

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:

Gostiša, T. 2013. Analiza vplivnih dejavnikov oblikovanja nič-energijske stavbe. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentorica Kristl, Ž., somentor Košir, M.): 137 str.

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:

Gostiša, T. 2013. Analiza vplivnih dejavnikov oblikovanja nič-energijske stavbe. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Kristl, Ž., co-supervisor Košir, M.): 137 pp.

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 ŠTUDIJ
GRADBENIŠTVA
KONSTRUKCIJSKA SMER

Kandidatka:

TAMARA GOSTIŠA

**ANALIZA VPLIVNIH DEJAVNIKOV OBLIKOVANJA
NIČ-ENERGIJSKE STAVBE**

Diplomska naloga št.: 3292/KS

**ANALYSIS OF INFLUENTIAL FACTORS DESIGNING
ZERO-ENERGY BUILDINGS**

Graduation thesis No.: 3292/KS

Mentorica:

doc. dr. Živa Kristl

Predsednik komisije:

izr. prof. dr. Janko Logar

Somentor:

doc. dr. Mitja Košir

Član komisije:

viš. pred. dr. Peter Lipar

doc. dr. Tomaž Maher

Ljubljana, 29. 03. 2013

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisana Tamara Gostiša izjavljam, da sem avtorica diplomske naloge z naslovom: »Analiza vplivnih dejavnikov oblikovanja nič-energijske stavbe«.

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

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v repozitoriju UL FGG.

Ljubljana, 12.3.2013

(podpis)

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	536:697:699.8(043.2)
Avtor:	Tamara Gostiša
Mentor:	doc. dr. Živa Kristl
Somentor:	doc. dr. Mitja Košir
Naslov:	Analiza vplivnih dejavnikov oblikovanja nič-energijske stavbe
Tip dokumenta:	Dipl. nal. – UNI
Obseg in oprema:	137 str., 71 pregl., 123 sl., 1 en.
Ključne besede:	nič-energijska stavba, orientacija, oblika stavbe, solarni pritoki, zasteklitve, transmisijske izgube, prezračevalne izgube, EnergyPlus

Izvleček

Prenovljena Direktiva 2010/31/EU Evropskega parlamenta in Sveta z dne 19. maja 2010 o energetski učinkovitosti stavb zahteva, da morajo biti po koncu leta 2020 vse nove stavbe skoraj nič-energijske. Za doseganje te zahteve je že v zasnovi stavbe potrebno preučiti vse dejavnike, ki vplivajo na porabo energije, in izkoristiti vse možnosti pridobivanja energije iz obnovljivih virov. Diplomaska naloga vsebuje analizo vpliva oblike stavbe, površine zasteklitve in orientacije na porabo energije za ogrevanje in hlajenje na modelni stavbi v Ljubljani. Simulacija je izvedena z računalniškim programom EnergyPlus V7-1-0, ki omogoča dinamično analizo porabe energije v stavbah. V prvem delu diplomske naloge je predstavljena zasnova variant, konstrukcijskih sklopov, odprtih ter načina ogrevanja, hlajenja in prezračevanja, v drugem delu pa analiza variant. Vse variante imajo enako prostornino in način ogrevanja, hlajenja in prezračevanja, spreminjajo pa se oblika, orientacija in površina zasteklitve na južni fasadi. Izkaže se, da na porabo energije za ogrevanje in hlajenje pri modelnih variantah najbolj vplivata površina zasteklitve in orientacija. Zgolj s spreminjanjem omenjenih dejavnikov zahteva po skoraj nič-energijskih stavbah ni dosežena, vendar se izkaže, da lahko ob pravilni zasnovi stavbe močno vplivamo na porabo energije za ogrevanje in hlajenje in pri tem dobimo dobro osnovo za nadaljnje zmanjšanje toplotnih izgub in zmanjšanje porabe energije.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC:	536:697:699.8(043.2)
Author:	Tamara Gostiša
Supervisor:	assist. prof. Živa Kristl, Ph.D
Co supervisor:	assist. prof. Mitja Košir, Ph.D
Title:	Analysis of influential factors designing zero-energy buildings
Document type:	Graduation thesis – University studies
Notes:	137 p., 71 tab., 123 fig., 1 eq.
Key words:	zero-energy building, orientation, building shape, solar gains, fenestration, transmission loss, ventilation loss, EnergyPlus

Abstract

Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast) requires, that all new buildings are near zero-energy buildings by the end of the year 2020. In order to achieve this requirement it is necessary to consider all the design factors that affect energy consumption and take advantage of all the possibilities of gaining energy from renewable sources. The thesis contains an analysis of the influence of building shape, window surface and orientation on energy consumption for heating and cooling on a model building in Ljubljana. The simulation was carried out using a computer program EnergyPlus V7-1-0 which enables the dynamic analysis of energy consumption in buildings. The first part of the thesis contains the design of variants, structural components, window openings and mode of heating, cooling and ventilation. The second part of the thesis contains an analysis of different variants. All variants have the same volume and the same heating, cooling and ventilation system, but are changing shape, orientation and window surface on the south facade. It turns out that the energy consumption for heating and cooling in model variants is most strongly affected by window surface and orientation. Merely by changing this factors the requirements for near zero-energy buildings are not achieved, but it turns out that the correct design of the building in the early stages lowers energy consumption for heating and cooling and thus gives a good basis for further reduction of heat losses and energy consumption.

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem vsem, ki so mi v času študija na kakršen koli način pomagali in me spodbujali.

Mentorici doc. dr. Živi Kristl in somentorju doc. dr. Mitji Koširju se zahvaljujem za sodelovanje in strokovne nasvete pri izdelavi diplomske naloge.

Posebna zahvala gre moji družini in prijateljem, ki so mi v času študija stali ob strani, se z mano veselili in vsak moj dan naredili lepši. Za podporo in pomoč v času pisanja diplomske naloge se zahvaljujem tudi fantu in njegovi družini.

KAZALO VSEBINE

1 UVOD.....	1
1.1 Zakonodajni okvir.....	1
1.2 Teoretične osnove.....	3
2 ZASNOVA VARIANT.....	5
2.1 Programska oprema.....	5
2.2 Lokacija.....	5
2.3 Variante.....	7
2.4 Konstrukcijski sklopi.....	11
2.4.1 Tla na terenu.....	12
2.4.2 Medetažna konstrukcija.....	13
2.4.3 Zunanja stena.....	14
2.4.4 Ravna nepohodna streha.....	15
2.5 Odprtine.....	17
2.6 Ogrevanje in hlajenje.....	17
2.7 Prezračevanje.....	17
3 ANALIZA VARIANT.....	21
3.1 Varianta A0.25.....	21
3.1.1 Rotacija variante A0.25.....	24
3.2 Varianta A0.50.....	26
3.2.1 Rotacija variante A0.50.....	29
3.3 Varianta A0.100.....	30
3.3.1 Rotacija variante A0.100.....	33
3.4 Varianta A1.....	34
3.5 Varianta A1.25.....	36
3.5.1 Rotacija variante A1.25.....	39
3.6 Varianta A1.50.....	40
3.6.1 Rotacija variante A1.50.....	43
3.7 Varianta A1.100.....	44
3.7.1 Rotacija variante A1.100.....	46
3.8 Varianta A2.....	48
3.9 Varianta A2.25.....	50
3.9.1 Rotacija variante A2.25.....	53
3.10 Varianta A2.50.....	54

