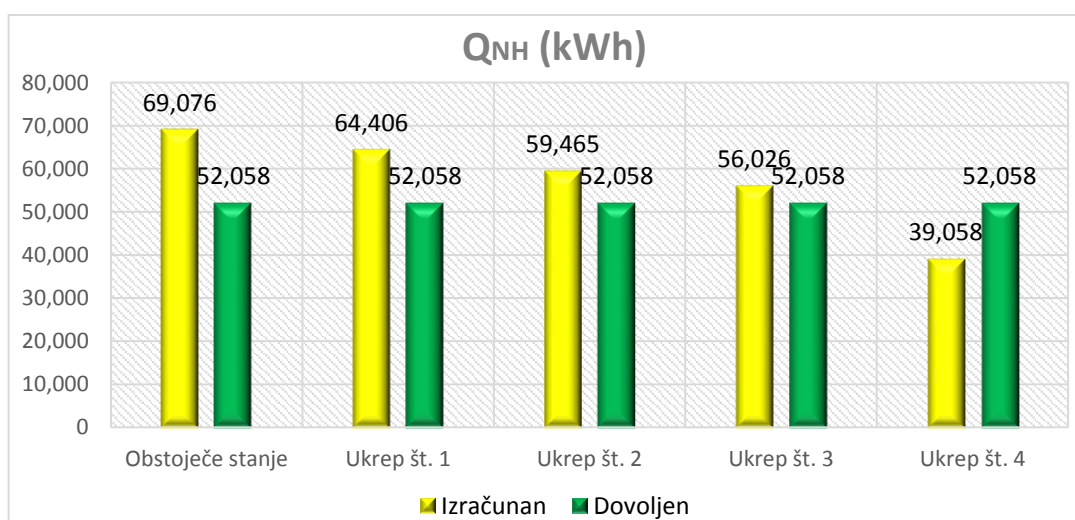
gledano na enoto kondicionirane prostornine in je za 24,9 % manjša od dovoljene vrednosti. Transmisijske izgube znašajo 34,20 kWh/m², ventilacijske pa 26,15 kWh/m². Skupnih izgub je 60,36 kWh/m². Notranji dobitki znašajo 40,65 kWh/m², solarni pa 46,82 kWh/m². Skupni dobitki znašajo 87,47 kWh/m².

V primerjavi s prvotnim stanjem se letna potrebna toplota za ogrevanje zmanjša za 43,46 %, transmisijske izgube pa za 27,30 %. Zaradi zmanjšanja pretoka zraka se ventilacijske izgube zmanjšajo za 35,3 %. Notranji dobitki se zmanjšajo za 12,56 %, solarni dobitki pa za 14,48 %.

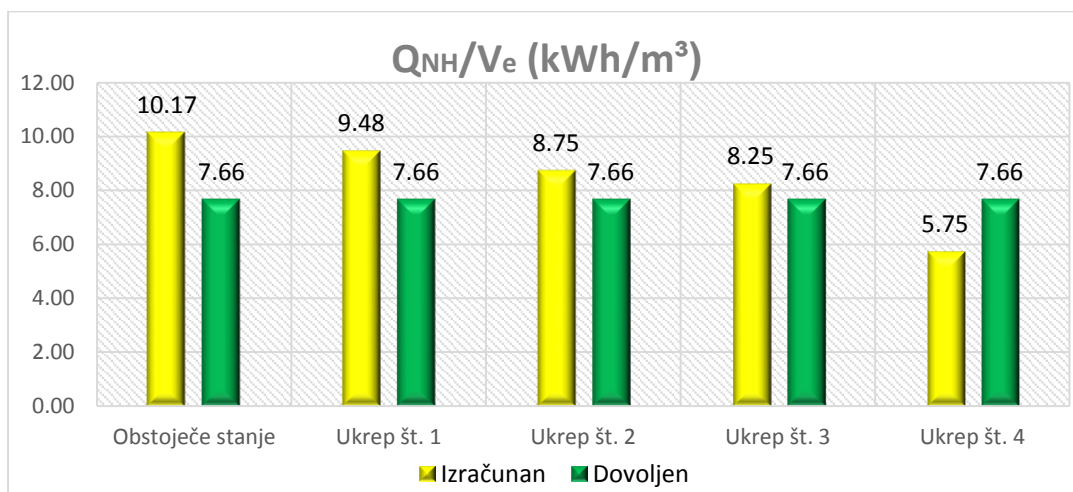
Na slikah od 20 do 24 so prikazane spremembe koeficienta specifičnih transmisijskih toplotnih izgub, potrebne letne toplote za ogrevanje, izgub in dobitkov ter njihovo spreminjanje z izvajanjem zgoraj omenjenih ukrepov.



