

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:

Veren, M., 2016. Energetska sanacija vile v Murški Soboti. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Kunič, R., somentor Pajek, L.): 102 str.

Datum arhiviranja: 21-09-2016

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



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

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

This is original version of final thesis.

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

Veren, M., 2016. Energetska sanacija vile v Murški Soboti. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Kunič, R., co-supervisor Pajek, L.): 102 pp.

Archiving Date: 21-09-2016

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



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

**UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI
PROGRAM GRADBENIŠTVO
KONSTRUKCIJSKA SMER**

Kandidat:

MIRJAN VEREN

ENERGETSKA SANACIJA VILE V MURSKI SOBOTI

Diplomska naloga št.: 3516/KS

ENERGETIC SANATION OF VILLA IN MURSKA SOBOTA

Graduation thesis No.: 3516/KS

Mentor:

doc. dr. Roman Kunič

Somentor:

asist. Luka Pajek

Ljubljana, 16. 09. 2016

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVE

Spodaj podpisani študent MIRJAN VEREN, vpisna številka 26105646, avtor pisnega zaključnega dela študija z naslovom: ENERGETSKA SANACIJA VILE V MURSKI SOBOTI

IZJAVLJAM

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

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

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

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

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

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

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

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

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

V: Murski Soboti
Datum: 31.08.2016

Podpis študenta:

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	699.8:728.3(043.2)
Avtor:	Mirjan Veren
Mentor:	doc. dr. Roman Kunič
Somentor:	asist. Luka Pajek
Naslov:	Energetska sanacija vile v Murski Soboti
Tip dokumenta:	diplomsko delo
Obseg in oprema:	102 str., 48 sl., 68 pregl., 25 graf., 5 en.
Ključne besede:	energetska sanacija, kulturna dediščina, osenčenost, poraba energije za ogrevanje, solarni dobitki, toplotna bilanca stavbe, toplotni mostovi, transmisijske izgube

Izvleček

V nalogi proučujem energetska sanacijo toplotno neizolirane stavbe Hartnerjeva vila, na Grajski ulici 2 v Murski Soboti. S terenskim delom prikažem trenutni status objekta, njegovo geometrijo in ohranjenost. V energetska sanacijo spomeniško zaščitene objekta zajamem toplotno izolacijo zunanjega ovoja stavbe, zamenjavo zunanjega stavbnega pohištva z izboljšanimi transparentnimi elementi, spremenjen način prezračevanja in povečanje učinkovitosti sistemov. Najprej izvedem izračun toplotnih karakteristik posameznega konstrukcijskega sklopa z računalniškim programom TEDI, nato še študijo osončenosti objekta. V skladu s Pravilnikom o učinkoviti rabi energije v stavbah PURES 2010, opravi računsko postopke za toplotno bilanco stavb na 9 načinov z računalniškim orodjem TOST. Toplotnih mostov sprva ne upoštevam, zatem jih računam na poenostavljen način in na koncu še po standardu SIST EN ISO 14683. Rezultate primerjam med seboj in analiziram energetska bilanco stavbe. Študija je pokazala, da so na obstoječi zgradbi toplotne izgube prevelike. Izmed vseh primerov sem v zadnjem uspel znižati letno porabo energije za ogrevanje za 3,5-krat. Zaradi toplotnih mostov se je poraba energije povečala za največ 28 %. Najmanjši vpliv toplotnih mostov izkazuje izhodiščno stanje z upoštevanjem toplotnih mostov po poenostavljenem postopku.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC:	699.8:728.3(043.2)
Author:	Mirjan Veren
Supervisor:	Assist. Prof. Roman Kunič, Ph.D.
Cosupervisor:	Assist. Luka Pajek
Title:	Energetic sanation of villa in Murska Sobota
Document type:	Graduation Thesis – University Studies
Scope and tools:	102 pp., 48 fig., 68 tab., 25 graph., 5 eq.
Keywords:	energetic restoration, cultural heritage, insulation, the use of energy for heating, solar gain, thermal balance of building, thermal bridges, transmission loss

Abstract

In my thesis, I study energetic restoration of a thermally uninsulated building Hartnerjeva vila on Grajska street 2 in Murska Sobota. Through fieldwork, I capture the current status of the object, its geometry and how it is preserved. In the energetic restoration of this historically protected building, I include thermal insulation of the outer layer of the building, replacement of doors and windows with transparent elements, improvement of ventilation as well as an increase of the efficiency of its systems. Firstly, I calculate thermal characteristics of each construction compound with the computer program TEDI. Secondly, I study the sun exposure of the building. In accordance with the regulations (Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah PURES 2010), I make calculations for the thermal balance of buildings in 9 different ways with the computer program TOST. At first, I do not consider thermal bridges; subsequently, I calculate them in a simplified manner; and lastly, using the SIST EN ISO 14683 standard. I compare the results and analyze the energetic balance of the building. The study has shown that the heat loss in the existing building is too high. From all of my cases, my last one managed to reduce the yearly energy consumption for heating by three and a half times. Because of thermal bridges the energy consumption increased, but not more than 28 %. The minimum effect of thermal bridges is shown by the starting status using the simplified manner of consideration of thermal bridges.

ZAHVALA

Za vso strokovno pomoč, naklonjen čas in podporo pri izdelavi diplomskega dela se iskreno zahvaljujem mentorju doc. dr. Romanu Kuniču in somentorju, asist. Luki Pajku.

Prav posebej pa se želim zahvaliti svoji družini za brezpogojno podporo in razumevanje v času študija.

Zahvala gre tudi projektivnemu biroju REMO - Zrinski in drugi d.n.o. za posredovane načrte o stavbi.

“Ta stran je namenoma prazna.”

KAZALO VSEBINE

STRAN ZA POPRAVKE	1
IZJAVE	II
BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK	III
BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT	IV
ZAHVALA	V
KAZALO VSEBINE	VII
KAZALO PREGLEDNIC	IX
KAZALO GRAFIKONOV	XII
KAZALO SLIK	XIII
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	XV
1 UVOD	1
1.1 Cilji in metode dela	1
1.2 Kulturna dediščina	2
1.3 Programska orodja	3
2 TEORETIČNI DEL NALOGE	4
2.1 Podatki o objektu in okolici	4
2.1.1 Splošni podatki.....	4
2.1.2 Analiza osončenosti	9
2.1.3 Temperaturno coniranje in geometrijski podatki	14
2.1.4 Konstrukcijski sklopi in materiali	17
2.1.5 Ohranjenost	24
2.1.6 Zunanje odprtine	26
2.1.7 Kratka analiza stavbe	33
2.2 Toplotni mostovi	34
2.2.1 Upoštevanje toplotnih mostov.....	36
2.2.2 Evidentiranje toplotnih mostov	37
2.2.2.1 Posebnosti toplotnih mostov	42
2.3 Vhodni podatki delovnega lista.....	44
2.3.1 Toplotna prevodnost zemljine.....	44
2.3.2 Toplotna kapaciteta	45
2.3.3 Netransparentne površine.....	45
2.3.4 Cone	46
2.3.5 Projektne temperature in dobitki notranjih virov	47
2.3.6 Klimatski podatki	47
2.3.7 Podobdobja.....	48

2.3.8	Ogrevanje	48
2.3.9	Topla voda in gostota moči svetilk.....	49
2.3.10	Prezračevanje	49
2.3.11	Toplotni mostovi prve variante	50
2.4	Varianta 2	50
2.4.1	Izibra materiala.....	50
2.4.2	Konstrukcijski sklopi.....	57
2.4.3	Zunanje odprtine.....	60
2.4.4	Toplotni mostovi - Varianta 2	62
2.5	Varianta 3	66
2.5.1	Konstrukcijski sklopi in materiali	67
2.5.2	Zunanje optine.....	69
2.5.3	Toplotni mostovi- Varianta 3	70
3	REZULTATI.....	74
3.1	Komentar rezultatov – varianta 1	75
3.1.1	Dodatni primer	77
3.2	Komentar rezultatov – varianta 2	78
3.2.1	Dodatni primer	82
3.3	Komentar rezultatov – varianta 3	83
3.4	Skupni rezultati.....	86
3.4.1	Dodatni ukrepi.....	92
3.4.2	Poenostavitve.....	93
4	SKLEP IN POVZETEK	94
4.1	Toplotni mostovi	94
4.2	Zunanje odprtine.....	94
4.3	Povzetek	96
5	ZAKLJUČEK	97
VIRI	98

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Shema delitve kulturne dediščine.....	3
Preglednica 2: Energija sončnega sevanja za območje Murske Sobote (vir:[32])	7
Preglednica 3: Minimalne zahteve osončenosti [18].....	10
Preglednica 4: Osončenost zbiralnih površin v [min] po straneh ob izbranih datumih.....	12
Preglednica 5: Faktorji osončenosti $F_{sh,ob}$ [-] objekta	12
Preglednica 6: Rezultati trajanja osončenosti [min] vseh zbiralnih površin	13
Preglednica 7: Število ogrevalnih dni [4].....	14
Preglednica 8: Tlorisne površine in prostornine con.....	15
Preglednica 9: Evidentiranje prostorov	16
Preglednica 10: Toplotne karakteristike konstrukcijskih sklopov 1-5	21
Preglednica 11: Toplotne karakteristike konstrukcijskih sklopov 6-8	22
Preglednica 12: Toplotne karakteristike konstrukcijskih sklopov 10-12	22
Preglednica 13: Popis površin gradbenih odprtín, transparentni elementi A_w [m ²].....	26
Preglednica 14: Zunanje kletne odprtine.....	27
Preglednica 15: Zunanje odprtine v pritličju.....	27
Preglednica 16: Zunanje odprtine v nadstropju.....	28
Preglednica 17: Zunanje odprtine v podstrešju	28
Preglednica 18: Geometrijske lastnosti škatlastega in enojnega okna	31
Preglednica 19: Podatki za toplotno prehodnost oken in vrat	32
Preglednica 20: Toplotna prehodnost okna (U_w) in faktorja prehoda celotnega sončnega sevanja (g). 32	
Preglednica 21: Toplotna prehodnost U_w in U_D [W/m ² K] transparentnih elementov (KS št. 9).....	32
Preglednica 22: Hierarhija toplotnih mostov.....	35
Preglednica 23: Obsegi odprtín L [m]	37
Preglednica 24: Vhodni podatki toplotnih mostov za 3 in 4 cono	40
Preglednica 25: Vhodni podatki toplotnih mostov za 1 in 2 cono	40
Preglednica 26: Spremenjeni tipi TM odprtín za 1. varianto	42
Preglednica 27: Prikaz vertikalnih TM v vogalih in oknih	43

Preglednica 28: Toplotna kapaciteta ogrevanih con (vir: [4])	45
Preglednica 29: Netransparentne vertikalne površine [m^2]	45
Preglednica 30: Predelni KS proti stopnišču v kleti	46
Preglednica 31: Podatki kleti	46
Preglednica 32: Podatki pritličja	46
Preglednica 33: Projektne temperature v ogrevani coni s povprečno močjo notranjih dobitkov virov	47
Preglednica 34: Osnovni klimatski podatki za območje Murske Sobotne [4]	47
Preglednica 35: Učinkovitost sistemov za ogrevanje, hlajenje in toplo vodo	48
Preglednica 36: Prezračevanje prostorov v izhodiščni varianti	49
Preglednica 37: Tabela toplotnih mostov izhodiščnega stanja [5]	50
Preglednica 38: Površine izpostavljenega stika toplotnega ovoja z okolico	51
Preglednica 39: Materialne lastnosti porobetona (vir:[41])	52
Preglednica 40: Materialne lastnosti XPS-a [44]	55
Preglednica 41: Toplotne karakteristike spremenjenih konstrukcijskih sklopov	57
Preglednica 42: Stena ob podstrešnem stopnišču	59
Preglednica 43: Značilne vrednosti U in g faktorjev za vrste zasteklitve [4]	60
Preglednica 44: Toplotne prehodnosti zunanjih transparentnih elementov za 2. varianto	61
Preglednica 45: Toplotni most tip GF7 in IW6 [5]	63
Preglednica 46: Toplotni most R3 in R7	65
Preglednica 47: Primerjava materialov	67
Preglednica 48: Karakteristike zunanjega zidu	68
Preglednica 49: Toplotna prehodnost transparentnih površin 3. variante	70
Preglednica 50: Primeri toplotnih mostov v tretji varianti	71
Preglednica 51: Toplotni most GF5[]	73
Preglednica 52: Toplotni most W1 in W7 [5]	73
Preglednica 53: Izvedeni koraki 2. in 3. variante	74
Preglednica 54: Osnovni izhodni podatki	74
Preglednica 55: Toplotna bilanca 1. variante	75

Preglednica 56: Potrebna letna energija 1. variante	77
Preglednica 57: Toplotna bilanca 2. variante dodatnega primera	77
Preglednica 58: Izgube in dobitki ogrevanih con brez senčenja objekta (dodatni primer prve variante)	78
Preglednica 59: Toplotna bilanca 2. variante	79
Preglednica 60: Potrebna letna energija v 2. varianti	81
Preglednica 61: Zmanjšanje prostornin in površin zaradi toplotne izolacije.....	82
Preglednica 62: Spremembe dodatnega ukrepa 2. variante 3. primera	82
Preglednica 63: Toplotna bilanca 3. variante	83
Preglednica 64: Potrebna letna energija 3. variante	86
Preglednica 65: Toplotna bilanca stavbe z računom toplotnih mostov po standardu [5].....	88
Preglednica 66: Nekatere ugodne in neugodne poenostavitve	93
Preglednica 67: Deleži toplotnih mostov	94
Preglednica 68: Zasteklitev	95

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Primerjava zidov različne debeline pri povečevanju debeline Multipora	54
Grafikon 2: Primerjava med materialoma pri različnih debelinah sklopa	56
Grafikon 3: Primerjava treh materialov	68
Grafikon 4: Primerjava izgub in dobitkov 1. variante za ogrevalno obdobje	76
Grafikon 5: Porazdelitev izgub in dobitkov med primeri 2. variante za ogrevalno obdobje	76
Grafikon 6: Vpliv senčenja na porazdelitev izgub in dobitkov	78
Grafikon 7: Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub 2. variante	79
Grafikon 8: Primerjava izgub in dobitkov 2. variante za ogrevalno obdobje	80
Grafikon 9: Primerjava izgub in dobitkov 2. variante za obdobje ohlajanja	80
Grafikon 10: Porazdelitev izgub in dobitkov med primeri 2. variante za ogrevalno obdobje	81
Grafikon 11: Porazdelitev izgub in dobitkov med primeri 2. variante za obdobje hlajenja	81
Grafikon 12: Vpliv spremembe prostornin in površin	83
Grafikon 13: Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub 3. variante	84
Grafikon 14: Primerjava izgub in dobitkov 3. variante za ogrevalno obdobje	84
Grafikon 15: Primerjava izgub in dobitkov 3. variante za obdobje hlajenja	85
Grafikon 16: Porazdelitev izgub in dobitkov med primeri 3. variante za ogrevalno obdobje	85
Grafikon 17: Porazdelitev izgub in dobitkov med primeri 3. variante za obdobje hlajenja	85
Grafikon 18: Energetski razredi in letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine za vseh 9 primerov	87
Grafikon 19: Vplivi korakov pri 2. varianti	88
Grafikon 20: Koeficient specifičnih transmisijskih izgub	89
Grafikon 21: Relativni vpliv toplotnih mostov glede na 1. primer	90
Grafikon 22: Metoda upoštevanja toplotnih mostov glede na začetni izračun porabe energije za ogrevanje stavbe	90
Grafikon 23: Primerjava energijskih bilanc variant za primer računa TM po standard []	91
Grafikon 24: Letna potrebni hlad za hlajanje	91
Grafikon 25: Potrebna letna energija za ogrevanje v 3. varianti	95

KAZALO SLIK

Slika 1: Posnetek Hartnerjeve vile v času prvotne namembnosti (vir: [29]).....	5
Slika 2: Fasade (vir: [30]).....	5
Slika 3: Tloris ostrešja z naklonskimi koti strešin (vir: [1]).....	6
Slika 4: Današnji zunanji izgled vile iz JZ strani (vir: lasten, 2016).....	6
Slika 5: 3D vizualizacija obstoječe stavbe z bližnjo okolico in označenim prizidkom.....	7
Slika 6: Parcelna ureditev nekoč (levo) in danes (desno)	8
Slika 7: Satelitski posnetek parcelnega območja (turkizna barva črte) z bližnjo okolico (vir: [23])	8
Slika 8: 3D prikaz računskih modelov za analizo vpliva osončenosti in faktorja osenčenosti	9
Slika 9: Prikaz izbranih zbiralnih površin po straneh (od leve proti desni si sledijo V, J in Z fasada) .	10
Slika 10: Kontrola ujemanja senčenega objekta s senčenjem modela stavbe (vir: lasten, 2016).....	11
Slika 11: Toplotna hierarhija notranjih prostorov	15
Slika 12: Evidentiranje prostorov in odprtih (vir: lasten, 2016).....	17
Slika 13: Vgrajeni materiali (vir: lasten, 2016).....	18
Slika 14: Medetažna konstrukcija (vir: lasten, 2016).....	19
Slika 15: Skica prereza medetažne konstrukcije	19
Slika 16: Konstrukcijski sklopi na prerezu stavbe (vir: [1])	20
Slika 17: Področje vidnih stropnikov (rjavo) in ravnega stropa (rumeno) med ogrevanima conama...	23
Slika 18: Dobro ohranjene cone od znotraj (vir: lasten, 2016)	24
Slika 19: Severna stena (vir: lasten, 2016)	25
Slika 20: Vidne večje poškodbe v stavbi (vir: lasten, 2016)	25
Slika 21: Modeliranje tipičnega dvojnega okna.....	26
Slika 22: Zunanje okno iz notranje strani (vir: lasten, 2016)	29
Slika 23: Obseg stikov zasteklitve (rdeče) in obseg gradbenih odprtih (modro)	30
Slika 24: Tipologija zunanjih vrat v pritličju (vir: lasten, 2016).....	30
Slika 25: Tipologija zunanjih vrat v nadstropju (vir: lasten, 2016).....	30
Slika 26: Skica toplotnega toka pri geometrijskem (levo) in konstrukcijskem toplotnem mostu (desno)	36

Slika 27: Najpogostejši dvo dimenzionalni toplotni mostovi na ovoju stavbe.....	37
Slika 28: Evidentirani vertikalni linijski toplotni mostovi variante 1.....	38
Slika 29: Evidentirani horizontalni linijski toplotni mostovi variante 1.....	39
Slika 30: Skica horizontalnih linijskih TM na toplotnem obodu.....	39
Slika 31: Identifikacija stikov na tlorisu podstrešja.....	41
Slika 32: Vogalni stiki pri toplotni izolaciji na zunanji strani	42
Slika 33: Poenostavitev vogalne členjenosti	44
Slika 34: Klet v prerezu [1]	44
Slika 35: Skica faznega zamika in amplitude nihanja toplote	53
Slika 36: Skica procentnega zmanjšanja U vrednosti sklopov	59
Slika 37: Delavniška skica vzdolžnega prereza dvojnega okna z zeleno zasteklitvijo [48]	61
Slika 38: Skica toplotne izolacije stebrov zunanjega prostora (št. 24).....	62
Slika 39: Prekinitvev TI v križanju kletne stene s pritlično talno ploščo	63
Slika 40: Vertikalni vogalni stik.....	63
Slika 41: TM tipa C7	64
Slika 42: TM tipa C7	64
Slika 43: Izboljšanje stika balkonske plošče	64
Slika 44: Stik odprtine in zunanjega zidu	65
Slika 45: Evidentirani linijski TM 2 variante	66
Slika 46: Evidentirani vertikalni linijski TM.....	71
Slika 47: Evidentirani horizontalni linijski TM.....	71
Slika 48: Tortna porazdelitev letnih energij, ki jih stavba potrebuje v 3. primeru računa TM po standardu [5].....	92

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

v	Faktor dušenja temperature
HV	Hartnerjeva vila
KS	Konstrukcijski sklop
KD	Kulturna dediščina
ψ	Linijska toplotna prehodnost
NC	Neogrevana cona
NK	Nosilna konstrukcija
OVE	Obnovljivi viri energije
OC	Ogrevana cona
PURES 2010	Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah
TSG	Tehnična smernica za graditev
TI	Toplotna izolacija
C	Toplotna kapaciteta
U	Toplotna prehodnost
η	Toplotna zakasnitev
TM	Toplotni most

“Ta stran je namenoma prazna.”

1 UVOD

1.1 Cilji in metode dela

Diplomsko delo obsega pridobivanje podatkov na terenu in njihovo obdelavo z računalniškimi orodji. Terensko delo obsega fotografiranje, preverjanje znanih dimenzij [1] in analizo ohranjenosti vile ter analizo parcelnega območja. Delo z računalniškimi orodji dopolnjuje terensko delo v skladu s pravilniki na področju arhitekture. V teoretičnem delu naloge s pravilnikom o učinkoviti rabi energije v stavbah (v nadaljevanju PURES 2010 [2]) analiziram energetska sanacijo objekta, ki je pod spomeniškim varstvom na tri načine z računalniškim orodjem TEDI [3] in TOST [4]. Prva varianta (1. varianta) je izhodiščno stanje objekta ob izgradnji, sledi energetska sanacija z upoštevanjem predpisov o varstvu kulturne dediščine (2. varianta) ter varianta brez upoštevanja le teh (3. varianta). Vsak izračun izvedem s poenostavljenim izračunom (2. primer) toplotnih mostov (v nadaljevanju TM) in načinom določitve TM po standardu (3. primer) SIST EN ISO 14683 [5]. Za primerjavo med dobljenimi šestimi primeri opravim najprej primer izračuna brez upoštevanja TM (1. primer). Izboljšavi izvedem ob maksimalnem izkoriščanju sončnih pritokov, toplotnem izoliranju stavbe, zamenjavi zunanega stavbnega pohištva in učinkovitosti sistemov za doseganje visoke stopnje bivalnega udobja z danimi omejitvami: lokacija, senčenje, geometrija stavbe, materiali, termična izolacija, sistemi ogrevanja in hlajenja. S skupaj devetimi primeri prikazujem vpliv TM na energetska bilanco stavbe, ugotavljam vzroke toplotnih izgub in njihove deleže. Namen naloge je tudi preverjanje smiselnosti natančnejšega izračuna TM po standardu [5]. Zaradi razumevanja sem nalogo razdelil na teoretični del, kjer opišem in pripravim vse potrebne podatke za izhodiščno prvotno stanje objekta in praktični del, kjer primerjam rezultate posameznih variant in analiziram vse primere. Podlaga za primerjavo je najbližje stanje realnemu (3. primer). Bioklimatski sistem z ogromnimi količinami stikov, členjenostjo in raznolikostjo med etažnimi površinami glede na ovoj, ima večji vpliv TM na porabo energije, ki se še poveča s TI na notranji strani [6]. Takšen način izoliranja pa je značilen za spomeniško zaščitene stavbe, kjer se pročelje stavbe največkrat ne sme spremeniti. Tako imam priložnost vzporedno analizirati različne načine izvedbe fasade z omejenostjo izbire ukrepov zaradi njene zaščitnosti, oz. prosto izbiro ukrepov. Zato sem izvedel varianta št. 2, s katero med drugim prikažem tudi težo zahtev zaradi varovanja v skladu s predpisi o varstvu kulturne dediščine pri energetska sanaciji objekta.

Energetska prenova stavb ima v splošnem dolgoročne gospodarsko-ekološke učinke predvsem na račun zmanjšanja potrebe po primarni energiji in s tem povezanimi finančnimi prihranki. Cilji podnebno energetske politike so zapisani v akcijskih načrtih [7]. Z zmanjšanjem emisij toplogrednih plinov (CO₂ za 20% do 2020 glede na 1990), preprečimo plačevanje kazni EU za neizpolnjevanje okoljevarstvenih zahtev [8]. Države članice Evropske Unije omogočajo izkoriščanje finančnih

spodbud. Ukrepi vzpodbujajo zagon gospodarstva (izobraženost, zaposlenost, usposobljenost, konkurenčnost), zahtevajo nujnost uporabe tehnološkega razvoja in zahtevajo večji delež obnovljivih virov (v nadaljevanju OVE). Samo z OVE je bilo v letu 2015 povezanih 8.1 mio delovnih mest [9] po vsem svetu. OVE imajo velike pozitivne učinke, saj so brezplačni in jih je na pretek. "Delež porabljene energije, potrebne za delovanje stavb, v EU znaša 40 odstotkov in še narašča" [10]. Končna poraba energije mora biti takšna, da je najmanjši predpisani delež OVE v stavbah minimalni.

Za stavbe, ki so v lasti občin velja, da morajo imeti do 2018 po Energetskem zakonu [11] izdelano energetska izkaznico z izkazom energetske učinkovitosti in biti ob novogradnji skoraj nič energijske [12], vendar to ni potrebno pri spomeniško zaščitenih objektih. Poteza je smiselna, saj tako visokih zahtev energetske sanacije starejši objekti zelo težko dosežejo ob današnji tehnologiji. Zato sem izvedel tretjo varianto, kjer se s svobodno izbiro ukrepov želim približati energetska sanaciji pod strogimi zahtevami »črke zakona«.

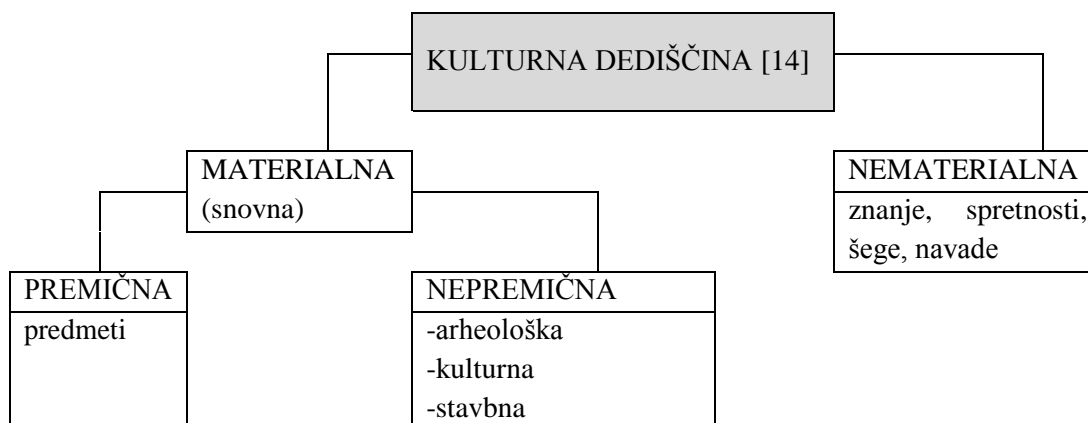
1.2 Kulturna dediščina

Stavbna kulturna dediščina (v nadaljevanju KD) predstavlja zgodovinsko bogastvo naroda, je vezivo narodne samobitnosti [13] in pomembna nota kulturne dediščine (Preglednica 1). Vrednost naravne in kulturne dediščine je potrebno zaščititi, varovati, obnoviti ter omogočiti naslednjim generacijam njihovo uživanje. S tem se ukvarja konservatorsko¹ – restavratorska² panoga, ki diagnosticira poškodbe (npr. s sondiranjem) in popravlja njihove posledice tako, da do novih več ne prihaja. Posegi v zunanost in okrnjenost osnovne kulturne identitete objekta pod spomeniškim varstvom navadno niso dovoljeni. Vsa dovoljenja se izvajajo na podlagi kulturnovarstvenega soglasja [14], ki je izdano na podlagi kulturno varstvenih pogojev [15]. Tako ni dovoljeno spreminjanje nosilnih in nenosilnih elementov, njihovega zunanega izgleda, tako, da ne vnesemo v obstoječ organizem drugačnih materialov od osnovnih substanc, prvotnih barv. Ob določenih pogojih, t.i. kulturno-varstvenih pogojih, je dovoljena TI na zunanji strani. Omejenost navadno zahteva nove izzive, otežuje delo načrtovalcev in lahko pomeni opustitev projektov za ohranitev kulturne podobe mest v prihodnosti. Vzroke lahko iščemo v križanju zahtev energetske in statične sanacije z zahtevami varstva stavbne kulturne dediščine v kombinaciji z omejenostjo ukrepov. Najti ravnotežje med možnostmi in zahtevami, pomeni najti optimalno rešitev za udobje uporabnika. Zato ima tovrstna sanacija značilnosti demonstracijskega projekta prenove v skoraj nič-energijskem slogu. V tej smeri poteka tudi druga, izboljšana prvotna variant.

¹ Konserviranje je ohranjanje (ang. *conservation*), panoga, ki obravnava razloge za propadanje snovi, obseg poškodb [13].

² Restavriranje je obrtniško konserviranje, odpravljanje vidnih poškodb [13]

Preglednica 1: Shema delitve kulturne dediščine



Temeljne naloge Službe za kulturno dediščino so: identificiranje, dokumentiranje, preučevanje, vrednotenje, interpretiranje in promocija nepremične dediščine ter z njo povezane premične in žive dediščine [16].

1.3 Programska orodja

Uporabljeni programi v nalogi so: TEDI, TOST, Google Sketchup. Za potrebe izračuna toplotne prehodnosti konstrukcijskih sklopov (v nadaljevanju KS) v poglavju 2.1.4 uporabim programsko orodje z imenom TEDI [3]. Izračuni, opravljeni s programom TEDI, so osnovni podatek pri nadaljnjih izračunih v programu TOST. Energetsko bilanco z energetskimi lastnostmi stavbe preračunam s programskim orodjem z imenom TOST [4]. Programa sta bila razvita na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo v sodelovanju s podjetjem Fragmat in slonita na pravilniku PURES 2010 [2], ki upošteva standard SIST EN ISO 13790 [17] in tehnično smernico TSG-1-4 (v nadaljevanju TSG [18]). Zato se poleg študijskih uporablja tudi v poslovne namene. Enostavna zasnova v programskem okolju Office Excel je uporabniku prijazna in preprosta. Za vsako okno je priložena razlaga z navodili. S dodatkom Shading II, programskega orodja Google SketchUp [19] sem izvedel izračune trajanja osončenosti.

2 TEORETIČNI DEL NALOGE

2.1 Podatki o objektu in okolici

2.1.1 Splošni podatki

Obravnavam staromeščansko enonadstropno bivanjsko vilo družine Franca Hartnerja (v nadaljevanju HV), premožnega veleposestnika in župana Murske Sobote v letih od 1933-1945 [20]. Grajena je bila v 20. ih letih 20. stoletja [21] in prvič vpisana v zemljiško knjigo leta 1928 [22]. Izbrani objekt se nahaja v severnem delu jedra mesta Murska Sobota, na Grajski ulici 2, s koordinatami GKX: 169527, GKY: 589446 [23], kar je $46,66^0$ severno od ekvatorja in $16,16^0$ vzhodno od ničnega poldnevnik. Lokacija determinira lokalne klimatske podatke, ki so osnova izračunom v nalogi. Od leta 1997 je objekt razglašen za nepremično kulturno dediščino, natančneje profano³ stavbno dediščino [24] in je kot taka kulturni spomenik lokalnega pomena [14] z evidenčno številko (EŠD 6796) enote kulturne dediščine [25] znotraj spomeniškega območja Murska Sobota - mestno jedro (EŠD 6774). Za stavbno območje veljajo kulturno-varstveni pogoji, oziroma omejitve zaradi zaščite spomeniškega varstva. Po denacionalizacijskih postopkih po drugi svetovni vojni je objekt prešel v last mestne občine Murska Sobota [26].

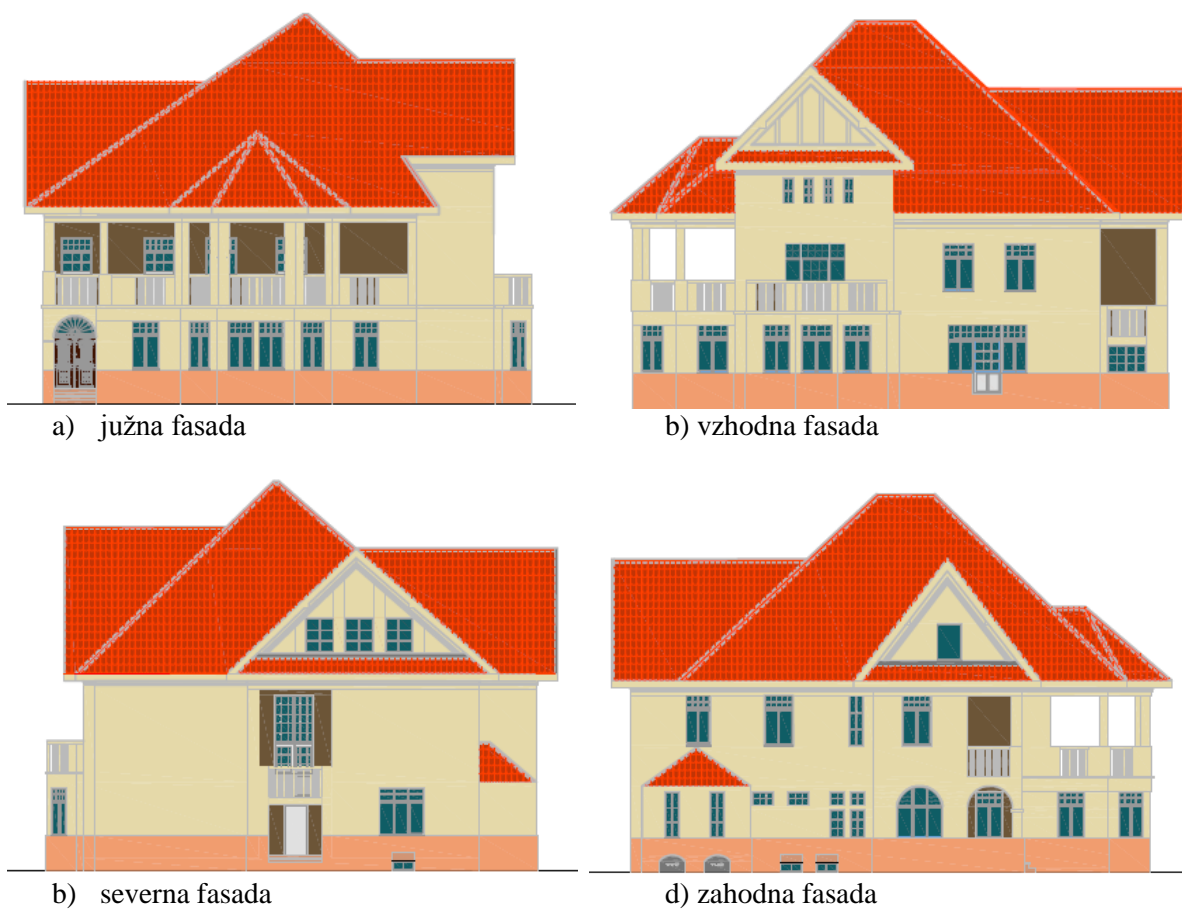
V nizu historičnih zgradb mestnega središča [14] arhitekturna kompozicija stavbe kaže na skrbno načrtovanost madžarskih graditeljev [27] v angleškem stilu [21], z značilnimi ravnimi in trikotnimi elementi (Slika 1). Ponaša se s svojim volumnom, pri čemer neto ogrevani volumen znaša 3500 m^3 , etažne bruto površine pa so večje od 300 m^2 (pritličje 317 m^2 , nadstropje $308,9 \text{ m}^2$ in podstrešje $365,3 \text{ m}^2$). Prestižne so tudi velikosti »svetlih« višin ($3,3 \text{ m}$) in prostorno podstrešje, ki zavzema tretjino neto volumna celotne stavbe (Poglavje 2.1.3). Fasada (Slika 2) je členjena z venci, obrobami in balkonskimi ograjami [24], ki predstavljajo pomembnejše varovane vrednote. Pomembne značilnosti stavbe so: geometrijska pravilnost, velike odprtine in bogati restavratorski detajli kot so oboki, arkade, veličastna okrašenost nosilnih in lesenih elementov (Slika 13c, 14b). Večdelna poševna streha (mnogokapnica) je prezračevana, sestavljena iz strmih in zelo strmih naklonov [28] med 35^0 in 58^0 (Slika 3) ter pokrita z opečno kritino. Prostornost narekuje izbiro materiala in zahteva zadostno širino zidov.

Prvotna rezidenčna namenska raba prostorov vse do medvojnega pobega družine po letu 1945, je obsegala skladiščno-shrambene prostore v kleti, bivalne in povezovalne ter pomožne prostore v pritličju in nadstropju, spalne prostore v nadstropju in pomožni prostor za shranjevanje na podstrešju [1]. Vila v letošnjem letu 2016 nima uporabniške funkcije, gramozirano dvorišče na Z strani se koristi kot brezplačno javno parkirišče (Slika 4).

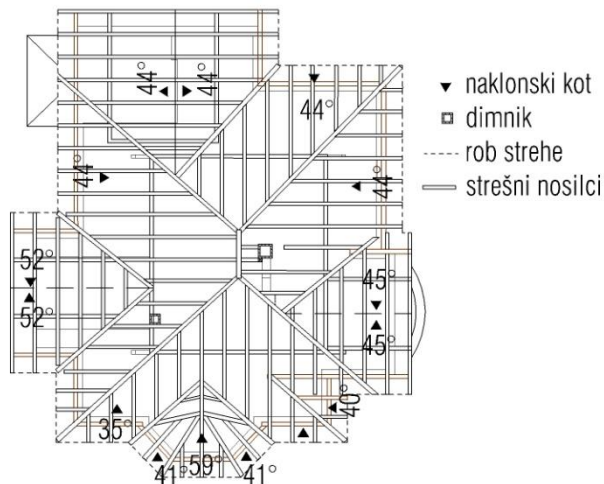
³ Profana stavbna dediščina: gradovi, vile, dvorci, mestna in trška stavba [24].



Slika 1: Posnetek Hartnerjeve vile v času prvotne namembnosti (vir: [29])



Slika 2: Fasade (vir: [30])



Slika 3: Tloris ostrešja z naklonskimi koti strešin (vir: [1])

Funkcionalna zasnova objekta obsega zidano, delno podkleteno enonadstropno stavbo z neizkoriščenim podstrešjem. Etažnost tako zajema klet, pritličje, 1. nadstropje in podstrešje. Vertikalno povezavo med nadstropji predstavljajo stopnišča, umeščena v horizontalne povezave centraliziranih hodnikov, iz katerih dostopamo v preostale prostore. Med pritličjem in nadstropjem je tako lesen podest, od katerega je dostop le na S teraso. Višina slemena znaša 16,8 m od višinske kote $\pm 0,00$, ki je 194,5 m nadmorske višine [26].



a) pogled od spodaj



b) pogled od zgoraj

Slika 4: Današnji zunanji izgled vile iz JZ strani (vir: lasten, 2016)

Iz terenskega dela opažam, da je HV toplotno neizoliran objekt. Nosilna konstrukcija (v nadaljevanju NK) ni doživela večjih sprememb od izgradnje. V SZ kletnem prostoru je vgrajeno okno brez dotoka svetlobe. Razlago najdemo v naknadni dozidavi manjšega prizidka (Slika 5) v velikosti $10,23 \text{ m}^2$ k Z fasadi. Pridobitev je pomenila $6,5 \text{ m}^2$ dodatne uporabne površine [14] v pritličju in predstavlja edino spremembo v ovojju konstrukcije skozi njeno življenjsko dobo.



Slika 5: 3D vizualizacija obstoječe stavbe z bližnjo okolico in označenim prizidkom

Vemo, da dnevna svetloba v prostoru vpliva na zdravje in počutje posameznika, ki potrebuje zadostno količino dnevne svetlobe [31]. Na količino sončnega sevanja na površini [32] lahko vplivamo z orientacijo ter oblikovanjem okolice objekta. Največ sončne energije dobi horizontalna površina (streha), nato J stran in skoraj enako V ter Z stran skupaj (Preglednica 2).

Preglednica 2: Energija sončnega sevanja za območje Murske Sobotice (vir:[32])

	Globalno sončno sevanje po orientacijah in naklonskih površinah [kWh/m ²]				
	Horizontalna	S	V	J	Z
Januar	1103	311	590	1663	728
Februar	1607	438	893	2246	1147
Marec	2841	633	1382	2328	1522
April	3944	956	1891	2167	1825
Maj	4759	1158	2296	2058	2101
Junij	5204	1380	2349	1968	2314
Julij	5975	1313	2521	2250	2579
Avgust	4823	1023	2214	2393	2205
September	3473	821	1671	2466	1716
Oktober	2104	551	989	1876	1027
November	1190	369	644	1275	586
December	907	289	515	1249	511
Letna energija	1157	282	548	728	556

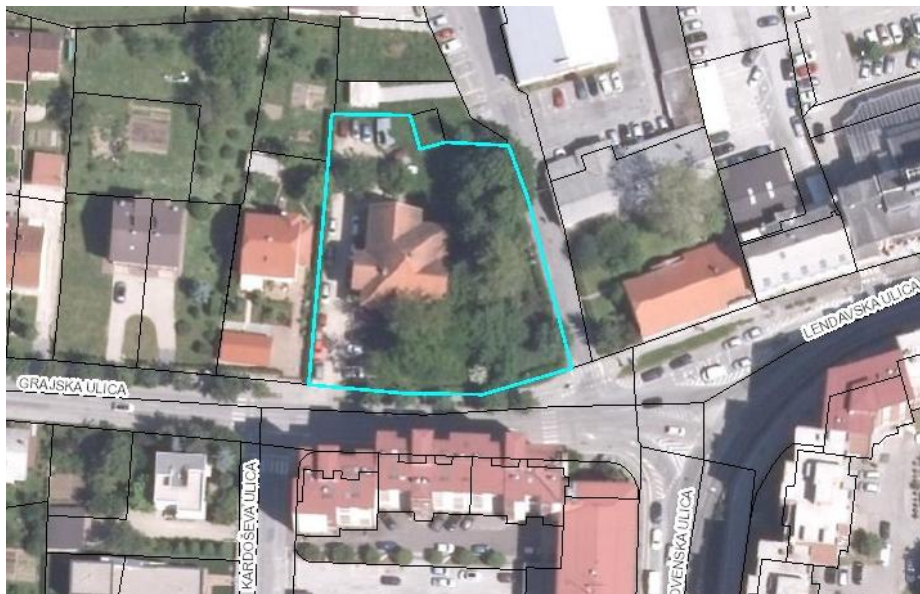
Za čim večje izkoriščanje razpoložljivega sončnega sevanja (osončenost), ki odpade na površine toplotnega ovoja, torej na transparentne in netransparentne površine, je pomembno poznati dejanske razmere na lokaciji, t.j. nepomične ovire kot so drevesa in bližnja zazidava (Slika 5). Te omejuje solarne pritoke in zmanjšuje osvetljenost notranjih prostorov, torej nam senčijo objekt. Zeleni pas, oz. drevesa, so najbolj učinkoviti filter prašnih delcev in zvočna izolacija ter predstavljajo vetrno zaščito mesta. Dendrološka diverziteteta pa tudi prispeva k ciljem trajnostnega razvoja [33]. Iščemo zdravo razmerje med zasaditvijo in senčenjem objekta s študijo osončenosti. Za izračune pa potrebujemo analizo parcelne ureditve in vplivne okolice. Če pogledamo za vile značilno veliko parcelno območje v velikosti 2423 m² [23] skozi lupo časa, opazimo, da je občutna predvsem poraščenost (Slika 5) V in

J dela parcele z bujnim rastlinstvom (predvsem listavci). Na vzhodni strani objekta so še danes opazni zametki temeljev terase, ki je skupaj z zelenico (Slika 1) predstavljala urejeno mestno vilo.