3.10.1 Rotacija variante A2.50	56
3.11 Varianta A2.100	58
3.11.1 Rotacija variante A2.100	60
3.12 Varianta B1	61
3.13 Varianta B1.25	64
3.13.1 Rotacija variante B1.25	66
3.14 Varianta B1.50	67
3.14.1 Rotacija variante B1.50	69
3.15 Varianta B1.100	71
3.15.1 Rotacija variante B1.100	74
3.16 Varianta B2	75
3.17 Varianta B2.25	78
3.17.1 Rotacija variante B2.25	80
3.18 Varianta B2.50	81
3.18.1 Rotacija variante B2.50	84
3.19 Varianta B2.100	85
3.19.1 Rotacija variante B2.100	88
3.20 Primerjava rezultatov	89
3.20.1 Variante oblike A0	89
3.20.2 Variante oblike A1	95
3.20.3 Variante oblike A2	100
3.20.4 Variante oblike B1	104
3.20.5 Variante oblike B2	108
3.20.6 Variante brez zasteklitve	114
3.20.7 Variante s 25 % zasteklitvijo	115
3.20.8 Variante s 50 % zasteklitvijo	119
3.20.9 Variante s 100 % zasteklitvijo	122
4 DODATNI PRIMERI	126
4.1 Dodatni primer D1	126
4.2 Dodatni primer D2	130
5 ZAKLJUČEK	132
VIRI	135

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Vplivni dejavniki oblikovanja nič-energijske stavbe na nivoju arhitekture in gradbeništva	4
Preglednica 2: Povprečne zunanje temperature zraka v Ljubljani.....	6
Preglednica 3: Glavne variante brez zasteklitve	7
Preglednica 4: Variante oblike A0.....	8
Preglednica 5: Variante oblike A1	9
Preglednica 6: Variante oblike A2.....	10
Preglednica 7: Variante oblike B1	10
Preglednica 8: Variante oblike B2.....	11
Preglednica 9: Sestava konstrukcijskega sklopa Tla na terenu.....	12
Preglednica 10: Sestava konstrukcijskega sklopa Medetažna konstrukcija	13
Preglednica 11: Sestava konstrukcijskega sklopa Zunanja stena	14
Preglednica 12: Sestava konstrukcijskega sklopa Ravna nepohodna streha	15
Preglednica 13: Poraba energije ter pritoki in izgube energije za varianto A0 – izhodiščna varianta ...	19
Preglednica 14: Notranje povprečne temperature za izhodiščno varianto A0.....	20
Preglednica 15: Poraba energije ter pritoki in izgube energije za varianto A0.25.....	22
Preglednica 16: Notranje povprečne temperature za varianto A0.25.....	23
Preglednica 17: Poraba energije ter pritoki in izgube energije za varianto A0.50.....	27
Preglednica 18: Notranje povprečne temperature za varianto A0.50.....	28
Preglednica 19: Poraba energije ter pritoki in izgube energije za varianto A0.100.....	31
Preglednica 20: Notranje povprečne temperature za varianto A0.100.....	32
Preglednica 21: Poraba energije ter pritoki in izgube energije za varianto A1	35
Preglednica 22: Notranje povprečne temperature za varianto A1	36
Preglednica 23: Poraba energije ter pritoki in izgube energije za varianto A1.25.....	37
Preglednica 24: Notranje povprečne temperature za varianto A1.25.....	38
Preglednica 25: Poraba energije ter pritoki in izgube energije za varianto A1.50.....	41
Preglednica 26: Notranje povprečne temperature za varianto A1.50.....	42
Preglednica 27: Poraba energije ter pritoki in izgube energije za varianto A1.100.....	45
Preglednica 28: Notranje povprečne temperature za varianto A1.100.....	46
Preglednica 29: Poraba energije ter pritoki in izgube energije za varianto A2	49
Preglednica 30: Notranje povprečne temperature za varianto A2	50
Preglednica 31: Poraba energije ter pritoki in izgube energije za varianto A2.25.....	51
Preglednica 32: Notranje povprečne temperature za varianto A2.25.....	52
Preglednica 33: Poraba energije ter pritoki in izgube energije za varianto A2.50.....	55
Preglednica 34: Notranje povprečne temperature za varianto A2.50.....	56

Preglednica 35: Poraba energije ter pritoki in izgube energije za varianto A2.100.....	58
Preglednica 36: Notranje povprečne temperature za varianto A2.100.....	60
Preglednica 37: Poraba energije ter pritoki in izgube energije za varianto B1.....	62
Preglednica 38: Notranje povprečne temperature za varianto B1.....	63
Preglednica 39: Poraba energije ter pritoki in izgube energije za varianto B1.25.....	64
Preglednica 40: Notranje povprečne temperature za varianto B1.25.....	66
Preglednica 41: Poraba energije ter pritoki in izgube energije za varianto B1.50.....	68
Preglednica 42: Notranje povprečne temperature za varianto B1.50.....	69
Preglednica 43: Poraba energije ter pritoki in izgube energije za varianto B1.100.....	72
Preglednica 44: Notranje povprečne temperature za varianto B1.100.....	73
Preglednica 45: Poraba energije ter pritoki in izgube energije za varianto B2.....	76
Preglednica 46: Notranje povprečne temperature za varianto B2.....	77
Preglednica 47: Poraba energije ter pritoki in izgube energije za varianto B2.25.....	78
Preglednica 48: Notranje povprečne temperature za varianto B2.25.....	80
Preglednica 49: Poraba energije ter pritoki in izgube energije za varianto B2.50.....	82
Preglednica 50: Notranje povprečne temperature za varianto B2.50.....	83
Preglednica 51: Poraba energije ter pritoki in izgube energije za varianto B2.100.....	86
Preglednica 52: Notranje povprečne temperature za varianto B2.100.....	87
Preglednica 53: Poraba energije ter pritoki in izgube energije za variante oblike A0 pri orientaciji 0° 90.....	94
Preglednica 54: Notranje povprečne temperature za variante oblike A0 pri orientaciji 0°.....	94
Preglednica 55: Poraba energije ter pritoki in izgube energije za variante oblike A1 pri orientaciji 0° 95.....	99
Preglednica 56: Notranje povprečne temperature za variante oblike A1 pri orientaciji 0°.....	99
Preglednica 57: Poraba energije ter pritoki in izgube energije za variante oblike A2 pri orientaciji 0°.....	100
Preglednica 58: Notranje povprečne temperature za variante oblike A2 pri orientaciji 0°.....	104
Preglednica 59: Poraba energije ter pritoki in izgube energije za variante oblike B1 pri orientaciji 0°.....	104
Preglednica 60: Notranje povprečne temperature za variante oblike B1 pri orientaciji 0°.....	108
Preglednica 61: Poraba energije ter pritoki in izgube energije za variante oblike B2 pri orientaciji 0°.....	108
Preglednica 62: Notranje povprečne temperature za variante oblike B2 pri orientaciji 0°.....	112
Preglednica 63: Poraba energije ter pritoki in izgube energije za variante brez zasteklitve.....	114
Preglednica 64: Notranje povprečne temperature za variante brez zasteklitve.....	115
Preglednica 65: Poraba energije ter pritoki in izgube energije za variante s 25 % zasteklitvijo.....	115
Preglednica 66: Notranje povprečne temperature za variante s 25 % zasteklitvijo.....	118
Preglednica 67: Poraba energije ter pritoki in izgube energije za variante s 50 % zasteklitvijo.....	119
Preglednica 68: Notranje povprečne temperature za variante s 50 % zasteklitvijo.....	122

Preglednica 69: Poraba energije ter pritoki in izgube energije za variante s 100 % zasteklitvijo	122
Preglednica 70: Notranje povprečne temperature za variante s 100 % zasteklitvijo	125
Preglednica 71: Poraba energije za varianto A0.50 brez nadstreškov in varianto A1.100*	128