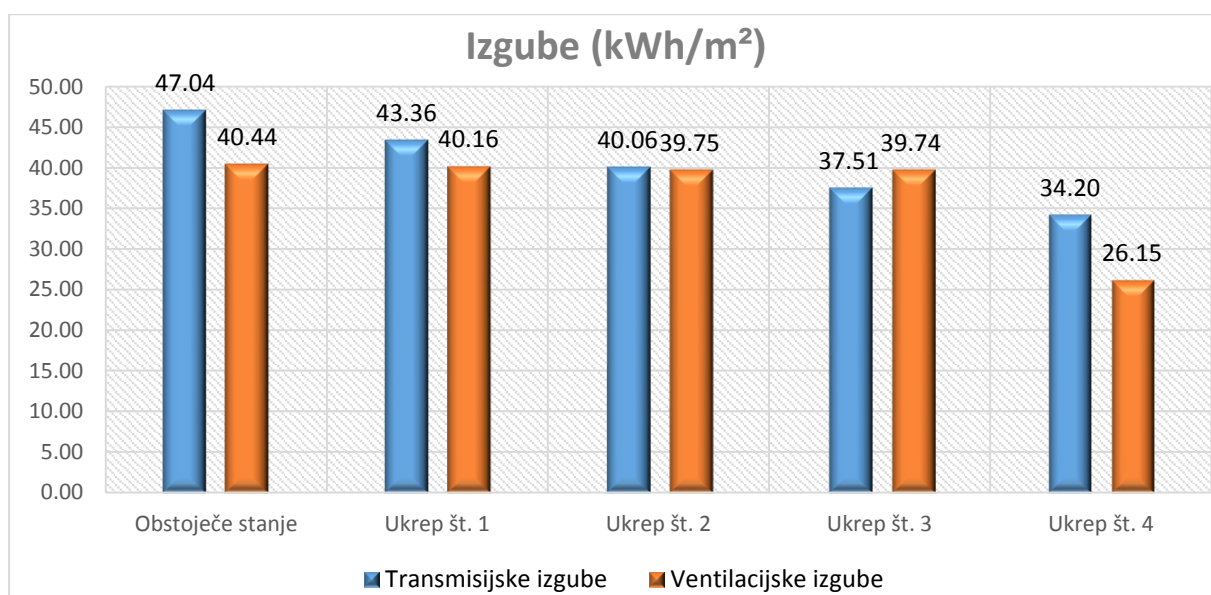
Slika 20: Spreminjanje faktorja H_T' z izvajanjem ukrepov



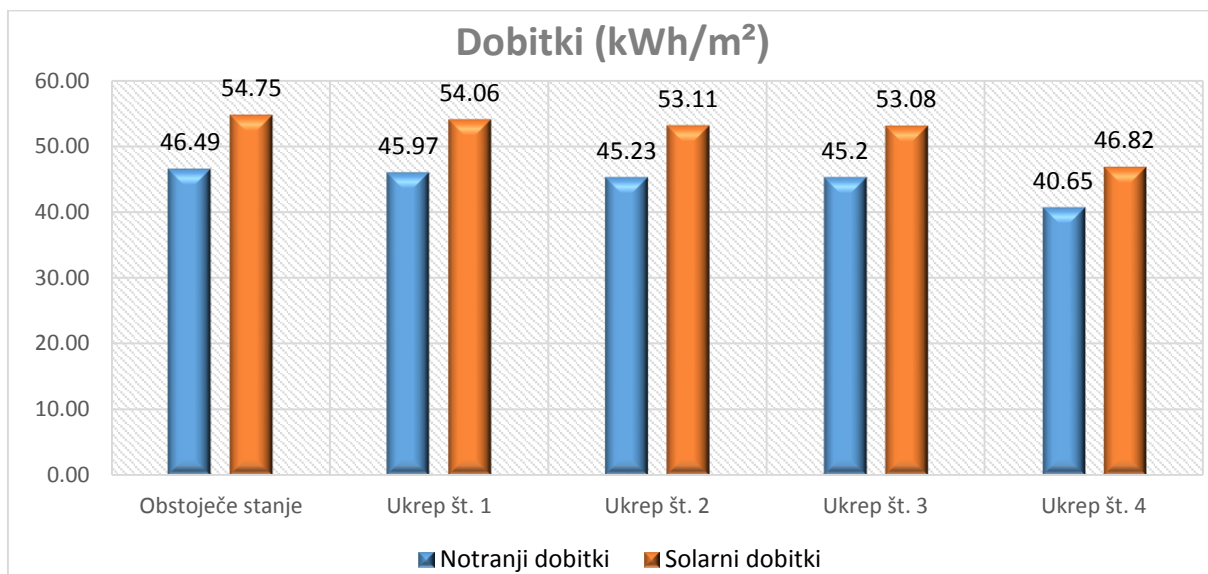
Slika 21: Spreminjanje Q_{NH} z izvajanjem ukrepov



Slika 22: Spreminjanje Q_{NH}/V_e z izvajanjem ukrepov



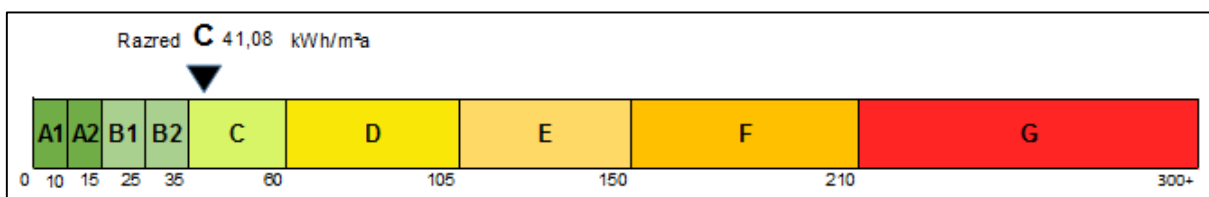
Slika 23: Spreminjanje izgub z izvajanjem ukrepov



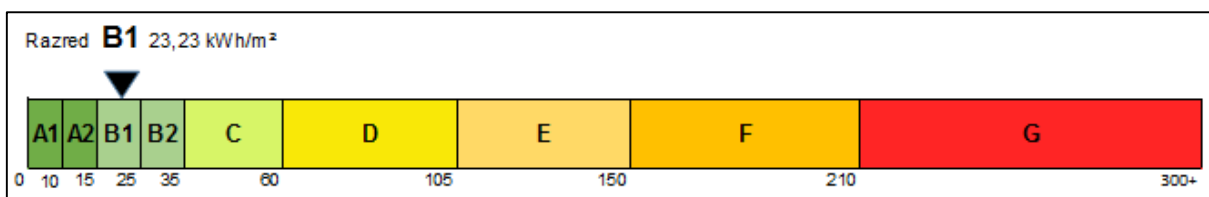
Slika 24: Spreminjanje dobitkov z izvajanjem ukrepov

5.6 Določitev energijskega razreda stavbe

Za konec določimo stavbi še energijski razred. Po 3. členu Pravilnika o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb [23] se računaska energetska izkaznica izdaja za novozgrajene stavbe in obstoječe stanovanjske stavbe. Za obstoječe nestanovanjske stavbe se izdaja merjena energetska izkaznica. Kljub temu, da je obravnavana stavba nestanovanjska in obstoječa jo le za zgled uvrstimo v energijski razred na podlagi izračunanih energijskih kazalnikov rabe energije. Na spodnjih slikah je prikazana uvrstitev stavbe v energijski razred v prvotnem stanju (slika 25) ter po izvedenih ukrepih za izboljšanje stanja (slika 26). Stavba z vsemi predlaganimi ukrepi preide iz razreda C v razred B1.