Slika 6: Parcelna ureditev nekoč (levo) in danes (desno)

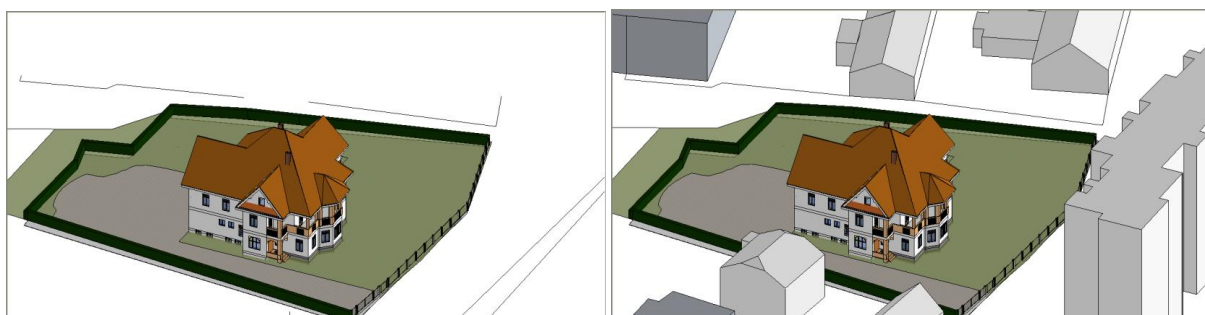
Iz kronološkega pregleda izgradnje sosednjih objektov ugotovimo, da je celotna okoliška pozidava prišla naknadno [26]. Če iz prej opisanega privzamemo, da po izgradnji vila ni imela over, lahko pri računu vpliva sosednjih ovir na osončenost/osenčenost objekta dobimo hkrati idealno primerjavo med situacijo nekoč in danes. Okoliške stavbe so različnih gabaritov in namenske rabe [26]. Na J strani so linijski večstanovanjski objekti visokogradnje z višino 25,3 m in oddaljenostjo 26 m od J fasade; na Z strani stoji hiša nizke gradnje s slemenom na višini 10,4 m in oddaljenostjo 12 m od Z fasade; na S in V pa je srednje visoka gradnja poslovno/trgovskih objektov višine 8,3 m (Slika 7). Sosednje objekte, parcelna območja, ulice in orientacijo stavbe prikazujem tlorisno na sliki 6.



Slika 7: Satelitski posnetek parcelnega območja (turkizna barva črte) z bližnjo okolico (vir: [23])

2.1.2 Analiza osončenosti

Za analizo osončenosti [14] potrebujemo stanje na začetku, stanje z današnjo pozidavo brez zasaditve ter primer z vsemi sedanjimi ovirami (Slika 8). Ker listavci v ogrevalnem času pustijo liste, sem za primer 21. decembra računal kot z dodatnim primerom (Slika 8d). Razmerje osončenosti med prvim in tretjim stanjem je razmerje med dejansko in osončeno površino, kar je faktor osončenosti ($F_{sh,ob}$) transparentnih površin, ki ga potrebujemo v programu TOST. Faktor osončenosti 1 pomeni, da zbiralna površina nič ne senči in je 100 % obsijana s soncem glede na obravnavano stanje. Zbiralne površine, ki dobivajo toplotno energijo sonca, so vse ploskve stavbnega ovoja, ki so merjene 1 m nad tlemi [18] in niso popolnoma samosenčene ali niso v popolni senci, vključno z odprtiniami. Če površina ni zbiralna, kot je npr. S stena, pa je že v osnovi v senci in ima faktor enak 1, saj opazujemo razmerja zmanjšanja osončenosti in ne samo osončenost. Ker dobimo podatke le za referenčne dni, smo na varni strani, če jih posplošimo na cel mesec ter interpoliramo za preostale mesece. Teren in okolica (Prekmurje) je ravna, zato ni senčenja zaradi morfologije terena.



a) izhodiščno stanje - stanje leta 1930

b) današnje stanje brez zasaditve



c) današnje stanje z vsemi ovirami

d) današnje stanje v času ogrevalne sezone (21.12.)

Slika 8: 3D prikaz računskih modelov za analizo vpliva osončenosti in faktorja osončenosti

Z izbiro transparentnih površin (Slika 9) izračunam trajanje osončenosti s pomočjo računalniškega orodja [19] za izbrane »kritične« dni v letu in horizontalne površine. Program izračuna delež osončene površine v določenem času (npr. 21.12. ob 9:45 h je vrednost 18,4 %) od maksimalne možne osončenosti z vrednostjo 1. Podatki so izpisani na najmanj 15 minutne intervale. Potrebujemo

opazovani čas in datum, oz. omejene intervale azimutov, ki jih privzamem iz pravilnika TSG [18]. V preglednici 3 še navajam minimalne in v programu možne čase trajanja osončenosti v opazovanem časovnem intervalu. Izberem izračune na vsakih 15 minut, da zajamem osončenosti v opazovanih azimutih čim bolj natančno. Z aproksimacijo povprečja opazovanih intervalov dobim delež 100 % osončenosti površine v izbranem intervalu na izbrani dan. Podatke vzamem za leto 2016.

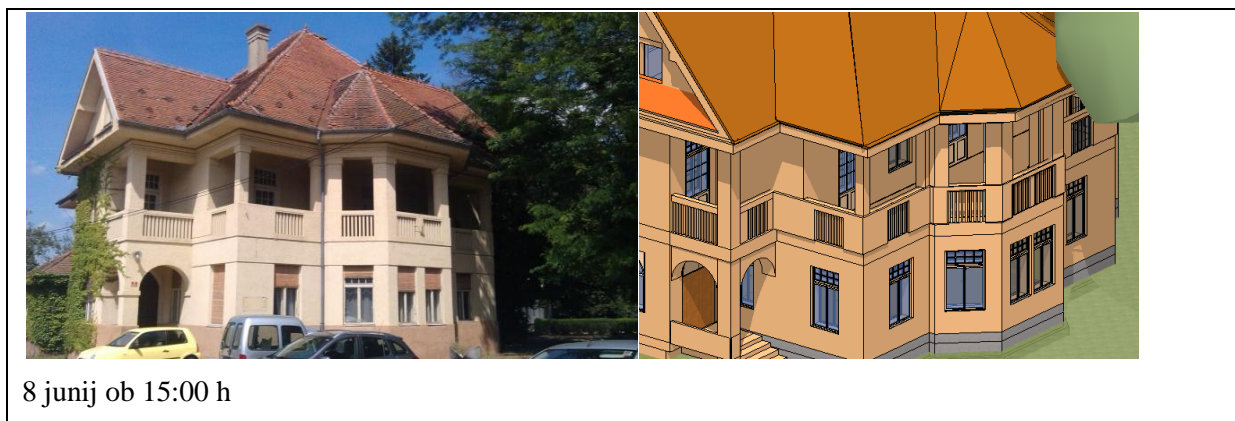
Preglednica 3: Minimalne zahteve osončenosti [18]

Datum		Trajanje osončenja [h]		Odstopanje od J smeri	Izbrani opazovani interval
		Najmanj	Največ		
Ekvinokcija	21.3 in 23.9	4	6,75	+ - 60 ⁰	8:45-15:30 h
Poletni solsticij	21.6	6	12,5	+ - 110 ⁰	5:45-18:15 h
Zimski solsticij	21.12	2	4,25	+ - 30 ⁰	9:45-14:00 h

Za predvideno zbiralno površino poiščem na vsaki fasadi v pritličju in nadstropju po eno okno (Slika 9), ki je z vidika osončenosti kritična točka. Izračunano povprečje osončenosti oken iste fasade je »varen« približek za izračun razmerij osončenosti med 1. in 3. primerom, oz. faktorja osončenosti fasade. Točnost padcev senc sesednjih ovir in samosenčenja stavbe dokazuje natančnost določitve deležev osončenja. Za nadaljnje izračune moramo v programu narisati realno 3D sliko stavbe s sosednjimi ovirami. Pravilnost postavitve ovir glede na padanje senc sem ugotovil s primerjavo med fotografijami objekta pri določenih dnevih ob različnih urah (Slika 10).



Slika 9: Prikaz izbranih zbiralnih površin po straneh (od leve proti desni si sledijo V, J in Z fasada)



8 junij ob 15:00 h

se nadaljuje...

...nadaljevanje slike 10



Slika 10: Kontrola ujemanja senčenega objekta s senčenjem modela stavbe (vir: lasten, 2016)

Okno, ki ima v osnovni varianti vrednosti enake 0 (okno Z fasade v pritličju), ni zbiralna površina, zato s temi vrednostmi ne operiram. Zato izberem 2 površini vsake fasade, saj se določene površine samosenčijo, čeprav sprva ni videti. V preglednicah od 4 do 6 prikazujem rezultate osončenosti za različne primere. Zeleno obarvani okvirčki prikazujejo zadovoljitev kriterija minimalne osončenosti, rdeče vrstice so površine v pritličju, rumene pa površine v nadstropju. Iz rezultatov 1. in 3. primera dobim faktorje osončenosti ($F_{sh,ob}$), ki jih posplošim na vse mesece (Preglednica 5).

Pritlične ploskve so veliko bolj osončene kot nadstropne. Vila je točkovna kvadratna nizka pozidava, največ sonca odpade na horizontalno in J stran, zato 21. junija prejmeta ti površini največ osončenosti. Omenjeno lahko rezultira v pregrevanju v poletnih mesecih. Največ škode naredijo ovire v zimskem, ogrevalnem času, še posebej, ker je potreba po ogrevanju takrat največja. Ker takrat ni senčenja zaradi listopadnih dreves, je senčenje posledica linijskih stanovanjskih blokov na J strain zaradi elevacij sonca, ki so takrat najmanjše. Tako majhne, da tudi strešna površina ni osončena. Podobnost ekvinokcijev je upravičena. Majhne vrednosti sem dobil marca na V in J strani, kar je posledica sence dreves. Takrat je celotna horizontalna površina senčena.

Preglednica 4: Osončenost zbiralnih površin v [min] po straneh ob izbranih datumih

Primer		Vrednosti [min]	Datum			
			Orientacija fasade	21.3.2016	21.6.2016	21.9.2016
1	Izhodiščno stanje	Vzhod	151	328	163	81
		Jug	249	242	258	237
		Zahod	25	152	37	0
		Horizontalna	405	750	405	255
		Vzhod	196	300	182	139
		Jug	0	0	0	67
		Zahod	67	152	61	34
2	Brez drevesne zasaditve	Vzhod	151	312	163	12
		Jug	249	242	258	0
		Zahod	25	148	37	0
		Horizontalna	270	509	297	169
		Vzhod	196	300	182	20
		Jug	0	0	0	0
		Zahod	67	152	61	0
3	Z vsemi ovirami	Vzhod	70	241	90	2
		Jug	155	219	165	0
		Zahod	25	148	37	0
		Horizontalna	314	673	384	27
		Vzhod	106	234	108	20
		Jug	0	0	0	0
		Zahod	67	152	61	0

Preglednica 5: Faktorji osenčenosti $F_{sh,ob}$ [-] objekta

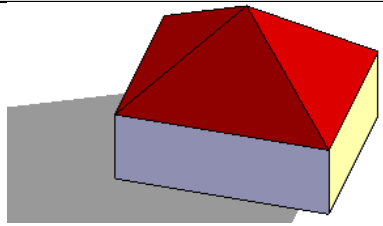
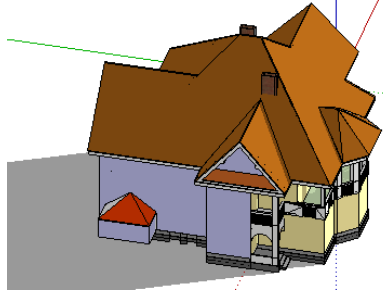
Ploskev	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
Severna	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Vzhodna	0,23	0,36	0,50	0,59	0,67	0,76	0,70	0,63	0,57	0,41	0,25	0,09
Južna	0,21	0,42	0,62	0,72	0,81	0,91	0,82	0,73	0,64	0,42	0,21	0,00
Zahodna	0,33	0,67	1,00	1,00	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	0,67	0,33	0,00
Horizontalna	0,33	0,55	0,78	0,82	0,86	0,90	0,91	0,93	0,95	0,67	0,39	0,10

Podobno kot za izračun faktorja osenčenosti ($F_{sh,ob}$) ugotavljam vpliv ovir na trajanje osenčenosti vseh zbiralnih površin s poenostavljenim in dejanskim modelom (Preglednica 6). Presežene vrednosti minimalne osenčenosti so označene z rdečo. Razlike med primeroma kažejo »nevarnost« poenostavljanja. Zaradi različnih velikosti posameznih površin, program generira skupno povprečno trajanje osenčenosti vseh zbiralnih površin ob določeni uri za globalno primerjavo vpliva ovir na osenčenost. Program izračuna glede na velikosti zbiralnih površin povprečje v izbranem času. Naprej sledi izračun na enak način kot pri transparentnih površinah.

Opazimo, da daje poenostavljeni model konservativne rezultate glede na natančnega. Še najbolj 21.12., ko je razlika 188% in 21.3. z razliko 113%. Tako bi objekt dejansko dobil manj pritokov kot v projektu in posledica bi bila dodatno dogrevanje. Razlike nastanejo zaradi sten, ki same sebe ne

senčijo, kar je posledica ugodnejše geometrije. Relativna razlika 156 min je največja pri višjih elevacijah v poletnih mesecih, kjer niso senčene nadstropne stene južne fasade in kjer ni težko zadostiti pravilniku TSG, saj je razpon azimutov največji (Preglednica 3).

Preglednica 6: Rezultati trajanja osončenosti [min] vseh zbiralnih površin

Poenostavljen model	Varianta	Opis primera na sliki:	21.3.2016 in 21.9.2016	21.6.2016	21.12.2016
	1	Slika 7a	309	527	164
	2	Slika 7b	303	520	50
	3	Slika 7c ⁴	175	393	49
	Minimalna zahteva [18]		240	360	120
Dejanski model	Varianta	Opis primera na sliki:	21.3.2016 in 21.9.2016	21.6.2016	21.12.2016
	1	Slika 7a	242	372	122
	2	Slika 7b	142	371	44
	3	Slika 7c	146	294	17
	Minimalna zahteva [18]		240	360	120

Zahtevana 100 % osončenost je največja 21.6. in znaša 372 min, kar je posledica oddaljenosti grajenih ovir za 1 enoto objekta v južni smeri in visokih poletnih elevacij. Takrat prehaja dovolj sonca do objekta, vendar le, če ni dreves, ki sicer prekomerno senčijo objekt. Po eni strani bližina zasaditve do objekta preprečuje poletno pregrevanje, po drugi strani pa ima s tem negativni vpliv na koeficient dnevne svetlobe. Prav tako listopadna drevesa vplivajo na osončenost 21.3. do 12 h, v času enakonočij pa zanemarljivo malo (2 min). Takrat smo že v izhodiščni varianti na meji zahtevane vrednosti v TSG. Najpomembnejši negativni učinek zasaditve opazim v decembru, ker takrat že visoka sosednja zazidava senči prekomerno in je dodatno senčenje odstotkovno večje. Visoke zidane ovire senčijo prekomerno, stavba ne doseže minimalnih vrednosti pri nižjih vpadnih kotih, značilnih za zimski čas. 21.12. imamo zato le 17 min sonca. Takrat sta J in Z fasada popolnoma senčeni. Prav sezona ogrevanja pa je med oktobrom in aprilom. Vila je locirana približno v sredino parcele in s tem proporcionalno oddaljena od vseh sosednjih objektov, zato jih ne senči prekomerno. Izjema je stanovanjska hiša na Z, ki jo HV senči 21.6. od 5:45-8:45 h le delno, sicer jo senči veliko bolj oddaljena južna pozidava. Stavba ne senči sosednjih industrijskih objektov predvsem zaradi razmikov in njihovih manjših gabaritov. Stavba je bila prvotno v najboljšem možnem položaju, saj ni imela današnje pozidave, drevesa pa niso zavzemala južne lege, kar dokazuje prvi primer s preseženo

⁴ Pri varianti 3 velja 21.12.2016 stanje brez listavcev (Slika 7d)

minimalno osončenostjo po današnjih standardih. Največjo težavo prinaša gosta linijska zazidava večstanovanjskih zgradb, še posebej ob jutranjih dvižnih kotih. Neizogibne razmere vsekakor prinašajo toplotni in svetlobni primanjkljaj namesto dobitkov. Posledice so toliko večje, ker je to prav v času ogrevalne sezone (Preglednica 7). Potrebna bi bila delna odstranitev bližjih visokorastočih dreves, da se dovoli dovolj vtoka sonca do notranjih prostorov. Notranji prostori V strani so globoki (glej poglavje 2.1.4) in malo časa osvetljeni, zato je JV drevesa na parceli potrebno odstraniti. Dovolili bi lahko le toliko listavcev, da 21.6. zadostimo pogojem minimalne osončenosti. Sicer drevesa nimajo močno negativnega učinka, saj so poletni listi sončna zaščita, ki je pozimi ni in je tudi ne potrebujemo. Iglavci na V pa so dovolj umaknjeni in niso v polju azimutov.

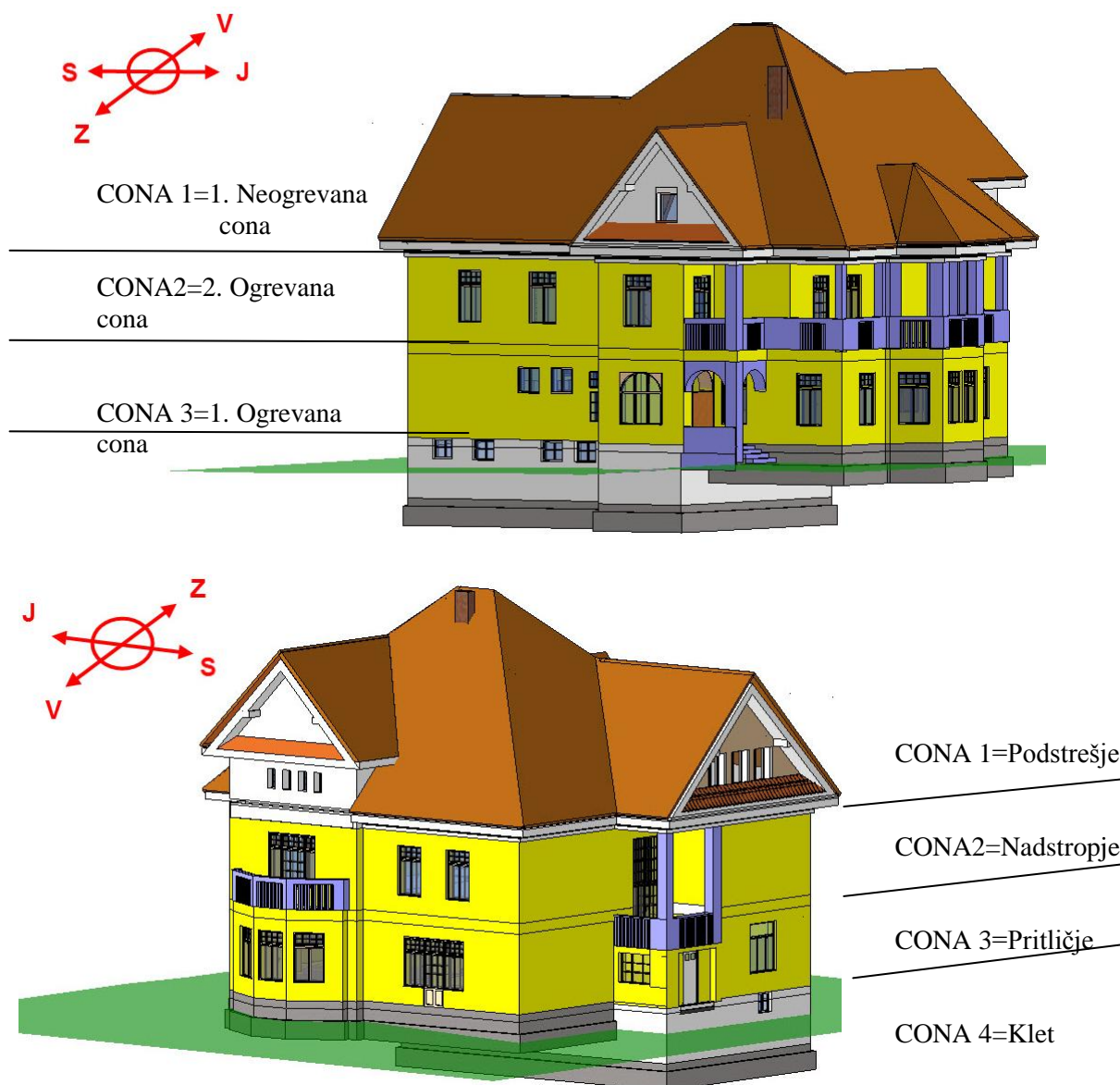
Preglednica 7: Število ogrevalnih dni [4]

Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec	Ogrevalna sezona
31	28	31	30	15	0	0	0	8	31	30	31	235

2.1.3 Temperaturno coniranje in geometrijski podatki

Temperaturno coniranje sem izvedel po etažah z namembnostjo vile na začetku. Balkon, 3 terase in glavni vhod (Slika 11) niso znotraj toplotnega ovoja in s tem se neto etažne tlorisne površine med seboj razlikujejo (Preglednica 8). Zato razdelim ogrevano/kondicionirano cono (v nadaljevanju OC) na 2 con: cona 2 in cona 3. Notranja temperatura OC je enaka, obe sta bivalni prostor. Prostorov znotraj posamezne OC ne delim na več con, ker prostornina povezovalnih prostorov z nižano temperaturo ne presega 20 % ogrevane prostornine stavbe [18]. Pri izračunih smo na varni strani, saj temperaturni režim teh prostorov predimenzioniramo. Namembnost in geometrija zahtevata le ločitev neogrevane cone (v nadaljevanju NC) na cono 1 in cono 4 (Slika 11). OC sta rumeno obarvani, neogrevani belo, zunanji prostori izven ogrevanih con pa so modro obarvani.

V okviru praktičnega dela sem na objektu ponovno [1] identificiral prostore in njihove osnovne gabarite (Preglednica 9). Z zeleno barvo sem označil prostore, ki niso v notranjosti (napušč, terasa, balkon) in jih ne vštevamo v nadaljnjem delu. Prav tako pri neto volumnih za natančnejše delo odštejem tramove v pritličju, volumne ostrešja, dimnikov, zidov podstrešja. Uporabne bruto in neto etažne površine ter neto prostornine podajam v preglednici 8. Podstrešje in klet sta vedno bili neizolirani in neogrevani. NC ostanejo neizolirane, izolacija se izvaja v teh območjih le na stiku z ogrevano cono. Dimenzijsko točnost kontroliram s programskim orodjem Google Sketchup [19]. Za razumljivost oznak prostorov sem podal še tlorise etaž (Slika 12).



Slika 11: Toplotna hierarhija notranjih prostorov

Preglednica 8: Tlorisne površine in prostornine con

		Cona				Vsota
		1 (podstrešje)	2 (nadstropje)	3 (pritličje)	4 (klet)	Σ
Bruto površina	A_b [m ²]	365,30	248,57	301,59	134,15	1049,6
Delež	%	34,8	23,7	28,7	12,8	
Neto površina	A_n [m ²]	258,61	196,02	248,19	101,41	804,2
Delež	%	32,2	24,4	30,9	12,6	
Neto prostornina	V_n [m ³]	960,00	651,77	808,47	202,82	2623,1
Delež	%	36,6	24,8	30,8	7,7	

Preglednica 9: Evidentiranje prostorov

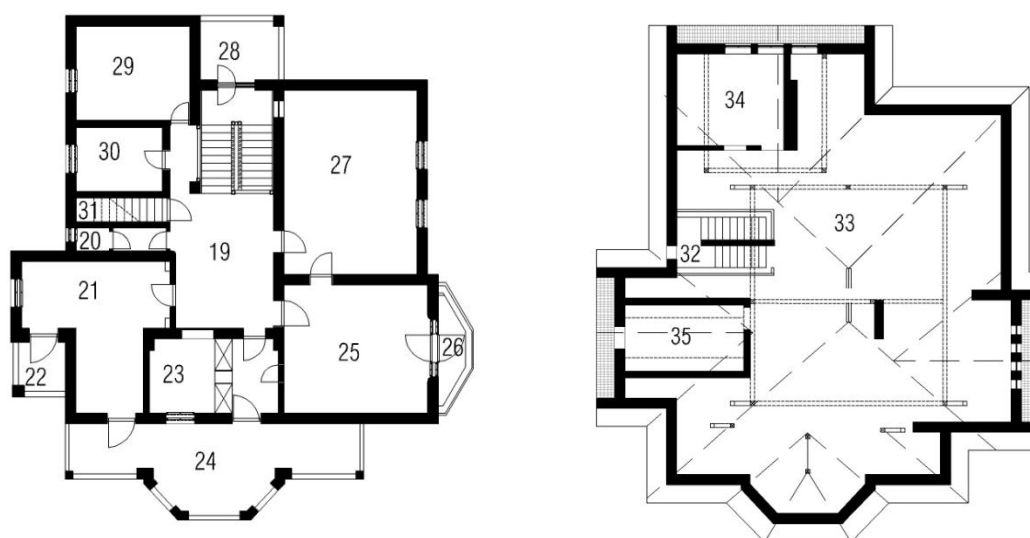
Etaža (cona)	Oznaka prostora	Opis prostora	Površina	Svetla višina etaže	Neto prostornina
			A [m ²]	h [m]	V [m ³]
Klet (4)	1	inštalacije	11,38	2,00	22,76
	2	inštalacije	19,67	2,00	39,34
	3	hodnik s stopniščem	22,03	2,00	44,06
	4	soba	11,57	2,00	23,14
	5	soba	19,54	2,00	39,08
	6	soba	17,22	2,00	34,44
Pritličje (3)	7	glavni vhod	4,83	/	/
	8	predprostor	8,57	3,52	30,17
	9	avla/hodnik	40,50	3,52	142,56
	10	soba	15,58	3,30	51,41
	11	soba	33,93	3,58	121,47
	12	soba	46,60	3,25	151,45
	13	soba	42,16	3,27	137,86
	14	hodnik	3,99	2,28	9,10
	15	soba	17,22	2,18	37,54
	16	soba	19,60	3,28	64,29
	17	soba	12,55	3,30	41,42
Nadstropje (2)	18	soba	7,49	3,28	24,57
	19	hodnik	40,88	3,30	134,90
	20	sanitarije	3,56	2,10	7,48
	21	soba	27,19	3,33	90,54
	22	balkon	4,85	/	/
	23	soba	15,75	3,32	52,29
	24	terasa	35,58	/	/
	25	soba	32,67	3,36	109,77
	26	terasa	6,02	/	/
	27	soba	43,39	3,37	146,22
	28	terasa	9,35	/	/
Podstrešje (1)	29	soba	18,99	3,34	63,43
	30	soba	9,76	3,33	32,50
	31	stopnice	3,83	3,82	14,63
	32	stopnišče	8,79	/	0,55
	33	podstrešje	215,13	/	/
	34	soba	19,25	2,67	/
	35	soba	15,44	2,26	/
	36	napušč	62,18	/	/

Pokrita terasa v nadstropju (št. 24) zavzema kar 38 m² bruto površine, kar je 15 % bruto etažne površine. Volumen in površina podstrešja zavzemata največje deleže. Nadstropje ima 21 % manj ogrevanih prostorov od pritličja in manjšo osončenost površin zaradi višje lege (Preglednica 8). Podstrešna prostora št. 34 in 35 (Slika 12d) sta notranji enoti, vendar sta funkcijsko nepomembna. Na sliki 12a je vidna površina tal na terenu. Cona 2 ima izhod na teraso/balkon na vsaki strani. Neto površina OC znaša 444,21 m², medtem ko prostornina 1460,24 m³. Njuno razmerje je faktor oblike ovoja stavbe (f_o) in znaša 0,74. Ugoden faktor oblike okrog vrednosti 1 dosegajo točkovne zgradbe, kompaktne, enostavne in sicer takšne, kjer je čim manjši ovoj glede na volume.



a) klet

b) pritličje



c) nadstropje

d) podstrešje

Slika 12: Evidentiranje prostorov in odprtin (vir: lasten, 2016)

2.1.4 Konstrukcijski sklopi in materiali

Temelji so pasovni. HI je izvedena pod nosilnimi stenami. Nosilne zunanje stene so sestavljene iz polnih opečnih zidakov, debeline 40 cm, obojestransko ometane z 2,5 cm debelim ometom (Slika 13a). Opeka se je intenzivneje začela uporabljati v stanovanjski gradnji konec 19. stol. na panonskem ozemlju [34]. Privzamemo vrednost gostote polne opeke, t.j. $\rho=1800 \text{ kg/m}^3$ glede na njeno tlačno trdnost, ki je večja od 14 MPa [35]. Energetske krize ni bilo, zato tudi ne potrebe po TI. Predelne stene so nosilni opečni zidovi debeline od 31 do 45 cm. Talno ploščo na terenu sestavlja 20 cm debela

betonska plošča na 5 centimetrskem podbetonu. Sledi prav tako debel betonski estrih in finalni tlak. Tla v kleti so betonska, skupne debeline 30 cm. Medetažno konstrukcijo med pritličjem in nadstropjem sestavljajo leseni stropniki dim. 18/22 cm, obojestransko podeskani in delujejo kot zračni medprostor (medosni razmaki $e=100$ cm; $d=18$ cm). Iz spodnje strani so stropovi ometani na trstiki (Slika 14a). Iz zgornje strani sledi nasutje, pokrito z deskami. Finalne obdelave so parket v obliki »ribje kosti«, preproga in keramika (Slika 13b). Tako znese največja skupna višina medetažne plošče 42,7 cm. Ponekod so med etažo pritličja in nadstropja vidni stropniki in oblečeni s površinsko zaščitenim lesom (Slika 14b). Lesen strop proti podstrešju je dodatno ojačan z 10 cm debelim betonskim estrihom na dveh križno poleženih deskah. Ostali sloji si sledijo enako kot pri medetažnih konstrukcijah naprej. Strešna konstrukcija sestoji iz strešne opeke bobrovec, položene na 2,4 cm debele prečne deske (Slika 13d) na razmakih 30 cm, žebļane na lesene vzdolžne špirovce dim. 12/18 cm na razmakih od 1 m do 1,3 m, ki ležijo na kapnih legah in vmesnih legah dim. 16/18cm. Preko sistema razpiračev dim. 16/22 cm (Slika 18a) in stebrov dim. 18/22 cm se obtežba prenaša iz vmesnih leg v podstrešna tla.



a) SZ vogal stene



b) tlaki ob prepirih

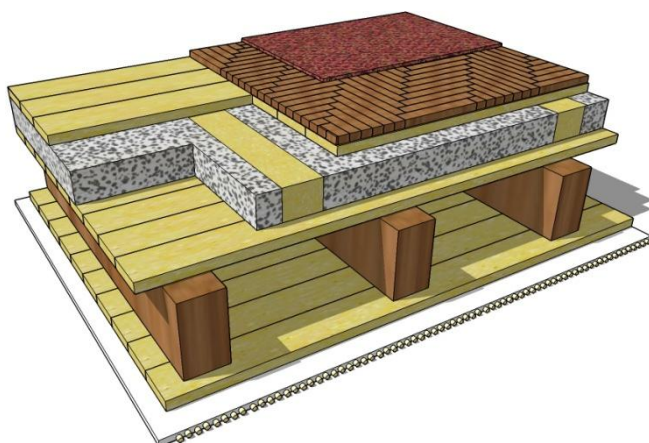


c) lesena obloga hodnikov in nihajna vrata

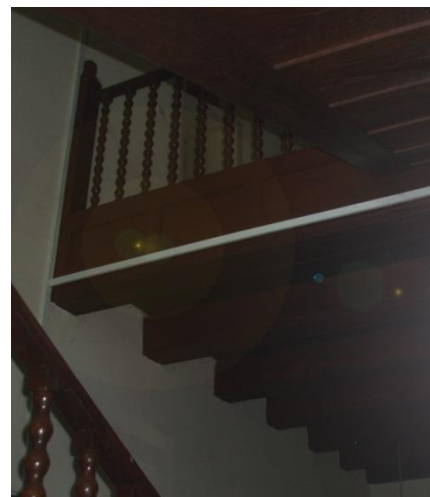


d) sloji strešne konstrukcije

Slika 13: Vgrajeni materiali (vir: lasten, 2016)



a) 3D prikaz medetažne konstrukcije po plasteh

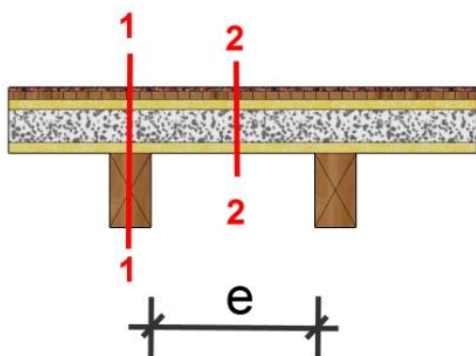


b) stopnišče z leseno NK

Slika 14: Medetažna konstrukcija (vir: lasten, 2016)

V nadaljevanju obravnavam 12 različnih vrst KS (Slika 16) skupaj z zunanjimi odprtinami oken in vrat. Osnovne podatke podajam z mejnimi vrednostmi toplotne prehodnosti U_{max} ($W/(m^2K)$) v preglednicah 10 in 11. Sklopi 10, 11 in 12 niso v toplotnem ovoju, zato toplotne prehodnosti sklopov ne primerjam z mejnimi [18]. Orientacijsko prilagam tudi vrednosti temperaturne zakasnitve in dušenja. Sklop odprtin obravnavam podrobneje ločeno (poglavje 2.1.6). Tla na terasah so večji del sklop z vidnimi stropniki, zato sklop obravnavam kot tak. Izračun toplotne prehodnosti (U_1) takšnega sloja se navadno računa v prerezu 1 (Slika 15) kot pravilno. Izračunam večjo toplotno prehodnost (U_2) v prerezu 2 in z enačbo (1) dobim povprečno toplotno prehodnost z upoštevanjem medosnega razmaka med stropniki 1,00 m (širina prostora med stropniki je potem $e=82$ cm) in različne velikosti površine v i -tem prerezu ($i=1, 2$). Takšen izračun je približek točnega izračuna, vendar daje boljše rezultate od izračuna v prerezu 1.

$$U = \frac{U_1 \cdot A_1 + U_2 \cdot A_2}{A_1 + A_2} \quad (1)$$



Slika 15: Skica prereza medetažne konstrukcije

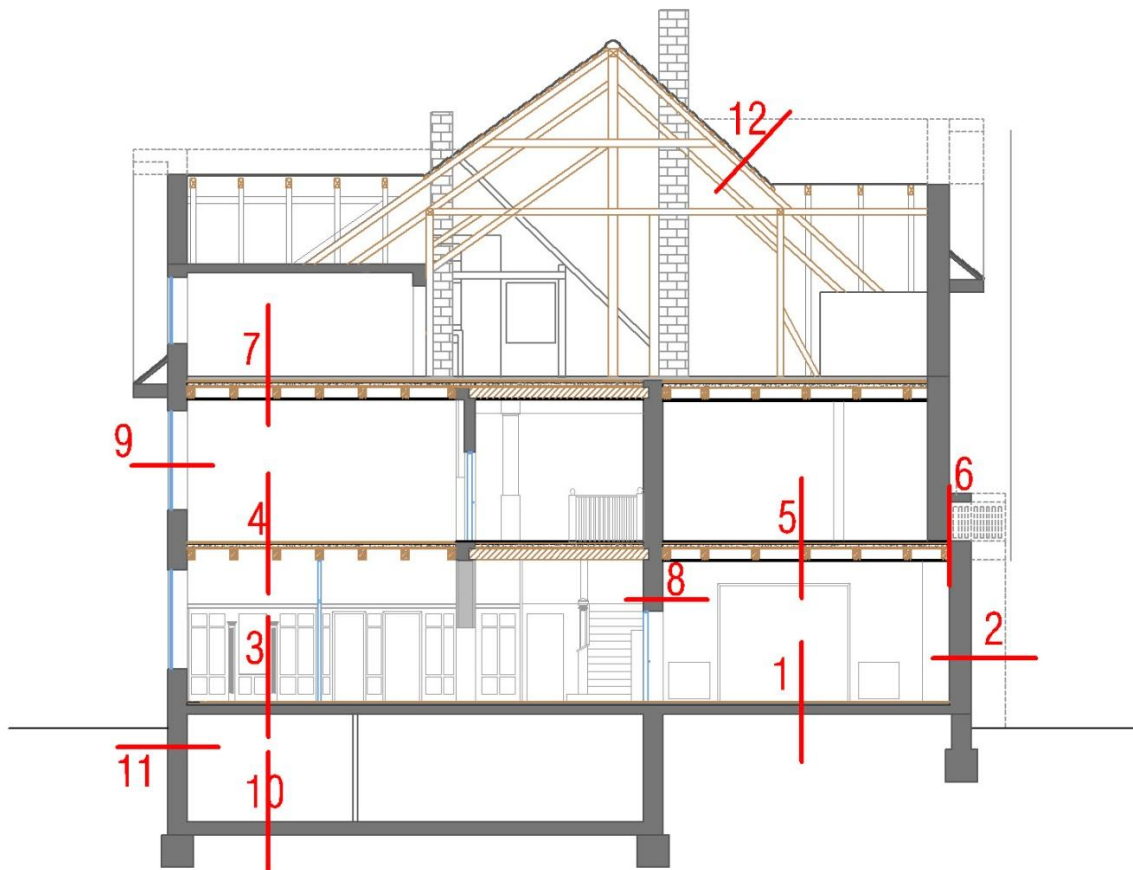
Na fasadnem pasu in v nivoju etaž sem povzel naslednje sklope (Slika 16):

- V toplotnem ovoju (Preglednica 10,11):

1. Tla na terenu (pritličje),
2. Zunanja stena (pritličje, nadstropje),
3. Strop med ogrevano in NC (strop nad kletjo),
4. in 5. Medetažna konstrukcija-strop med OC in OC,
6. Ravna streha- strop proti OC (pritličje-terasa),
7. Strop proti neogrevanemu podstrešju (strop proti podstrešju),
8. Notranja stena (stopnišče),
9. Odprtine: okna (vertikalna, balkonska) in vrata (vhodna, izhodna, balkonska).

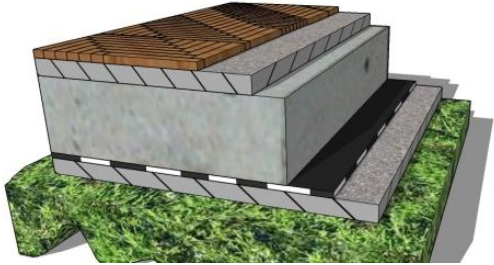
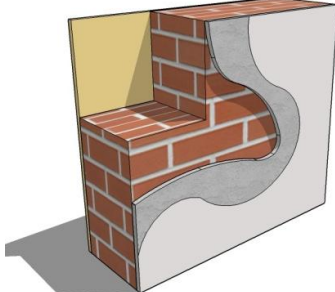
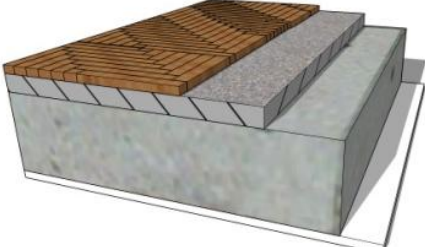
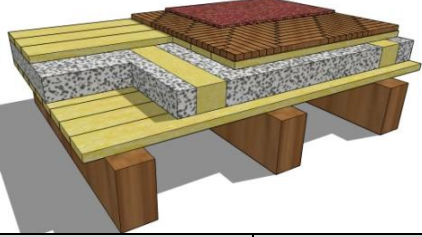
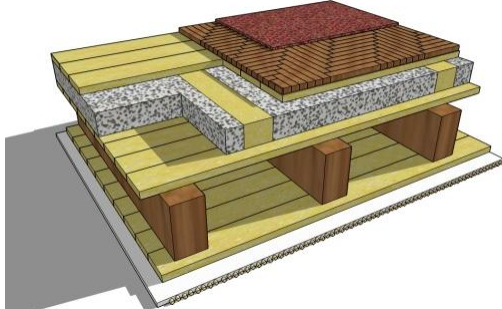
- V ovoju (Preglednica 12), ki ni toplotni ovoj:

10. Tla na terenu (klet) so tla na terenu neogrevanega prostora,
11. Zunanja stena proti terenu,
12. Poševna streha.

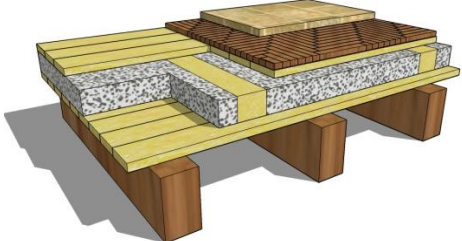
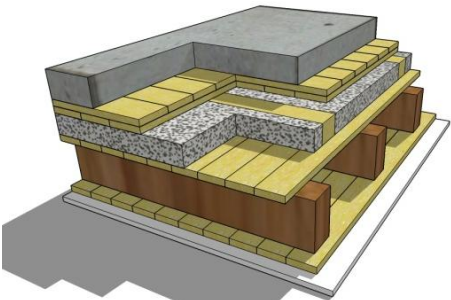
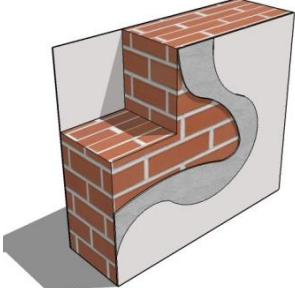


Slika 16: Konstrukcijski sklopi na prerezu stavbe (vir: [1])

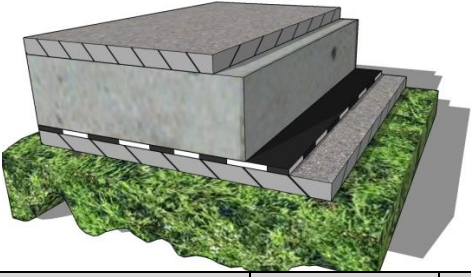
Preglednica 10: Toplotne karakteristike konstrukcijskih sklopov 1-5

Sklop	Sloji potekajo od znotraj navzven	Debelina	Toplotna prevodnost	Toplotna prehodnost		Toplotna stabilnost	
				U -faktor	U -max	T.zakasnitev	T.dušenje
	Sestava sklopa	cm	λ [W/mK]	W/m ² K	W/m ² K	η [h]	ν [-]
1	Parket (hrastov)	1,5	0,21				
	Cementni estrih	5	0,93				
	Betonska plošča	20	1,51				
	Hidroizolacija	0,1	0,19				
	Podbeton	5	se ne všteva				
	Nasutje	30	se ne všteva				
	Skupna debelina [cm]	31,5					
Tla na terenu v pritličju				2,545 > 0,35		19,46	245
2	Apneni omet	2,5	0,81				
	Opečni zidaki	40	0,76				
	Apneni omet	2,5	0,81				
	Skupna debelina [cm]	45					
Zunanja stena v pritličju in nadstropju				1,319 > 0,28		15,2	82
3	Parket (hrastov)	2	0,21				
	Cementni estrih	5	0,93				
	Betonska plošča	25	1,51				
	Apneni omet	1	0,81				
	Skupna debelina [cm]	33					
Strop med 3 in 4 cono (strop nad kletjo)				1,99 > 0,2		9,12	19
4	Tekstilna talna obloga	1	0,09				
	Parket (hrastov)	2	0,21				
	Deske-slepa tla	2,4	0,14				
	Nasutje-pesek	8	0,58				
	Deske-nasipni opaž	2,4	0,14				
	Stropniki	22	0,14				
	Skupna debelina [cm]	15,8					
Medetažna konstrukcija med 2 in 3 cono				0,86 < 1,35		Vrednosti sta za prerez 1	
Vrednosti v prerezih 1 in 2				(0,501 in 1,056)		5,31	13
5	Tekstilna talna obloga	1	0,09				
	Parket (hrastov)	2	0,21				
	Deske-slepa tla	2,4	0,14				
	Nasutje-pesek	8	0,58				
	Deske	2,4	0,14				
	Zračni sloj (stropnik)	22	0,714 (0,14)				
	Deske-stropni opaž	2,4	0,14				
	Omet na trstiki	2,5	0,47				
	Skupna debelina [cm]	42,7					
Medetažna konstrukcija med 2 in 3 OC				0,40 < 1,35		Vrednosti sta za prerez 2	
Vrednosti v prerezih 1 in 2				(0,378 in 0,451)		7,8	39

Preglednica 11: Toplotne karakteristike konstrukcijskih sklopov 6-8

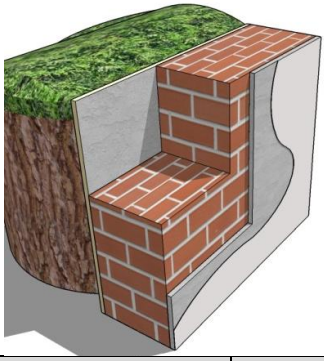

Sklop	Sloji potekajo od znotraj navzven	Debelina	Toplotna prevodnost	Toplotna prehodnost		Toplotna stabilnost	
				U-faktor	U-max	T.zakasnitev	T.dušenje
	Sestava sklopa	cm	λ [W/mK]	[W/m ² K]	W/m ² K	η [h]	ν [-]
6	Keramika in (ploščice+lepilo)	2	1,28				
	Parket (hrastov)	2	0,21				
	Deske-slepa tla	2,4	0,14				
	Nasutje-pesek	8	0,58				
	Deske	2,4	0,14				
	Zračni sloj (stropnik)	22	0,714				
	Skupna debelina [cm]	16,8					
	Streha ravna-strop proti 3 coni						
Vrednosti v prerezih 1 in 2			(0,553 in 1,313)	4,76	10		
7	Cementni estrih	10	1,4				
	Deske	2,4	0,14				
	Deske	2,4	0,14				
	Nasutje-pesek	8	0,58				
	Deske	2,4	0,14				
	Zračni sloj (stropnik)	22	0,714 (0,14)				
	Deske	2,4	0,14				
	Omet na trstiki	2,5	0,47				
	Skupna debelina [cm]	52,1					
Strop proti neogrevanemu podstrešju			0,41 > 0,2	Vrednosti sta za prerez 2			
Vrednosti v prerezih 1 in 2			(0,386 in 0,462)	12,86	313		
8	Osnovni omet	0,3	0,81				
	Opečni zidaki	40	0,76				
	Osnovni omet	0,3	0,81				
	Skupna debelina [cm]	40,6					
	Notranja stena med različno ogrevanima conama						
Stena proti stopnišču v klet, hodniku			Notranja stena				

Preglednica 12: Toplotne karakteristike konstrukcijskih sklopov 10-12

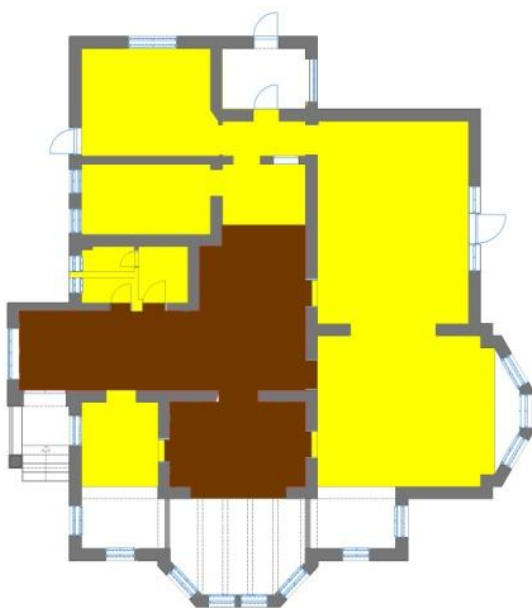
Sklop	Sloji potekajo od znotraj navzven	Debelina	Toplotna prevodnost	Toplotna prehodnost		Toplotna stabilnost	
				U-faktor	T.zakasnitev	T.dušenje	
	Sestava sklopa	cm	λ [W/mK]	W/m ² K	η [h]	ν [-]	
10	Cementni estrih	5	0,93				
	Betonska plošča	20	1,51				
	Hidroizolacija	0,1	0,19				
	Podbeton	5	se ne všteva				
	Nasutje	30	se ne všteva				
	Skupna debelina [cm]	30					
Tla na terenu v kleti				3,296	19,56	244	

se nadaljuje...