KAZALO SLIK

Slika 1: Globalno horizontalno sončno sevanje za Ljubljano iz vremenskih podatkov v programu EnergyPlus	6
Slika 2: Tlorisne oblike variant.....	7
Slika 3: Pravi sever in sever stavbe v programu EnergyPlus	8
Slika 4: Nasičeni in delni parni tlak v konstrukcijskem sklopu Tla na terenu.....	13
Slika 5: Nasičeni in delni parni tlak v konstrukcijskem sklopu Zunanja stena.....	15
Slika 6: Nasičeni in delni parni tlak v konstrukcijskem sklopu Ravna nepohodna streha	16
Slika 7: Varianta A0 – izhodiščna varianta	19
Slika 8: Mesečne izgube in pritoki energije za varianto A0 – izhodiščna varianta	20
Slika 9: Varianta A0.25.....	21
Slika 10: Mesečne izgube in pritoki energije za varianto A0.25	23
Slika 11: Rotacija variante A0.25 proti vzhodu za -30° (levo), -60° (na sredini) in -90° (desno).....	24
Slika 12: Rotacija variante A0.25 proti zahodu za 90° (levo), 60° (na sredini) in 30° (desno).....	24
Slika 13: Letna poraba energije za ogrevanje in hlajenje pri rotaciji variante A0.25	25
Slika 14: Letne izgube in pritoki energije pri rotaciji variante A0.25.....	26
Slika 15: Varianta A0.50.....	26
Slika 16: Mesečne izgube in pritoki energije za varianto A0.50	28
Slika 17: Letna poraba energije za ogrevanje in hlajenje pri rotaciji variante A0.50	29
Slika 18: Letne izgube in pritoki energije pri rotaciji variante A0.50.....	30
Slika 19: Varianta A0.100.....	30
Slika 20: Mesečne izgube in pritoki energije za varianto A0.100	32
Slika 21: Poraba energije pri rotaciji variante A0.100.....	33
Slika 22: Letne izgube in pritoki energije pri rotaciji variante A0.100.....	34
Slika 23: Varianta A1.....	34
Slika 24: Mesečne izgube in pritoki energije za varianto A1	36
Slika 25: Varianta A1.25	37
Slika 26: Mesečne izgube in pritoki energije za varianto A1.25	38
Slika 27: Letna poraba energije pri rotaciji variante A1.25.....	39
Slika 28: Letne izgube in pritoki energije pri rotaciji variante A1.25.....	40
Slika 29: Varianta A1.50.....	40
Slika 30: Mesečne izgube in pritoki energije za varianto A1.50	42
Slika 31: Letna poraba energije pri rotaciji variante A1.50.....	43
Slika 32: Letne izgube in pritoki energije pri rotaciji variante A1.50.....	44
Slika 33: Varianta A1.100.....	44
Slika 34: Mesečne izgube in pritoki energije za varianto A1.100	46

Slika 35: Letna poraba energije pri rotaciji variante A1.100	47
Slika 36: Letne izgube in pritoki energije pri rotaciji variante A1.100.....	47
Slika 37: Varianta A2.....	48
Slika 38: Mesečne izgube in pritoki energije za varianto A2.....	50
Slika 39: Varianta A2.25.....	51
Slika 40: Mesečne izgube in pritoki energije za varianto A2.25	52
Slika 41: Letna poraba energije pri rotaciji variante A2.25	53
Slika 42: Letne izgube in pritoki energije pri rotaciji variante A2.25.....	54
Slika 43: Varianta A2.50.....	54
Slika 44: Mesečne izgube in pritoki energije za varianto A2.50	56
Slika 45: Letna poraba energije pri rotaciji variante A2.50	57
Slika 46: Letne izgube in pritoki energije pri rotaciji variante A2.50.....	57
Slika 47: Varianta A2.100.....	58
Slika 48: Mesečne izgube in pritoki energije za varianto A2.100	59
Slika 49: Letna poraba energije pri rotaciji variante A2.100	60
Slika 50: Letne izgube in pritoki energije pri rotaciji variante A2.100.....	61
Slika 51: Varianta B1.....	62
Slika 52: Mesečne izgube in pritoki energije za varianto B1	63
Slika 53: Varianta B1.25	64
Slika 54: Mesečne izgube in pritoki energije za varianto B1.25	65
Slika 55: Letna poraba energije pri rotaciji variante B1.25.....	66
Slika 56: Letne izgube in pritoki energije pri rotaciji variante B1.25.....	67
Slika 57: Varianta B1.50.....	67
Slika 58: Mesečne izgube in pritoki energije za varianto B1.50	69
Slika 59: Letna poraba energije pri rotaciji variante B1.50.....	70
Slika 60: Letne izgube in pritoki energije pri rotaciji variante B1.50.....	71
Slika 61: Varianta B1.100.....	71
Slika 62: Mesečne izgube in pritoki energije za varianto B1.100	73
Slika 63: Letna poraba energije pri rotaciji variante B1.100.....	74
Slika 64: Letne izgube in pritoki energije pri rotaciji variante B1.100.....	75
Slika 65: Varianta B2.....	75
Slika 66: Mesečne izgube in pritoki energije za varianto B2	77
Slika 67: Varianta B2.25	78
Slika 68: Mesečne izgube in pritoki energije za varianto B2.25	79
Slika 69: Letna poraba energije pri rotaciji variante B2.25.....	80
Slika 70: Letne izgube in pritoki energije pri rotaciji variante B2.25.....	81
Slika 71: Varianta B2.50.....	81

Slika 72: Mesečne izgube in pritoki energije za varianto B2.50	83
Slika 73: Letna poraba energije pri rotaciji variante B2.50.....	84
Slika 74: Letne izgube in pritoki energije pri rotaciji variante B2.50	85
Slika 75: Varianta B2.100	85
Slika 76: Mesečne izgube in pritoki energije za varianto B2.100	87
Slika 77: Letna poraba energije pri rotaciji variante B2.100.....	88
Slika 78: Letne izgube in pritoki energije pri rotaciji variante B2.100	89
Slika 79: Variante oblike A0	89
Slika 80: Letna poraba energije za variante oblike A0 pri orientaciji 0°	91
Slika 81: Letna poraba energije za ogrevanje pri rotaciji variant oblike A0	92
Slika 82: Letna poraba energije za hlajenje pri rotaciji variant oblike A0	93
Slika 83: Skupna letna poraba energije za ogrevanje in hlajenje za variante oblike A0	94
Slika 84: Variante oblike A1	95
Slika 85: Letna poraba energije za variante oblike A1 pri orientaciji 0°	96
Slika 86: Letna poraba energije za ogrevanje pri rotaciji variant oblike A1	97
Slika 87: Letna poraba energije za hlajenje pri rotaciji variant oblike A1	98
Slika 88: Skupna letna poraba energije za ogrevanje in hlajenje za variante oblike A1	99
Slika 89: Variante oblike A2	100
Slika 90: Letna poraba energije za variante oblike A2 pri orientaciji 0°	101
Slika 91: Letna poraba energije za ogrevanje pri rotaciji variant oblike A2	102
Slika 92: Letna poraba energije za hlajenje pri rotaciji variant oblike A2	102
Slika 93: Skupna letna poraba energije za ogrevanje in hlajenje za variante oblike A2	103
Slika 94: Variante oblike B1	104
Slika 95: Letna poraba energije za variante oblike B1 pri orientaciji 0°	105
Slika 96: Letna poraba energije za ogrevanje pri rotaciji variant oblike B1	106
Slika 97: Letna poraba energije za hlajenje pri rotaciji variant oblike B1	106
Slika 98: Skupna letna poraba energije za ogrevanje in hlajenje za variante oblike B1	107
Slika 99: Variante oblike B2	108
Slika 100: Letna poraba energije za variante oblike B2 pri orientaciji 0°	109
Slika 101: Letna poraba energije za ogrevanje pri rotaciji variant oblike B2	110
Slika 102: Letna poraba energije za hlajenje pri rotaciji variant oblike B2	110
Slika 103: Skupna letna poraba energije za ogrevanje in hlajenje za variante oblike B2	111
Slika 104: Skupna letna poraba energije za glavne variante pri orientaciji 0°	112
Slika 105: Variante brez zasteklitve.....	114
Slika 106: Variante s 25 % zasteklitvijo	115
Slika 107: Letna poraba energije za ogrevanje pri rotaciji variant s 25 % zasteklitvijo	116
Slika 108: Letna poraba energije za hlajenje pri rotaciji variant s 25 % zasteklitvijo	117