Slika 25: Energijski razred stavbe v prvotnem stanju



Slika 26: Energijski razred stavbe po izvedenih ukrepih za izboljšanje stanja

6 ZAKLJUČEK

V diplomski nalogi smo poskušali ugotoviti, v kolikšni meri toplotni mostovi vplivajo na povečanje porabe energije za ogrevanje Poslovno trgovskega objekta Plan invest. Analizirali smo tri različne primere. V prvem primeru vpliva toplotnih mostov nismo upoštevali. Ugotovili smo, da že ob neupoštevanju toplotnih mostov stavba ne izpolnjuje predpisanih zahtev po PURES 2010 in TSG4. V drugem primeru smo toplotne mostove upoštevali skladno s standardoma SIST EN ISO 13789 ter SIST EN ISO 14683. Ugotovili smo, da so se rezultati precej poslabšali. V tretjem primeru smo predpostavili, da imajo vsi toplotni mostovi v stavbi linijsko toplotno prehodnost $\Psi_e < 0,2 \text{ W/mK}$ ter njihov vpliv upoštevali na poenostavljen način s povečanjem toplotne prehodnosti celotnega stavbnega ovoja za $0,06 \text{ W/m}^2\text{K}$. Rezultati so bili nekoliko boljši kot v drugem primeru, vendar še vedno precej slabši kot v prvem. S tem lahko tudi potrdimo naše hipoteze v uvodnem delu. Stavba ne izpolnjuje zahtev o maksimalni potrebni energiji za ogrevanje po PURES 2010 in TSG4. Najboljši rezultati so bili v primeru neupoštevanja toplotnih mostov, najslabši pa v primeru upoštevanja toplotnih mostov skladno s standardoma SIST EN ISO 13789 ter SIST EN ISO 14683. Po rezultatih izračunov porabe energije na poenostavljen način pa se je stavba uvrstila med zgoraj omenjenima ekstremoma. V drugem delu smo rezultate primerjali med seboj ter ugotovili dejanski vpliv toplotnih mostov na porabo energije za ogrevanje. Z upoštevanjem toplotnih mostov skladno s standardoma SIST EN ISO 13789 ter SIST EN ISO 14683 v prvem primeru ter na poenostavljen način v drugem smo primerjali spremembo koeficienta specifičnih transmisijskih izgub, letne potrebne toplote za ogrevanje ter izgub in dobitkov glede na stanje brez toplotnih mostov. V prvem primeru se je koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub povečal za 8,5 %, letna potrebna toplota za ogrevanje pa za 11,4 %. Transmisijske izgube so se povečale za 12,3 %, na ventilacijske izgube ter dobitke pa toplotni mostovi niso imeli vpliva oziroma je bil vpliv posreden. V drugem primeru se je koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub povečal za 6,8 %, letna potrebna toplota za ogrevanje pa za 9 %. Transmisijske izgube so se povečale za 10,1 %.

Kot ilustracijo vpliva toplotnih mostov na letne stroške za ogrevanje smo izračunali tudi razliko pri letnih stroških za ogrevanje v primeru upoštevanja in neupoštevanja toplotnih mostov v izračunu potrebne energije za ogrevanje stavbe. Ti so se na letni ravni povišali za 11,32 %. Ker stavba ni izpolnjevala predpisanih zahtev po PURES 2010 in TSG4 smo izvedli ukrepe za izboljšanje stanja. S prvim ukrepom smo odpravili toplotni most v območju atike z namestitvijo toplotne izolacije na notranji in zgornji strani. Z drugim ukrepom smo za izpolnitev zahtev na fasado v pritličju namestili dodatnih 5 cm mineralne volne, v nadstropju pa zamenjali Trimo

fasadne panele debeline 10 cm s 5 cm debelejšimi. Na talno ploščo smo dodali še 2 cm XPS-a. S tretjim ukrepom smo na vsa okna namestili nočno izolacijo. S tem smo tudi dosegli predpisano vrednost koeficienta specifičnih transmisijskih toplotnih izgub. Na koncu smo izvedli še četrti ukrep ter zmanjšali urni pretok zraka z 0,7 na 0,5 h⁻¹. Po izvedenih ukrepih se je koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub zmanjšal za 13,73 %, letna potrebna toplota za ogrevanje za 43,46 %, transmisijske izgube pa za 27,30 %. Ventilacijske izgube so se zmanjšale za 35,3 %, notranji dobitki za 12,56 %, solarni dobitki pa za 14,48 %.

Za konec smo stavbi določili še energijski razred. V prvotnem stanju je stavba spadala v energijski razred C, po izvedenih ukrepih za izboljšanje stanja pa v B2.

Kljub temu, da na stavbi ni veliko toplotnih mostov smo videli, da imajo ti kar precejšen vpliv na porabo energije. Zato se moramo v praksi toplotnim mostov čim bolj izogibati s pazljivim načrtovanjem detajlov in izvedbo. V projektantski praksi se vpliv toplotnih mostov na izračun potrebne energije za ogrevanje vse preveč zanemarja. S tem lahko tudi pri stavbi, ki nima izrazitih toplotnih mostov predstavimo lažne rezultate, ki ne prikazujejo realnega stanja.