...nadaljevanje Preglednice 12

11	Apneni omet	2,5	0,81			
	Opečni zidaki	40	0,76			
	Apneni omet	2,5	0,81			
	Nasutje	20	se ne všteva			
	Zemljina-teren	50	se ne všteva			
	Skupna debelina [cm]	45				
Zunanja stena proti terenu (zunanja stena v kleti)				1,393	24,82	967
12	Kritina	1,4	0,99			
	Letve 4/3cm	4	0,14			
	Špirovec 12/16 cm	16	/			
	Skupna debelina [cm]	5,4				
	Poševna streha (neizolirana)				2,128	1,02

V sklopih 1, 3, 4, 5, 6, račun difuzije vodne pare ni potreben. Do kondenza ne pride v plasteh/materialu sklopov 2 in 8. V medzračnem prostoru 7. sklopa je količina kondenza prekomerna (več kot 60 dni). Hidroizolacijo je potrebno namestiti med zemljino in zunanjim ometom v sklopu št. 11. Strop nad pritličjem, oz. medetažna konstrukcija, je sestavljena iz različnih KS. Toplotno prehodnost stične površine med ogrevanima conama izračunamo iz srednje vrednosti sklopov št. 4 in št. 5 glede na njuni površini, saj je površina vidnih stropnikov 59,41 m² (Slika 17, rjavo), površina preostalega dela (Slika 17, rumeno) pa znaša 136,61 m². Nova toplotna prehodnost sklopa tako znaša 0,539 W/(m²K).



Slika 17: Področje vidnih stropnikov (rjavo) in ravnega stropa (rumeno) med ogrevanima conama

2.1.5 Ohranjenost

Zaradi večje učinkovitosti energetske prenove je smiselno in v našem primeru zaradi zgodovinsko gledano »ranljivega« nepremičnega organizma, nujno stavbo predhodno statično sanirati, ojačati elemente posameznih slojev, utrditi, zamenjati poškodovane elemente, posušiti zidove, skratka, ohraniti integriteto stavbne dediščine. Ko zadostimo zahtevam mehanske odpornosti in stabilnosti, lahko nadaljujemo s toplotno sanacijo. Za ta namen sem opravil analizo poškodovanosti objekta.

Fasada ni vidno degradirana, NK (temelji, stene, nosilci, stebri), tlaki (Slika 13b) in notranja oprema (Slika 13c, 18) so dobro ohranjeni. Prav tako ni diferenčnih posedkov.



a) podstrešje

b) nadstropje

c) stopnišče v pritličju

Slika 18: Dobro ohranjene cone od znotraj (vir: lasten, 2016)

Sanacija je nujna le na določenih delih:

- kritina (Slika 13d) je potrebna zamenjave,
- zaradi razpok je potrebno odstraniti estrih na podstrešju,
- severna stena plesni (Slika 19a) in odpada omet na zunanji strani (Slika 19b), kjer se je rastlinje popolnoma vraslo in zato dež nemoteno penetrira ter uničuje zid,
- največja poškodba je naknadno zgrajen zahodni prizidek (Slika 5), ki se je do 5 cm ločil od prvotne konstrukcije (Slika 20a),
- na nekaj mestih je omet izgubil sprijemnost in odstopil od trstike (Slika 20b, 20d),
- stropni oplesk je povečini odstopil od ometa (Slika 20c),
- zunanje pohištvo je razen glavnih vhodnih vrat (Slika 24a) zaradi velike poškodovanosti potrebno zamenjati.

Okrog objekta ni izveden drenažni sistem odvodnjavanja meteorne vode iz strehe in hidroizolacija stene pod terenom. Hidroizolacija je izvedena proti kapilarnemu dvigu talne vode le pod temeljno ploščo. Prizidek ni bil del primarne stavbne strukture (poglavje 2.1.1), ni sidran v prvotno NK, temelji

niso ustrezno izvedeni, posedal se bo še naprej, v najslabšem primeru (npr. potres) lahko pride do likvifikacije⁵ tal in porušitve. Zato je potrebno ta del konstrukcije odstraniti. Že iz poglavja osončenosti in poglavja površin, sem prizidek izvzel, ker ga ni bilo ob začetku življenjske dobe same vile, zato prizidka (Slika 5) v nobeni varianti ne vračunam.



a) plesnenje



b) diagonalno odpadanje zunanjega ometa

Slika 19: Severna stena (vir: lasten, 2016)



a) fizično odstopanje prizidka



b) odpadanje trstike s stropa



c) odpadanje opleska

Slika 20: Vidne večje poškodbe v stavbi (vir: lasten, 2016)



d) ločitev ometa od trstike v napušču

⁵ Likvifikacija je utekočinjenje tal pod obtežbo

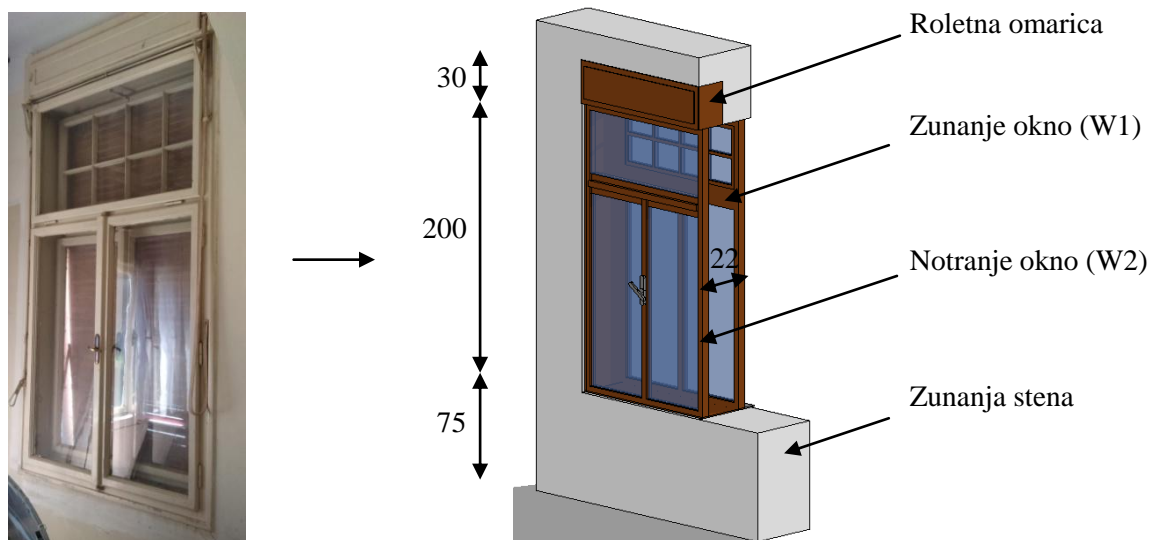
2.1.6 Zunanje odprtine

V splošnem primeru je toplotni vdor skozi odprtine (Preglednica 13) večji, kot skozi stene zidu, kjer je toplotna prehodnost (U) enaka $1,319 \text{ W/m}^2\text{K}$. Toplotni deficit je lahko tudi 50% [36]. Kvantiteta in velikost odprtin sta torej odločilnega pomena še posebej, če so te vrednosti nadpovprečne. Vse odprtine v ovoju so transparentne, torej vsebujejo zasteklitev. Okenske odprtine predstavljajo skoraj četrtinski delež (22%) toplotnega ovoja stavbe in zaradi vseh teh razlogov potrebujemo evidenco odprtin po straneh (Preglednica 13). Izračun vrednosti toplotne prehodnosti (U_w) opišem v nadaljevanju.

Preglednica 13: Popis površin gradbenih odprtin, transparentni elementi $A_w[\text{m}^2]$

		Etaža/cona				Vsota po straneh Σ	Delež odprtin %
		Klet	Pritličje	Nadstropje	Podstrešje		
Stran fasade	Vzhod	0,00	19,01	10,37	1,28	30,66	30,0
	Zahod	2,93	12,28	7,67	1,78	24,65	24,1
	Sever	1,06	5,44	6,04	4,83	17,36	17,0
	Jug	0,00	17,54	11,99	0,00	29,52	28,9
Vsota po etažah	Σ	3,98	54,26	36,06	7,89	102,19	/
Deleži po etažah	%	3,9	53,1	35,3	7,7	/	100

Največ okenskih odprtin (77%) je škatlastih dvojnih z enojno zasteklitvijo in dvokrilnih (Slika 20a). Vse zunanje odprtine v nadstropju (Preglednica 16) in v pritličju (Preglednica 15) so dvojne, z izjemo glavnih vhodnih vrat (Slika 24a), okna v prostoru št. 8 (Slika 12b) in odprtin v prostoru št.15 v pritličju. Klet (Preglednica 14) in podstrešje imata vgrajena enojna okna z enojno zasteklitvijo (Preglednica 17).



a) okno z roletno omarico

b) model s prikazom osnovnih dimenzij [cm]

Slika 21: Modeliranje tipičnega dvojnega okna

Preglednica 14: Zunanje kletne odprtine

Fasadna stran	Prostor št.	Kol.	Širina b [cm]	Višina h [cm]	Površina odprtine A_w [m]	Skupna površina Σ	Površina zasteklitve A_g [m]	Površina okvirja A_f [m]	Faktor okvirja F_F [-]	Obseg zasteklitve l [m]
Zahod	6	1	90	77	0,69	0,69	0,50	0,20	0,28	3,34
	4	1	96	77	0,74	0,74	0,53	0,21	0,29	3,46
	5	2	97	77	0,75	1,49	0,54	0,21	0,28	3,48
Σ		4				2,93			0,28	
Sever	6	1	81	78	0,63	0,63	0,45	0,18	0,28	3,18
	1	1	92	46	0,42	0,42	0,30	0,12	0,28	2,76
Σ		2				1,06			0,28	
Σ		6				3,98				

Preglednica 15: Zunanje odprtine v pritličju

Fasadna stran	Pritličje										
	Prostor št.	Opis	Kol.	Širina b [cm]	Višina h [cm]	Površina odprtine A_w [m]	Skupna površina Σ	Površina zasteklitve A_g [m]	Površina okvirja A_f [m]	Faktor okvirja F_F [-]	Obseg zasteklitve l [m]
Vzhod	15	enojno	1	160	120	1,92	1,92	1,685	0,235	0,12	8,80
	12	okno	1	121	200	2,42	2,42	1,78	0,64	0,26	8,84
	12		3	125	200	2,50	7,50	1,85	0,646	0,26	9,00
	13	terasna vrata	1	100	305	3,05	3,05	1,811	1,239	0,41	10,10
	13		2	103	200	2,06	4,12	1,53	0,53	0,26	8,12
Σ			8			19,01	19,01			0,27	44,86
Zahod	10		1	111	200	2,22	2,22	1,65	0,57	0,26	6,22
	10	enojno	1	113	200	2,26	2,26	1,672	0,588	0,26	6,26
	8	okno	1	190	200	3,80	3,80	2,78	1,02	0,27	7,80
	18		2	60	60	0,36	0,72	0,26	0,1	0,28	2,40
	18		2	60	115	0,69	1,38	0,53	0,162	0,23	3,50
	17		2	95	100	0,95	1,90	0,74	0,212	0,22	3,90
Σ			9			12,28	12,28			0,25	30,08
Sever	16	enojna	1	165	200	3,30	3,30	2,50	0,8	0,24	10,60
	15	vrata	1	95	225	2,14	2,14	0,13	2,0075	0,94	2,00
Σ			2			5,44	5,44			0,52	12,60
Jug	11+12	glavna	3	103	200	2,06	6,18	1,53	0,53	0,26	8,12
	10	vhodna	1	121	200	2,42	2,42	1,79	0,628	0,26	8,84
	7	vrata	1	160	290	3,94	3,94	1,01	2,926	0,74	5,95
	11		2	125	200	2,50	5,00	1,85	0,646	0,26	9,00
Σ			7			17,54	17,54			0,37	31,91
Σ			26,00			54,26					

Op: Z oranžno so obarvane odprtine z roletno omarico, z rjavo zunanja vrata (Slika 23), v rdečem okvirju enojne odprtine.

Preglednica 16: Zunanje odprtine v nadstropju

Fasadna stran	Prostor št.	Opis	Kol.	Širina	Višina	Površina odprtine	Skupna površina Σ	Površina zasteklitve	Površina okvirja	Faktor okvirja F_F [l]	Obseg zasteklitve l [m]
				b [cm]	h [cm]	A_w [m]		A_g [m]	A_f [m]		
Vzhod	27	terasna vrata	2	120	200	2,40	4,80	1,78	0,62	0,26	9,60
	25		2	60	210	1,26	2,52	0,933	0,327	0,26	8,10
			1	105	290	3,05	3,05	1,912	1,133	0,37	11,85
Σ			5				10,37			0,29	
Zahod	29		1	103	200	2,06	2,06	1,53	0,53	0,26	9,09
	30		1	120	200	2,40	2,40	1,78	0,62	0,26	9,60
	20		1	60	125	0,75	0,75	0,57	0,176	0,23	5,55
	21		1	123	200	2,46	2,46	1,82	0,636	0,26	9,69
Σ			4			7,67			0,26		
Sever	19-28	balkonsko okno	1	80	335	2,68	2,68	1,62	1,056	0,39	11,50
	19-28	balkonska vrata	1	80	420	3,36	3,36	1,716	1,644	0,49	14,80
Σ			2			6,04				0,45	
Jug	21-24 in 23-24	balkonska vrata	2	113	280	3,16	6,33	1,67	1,494	0,47	10,12
	21-22	balkonska vrata	1	120	280	3,36	3,36	1,79	1,567	0,47	10,40
	23-24	terasno okno	1	115	200	2,30	2,30	1,69	0,61	0,27	8,60
Σ			4			11,99				0,43	
Σ			15			36,06					

Op: Z oranžno so obarvane odprtine z roletno omarico, z rjavo zunanja vrata (Slika 24).

Preglednica 17: Zunanje odprtine v podstrešju

Fasadna stran	Prostor št.	Opis	Kol.	Širina	Višina	Površina odprtine	Skupna površina Σ	Površina okvirja	Površina zasteklitve	Faktor okvirja F_F [l]	Obseg zasteklitve l [m]
				b [cm]	h [cm]	A_w [m]		A_f [m]	A_g [m]		
Vzhod	33	enojno okno	4	40	80	0,32	1,28	0,08	0,25	0,23	2,40
Σ			4			1,28		0,08			2,40
Zahod	35	enojno okno	1	96	135	1,30	1,30	0,22	1,08	0,17	4,62
	32	enojno okno	1	80	60	0,48	0,48	0,113	0,37	0,24	2,80
Σ			2			1,78		0,19			7,42
Sever	33 in 34	enojno okno	3	115	140	1,61	4,83	0,35	1,26	0,22	5,10
Σ			3			4,83		0,35			5,10
Σ			9			7,89					

Nad okensko in vratno odprtino je vgrajenih 16 roletnih omaric (Preglednica 15, 16) višine 30 cm v pritličju (62%) in 6 v nadstropnih prostorih (40 %). Torej bomo imeli v 3. coni skoraj 3 krat več dodatnih izgub toplote zaradi roletnih omaric kot v 2. coni (Slika 11), pa še iz poglavja osončenosti smo ugotovili, da je ta manjša v pritličju. Lesene zunanje rolete nudijo nočno⁶ toplotno izolacijo

⁶ V programu TOST [4] se upošteva 8 h nočne izolacije s podano izračunano velikostjo toplotnega upora; $R_{NL,W}=0,08 \text{ m}^2\text{K/W}$ za vsako cono posebej za izbrane mesece, kjer je nočna izolacija potrebna, oz. za katere odprtine (tiste z roletno omarico) smo vrednost podali.

transparentnim površinam v hladnem delu leta. Izbrali smo nočno toplotno izolacijo skozi celo leto. Izbiro potrebujemo pri programu TOST. Poleti ročna regulacija dotoka svetlobe preprečuje tudi notranje pregrevanje, saj toplota »ostane« zunaj in omogoča v kombinaciji z regulacijo spuščениh rolet pod naklonom (Slika 1) in sistema roletnega okvirja, naravno zračenje. Dinamični način odpiranja oken je dokaz takratne visoke tehnologije v primerjavi z današnjim najpogostejšim statičnim odpiranjem oken. Po eni strani zmanjšujejo toplotne izgube skozi ovoj stavbe, po drugi strani pa predstavljajo vir TM (stanjšanje stene v višini roletne omarice) ob neustrezno izvedeni TI omarice. V območju parapetov so stene tanjše (Slika 22a), kar predstavlja nov vir toplotnih izgub (TM), ki jih sicer v izračunih zaradi majhnega deleža h končnim vrednostim zanemarim. Globlji prostori zahtevajo večje odprtine od navadnih, saj tako povečamo sončne pritoke in dobimo dovolj svetlobe z nizkimi vpadnimi koti (zimski letni čas) globoko v notranjost sicer temačnih prostorov. Opazimo, da so izgled oken prilagodili danes običajnemu z nadsvetlobo, na zunanji strani razdeljeno z lesenimi križi. Tako okna z roletno omarico merijo na notranji strani v višino 305 cm (Slika 21b). Največ odprtin je obrnjenih na V in J stran (skupaj 58,9 %), manj na Z stran in najmanj na S stran (Preglednica 13).



a) območje parapeta



b) dvojno okno s škatlo

Slika 22: Zunanje okno iz notranje strani (vir: lasten, 2016)

Iz podatkov (vir: lasten, 2016) zunanjih oken in vrat (Preglednica 14-17) lahko izračunamo faktorje okvirja (F_F) ter potrebne vhodne podatke (A_g , A_f , A_w , l) za izračune toplotne prehodnosti oken (U_w). Vsa zunanja vrata so transparentna in različne tipologije (Slika 24, 25). Okenskih površin je 4 krat več kot vratnih (Preglednica 13). Največji skupni transparentni element ima sestavljeno terasno okno z vrati velikosti 6 m^2 , ki meji na prostora št. 19 in 28 (S stran nadstropja). Ta odprtina (Slika 25a) se razteza v višino 4,2 m in predstavlja ohranjanje posebnosti lesenega zunanjega pohištva ter naredi osrednji prostor št. 19 z glavno raztežno osjo v smeri S-J, svetel v globino. Zato je iz konservatorsko-restavratorskega pogleda in pomena vtoka indirektno svetlobe izpostavljen element, zaslužen posebne pozornosti in interesa lastne ohranitve. Zaradi raznih tipov odprtin se obsegi stikov med zasteklitvijo in okvirjem računajo za vsak tip drugače. Obseg zasteklitve, ki ga potrebujemo za izračun toplotne

prehodnosti transparentnih elementov (Preglednice 14-17) ni enak obsegu stika med gradbeno odprtino in KS, s katerim računamo TM-ove (Slika 23).



Slika 23: Obseg stikov zasteklitve (rdeče) in obseg gradbenih odprtin (modro)

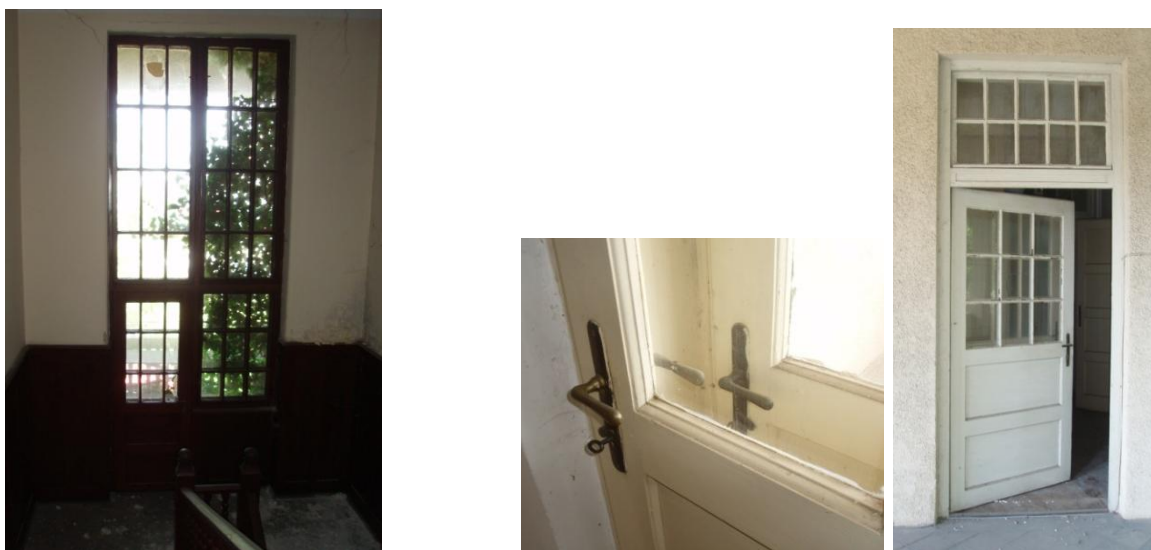


a) glavni vhod

b) S izhodna vrata

c) izhodna vrata na južno teraso

Slika 24: Tipologija zunanjih vrat v pritličju (vir: lasten, 2016)



a) balkonska vrata s fiksnim oknom na severni strani

b) balkonska dvojna vrata na južni strani

Slika 25: Tipologija zunanjih vrat v nadstropju (vir: lasten, 2016)

Izračun toplotne prehodnosti lesenih oken in vrat naredim po standardu SIST EN ISO 10077-1:2007 [37], rezultate pa prikažem za tipično škatlasto okno (Slika 21a) in enojno enoslojno okno, najpogostejši okni v stavbi. Geometrijske podatke navajam v preglednici 18. Preostale rešitve podajam za osnovno situacijo v preglednicah 19 in 20. Vsaka zunanja odprtina je zapolnjena s steklom, ki ga nosi okvirna konstrukcija iz mehkega lesa. Za enojno transparentno površino tako velja za okna (U_w) in vrata (U_D) enaka enačba (2), drugačna je le oznaka, namesto U_w (window) je U_D (doors). Zato posebej za vrata izračuna U_D ne prikazujem.

Preglednica 18: Geometrijske lastnosti škatlastega in enojnega okna

Okno	Prostor	Širina	Višina	Površina odprtine	Površina zasteklitve	Površina okvirja	Obseg zasteklitve
		b [cm]	h [cm]	A_w [m ²]	A_g [m ²]	A_f [m ²]	l [m ²]
Škatlasto	11	103	200	2,06	1,53	0,53	8,12
Enojno	5	97	77	0,75	0,54	0,21	3,48

Enačba (2) vključuje vpliv okvirjev in linijske toplotne prehodnosti ψ_g (ang. g pomeni steklo, glass) ob enojni, dvojni ali trojni zasteklitvi. Za dvojno in trojno zasteklitev vzamem vrednosti iz standarda [37]. Linijska toplotna prehodnost $\psi = 0,04$ W/mK velja za stekla z lesnim ali plastičnim okvirjem pri steklih brez nizko emisijskih nanosov (Preglednica 19). Ob nizkoemisijskem nanosu se ta vrednost poveča na 0,06 W/mK. Za dvojno okno (beri škatlasto) podaja standard [37] enačbo (3) za toplotno prehodnost oken. $R_s = 0,167$ m²K/W z interpolacijo v tabeli C.1 [37] izberemo za medprostor med notranjimi in zunanji krili 22 cm in okno brez obojestranskega nizkoemisijskega nanosa. Vgrajena stekla so enojna, enoslojna. Najprej izračunam faktor toplotne prehodnosti stekla U_g po enačbi (4).

$$U_w = \frac{A_g U_g + A_f U_f + l_g \Psi_g}{A_g + A_f} \quad (2)$$

$$U_w = \frac{1}{1/U_{w1} - R_{si} + R_s - R_{se} + 1/U_{w2}} \quad (3)$$

$$U_g = \frac{1}{R_{se} + \sum \frac{d_j}{\lambda_j} + R_{si}} \quad (4)$$

Faktor prehoda toplote skozi okvir $U_f = 2,1$ W/m²K lahko odčitamo iz tabele D.2 [37] ali pa ga izračunamo po enačbi (4) s podatki za okvir. Dobim vrednost $U_f = 2,03$ W/m²K. Glede na faktor okvirja, aneks D [37] ponuja izračunane vrednosti, ki se ujemajo z mojimi. Faktorja prehodnosti g ne zmanjšujem zaradi umazanosti stekla, sicer bi morali spremeniti tudi U_g -faktor. Predpostavim redno čiščenje steklenih površin. Faktor prehoda celotnega sončnega sevanja skozi steklo (g) velja za enoslojno steklo 0,85 [4] in za dvoslojno steklo brez polnilnega plina 0.76 [4], ki je v našem primeru

enako škatlastemu oknu z zasteklitvijo 1+1. Senčil (F_s) in zaves (F_c) ne vračunam, saj niso nameščene. Z zanemarljivo napako lahko predpostavimo enaki površini A_g in A_w zunanjega (W1) in notranjega (W2) dela škatlastega okna (Slika 22b). S tem sta vrednosti U_{w1} in U_{w2} enaki (Preglednica 20), zato v preglednici 21 prikazujem le končne rezultate (U_w). Dodatno je potrebno izračunati toplotno prehodnost vrat (U_D) na prehodu iz OC v NC za vsak primer posebej. Vrednost U_D dobim 3,48 W/m²K v izhodiščnem primeru.

Preglednica 19: Podatki za toplotno prehodnost oken in vrat

Gostota mehkega lesa	Podatki za U_g stekla				Podatki za U_f okvirja		Linijaska toplotna prehodnost
	Toplotni upor mejne notranje zračne plasti	Toplotni upor mejne zunanje zračne plasti	Debelina stekla	Toplotna prehodnost stekla	Toplotna prehodnost lesa ⁷	Debelina okvirja	
ρ	R_{si}	R_{se}	d_g	λ	λ	d_f	ψ
kg/m ³	m ² K/W	m ² K/W	mm	W/mK	W/mK	mm	W/mK
500	0,13	0,04	4	1	0,13	42	0,04

Preglednica 20: Toplotna prehodnost okna (U_w) in faktorja prehoda celotnega sončnega sevanja (g)

Okno	Prostor	U_g	U_f	U_{w1}	U_{w2}	U_w	g
		W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K	[-]
Škatlasto	11	5,75	2,1	4,97	4,97	2,50	0,76
Enojno	5	5,75	2,1	/	/	4,91	0,85

Preglednica 21: Toplotna prehodnost U_w in U_D [W/m²K] transparentnih elementov (KS št. 9)

Fasadna stran	Klet		Pritličje		Nadstropje		Podstrešje	
	Prostor	Toplotna prehodnost	Prostor	Toplotna prehodnost	Prostor	Toplotna prehodnost	Prostor	Toplotna prehodnost
Vzhod			15	5,49	27	2,50	33	5,19
			12	2,48	25	2,55		
			12	2,49				
			13	2,21	26	2,29		
			13	2,50				
Zahod	6	4,91	10	2,48	29	2,51	35	5,28
	4	4,90	10	2,47	30	2,50		
	5	4,91	8	4,85	20	2,62		
			18	2,52			32	5,12
			18	2,57	21	2,50		
			17	2,57				
Sever	6	4,91	16	2,52	19-28	2,26	33 in 34	5,09
	1	4,98	15	2,36	19-28	2,08		
Jug			11+12	2,50	21-24 in 23-24	2,09		
			10	2,49	21-22	2,10		
			7	3,10				
			11	2,49	23-24	2,48		

Op.: Rumeno obarvana so dvojna okna in vrata

⁷ Drugi viri navajajo vrednost $\lambda(\text{les})=0,81$ W/mK; Vrednosti R_{si} in R_{se} so privzete ob normalni emisivnosti ($\leq 0,8$).

2.1.7 Kratka analiza stavbe

Strnem ugotovitve, ki so doprinesle nekaj prednosti razkošni vili po izgradnji. Po naključju ali načrtovano:

- odprtost stavbe proti topli južni strani in zaprtost na hladno, severno stran. Dnevni prostori so obrnjeni proti sončni, južni strani neba, balkonska terasa je zaščitena s streho pred poletnim pregrevanjem. Najmanj odprt in je na S strani,
- drevesa so posajena na V in S stran, kar je nudilo protivetrno zaščito V terasi. Na J strani je zelenica namesto dvorišča, ki je naravna vlažnostna bariera. Naravna pergola na Z strani je sezonska zelena zaščita pred pregrevanjem ob dostopu do glavnega vhoda po senci (Slika 1),
- nadsvetloba na oknih-večji prodor svetlobe v notranjost (več kot cca. 2,5 m, veljavnih za okna običajnih velikosti),
- dvojna (Slika 21b) okna in vrata (Slika 24, 25) zmanjšajo toplotno prehodnost skozi ovoj stavbe, saj je U_w faktor enega dela škatlastega okna 4,97 W/m²K, celotnega okna pa 2,5 W/m²K (Preglednica 20),
- zaradi potrebe po večji nosilnosti in večjih razponih, so stene debeline 45 cm ugodne tudi za prehod toplote in vlage, saj sestava KS debeline npr. 24 cm ne ustreza difuziji vodne pare (pojav kondenza na notranji strani zidu). Tudi U -faktor je večji za 57 % (povečanje iz 1,319 na 2,072 W/m²K, kar vse skupaj ugodno vpliva na toplotno stabilnost,
- ogromno podstrešje ustvarja lastno mikroklimo, povečano kroženje in izmenjavo zraka zaradi velikosti in geometrije.

Stavbo bi upravičeno prenovili in energetske sanirali zaradi:

- svoje geolokacije, saj je parcela s svojo drevesno raznolikostjo podaljšek zelenih pljuč Soboškega parka in zasebnih zelenih površin, leži na stičišču cestno-kolesarskih povezav, oz. mestnih vpadnic (večstranska dostopnost),
- mikrolokacije: bližine občine, zdravstvenega doma, lekarne, gradu, parka, cerkve, banke, zavarovalnice, trga,
- finančne sprejemljivosti, saj objekt ni močno poškodovan (poglavje 2.1.5), NK je v dobrem stanju,
- nujnosti sanacije določenih delov (zaščititi zunanje in notranje površine zaradi ohranitve stavbnega pohištva, zamenjava oken, tlakov, strešne konstrukcije s kritino, utrditve/ojačitve ali rekonstrukcije prizidka),
- zadostne površine parcelnega območja za prebivanje in za dozidavo,
- trajnostnega razvoja S dela mesta (navezava s središčem mesta dobi nov pomen zaradi povečanega prometa in opaznosti stavbe) in revitalizacije, ki se začne s prenovo stanovanjskega območja,

- ponovne uporabe/ohranjanje zgodovinsko pomembnega objekta (stavbna dediščina), saj bi KD dobila svoj zgleden primer prihodnjim generacijam za smotrnost prenove in ne nepotrebne širitve mesta [38], kar kaže na vzdržno prostorsko prakso,
- izboljšanja celostne in kulturne podobe mestnega jedra, pokrajine, kar ima za posledico pozitivne učinke na kvaliteto življenja okoliškega prebivalstva.

Najprimernejšo rabo na sedanjem prostoru lahko upraviči stanovanjska vila ali javno-poslovni objekt z dozidavo. Stavbno zemljišče ni zaščiten pod spomeniškim varstvom, zato je dozidava mogoča s prioriteto izpostavljenosti vile [1]. Privzamem bivanjske razmere (vila je bila večdružinska stanovanjska enota) in enako ohranjenost kot je bila ob njeni izgradnji. Sicer bi zaradi poškodovanosti/dotrajanosti zunanjih in notranjih elementov dobili prevelike toplotne izgube predvsem na račun dodatnih toplotnih mostov (razpoke, počena stekla, nezaščiteno stavbno pohištvo, neposušene stene) in rezultati ne bi bili verodostojni. Odločitev glede rabe prostorov spremljajo tudi:

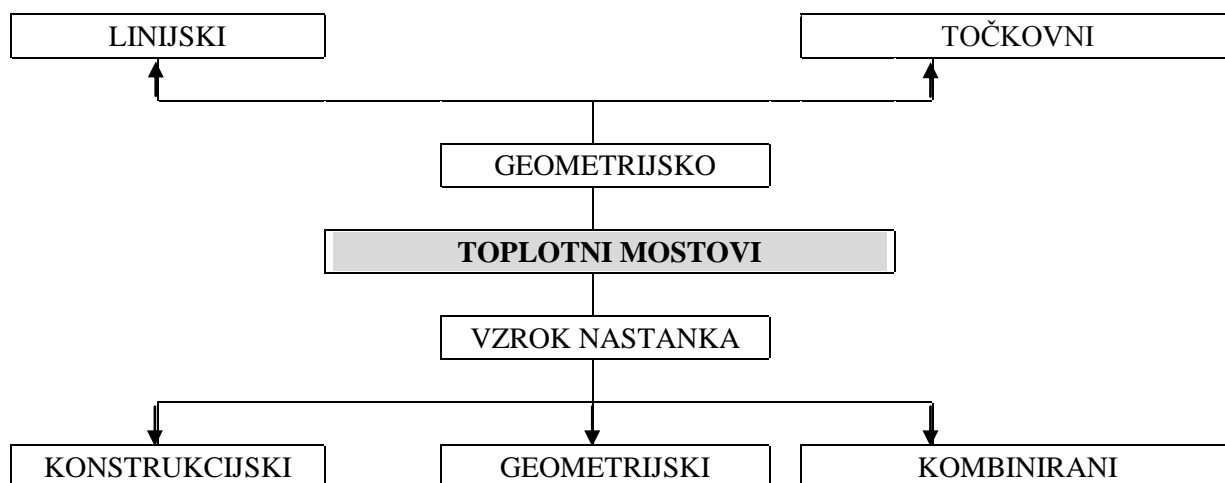
- želja po pridobitvi podatkov o takratnem bivanjskem udobju prvotnih rezidentov, ki je podobno današnjemu stanju (le prizidek so naknadno dozidali), če upoštevamo potrebna gradbeno - sanacijska dela in utrditvene posege,
- možnosti primerjalne študije za namen vpogleda v izboljšanje udobja novih uporabnikov z obstoječo tehnologijo,
- deficita stanovanjskega fonda v Sloveniji,
- energetske potratnosti slovenskih gospodinjstev, saj so v letu 2012 stavbe obsegale 34 % končne rabe energije (v EU 40%), od tega 24 % prispevek je na račun gospodinjstev [7],
- in nadaljevanja vedute stavbnega niza Grajske ulice.

2.2 Toplotni mostovi

Prehod toplote skozi ovoj stavbe je enak, če so razmere enakomerne, idealne. Največkrat se temu približamo na pravilno izvedenih fasadah, kjer se debelina slojev in homogenost materiala bistveno ne spremenita skozi geometrijsko enak KS. Do spremenjene toplotne prehodnosti in s tem do povečanih toplotnih izgub tako najpogosteje prihaja na majhnih površinah (točkah, linijah) gradbenih elementov. Tako poznamo z idealiziranjem točkovne in linijske TM. Spremljajo jih nekorektna načrtovanost in nepravilna izvedba. Omenjeno predvsem velja za detajle na stikih, križanjih, prebojih, vogalih (Slika 26). Kritična mesta vredna posebne pozornosti so tako vogali sten, stik stene in medetažne konstrukcije, odprtine, omarica za roloje, balkoni, izstopajoči deli.

Nekaterim TM se ne moremo izogniti zaradi omejitev (geometrijskih, materialnih), lahko pa jih omilimo s pravilnimi ukrepi. Možno je tudi, da je učinek TM pozitiven. Takrat je toplotna linijska prehodnost ψ (v nadaljevanju ψ faktorji) negativna, kar pomeni, da so projektne vrednosti specifičnih toplotnih izgub večje od dejanskih. Smiselno je narediti ovoj stičen in namestiti neprekinjeno TI na zunanjo (hladno) stran. S povečanjem TI na notranji strani pa ne smemo izvesti zračnih žepov, kjer неконтролиран odtok toplega vlažnega zraka skozi razpoke uničuje konstrukcijo. Posledica so še večji TM na stikih. Težava ni samo prehod toplote, temveč lokalno povečana površinska kondenzacija zračne vlage, ki vodi v neudobne bivalne razmere zaradi pojava plesni (Slika 19a), gob, idr.. Poslabšanje je nekaj velikostnih razredov večje od nevarnosti zaradi ovirane difuzije vodne pare. Tudi izgled ni prijeten, poškodbe zaradi vlage pa se izražajo v rji, trohnenju lesa, razpadanju in tudi nestabilnosti elementov. Trajnost materialov je ogrožena na račun nerešenih detajlov. Kjer je plesen, so spore, ki jih vdihavamo. Posledice so lahko astma, alergije, v skrajnem primeru motnje kardio-vaskularnega obtoka. Projektiranje energetske sanacije pa ne sme voditi do ogrožanja zdravja in higiene uporabnika. TM obravnavamo poleg faze načrtovanja še pri preverjanju stanja po končani gradnji. Po vzroku nastanka delimo TM na geometrijske in konstrukcijske [36], ki nastopajo večkrat v kombinaciji (kombinirani). V primeru netesnosti ovoja prihaja tudi do konvekcijskih TM. Glede na prevladujočo dimenzijo TM še delimo na linijske in točkovne (Preglednica 22).

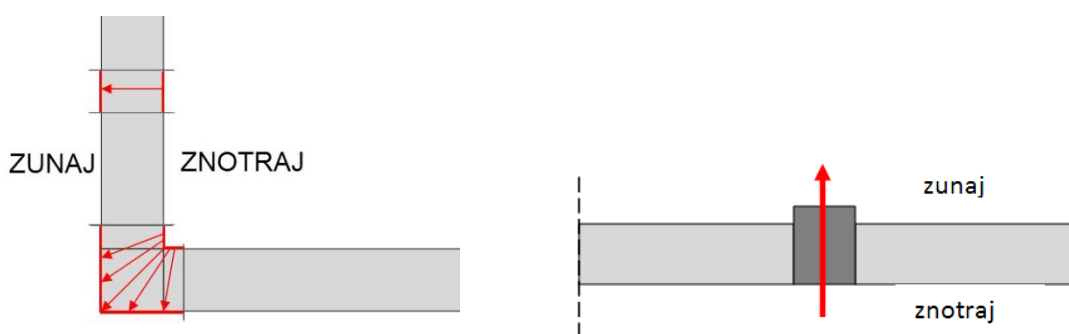
Preglednica 22: Hierarhija toplotnih mostov



Kjerkoli se stena lomi pod določenim kotom, prihaja do geometrijskih nezveznosti v debelini KS. Če pogledamo lokalno, je notranja površina vogala manjša od zunanje (Slika 26). Površina se navzven povečuje, toplotni upor se zato zmanjšuje, oz. toplotna prevodnost povečuje. Ko se več toplote prevaja navzven, so notranje (topla stran) površinske temperature nižje od preostalega dela stene. Tako lahko na tem mestu hitreje pride do pojava kondenzacije vodne pare na površini notranje plasti. Najpogostejši TM so vogali sten. Težko se je izogniti tudi preostalim TM, npr. v podstrešju, kot so kap, sleme in čelni napušč. Stanje izboljšamo, če namestimo TI zunaj in s tem zmanjšamo toplotni tok

in razliko med površino temperature v vogalu in na preostalem delu stene (Slika 26), čeprav še bolj povečamo površino zunanjega vogala glede na notranjega. Torej čim večja je razlika med površinama in toplotna prehodnost, tem večji je geometrijski TM.

Konstrukcijskim, oz. materialnim mostovom se lahko deloma izognemo z previdnimi rešitvami detajlov pri prebojih (dimnik, sidranje TI), napuščih, konzolah, priključkih, križanjih, okenskih špaletah in roletnih omaricah, zidnih podstavkih, predvsem na mestih z neprekinjeno TI. Vzrok nastanka je v spremembi toplotnega upora zaradi nesklenjenosti, prekinitve, predrtja. Zaradi števila in velikosti štejejo konstrukcijski mostovi med poglobitve in zato pomembne TM.



Slika 26: Skica toplotnega toka pri geometrijskem (levo) in konstrukcijskem toplotnem mostu (desno)

2.2.1 Upoštevanje toplotnih mostov

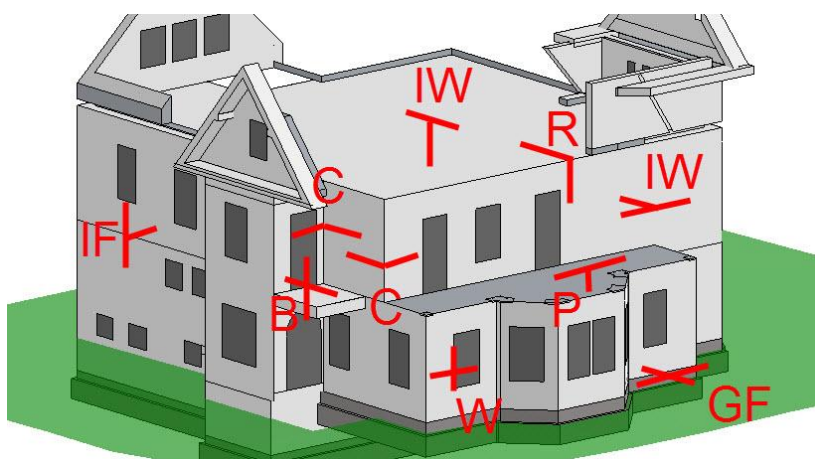
Vpliv TM ugotovimo s primerjavo primera brez TM in primera z računom TM. Slednjega izračunam na poenostavljen način [17] in po standardu SIST EN ISO 14683 [5], ki navaja privzete vrednosti ψ za najpogostejše vrste TM. Izbiramo jih na podlagi zunanjih (ang. external) dimenzij zunanjih elementov stavbe iz standarda [5], kakor jih bom podal pri površinah in prehodu toplote skozi zunanji stavbni ovoj. Tako nam veleva tudi slovenski pravilnik TSG [18]. Zato se vrednosti ψ v nalogi, zaokrožene na 0.05, nanašajo na ψ_e vrednosti. Preostalih faktorjev ψ_{oi} in ψ_i zato v nadaljevanju ne podajam. Izračuni slonijo na dvodimenzionalnem modelu zunanjega in notranjega zidu ter stebrov debeline 30 cm in ploščah debelin 20 cm. Povsod je vzeta termo zaščita 20 cm in debelina okvirja oken 6 cm. To pomeni, da v račun zajamem vse konstrukcijske elemente, saj tanjših predelnih sten stavba nima. Rezultati TM lahko zaradi neenakosti z dejanskim stanjem variirajo in so le približek točnega numeričnega izračuna. Če v programu TOST nastavimo račun z upoštevanjem TM po standardu in ψ ne vnesemo, dobimo primer računa brez TM. TM moramo z načrtovanjem detajlov minimalizirati ali dokazati, da ni kondenzirane vodne pare na njihovih mestih tako, da je merilo njihovega vpliva, t.j. dolžine (L) in ψ minimalno. Če za vsak obravnavan detajl iz tabele C.2 [5] velja, da je $\psi < 0,2 \text{ W/mK}$, je dovoljeno pavšalno povečanje toplotne prehodnosti celotnega ovoja stavbe za $0,06 \text{ W/m}^2\text{K}$ [18].