Slika 109: Skupna letna poraba energije za variante s 25 % zasteklitvijo	118
Slika 110: Variante s 50 % zasteklitvijo	119
Slika 111: Letna poraba energije za ogrevanje pri rotaciji variant s 50 % zasteklitvijo	120
Slika 112: Letna poraba energije za hlajenje pri rotaciji variant s 50 % zasteklitvijo	120
Slika 113: Skupna letna poraba energije za variante s 50 % zasteklitvijo	121
Slika 114: Variante s 100 % zasteklitvijo	122
Slika 115: Letna poraba energije za ogrevanje pri rotaciji variant s 100 % zasteklitvijo	123
Slika 116: Letna poraba energije za hlajenje pri rotaciji variant s 100 % zasteklitvijo	124
Slika 117: Skupna letna poraba energije za ogrevanje in hlajenje za variante s 100 % zasteklitvijo ..	124
Slika 118: Varianta A1.100 z nadstreškom dolžine 1,5 m v vseh treh etažah.....	127
Slika 119: Poraba energije v odvisnosti od globine nadstreška za varianto A1.100.....	127
Slika 120: Sence na stavbi A1.100 z 1,75 m globokimi nadstreški ob 12. uri 21. marca (levo), 21. junija (na sredini) in 21. decembra (desno).....	128
Slika 121: Varianta A0.50 z nadstreški globine 1,25 m.....	129
Slika 122: Poraba energije v odvisnosti od globine nadstreška za varianto A0.50.....	130
Slika 123: Poraba energije v odvisnosti od pozicije toplotne izolacije za varianto A0.50.....	131

1 UVOD

Poraba energije v stavbah obsega približno 40 % celotne porabe energije v Evropski uniji [1]. Stavbni sektor se veča in posledično bi se morala tudi poraba energije v stavbah večati. Zaradi večanja sektorja in nenehnega dvigovanja cen energentov na svetovnem trgu predstavljata zmanjšanje porabe energije in raba energije iz obnovljivih virov v stavbnem sektorju pomembna ukrepa za povečanje energetske neodvisnosti Evropske unije in zmanjšanje emisij toplogrednih plinov [1]. Pomembno je, da že v fazi zasnove stavbe iščemo rešitve in najboljše možnosti za realizacijo teh ciljev. K varčevanju z energijo nas silijo tako finančne omejitve kot tudi vse strožje zahteve s strani Evropske unije, vse bolj pa je upoštevan tudi okoljski vidik. Tehnologija se razvija, s tem pa tudi možnosti za varčevanje z energijo, učinkovito rabo energije in uporabo energije iz obnovljivih virov. Zakonodaja se spreminja in teži k izboljšanju kvalitete gradnje tako na področju varnosti kot tudi na področju porabe energije, potrebne za vzdrževanje zdravega prostora za bivanje. Po Evropski Direktivi 2010/31/EU Evropskega parlamenta in Sveta z dne 19. maja 2010 o energetske učinkovitosti stavb [1] bodo morale biti po letu 2020 vse nove stavbe skoraj nič-energijske, kar pomeni, da bo za doseganje te zahteve potrebno obstoječa znanja glede učinkovite rabe energije nadgraditi in izkoristiti možnosti, ki nam jih ponuja tehnologija. Predpisi nam podajo minimalne zahteve oziroma smernice, naša naloga pa je poiskati optimalno rešitev glede na dejanske zmožnosti. Za diplomsko nalogo sem se odločila z namenom, da razširim svoje znanje in ugotovim, kako lahko že v fazi zasnove prispevam k nižji porabi energije v stavbah in se s tem približamo zahtevam za skoraj nič-energijske stavbe. Z računalniškim programom bom na modelni stavbi analizirala spremembo porabe energije za ogrevanje in hlajenje ob spremembi določenih dejavnikov, pri tem pa se bom omejila zgolj na gradbeni in arhitekturni del. Spreminjala bom tri pomembne dejavnike, in sicer obliko stavbe, površino zasteklitve in orientacijo. V prvem delu diplomske naloge je predstavljena zasnova variant, konstrukcijskih sklopov in odprtih ter načina ogrevanja, hlajenje in prezračevanja, v drugem delu pa sledi analiza variant. Pričakujem, da zgolj s spreminjanjem omenjenih dejavnikov ne bom dosegla nič-energijske stavbe, vendar menim, da bom lahko porabo energije za ogrevanje in hlajenje močno zmanjšala. Pričakujem tudi, da bo najučinkovitejša orientacija transparentnih delov ovoja na južni strani in da bo glede porabe energije za ogrevanje najbolj ugodna varianta z nizkim faktorjem oblike.

1.1 Zakonodajni okvir

S ciljem omejitve podnebnih sprememb in povečanja energetske varnosti in konkurenčnosti EU so marca 2007 predsedniki vlad in držav članic EU sprejeli integriran pristop do podnebne in energetske politike. Junija 2009 je stopil v veljavo t.i. podnebno-energetski zakonodajni paket, katerega cilj do leta 2020 je:

- 20 % zmanjšanje emisij toplogrednih plinov glede na leto 1990

- 20 % končne rabe energije pridobljene iz obnovljivih virov
- 20 % zmanjšanje rabe primarne energije skozi izboljšanje energetske učinkovitosti.

Svet EU je sprejel tudi cilj, da EU do leta 2050 zmanjša emisije za 80 % do 95 %. [4] Te cilje upošteva prenovljena Direktiva 2010/31/EU Evropskega parlamenta in Sveta z dne 19. maja 2010 o energetske učinkovitosti stavb (v nadaljevanju EPBD-r) [1], ki od držav članic med drugim zahteva, da določijo minimalne zahteve glede energetske učinkovitosti stavb in sprejmejo metodologijo za izračunavanje energetske učinkovitosti stavb na nacionalni in regionalni ravni. Po direktivi EPBD-r pa morajo države članice zagotoviti tudi, da so do 31. decembra 2020 vse nove stavbe skoraj nič-energijske, že po 31. decembru 2018 pa morajo biti skoraj nič-energijske vse nove stavbe, ki jih kot lastniki uporabljajo javni organi [1]. Javne stavbe bi namreč morale biti vzgled tako, da kažejo upoštevanje okoljskega in energetskega vidika. Za povečanje števila skoraj nič-energijskih stavb morajo države članice pripraviti nacionalne načrte, ki morajo vključevati podrobno obrazložitev prenosa opredelitev skoraj nič-energijskih stavb v prakso in vmesne cilje za izboljšanje energetske učinkovitosti novih stavb do leta 2015. Slovenska zakonodaja mora torej oblikovati definicijo za skoraj nič-energijsko stavbo in izračunati stroškovno optimalne ravni minimalnih zahtev glede energetske učinkovitosti. Trenutno veljaven Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah 2010 (v nadaljevanju PURES 2010) [2] se je že približal zahtevam nič-energijskih stavb, saj zahteva najmanj 25 % celotne končne energije z uporabo obnovljivih virov energije.

V PURES-u 2010 [2] so določene tehnične zahteve za učinkovito rabo energije v stavbah predvsem na področju ogrevanja, hlajenja, prezračevanja, priprave tople vode, razsvetljave in zagotavljanja lastnih obnovljivih virov energije. Gradbene ukrepe oziroma rešitve za doseganje zahtev iz PURES-a 2010 določa Tehnična smernica za graditev TSG-1-004:2010 Učinkovita raba energije (v nadaljevanju tehnična smernica) [3], katere uporaba je obvezna.