VIRI

- [1] Pomena učinkovite rabe energije se premalo zavedamo. 2014.
<http://www.gzdbk.si/si/aktualno/uspeh/detajl/?id=549> (Pridobljeno 20.2.2014.)
- [2] Učinkovita raba energije. 2014.
http://www.energetski-inzeniring.si/index.php?option=com_content&view=article&id=84&Itemid=163&lang=s
! (Pridobljeno 20.2.2014.)
- [3] DIREKTIVA 2012/27/EU EVROPSKEGA PARLAMENTA IN SVETA z dne 25. oktobra 2012 o energetski 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.
- [4] Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah. Uradni list RS št. 52/2010.
- [5] Krainer, Predan. 2009. Računalniški program (TOST) za izračun podatkov, potrebnih za končno poročilo oziroma dokaz o ustreznosti toplotne zaščite stavbe. Ljubljana, UL FGG.
- [6] Krainer, Predan. 2009. Računalniški program (TEDI) za analizo toplotnega prehoda, toplotne stabilnosti in difuzije vodne pare skozi večplastne KS. Ljubljana, UL FGG.
- [7] SIST EN ISO 13789:2008. Toplotne značilnosti stavb - Toplotni koeficienti pri prenosu toplote in prezračevanja - Računsko metoda (ISO 13789:2007).
- [8] SIST EN ISO 14683:2008. Toplotni mostovi v stavbah - Linearna toplotna prehodnost - Poenostavljena metoda in privzete vrednosti (ISO 14683:2007).
- [9] Tehnična smernica za graditev TSG-1-004: 2010 Učinkovita raba energije. Ministrstvo za okolje in prostor. Št: 0071-101/2009: 114 str.

- [10] Goričanec, D., Črepinšek, L. 2008. Prenos toplote. Zapiski predavanj. Maribor, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, 162 str.
http://www.fkkt.uni-mb.si/egradiva/fajli/prenos_toplote.pdf
- [11] Kunič, R. 2009. Mehanizem prehoda toplote skozi konstrukcijske sklope v stavbah (2.del). Gradbenik 2009/10.
http://www.fragmat.si/download/clanki/Gradbenik%20Prehod%20toplote_2.pdf
- [12] Saje, F. Energetika. 3. zvezek. Novo mesto, Višja strokovna šola strojništvo, 26 str.
http://sc-nm.com/scnm/_visja/Documents/EN3%20Gretje.pdf
- [13] Toplotni mostovi in zidna plesen. 2014.
<http://www.domzamlade.si/gradbena-dela/toplotni-mostovi-in-zidna-plesen/#>
(Pridobljeno 23.7.2014.)
- [14] Senegačnik, M. 2010. Kako odpraviti toplotne mostove v pasivni hiši?. Ljubljana, Fakulteta za arhitekturo.
http://www.fa.uni-lj.si/filelib/8_konzorcijph/2010_toplotni_mostovi.pdf
- [15] Termički most. 2014.
<http://www.ekoneimar.com/termicki-most-toplotni-most-hladan-most/>
(Pridobljeno 1.3.2014.)
- [16] SIST EN ISO 10211:2008. Toplotni mostovi v stavbah - Toplotni tokovi in površinske temperature - Podrobni izračuni (ISO 10211:2007).
- [17] Mihelj, G. 2010. Projekt izvedenih del.
- [18] Atlas okolja. 2014.
http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso
(Pridobljeno 20.9.2014.)
- [19] SIST EN ISO 13790:2008. Energijske lastnosti stavb - Račun rabe energije za ogrevanje in hlajenje prostorov (ISO 13790:2008).
- [20] Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb. Uradni list RS št. 42/2002.

- [21] Cenik elektrike in primerjava. 2014.
<http://www.petrol.si/za-dom/energija/elektricna-energija/cenik-elektrike-primerjava>
(Pridobljeno 18.9.2014.)
- [22] Solarlux – rolo sistemi. 2014
http://simer.si/eng/p125/blinds/solar_lux_-_rolo_sistemi (Pridobljeno 20.9.2014.)
- [23] Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb. Uradni list RS, št. 77/2009.

PRILOGE

- A IZRAČUNI TOPLOTNOTNIH PREHODNOSTI KONSTRUKCIJSKIH SKLOPOV V PRVOTNEM STANJU

- B IZRAČUNI TOPLOTNIH PREHODNOSTI KONSTRUKCIJSKIH SKLOPOV PO IZVEDENIH UKREPIH ZA IZBOLJŠANJE STANJA

A Rešičič, E. 2014. Vpliv toplotnih mostov na porabo energije za ogrevanje v ... objektu Plan invest v Kopru
Dipl. nal. Ljubljana, UL FGG, Visokošolski strokovni študijski program Operativno gradbeništvo.