2.2.2 Evidentiranje toplotnih mostov

Razdelitev TM po skupinah (strehe, vogali, tla na terenu, dvignjena tla na terenu, medetažna plošča, balkon, nosilci, okna), ki jih navaja standard [5], ostane od primera do primera enaka, spremenijo se le vrednosti ψ_e in številke oznak, npr. streha z oznako R4 se spremeni v R3. Standard ponuja primere s TI na zunanji, notranji strani in na obeh straneh ter primere z lahkimi stenami. Ker je 1. primer neizoliran ovoj, se poslužujem tretje možnosti, kjer so razmere najbližje, prerez pa je po debelini konstantnega materiala. Dolžine netransparentnih elementov so pri vertikalnih mostovih svetle višine prostorov, preostali del stika je preostanek od horizontalnih TM in predstavlja točkovne TM, ki jih zanemarimo. Za ta namen sem izračunal povprečne dejanske etažne višine in z njimi operiral naprej. Dolžine TM pri odprtinah pa so obsegi svetlih gradbenih odprtin (Preglednica 23), navedeni v poglavju 2.1.6. Zaradi materialne enakosti v vertikalnih vogalih ni konstrukcijskih TM, saj nimamo vogalnih ojačitev in s tem druge vrste materiala. Členjenost ovoja pa narekuje veliko število geometrijskih mostov. Kombinirani in konstrukcijski TM se pojavijo ob priključkih sten na obodnem zidu, stikih odprtin, pri plošči na terenu z ležiščem v zunanjem zidu in robnih križanjih sten s ploščami (Slika 27).

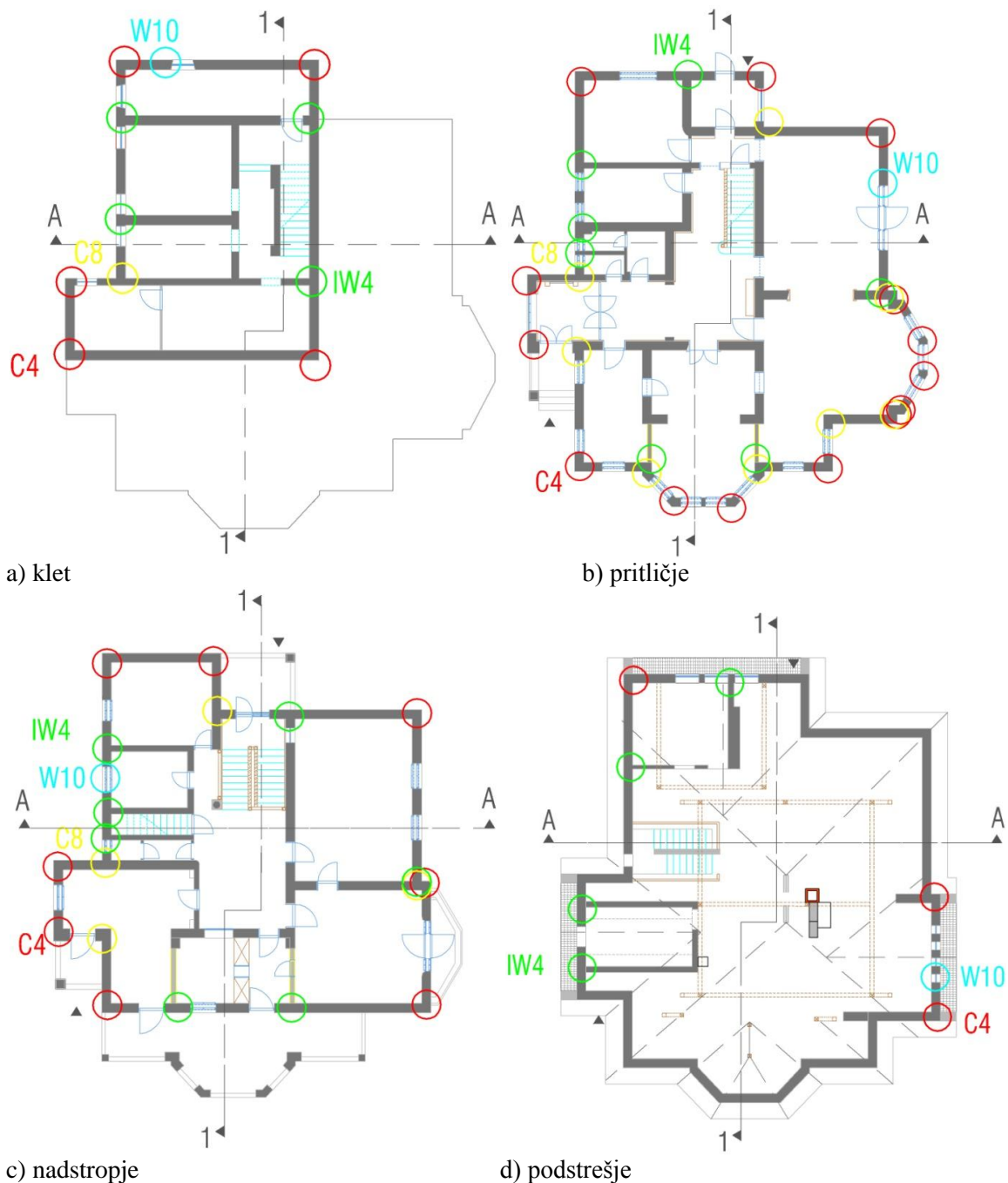
Preglednica 23: Obsegi odprtin L [m]

		Etaža				Vsota
		Klet	Pritličje	Nadstropje	Podstrešje	Σ
Stran fasade	Vzhod	0,00	26,08	13,40	2,40	41,88
	Zahod	10,28	30,08	22,62	7,42	70,4
	Sever	5,94	13,70	10,75	5,10	35,49
	Jug	0,00	27,98	22,16	0,00	50,14
Vsota	Σ	16,22	97,84	68,93	14,92	197,91

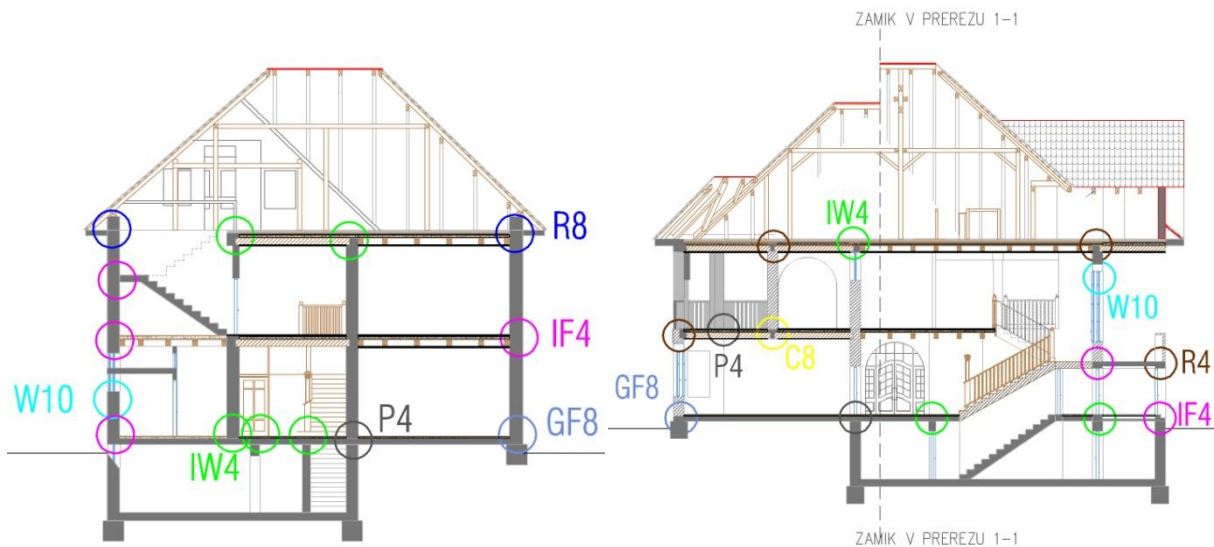


Slika 27: Najpogostejši dvo dimenzionalni toplotni mostovi na ovoju stavbe

Popišem vertikalne TM in pripadajoče dolžine iz tlorisov (Slika 28) in dolžine horizontalnih TM iz prerezov (Slika 29-31). Označujem jih kot so označeni v standardu [5], za vsak tip stika za izhodiščni primer in z barvnimi krogi. Skupno je največ dolžin v pritličju, kjer je seveda največ transparentnih elementov. Najmanj stikov je pri odprtinah na S strani in največ na Z strani. Skupna dolžina vseh TM znaša 681,4 m, od tega skoraj tretjino obsegajo okenske in vratne odprtine. Kvantiteta teh dolžin nakazuje na pomembnost reševanja TM na nivoju stikov z odprtinami. V nadaljevanju podajam izračunane vhodne podatke TM za vse 3 variante (Preglednica 24, 25). V poglavju 2.2.2.1 izpostavljam tudi nekatere posebnosti, na katere je potrebno biti pozoren.



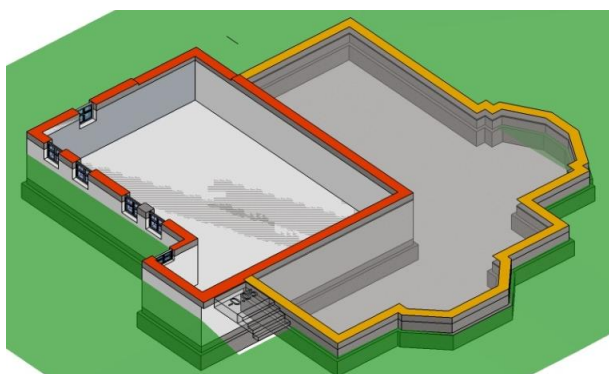
Slika 28: Evidentirani vertikalni linijski toplotni mostovi variante 1



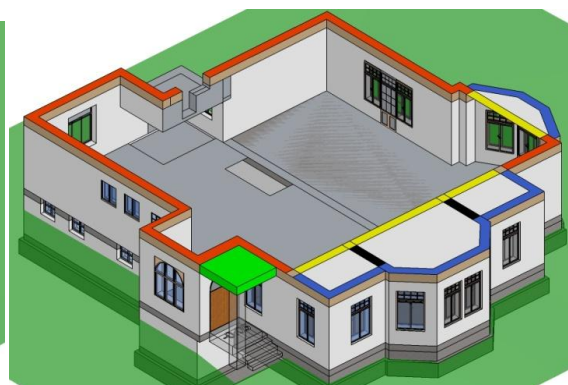
a) prerez A-A

c) prerez 1-1

Slika 29: Evidentirani horizontalni linijski toplotni mostovi variante 1



a) stik klet-pritličje



b) pritičje-nadstropje



c) stik nadstropje-podstrešje

Slika 30: Skica horizontalnih linijskih TM na toplotnem obodu

Preglednica 24: Vhodni podatki toplotnih mostov za 3 in 4 cono

Etaža	Sklop	1. Varianta		2. Varianta		3. Varianta		L [m]
		Oznaka	ψ_e [W/mK]	Oznaka	ψ_e [W/mK]	Oznaka	ψ_e [W/mK]	
Klet	Zunanja stena	C4	-0,15	C4	-0,15	C4	-0,15	9,54
		C8	0,10	C8	0,10	C8	0,10	2
		IW4	0,00	IW4	0,00	IW4	0,00	3,44
		W10	0,10	W10	0,10	W10	0,10	14,99
		W4	0,15	W4	0,15	W4	0,15	0,77
		W16	0,15	W16	0,15	W16	0,15	0,46
Pritličje	Zunanja stena	C4	-0,15	C3	-0,20	C1	-0,05	6,8
		C8	0,10	C7	0,15	C5	0,05	6,9
		IW4	0,00	IW3	0,90	IW1	0,00	22,82
		W10	0,10	W12	0,10	W18	0,20	78,49
		W4	0,15	W6	0,10	W1	0,00	11,25
		W16	0,15	W15	0,00	W18	0,20	8,10
	Tla na terenu	GF8	0,05	GF7	-0,05	GF5	0,60	47,95
	Medetažna plošča	IF4	0,70	IF3	0,90	IF1	0,00	30,15
	Tla na terenu	IW4	0,00	IW1	0,00	IW1	0,00	11,86
		B4	0,70	B1	0,95	B1	0,95	10,71
		B4	0,70	B1	0,95	B1	0,95	17
		P4	0,90	(P1+P3)/2	1,23	(P1+P3)/2	1,23	20,15

Op.: ψ_e je linearna toplotna prehodnost (W/mK)

Preglednica 25: Vhodni podatki toplotnih mostov za 1 in 2 cono

Etaža	Sklop	1. Varianta		2. Varianta		3. Varianta		L [m]
		Oznaka	ψ_e [W/mK]	Oznaka	ψ_e [W/mK]	Oznaka	ψ_e [W/mK]	
Nadstropje	Zunanja stena	C4	-0,15	C3	-0,20	C1	-0,05	21,76
		C8	0,10	C7	0,15	C5	0,05	9,23
		IW4	0,00	IW3	0,00	IW1	0,00	4,87
		W10	0,10	W12	0,10	W1	0,00	55,88
		W4	0,15	W6	0,10	W18	0,20	8,25
		W16	0,15	W15	0,00	W1	0,00	4,80
	Tla	IF4	0,70	IF3	0,90	C5	0,05	6,23
		C8	0,40	C7	0,15	C5	0,05	18,20
		R4	0,40	R3	0,40	R9	-0,05	32,07

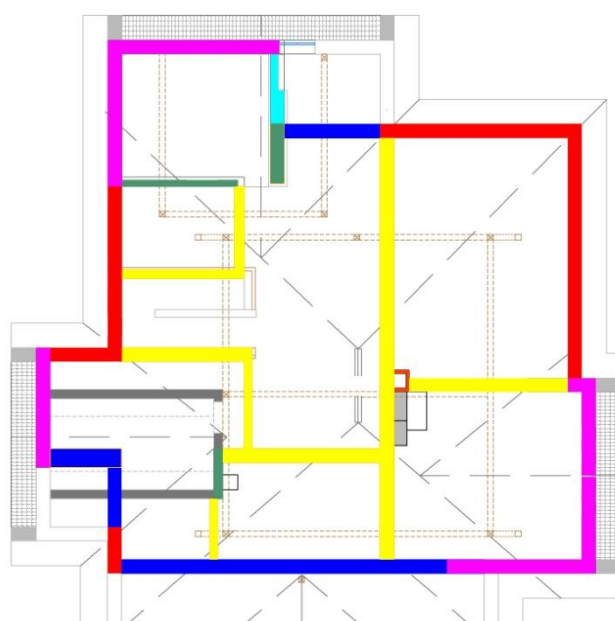
se nadaljuje...

...nadaljevanje Preglednice 25

Etaža	Sklop	1. Varianta		2. Varianta		3. Varianta		L [m]	
		Oznaka	ψ_e [W/mK]	Oznaka	ψ_e [W/mK]	Oznaka	ψ_e [W/mK]		
Nadstropje	Notranja stena-vrata	W16	0,15	W1	0,00	W1	0,00	6,4	
	Medetažna plošča	IF4	0,70	IF7	0,70	IF1	0,00	41,36	
	Medetažna plošča (podest podstrešnih stopnic)	IF4	0,70	IF3	0,90	IF1	0,00	2,25	
	Tla-medetažna	P4	0,90	IW6	0,00	IW6	0,00	4	
B4		0,70	B3	0,90	B1	0,95	4,68		
Podstrešje (Slika 31)	Zunanja stena	C4	-0,15	C4	-0,15	C4	-0,15	5,23	
		IW4	0,00	IW4	0,00	IW4	0,00	9,64	
		W10	0,10	W10	0,10	W10	0,10	14,92	
	Medetažna plošča	Tla	R8	0,45	R7	0,65	R5	0,60	23,31
		Medetažna plošča	IF4	0,70	IF3	0,90	IF1	0,00	25,65
		Notranja stena	IW4	0,00	IW6	0,00	IW6	0,00	40,1
		Notranja stena	P4	0,90	(P1+P3)/2	1,23	(P1+P3)/2	1,23	8,8
		Tla	R4	0,40	R3	0,40	R1	0,30	17,26
		Notranja stena	B4	0,70	R7	0,65	R9	-0,05	2,23
		Notranja stena	P4	0,90	IW6	0,00	IW6	0,00	10,89

Op.1: Barve označujejo stike iz slike 31 ;

Op.2: ψ_e je linearna toplotna prehodnost (W/mK)



Legenda:

Vrsta stika	Položaj stene
Vogal strehe	spodaj
Medetažna plošča	spodaj + zgoraj
Notranje stene	spodaj
Križanje notranjih sten in plošče	spodaj + zgoraj
Zunanje stene-tla	spodaj
Stene notranjih prostorov	zgoraj
Križanje notranjih in zunanjih sten	spodaj + zgoraj

Slika 31: Identifikacija stikov na tlorisu podstrešja

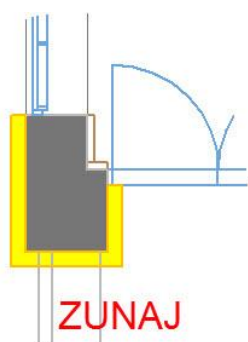
2.2.2.1 Posebnosti toplotnih mostov

Na stikih med transparentnimi in netransparentnimi elementi prihaja do nezveznosti, potencialne nestičnosti, do neenakih materialov, skratka do TM. Vsi netransparentni deli v ovoju stavbe so nameščeni na isto pozicijo, v sredine zidnih odprtin, kakor prikazuje primer W10 (Preglednica 26). Vseh odprtin pa ne smemo posplošiti na osnovni tip TM, kjer je okno nameščeno na sredini. Čeprav je TI na zunanji strani, je tip TM kot da bi bilo okno nameščeno na notranji (Slika 32a in Slika 32b) ali zunanji strani (Slika 32c), odvisno od vogalnih obodov.

Ob vogalih in stikih notranjih sten se pogosto zgodi, da sta hkrati dve vrsti TM (Preglednica 27) prisotni po isti dolžini ali/in višini toplotnega mostu. Zato je dolžina toplotnega mostu velikost stene (H) z odšteto višino odprtine (h_{okna}), sicer bi isti TM upoštevali 2-krat in dobili nerealen vpliv na energijske izgube.

Preglednica 26: Spremenjeni tipi TM odprtin za 1. varianto

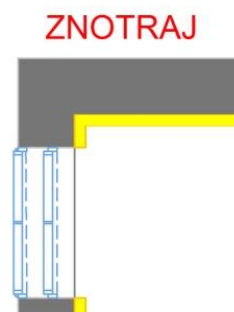
Položaj okvirja v zunanji steni		Zunanja stran	Sredina	Notranja stran
Skica tipa TM	(vir: [5])			
Oznaka		W4	W10	W16
ψ [W/mK]		0,15	0,10	0,15



a) stik glavnih vrat



b) stik okna s TI



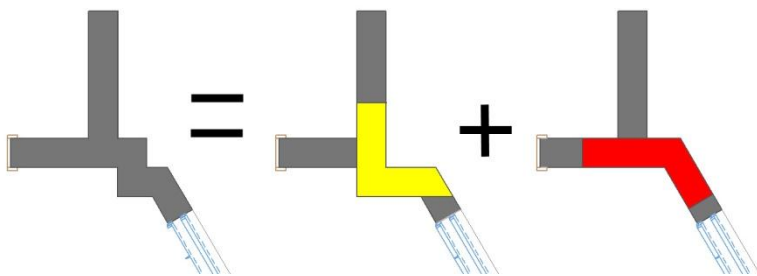
c) zunanja TI pri vogalu

Slika 32: Vogalni stiki pri toplotni izolaciji na zunanji strani

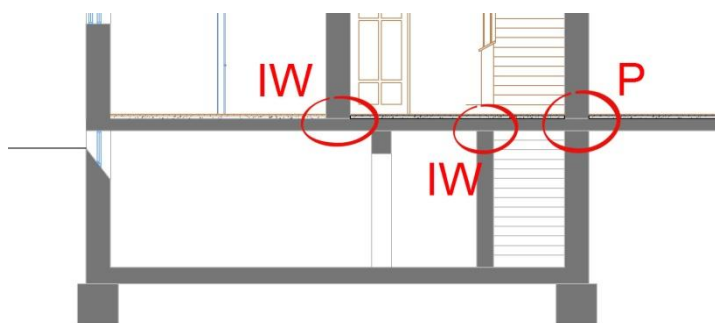
Preglednica 27: Prikaz vertikalnih TM v vogalih in oknih

<p>Prerez:</p>	1-1		2-2	
	Sklop	vogal	Sklop	okno
	Oznaka (vir[5]):	C4	Oznaka (vir[5]):	W10
	Položaj toplotne izolacije: brez TI			
	Dolžina TM [m]	$H-h_{okna}$	Dolžina TM [m]	h_{okna}
<p>Prerez:</p>	1-1		2-2	
	Sklop	vogal	Sklop	okno
	Oznaka (vir[5]):	C3	Oznaka (vir[5]):	W9
	Položaj toplotne izolacije: znotraj			
	Dolžina TM [m]	$H-h_{okna}$	Dolžina TM [m]	h_{okna}
<p>Prerez:</p>	1-1		2-2	
	Sklop	vogal	Sklop	okno
	Oznaka (vir[5]):	C1	Oznaka (vir[5]):	W7
	Položaj toplotne izolacije: znotraj			
	Dolžina TM [m]	$H-h_{okna}$	Dolžina TM [m]	h_{okna}

Dva vogala sta 4 krat členjena, 2 krat navznoter in 2 krat navzven (Slika 28b). Dovolj natančna aproksimacija je, če privzamem, da je vogal 2 krat členjen (Slika 33). Pri blagem prehodu elementa, t.j. pod topim kotom v drugega, je TM manjši kot, če ga vzamemo pod pravim kotom. Zato smo na varni strani, če ga vzamemo po standardu. Notranji zidovi ob talnem in stropnem kontaktu ustvarjajo TM z oznako IW. V primeru, da se tovrstna stika križata, t.j. takrat, ko je zid ene etaže grajen na zid druge, dobimo večji ψ_e tipa oznake P (Slika 34).



Slika 33: Poenostavitev vogalne členjenosti



Slika 34: Klet v prerezu [1]

2.3 Vhodni podatki delovnega lista

V spodnjih poglavjih podajam še preostale podatke, ki jih še nisem navedel za izhodiščno stanje in jih potrebujemo v računih s programom TOST. Programu [4] so priložena navodila z nekaterimi podatki in priporočili, ki jih izberem in navajam v tem poglavju.

2.3.1 Toplotna prevodnost zemljine

Toplotno prevodnost zemljine (λ_D) privzamem [4] vrednost 2,0 W/mK, sicer se izračuna iz standarda SIST EN ISO 13370 [39].

2.3.2 Toplotna kapaciteta

Zadostna toplotna kapaciteta (v nadaljevanju C) v notranjih bivalnih prostorih lahko pomeni energijske prihranke [40] v primerjavi s KS z majhnim C . KS, ki sestavljajo ovoj stavbe, nudijo učinkovito toplotno kapaciteto C [MJ/K], ki je v splošnem odvisna od debeline in s tem od mase (m [kg]) ter vrste materiala, ki vpliva na specifično toploto c [J/kgK], saj večja sposobnost shraniti energijo pomeni večji izkoristek toplotnih vtokov pri izmenjavi toplote z okolico. Pri opeki do 12 cm je izraba C najučinkovitejša, pri večjih debelinah 20 in 40 cm je skoraj enaka in nekoliko manjša od 12 cm opeke. Zato opečni zid deb. 40 cm ni v skupini masivnih težkih notranjih in zunanjih gradbenih elementov, ampak spada v srednje vrste konstrukcij - srednje težka gradnja. Ob tej izbiri znaša C TOST 16,5 % glede na uporabno površino (A_u) vsake od ogrevanih con (Preglednica 28). V vseh etažah je C enaka, saj so vse zunanje in notranje stene enakih debelin. Z dodajanjem TI se velikost C ne spremeni toliko, da bi morali vzeti večjo kategorijo stavbe C .

Preglednica 28: Toplotna kapaciteta ogrevanih con (vir: [4])

Cona	Uporabna površina cone	Toplotna kapaciteta
	A_u [m ²]	C [MJ/K]
3	248,19	40,95
2	196,02	32,34

2.3.3 Netransparentne površine

Poleg podatkov transparentnih elementov potrebujemo še podatke za netransparentne površine toplotnega ovoja vseh con (Preglednica 29) in vrednosti toplotne prehodnosti posameznih sklopov, U -vrednosti (Poglavje 2.1.4), torej vrednosti za zunanje stene, ki so del toplotnega ovoja.

Preglednica 29: Netransparentne vertikalne površine [m²]

Stran fasade	Etaža				Vsota	Deleži po straneh
	Klet	Pritličje	Nadstropje	Podstrešje	Σ	%
Vzhod	31,73	59,40	46,35	22,08	159,56	24,8
Zahod	27,92	59,42	61,29	14,12	162,76	25,3
Sever	25,65	56,81	66,50	23,42	172,38	26,8
Jug	26,88	54,56	56,93	5,03	143,39	22,3
Vsota	112,18	230,19	231,07	64,65	638,1	100,0
Deleži po etažah [%]	17,6	36,1	36,2	10,1	100,0	

2.3.4 Cone

Podatke o conah podajam v preglednicah 30-32. Predelni element med neogrevano kletjo in pritličjem (Preglednica 30) obsega 2 kratno polovično velikost stopnišča (netransparentni element stena) ter vrata v klet (transparentni element vrata). U -vrednost za notranji zid sem že izračunal (Poglavje 2.1.4-sklop št. 8). Zaradi zasteklitve v vratih določimo U -vrednost za vrata (W) na enak način kot za okno (D). V talni plošči na terenu (Preglednica 31) ni izvedeno ploskovno ogrevanje in ni nameščena robna izolacija. Stična ogrevana površina z zgornjo etažo obsega zaradi teras manjši del ($136,61 \text{ m}^2$) od same etaže ($196,02 \text{ m}^2$). Zaradi delne podkletenosti je mejna površina OC s spodnjo kletno etažo površina stropa kleti, torej etažna površina kleti. Predelni element proti 1. NC je stopniščna stena z vrati, kjer je potrebno v primeru različnih toplotnih prehodnosti (varianta 2 in 3 v nadaljevanju) izračunati posplošeno ali povprečno U vrednost medetažne plošče s steno. Vrata na podstrešje so enaka kot vhod v kletne prostore.

Preglednica 30: Predelni KS proti stopnišču v kleti

		Element		Enota
		Vrata	Stena	
Površina	A	2,14	8,56	m^2
Toplotna prehodnost	U	3,48	1,421	$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$

Preglednica 31: Podatki kleti

Element	Lastnost	Oznaka	Vrednost	Enota
Zunanja stena nad terenom	Debelina	d	0,45	m
	Toplotna prehodnost	U_w	1,319	$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$
Zunanja stena v stiku z zemljino	Skupni toplotni upor	$R_{bw,t}$	0,718	$\text{m}^2\text{K}/\text{W}$
Tla med kletjo in prostori nad njo	Toplotna prehodnost	U_f	1,99	$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$
Tla na terenu	Površina	A_{bf}	112,68	m^2
	Izpostavljeni obseg	P	50,3	m
	Skupni toplotni upor	$R_{bf,t}$	0,303	$\text{m}^2\text{K}/\text{W}$
Tla kleti pod nivojem terena	Globina	z	1,71	m
Zgornja površina stropa kleti nad terenom	Višina	h	0,29	m
	Urna izmenjava zraka	n	0,4	h^{-1}

Preglednica 32: Podatki pritličja

Element	Lastnost	Oznaka	Vrednost	Enota
Zunanja stena nad terenom	Debelina	d	0,45	m
	Toplotna prehodnost	U	1,319	$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$
Streha/ strop	Površina	A	50,95	m^2
	Toplotna prehodnost	U	1,06	$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$
Tla na terenu	Površina	A_f	167,07	m^2
	Izpostavljeni obseg	P	47,95	m
	Skupni toplotni upor	$R_{bf,t}$	0,393	$\text{m}^2\text{K}/\text{W}$

2.3.5 Projektne temperature in dobitki notranjih virov

Temperature zraka v času ogrevanja naj ne bi bile pod 20°C ter v času hlajenja nad 25°C , da imamo še toplotno udobje (Preglednica 33). Določena odstopanja si lahko dovolimo ob nezasedenosti prostorov ali ponoči, ko je aktivnost uporabnikov zmanjšana ali je ni. Sicer upoštevam priporočila. Temperaturni režim obeh ogrevanih con je enak, stopnišče ni zaprto, gibanje zraka ni omejeno in povezovalni prostori imajo velik volumen (Poglavje 2.1.3). Notranji viri na račun uporabnikov zaradi števila 8 oseb na uporabno površino stavbe predstavljajo pri povprečni dnevni aktivnosti 100 W/osebo, 800 W. Z upoštevanjem delovanja naprav [36] dobim vrednosti okrog 2 kW/dan, zato lahko vzamem pavšalne priporočene vrednosti, kjer računam s 5 kratnikom A_u (W), kar skupaj znaša 2220 W, ki jih uporabim za dnevni izračun notranjih dobitkov. Ponoči je delovanje naprav večje, vpliv uporabnikov pa manjši, zato iz deleža nočnih 8 ur (delovanje električnih naprav v cenejšem dvo tarifnem razredu od 22 h do 6 h) lahko za izračun uporabimo dnevne vrednosti. Za vikend in v primeru nezasedenosti, privzamem za polovico krajšo zasedenost, t.j. 2 kratnik A_u [W].

Preglednica 33: Projektne temperature v ogrevani coni s povprečno močjo notranjih dobitkov virov

CONA	Uporabna površina A_u [m ²]	Projektni notranji temperaturi (°C)					
			Dan	Noč	Vikend	Nezasedeno	
			Poleti (ohlajevalni čas)	20	18	20	17
			Pozimi (ogrevalni čas)	25	26	25	27
3 (Pritličje)	248,19	Povprečna moč dobitkov notranjih virov (W)	1241	414	620	496	
2 (Nadstropje)	196,02	Povprečna moč dobitkov notranjih virov (W)	980	327	490	392	

2.3.6 Klimatski podatki

Za Mursko Soboto velja projektna temperatura -16°C (Preglednica 34). Lokacija tudi vpliva na trajanje ogrevalne dobe in sončno sevanje na površini (Preglednica 2). Iz povprečnih mesečnih projektnih temperatur je izračunana projektna temperatura $9,9^{\circ}\text{C}$.

Preglednica 34: Osnovni klimatski podatki za območje Murske Sobotice [4]

	Vrednost	Enota
Temperaturni primanjkljaj DD (dan K)	330	dan K
Projektna temperatura	-16	$^{\circ}\text{C}$
Povprečna letna temperatura	9,9	$^{\circ}\text{C}$
Letna sončna energija	1157	kWh/m ²
Trajanje ogrevalne sezone	235	dnevi
Začetek ogrevalne sezone	265	dan
Konec ogrevalne sezone	135	dan

2.3.7 Podobdobja

Meritve kažejo, da 90 % časa preživimo v zaprtih prostorih, t.j. v avtu, stanovanju, delovnem prostoru. Bivalna enota vile ima kot bivališče odsotnost v celoti 7 dni v zimskih decembrskih in 7 dni v poletnih avgustovskih počitnicah ter v vsakem od preostalih mesecev po 1 dan. Predpostavim, da je od velike družine in prebivajočih zaposlenih hišnih gospodinj (Slika 1) skoraj vedno nekdo prisoten.

2.3.8 Ogrevanje

Podatkov za ogrevanje ni, viden je le radiatorski sistem cevnega razvoda (Slika 22a) po ogrevalnih conah, ki je še prvotni [25], s kotlovnico v kleti. Skleпам, da so kurili na domači rjavi premog/lignit in toplo vodo pridobivali iz peči na sekance v pritličju (energent je lesna biomasa) ali podstrešnim bojlerjem (Slika 18a). Ker ogrevalnih in hladilnih vrednosti ne poznamo, uporabim vrednosti učinkovitosti sistemov iz tabele v programu TOST in izberem najbližje vrednosti. Ogrevalni sistem ima učinkovitost generiranja in transporta tople vode po ogrevanih in neogrevanih prostorih 0,8, emisivnega oddajanja toplote v prostor pa 0,78. Izbiram torej potratne sisteme, ki so bili tehnološko še nerazviti, npr. ni bilo izolacij cevi in kondenzacijskih kotlov. S preglednico 35 podam izhodiščne in izboljšane sisteme ogrevanja, hlajenja in tople vode za vse tri variante.

Današnje ogrevanje (varianata 2 in 3 v preglednici 35) bi se izvajalo z daljinsko toploto s kogeneracijo⁸ iz bližnje kotlovnice na Lendavski ulici. Za namen hlajenja so vgrajeni visoko učinkoviti sistemi generiranja hladu.

Preglednica 35: Učinkovitost sistemov za ogrevanje, hlajenje in toplo vodo

Varianta		Generacija (%)	Distribucija (%)	Emisije (%)
1	Ogrevanje	80	80	78
	Hlajenje	80	80	77
	Topla voda	80	80	77
2	Ogrevanje	200	95	100
	Hlajenje	350	95	96
	Topla voda	200	95	100
3	Ogrevanje	200	95	100
	Hlajenje	350	95	96
	Topla voda	200	95	100

⁸Kogeneracija je hkratna proizvodnja toplotne in električne energije

2.3.9 Topla voda in gostota moči svetilk

Za zagotavljanje tople vode izberem ogrevanje 341 dni na leto na podlagi vsote podobdobj zasedenosti, za površine pa od uporabne površine A_u [m²] cone odštejem hodnike, stopnišča, predprostore. Ostanajo le bivalne sobe. Tako dobim v pritličju 195,14 m² in v nadstropju 151,29 m² referenčne površine stanovanj, kjer se zagotavlja topla voda. Gostota moči svetilk (PN) v 2 in 3 coni je 5 W/m² za večstanovanjski objekt. Na podstrešju je PN zanemarljivo majhna, v kletnih prostorih pa zmanjšana na 3 W/m². Zasilne razsvetljave ni, upravljanje je ročno in ni nadzora sistema stalne osvetljenosti po prostoru.

2.3.10 Prezračevanje

Prezračevanje večdružinske bivanjske hiše je naravno z aktivnim odpiranjem oken. Kleti in podstrešja nihče dodatno ne prezračuje ponoči in takrat, ko ni zasedena. Nočni čas in za vikende je le v OC vedno nekdo (služkinje), ki prezračuje te prostore, zato so tu zahteve enake. Vse fasade so izpostavljene. Pri razredu nizke zaščitenosti in tesnjenja je urna izmenjava zraka z okolico n [h⁻¹] enaka 1,2 [18]. Minimalne vrednosti pravilnik PURES 2010 [2] navaja vsaj 0,5 v času uporabe. V času odsotnosti ljudi je lahko n_{min} zmanjšana na 0,2. Ob spremenjenem tesnjenju in zaščiti se pri izboljšani varianti vrednosti n [h⁻¹] spremenijo. Označene so z zeleno barvo (Preglednica 36). Navajam jih v oklepajih za primera s srednjo zaščito in tesnjenjem (2. varianta) ter močnim tesnjenjem in zaščito stavbe (3. varianta).

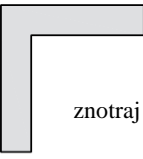
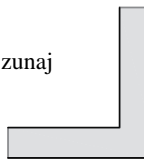

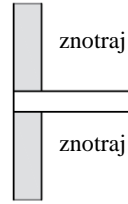



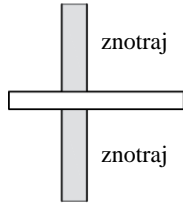
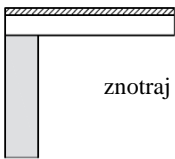
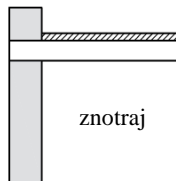

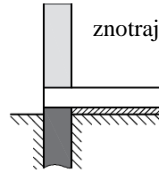
Preglednica 36: Prezračevanje prostorov v izhodiščni varianti

Način prezračevanja	Izmenjava zraka	Oznaka [enota]	Etaža	Normalno	Noč	Vikend	Nezasedeno
Naravno	Urna	n [h ⁻¹]	Klet	0,2	0,0	0,2	0,0
	Minimalna	n_{min} [h ⁻¹]		0,2	0,0	0,2	0,0
	Urna	n [h ⁻¹]	Pritličje in nadstropje	1,2 (0,6/0,5)	1,2 (0,6/0,5)	1,2 (0,6/0,5)	0,4 (0,3/0,2)
	Minimalna	n_{min} [h ⁻¹]		0,5	0,5	0,5	0,2
	Urna	n [h ⁻¹]	Podstrešje	0,2	0,0	0,2	0,0
	Minimalna	n_{min} [h ⁻¹]		0,2	0,0	0,2	0,0

2.3.11 Toplotni mostovi prve variante

Dolžine in ψ vrednosti TM so že popisani v poglavju o toplotnih mostovih (Poglavje 2.2.2). Tabelirano prikažem še tipe povzetih vrednosti ψ za prvi primer (Preglednica 37) za način izračuna po standardu [5], po katerem tudi izvajam nadaljnje primerjave med rezultati.

Preglednica 37: Tabela toplotnih mostov izhodiščnega stanja [5]

Oznaka	C4	C8	IW4	IF4
Sklop	Vogal	Vogal	Notranja stena	Medetažna plošča
				
ψ_e	- 0,15	0,10	0,00	0,70
Oznaka	W4	W10	W16	B4
Sklop	Okna-vrata	Okna-vrata	Okna-vrata	Balkon
				
ψ_e	0,15	0,10	0,15	0,70
Oznaka	R4	R8	P4	GF8
Sklop	Streha	Streha	Stebri/nosilci	Plošča na terenu
				
ψ_e	0,40	0,45	0,90	0,05

2.4 Varianta 2

2.4.1 Izibra materiala

Energetska sanacija HV zahteva optimizacijo na več nivojih. Poslužujem se vodila bioklimatskega načrtovanja, kjer prioritarno izbiram najprej pasivne in šele nato aktivne ukrepe:

- izvedba termične zaščite vertikalnega ovoja iz notranje strani (Poglavje 2.4.2),
- TI stropa neogrevane kleti in tal na podstrešju (sklop št. 1 in 3),
- zamenjava stavbnega pohištva z energetsko manj potratnim (Poglavje 2.4.3),

- zamenjava sistema ogrevanja, ohlajanja in sistemov za pripravo tople vode (Preglednica 35),
- sprememba načina prezračevanja (Preglednica 36).

Vsi že vgrajeni materiali se ohranijo. Smernice za izbiro novih materialov, njihovih dovoljenih debelin in načina vgradnje glede na razporeditev TI zunaj, znotraj, ali oboje, sem pridobil s posvetovanjem z dr. Evo Sapač [25], konservatorsko svetovalko iz Zavoda za varstvo kulturne dediščine Slovenije (ZVKDS) območne organizacijske enote Maribor. Tako npr. niso dovoljeni preboji skozi ostrešje (beri strešna okna), ki pa bi bili zaradi povečane potrebe po večji osvetljenosti nujni. Namreč, sedanje odprtine so zaprte (0 %) na J in odprte predvsem (61 %) na S. Vendar se to lahko zgodi le ob spremembi namembnosti, torej le, če spremenimo NC v ogrevano, kar pa lahko pride v poštev le v 3. varianti. Ob vseh ukrepih spoštujem njihova navodila. Največ se dovoli 7 cm debelo TI na zunanji strani ali »sendvič« kombinacijo s tanjšima plastema zunanje in notranje toplotne obloge na zunanji zid. Zato v nadaljevanju prikažem tudi slednjo možnost, ki pa je zaradi narave naloge ne izberem v 2. varianti. Zato študija te variante predstavlja nekakšno osnovno merilo za naknadno načrtovanje in ne predstavlja edino možno rešitev problema energetskega saniranja HV pod zaščito stavbne dediščine.

Ključni element trajnostne gradnje je TI. Točkovna kvadratna geometrija stavbe ima za posledico manjši delež vertikalnega dela ovoja (54 %) od horizontalnega v primerjavi z vila blokovno gradnjo ali gradnjo stolpičev [14], kjer je TI zunanjega ovoja odločilnega pomena pri toplotni bilanci stavbe. Vertikalni netransparentni del ovoja v stiku z okolico namreč dosega 44 % delež (Preglednica 38) in zato moramo optimizirati poleg izbire materiala TI še preostale KS, ki doprinesejo največji učinek energetske sanacije.

Preglednica 38: Površine izpostavljenega stika toplotnega ovoja z okolico

Položaj toplotnega ovoja		Etaža				Vsota [m ²]	Delež [%]
		Pritličje		Nadstropje			
Horizontalni netransparentni del OC (tla/strop etaže)	m ²	tla	268,48	strop	196,02	517,59	48
		strop	50,95	vrata	2,14		
Vertikalni netransparentni del OC (zunanji zidovi)	m ²	233,03		232,62		465,65	44
Vertikalni transparentni del OC (okna in vrata)	m ²	54,26		36,06		90,32	8
Vsota toplotnega ovoja stavbe A						1073,6	100

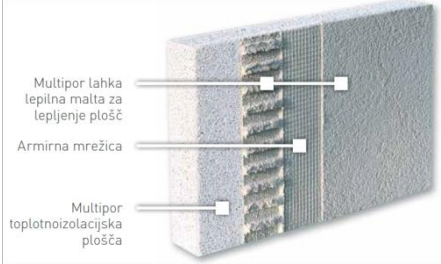

Potencial toplotnih izgub skozi odprtine v vertikalnem delu ovoja, ki je v direktnem stiku z okolico, je lahko večji od deleža odprtin (18 %). Zunanje stavbno pohištvo namreč predstavlja potencialno oslabitev v toplotnem ovojju zaradi tanjših sklopov, oz. večjih *U* vrednosti. Z današnjo tehnologijo izdelave oken in vrat je možno tudi ta faktor precej zmanjšati, kar dokazujem v poglavju 2.4.2. Izračune izvedem s pomočjo programa TEDI ob stacionarnih razmerah, na 2D modelu prečnega preseka površine zidu.

V zimskem času vstopa v KS več vode kot je izstopa zaradi povišanih nasičenih tlakov vodne pare glede na delne parne tlake v neki točki prereza. Nabrana količina kondenzirane vode poveča vlažnost materiala in mora biti manjša od največje možne, ki jo material še lahko sprejme, sicer se voda izteka iz KS. Večja kot je gostota difuznega toka pri izsuševanju, manj dni je potrebnih za izsušitev v poletnem času. Meja časa izsuševanje je postavljena na 60 dni. Račun difuzije ni potreben, če do navlaževanja v plasti ne pride, navlaževanje celotne debeline sloja KS pa ni dovoljeno.