V EPBD-r je pod pojmom “skoraj nič-energijska stavba” opredeljena stavba z zelo visoko energetske učinkovitostjo oziroma stavba, ki za svojo običajno rabo porabi skoraj nič energije. Za te skoraj nič potrebne energije bi morala v veliki meri zadostovati energija iz obnovljivih virov, vključno s tisto, ki je proizvedena na samem kraju ali v bližini. Energija, potrebna za običajno rabo vključuje energijo za ogrevanje, hlajenje, prezračevanje, toplo vodo in razsvetljavo. Porabo energije v stavbi običajno določamo v kWh/m² ali kWh/m³. Energija iz obnovljivih virov je predvsem sončna energija, energija vetra, geotermalna energija, hidrotermalna energija, energija oceanov, energija biomase, energija deponijskega plina itd. [1]

Kaj pomeni “skoraj nič energije” in kaj pomeni v “veliki meri”, še ni natančno definirano, vendar pa naj bi se za doseganje ciljev EU minimalni delež energije iz obnovljivih virov gibal med 50 % in 90 % [5]. Zaradi upoštevanja raznolikosti klimatskih razmer in tradicije gradnje v državah članicah

prenovljena EPBD-r [1] ne predpisuje enotnega pristopa za izvajanje skoraj nič-energijskih stavb, temveč od držav članic zahteva, da pripravijo nacionalne načrte, ki odražajo nacionalne, regionalne in lokalne razmere.

V prilogi I Uredbe (EU) št. 305/2011 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 9. marca 2011 [6] so določene osnovne zahteve za gradbene objekte. Na porabo energije v stavbah se nanaša zahteva št. 6 – Varčevanje z energijo in ohranjanje toplote, v kateri je navedeno, da morajo biti gradbeni objekti in njihove naprave za ogrevanje, hlajenje, razsvetljavo in prezračevanje načrtovane in grajene tako, da je poraba energije pri obratovanju objekta in naprav majhna, upošteva osebe v objektu in lokalne podnebne razmere. Zahteve so podrobneje razložene v razlagalnih dokumentih.

1.2 Teoretične osnove

Poglavitni kazalnik energijske varčnosti stavb je toplotna prehodnost konstrukcijskega sklopa. Toplotno prehodnost konstrukcijskega sklopa določimo glede na željeno energetske učinkovitost stavbe in druge kriterije, pri tem pa moramo upoštevati največje dovoljene vrednosti toplotne prehodnosti, ki so določene v PURES-u 2010 [2]. Poleg toplotne prehodnosti konstrukcijskega sklopa na toplotni tok, ki prehaja skozi ovoj stavbe, vpliva tudi površina konstrukcijskega sklopa in posledično oblika stavbe. Ovoj stavbe je meja med kondicioniranim notranjim okoljem in zunanjim neogrevanim okoljem. Vpliv oblike stavbe na porabo energije opredeljuje faktor oblike stavbe f_o , ki ga določimo z izrazom (1), v katerem A predstavlja površino zunanjega ovoja stavbe, V pa kondicionirano prostornino [7].

$$f_o = \frac{A}{V} \left[\frac{\text{m}^2}{\text{m}^3} = \text{m}^{-1} \right] \quad (1)$$

Z zmanjšanjem transmisijskih izgub skozi ovoj stavbe lahko bistveno zmanjšamo porabo energije v stavbi. Na porabo energije za ogrevanje in hlajenje v stavbi poleg toplotne prehodnosti konstrukcijskih sklopov in oblike stavbe vplivajo tudi zunanji in notranji pogoji, pozicija toplotne izolacije, način ogrevanja, hlajenja in prezračevanja, dobitki notranjih virov, zrakotesnost ovoja in še mnogi drugi dejavniki. Pri konstrukcijskih sklopih zaradi zajema energije ločeno obravnavamo zasteklitve, saj na porabo energije v stavbi plivajo tudi solarni pritoki skozi okna, ti pa so odvisni od površine zasteklitve, orientacije, koeficienta prepustnosti celotnega sončnega sevanja itd. Zaradi obširnosti problematike porabe energije v stavbi sem se v diplomski nalogi omejila na tri pomembne dejavnike, in sicer obliko stavbe, površino zasteklitve in orientacijo zasteklitve. V dodatnih primerih sem analizirala še vpliv senčil in pozicije toplotne izolacije na porabo energije v stavbi. Zanimalo me je, kako je mogoče pri zasnovi stavbe z obliko, površino zasteklitve in orientacijo prispevati k manjši oziroma večji porabi energije za ogrevanje in hlajenje in se s tem približati zahtevam za skoraj nič-energijske stavbe iz

prenovljene EPBD-r [1]. V preglednici 1 so podani nekateri vplivni dejavniki na nivoju arhitekture in gradbeništva, ki jih moramo upoštevati pri oblikovanju nič-energijske stavbe.

Preglednica 1: Vplivni dejavniki oblikovanja nič-energijske stavbe na nivoju arhitekture in gradbeništva

Lega	lokacija (klima, vplivi okolice)
Oblika	površina etažna višina faktor oblike oblika strehe (ravna, poševna) štrleči elementi (balkoni)
Odprtine	velikost (razmerje okno/stena) oblika zasteklitev (U faktor, g faktor) lega (orientacija) senčenje elementi pasivno solarne arhitekture
Konstrukcijski sklopi	uporabljeni materiali (akumulacija) debelina toplotne izolacije pozicija toplotne izolacije (zunaj,notri, jedro, plašč)

2 ZASNOVA VARIANT

2.1 Programska oprema

Za zasnovno konstrukcijskih sklopov v analizi sem uporabljala program TEDI [9], za analizo porabe energije v stavbi pa program EnergyPlus V7-1-0 [10]. Za pregled geometrije in senc sem uporabljala program Google SketchUp [11] z vmesnikom OpenStudio SketchUp Plug-in [12].

Program TEDI izračuna toplotno prehodnost in analizira toplotni prehod in difuzijo vodne pare skozi večplastne konstrukcijske sklope po Pravilniku o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije v stavbah, SIST EN ISO 6946, SIST EN ISO 10211-1 in SIST 1025:2002 [9].

Program EnergyPlus je bil zasnovan s strani Urada za energetska učinkovitost in obnovljive vire energije Ameriškega ministrstva za energijo (U.S. Department of Energy – Office of Energy Efficiency & Renewable Energy). Je program za dinamično analizo porabe energije v stavbah, ki ga uporabljajo inženirji, arhitekti in raziskovalci. Ker program EnergyPlus omogoča dinamično analizo porabe energije, je pomembno, kako so zasnovani konstrukcijski sklopi. Če spremenimo položaj toplotne izolacije ali specifično toplotno materiala, se toplotni odziv stavbe lahko razlikuje, saj dinamična analiza upošteva, da se temperatura spreminja s časom in da se toplota akumulira v konstrukcijskem sklopu. V programu lahko modeliramo ogrevanje, hlajenje, razsvetljavo, ventilacijo in pripravo tople sanitarne vode. Program vsebuje mnoge možnosti simulacij, kot npr.: simulacija prehoda toplote in zraka med več conami, modeli toplotnega ugodja glede na aktivnosti v stavbi, poraba vode in elektrike, proizvodnja CO₂ in drugih odpadnih plinov, naravno prezračevanje (infiltracija) in fotovoltaični sistemi. Program izračuna potrebe po energiji, potrebni za vzdrževanje nastavljenih parametrov. To energijo lahko preračuna v primarno energijo. [10]

Google SketchUp [11] je CAD programska oprema za oblikovanje profesionalnih 3D in 2D grafičnih modelov. Omogoča zasnovno stavbo, ki jo lahko uporabimo za nadaljnje oblikovanje in analizo v drugih programih. Vmesnik OpenStudio SketchUp Plug-in [12] povezuje programa Google SketchUp in EnergyPlus tako, da lahko direktno v programu Google SketchUp nastavimo parametre za simulacijo v EnergyPlus-u in pridobimo rezultate.