PRILOGA A: Izračuni toplotnih prehodnosti konstrukcijskih sklopov v prvotnem stanju

Tla na terenu	
Vrsta konstrukcijskega sklopa po 9. členu Pravilnika	7. - Tla na terenu (ne velja za industrijske stavbe)
Vrsta stavbe po 9. členu Pravilnika	1. - Stavbe s temperaturo notranjega zraka pozimi nad 19oC ali poleti hlajene pod 26oC
Neklimatizirana / klimatizirana stavba	2. - Klimatizirana stavba ali stavba s procesi, kjer nastaja več vodne pare

Difuzijsko navlaževanje - zima - projektne vrednosti

Temperatura zunaj (°C)	10,0	Računska temperatura zunaj (°C)	10,0
Temperatura notri (°C)	20,0		
Relativna vlažnost zunaj (%)	90		
Relativna vlažnost notri (%)	60		

Difuzijsko sušenje - poletje - projektne vrednosti

Temperatura zunaj (°C)	10,0
Temperatura notri (°C)	18,0
Relativna vlažnost zunaj (%)	65
Relativna vlažnost notri (%)	65

Zunanja površinska upornost R_{se} (m K/W)	²	0,13
Notranja površinska upornost R_{si} (m K/W)	²	0,00

Št. plasti	Šifra	Material	Debelina	Gostota	Specifična toplota	Toplotna prevodnost	Difuzijska upornost vodni pari	HI	Tip
			m	kg/m ³	J/kg K	W/m K	-		
1	52.2	keramične ploščice - talne, neglazirane	0,0140	2.300	920	1,280	200,0		1
2	40.5	betoni iz kamnitega agregata	0,0500	1.800	960	0,930	15,0		1
3	137.2	ekstrudirani polistiren (stara okolju neprijazna tehnologija)	0,0800	60	1.500	0,040	250,0		1
4	40.3	betoni iz kamnitega agregata	0,2500	2.200	960	1,510	30,0		1
5	40.3	betoni iz kamnitega agregata	0,3000	2.200	960	1,510	30,0		1
6	83.3	FRAGMAT BITALBIT AI V4	0,0040	1.300	1.460	0,190	400000,0	*	3
7	40.3	betoni iz kamnitega agregata	0,1000	2.200	960	1,510	30,0		1
8	27.0	gosti apnenci, dolomiti in marmorji	0,4000	2.650	920	2,300	65,0		1

Tip: 1 - material po pravilniku, 2 - material po standardu, 3 - material z izjavo o skladnosti, 4 - material s sistemskim certifikatom ETA, 5 - material brez 1-4

* - sloji med izbrano hidroizolacijo in zunanjim okoljem se pri računu toplotne prehodnosti in difuziji vodne pare ne upoštevajo

REZULTATI : TOPLOTNA PREHODNOST

Temperature na stikih plasti v °C

Številka plasti	Notri	Zunaj
1	19,5	19,5
2	19,5	19,2
3	19,2	11,5
4	11,5	10,9
5	10,9	10,1
6	10,1	10,0

$U_{izračunani} =$	0,388	(W/m²K)	>	$U_{max} =$	0,350	(W/m²K)
--------------------	--------------	---------------------------	-------------	-------------	--------------	---------------------------

KS NE ODGOVARJA

Medetažna konstrukcija	
Vrsta konstrukcijskega sklopa po 9. členu Pravilnika	5. - Stropna konstrukcija med ogrevanimi prostori
Vrsta stavbe po 9. členu Pravilnika	1. - Stavbe s temperaturo notranjega zraka pozimi nad 19°C ali poleti hlajene pod 26°C
Neklimatizirana / klimatizirana stavba	2. - Klimatizirana stavba ali stavba s procesi, kjer nastaja več vodne pare

Difuzijsko navlaževanje - zima - projektne vrednosti

Temperatura zunaj (°C)	10,0	Računska temperatura zunaj (°C)	10,0
Temperatura notri (°C)	20,0		
Relativna vlažnost zunaj (%)	90		
Relativna vlažnost notri (%)	60		

Difuzijsko sušenje - poletje - projektne vrednosti

Temperatura zunaj (°C)	18,0
Temperatura notri (°C)	18,0
Relativna vlažnost zunaj (%)	65
Relativna vlažnost notri (%)	65

Zunanja površinska upornost R_{se} (m^2K/W)	0,13
Notranja površinska upornost R_{si} (m^2K/W)	0,13

Št. plasti	Šifra	Material	Debelina	Gostota	Specifična toplota	Toplotna prevodnost	Difuzijska upornost vodni pari	HI	Tip
				ρ	C	λ	μ		
			m	kg/m ³	J/kg K	W/m K	-		
1	52.2	keramicne ploščice - talne, neglazirane	0,0120	2.300	920	1,280	200,0		1
2	40.4	betoni iz kamnitega agregata	0,0500	2.000	960	1,160	22,0		1
3	124.1	FRAGMAT EPS 50	0,0500	12	1.260	0,043	20,0		3
4	81.0	polietilenske folije	0,0003	1.000	1.250	0,190	80000,0		1
5	40.3	betoni iz kamnitega agregata	0,2200	2.200	960	1,510	30,0		1

Tip: 1 - material po pravilniku, 2 - material po standardu, 3 - material z izjavo o skladnosti, 4 - material s sistemskim certifikatom ETA, 5 - material brez 1-4

REZULTATI : TOPLOTNA PREHODNOST

Temperature na stikih plasti v °C

Številka plasti	Notri	Zunaj
1	19,2	19,1
2	19,1	18,9
3	18,9	11,7
4	11,7	11,7
5	11,7	10,8

$U_{izračunani} =$	0,616	(W/m²K)	<	$U_{max} =$	1,350	(W/m²K)
--------------------	--------------	---------------------------	-------------	-------------	--------------	---------------------------

KS ODGOVARJA

Ravna streha

Vrsta konstrukcijskega sklopa po 9. členu Pravilnika	6. - Strop proti neogrevanemu prostoru, ravna in poševna streha nad ogrevanim prostorom
Vrsta stavbe po 9. členu Pravilnika	1. - Stavbe s temperaturo notranjega zraka pozimi nad 19oC ali poleti hlajene pod 26oC
Neklimatizirana / klimatizirana stavba	2. - Klimatizirana stavba ali stavba s procesi, kjer nastaja več vodne pare

Difuzijsko navlaževanje - zima - projektne vrednosti

Temperatura zunaj (°C)	10,0	Računska temperatura zunaj (°C)	5,0
Temperatura notri (°C)	20,0		
Relativna vlažnost zunaj (%)	90		
Relativna vlažnost notri (%)	60		