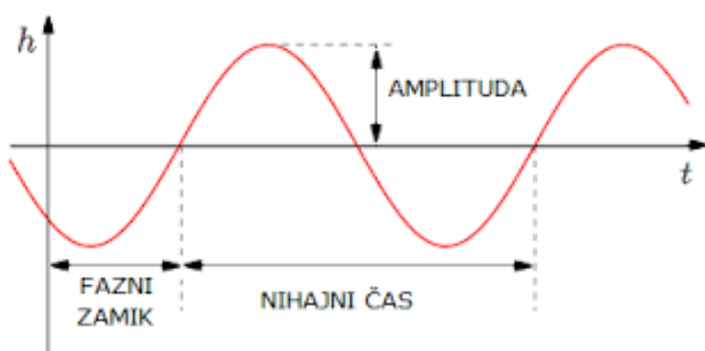
Pri debelini samega opečnega zidu med 20 cm in 23 cm je potreben račun difuzije vodne pare, pod to debelino je KS nepravilno zasnovan, kondenz nastane na notranji površini. Večja statična nosilnost zasnovane vile zahteva debelejšo nosilne stene od običajnih 30 cm v času izgradnje. Za razumevanje današnjega stanja bom po izbiri materiala, ki bo toplotno zaščitil zunanje stene, v nadaljevanju primerjal, kaj se zgodi v primeru 30 cm zidu, in kaj v primeru 45 cm zidu z večanjem debeline TI.

Za osnovo bi lahko izbral difuzijsko odprt material kot sta npr. izdelka Multipor proizvajalca Xella [41] in Tectem podjetja Knauf Insulation [42]. Odločim se za multipor, ki ga natančneje opišem v preglednici 39, z vsemi potrebnimi podatki. Upošteval sem še primernost izbire materiala predvsem zaradi namestitve TI na notranjo stran zunanjega zidu, samonosilnosti, oz. konstrukcijske stabilnosti in njegove PH vrednosti blizu nevtralne 7 zaradi preprečitve razvoja plesni v področjih z nižjo površinsko temperaturo – potencialna mesta toplotnih mostov. Preostale pozicije TI pokažem le kot rezultat izboljšane verzije in na podlagi rezultatov izberem optimalen material za nadaljnje račune.

Preglednica 39: Materialne lastnosti porobetona (vir:[41])

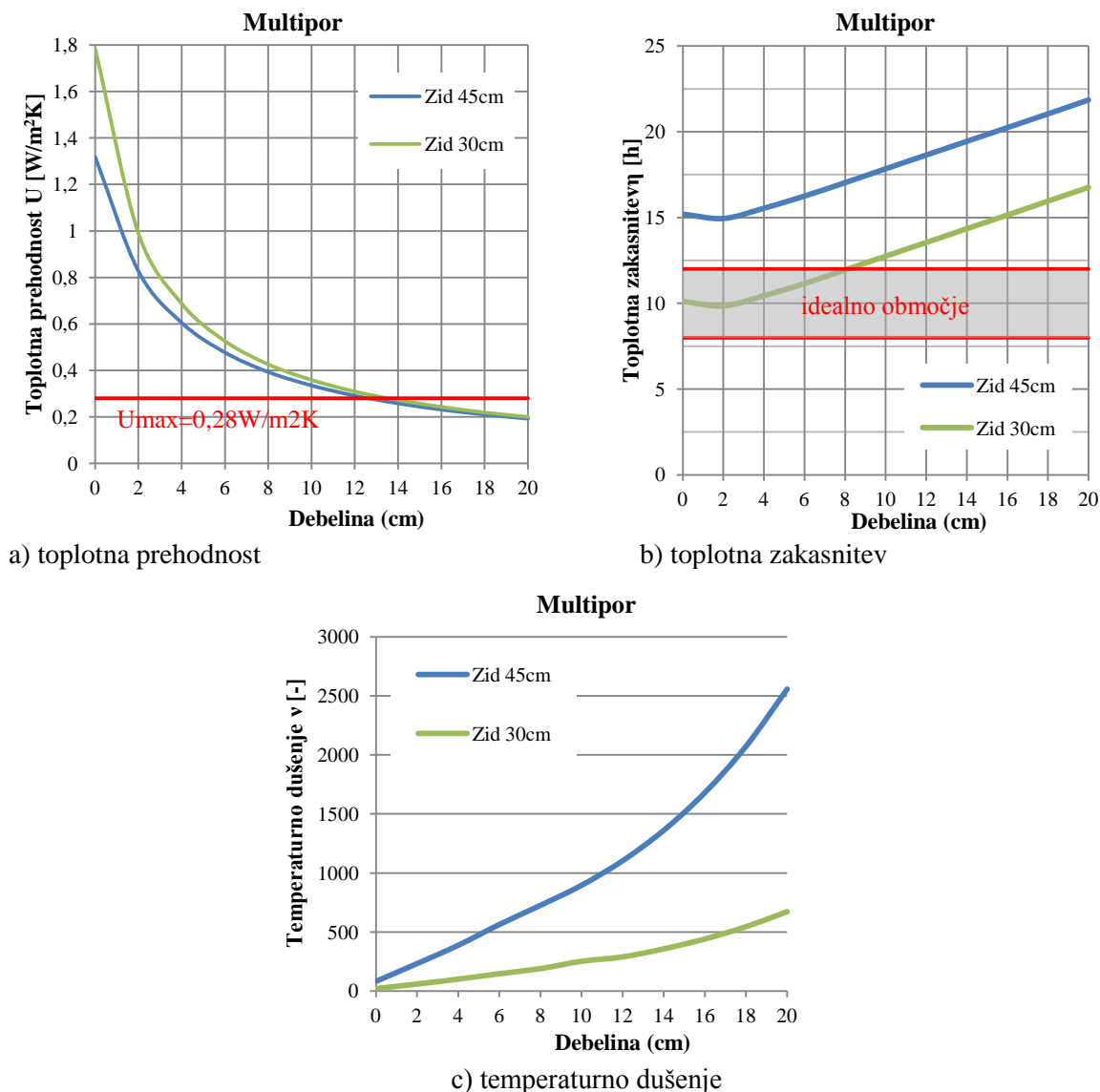
Lastnost	Oznaka	Vrednost	Kontaktne fasade (vir: [41]):
Toplotna prevodnost (W/mK)	λ	0,045	 <p>Multipor lahka lepilna malta za lepljenje plošč</p> <p>Armirna mrežica</p> <p>Multipor toplotnoizolacijska plošča</p>
Difuzijska odprtost	μ	3 (hidrofoben)	
Gostota (kg/m ³)	ρ	100-115	
Požarna odpornost	negorljiv	A1	
Specifična toplota (J/kgK)	C	1300	
Zvočna absorpcija	D (SIST EN 11654)		
Plošče dimenzij (mm)	b/h	600/390	
Razpon debelin (mm)	Mineralne plošče	20-200	
Tlačna trdnost (MPa)		3	
PH	bazičen (8-10)		
Sestava (osnovne surovine)	pesek, cement, voda, apno, anhidrid/mavec, aluminijev prah		 <p>Mineralne plošče za TI znotraj</p>
Proces izdelave	avtoklaviranje (parjen ob 190 °C pri tlaku 12 bar)		
Prednosti: obdelovalnost-ugodna za preprečitev TM, vgradnja, tlačno trden, oblikovno stabilen, ne potrebuje podkonstrukcije, reciklaža, primeren za TI zunanjih sten z notranje strani, do 14 cm ni potrebe po sidranju, ravna finalna površina s tankoslojnim nanosom			

Če bi tanjšali zid NK, bi razlika v toplotni prehodnosti z večanjem debeline TI limitirala proti nič. Vpliv same debeline zidu na toplotno prehodnost (v nadaljevanju U) je sicer največji ob neizoliranem zidu, vendar ima pri TI večji od 10 cm debelejša stena manjšo pomembnosti pri prehodu toplote skozi steno (Grafikon 1a), kar je v nasprotju z laičnim razmišljanjem, da debela stena ne potrebuje energetske sanacije. Izrazita razlika med faktorjem dušenja temperature (v nadaljevanju v) različno debelega zidu pri povečevanju debeline toplotne zaščite narašča (Grafikon 1c), kar je še ena posledična prednost debelejšega obstoječega zidu. Razlog je v večji razpoložljivi toplotni kapaciteti (C), zaradi večje mase, ki lahko shrani več toplotne energije in jo s toplotnim zamikom (v nadaljevanju η) pozneje tudi odda v hladnejšo zunanjo okolico. Slabost debelejšega zidu je v preseganju 12 h toplotne zakasnitve (Grafikon 1b), ki se z večanjem debeline TI linearno še povečuje. Sicer velja, da so KS, ki imajo η med 6 in 18 h, energetsko varčnejši in prijetnejši za bivanje [43]. Sam opečni zid debeline 45 cm ima že 15,2 h čas med razlikama amplitud temperatur med zunanjo in notranjo stranjo (Grafikon 1b). Zato bi z večjim dodatnim povečanjem η -ja bila poslabšana bivalna klima v prostorih, saj se toplota sprošča komaj takrat, ko bi se že morala akumulirati (Slika 35). Pri močno preseženem nihajnem času pride do pregrevanja notranjih prostorov in s tem povečane potrebe po ohlajanju. Pri 8 cm TI bi dosegali še idealno raven toplotne stabilnosti do 12 h, vendar bi zid potem moral biti za 15 cm tanjši. Debelina osnovne konstrukcije zidu sicer ne vpliva na hitrejšo povečevanje η zaradi večje TI (Grafikon 1b). Nekako posredno pa omilimo razmere v prostoru z ugotovitvijo, da ima linearno povečanje η -ja manjši vpliv od skoraj eksponentnega povečanja faktorja v .



Slika 35: Skica faznega zamika in amplitude nihanja toplote

Teoretično bo amplituda temperatur na obeh straneh fasade v ciklu 24 h manjša in pregrevanje ne bo tako izrazito. Da zadostimo mejni vrednosti U -faktorja po TSG, ki je $0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$ in debelini, ki jih proizvajalec (npr. Xella, Knauf) navaja na trgu, dobimo format toplotnoizolacijskih oblog debeline 14 cm, pri čemer U vrednost znaša $0,258 \text{ W/m}^2\text{K}$. V tem primeru je potrebnih 37 od dovoljenih 60 dni za izsušitev čez zimski čas nabrane kondenzirane vlage v sloju opečnega zidu. Pri 14 cm sicer še ni potrebe po sidranju v NK (Preglednica 39) in s tem povečanimi TM.

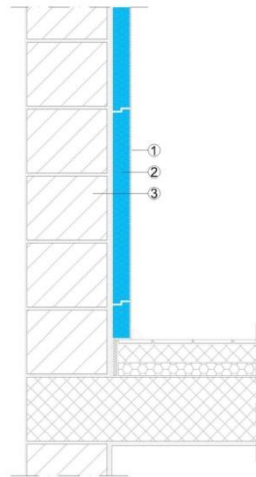



Grafikon 1: Primerjava zidov različne debeline pri povečevanju debeline Multipora

S težnjo po oblikovni in materialni ohranitvi notranjih in zunanjih detajlov, sem poiskal izboljšano rešitev. Kljub časovno in zato tudi stroškovno neugodnemu »dvojnemu« delu, je optimizirana rešitev ukrep s povečanjem temperaturnega dušenja za 4,2 kratnik in zmanjšanjem toplotne zakasnitve za 1,2 h na način izvedbe kontaktne fasade z debelino 8 cm na zunanji strani in dodatnih 4 cm na notranji strani ovoja stavbe. Z ohranjeno skupno debelino TI se U vrednost ne spremeni, ostane enaka. S spremenjeno zasnovo smo tudi preprečili propadanje celotnega nosilnega materiala NK zaradi kondenza v tej plasti, saj se zaradi spremenjene difuzije nastajanje kondenza »preseli« iz NK proti multiporu, v plast ometa. Takšna razporeditev TI ne ogroža izgleda varovanih elementov (notranjih in zunanjih) in zato predstavlja sprejemljivo rešitev energetske sanacije vile pod spomeniškim varstvom [25]. Ohranitev trenutne kulturno-varstvene materialne substance bi tako aktivno varovali.

Analiza materialov narekuje tehtanje preostalih prednosti in slabosti energetske sanacije zunanjega preseka stavbe. Izbiro materiala poenostavi ekonomska utež in zahteve za ohranitev spomeniške stavbne vsebine. Odločim se za študijo fizikalnih procesov in ne na cene materiala ter izvedbe. Če se želimo popolnoma izogniti nabiranju kondenza v plasteh prvotne konstrukcije in še zmanjšati debelino TI, torej izboljšati gradbeno fiziko sklopa, moramo izbrati toplotnoizolacijski gradbeni material z biološko nevtralnostjo⁹ in primernostjo za TI notranje strani zunanjih zidov. Tak material je lahko ekstrudiran polistiren (XPS) podjetja Fragmat TIM d.d., in sicer proizvod z oznako XPS 300 NL [44], ki je primeren za TI na notranji strani zunanjih zidov. Izdelek ne vsebuje zdravju škodljivih freonov.

Preglednica 40: Materialne lastnosti XPS-a [44]

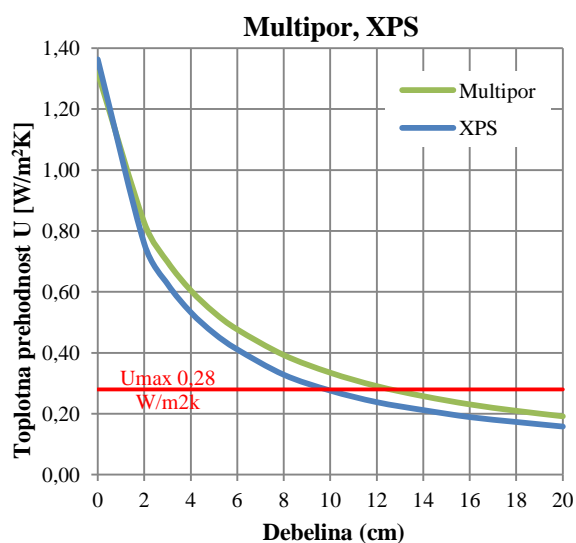
Lastnost	Oznaka	Vrednost	Primernost izvedbe Ti na notranjo stran zunanjega zidu (vir: [44]):
Toplotna prevodnost W/mK	λ	0,034-0,037 (odvisno od debeline)	
Difuzijska odprtost	μ	50-100	
Gostota (kg/m ³)	ρ	33-42	
Požarna odpornost	Evroražred	E (gorljiv material)	
Specifična toplota (J/kgK)	C	1260	
Plošče dimenzij (mm)	b/h	1250x600	
Razpon debelin (mm)		30-140	
Tlačna trdnost (MPa)		>3	
Standard	SIST EN 13164		
Sestava (osnovne surovine):	kroglice iz ogljikovega stirena z vsebnostjo plina pentan, struktura je <u>zaprtocelična</u>		
Proces izdelave:	ekstrudiranje polistirena		
Prikaz strukture »napolitanka« s stopničastim prehodom:			
			
<p>Prednosti: vgradnja-manipulacija, <u>tlačna trdnost</u>, oblikovno stabilen, reciklaža, primeren za TI zunanjih sten z notranje strani, torej za <u>vlažna okolja</u>, ni potrebno lepljenje mrežice v finalni obdelavi, zaradi površinske ojačitve ne potrebuje podkonstrukcije,</p>			

Op.: Podčrtano pomeni boljše lastnosti od materiala EPS, kjer je drugačen postopek proizvodnje

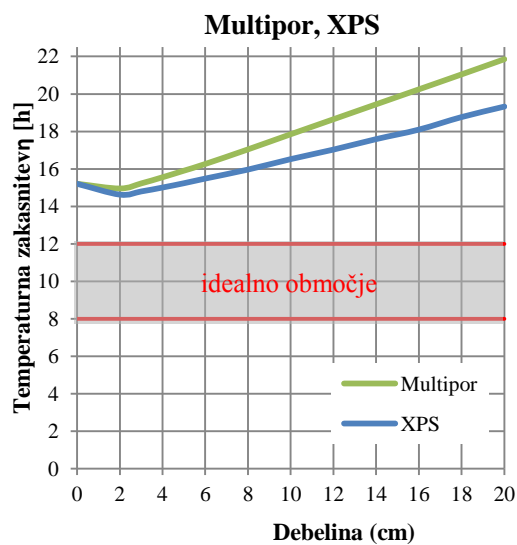
Zamenjava Multipora z XPS predstavlja željene prednosti že v primerjavi osnovne variante s TI znotraj. Tako potrebujemo 4 cm manj TI (Grafikon 2a) ob zmanjšanju η -ja za slabe 3 h (Grafikon 2b) in v -ja za četrtnino (Graf ikon 2c). Toplotna prehodnost tako znaša 0,276 W/m²K. Pri kombinaciji TI 6 + 4 cm ponuja XPS celo za 14 % večji faktor dušenja amplitude od Multipora pri enaki debelini TI. Razlike nastanejo tudi kot posledica kombinacij dveh različno debelih plasti z različno toplotno

⁹ Biološko nevtralen pomeni, da se rastline ne hranijo z njim.

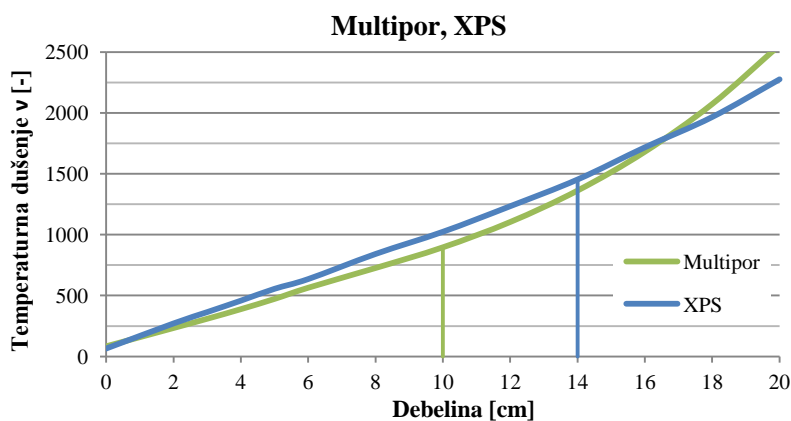
prevodnostjo λ (W/mK), ki jih XPS omogoča, da dobimo željene karakteristike. Kot sem že omenil, je fazni zamik stene potrebno najmanj dodatno povečati. Izberemo dodano plast z manjšo zakasnitvijo temperature. Z večanjem debeline sloja termo zaščite se tudi neugodna razlika η med materialoma povečuje. Zato ima ta ukrep ugoden vpliv, saj pri gostejših materialih, kot so opeka, beton, les, toplota kasneje preide skozi zid. Kombinacija z dveh zlepljenih slojev 10-ih cm se je izkazala kot optimalnejša od 1 sloja 10 cm, pa tudi linijskih toplotnih mostov zaradi prekinitve med naleganjem plošč bo manj.



a) toplotna prehodnost



b) toplotna zakasnitev



c) temperaturno dušenje

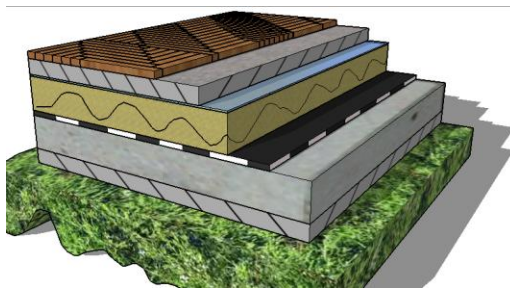
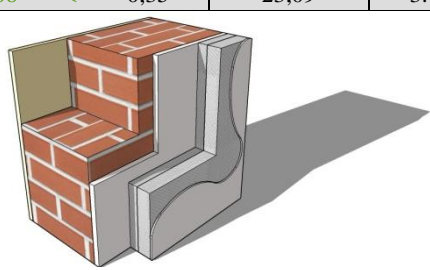
Grafikon 2: Primerjava med materialoma pri različnih debelinah sklopa

Ker je namen naloge izračun TM, ki so najbolj raznoliki pri TI zunaj, znotraj ali pa primeru brez TI, se za ukrep s TI znotraj in zunaj v nadaljevanju ne odločim. Odločim se torej za oblaganje zunanega zidu z 10 cm XPS-a z notranje strani z U vrednostjo 0,276 W/m²K. Ugotovili smo tudi, da bi v običajnih bivalnih razmerah KS bil že v enem letu prekomerno navlažen (več kot 60 dni) in NK bi začela propadati, zato je ob prihodnjem izkoristku namembnosti potrebno predhodno zidove posušiti z npr. nizkofrekvenčnim elektro osmotskim sistemom, ki prepreči kapilarni dvig vode s spremembo njenega pola [45].

2.4.2 Konstrukcijski sklopi

KS ovoja ogrevanih con spremenim do te mere, da v vsakem sklopu dosežem/presežem pravilnik TSG. V preglednici 41 podajam podatke teh sklopov. Z rumeno barvo sem obarval dodane nove plasti. Medetažni elementi omogočajo ohranitev osnovne višine plošč (ugodno za KD) z namestitvijo mineralne volne [46] med stropnike. Za manjši prehod toplote v prerezih 1 (Slika 15) je potreben maksimalen izkoristek prostora, kjer je bilo nasutje. Zato peščeno nasutje zamenjam s TI. Izračun s programom TEDI pokaže, da v tem primeru ni potrebno med stropnike namestiti več kot 10 cm TI. Namestim jo še pod betonski estrih na tleh v pritličju in XPS plošče na strop kleti. Do spremembe notranjega izgleda pride tako le pri stropu nad pritličjem v delu, kjer je strop tal terasa. Odstranitev 10 cm betona podstrešnih tal ne spremeni U -vrednosti sklopa, je pa smiselna zaradi sanacije vmesnih lesenih podov in nujne namestitve parne ovire s TI, da ne pride do kondenzacije v njej. Dodatno je potrebno zaščititi zunanjo stran stene pod terenom z namestitvijo hidroizolacije in speljati meteorno vodo v drenažni jašek. Notranja stena, ki meji na neogrevano klet namestimo 5 cm izolacijskih plošč na hladno stran kleti, kjer je dovolj prostora. Debelina 5 cm je tudi spodnja meja proizvajalčevih produktov [44].

Preglednica 41: Toplotne karakteristike spremenjenih konstrukcijskih sklopov

Sklop	Sloji potekajo od znotraj navzven	Debelina	Toplotna prevodnost	Toplotna prehodnost		Toplotna stabilnost	
				U -faktor	U -max	T.zakasnitev	T.dušenje
	Sestava sklopa	[cm]	λ [W/mK]	W/m ² K	W/m ² K	η [h]	ν [-]
1	Parket (hrastov)	1,5	0,21				
	Cementni estrih	5	0,93				
	Polietilenska folija (Tyvek)	0,001	0,19				
	Mineralna volna (Knauf Insulation DF)	10	0,037				
	Betonska plošča	10	1,51				
	Hidroizolacija	0,1	0,19				
	Podbeton	5	se ne všteva				
	Nasutje	30	se ne všteva				
	Skupna debelina [cm]	31,5					
Tla na terenu v pritličju				0,306	< 0,35	23,09	3.495
2	Apneni omet	2,5	0,81				
	Opečni zidaki	40	0,76				
	Apneni omet	2,5	0,81				
	XPS plošče deb.(6+4)cm	10	0,034				
	Tankoslojna lepilna malta+mrežica	0,3	0,81				
	Skupna debelina [cm]	55,3					
Zunanja stena v pritličju in nadstropju				0,276	< 0,28	16,49	1028

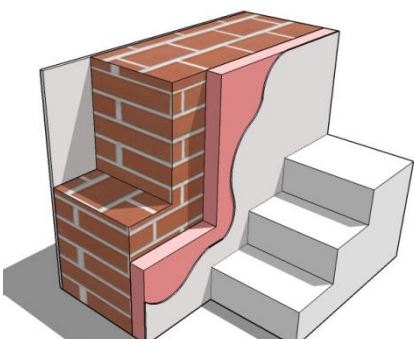
se nadaljuje...

...nadaljevanje preglednice 41

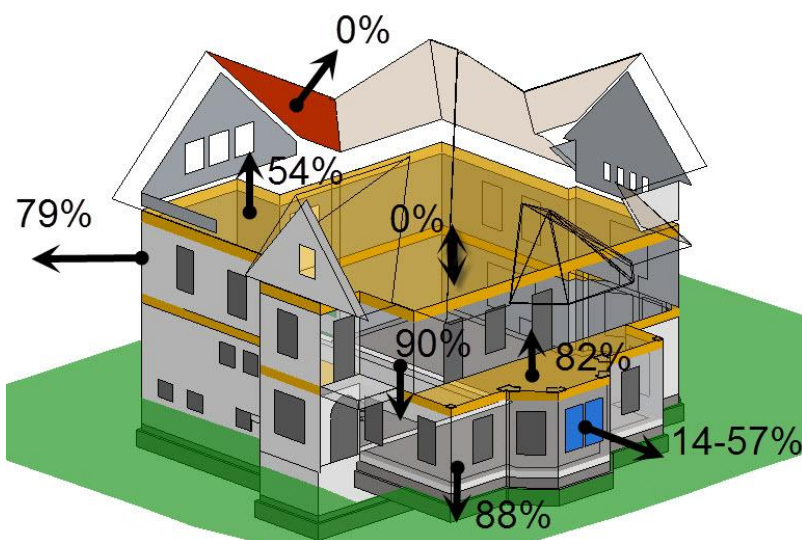
Sklop	Sloji potekajo od znotraj navzven	Debelina	Toplotna prevodnost	Toplotna prehodnost		Toplotna stabilnost	
				U -faktor	U-max	T.zakasnitev	T.dušenje
				W/m ² K	W/m ² K	η [h]	ν [-]
	Sestava sklopa	[cm]	λ [W/mK]				
3	Parket (hrastov)	2	0,21				
	Cementni estrih	5	0,93				
	Betonska plošča	25	1,51				
	XPS (XPS 30 - Fragmat TIM d.o.o.)	16	0,034				
	Tankoslojna lepilna malta+mrežica	0,3	0,81				
	Skupna debelina [cm]	48,3					
	Strop med 3 in 4 cono (strop nad kletjo)						
6	Keramika (ploščice+lepilo)	2	1,28				
	Parket (hrastov)	2	0,21				
	Deske-slepa tla	2,4	0,14				
	Polietilenska folija (Tyvek)	0,001	0,19				
	Mineralna steklena volna (URSA DF 39)	8	0,039				
	Deske	2,4	0,14				
	Zračni sloj (stropnik)	22	0,714				
	Mineralna steklena volna (URSA DF 39)	10	0,039				
	Stropni opaž	2,4	0,14				
	Mavčna plošča	1,3	0,21				
	Skupna debelina [cm]	30,5	42,5				
Streha ravna-strop proti 3 coni			0,19	< 0,2	Vrednosti sta za prerez 2		
Vrednosti v prerezih 1 in 2			(0,249 in 0,174)		5,37	145	
7	Deske	2,4	0,14				
	Deske	2,4	0,14				
	Polietilenska folija (Tyvek)	0,001	0,19				
	Mineralna steklena volna (URSA DF 39)	8	0,039				
	Deske	2,4	0,14				
	Zračni sloj (stropnik)	22	0,714				
	Mineralna steklena volna (URSA DF 39)	10	0,039				
	Deske	2,4	0,14				
	Omet na trstiki	2,5	0,47				
	Skupna debelina [cm]	30,1	42,1				
Strop proti neogrevanemu podstrešju			0,190	< 0,2	Vrednosti sta za prerez 2		
Vrednosti v prerezih 1 in 2			(0,249 in 0,172)		7,91	234	
8	Osnovni omet	0,3	0,81				
	Opečni zidaki	40	0,76				
	Osnovni omet	0,3	0,81				
	Plošče Tectem (Knauf Insulation)	5	0,045				
	Tankoslojna lepilna malta+mrežica	0,3	0,81				
	Skupna debelina [cm]	45,9					
	Notranja stena med različno ogrevanima conama						
Stena proti stopnišču v klet, hodniku		Notranja stena					

Stopniščna rama na podstrešje (prostor št. 32) meji na steni debelin 25 cm in 28,5 cm in je širinsko omejena. Zato se odločim za material nizke toplotne prevodnosti podjetja Saint Gobain [47] z odstranitvijo zunanjega ometa (Preglednica 42), da dobim še več prostora za TI. Izdelek Weber therm plus ultra z $\lambda = 0,020$ W/mK dosega mejno U vrednost že pri 7 cm. Izračunam povprečje U vrednosti vsakega od enako dolgih sten. Površina sten $13,7$ m² spremeni U vrednosti 6. sklopa iz $0,19$ W/mK na $0,194$ W/mK, saj površinski delež k ogrevani površini tal 1 cone znaša 7 %. Še vedno smo znotraj vrednosti U_{max} .

Preglednica 42: Stena ob podstrešnem stopnišču

Sklop	Sloji potekajo od znotraj navzven	Debelina	Toplotna prevodnost	Toplotna prehodnost		Toplotna stabilnost	
				U -faktor	U-max	T.zakasnitev	T.dušenje
	Sestava sklopa	[cm]	λ [W/mK]	W/m ² K	W/m ² K	η [h]	ν [-]
Dodatni sklop	Osnovni omet	2/2,5	0,81				
	Opečni zidaki	25/20	0,76				
	Weber therm plus 0,2 (Saint Gobain Terranova)	7	0,02				
	Skupna debelina [cm]	34/29,5					
	Stena proti podstrešju						
Vrednosti za vsako od sten				(0,248 in 0,252)		10,74	339

NC-am in medetažni konstrukciji znotraj ogrevanih volumnov nismo spreminjali zasnove konstrukcije (U vrednost je ostala enaka), saj že v osnovi zadostijo osnovnim pogojem pravilnika TSG. V preostalih sklopih smo zmanjšali toplotne prehodnosti (Slika 36) posameznih sklopov pod največje dovoljene [18].



Slika 36: Skica procentnega zmanjšanja U vrednosti sklopov

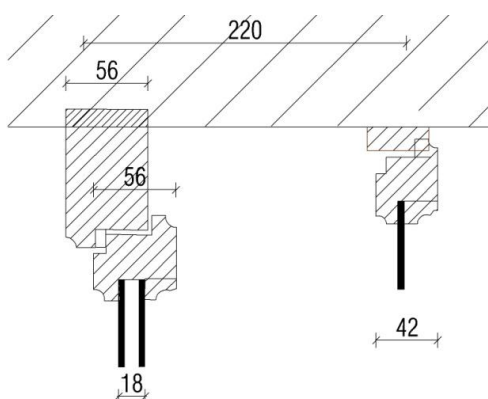
2.4.3 Zunanje odprtine

Zavod za kulturno dediščino Slovenije (ZVKDS [25]) dovoljuje zamenjavo stavbnega pohištva z dvoslojnimi transparentnimi elementi, s tem, da ohranimo njegovo izvorno identiteto in za škatlaste elemente na notranji strani obdržimo enako strukturo zasteklitve. Torej, okvir ostane lesen, izbira širine medprostora med stekloma pa naj bi bila čim manjša. Izgled od znotraj ostane identičen, zunanji del elementa pa pridobi izboljšane toplotne karakteristike. Škatla na notranji strani ostane enojna enoslojna zasteklitev z enakim U_{wI} faktorjem. Tako dodamo vsem enojnim odprtinam zasteklitev in s tem povečamo širino profila ter posledično zmanjšamo toplotno prehodnost okvirja U_f . Na toplotni tok, ki je posledica prevodnosti stekla, ne moremo vplivati, lahko pa vplivamo na tok, ki ga poganja toplotna prevodnost plina in konvekcija. Če zrak v hermetično zaprtem medstekelnem prostoru zamenjamo s plinom manjše toplotne prevodnosti (večjim uporom), lahko dosežemo dodatno znižanje koeficienta toplotnega prehoda.

Pri trojni zasteklitvi je g -vrednost od dvoslojnega manjša za 8 %, dodatni nizkoemisijski (low-energy) nanos to vrednost še zmanjša za 15 %, medtem ko vsebnost plina v medprostoru stekel ne vpliva na g -faktor, ampak zmanjšuje U -faktor (Preglednica 43). Sicer low-e nanos znižuje U vrednost bolj kot plin, vendar dam prednost prehodu svetlobe (osvetljenosti prostorov) skozi transparentne površine iz dosedanjih ugotovitev, ki veljajo za objekt (Poglavje 2.1.2). Ker imamo skupaj 3 sloje stekla z manjšim U vrednost glede na trojno zasteklitev, se odločim za polnjenje medprostora s plinom argon in brez low-e nanosov. Podatke za škatlaste transparentne elemente s takšnimi karakteristikami izračunam iz standarda [37], saj je izdelava tovrstnih oken specifična in je trg ne ponuja v širokem izboru. Z izbiro sestave profila 4-9-4 (steklo-medprostor-steklo), se zahteva [48] širina okvirja debeline 56 mm (Slika 37). Povečana dimenzija zmanjša toplotno prehodnost lesenega profila na 1,95 W/m^2K [37]. Izračuna U_w faktorja ne navajam, za dvojno okno je prikazan izračun v poglavju 2.1.6. Tako dobimo U -vrednost zunanjega dela »škatle« $U_{w2}=2,8 W/m^2K$ [37]. Enako vrednost navajajo drugi viri [36]. Vrednost g izberem kot za trojno zasteklitev 0,68 in v primeru dvojne zasteklitve pri preostalih enojnih oknih vrednost 0,76 (Preglednica 43). Končne izračune variante 2 objavljam v preglednici 44.

Preglednica 43: Značilne vrednosti U in g faktorjev za vrste zasteklitve [4]

	Tip zasteklitve								
	Enojna	Dvojna			Trojna				
Medstekelni prostor [mm]	/	10	16	10	12	12	12	12	16
Nanos	/	brez	brez	1x low-e	brez	brez	1x low-e	1x low-e	1x low-e
Polnilo	zrak	zrak	argon	zrak	zrak	argon	zrak	argon	argon
g [-]	0,85	0,76	0,76	0,58	0,68	0,68	0,53	0,53	0,53
U_g [W/m^2K]	5,94	2,8	2,69	1,41	1,93	1,79	1,29	1,05	0,89



Slika 37: Delavniška skica vzdolžnega prereza dvojnega okna z želeno zasteklitvijo [48]

Preglednica 44: Toplotne prehodnosti zunanjih transparentnih elementov za 2. varianto

Stran	Etaža											
	Klet		Pritličje				Nadstropje				Podstrešje	
			Zasteklitev		Skupaj element			Zasteklitev		Skupaj element		
			1-slojna	2 slojna		1-slojno	2 slojno					
	Pr.	U_w W/m ² K	Pr.	U_{w1} W/m ² K	U_{w2} W/m ² K	U_w W/m ² K	Pr.	U_{w1} W/m ² K	U_{w2} W/m ² K	U_w W/m ² K	Pr.	U_w W/m ² K
V			15			2,88	27	4,96	2,74	1,78	33	2,90
			12	4,93	2,72	1,76	25	5,06	2,84	1,83		
			12	4,95	2,72	1,77						
			13	4,40	2,59	1,64	26	4,55	2,64	1,68		
			13	4,97	2,74	1,78						
Z	6	2,75	10	4,92	2,69	1,75	29	4,99	2,76	1,79	35	2,80
	4	2,74	10	4,91	2,69	1,75	30	4,96	2,74	1,78		
	5	2,75	8			2,65	20	5,19	2,90	1,87		
			18	5,00	2,83	1,82					32	2,60
			18	5,09	2,80	1,82	21	4,96	2,74	1,77		
		17	5,10	2,77	1,81							
S	6	2,76	16	4,99	2,72	1,77	19-28	4,48	2,64	1,67	33 in 34	2,74
	1	2,82	15			2,04	19-28	4,14	2,56	1,59		
J			11+12	4,97	2,74	1,78	21-23 in 23- 24	4,15	2,53	1,58		
			10	4,95	2,73	1,77	21-22	4,17	2,53	1,58		
			7			2,23						
			11	4,95	2,72	1,77	23-24	4,93	2,72	1,76		

Op.: Le v pritličju so enojne in dvojne odprtine, zato sem zaradi preglednosti uokviril z rdečo enojne odprtine

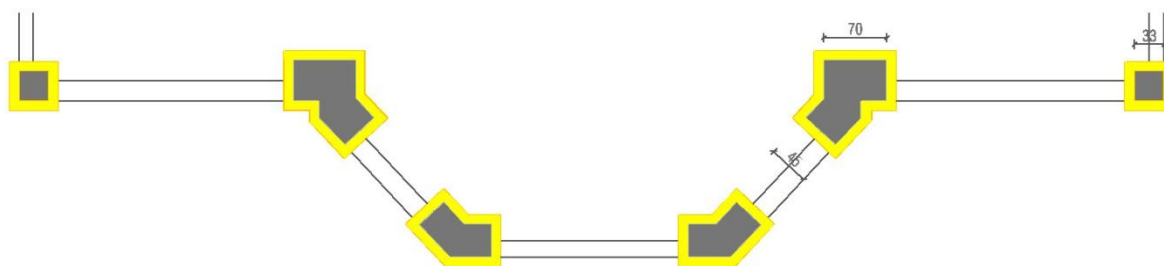
Primerjam preglednici 21 in 43. Najmanj se toplotna prehodnost U_D zmanjša enojnim vratom z majhno zasteklitvijo, le za 14 %, medtem ko se oknu z majhnim deležem okvirja U_f zmanjša za dobro polovico. Posledica je v večjem padcu U_g kot U_f . Namreč U_g zmanjšamo iz 5,75 W/m²K na 2,8 W/m²K, medtem ko U_f pade iz 2,1 W/m²K na 1,95 W/m²K. Dodatna debelina okvirja in/ali toplotna izolacija polnila v vratnem krilu bi pomenila smiselno rešitev, vendar je zaradi difference toplotnih

prehodnosti na stikih smiselno izboljšati tudi zasteklitev, ker skozi vratne odprtine ne prodira veliko svetlobe. Tovrstne razlike maksimalnih odstopanj so manjše pri dvojnih oknih in balkonskih vratih v nadstropju. Gibljejo se od 24 do 29 %. Predvsem zaradi podobnih geometrijskih lastnosti in deleža površine okvirja k celotni površini odprtine. V povprečju smo U vrednost transparentnega zunanjskega ovoja izboljšali za 30,4 % (iz 2,78 na 1,93). Povečanje zasteklitvenih površin se najbolj pozna v 1. in 4. coni z zamenjavo enoslojnega okna z dvoslojnim, vendar k skupni toplotni bilanci ne prispevajo veliko, saj je skupna površina odprtin v primerjavi z vsemi le 7,7 % (Preglednica 13). Ker niso v OC, bo učinek še manjši. V nobenem primeru nismo dosegli minimalne meje, ki ga navaja tehnična smernica [18], kjer je $U_w=1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ in $U_D=1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$.

2.4.4 Toplotni mostovi - Varianta 2

S TI znotraj dobimo zaradi načina izoliranja stavbe največje število TM, predvsem konstrukcijskih. Razlika se še dodatno povečuje, če bi večali debelino TI nad 20 cm, na čemer temeljijo izračuni ψ [5]. V določenih primerih pa zaradi narave izoliranja pridobimo izboljšanje toplotnega mostu. Določeni ukrepi sprememb detajlov so dovoljeni in jih tudi izvedem ter navedem v nadaljevanju. Primer je izvedba TI okrog okenske odprtine (Slika 44). V nadaljevanju opišem spremembe, ki so nastale v tej varianti in označim horizontalne ter vertikalne TM (Slika 45).

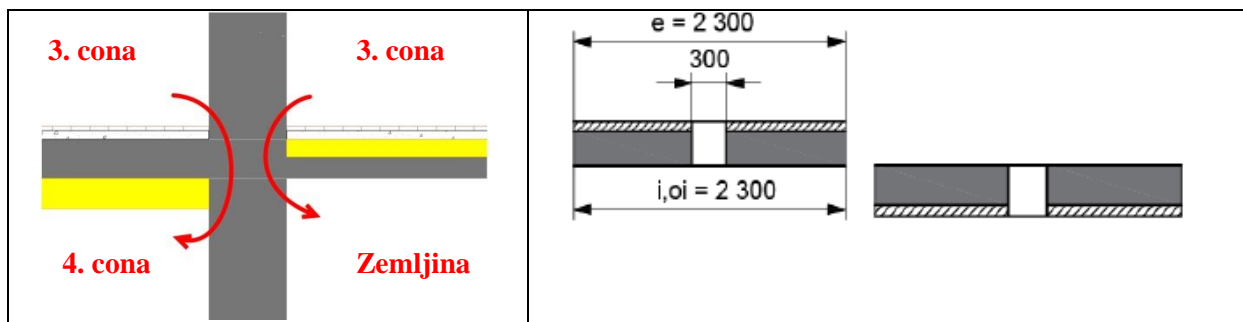
Zunanji stebri nimajo velikosti linijskih stenskih elementov (do 70 cm), zato so na mestih, kjer se stikajo s ploščo/tlemi, pojavljajo točkovni TM. Še posebej ker jih ne računamo, jih je potrebno termično zaščititi s TI okrog njih (Slika 38).