2.2 Lokacija

Za lokacijo stavbe smo izbrali Ljubljano, saj smo želeli stavbo analizirati v Sloveniji, program EnergyPlus pa vsebuje klimatske podatke le za Ljubljano. Za večji del Slovenije je značilno zmerno celinsko podnebje s hladnimi zimami in vročimi poletji [13]. Povprečna zunanja temperatura zraka v Ljubljani (po vremenskih podatkih iz programa EnergyPlus) v najhladnejšem zimskem mesecu

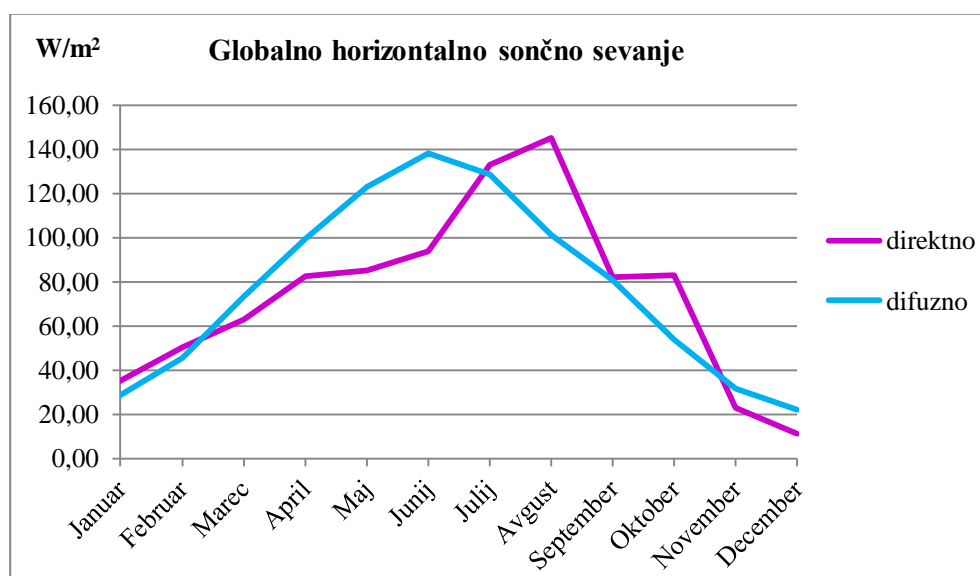
januarju znaša $-1,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, v najtoplejšem mesecu juliju pa $20,36\text{ }^{\circ}\text{C}$. Program EnergyPlus vsebuje povprečne vrednosti temperatur za vsako uro v mesecu, povprečne vrednosti za relativne vlažnosti zraka, hitrosti in smeri vetra ter direktno in difuzno sončno sevanje. Preglednica 2 prikazuje povprečne mesečne zunanje temperature zraka v Ljubljani na suhem termometru (ang. outdoor dry bulb).

Preglednica 2: Povprečne zunanje temperature zraka v Ljubljani

	Januar	Februar	Marec	April	Maj	Junij	Julij	Avgust	September	Oktober	November	December
T ($^{\circ}\text{C}$)	-1,20	-0,85	3,85	9,45	14,00	16,61	20,36	18,90	14,86	9,65	4,00	-0,03

Za nadmorsko višino Ljubljane je v programu EnergyPlus privzeta vrednost 385 m, za geografsko širino $46,22^{\circ}$ in za geografsko dolžino $14,48^{\circ}$. Standardni zračni pritisk na nadmorski višini 385 m je 96785 Pa. Maksimalna zunanja temperatura na suhem termometru nastopi 31. julija in znaša $33,4\text{ }^{\circ}\text{C}$, minimalna zunanja temperatura pa nastopi 1. februarja in znaša $-21,0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Globalno horizontalno sončno sevanje je sestavljeno iz direktnega in difuznega sončnega sevanja. Na sliki 1 je prikazano direktno in difuzno sončno sevanje za Ljubljano iz vremenskih podatkov v programu EnergyPlus. Iz grafa na sliki 1 lahko razberemo, da je v Ljubljani največ difuznega sončnega sevanja v juniju, največ direktnega sončnega sevanja pa v avgustu, saj je vreme v avgustu v povprečju bolj jasno, v juniju pa bolj oblačno.



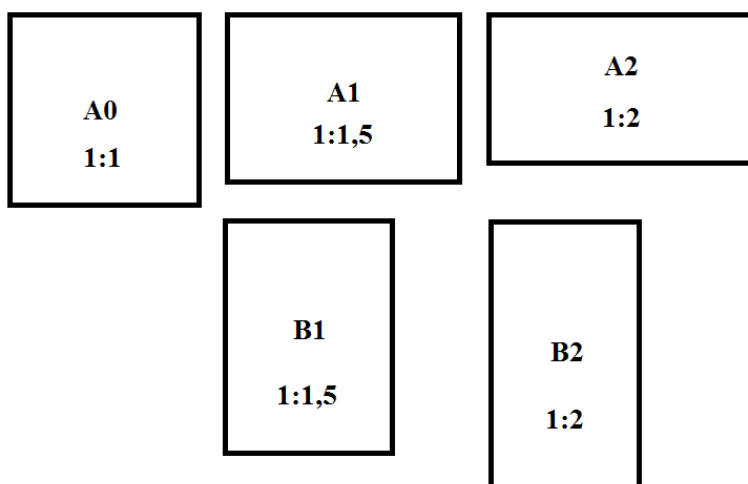
Slika 1: Globalno horizontalno sončno sevanje za Ljubljano iz vremenskih podatkov v programu EnergyPlus

2.3 Variante

Za analizo stavbe sem si najprej izbrala izhodiščno varianto z obliko kocke, tej pa sem potem spreminjala obliko, dodajala zasteklitev na južno fasado in spreminjala orientacijo. Izhodiščna varianta ima dimenzije $10 \times 10 \times 10$ m in je brez oken. Odločila sem se, da bom izhodiščno varianto razširila v razmerju 1:1,5 in 1:2 v smereh vzhod-zahod in sever-jug. Tako dobim 5 glavnih variant, ki napovedujejo, kakšna bo oblika obravnavane skupine variant. V vsaki skupini sem stavbam po korakih dodajala zasteklitev in spreminjala orientacijo. V preglednici 3 so prikazane glavne variante brez zasteklitve. Izhodiščna varianta A0 ima tloris v razmerju 1:1, kar pomeni, da sta obe stranici dolgi 10 m. Varianti A1 in A2 sta razširjeni v smeri vzhod-zahod, varianti B1 in B2 pa v smeri sever-jug.

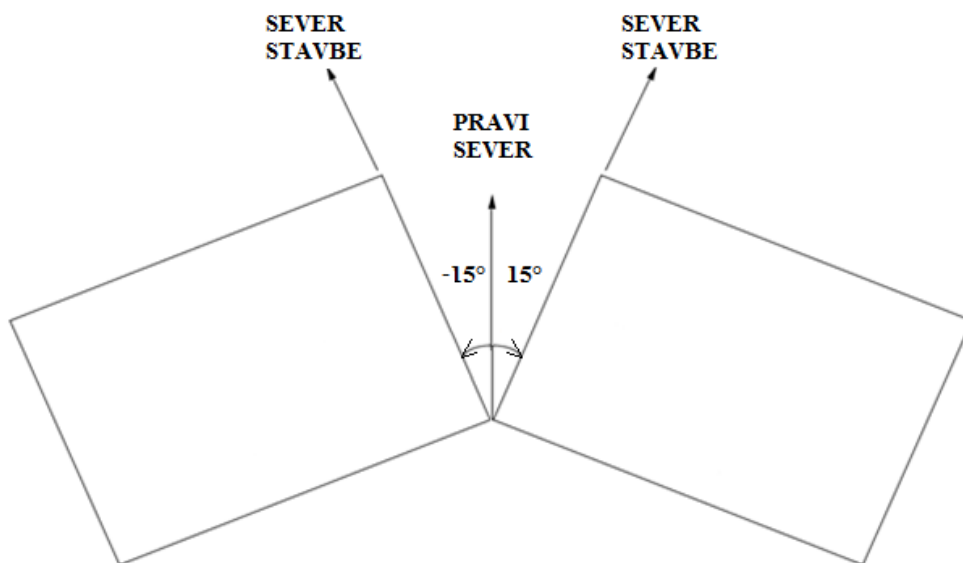
Preglednica 3: Glavne variante brez zasteklitve