Difuzijsko sušenje - poletje - projektne vrednosti

Temperatura zunaj (°C)	18,0
Temperatura notri (°C)	18,0
Relativna vlažnost zunaj (%)	65
Relativna vlažnost notri (%)	65

Zunanja površinska upornost R_{se} (m ² K/W)	0,13
Notranja površinska upornost R_{si} (m ² K/W)	0,04

Št. plasti	Šifra	Material	Debelina	Gostota	Specifična toplota	Toplotna prevodnost	Difuzijska upornost vodni pari	HI	Tip
			m	kg/m ³	J/kg K	W/m K	-		
1	40.3	betoni iz kamnitega agregata	0,2200	2.200	960	1,510	30,0		1
2	40.4	betoni iz kamnitega agregata	0,0700	2.000	960	1,160	22,0		1
3	81.0	polietilenske folije	0,0003	1.000	1.250	0,190	80000,0		1
4	137.2	ekstrudirani polistiren (stara okolju neprijazna tehnologija)	0,2000	60	1.500	0,040	250,0		1
5	99.2	poliestrski filc	0,0050	200	800	0,100	1,5		5
6	98.1	FRAGMAT FATRAFOL	0,0015	1.200	960	0,190	20000,0	*	5

Tip: 1 - material po pravilniku, 2 - material po standardu, 3 - material z izjavo o skladnosti, 4 - material s sistemskim certifikatom ETA, 5 - material brez 1-4

* - sloji med izbrano hidroizolacijo in zunanjim okoljem se pri računu toplotne prehodnosti in difuziji vodne pare ne upoštevajo

REZULTATI : TOPLOTNA PREHODNOST

Temperature na stikih plasti v °C

Številka plasti	Notri	Zunaj
1	19,6	19,2
2	19,2	19,1
3	19,1	19,1
4	19,1	5,3
5	5,3	5,1
6	5,1	5,1

$U_{izračunani} = 0,184 \text{ (W/m}^2\text{K)} < U_{max} = 0,200 \text{ (W/m}^2\text{K)}$

KS ODGOVARJA

Predelna stena	
Vrsta konstrukcijskega sklopa po 9. členu Pravilnika	2. - Stene med ogrevanimi prostori različnih enot, različnih uporabnikov ali lastnikov
Vrsta stavbe po 9. členu Pravilnika	1. - Stavbe s temperaturo notranjega zraka pozimi nad 19oC ali poleti hlajene pod 26oC
Neklimatizirana / klimatizirana stavba	2. - Klimatizirana stavba ali stavba s procesi, kjer nastaja več vodne pare

Difuzijsko navlaževanje - zima - projektne vrednosti

Temperatura zunaj (°C)	10,0	Računska temperatura zunaj (°C)	10,0
Temperatura notri (°C)	20,0		
Relativna vlažnost zunaj (%)	90		
Relativna vlažnost notri (%)	60		

Difuzijsko sušenje - poletje - projektne vrednosti

Temperatura zunaj (°C)	18,0
Temperatura notri (°C)	18,0
Relativna vlažnost zunaj (%)	65
Relativna vlažnost notri (%)	65

Zunanja površinska upornost R_{se} (m^2K/W)	0,13
Notranja površinska upornost R_{si} (m^2K/W)	0,13

Št. plasti	Šifra	Material	Debelina	Gostota	Specifična toplota	Toplotna prevodnost	Difuzijska upornost vodni pari	HI	Tip
				ρ kg/m ³	C J/kg K	λ W/m K	μ -		
1	46.1	mavčno kartonaste plošče - do 15 mm	0,0125	900	840	0,210	12,0		1
2	46.1	mavčno kartonaste plošče - do 15 mm	0,0125	900	840	0,210	12,0		1
3	113.0	mineralna in steklena volna	0,1000	200	840	0,041	1,0		1
4	46.1	mavčno kartonaste plošče - do 15 mm	0,0125	900	840	0,210	12,0		1
5	46.1	mavčno kartonaste plošče - do 15 mm	0,0125	900	840	0,210	12,0		1

Tip: 1 - material po pravilniku, 2 - material po standardu, 3 - material z izjavo o skladnosti, 4 - material s sistemskim certifikatom ETA, 5 - material brez 1-4

REZULTATI : TOPLOTNA PREHODNOST

Temperature na stikih plasti v °C

Številka plasti	Notri	Zunaj
1	19,6	19,4
2	19,4	19,2
3	19,2	10,8
4	10,8	10,6
5	10,6	10,4

$U_{izračunani} =$	0,340	(W/m²K)	<	$U_{max} =$	0,900	(W/m²K)
--------------------	--------------	---------------------------	-------------	-------------	--------------	---------------------------

KS ODGOVARJA

Zunanja stena	
Vrsta konstrukcijskega sklopa po 9. členu Pravilnika	1. - Zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom, tla nad neogrevanim prostorom ali zunanjim zrakom
Vrsta stavbe po 9. členu Pravilnika	1. - Stavbe s temperaturo notranjega zraka pozimi nad 19oC ali poleti hlajene pod 26oC
Neklimatizirana / klimatizirana stavba	2. - Klimatizirana stavba ali stavba s procesi, kjer nastaja več vodne pare

Difuzijsko navlaževanje - zima - projektne vrednosti

Temperatura zunaj (°C)	10,0	Računska temperatura zunaj (°C)	5,0
Temperatura notri (°C)	20,0		
Relativna vlažnost zunaj (%)	90		
Relativna vlažnost notri (%)	60		

Difuzijsko sušenje - poletje - projektne vrednosti

Temperatura zunaj (°C)	18,0
Temperatura notri (°C)	18,0
Relativna vlažnost zunaj (%)	65
Relativna vlažnost notri (%)	65