Slika 38: Skica toplotne izolacije stebrov zunanjskega prostora (št. 24)

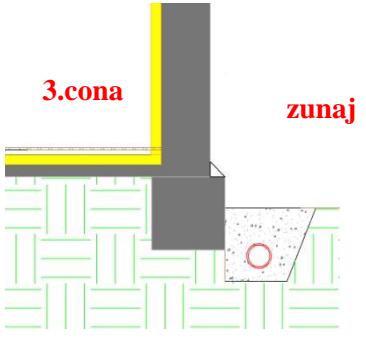
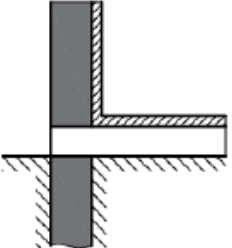

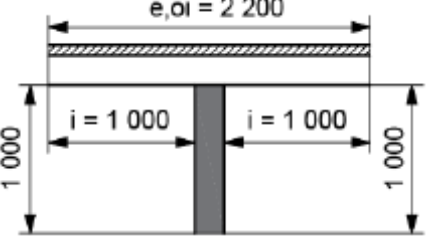
Notranji TM med 3. in 4. cono je zaradi različne pozicije TI v vsakem od pritličnih prostorov kombinacija dveh TM z oznako P (Slika 39). Primer »dobrega« učinka TI znotraj, pri čemer je ψ_e negativen, je vogal (GF7) pri tleh na terenu (Preglednica 45). Le še TI je potrebno namestiti po robu, da je zagotovljena stičnost ploskev. Prav tako je prekinjen TM notranjih sten na medetažnih ploščah (IW6). Notranji vogal ustvari razliko med površinskimi temperaturami v vogalu in ravnem delu. Zato

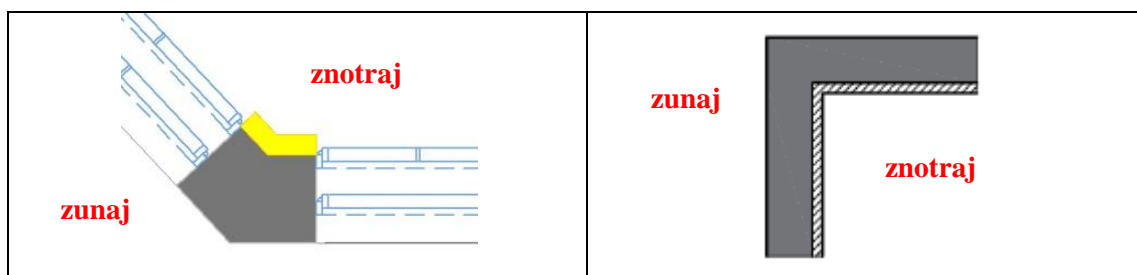
nam tudi največji pozitivni učinek od vseh možnih tipov TM prinese stik C3 s $\psi = -0,20$ [5] na sliki 40b. V isto skupino uvrstim top vogalni kot (Slika 40a).



a) detajl križanja (vir: lasten, 2016) b) TM tipa P 1 (levo) in tipa P 3 (desno), (vir:[5])
 Slika 39: Prekinitev TI v križanju kletne stene s pritlično talno ploščo

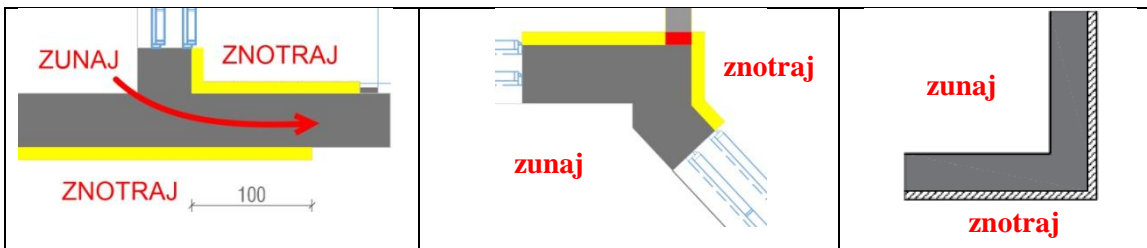
Preglednica 45: Toplotni most tip GF7 in IW6 [5]

Horizontalni TM na stiku zunanje stene in tal na terenu (vir: [lasten, 2016])	(vir: [5])
	
	Kategorija TM po SIST EN ISO 14683:
	GF 7 $\psi_e = -0,05$
	
	Kategorija TM po SIST EN ISO 14683:
	IW6 $\psi_e = 0,00$

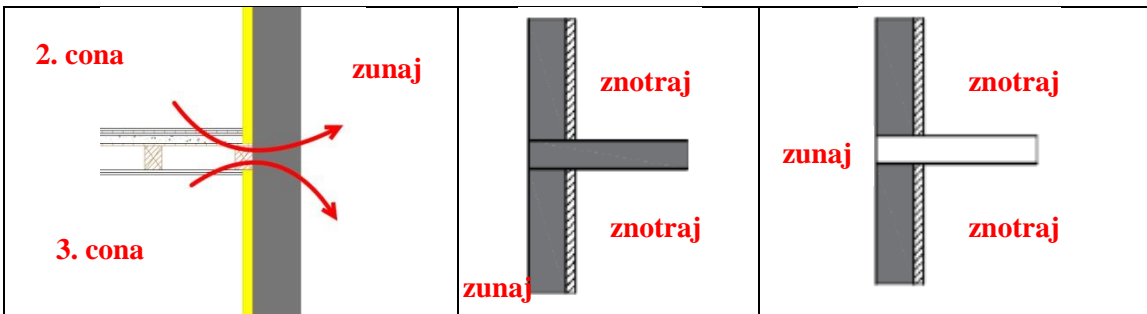


a) detajl vogala v prostoru št. 11 [44] b) TM tipa C3 [44]
 Slika 40: Vertikalni vogalni stik

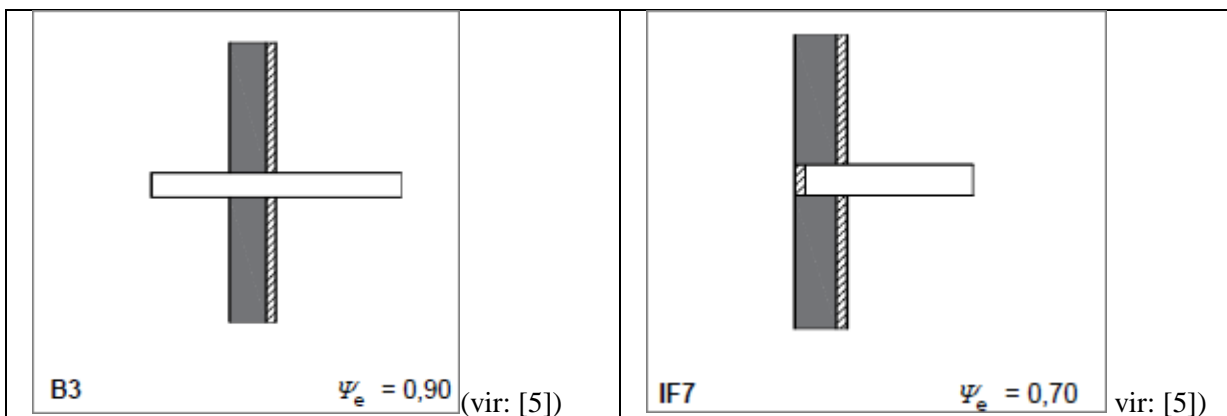
V območjih vogalov, kjer lahko TI povlečemo dovolj daleč v notranjost, da izničimo TM, se držim pravila »1 m čez« (Slika 41a). Tako lahko vključimo ta stik kot vogal C7 [44] namesto IW3 (Slika 42b), le robni pas predelne stene (Slika 41b) moramo zamenjati s TI (Slika 41c). Prekinitev TI mora biti čim manj. Tipičen primer s TI na notranji strani predstavljajo križanja zunanjih sten z medetažnimi ploščami (Slika 42a, 42b) ali notranjimi stenami (Slika 42c). Nekaterim neugodnim stikom se zaradi narave izoliranja brez posebnih ukrepov ne moremo izogniti (Slika 43a). Posebni ukrep bi bila odstranitev in nova namestitev balkonske plošče (B3) s TI stika (Slika 43b) in nerjavečo armaturo. V 2. varianti tovrstna izvedba ni izvedljiva.



a) skica izvedbe TI »meter čez« [44] b) detajl vogala v prostoru št. 11 [44] c) TM tipa C7 [44]
Slika 41: TM tipa C7

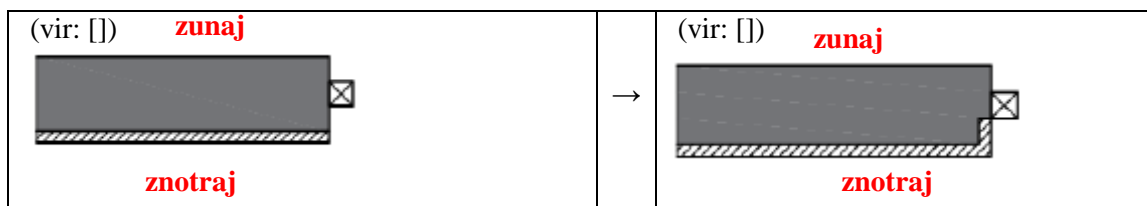


a) horizontalni TM med etažama b) TM tipa IW3 [44] c) TM tipa IF3 [44]
Slika 42: TM tipa C7



a) prerez balkonske plošče z zidom b) TI roba medetažne plošče
Slika 43: Izboljšanje stika balkonske plošče


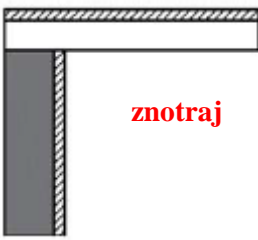
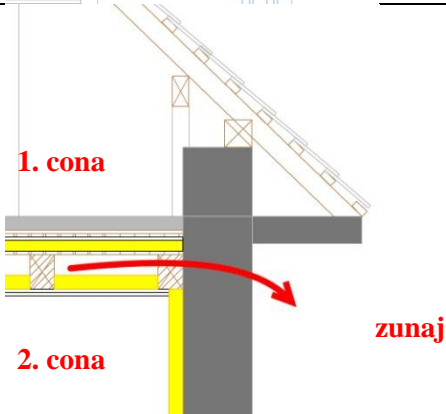
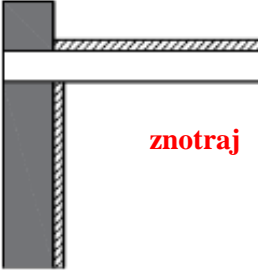
Tako kot v izhodišču, so tudi tu transparentni elementi nameščeni povsod v sredino (Slika 44a). Stanje TI zidov izboljšamo lahko le z obdelavo špalet do roba notranjega dela oken, oz. vrat. Pri škatlah bi TI potekala pod okvir vse do zunanje delu škatle zaradi pozicije dvoslojnega okna na zunanji strani. Učinek ukrepa je zmanjšanje ψ_e (Slika 44b) za 0,50. V podstrešnih vogalih (Preglednica 46) in stikih medetažne plošče prihaja do nezaželenih TM, ki se jih je mogoče delno izogniti s povečano debelino TI med stropniki (Preglednica 46). NC se v tej varianti nista izolirali, zato ostane evidenca vertikalnih TM v teh etažah enaka in je posebej ne navajam s tlorisi.

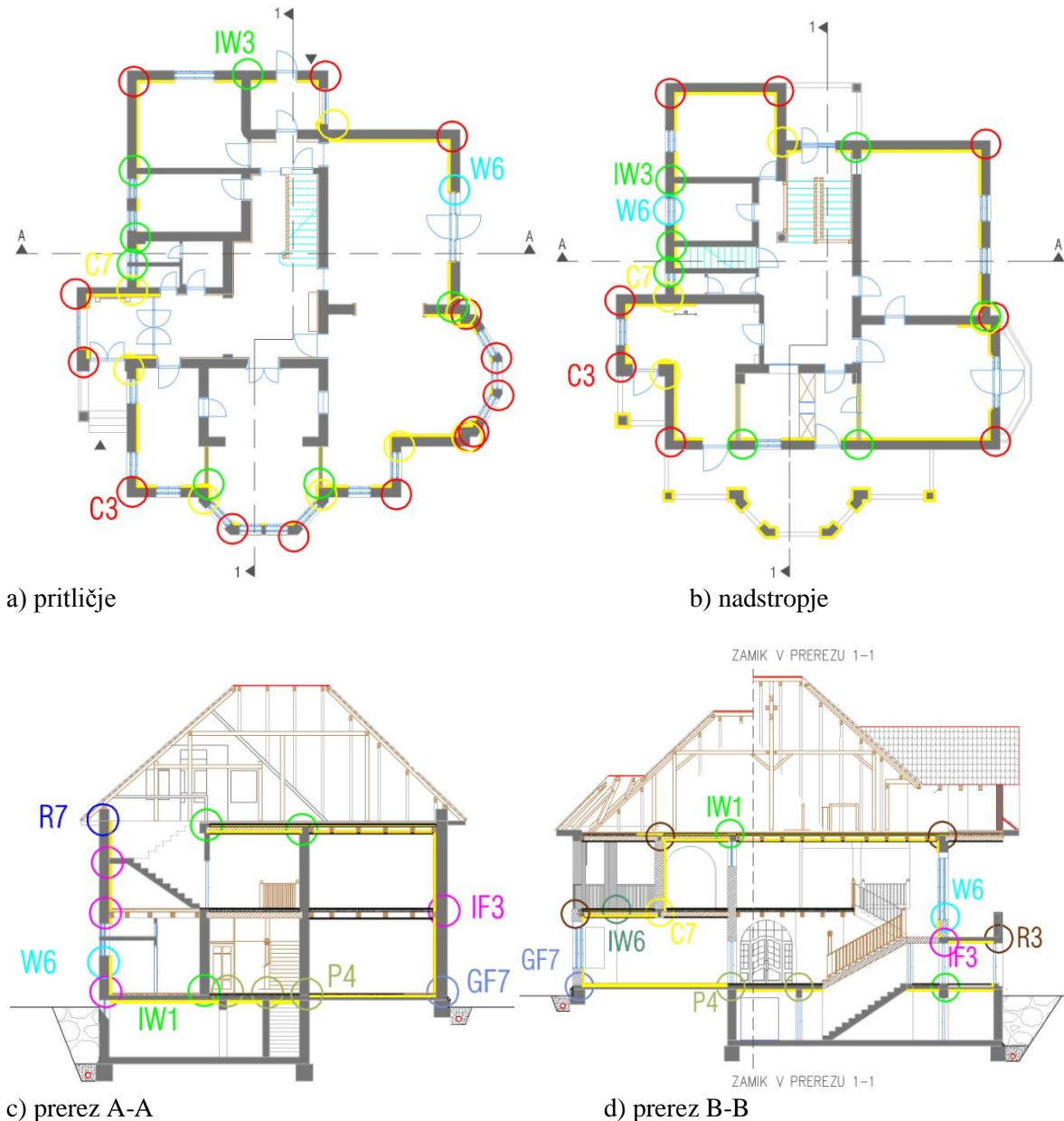


a) neizolirana povezava med oknom in steno
 Slika 44: Stik odprtine in zunanje zidu

b) rešitev TM s TI

Preglednica 46: Toplotni most R3 in R7

Leseni nosilci prekinejo TI (vir: [lasten, 2016]) 	(vir: [5]) 
	Kategorija TM po SIST EN ISO 14683: R3 $\psi_e = 0,40$
	
	Kategorija TM po SIST EN ISO 14683: R7 $\psi_e = 0,65$



Slika 45: Evidentirani linijski TM 2 variante

2.5 Varianta 3

Tlaki vodne pare in toplota se izenačujejo skozi ovoj zaradi razlik med notranjo in zunanjo stranjo. Tako imamo konvekcijski tok, ki neomejeno potuje skozi netesne stike in difuzijo, ki potuje skozi paroprepustne materiale. Če želimo večjo izolativnost toplotnega ovoja zgradb, jo moramo vzporedno povečevati transparentnim in netransparentnim elementom, saj so toplotni »prepihi« drugače prekomerni. Pomen stikov je torej večji. Zato mora biti ovoj še toliko bolj tesen. Tako tesnost predstavlja največji potencial zmanjšanja toplotnih izgub stavbne strukture. Z manj prekinitevami je manj konstrukcijskih TM, kar zagotavlja večjo homogenost ovoja. Za tesen ovoj je potrebno predhodno injektiranje sten, da se zapolnijo špranje in pravilna vgradnja oken/vrat mora biti po RAL

smernicah. Naknadne sanacije in popravila zaradi nekvalitetne vgradnje so finančno neupravičene. Z dvigom površinske temperature notranjega stekla blizu notranji se spremembe toplotnih tokov, verjetnost pojava kondenzata in poraba energije zmanjšajo, bivanje v takšni stavbi ob zadostnem prezračevanju pa se poveča. Minimalna meja prezračevanja je ob tem nižja.

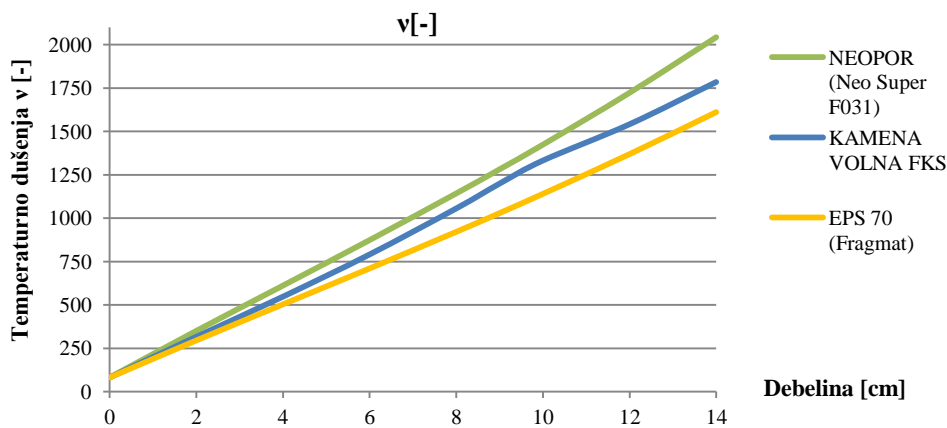
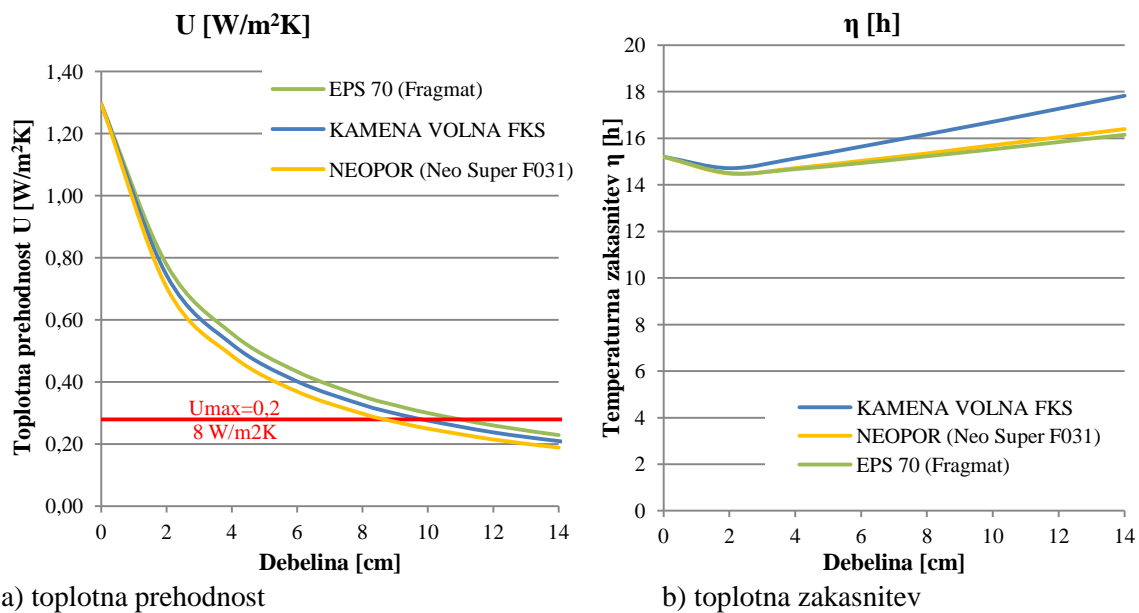
Ob prosti izbiri ukrepov bi bilo smiselno izkoristili predvsem veliko NC podstrešja, vendar zaradi primerljivosti rezultatov coniranja ne spreminjam. Prav tako zato ne dodajamo novih volumskih sestavov, čeprav je dozidava možna, saj stavbno zemljišče ni kulturna dediščina. Ti ukrepi bi zmanjšali porabe energij na m^2 . Toplotni ovoj se zaradi TI zanemarljivo poveča, medtem ko volumen OC ostane enak. Zato zanemarim povečan f_0 in računam ter primerjam naprej z osnovno geometrijo

2.5.1 Konstrukcijski sklopi in materiali

Delna podkletenost ne dovoljuje TI na določenem tlorisnem območju, tlaki pritličja pa ne omogočajo dviga finalne višine za večjo debelino, zato lahko v kletnih prostorih izoliram le strop iz spodnje strani. V 2. varianti sem že zmanjšal U vrednosti sklopov pod mejne, zato zasnovano KS v 3. varianti ostane enaka, spremenim le zasnovano zunanjo steno. Za TI na ovoju izvedem 3 materialne primerjave (Preglednica 47). Poleg ugodne toplotne prevodnosti $\lambda=0,031$ W/mK (Grafikon 3a) ima neopor [], ki je namenjen za vgradnjo kontaktnih fasad »na novo«, manjšo toplotno zakasnitev (Grafikon 3b) in večji faktor dušenja (Grafikon 3c). Izbira zaradi zanemarljivo majhne razlike (18 min) v še manjši η vrednosti EPS-a ne odtehta prej omenjenih prednosti. Zato ga izberem za namestitev na zunanje stene (Preglednica 48). Kontaktna fasada debeline 9 cm tako nekoliko presega robni kriterij spomeniškega varstva, ki je cca. 7 cm, vendar pa bi bila izvedba lažja, hitrejša in učinek večji od primera s TI na obeh straneh (Poglavje 2.4.2), debelina pa v tej 3. varianti tudi ne predstavlja ovire. Termična zaščita z zunanje strani je na terasah nameščena pod finalni sloj keramike in je zato ovoj TI na tem mestu sklenjen po obodu. Ostanjejo le točkovni geometrijski TM okrog stebrov, ki jih izoliram na enak način kot v 2. varianti. Spremeni se tudi U vrednost zunanje kletne stene nad terenom zaradi TM (glej poglavje 2.5.3).

Preglednica 47: Primerjava materialov

Material/izdelek	Proizvodn o podjetje	Toplotna prevodnost λ [W/mK]	Potrebna debelina d [cm]	Toplotna prehodnost KS U [W/m ² K]	Temperaturna zakasnitev η [h]	Temperaturno dušenje v [-]
Ekspandiran polistiren (EPS 70)	Fragmat TIM d.o.o.	0,039	11	0,260	16,71	1370
Kamena volna (FKD Thermal)	Knauf Insulation	0,035	10	0,276	15,83	1332
Neopor (Neo Super F 031)	Fragmat TIM d.o.o.	0,032	9	0,272	15,53	1282



Grafikon 3: Primerjava treh materialov

Preglednica 48: Karakteristike zunanjega zidu

Sklop	Sloji potekajo od znotraj navzven	Debelina	Toplotna prevodnost	Toplotna prehodnost		Toplotna stabilnost	
				U -faktor	U -max	T.zakasnitev	T.dušenje
				W/m^2K	W/m^2K	η [h]	v [-]
	Sestava sklopa	cm	λ [W/mK]				
2	Mavčno apnena malta	1	0,7				
	Neopor (Neo Super F 031)	9	0,031				
	Apneni omet	2,5	0,81				
	Opečni zidaki	40	0,76				
	Apneni omet	2,5	0,81				
	Skupna debelina [cm]	55					
				0,272	< 0,28	15,53	1282

2.5.2 Zunanje oprtine

Pri tej varianti svobodno izberem zunanja okna in vrata s troslojno visoko toplotno izolirano zasteklitvijo, ki ima maksimalen možen g -faktor in čim manjšo U_w vrednost za dosego zahtev TSG. V prostorih OC namestimo dvoslojna okna kot v drugem primeru (Poglavje 2.4.2). Hkrati želimo ohraniti material, t.j. lesen okvir. Ob izbiri 12 mm medprostora med stekli, dobim pri sestavi 4-12-4-12-4 debelino profila 78 mm. Odčitani faktor toplotne prehodnosti okvirja U_f tako znaša $1,67 \text{ W/m}^2\text{K}$ [37]. Z izbiro 2 krat refleksijskega zaščitnega premaza z emisivnostjo $\leq 0,05$ (energijsko učinkovit distančnik), učinkovito zmanjšamo dolgovalovno toplotno (IR) sevanje. Postopek računa U_w je enak kot za enojno dvoslojno okno (Poglavje 2.4.2). Okna polnjena s plinom argon dajejo U_g vrednost $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ [37], ki je pod mejno vrednostjo $U_g \leq 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ [18]. Z izbiro diamantnega stekla vzamemo večjo svetlobno prepustnost, tako, da dobim g -faktor $0,55$ [49]. Vratnim krilom dodatno povečam debelino na 110 mm zaradi večjega učinka deleža toplotne izolirnosti okvirja k skupni toplotni prehodnosti celotnega elementa. S tem U_f izboljšam za 16 %.

Tehnična smernica določa mejno vrednost U_w na $1,3$ in U_D na $1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$. Iz računov dobim, da le pri devetih profilih v OC ne uspemo zadostiti omenjenega pravilnika. Izberem polnjenje 3 slojne zasteklitve z argonom (Ar) ob nezmanjšanemu g -faktorju. Ob tem zadostim pravilniku povsod (Preglednica 49), razen pri največji odprtini (Slika 25a). Na tem mestu bi bilo potrebno namestiti manj oken z večjimi ploskvami in bi pridobili več vtoka svetlobe, manjši faktor ovoja in manj obodnega stika stekla z okvirjem. Sestavljen element balkonskih vrat in oken bi z 49 % okvirja lahko omejevali na večjo vrednost $U_D = 1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$. V tem primeru bi že z izbiro polnilnega plina argona prišli pod kritično mejo. Toplotna prehodnost zasteklitve tokrat znaša $0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$. Bilo bi potrebno hkratno spremljanje porabe energije v stavbi s spremembo transparentnega ovoja stavbe, da se zagotovi kontinuirnost energetske preнове stavbnega ovoja. V preglednici 49 sem z zeleno označil edina vhodno-izhodna vrata v pritličju, z rdečo odprtine, ki v primeru uporabe U_g faktorja $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ ne preveč presegajo mejne vrednosti [18]. Največja S odprtina je obarvana z rumeno barvo.

Z dosego omejitve $U_w = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ in $U_D = 1,62 \text{ W/m}^2\text{K}$ sem povečal učinkovitost zunanjih oken in vrat za 53,6 % (U_w faktor se je zmanjšal iz $2,78$ na $1,29 \text{ W/m}^2\text{K}$). Vrednost sem določil s površinsko utežjo. Ker smo v kletnih prostorih in na podstrešju naredili enako zamenjavo kot v 2. primeru, je rezultat U_w tovrstnih oken enak. Pričakovano je razlika pri zamenjavi zunanjega pohištva največja pri zamenjavi enojnih enoslojnih oken s troslojnimi (do 83%). Od 36 do 58 % izboljšamo dvojnimi oknam U vrednosti. Rešitev največje odprtine je lahko tudi v razstavljanju na element vrat in element okna ter račun posebej za vsak sklop, saj je kriterij toplotne prehodnosti strožji za okna kot vrata.

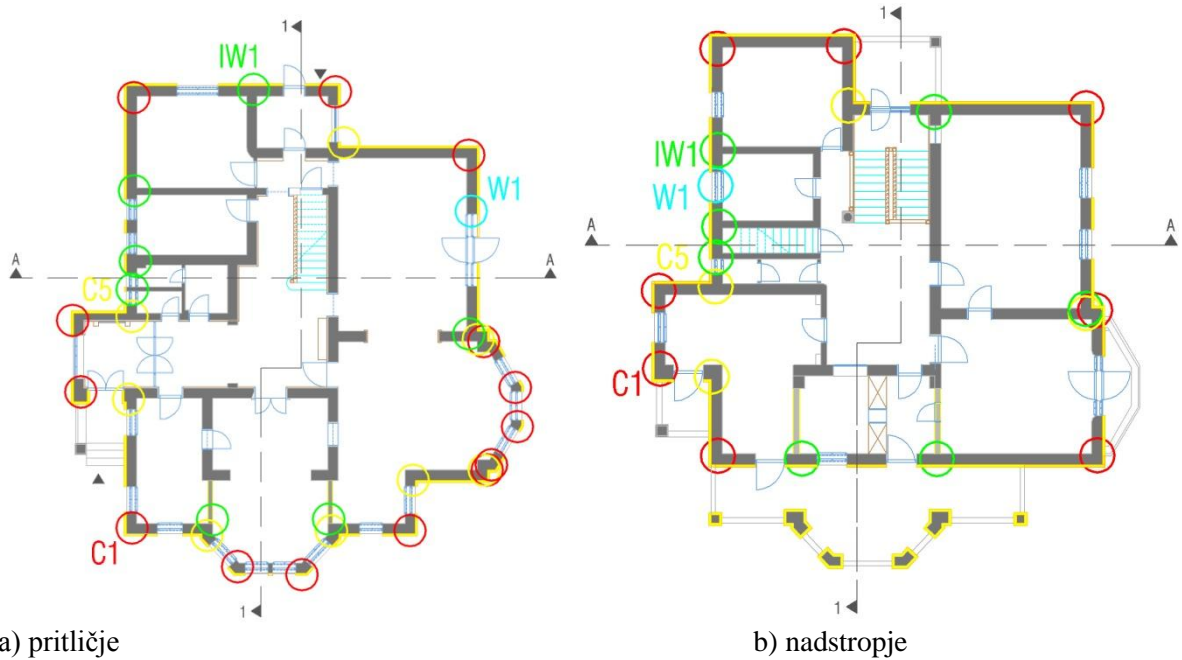
Preglednica 49: Toplotna prehodnost transparentnih površin 3. variante

Fasada	Klet		Pritličje		Nadstropje		Podstrešje	Podstrešje
	Prostor	U_w W/m ² K	Prostor	U_w W/m ² K	Prostor	U_w W/m ² K	Prostor	U_w W/m ² K
V			15	0,92	27	1,04	33	2,90
			12	1,03	25	1,19		
			12	1,02				
			13	1,17	26	1,17		
			13	1,04				
Z	6	2,75	10	0,97	29	1,07	35	2,80
	4	2,74	10	0,97	30	1,04		
	5	2,75	8	0,94	20	1,22		
			18	1,23			32	2,60
			18	1,08	21	1,04		
		17	1,01					
S	6	2,76	16	0,98	19-28	1,22	33 in 34	2,74
	1	2,82	15	1,40	19-28	1,34		
J			11+12	1,04	21-23 in 23- 24	1,24		
			10	1,02	21-22	1,23		
			7	1,26				
			11	1,02	23-24	1,03		

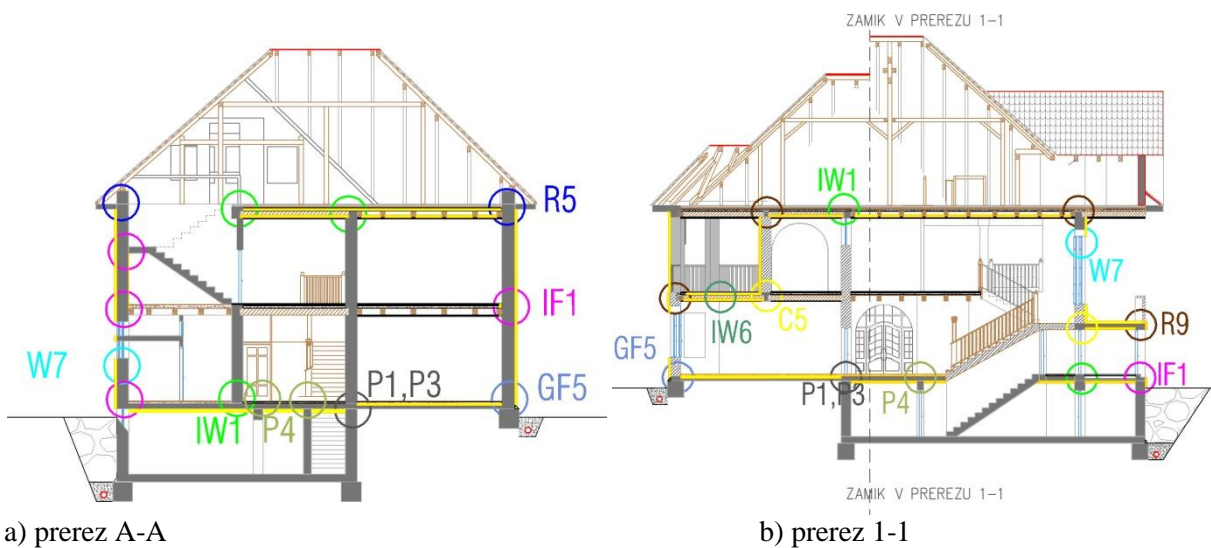
2.5.3 Toplotni mostovi- Varianta 3

Izziv konstruirati stavbo brez TM je princip projektiranja pasivne hiše. Stike bi morali projektirati tako, da je $\psi_e < 0,2$ W/mK, zagotoviti zrakotesnost ovoja, TI namestiti na zunanjo stran celotnega zunanjega ovoja, izbrati odprtine s trojno zasteklitvijo in jih montirati na zunanjo stran, itn. Veliko od omenjenega zagotavlja narava izvedbe toplotne zaščite na zunanji strani. Pozicije TM ostanejo po primerih enake, spremenile so se oznake (Slika 46, Slika 47) in velikosti ψ (Preglednica 24, 25). V nadaljevanju opišem prednosti in nekatere pomembnosti pri določanju TM. Preostali primeri TM v notranjosti OC so zaradi enake TI takšni kot jih navajam v 2. varianti.

Največ TM smo »uničili« s sklenjenostjo toplotnega ovoja, ki je še posebej raznolika v primerjavi z 2. varianto, saj je bil $\psi_e = 0,9$. Pomembnost TI zunaj je največja predvsem zaradi 15% deleža vseh dolžin TM pri križanjih notranjih sten z zunanji (Preglednica 50a). Enako se izognemo TM v primeru križanja medetažne plošče in stene (Preglednica 50b). Kot prednost izpostavljam izboljššan vogal C8 (Preglednica 50c), vendar razlika ψ_e ni tako velika (Preglednica 50d). V vogalih tipa C4 (Preglednica 50e), se zaradi dodatne TI razlika površin na diagonali in ob ravnem delu povečuje, zato je ψ_e večji (Preglednica 50f), od osnovnega primera. Še vedno pa je posledica geometrije dovolj »neugodna«, da je TM C4 še negativnega predznaka, saj se prerez navzven povečuje. Nekaterim stikom so se spremenile le oznake, vrednosti pa so ostale enake (Preglednica 50g,h).



a) prtljče
 Slika 46: Evidentirani vertikalni linijski TM



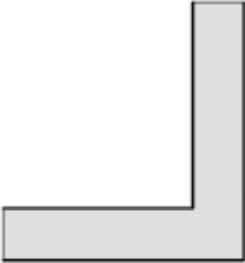
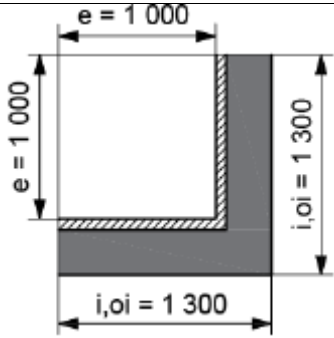
a) prerez A-A
 Slika 47: Evidentirani horizontalni linijski TM

Preglednica 50: Primeri toplotnih mostov v tretji varianti

(vir: [5])		(vir: [5])	
Kategorija TM po SIST EN ISO 14683:		Kategorija TM po SIST EN ISO 14683:	
IW1	$\psi_e = 0,00$	IF1	$\psi_e = 0,00$

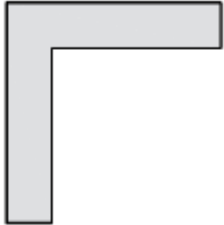
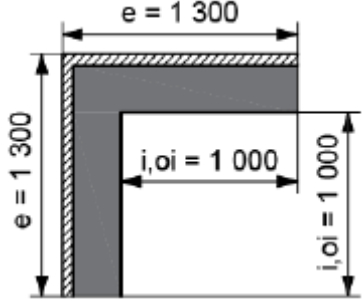
a)

b)

(vir: [5])		(vir: [5])	
			
Kategorija TM po SIST EN ISO 14683:		Kategorija TM po SIST EN ISO 14683:	
C8	$\psi_e = 0,10$	C5	$\psi_e = 0,05$

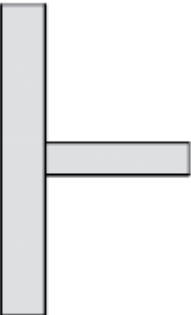
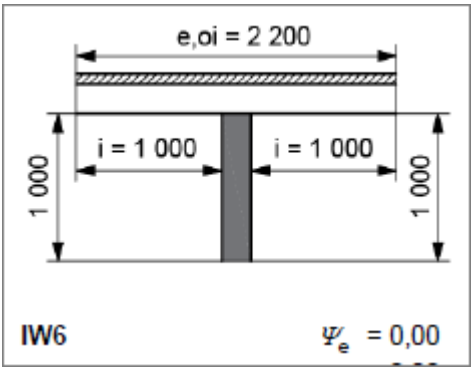
c)

d)

(vir: [5])		(vir: [5])	
			
Kategorija TM po SIST EN ISO 14683:		Kategorija TM po SIST EN ISO 14683:	
C4	$\psi_e = -0,15$	C1	$\psi_e = -0,05$

e)

f)

(vir: [5])		(vir: [5])	
 IW4 $\psi_e = 0,00$		 IW6 $\psi_e = 0,00$	
Kategorija TM po SIST EN ISO 14683:		Kategorija TM po SIST EN ISO 14683:	
IW4	$\psi_e = 0,00$	IW6	$\psi_e = 0,00$

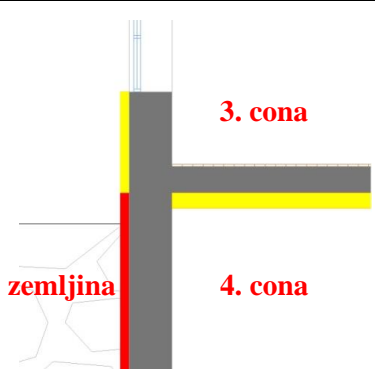
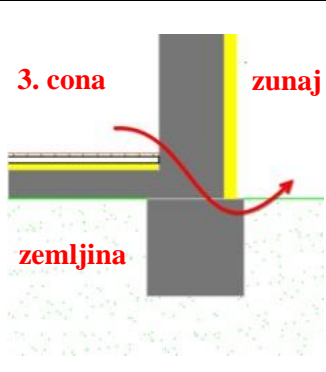
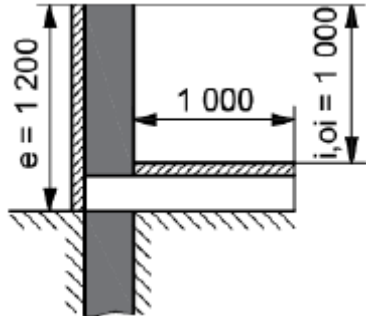
g)

h)

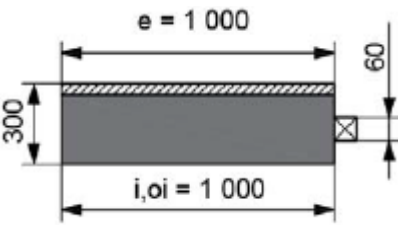
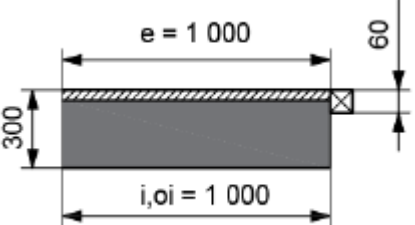
Če želimo imeti križanje stropa kleti in zunanje stene brez TM, moramo podaljšati TI, kar sem označil v preglednici 51 z rdečo barvo. Sicer bi dobili vrednost $\psi_e = 0,6$, ki nastopi v stiku pritličnih temeljev s terenom. Neprekinjena TI zahteva sanacijo z odkopom materiala, izvedbo hidroizolacije pod TI in ureditev drenaže. S tem se spremeni tudi toplotna prehodnost kletne stene nad terenom na $0,272 \text{ W/m}^2\text{K}$ (Poglavje 2.4.1-sklop št.2), ne pa tudi skupni toplotni upor kletne stene pod terenom ($R_{b,w,t} = 0,718 \text{ W/m}^2\text{K}$).

Z namestitvijo TI na zunanjo stran je potrebno transparentne elemente namestiti k TI, torej okvir pride iz sedanje srednje ravnine na zunanjo hladno stran [36]. S tem se izognemo tovrstnim stikom dolžine slabih 200 m (Preglednica 24, 25), pri čemer se vrednost $\psi_e = 0,45$ izniči (Preglednica 52), oz. toplotnega mostu ni.

Preglednica 51: Toplotni most GF5[]

Skica (vir: [lasten, 2016]):		Skica (vir: [5]):	
			Kategorija TM po SIST EN ISO 14683:
IW1	GF5	$\psi_e = 0,60$	
Nprekinjena TI (vir: [5])	Prekinjena TI	(vir: [5])	

Preglednica 52: Toplotni most W1 in W7 [5]

(vir: [5])		(vir: [5])	
		Kategorija TM po SIST EN ISO 14683:	
W7	$\psi_e = 0,45$	W1	$\psi_e = 0,00$

3 REZULTATI

Vrednosti v tabelah tega poglavja, ki so označena z rdečo, presegajo mejne vrednosti v pravilniku PURES 2010 in TSG. Dosedanje podatke po korakih (Preglednica 53) vnesem v program TOST. Ob zadnjem, petem koraku dobimo rezultate za primerjalne študije, v katerih predstavljam toplotno bilanco stavbe za vsako varianto na 3 načine, oz. primere:

- brez upoštevanja TM (1. primer),
- primer računa TM s poenostavljenim postopkom [18] (2. primer),
- in izračun s privzetimi vrednostmi po standardu [5] (3. primer).

Razlika med 2. in 1. primerom prikaže velikost vpliva TM po poenostavljenem postopku, razlika med 3. in 2. primerom pa prikaže velikost vpliva TM po standardu. Površine, volumni in oblikovni faktor stavbe (f_o) ostajajo po primerih enaki (Preglednica 54). Le pri 3. varianti se zaradi TI na notranji strani spremenijo osnovni vhodni podatki kondicioniranih con, zato z dodatnim primerom prikažem vpliv zmanjšanja geometrije stavbe na toplotno bilanco stavbe (Poglavje 3.2.1). V izhodiščni varianti sedanje HV lahko govorimo o spremenjeni parcelni ureditvi. Osončenost stavbe je bila takrat največja (poglavja 2.1.2). Zato z dodatnim primerom v 1. varianti prikažem delež (ne) izkoriščanja sončnih pritokov.

Preglednica 53: Izvedeni koraki 2. in 3. variante

Korak	Opis spremembe	Oznake faktorjev	Enota
1	Linijska toplotna prehodnost	ψ	W/mK
2	Toplotne prehodnosti netransparentnih elementov	U	W/m ² K
3	Toplotne prehodnosti transparentnih elementov	U_w, U_D	W/m ² K
	Deleži prehodnosti celotnega sončnega sevanja	g	med 0 in 1
4	Prezračevanje – izmenjava zraka z okolico	n	h ⁻¹
5	Učinkovitost sistemov (generacija, distribucija, emisije)	/	%

Preglednica 54: Osnovni izhodni podatki

Neto uporabna površina stavbe	A_u	444,21 m ²
Kondicionirana prostornina stavbe	V_e	1.460,24 m ³
Površina toplotnega ovoja stavbe	A	1.073,58 m ²
Oblikovni faktor	$f_o = A/V_e$	0,74 m ⁻¹

Poraba toplote za ogrevanje (Q_{NH}) v enem letu je enaka vsoti vse potrebne energije za dogrevanje stavbe za doseganje projektnih notranjih temperatur v času ogrevanja. Podobno velja za porabo toplote za hlajenje (Q_{NC}) v času hlajenja. Transmisijske izgube (H_T) nastanejo s prehodom toplote skozi ovoj stavbe. Specifične transmisijske izgube (H'_T) se izračunajo z razmerjem med količnikom (H_T) s celotno zunanjo površino stavbe (A). Izgube zaradi prezračevanja in netesnosti ovoja pa so ventilacijske izgube (H_V). Sončni dobitki (S) nastanejo s prodorom sončnega sevanja skozi prosojne

površine. Notranje ali interne dobitke (I) pa proizvedejo uporabniki in električne naprave. S temi oznakami v nadaljevanju označujem izraze.

3.1 Komentar rezultatov – varianta 1

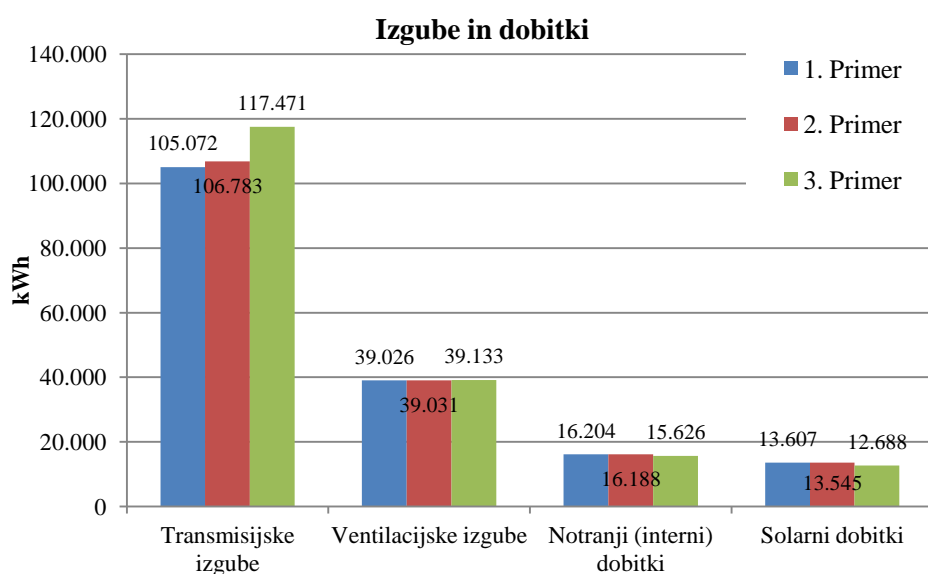
Vse dobljene vrednosti v preglednici 55 presegajo največje dovoljene, le potreb po hlajenju ni. Največja preseganja imajo letne ogrevalne toplote, ki jih potrebujemo za gretje stavbe, te pa zelo povečujejo primarno letno porabo energije za delovanje stavbe. Vrednost letne primarne rabe energije je 2-krat večja od toplote za ogrevanje. Največja preseganja so v 3. primeru, kjer primarno energijo presegamo skoraj 3- krat. Za 5,9-krat je presežena toplota za ogrevanje v 1. primeru in narašča celo do 650 % pri 3. primeru. Tu se tudi najbolj pozna vpliv TM, ki znaša 9,2 %, od tega 1,3 % manj nam da poenostavljen račun, kar lahko razumemo kot »napako« zaradi načina računanja. Koeficient specifičnih transmisijskih izgub, ki je 2,9-krat presežen, pa je podcenjen s poenostavljenim računom TM in ne upraviči računa, saj je učinek, ki ga naredi podrobnejši račun TM skoraj 11 %, namesto 1 % ob 2. primeru. Z ukrepi moramo prihraniti še 176816 kWh/a' primarne in 112239 kWh/a' toplote za ogrevanje, da ulovimo zelene mejne vrednosti. Največji potencial prihrankov lahko pri potrebni toploti za ogrevanje pričakujemo s sanacijskimi ukrepi s termično zaščito ovoja stavbe.