Varianta	Razmerje tlorisa	Mere (m)	Površina oken na južni fasadi	Orientacija	Opombe
A0	1:1	$10 \times 10 \times 10$	-	0°	izhodiščna varianta
A1	1:1,5	$12,247 \times 8,165 \times 10$	-	0°	razširitev v smeri vzhod-zahod
A2	1:2	$14,142 \times 7,071 \times 10$	-	0°	
B1	1:1,5	$8,165 \times 12,247 \times 10$	-	0°	razširitev v smeri sever-jug
B2	1:2	$7,071 \times 14,142 \times 10$	-	0°	



Slika 2: Tlorisne oblike variant

Slika 2 prikazuje tlorisne oblike glavnih variant. Varianti A1 in A2 sta razširjeni v smeri vzhod-zahod, varianti B1 in B2 pa v smeri sever-jug, v razmerjih 1:1,5 in 1:2. Vse glavne variante so orientirane tako, da njihove smeri sovpadajo s pravim severom, pri ostalih variantah pa se orientacija spreminja po korakih 30° od severa proti vzhodu in zahodu. Na sliki 3 sta prikazana pravi sever in sever stavbe v programu EnergyPlus. Ko stavbi spremenimo orientacijo za 30°, se bo obrnila od severa proti vzhodu, ko pa spremenimo orientacijo za -30°, se bo obrnila od severa proti zahodu.



Slika 3: Pravi sever in sever stavbe v programu EnergyPlus

Preglednica 4: Variante oblike A0

Varianta	Razmerje tlorisa	Mere (m)	Površina oken na južni fasadi	Orientacija	Opombe
A0.25	1:1	10 × 10 × 10	(25 %) 25 m ²	0°	Variante oblike A0
A0.25.2				-30°	
A0.25.3				-60°	
A0.25.4				-90°	
A0.25.5				30°	
A0.25.6				60°	
A0.25.7				90°	
A0.50	1:1	10 × 10 × 10	(50 %) 50 m ²	0°	
A0.50.2				-30°	
A0.50.3				-60°	
A0.50.4				-90°	
A0.50.5				30°	
A0.50.6				60°	
A0.50.7				90°	
A0.100	1:1	10 × 10 × 10	(100 %) 100 m ²	0°	
A0.100.2				-30°	
A0.100.3				-60°	
A0.100.4				-90°	
A0.100.5				30°	
A0.100.6				60°	
A0.100.7				90°	

Preglednica 4 prikazuje variante oblike A0, pri katerih je tloris v razmerju 1:1, tako da so zunanje dimenzije stavb 10 × 10 × 10 m. Izhodiščni varianti A0 sem postopoma dodajala zasteklitev na južno fasado, najprej 25 %, potem 50 % in na koncu 100 % ter sproti spreminjala orientacijo po korakih 30°. Variante sem poimenovala tako, da prva številka predstavlja obliko stavbe oziroma tlorisno razmerje, druga številka površino zasteklitve na južni fasadi v % in tretja številka predstavlja orientacijo.

Preglednica 5: Variante oblike A1

Varianta	Razmerje tlorisa	Mere (m)	Površina oken na južni fasadi	Orientacija	Opombe
A1.25	1:1,5	12,247 × 8,165 × 10	(25 %) 30,62 m ²	0°	Variante oblike A1 (razširitev v smeri vzhod-zahod)
A1.25.2				-30°	
A1.25.3				-60°	
A1.25.4				-90°	
A1.25.5				30°	
A1.25.6				60°	
A1.25.7				90°	
A1.50	1:1,5	12,247 × 8,165 × 10	(50 %) 61,24 m ²	0°	
A1.50.2				-30°	
A1.50.3				-60°	
A1.50.4				-90°	
A1.50.5				30°	
A1.50.6				60°	
A1.50.7				90°	
A1.100	1:1,5	12,247 × 8,165 × 10	(100 %) 122,47 m ²	0°	
A1.100.2				-30°	
A1.100.3				-60°	
A1.100.4				-90°	
A1.100.5				30°	
A1.100.6				60°	
A1.100.7				90°	

Variante oblike A1 so v razmerju 1:1,5 razširjene v smeri vzhod-zahod tako, da površina tlorisa ostaja 100 m², saj smo želeli, da prostornina stavbe ostane enaka skozi celotno analizo. Zunanje dimenzije variant oblike A1 so 12,247 × 8,165 × 10 m. Postopoma sem dodajala okna na južno fasado, spreminjala orientacijo in spremljala potrebo po energiji za ogrevanje in hlajenje ter pritoke in izgube energije. Okna imajo pri variantah oblike A1 večjo površino kot pri variantah oblike A0, saj se površina južne in severne fasade poveča, zmanjša pa se površina vzhodne in zahodne fasade.

V preglednici 6 so prikazane variante oblike A2, ki so tlorisno razširjene v smeri vzhod-zahod v razmerju 1:2, tako da znašajo zunanje dimenzije 14,142 × 7,071 × 10 m. Tlorisna površina ostaja 100 m², prav tako prostornina stavbe ostaja 1000 m³. Variante oblike A2 imajo pri enakem razmerju okno/stena večjo površino zasteklitve kot variante oblike A0 in A1, saj imajo večjo površino južne fasade.

V preglednicah 7 in 8 so prikazane variante oblik B1 in B2. Variante B1 imajo enako obliko in dimenzije kot variante A1, variante B2 pa imajo enako obliko in dimenzije kot variante A2, le da so variante B1 in B2 razširjene v smeri sever-jug, zaradi česar se zmanjša površina južne in severne fasade in poveča površina vzhodne in zahodne fasade. Površina zasteklitve pri variantah oblike B1 in B2 je tako pri enakem razmerju okno/stena manjša kot pri variantah oblike A0, A1 in A2.

Preglednica 6: Variante oblike A2

Varianta	Razmerje tlorisa	Mere (m)	Površina oken na južni fasadi	Orientacija	Opombe
A2.25	1:2	14,142 × 7,071 × 10	(25 %) 35,36 m ²	0°	Variante oblike A2 (razširitev v smeri vzhod-zahod)
A2.25.2				-30°	
A2.25.3				-60°	
A2.25.4				-90°	
A2.25.5				30°	
A2.25.6				60°	
A2.25.7				90°	
A2.50	1:2	14,142×7,071×10	(50 %) 70,71 m ²	0°	
A2.50.2				-30°	
A2.50.3				-60°	
A2.50.4				-90°	
A2.50.5				30°	
A2.50.6				60°	
A2.50.7				90°	
A2.100	1:2	14,142×7,071×10	(100 %) 141,42 m ²	0°	
A2.100.2				-30°	
A2.100.3				-60°	
A2.100.4				-90°	
A2.100.5				30°	
A2.100.6				60°	
A2.100.7				90°	

Preglednica 7: Variante oblike B1

Varianta	Razmerje tlorisa	Mere (m)	Površina oken na južni fasadi	Orientacija	Opombe
B1.25	1:1,5	8,165 × 12,247 × 10	(25 %) 20,41 m ²	0°	Variante oblike B1 (razširitev v smeri sever-jug)
B1.25.2				-30°	
B1.25.3				-60°	
B1.25.4				-90°	
B1.25.5				30°	
B1.25.6				60°	
B1.25.7				90°	
B1.50	1:1,5	8,165 × 12,247 × 10	(50 %) 40,82 m ²	0°	
B1.50.2				-30°	
B1.50.3				-60°	
B1.50.4				-90°	
B1.50.5				30°	
B1.50.6				60°	
B1.50.7				90°	
B1.100	1:1,5	8,165 × 12,247 × 10	(100 %) 81,65 m ²	0°	
B1.100.2				-30°	
B1.100.3				-60°	
B1.100.4				-90°	
B1.100.5				30°	
B1.100.6				60°	
B1.100.7				90°	