Zunanja površinska upornost R_{se} (m ² K/W)	0,13
Notranja površinska upornost R_{si} (m ² K/W)	0,04

Št. plasti	Šifra	Material	Debelina	Gostota	Specifična toplota	Toplotna prevodnost	Difuzijska upornost vodni pari	HI	Tip
				ρ	C	λ	μ		
			m	kg/m ³	J/kg K	W/m K	-		
1	17.0	apnena malta	0,0200	1.600	1.050	0,810	10,0		1
2	3.0	porozna opeka	0,1900	800	920	0,330	2,5		1
3	113.0	mineralna in steklena volna	0,0800	200	840	0,041	1,0		1

Tip: 1 - material po pravilniku, 2 - material po standardu, 3 - material z izjavo o skladnosti, 4 - material s sistemskim certifikatom ETA, 5 - material brez 1-4

REZULTATI : TOPLOTNA PREHODNOST

Temperature na stikih plasti v °C

Številka plasti	Notri	Zunaj
1	19,3	19,1
2	19,1	16,0
3	16,0	5,2

$U_{izračunani} =$	0,367	(W/m²K)	>	$U_{max} =$	0,280	(W/m²K)
--------------------	--------------	---------------------------	-------------	-------------	--------------	---------------------------

KS NE ODGOVARJA

Fasadni panel	
Vrsta konstrukcijskega sklopa po 9. členu Pravilnika	1. - Zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom, tla nad neogrevanim prostorom ali zunanjim zrakom
Vrsta stavbe po 9. členu Pravilnika	1. - Stavbe s temperaturo notranjega zraka pozimi nad 19oC ali poleti hlajene pod 26oC
Neklimatizirana / klimatizirana stavba	2. - Klimatizirana stavba ali stavba s procesi, kjer nastaja več vodne pare

Difuzijsko navlaževanje - zima - projektne vrednosti

Temperatura zunaj (°C)	10,0	Računska temperatura zunaj (°C)	5,0
Temperatura notri (°C)	20,0		
Relativna vlažnost zunaj (%)	90		
Relativna vlažnost notri (%)	60		

Difuzijsko sušenje - poletje - projektne vrednosti

Temperatura zunaj (°C)	18,0
Temperatura notri (°C)	18,0
Relativna vlažnost zunaj (%)	65
Relativna vlažnost notri (%)	65

Zunanja površinska upornost R_{se} (m^2K/W)	0,13
Notranja površinska upornost R_{si} (m^2K/W)	0,04

Št. plasti	Šifra	Material	Debelina	Gostota	Specifična toplota	Toplotna prevodnost	Difuzijska upornost vodni pari	HI	Tip
				ρ					
			m	kg/m ³	J/kg K	W/m K	-		
1	108.1	jeklena obloga - jeklo	0,0050	7.800	460	58,500	800000,0		1
2	113.0	mineralna in steklena volna	0,1000	200	840	0,041	1,0		1
3	108.1	jeklena obloga - jeklo	0,0050	7.800	460	58,500	800000,0		1

Tip: 1 - material po pravilniku, 2 - material po standardu, 3 - material z izjavo o skladnosti, 4 - material s sistemskim certifikatom ETA, 5 - material brez 1-4

REZULTATI : TOPLOTNA PREHODNOST

Temperature na stikih plasti v °C

Številka plasti	Notri	Zunaj
1	19,3	19,3
2	19,3	5,2
3	5,2	5,2

$U_{izračunani} =$	0,383	(W/m²K)	>	$U_{max} =$	0,280	(W/m²K)
--------------------	--------------	---------------------------	-------------	-------------	--------------	---------------------------

KS NE ODGOVARJA

**PRILOGA B: Izračuni toplotnih prehodnosti konstrukcijskih sklopov po izvedenih
ukrepih za izboljšanje stanja**

Tla na terenu

Vrsta konstrukcijskega sklopa po 9. členu Pravilnika	7. - Tla na terenu (ne velja za industrijske stavbe)
Vrsta stavbe po 9. členu Pravilnika	1. - Stavbe s temperaturo notranjega zraka pozimi nad 19°C ali poleti hlajene pod 26°C
Neklimatizirana / klimatizirana stavba	2. - Klimatizirana stavba ali stavba s procesi, kjer nastaja več vodne pare

Difuzijsko navlaževanje - zima - projektne vrednosti

Temperatura zunaj (°C)	10,0	Računska temperatura zunaj (°C)	10,0
Temperatura notri (°C)	20,0		
Relativna vlažnost zunaj (%)	90		
Relativna vlažnost notri (%)	60		

Difuzijsko sušenje - poletje - projektne vrednosti

Temperatura zunaj (°C)	10,0
Temperatura notri (°C)	18,0
Relativna vlažnost zunaj (%)	65
Relativna vlažnost notri (%)	65

Zunanja površinska upornost R_{se} (m ² K/W)	0,13
Notranja površinska upornost R_{si} (m ² K/W)	0,00

Št. plasti	Šifra	Material	Debelina	Gostota	Specifična toplota	Toplotna prevodnost	Difuzijska upornost vodni pari	HI	Tip
				ρ	C	λ	μ		
			m	kg/m ³	J/kg K	W/m K	-		
1	52.2	keramicne ploščice - talne, neglazirane	0,0140	2.300	920	1,280	200,0		1
2	40.5	betoni iz kamnitega agregata	0,0500	1.800	960	0,930	15,0		1
3	137.2	ekstrudirani polistiren (stara okolju neprijazna tehnologija)	0,1000	60	1.500	0,040	250,0		1
4	40.3	betoni iz kamnitega agregata	0,2500	2.200	960	1,510	30,0		1
5	40.3	betoni iz kamnitega agregata	0,3000	2.200	960	1,510	30,0		1
6	83.3	FRAGMAT BITALBIT AI V4	0,0040	1.300	1.460	0,190	400000,0	*	3
7	40.3	betoni iz kamnitega agregata	0,1000	2.200	960	1,510	30,0		1
8	27.0	gosti apnenci, dolomiti in marmorji	0,4000	2.650	920	2,300	65,0		1