Preglednica 55: Toplotna bilanca 1. variante

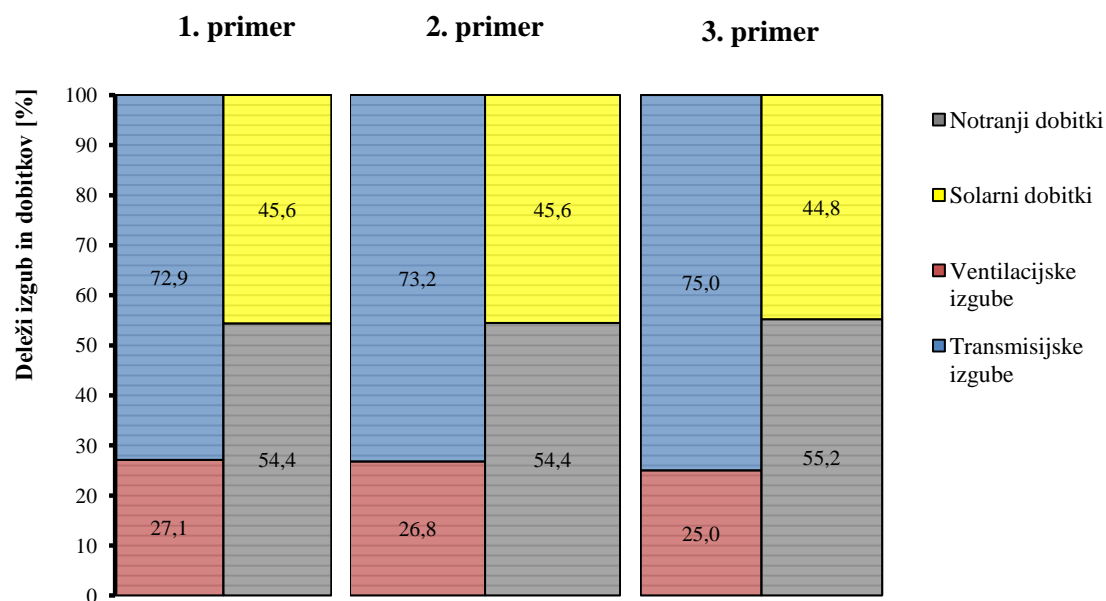
			Način izračuna TM			Mejne vrednosti
			1	2	3	
Koeficient specifičnih transmisijskih izgub	H'_T	W/m ² K	1,02	1,03	1,14	0,39
Letna raba primarne energije	Q_p	kWh	242.911	246.200	266.375	89.559
Letna potrebna toplota za ogrevanje	Q_{NH}	kWh	120.336	122.037	132.478	20.239
Letni potrebni hlad za hlajenje	Q_{NC}	kWh	0	0	0	22211
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine	Q_{NH}/A_u	kWh/m ² a'	270,9	274,73	298,23	45,55

TM spremljajo izgube z zmanjševanjem dobitkov na eni strani (5 %) in povečevanjem toplotnih izgub skozi ovoja na drugi strani (6,7 %). Ker je bilanca izgub in dobitkov pozitivna (1,7 %), se dviguje skupna specifična potreba po dovedeni energiji. Največji vpliv imajo TM na transmisijske izgube (10,6 %), ki predstavljajo večinski, 75 % delež skupnih izgub (Grafikon 4). Transmisijske izgube so skoraj za polovico večje v pritličju zaradi manjše medetažne površine in večjega kontakta s hladno okolico zemljine in kletnih prostorov. Sončni pritoki pa prav tako v pritličju dosegajo večje vrednosti (za četrtno), kar je posledica večje količine transparentnih površin. Velikost transmisijskih izgub je po primerih do 4-kratnik vsote dobitkov. Ventilacijske izgube so za 28 % večje od dobitkov in še vedno 3

krat manjše od transmisijskih izgub. Z minimalnimi odstopanji med načinom računa se tudi njihovi deleži minimalno spremenijo (Grafikon 5). Dobitka zavzemata približno polovični delež, transmisijske izgube pa so 3-krat večje od ventilacijskih. Razlika potrebne letne energije za ogrevanje med kondicioniranima conama, je največja v 1. primeru in znaša okrog 31 %, prav tako kot skupna razlika vse potrebne energije med conama. Za ogrevanje potrebujemo največ (93 %) energije od vseh. Dane lokacijske, geometrijske in materialne lastnosti sedanji HV nudijo možnost neuporabe hladilnih sistemov, ker potrebe po ohlajanju ni (Preglednica 56). Električna energija razsvetljave in poraba tople vode sta neodvisni in fiksni od TM ter znašata 8965 kWh/a'. Njuni delež se z večanjem TM giblje okrog 6,5 %.



Grafikon 4: Primerjava izgub in dobitkov 1. variante za ogrevalno obdobje



Grafikon 5: Porazdelitev izgub in dobitkov med primeri 2. variante za ogrevalno obdobje

Preglednica 56: Potrebna letna energija 1. variante

Potrebna energija za:	(kWh)	Način izračuna TM		
		1	2	3
Ogrevanje	Q_{NH}	120.336	122.037	132.478
Ohlajanje	Q_{NC}	0	0	0
Toplo vodo		5.178	5.178	5.178
Razsvetljava		3.787	3.787	3.787
Skupaj:		129.301	131.002	141.443

3.1.1 Dodatni primer

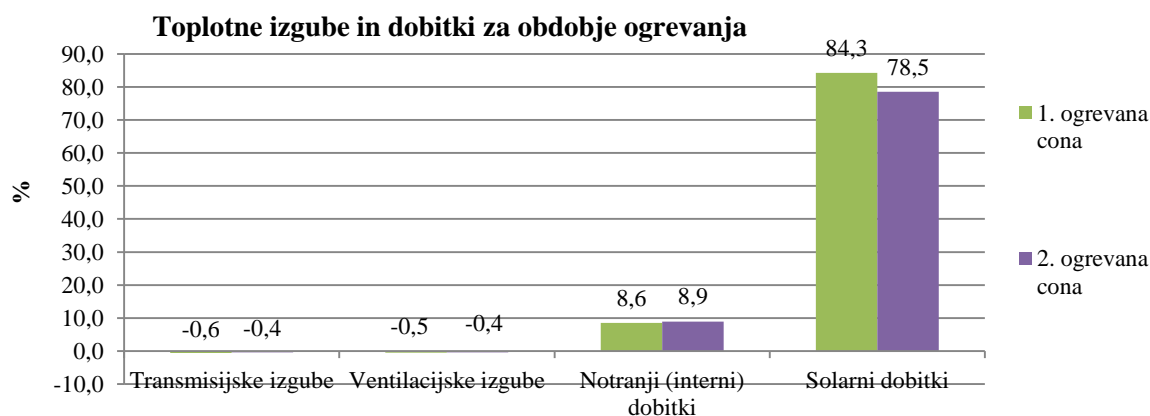
Faktorje osenčenosti ($F_{sh,obj}$) 3. primera nastavim v programu TOST na vrednost 1, t.j. 100 % osončenost vseh površin ovoja in dobim v primerjavi z današnjim, osenčenim stanjem povečanje solarnih dobitkov za 1,82 krat. Skupaj to pomeni povečanje sončnih dobitkov iz 12688 kWh na 23098 kWh, kar se izraža v 5,1 % (6469 kWh) zmanjšanju porabe energije za ogrevanje (vpliv zimskega senčenja v letošnjem letu). Zaradi današnje okoliške pozidave izkoriščamo le dobro polovico (54,9 %) pasivnega solarnega potenciala. Ob znatnem zmanjšanju transmisijских izgub skozi transparentne elemente bi se pomen osončenosti dodatno povečal. Zmanjšanje primarne letne porabe energije je 4,9 % zaradi solarnih pritokov. Senčenje nadstreška in večja pritlična površina neprosojnih ploskev, ustvari razmere, kjer prva kondicionirana cona v osnovni varianti pridobiva večinski, 62 % delež dobitkov zaradi osončenja. Razmerje po spremenjeni osenčenosti je 61 %. Če odstranimo vso okolico, še vedno ne dobimo potrebe po ohlajanju (Preglednica 57) zaradi pregrevanja. Nekoliko se povečajo interni dobitki, največ pa solarni pritoki (84,3 %), v 1 OC za 5,7 % več kot v drugi (Preglednica 58, Grafikon 6).

Preglednica 57: Toplotna bilanca 2. variante dodatnega primera

		Vrednost	
		Izračunana	Dovoljena
Koeficient specifičnih transmisijских izgub stavbe	HT [W/m ² K]	1,14	0,39
Letna raba primarne energije	Q_p [kWh]	266.375	89.559
Letna potrebna toplota za ogrevanje	Q_{NH} [kWh]	126.009	20.239
Letni potrebni hlad za hlajenje	Q_{NC} [kWh]	0	22.211
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine	Q_{NH}/A_u [kWh/m ² a]	283,67	45,55
	Q_{NH}/V_e [kWh/m ³ a]	86,29	/

Preglednica 58: Izgube in dobitki ogrevanih con brez senčenja objekta (dodatni primer prve variante)

(kWh)		1. Ogrevana cona	2. Ogrevana cona	Skupno
Transmisijske izgube	H_T	69.603	47.273	116.876
Ventilacijske izgube	H_v	21.571	17.376	38.947
Skupne izgube	Σ	9.508	7.480	16.988
Notranji (interni) dobitki	I	14.390	8.708	23.098
Solarni dobitki	S	69.603	47.273	116.876
Skupni dobitki	Σ	21.571	17.376	38.947



Grafikon 6: Vpliv senčenja na porazdelitev izgub in dobitkov

3.2 Komentar rezultatov – varianta 2

S prvo energetske sanacije že dosegamo PURES 2010 pri primarni letni potrebni energiji, potrebni količini hladu za poletno hlajenje in v 1. ter 2. primeru pri koeficientu specifičnih transmisijskih izgub (Grafikon 7). Kot v 1. variant, sem tudi (Preglednica 59) v tej dobil najvišje vrednosti rezultatov z računom TM po standardu []. Kljub velikemu zmanjšanju porabe energij bi morali pri 3. primeru za doseganje PURES-a 2010 še zmanjšati porabo energije za ogrevanje za 64,77 kWh/m² ali 2,4-krat. Dokazali smo, da imamo 40,1 % dodatno povečanje Q_{NH} ali 14037 kWh na leto, kar je več kot pol mejne vrednosti ($Q_{NH,max}= 20239$ kWh/a'). Poenostavljati TM ne smemo, ker bi potem uporabljali lažni prikaz koeficienta specifičnih transmisijskih izgub, ki bi bil pod največjo dovoljeno mejo 0,39 W/m²K []. Primarna raba energije je pridobljena z izkoriščanjem osnovnih virov, neizpostavljenim pretvorbam. Manjša je njena velikost, manj je emisij CO₂. Na njeno velikost ima največji učinek izkoristek sistemov, zato smo jo z njihovim izboljšanjem zmanjšali pod mejno vrednost s 55 % rezervo.

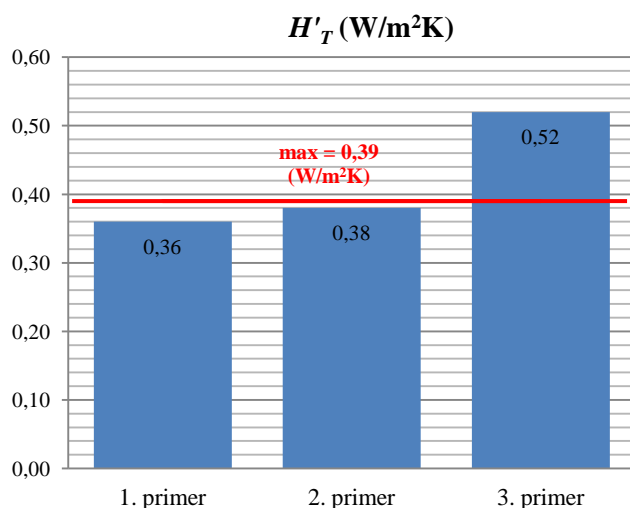
Več toplotnih uhajanj poveča gibanje zraka ob stikih, kar deluje kot dodatno prezračevanje (kot v starih hišah) na pasiven način. Tako se zmanjša potreba po ohlajanju, vendar v dobro izoliranih

stavbah povzroči večje temperaturne diference in večjo porabo toplote za ogrevanje. Novo nastale potrebe po ohlajanju v tej varianti v ohlajevalnem času so relativno majhne. Potrebni letni hlad za hlajenje z zgornjo mejo 22211 kWh nikjer ni presežen, rezerve so tu največje, v 3. primeru celo 88 %, vrednost v 2. primeru pa je največja.

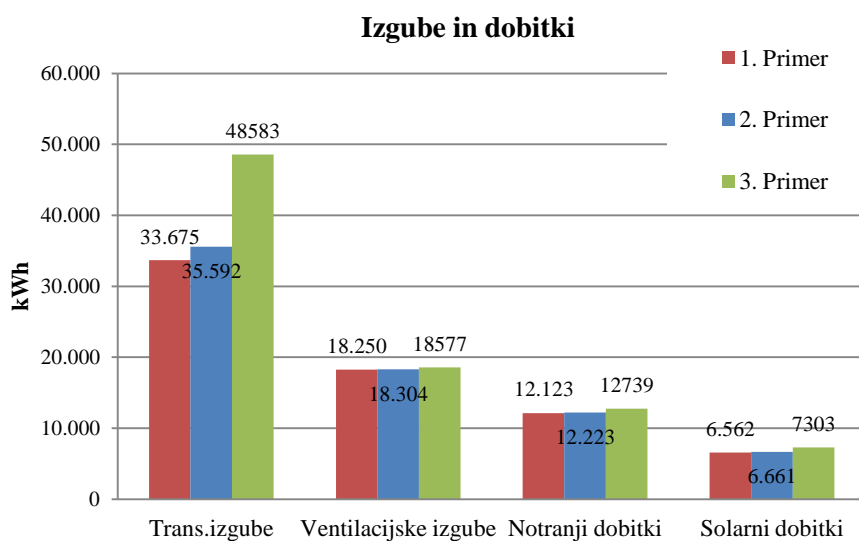
Velikostni redi izgub in dobitkov se iz 1. variante ohranijo. Največje izgube in medsebojna diferenca med primeri je pri transmisijских izgubah, drugje so odstopanja minimalna (Grafikon 7). Izgube se v povprečju iz 1. na 3. primer povečajo za 29,3 %, dobitki za 7,2 %. Največji vpliv imajo TM na transmisijске izgube (30,7 %), ki predstavljajo večinski, 72,3 % delež skupnih izgub (Grafikon 10). Transmisijске izgube so 2-krat večje v pritličju kot v nadstropju zaradi manjše medetažne površine in večjega kontakta s hladno okolico zemljine in kletnih prostorov. Sončni pritoki pa prav tako v pritličju dosegajo večje vrednosti (za 36 %), kar je posledica večje količine transparentnih površin. Velikost transmisijских izgub je po primerih do 2,4-kratnik vsote dobitkov (Grafikon 8). Ventilacijske izgube so za 8 % večje od dobitkov in še vedno 2,6 krat manjše od transmisijских izgub.

Preglednica 59: Toplotna bilanca 2. variante

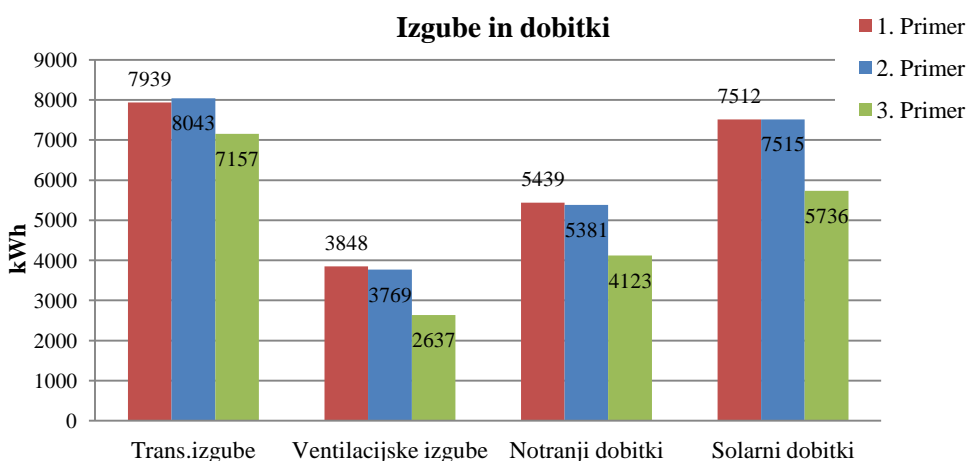
		W/m ² K	Način izračuna TM			Mejne vrednosti
			1	2	3	
Koeficient specifičnih transmisijских izgub	H'_T	W/m ² K	0,36	0,38	0,52	0,39
Letna raba primarne energije	Q_p	kWh	33.561	34.536	40.079	89.559
Letna potrebna toplota za ogrevanje	Q_{NH}	kWh	34.968	36.809	49.005	20.239
Letni potrebni hlad za hlajenje	Q_{NC}	kWh	3.865	3.876	2.773	22211
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine	Q_{NH}/A_u	kWh/m ² a'	78,72	82,86	110,32	45,55



Grafikon 7: Koeficient specifičnih transmisijских toplotnih izgub 2. variante

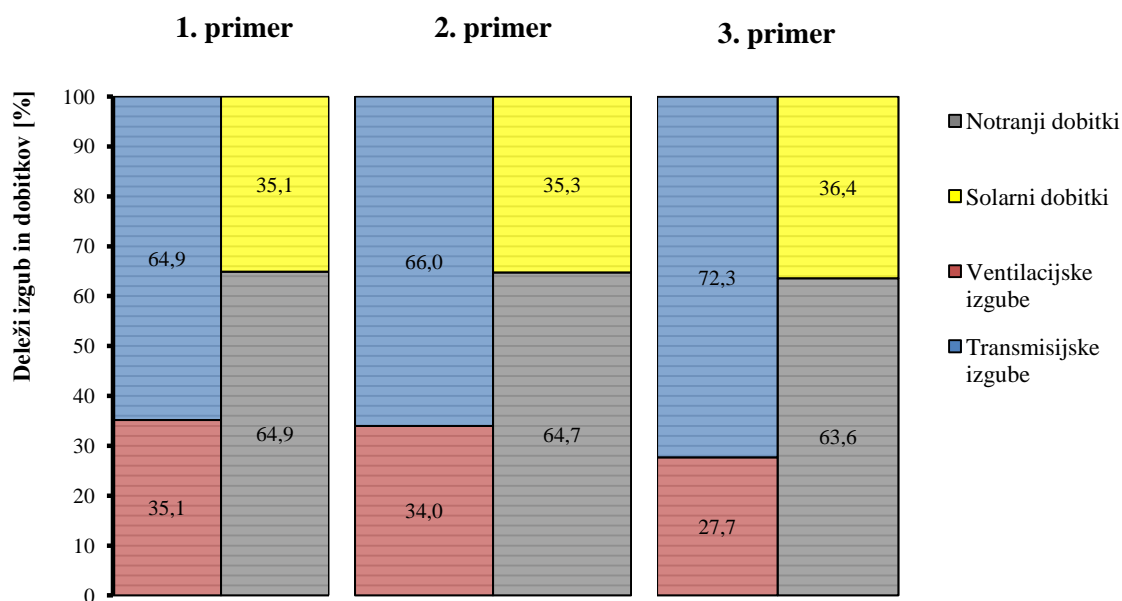


Grafikon 8: Primerjava izgub in dobitkov 2. variante za ogrevalno obdobje

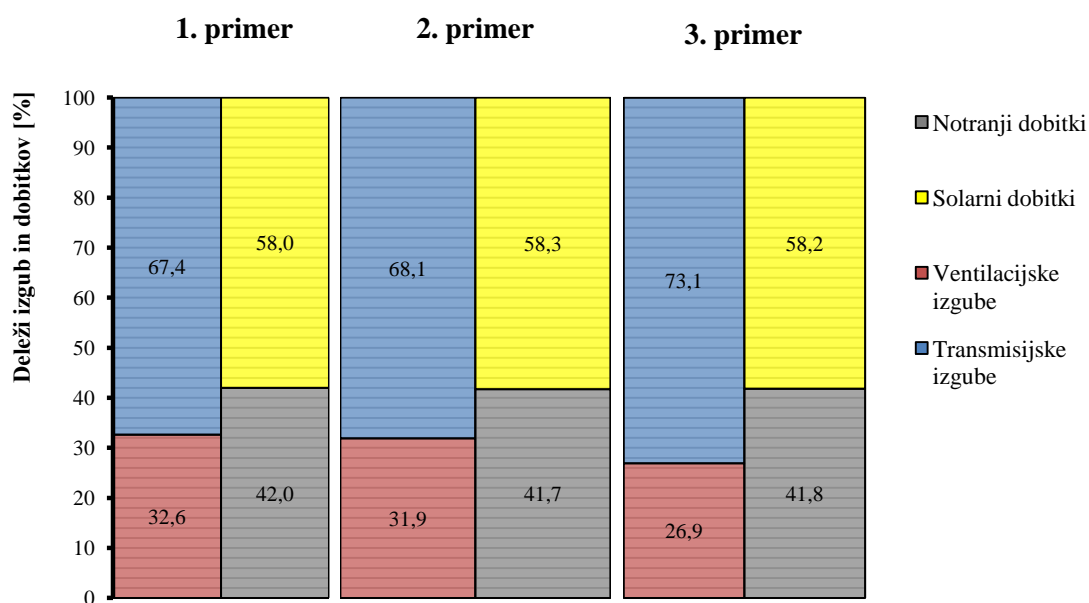


Grafikon 9: Primerjava izgub in dobitkov 2. variante za obdobje ohlajanja

Ohlajevalno obdobje daje nekajkrat manjši velikostni razred izgub in dobitkov od ogrevalnega obdobja (Grafikon 9), pa tudi manjše skupne velikosti izgub od dobitkov. Bistveno večje deleže zavzemajo solarni dobitki in manjše deleže transmisijske izgube kot pri ogrevanju (Grafikon 11). Minimalne razlike med 1. in 2. primerom v ohlajevalnem obdobju dokazuje nepomembnost vpliva računa TM na poenostavljen postopek. S povečanjem TM se nasprotno od obdobja ogrevanja zmanjšajo ventilacijske izgube (30 %) in transmisijske izgube (11 %), solarni in notranji dobitki pa se povečajo za 23 %. Bilanca izgub in dobitkov se v 3. primeru izenači. Električna energija razsvetljave in poraba tople vode se nista spremenili (Preglednica 60), njuni delež pa se je z večanjem potrebne toplote za ogrevanje (iz 73 na 81 %) zmanjšal iz 19 na 15 %.



Grafikon 10: Porazdelitev izgub in dobitkov med primeri 2. variante za ogrevalno obdobje



Grafikon 11: Porazdelitev izgub in dobitkov med primeri 2. variante za obdobje hlajenja

Preglednica 60: Potrebna letna energija v 2. varianti

Potrebna energija za:	(kWh)	Način izračuna TM		
		1	2	3
Ogrevanje	Q_{NH}	34.969	36.809	49.004
Ohlajanje	Q_{NC}	3.865	3.876	2.773
Toplo vodo		5.178	5.178	5.178
Razsvetljava		3.787	3.787	3.787
Skupaj	Σ	47.799	49.650	60.742

3.2.1 Dodatni primer

Notranji ogrevani prostori se zaradi TI znotraj zmanjšajo (Preglednica 61) in s tem predstavljajo manjši notranji volumen stavbe, a tudi zmanjšanje uporabne etažne površine za 2,8 %. Površina ogrevanega zunanjšega ovoja (A) ostane enaka, kondicionirani volumen (V_e) se zmanjša za 2,5 %, zato se oblikovni faktor (f_0) poveča iz 0,74 na 0,75. Izgube v ogrevanem časovnem intervalu so 2,8 % manjše, predvsem ventilacijske (Preglednica 62). Preračun letne potrebne toplote za ogrevanje na zmanjšano uporabno površino se zato poveča, ampak hkrati se povečajo tudi mejne vrednosti po PURES 2010, ki so odvisne od faktorja (f_0). Za njihov prikaz na grafikonu 12 uporabim enačbo premice (5) po pravilniku [2]. Poenotenje volumnov ter površin je torej upravičeno, saj smo na varni strani s poenostavitvijo. S tem so analize primerljivejše, sicer bi primerjave normirali na enote prostornin. Solarni pritoki količinsko ostanejo enaki, delež se jim poveča. Enačba premice po pravilniku PURES 2010 za stanovanjske stavbe:

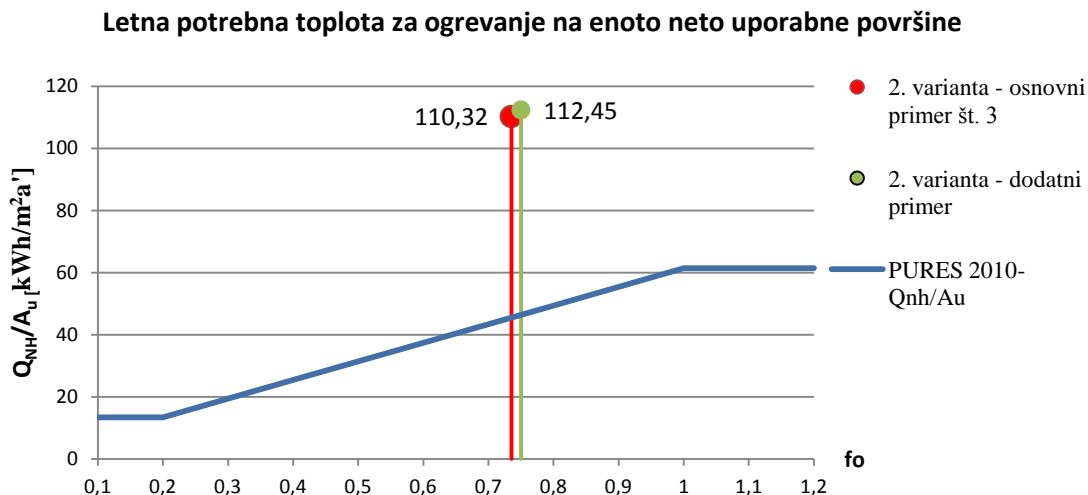
$$\frac{Q_{NH}}{A_u} \leq 45 + 60 f_0 - 4,4 T_L \quad \text{kWh}/(\text{m}^2 \text{a}) \quad (5)$$

Preglednica 61: Zmanjšanje prostornin in površin zaradi toplotne izolacije

	Etaža			
	Klet	Pritličje	Nadstropje	Podstrešje
Neto ogrevani volumen [m^3]	16	19,1	17,5	3,5
Zmanjšanje začetnih prostornin [%]	7,9	2,3	2,7	0,4
Uporabna površina [m^2]	0	6,79	5,76	2,28
Zmanjšanje začetnih površin [%]	0	2,7	2,9	0,9

Preglednica 62: Spremembe dodatnega ukrepa 2. variante 3. primera

		Razlika v dopustnih vrednosti med 2 varianto in dodatnim primerom		
		Izračunana	Dovoljena	%
Koeficient specifičnih transmisijskih izgub stavbe	H'_T [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]	0,52	0,39	0,0
Letna raba primarne energije	Q_p [kWh]	39.683	87.607	-2,2
Letna potrebna toplota za ogrevanje	Q_{NH} [kWh]	48.573	20.171	-0,3
Letni potrebni hlad za hlajenje	Q_{NC} [kWh]	2.851	21.598	-2,8
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine	Q_{NH}/A_u [$\text{kWh}/\text{m}^2\text{a}$]	112,45	46,69	+2,5
	Q_{NH}/V_e [$\text{kWh}/\text{m}^3\text{a}$]	34,12	/	
Neto uporabna površina stavbe (za stanovanjske stavbe)	A_u [m^2]	431,96	/	-2,8
Kondicionirana prostornina stavbe	V_e [m^3]	1.423,64		-2,5
Površina toplotnega ovoja stavbe	A [m^2]	1.073,58		0,0
Oblikovni faktor	$f_0 = A/V_e$ [m^{-1}]	0,75		1,4



Grafikon 12: Vpliv spremembe prostornin in površin

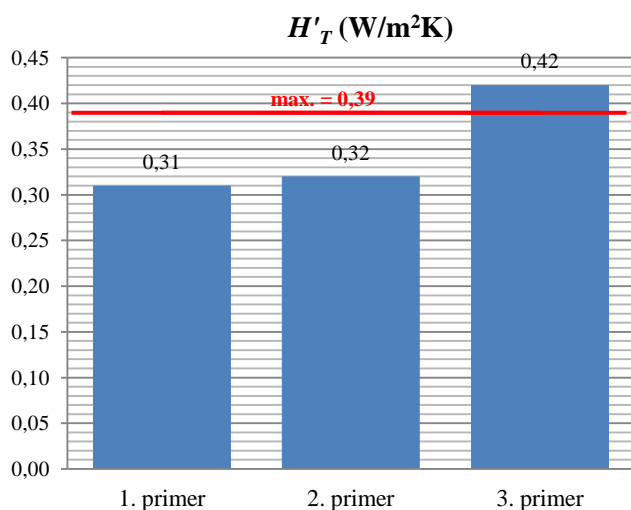
3.3 Komentar rezultatov – varianta 3

Tretjo varianto lahko v glavnem razumemo kot dodatni ukrep izboljšanja bilančne slike 2. variante. Proporcionalno se razmerja med primeri večinoma ohranijo, razlike med primeri postanejo manjše, vrednosti energetskih porab pa so najmanjše. Toplotna bilanca izgub še vedno presega pri 3. primeru (Grafikon 13), zato poenostavljanje TM odloča o (ne) ustreznosti uporabe pravilnika.

Primarno toploto, ki jo potrebujemo na letni ravni, smo zmanjšali s to sanacijo v primerjavi z izhodiščem kar 7,85 - krat iz 266.375 kWh/a' pod maksimalno dovoljene vrednosti z veliko rezervo (62 %). Zato imamo tudi največje rezerve (87,8 %) pri sistemih za hlajenje, kjer ni nujno imeti visoko učinkovite sisteme za hlajenje, če to predstavlja znatna finančna sredstva. Kljub prihrankom pri primarni energiji manjka še 17.164 kWh/a' pri letni toploti, s katero moramo stavbo dogrevati, kar je 85 % mejne vrednosti (Preglednica 63).

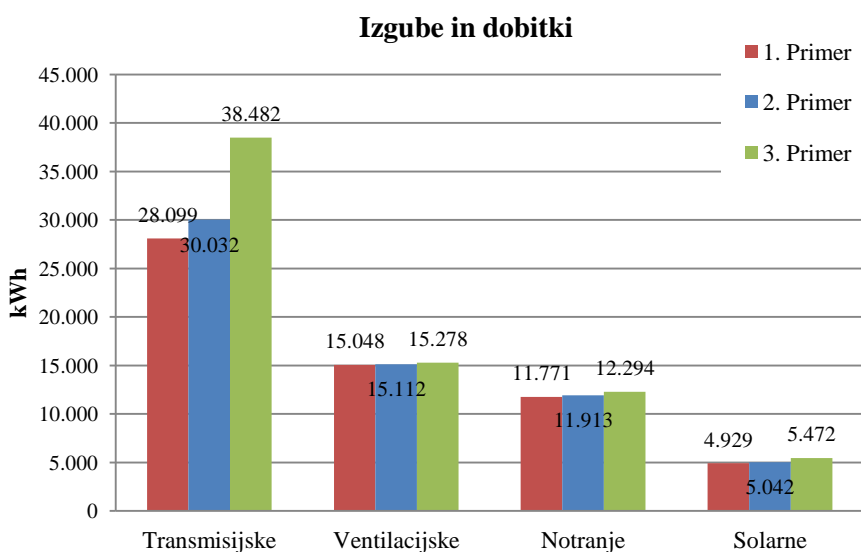
Preglednica 63: Toplotna bilanca 3. variante

			Način izračuna TM			Mejne vrednosti
			1	2	3	
Koeficient specifičnih transmisijskih izgub	H'_T	W/m ² K	0,31	0,32	0,42	0,39
Letna raba primarne energije	Q_p	kWh	29.369	30.337	33.932	89.559
Letna potrebna toplota za ogrevanje	Q_{NH}	kWh	27.712	29.543	37.403	20.239
Letni potrebni hlad za hlajenje	Q_{NC}	kWh	3.374	3.383	2.701	22211
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine	Q_{NH}/A_u	kWh/m ² a'	62,38	66,51	84,2	45,55

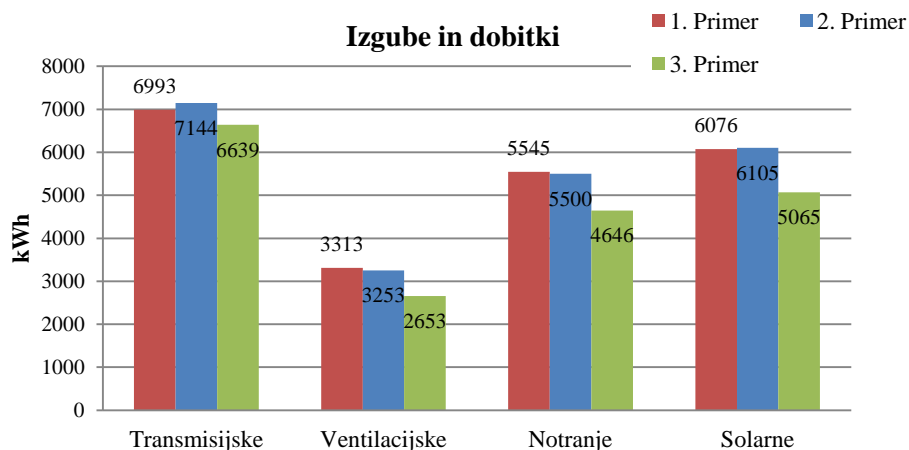


Grafikon 13: Koefficient specifičnih transmissijskih toplotnih izgub 3. variante

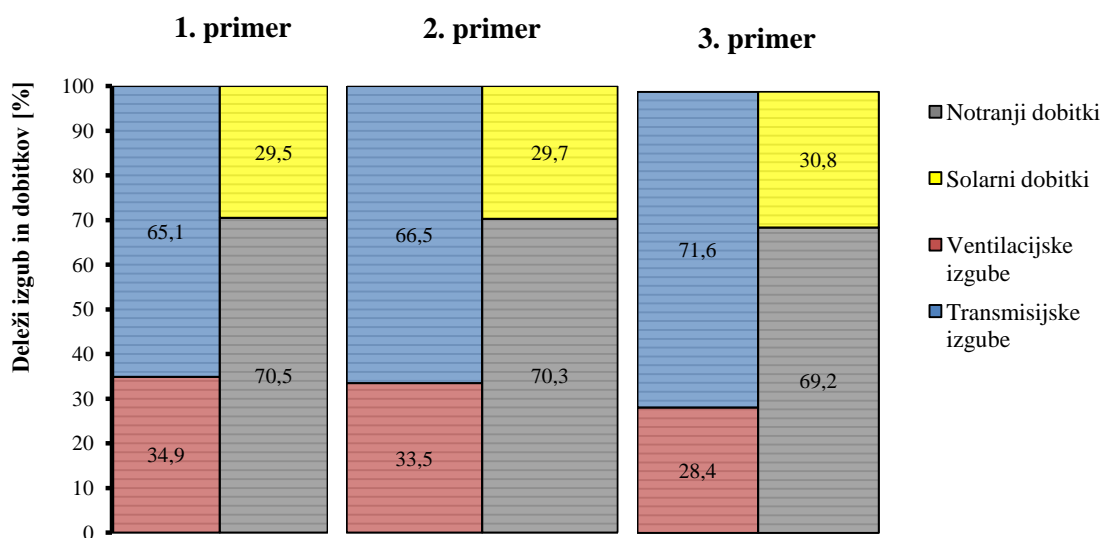
Največ TM vplivajo na transmissijske izgube s 36,7 % razliko od primera brez TM pri 65 % deležu vseh izgub (Grafikon 14), drugje je vpliv od 1,5 % (ventilacijske izgube) do 11% (solarni dobitki). Med etažna razlika je največja prav tako pri transmissijskih izgubah in znaša faktor 2,2 med prvo in drugo OC. Izgube in dobitki v času ohlajanja (Grafikon 15) so od 7,4 % pri solarnih dobitkih do 82,7 % pri transmissijskih izgubah manjše od ogrevalnega obdobja. Dobitki glede na izgube se v tem ohlajevalnem času povečajo. Pri normiranih vrednostih bi bila skupna bilanca boljša, manj bi bilo potrebnega hladu kot toplote za ogrevanje. Razmerja deležev med izgubama se ohranijo pri ohlajanju in spremenijo na račun solarnih dobitkov (Grafikon 16, 17).



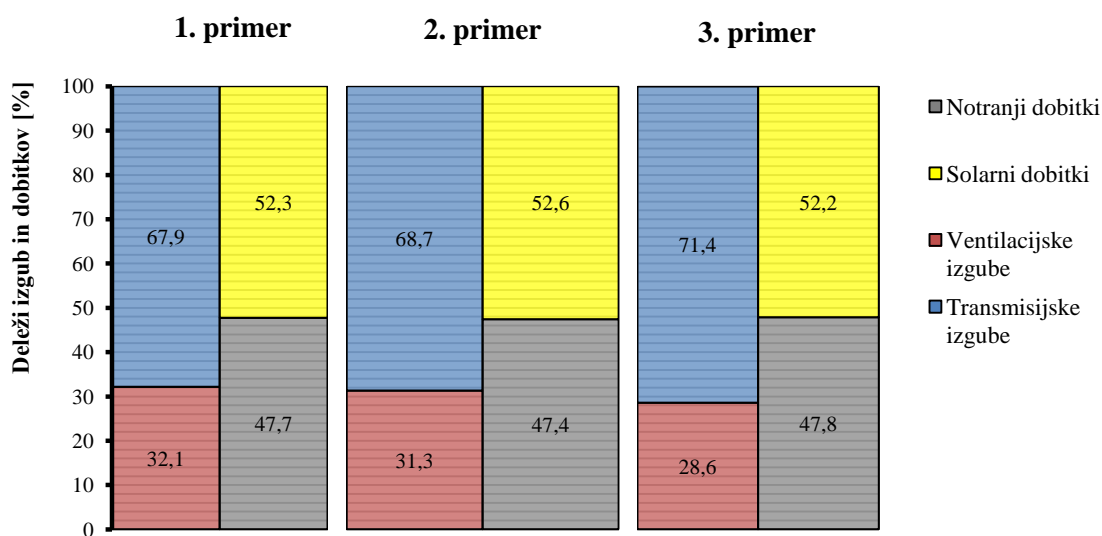
Grafikon 14: Primerjava izgub in dobitkov 3. variante za ogrevalno obdobje



Grafikon 15: Primerjava izgub in dobitkov 3. variante za obdobje hlajenja



Grafikon 16: Porazdelitev izgub in dobitkov med primeri 3. variante za ogrevalno obdobje



Grafikon 17: Porazdelitev izgub in dobitkov med primeri 3. variante za obdobje hlajenja

Električna energija razsvetljave in poraba tople vode se nista spremenili (Preglednica 64), njuni delež pa se je z večanjem potrebne toplote za ogrevanje (iz 69 na 76 %) zmanjšal iz 22 % pri primeru brez TM na 18 % pri 3. primeru.

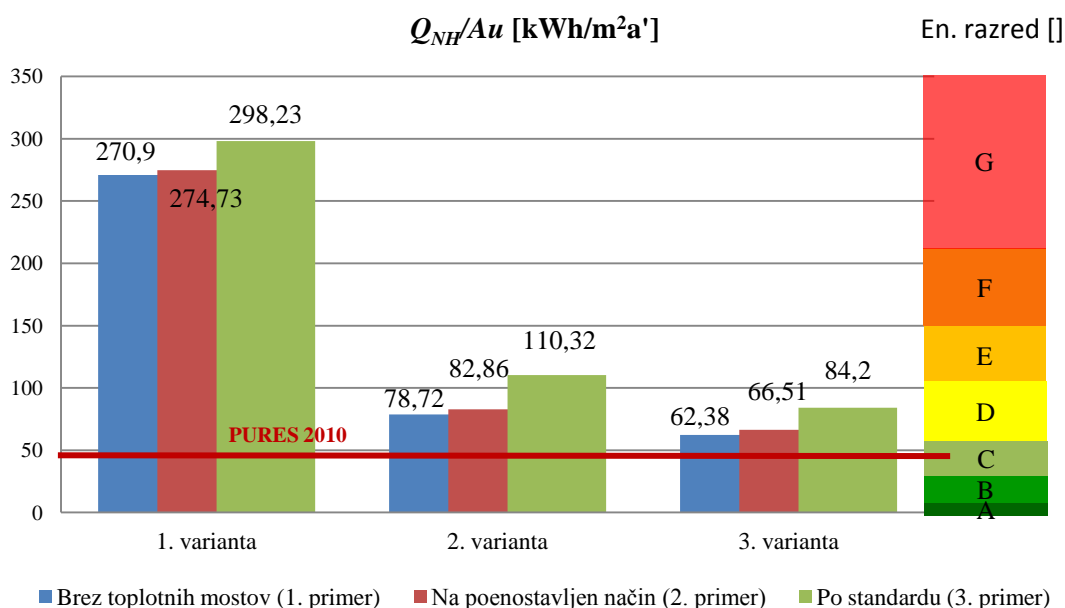
Preglednica 64: Potrebna letna energija 3. variante

Potrebna energija za:	(kWh)	Način izračuna TM		
		1	2	3
Ogrevanje	Q_{NH}	27.712	29.543	37.403
Ohlajanje	Q_{NC}	3.374	3.383	2.701
Toplo vodo		5.178	5.178	5.178
Razsvetljavo		3.787	3.787	3.787
Skupaj:		129.301	40.051	41.891

3.4 Skupni rezultati

S skupno analizo interpretiram primerjave med variantami za primer izračuna TM po standardu, ki je realnemu stanju najbližji, saj upošteva najbolj neugodno situacijo glede energetske potratnosti in zajame največjo mero TM. Preglednica 65 prikazuje neizpolnjena pričakovanja v določenih variantah 3. načina računa TM in sanacijske prednosti vsakega od ukrepov. Računanje TM po standardu SIST EN ISO 14683 [5] je pomembnejše tam, kjer so razlike do poenostavljenega postopka računa TM večje glede na začetne vrednosti. Tako v grafih 18-21 prikazujem vplive TM po vseh 3 variantah.

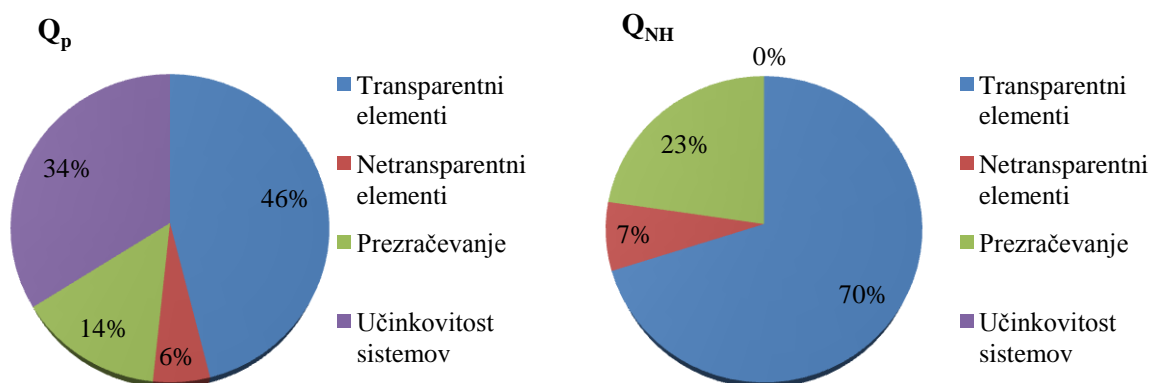
Če preračunamo potrebno energijo za ogrevanje na enoto uporabne površine (A_u), dobimo vrednosti v preglednici 65, ki so primerne za uvrstitev stavb v energetske razrede po Pravilniku o metodologiji izdelave in izdaje energetskih izkaznic stavb [50]. Njihova poraba se povečuje po primerih in zmanjšuje po variantah (Grafikon 18). Mejne vrednosti po pravilniku PURES 2010 nismo dosegli v nobenem primeru, najbližje smo uspeli priti z izvedbo TI na zunanji strani (3. varianta) z odstopanjem za 1 en. razred. Obstoječa HV spada v najpotratnejši en. razred G. S 110,32 kWh/m²a' pa je stavba z izvedbo TI na notranji strani (2. varianta) v en. razredu E. V preostalih primerih iste variante bi tako stavbi neupravičeno zmanjšali en. razred za 1 skupino zaradi poenostavljenega računa TM. Najboljši en. razred D smo dosegli s svobodno izbiro ukrepov (3. varianta). Letni prihranki energije so pri 3. varianti največji, še vedno pa za skoraj 2-krat presegajo 44,55 kWh/m²a' [2]. Dokazali smo, da ima varianta z načinom TI na notranji strani 63 % zmanjšanje potrebne toplote za ogrevanje ali 83.473 kWh na leto, kar je več kot 4 kratnik mejne vrednosti ($Q_{NH,max}=20239$ kWh/a') po pravilniku [2].



Grafikon 18: Energetski razredi in letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine za vseh 9 primerov

Največjo spremembo, ki vpliva na letne potrebe energije po ogrevanju stavbe smo naredili s prvo sanacijo z maksimalno povečano toplotno izolativnostjo transparentnih elementov ob robnih pogojih stavbne zaščite pod spomeniškim varstvom [25]. Drug sanacijski ukrep (3. varianta), kaže težnjo k dodatnemu zmanjšanju glede na prvi ukrep (2. varianta) predvsem pri potrebni toploti za ogrevanje stavbe v enem letu za slabo četrtno (23,7 %), malo manj pri koeficientu specifičnih transmisijskih toplotnih izgub (19,2 %) in primarni energiji (15,3 %).

Da bi razložili kateri ukrep najbolj vpliva na padce toplotno bilanco, moramo razčleniti vsako sanacijo po korakih. Primerjam razlike, ki jih doprinese posamezen ukrep in dobim vplive 4 ukrepov na primarno energijo in potrebno toploto za ogrevanje na enoto uporabne površine. Vendar jih je še potrebno normirati glede na začetne vrednosti, da dobimo deleže [%]. Dobljeni deleži ne dajo vsote 100% zato jih normiran in dobim deleže posameznega koraka od 100% zmanjšanja iz variante 1 do variante 2. Pri prvem ukrepu spremenim U vrednosti transparentnih elementom in ψ faktorje le za transparentne elemente. Nato spremenim netransparentnim elementov U in ψ vrednosti, pogledam še spremembo zaradi prezračevanja in učinkovitosti sistemov. Največ koristi imamo iz sanacijskega ukrepa s TI ovoja (Grafikon 19), ki najbolj vpliva na potrebno toploto za ogrevanje, kjer ima 70 % delež od vseh ukrepov in še vedno največ na primarno energijo. Pomemben faktor je zmanjšanje ventilacijskih izgub, spet nekoliko več pri ogrevanju kot pri primarni energiji. Prav zato pa je učinkovitost sistemov vpliva toliko bolj na prihranke pri primarni energiji in nič pri ogrevanju. Netransparentni elementi imajo približno enak 6 % odstotni delež k prihrankom energij.



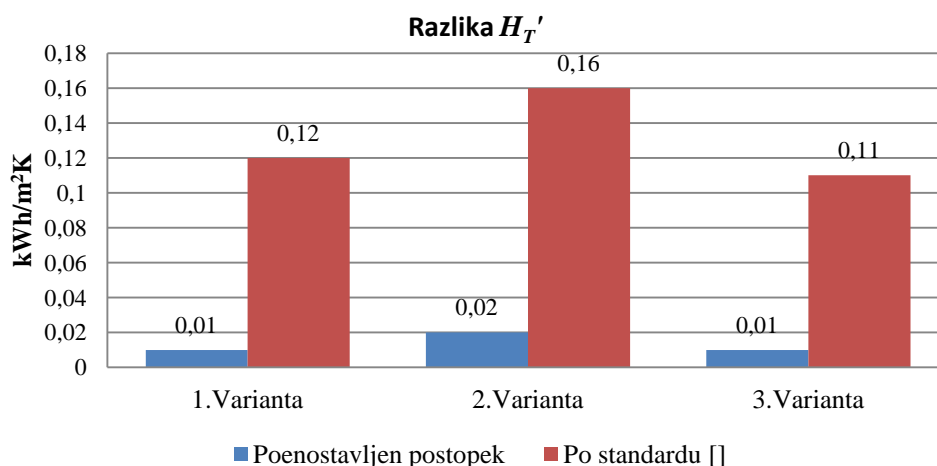
Grafikon 19: Vplivi korakov pri 2. varianti

Primarno energijo je potrebno znižati pod mejne vrednosti z zamenjavo potratnih sistemov predvsem za ogrevanje (Slika 47). Pri obeh sanacijah so se pojavile potrebe po preprečevanju pregrevanja zaradi preseženih notranjih projektih temperatur in povečala se je občutljivost na način računa TM pri kazalcih toplotne bilance kot je npr. koeficient specifičnih transmisijских toplotnih izgub (Grafikon 20). Potrebni hlad se je zmanjšal med variantama le za 2,6 %.

Preglednica 65: Toplotna bilanca stavbe z računom toplotnih mostov po standardu [5]

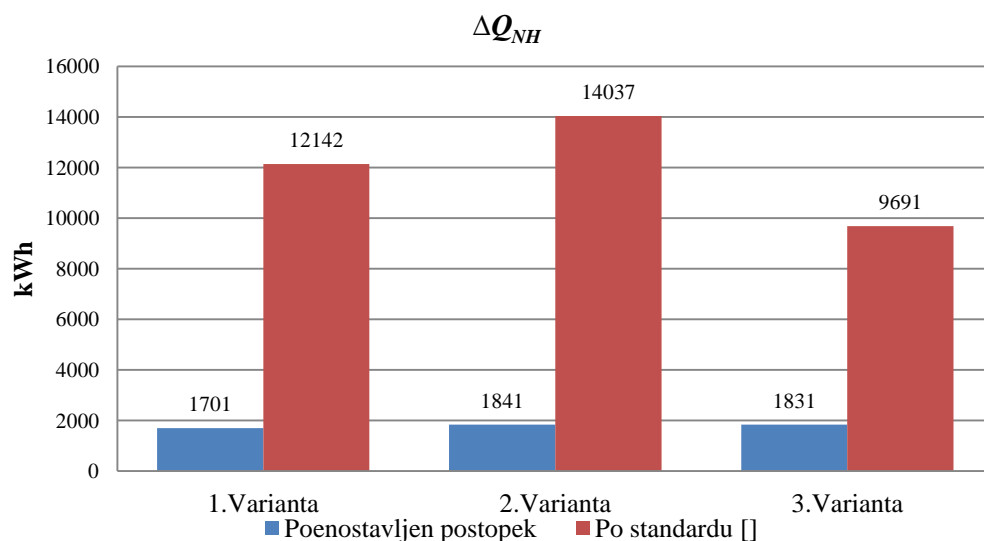
			Varianta			Mejne vrednosti
			1	2	3	
Koeficient specifičnih transmisijских izgub	H'_T	W/m ² K	1,14	0,52	0,42	0,39
Letna raba primarne energije	Q_p	kWh	266.375	40.079	33.932	89.559
Letna potrebna toplota za ogrevanje	Q_{NH}	kWh	132.478	49.005	37.403	20.239
Letni potrebni hlad za hlajenje	Q_{NC}	kWh	0	2.773	2.701	22211
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine	Q_{NH}/A_u	kWh/m ² a'	298,23	110,32	84,2	45,55

Iz 2. in 3. variante (presežen H'_T) smo ugotovili, da TM ni primerno poenostavljati ali jih zanemarjati, še najbolj, če se vrednosti gibljejo okrog mejnih. Sicer je ta način računa TM po eni strani zamudnejši za projektantski izračun, po drugi strani pa le tako lahko dobimo vpogled v nujnost računa TM po bolj natančnem postopku. Pa tudi zakonske obveze tako narekujejo [18]. Specifične transmisijские izgube se pri poenostavljenem postopku računa TM znotraj vsake variante veliko manj zmanjšajo (okrog 10-krat) od računanja le teh po standardu [5], zato so razlike očitne (Grafikon 20). Njihova razlika v 3. primeru z računom TM po standardu, je največja zaradi prve sanacije pod stavbno kulturno zaščito. Zato je tu nevarnost poenostavljanja največja. Preostala primera dajeta podobno »nevarnost«, ampak glede na zmanjšanja koeficienta specifičnih transmisijских izgub v primerjavi s stanjem 3. primera, pa je 3-krat »nevarnejša« varianta 3 od variante 1.

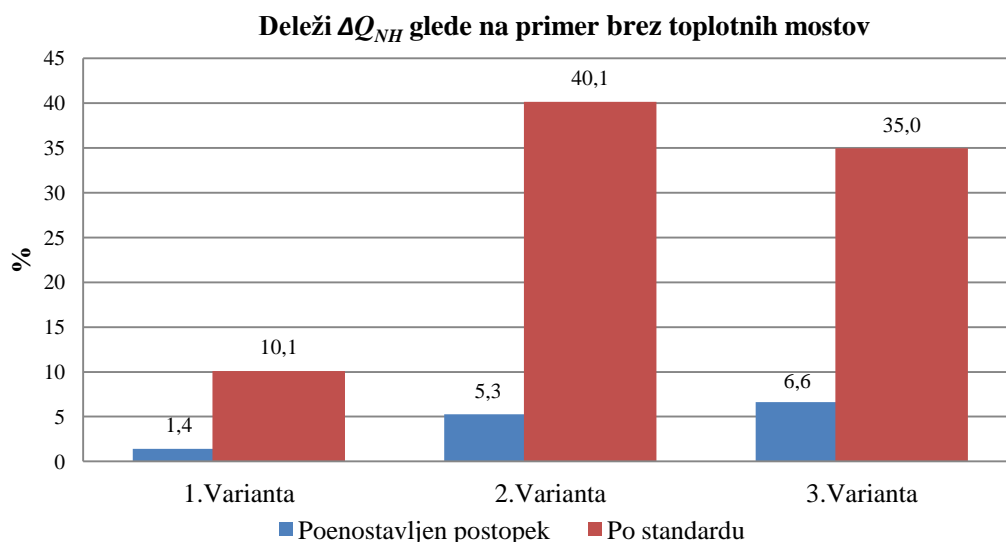


Grafikon 20: Koeficient specifičnih transmisijskih izgub

Vplive TM, oz. dodatna povečanja potrebnih energij za ogrevanje zaradi različnega računa TM za primera 2 in 3, označujem z ΔQ_{NH} (kWh). Največ TM je pri TI na notranji strani (2. varianta), in tudi tu naredimo največjo absolutno napako, če računamo po poenostavljenem postopku (Grafikon 21). Najmanjše razlike med postopkoma določanja TM so pri najmanjši količini TM, t.j. pri 3. varianti. Res je, da je absolutno gledano (v kWh) poenostavljen postopek pokazal povsod približno enak velikostni razred, vendar, če primerjamo rezultate v razmerju do osnovnega primera brez računanja TM, dobimo povečanja TM pri poenostavljenem postopku po variantah (Grafikon 22- modri stolpci). Pri 3. varianti se s 3,5 krat večjim deležem izkaže račun TM po standardu pomembnejši (večji deleži) od poenostavljenega postopka glede na izhodiščno variant 1 (Grafikon 22). Pomembnost računanja po natančnejšem računu TM narašča po primerih, kar lahko povežemo z vodilnim zmanjševanjem ΔQ_{NH} (Grafikon 21). Dokaz povečanega vpliva TM je večji prirastek izgub od deficita dobitkov, če delamo primerjave v ogrevalnem obdobju med variantami iz rezultatov izgub ter dobitkov. Metoda upoštevanja toplotnih mostov glede na začetni izračun porabe energije za ogrevanje stavbe temelji na enakem principu kot, če bi primerjali vrednosti glede na uporabne površine.



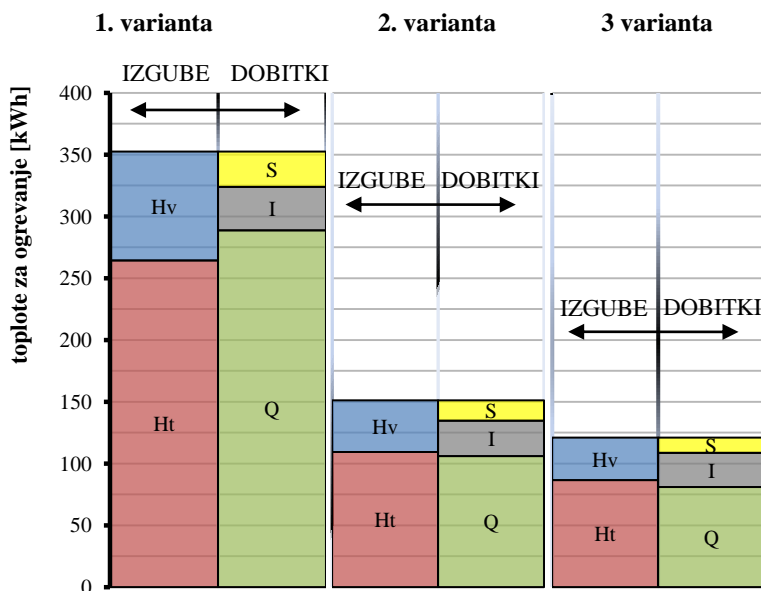
Grafikon 21: Relativni vpliv toplotnih mostov glede na 1. primer



Grafikon 22: Metoda upoštevanja toplotnih mostov glede na začetni izračun porabe energije za ogrevanje stavbe

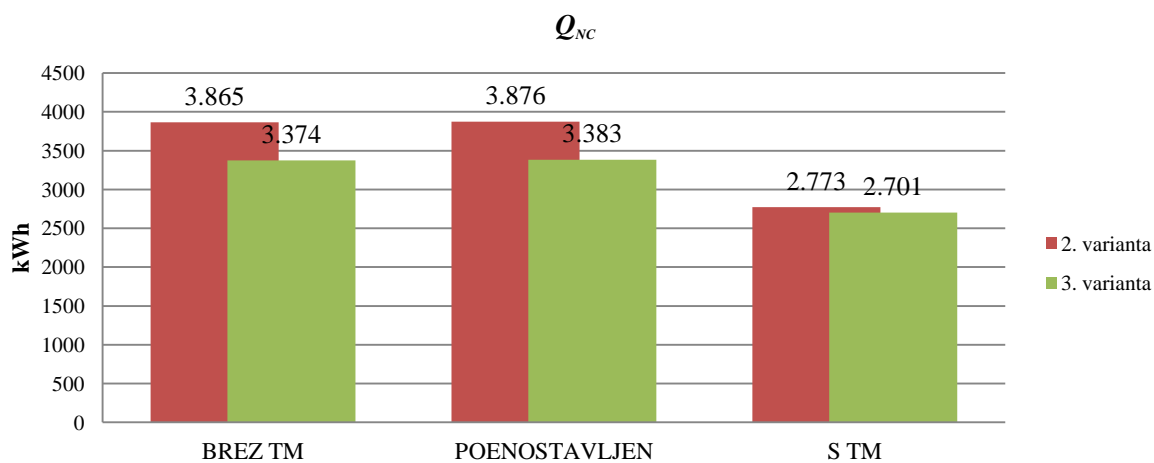
Senčenje ustvari manjši dotok sončnih žarkov v prostor. Velikosti sončnih dobitkov so najmanjše v času ogrevalne sezone, ko osončenje najbolj potrebujemo. Izgube in dobitki se po variantah zmanjšujejo. Vrednosti solarnih dobitkov se ob prvi sanaciji zmanjšajo za manjši delež kot transmisijske izgube, ob dodatni sanaciji se deleža obrneta. Sprememba nastane, ker smo v 2. varianti naredili več na ovoju in manj na preprečevanju dotoka osončenosti (g -faktor oken) kot v 3. varianti. Prezračevalne izgube se zmanjšajo zaradi tesnejših oken in ovoja ter zmanjšane prezračevanja. Prosojne površine tudi zmanjšajo sončne pritoke zaradi manjšega faktorja prehoda celotnega sončnega sevanja (g). Najmanjše so razlike po variantah med najmanjšimi deleži, t.j. med solarnimi (S) in

internimi (I) dobitki. Toplotne transmisijske izgube (H_T) so za 3 krat večje od izgub zaradi prezračevanja (H_v), se pa njihov delež po primerih zmanjšuje v primerjavi s ventilacijskimi izgubami. Bilančno toploto za ogrevanje (Q_H) lahko razumemo kot razliko med pritoki in odtoki s faktorjem izkoristka (Grafikon 23).



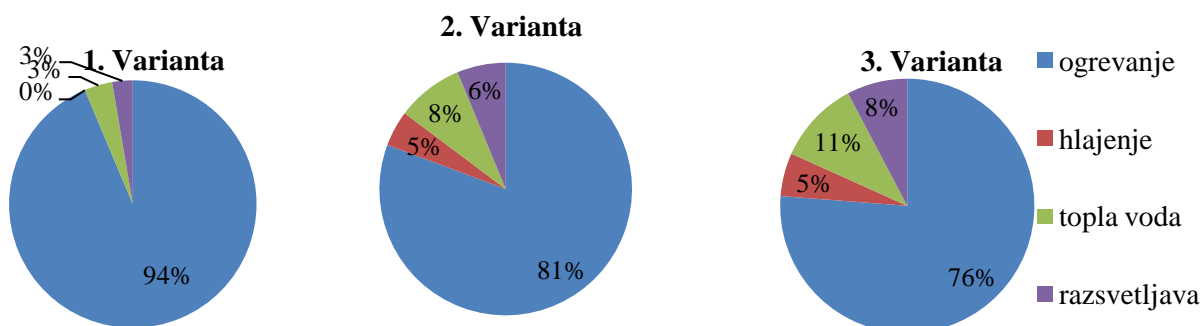
Grafikon 23: Primerjava energijskih bilanc variant za primer računa TM po standard [5]

Ker ohlajanja v 1. varianti ni, dobimo z medsebojno primerjavo preostalih dveh variant (Grafikon 24) vpogled v velikostni red TM, ki vpliva na letni potrebni hlad za hlajenje. Pri 2. in 3. primeru je približno enak, pri računu TM po standardu pa skoraj nič. Pri slednjem so vrednosti najmanjše. Če posplošimo, smo s TI na zunanji strani (3. varianta) najbolj omejili/zmanjšali TM, zato je njihov vpliv na ohlajevalne potrebe najmanjši..



Grafikon 24: Letna potrebni hlad za hlajenje

Daleč največji delež zavzemajo potrebe po ogrevanju, ki se zmanjšujejo najbolj s termično zaščito stavbnega ovoja. Na začetku ni bilo hlajenja stavb in tovrstne potrebe po energiji hlajenja (0 %). Razmerja med deležem tople vode in razsvetljave 2. in 3. variante ostaja enako, ker ne spremenimo vhodnih parametrov (razsvetljava, referenčna površina, št. dni zagotavljanja sanitarne tople vode, vrsta stavbe). TM zato nimajo vpliva na fiksen del energij, kjer do razlik v skupinski porabi pride samo zaradi razlik med potrebno energijo za ogrevanje in ohlajanje med primeri. Te so največ 7 %. Ob projektiranju moramo ta »fiksni« del tudi zmanjševati, da ne zavzema prekomernega deleža, sicer bi morali ustvariti dodatne nadomestne ukrepe. Z današnjo tehnologijo so možni energetski prihranki pri električni energiji s povečanjem učinkovitosti svetil, gospodinjskih strojev, itn.



Slika 48: Tortna porazdelitev letnih energij, ki jih stavba potrebuje v 3. primeru računa TM po standardu [5].

3.4.1 Dodatni ukrepi

Dokazal sem znatne prihranke porabe energije z dokaj preprostimi ukrepi. Daleč največ nujnosti imamo za opraviti pri zmanjšanju toplotnih potreb za ogrevanje stavbe, zato sem izvedel TI tam, kjer dimenzije to dopuščajo. S 15 cm TI zidu z EPS-om ($U=0,136 \text{ W/m}^2\text{K}$) in dodatnimi 5 cm na vrhnji sloj podstrešja ($U=0,205 \text{ W/m}^2\text{K}$) sem dobil dodatnih 9 % omenjenih prihrankov v 3. varianti. Upošteval sem spodnjo mejo razpisne dokumentacije eko sklada [51]. Če dodatno zmanjšamo notranjo projektno temperaturo za 1°C , še prihranimo 8,2 %. Še vedno pa potrebujemo 35 % znižanje, vendar se slednjega ukrepa ni smiselno posluževati, saj poslabšanje kakovosti bivanja zaradi podhlajevanja in pregrevanja ob izboljšanju toplotne bilance stavbe ni učinkovito in se ne izplača zaradi nekaj procentov izboljšanj.

Dodatno izboljšanje toplotne bilance stavbe je možno na več načinov. Naj jih omenim še nekaj:

- zamenjava rolet z manjšo toplotno prevodnostjo in lesenih profilov s plastičnimi večpreklatnimi,
- zapiranje terase (steklenjak) za kompaktnjšo obliko stavbe, povečana prostornina, manjši f_o ,

- izkoriščanje podstrešja,
- mehansko prezračevanje z vračanjem toplote odpadnega zraka in nočno hlajenje,
- zmanjšanje števila ogrevalnih dni, povečanje odsotnosti uporabnikov zaradi druge namembnosti, kakor je bilo npr. nazadnje, ko je v stavbi obratovala knjižnica [20]
- namestitev nizkotemperaturnega ploskovnega gretja (grelni kabli, paneli) z nizkimi obratovalnimi stroški ob manjši temperaturni asimetriji med glavo in tlemi,
- izkoriščanje lokalnih obnovljivih virov z geotermalno energijo [52]
- monitoring in avtomatizacija (programski termostat) prostorov, sistemov
- učinkovitejša razsvetljava - zmanjšanje porabe električne energije in s tem primarne energije z manj kW/m²a',
- učinkovitejša poraba tople vode – smotrna raba, učinkovitejši sistemi z razvodi s Ti cevi, regulacijo za njihovo pripravo,
- svetlobni vodniki za večji dotok svetlobe, zmontirani v strešno konstrukcijo.

3.4.2 Poenostavitve

Dejanski rezultati lahko odstopajo od računskih zaradi vrste nezajetih dejavnikov, ki jih zanemarimo in/ali poenostavimo. Pomembnejše predstavljam v preglednici 66.

Preglednica 66: Nekatere ugodne in neugodne poenostavitve

Negativni neupoštevani učinki	Pozitivni neupoštevani učinki
- obstajajo natančnejše <u>metode računa</u> TM, (numerični izračuni, katalogi TM), - zanemarili smo <u>točkovne TM</u> (stebri, preboji-pritrjevanja) - zanemarili smo nekatere <u>linijske TM</u> (obod dimnika, zožanje širine zidu ob parapet, roletna omarica, stiki plošč kontaktnih fasad, lokalni TM ob nosilcih medetažnih plošč, razpoke), - 2 D računski fizikalni <u>modeli</u> izračuna <i>U</i> vrednosti, - statične <u>metode</u> , mesečni zajeti podatki,	+ upoštevali smo TM ob stiku medetažne NK in zunanega zidu (Preglednica 46), TI se lahko namesti vsepovsod razen na mestih naleganja nosilcev, + dejanske ogrevane prostornine so manjše zaradi notranje opreme in TI na notranji strani, zato je bi imeli manj potreb po ogrevanju in prezračevanju (Poglavje 3.2.1), + namestitev senčil (Poglavje 2.1.6).
Pozitivni ali negativni učinki	
+- dejanski TM so večji od projektiranih (izvedba), +- urne, dnevne, mesečne, sezonske, spremembe klimatskih podatkov [32],	

4 SKLEP IN POVZETEK

4.1 Toplotni mostovi

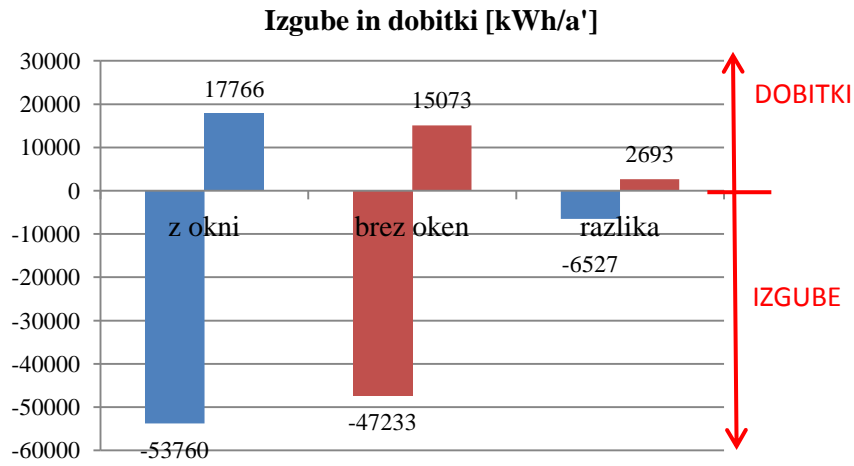
Če primerjamo povečanja TM pri poenostavljenem postopku in računu TM po standardu za vsako varianto iz grafikona 18 s končnimi vrednostmi letne potrebne toplote za ogrevanje na enoto uporabne površine, dobimo delež TM, ki je pokazatelj vpliva TM. Tako znaša delež TM po poenostavljenem postopku v prvi varianti 1,4 % (razliko med 274,73 in 270,9 delimo z 274,73). Razlike (Preglednica 67) med deleži so od 7,8 % v 1. varianti, 19,7 % v 3. varianti do 23,6 % v 2. varianti. Večje kot so razlike med postopkoma, večje je tveganje, da naredimo večjo napako z uporabo poenostavljanja računa TM. Najmanjšo »napako« naredimo ob neizolirani stavbi, največjo od sanaciji s TI z notranje strani. Sicer smo dokazali, da TM po pravilniku TSG v vsakem primeru zaradi detajlov (vsi ψ niso manjši od 0,2 W/mK) ne smemo za primer HV poenostavljati pavšalno na površino toplotnega ovoja. S standardom [5] sem zajel večjo natančnost in kot rezultat dobil večje deleže TM.

Preglednica 67: Deleži toplotnih mostov

	Način določanja toplotnih mostov					
	Poenostavljen postopek [4]			Račun toplotnih mostov po standardu [5]		
Varianta	1	2	3	1	2	3
Delež [%]	1,4	5,0	6,2	9,2	28,6	25,9



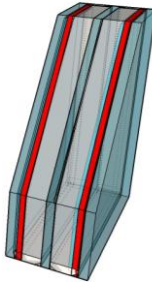
4.2 Zunanje odprtine

Odprtine imajo velik vpliv na spremembo kazalcev toplotne bilance stavbe. Toplotna prehodnost ovoja se zaradi oken poveča, s tem predvsem transmissijske izgube (18 %). Po drugi strani pa so transparentni elementi edini elementi ovoja, ki omogočajo izkoriščanje zastonj vira, sonca. Potrebe po prezračevanju se zmanjšajo (4 %), potrebe po dovajanju hladu pa povečajo (iz 192 na 2701 kWh). Stremimo k minimalni razliki vsote izgub in dobitkov zaradi odprtin. Vsota razlike primera z in brez oken nam prikaže njihov vpliv na povečanje ali zmanjšanje potrebne energije za ogrevanje (Grafikon 25) zaradi njih. Nekatera 3-slojna okna imajo pozitivno toplotno bilanco [53]. Potrebujemo 3834 kWh dodatne energije za ogrevanje z izbiro visokoizolativnih oken s faktorjem prehoda celotnega sončnega sevanja 0,5 (Preglednica 68). Ne smemo pozabiti na pozitiven učinek, ki ga prinese vizualni stik z zunanjim okoljem, nujnost naravne osvetlitve, idr. Ni priporočljivo dodatno zmanjšati g-faktorja zaradi relativno majhnih energijskih prihrankov.



Grafikon 25: Potrebna letna energija za ogrevanje v 3. varianti

Preglednica 68: Zasteklitev

	Varianta		
	1	2	3
Polnjenje	zrak	argon	kripton
Skica najpogostejšega okna			
Nanos	brez	brez	2 x nizkoemisijski
U_g [W/m ² K]	5,75	2,8	0,5
g [-]	0,85	0,76	0,55

4.3 Povzetek

Toplotna bilanca se z večjo izolirnostjo s prvo sanacijo poveča, vloga TM pa postaja z nekaterimi naknadnimi ukrepi pomembnejša, saj celo odloča ali je energetska potratnost večja ali manjša od mejnih vrednosti. Ponekod ne smemo poenostavljati TM, saj bioklimatski kazalniki mejijo na energetske razrede ali mejne vrednosti pravilnika [2]. Lahko bi povzeli, da je spomeniško zaščiten zgradbo potrebno računati v vsakem primeru energetske sanacije, ne pa tudi obstoječega stanja z računom TM po standardu [5]. Zato je potrebno voditi vzporedno evidenco o začetnem in novo nastalem stanju TM. Nekaterim TM, npr. vogalnim geometrijskim, se povsem nismo mogli izogniti, spet drugi pa imajo ugodne učinke. Stavbi predstavlja veliko težavo dovajanje toplote za ogrevanje zato je najenostavnejši korak znižati porabo energije z zmanjšanjem transmisije toplote v okolico s TI, dodatne prihranke pa je veliko težje ustvariti. Tudi način izvedbe TI igra pomembno vlogo, predvsem pri TM. Čeprav so razlike med ogrevalnimi potrebami obeh sanacij majhne (Grafikon 18) predvsem zaradi ohranitve KS transparentnih površin, se znotraj variante vpliv TM močno razlikuje med različnima postopkoma računa TM. Proporciji stavbe zahtevajo tudi pozornost na horizontalne mejne ploskve z okolico, saj dosegajo 48 % površinski delež. Z večino zunanjih oken in vrat smo dosegli mejne vrednosti ($U_w \leq 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$). Polna odstranitev vseh ovir ima za posledico 5,1 % zmanjšanje letne potrebne toplote za ogrevanje in potencial polovične solarne rezerve. V energetsko sanirani stavbi pa bi se zaradi zmanjšane transmisije toplote skozi ovoj pomen večjih sončnih dobitkov povečal. Zato je upravičeno izvesti pasivni ukrep s povečanjem osončenosti tako, da se odstranijo drevesa na J strani. Ventilacijskih izgub ni smiselno zmanjševati na račun manjše porabe, saj se zmanjša učinkovitost delovanja stavbe, oz. kakovost bivalnih razmer. Primerneje je povečati izkoristek toplote notranjega zraka na račun izmenjave z okolico z namestitvijo rekuperatorja, ki zmanjša potrebno specifično toploto (Poglavje) na strani dobitkov.

5 ZAKLJUČEK

Vila je v osnovi dobro klimatizirana in arhitekturno zasnovana, upoštevano je načelo odpiranja ovoja na sončno stran in zapiranje na senčno stran, ni pa dobro toplotno zaščiten. Vzrok potratnosti je tudi v zastarelih potratnih sistemih. S kvalitetno in zadostno izvedbo kontaktne fasade moramo vzporedno zamenjati zunanje stavbno pohištvo in posodobiti sisteme ter zagotoviti zadostno prezračevanje. Tako naraste velikostni red toplotnih mostov, poenostavljanje ni več upravičeno, razen če rešimo toplotne mostove na stikih, kjer do njih prihaja. Platoju skoraj nič energijske gradnje se lahko približamo z dodatnimi ukrepi, saj imamo še nekaj "rezerv" pri projektiranju, vendar moramo biti pazljivejši ob izbiranju ukrepov ter njihovem izvajanju. Poznati in spremljati je potrebno lastnosti, ki se spreminjajo z vsakim korakom.

Cilji energetske prenove vzajemno vključujejo smotrno ravnanje z energijo, učinkovitost sistemov, stroškovna učinkovitost in najpomembnejše, ugodje posameznika. Ne gre pa pozabiti zvočne klime, požarne varnosti in dnevne osvetljenosti prostorov. Končni rezultat vodi tudi do čim manjših črpanj energij iz obnovljivih virov ob enakih zahtevah o njihovem minimalnem deležu [52]. Dejavnik končnega uspeha pa je tudi posameznik, katerega aktivni vpliv mora imeti minimalni vpliv. Porabe energije lahko prevedemo tudi na škodo, povzročeno naravi zaradi večjega ogljičnega odtisa, več ogrevanja pomeni več izpustov CO₂, zato pasivni ukrepi trajno zmanjšajo bilančne kazalce, pocenijo stroške ogrevanja/hlajenja in skrajšajo vračilne dobe. Zato ima energetska sanacija večstranski učinek.

VIRI

- [1] Domjan, M. 2015. Revitalizacija objekta Hartnerjeva vila v Murški Soboti. Magistrsko delo na študijskem programu 2. stopnje. Maribor, Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo (samozaložba M. Domjan): 116 f.
- [2] Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES 2010). Uradni list RS št. 52/2010. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor 2010.
<http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=201052&stevilka=2856>
(Pridobljeno 7. 4. 2016.)
- [3] Krainer, A., Perdan, R. 2012. Računalniški program (TEDI) za račun toplotne prehodnosti, analizo toplotnega prehoda in difuzije vodne pare skozi večplastne KS. Ljubljana, UL FGG.
- [4] Krainer, A., Perdan, R. 2012. Računalniški program, TOST, Uporabniški priročnik. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.
- [5] SIST EN ISO 14683:2008 – Toplotni mostovi v stavbah – Linearna toplotna prehodnost – Poenostavljena metoda in privzete vrednosti (ISO 14683:2007).
- [6] Grobovšek, B. Izboljšanje toplotne zaščite ovoja stavbe
<http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/Grobovsek/PT54.htm> (Pridobljeno 16. 7. 2016.)
- [7] Ministrstvo za infrastrukturo. 2015. Akcijski načrt za skoraj nič-energijske stavbe za obdobje do leta 2020 (AN sNES).
http://www.energetika-portal.si/fileadmin/dokumenti/publikacije/an_snes/ansnes_final_apr_2015.pdf
(Pridobljeno 20. 7. 2016.)
- [8] Potočar, E. 2013. Skoraj nič-energijske stavbe.
<http://beta.finance-on.net/files/2013-04-22/4-1-Erik-Potocar.pdf>
(Pridobljeno 20. 7. 2016.)
- [9] Ren21. 2016. Renewables 2016 Global status report <http://www.ren21.net/status-of-renewables/global-status-report/> (Pridobljeno 25. 7. 2016.)

- [10] Krapež, P. 2016 Hlajenje in prezračevanje: Dobro izolirana hiša redko potrebuje aktivno hlajenje. <http://www.deloindom.si/gradim-obnavljam/hlajenje-prezracevanje-dobro-izolirana-hisa-redko-potrebuje-aktivno-hlajenje> (Pridobljeno 25. 7. 2016.)
- [11] Energetski zakon (EZ-1). Uradni list RS št. 17/2014.
<https://www.uradni-list.si/1/content?id=116549> (Pridobljeno 2. 8. 2016.)
- [12] Uradni list EU. 2010. Direktiva 2010/31/EU Evropskega parlamenta in sveta z dne 19. maja 2010 o energetski učinkovitosti stavb (prenovitev).
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:SL:PDF>
(Pridobljeno 2. 8. 2016.)
- [13] Lončar, I. 2009. Konserviranje in restavriranje. Revija Gradbenik (priloga: obnove in sanacije), julij, 43: 36-38.
- [14] Mihelič, B., Humar, M., Nikšič, M., idr. 2015. Urbanistični terminološki slovar. Ljubljana, Urbanistični inštitut Republike Slovenije in Inštit za slovenski jezik Frana Ramovša ZRC SAZU: 236 str.
- [15] Zakon o varstvu kulturne dediščine (ZVKD-1). Uradni list RS, št. 16/2008. <http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?sop=2008-01-0485> (Pridobljeno 25. 7. 2016.)
- [16] Zavod za varstvo kulturne dediščine Slovenije. 2016. Organizacijska struktura.
<http://www.zvkds.si/sl/o-nas> (Pridobljeno 24. 7. 2016.)
- [17] SIST EN ISO 13790:2008. Energijske lastnosti stavb – Račun rabe energije za ogrevanje in hlajenje prostorov (ISO 13790:2008).
- [18] Tehnična smernica TSG-1-004:2010. 2014. Učinkovita raba energije. Ministrstvo za okolje in prostor. Št: 0071-101/2009: 114 str.
http://www.arhiv.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/zakonodaja/prostor/graditev/TSG-01-004_2010.pdf (Pridobljeno 22. 7. 2016.)
- [19] Računalniški program Google SketchUp. 2014. Dodatek Shading II.
<http://ayezioro.technion.ac.il/Downloads/ShadingII/> (Pridobljeno 15. 1. 2016.)
- [20] Tivadar, H. 2013. Zakaj 1919-1941 niso svetla prekmurska leta: Hartnerjeva vila, kjer je bila nekoč soboška knjižnica. Vestnik, 19/2013, 32: str. 9.
<http://www.pomurje.si/media/e-vestnik.210319.ame.pdf> (Pridobljeno 15. 7. 2016.)

- [21] Obal, F., Šimon, V., Császár, J. N. 2002. Arhitektura historicizma in secesije v Prekmurju. Pomurska založba d.d.: 174 str.
- [22] Zgodovinski izpisek iz Zemljiške knjige. 2016. Okrožno Sodišče Murska Sobota, Murska Sobota https://evlozisce.sodisce.si/evlozisce/javni_izpisi/list.html (Pridobljeno 22. 7. 2016.)
- [23] Atlas okolja.
http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL%40Arso&initialExtent=589421.01%2C169533.79%2C0.26458 (Pridobljeno 23. 7. 2016.)
- [24] Ministrstvo RS za kulturo. 2016. Register nepremične kulturne dediščine RKD.
<http://giskds.situla.org/giskd/> (Pridobljeno 22. 7. 2016.)
- [25] Sapač, E. 2016. Konservatorska svetovalka ZVKDS OE Maribor. Osebna komunikacija. (28. 7. 2016)
- [26] Portal Prostor.gov.si GURS, Javni vpogled v podatke o nepremičnini.
<http://prostor3.gov.si/javni/javniVpogled.jsp?rand=0.8196329699914643> (Pridobljeno 23. 7. 2016.)
- [27] Hari, M. 1992. Oris urbanističnega razvoja Murske Sobote. Sinteza : revija za likovno kulturo. 91/94: str. 151-152.
- [28] Deu, Ž. 2009. Strešne odprtine- sestavni del arhitekturne podobe. Revija Gradbenik (priloga: strehe in kritine), april, 42: 12-15.
- [29] Vidic, Z. 2015. Murska Sobota na razglednicah 1898 - 1945 iz osebne zbirke Zorana Vidica. Murska Sobota, Z. Vidic: 108 str.
- [30] Načrti Hartnerjeve vile: Hartner Villa obstoječi tlorisi. 2007. Murska Sobota, REMO - ZRINSKI IN DRUGI, inženiring, posredništvo, trgovina d.n.o.
- [31] Nicklas, M.G., Bailey, G.B. 1997. "Daylighting in Schools." Strategic Planning for Energy and the Environment, 17, 2: 41-61.
- [32] Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za Okolje, Vremenski podatki.
<http://meteo.arso.gov.si/met/sl/climate/tables/pravilnik-ucinkoviti-rabi-energije/>
(Pridobljeno 11. 7. 2016.)

- [33] Republika Slovenija, Ministrstvo za zunanje zadeve, 15. Cilj trajnostnega razvoja http://www.mzz.gov.si/si/zunanja_politika_in_mednarodno_pravo/mednarodno_razvojno_sodelovanje_in_humanitarna_pomoc/politike_mrs/cilji_trajnostnega_razvoja/cilj_15_varovati_in_obnoviti_kopen_ske_ekosisteme_ter_spodbujati_njihovo_trajnostno_rabo_trajnostno_gospodariti_z_gozdovi_boriti_se_proti_sirjenju_puscev_prepreciti_degradacijo_zemljisc_in_obrniti_ta_pojav_ter_prepreciti_izgubo_b_iotske_raznovrstnosti/ (Pridobljeno 15. 7. 2016.)
- [34] Čarf, F. 1971. Kmečka hiša v slovenskem panonskem svetu. Ljubljana, Slovenski etnografski muzej: 19 str.
- [35] Berdajs, A., Galonja, S., Žitnik, D., idr. 2006. Gradbeniški priročnik. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: 560 str.
- [36] Zbašnik Senegačnik, M. 2007. Pasivna hiša. Ljubljana, Fakulteta za arhitekturo: 130 str.
- [37] Standard SIST EN ISO 10077-1:2007. Toplotne lastnosti oken, vrat in polken- Izračun toplotne prehodnosti. Del 1, Splosno (ISO 10077-1:2006).
- [38] Muhič, J. 2016. Vizija Murske Sobote: razbili miselne kalupe, nove vizije porajajo upe. Soboške novine (19. maj 2016) 154: str. 15.
- [39] SIST EN ISO 13370:2008 – Toplotne karakteristike stavb – Prenos toplote skozi zemljo – Računske metode (ISO 13370:2007).
- [40] Humm, O. 2000. NiedrigEnergie-und PassivHäuser. ÖKOBUCH, Staufen bei Freiburg
- [41] Ytong. 2015. Multipor. http://www.ytong.si/si/content/varcevanje_z_energijo.php (Pridobljeno 3. 8. 2016.)
- [42] Knauf Insulation. 2016. Tectem. <http://www.knauf-aquapanel.com/produkte/tectem.html> (Pridobljeno 3. 8. 2016.)
- [43] Kunič, R. 2009. Mehanizem prehoda toplote skozi konstrukcijske sklope v stavbah (2.del). Revija Gradbenik, 10/2009. 66, str. 18-19
- [44] Fragmat TIM d.d. 2016. Izdelek XPS 300 NL <http://www.fragmat.si/si/gradbeni-program/izdelki/termoizolacije-xps/plosce/468-fragmat-xps-300-nl> (Pridobljeno 3. 8. 2016.)

- [45] Marino d.o.o. 2016. Kako deluje? <http://www.sanacija-vlage.si/sl/kako-deluje.html>
(Pridobljeno 10. 8. 2016.)
- [46] URSA Slovenija d.o.o. 2016. URSA Glasswool - URSA DF 39.
<http://www.ursa.si/sl-si/izdelki/ursa-glasswool/ursa-df-39/Strani/info.aspx> (Pridobljeno 9. 8. 2016.)
- [47] SAINT-GOBAIN gradbeni izdelki d.o.o. 2016. weber.therm plus ultra 020.
<http://www.weber-terranova.si/fasade-in-fasadni-sistemi/fasadni-sistemi/fasadni-sistemi-weber/webertherm-plus-ultra-020.html> (Pridobljeno 9. 8. 2016.)
- [48] Mizarstvo Drago Veren s.p. 2016. Skica delavniškega načrta škatlastega okna. Osebna komunikacija (Pridobljeno 14. 8. 2016.)
- [49] Reiter, M. 2006: Izolacijsko steklo v oknu – izgube in dobitki. V: Zbašnik-Senegačnik, M. (ur.) Od nizkoenergijske do pasivne hiše, publikacija ob strokovnem izpopolnjevanju, UL Fakulteta za arhitekturo, Ljubljana, str. 99-103
- [50] Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaje energetskih izkaznic. Ur.l. RS, .t. 77/09: 10310-10312.
- [51] Eko sklad, Vloga s celotno razpisno dokumentacijo 41SUB-OBPO16
<https://www.ekosklad.si/fizicne-osebe/nameni/prikazi/actionID=107> (Pridobljeno 18. 8. 2016.)
- [52] Medved, S., Arkar, C. 2009. Energija in okolje : obnovljivi viri energije. Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta in projekt CONCERTO/REMINING-LOWEX: 177 str.
geotermalna energija
- [53] Grobovšek, B. 2006. Zasteklitve pri pasivnih hišah. V: Zbašnik-Senegačnik, M. (ur.) Od nizkoenergijske do pasivne hiše, publikacija ob strokovnem izpopolnjevanju, UL Fakulteta za arhitekturo, Ljubljana, str. 93-98