Tip: 1 - material po pravilniku, 2 - material po standardu, 3 - material z izjavo o skladnosti, 4 - material s sistemskim certifikatom ETA, 5 - material brez 1-4

* - sloji med izbrano hidroizolacijo in zunanjim okoljem se pri računu toplotne prehodnosti in difuziji vodne pare ne upoštevajo

REZULTATI : TOPLOTNA PREHODNOST

Temperature na stikih plasti v °C

Številka plasti	Notri	Zunaj
1	19,6	19,5
2	19,5	19,4
3	19,4	11,3
4	11,3	10,7
5	10,7	10,1
6	10,1	10,0

$U_{izračunani} = 0,325$ (W/m²K) < $U_{max} = 0,350$ (W/m²K)

KS ODGOVARJA

Zunanja stena

Vrsta konstrukcijskega sklopa po 9. členu Pravilnika	1. - Zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom, tla nad neogrevanim prostorom ali zunanjim zrakom
Vrsta stavbe po 9. členu Pravilnika	1. - Stavbe s temperaturo notranjega zraka pozimi nad 19oC ali poleti hlajene pod 26oC
Neklimatizirana / klimatizirana stavba	2. - Klimatizirana stavba ali stavba s procesi, kjer nastaja več vodne pare

Difuzijsko navlaževanje - zima - projektne vrednosti

Temperatura zunaj (°C)	10,0	Računska temperatura zunaj (°C)	5,0
Temperatura notri (°C)	20,0		
Relativna vlažnost zunaj (%)	90		
Relativna vlažnost notri (%)	60		

Difuzijsko sušenje - poletje - projektne vrednosti

Temperatura zunaj (°C)	18,0
Temperatura notri (°C)	18,0
Relativna vlažnost zunaj (%)	65
Relativna vlažnost notri (%)	65

Zunanja površinska upornost R_{se} (m ² K/W)	0,13
Notranja površinska upornost R_{si} (m ² K/W)	0,04

Št. plasti	Šifra	Material	Debelina	Gostota	Specifična toplota	Toplotna prevodnost	Difuzijska upornost vodni pari	HI	Tip
					ρ	C	λ		
			m	kg/m ³	J/kg K	W/m K	-		
1	17.0	apnena malta	0,0200	1.600	1.050	0,810	10,0		1
2	3.0	porozna opeka	0,1900	800	920	0,330	2,5		1
3	113.0	mineralna in steklena volna	0,1300	200	840	0,041	1,0		1

Tip: 1 - material po pravilniku, 2 - material po standardu, 3 - material z izjavo o skladnosti, 4 - material s sistemskim certifikatom ETA, 5 - material brez 1-4

REZULTATI : TOPLOTNA PREHODNOST

Temperature na stikih plasti v °C

Številka plasti	Notri	Zunaj
1	19,5	19,4
2	19,4	17,2
3	17,2	5,2

$U_{izračunani} =$	0,254	(W/m²K)	<	$U_{max} =$	0,280	(W/m²K)
--------------------	--------------	---------------------------	-------------	-------------	--------------	---------------------------

KS ODGOVARJA

Fasadni panel

Vrsta konstrukcijskega sklopa po 9. členu Pravilnika	1. - Zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom, tla nad neogrevanim prostorom ali zunanjim zrakom
Vrsta stavbe po 9. členu Pravilnika	1. - Stavbe s temperaturo notranjega zraka pozimi nad 19°C ali poleti hlajene pod 26°C
Neklimatizirana / klimatizirana stavba	2. - Klimatizirana stavba ali stavba s procesi, kjer nastaja več vodne pare

Difuzijsko navlaževanje - zima - projektne vrednosti

Temperatura zunaj (°C)	10,0	Računska temperatura zunaj (°C)	5,0
Temperatura notri (°C)	20,0		
Relativna vlažnost zunaj (%)	90		
Relativna vlažnost notri (%)	60		

Difuzijsko sušenje - poletje - projektne vrednosti

Temperatura zunaj (°C)	18,0
Temperatura notri (°C)	18,0
Relativna vlažnost zunaj (%)	65
Relativna vlažnost notri (%)	65

Zunanja površinska upornost R_{se} (m^2K/W)	0,13
Notranja površinska upornost R_{si} (m^2K/W)	0,04

Št. plasti	Šifra	Material	Debelina	Gostota	Specifična toplota	Toplotna prevodnost	Difuzijska upornost vodni pari	HI	Tip
				ρ	C	λ	μ		
			m	kg/m ³	J/kg K	W/m K	-		
1	108.1	jeklena obloga - jeklo	0,0050	7.800	460	58,500	800000,0		1
2	113.0	mineralna in steklena volna	0,1500	200	840	0,041	1,0		1
3	108.1	jeklena obloga - jeklo	0,0050	7.800	460	58,500	800000,0		1

Tip: 1 - material po pravilniku, 2 - material po standardu, 3 - material z izjavo o skladnosti, 4 - material s sistemskim certifikatom ETA, 5 - material brez 1-4

REZULTATI : TOPLOTNA PREHODNOST

Temperature na stikih plasti v °C

Številka plasti	Notri	Zunaj
1	19,5	19,5
2	19,5	5,2
3	5,2	5,2

$U_{izračunani} =$	0,261	(W/m²K)	<	$U_{max} =$	0,280	(W/m²K)
--------------------	--------------	---------------------------	-------------	-------------	--------------	---------------------------

KS ODGOVARJA