Preglednica 8: Variante oblike B2

Varianta	Razmerje tlorisa	Mere (m)	Površina oken na južni fasadi	Orientacija	Opombe
B2.25	1:2	7,071 × 14,142 × 10	(25 %) 17,68 m ²	0°	Variante oblike B2 (razširitev v smeri sever-jug)
B2.25.2				-30°	
B2.25.3				-60°	
B2.25.4				-90°	
B2.25.5				30°	
B2.25.6				60°	
B2.25.7				90°	
B2.50	1:2	7,071 × 14,142 × 10	(50 %) 35,36 m ²	0°	
B2.50.2				-30°	
B2.50.3				-60°	
B2.50.4				-90°	
B2.50.5				30°	
B2.50.6				60°	
B2.50.7	90°				
B2.100	1:2	7,071 × 14,142 × 10	(100 %) 70,71 m ²	0°	
B2.100.2				-30°	
B2.100.3				-60°	
B2.100.4				-90°	
B2.100.5				30°	
B2.100.6				60°	
B2.100.7				90°	

2.4 Konstrukcijski sklopi

Pri zasnovi konstrukcijskih sklopov sem upoštevala zahteve iz PURES-a 2010 [2]. To poleg zahtev glede toplotne prehodnosti vključuje tudi zahteve glede difuzije vodne pare. Poleg prehoda toplote in vlage pa je pomembna karakteristika konstrukcijskega sklopa tudi toplotna stabilnost. Pri tem so pomembne količine, kot so toplotna kapaciteta, toplotna zakasnitev in dušenje temperature. Toplotna zakasnitev predstavlja zakasnitev amplitud temperaturnega nihanja na notranji površini gradbene konstrukcije glede na amplitudo nihanja zunanje temperature. Toplotno zakasnitev najpogosteje merimo v urah. Stavbe, ki jih sestavljajo konstrukcijski sklopi s toplotno zakasnitvijo od 6 ur do 18 ur, so v splošnem energetsko varčnejše, kot tiste, pri katerih je toplotna zakasnitev manjša od 6 ur ali večja od 18 ur, prav tako pa je bivanje v njih udobnejše. Večjo toplotno stabilnost dosežemo z materiali, ki imajo veliko toplotno kapaciteto in veliko maso na enoto površine, ti materiali pa morajo biti nameščeni na notranji strani. [18] To je še posebej pomembno pri dinamični analizi porabe energije, pri kateri je upoštevano, da se temperatura spreminja s časom in da se toplota v konstrukcijskih sklopih akumulira in oddaja toploto v prostor še nekaj časa za tem, ko se zunanja temperatura zmanjša.

Debelina toplotne izolacije se pri nizkoenergijskih stavbah giblje med 25 cm in 40 cm, tako da znaša toplotna prehodnost konstrukcijskih sklopov U od 0,1 W/m²K do 0,15 W/m²K [15]. Da bi dosegla

toplotno prehodnost $U \leq 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ sem vse konstrukcijske sklope zasnovala z debelino toplotne izolacije 24 cm. Izbrala sem si položaj toplotne izolacije v plašču, da se izognem toplotnim mostovom na stiku konstrukcijskih sklopov. Pri vseh konstrukcijskih sklopih je tako na notranji strani mineralna volna debeline 8 cm, na zunanji strani pa ekstrudiran polistiren debeline 16 cm. Konstrukcijski sklopi, opisani v nadaljevanju, sestavljajo vse variante iz analize.

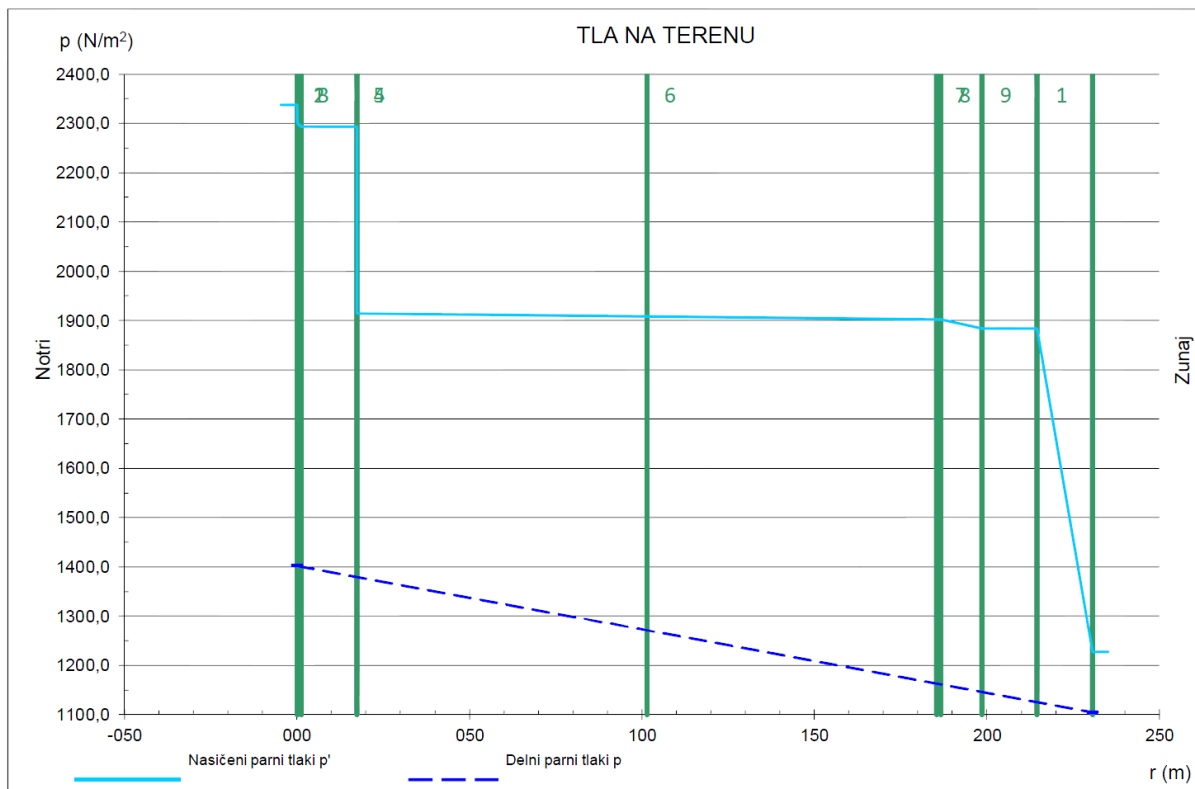
2.4.1 Tla na terenu

V preglednici 9 so podani sloji konstrukcijskega sklopa Tla na terenu od notranje toplejše strani proti zunanji hladnejši strani. Na zunanji strani temeljne plošče je 8 cm podložnega betona, na katerega sem dodala 16 cm ekstrudiranega polistirena Fragmat XPS 60. Ekstrudiran polistiren skoraj ne vpija vode, hkrati pa zdrži velike tlačne obremenitve [16]. Temeljna plošča ima debelino 20 cm in je od ekstrudiranega polistirena ločena s polietilensko folijo. Hidroizolacija iz bitumenskih trakov Fragmat Izotekt P4 plus in Fragmat Izotekt T4 plus se privari na temeljno ploščo, na kateri je hladen bitumenski premaz Fragmat Ibitol. Med mineralno volno na notranji strani in cementnim estrihom je polietilenska folija, ki deluje kot ločilni sloj in kot parna ovira. Kot finalno obdelavo sem izbrala lepljen hrastov parket.

Preglednica 9: Sestava konstrukcijskega sklopa Tla na terenu

Št. plasti	Material	Debelina m	Gostota kg/m ³	Specifična toplota J/kg K	Toplotna prevodnost W/m K
1	hrastov parket	0,0100	700	1670	0,210
2	cementni estrih	0,0400	2200	1050	1,400
3	polietilenska folija	0,0002	1000	1250	0,190
4	mineralna in steklena volna	0,0800	200	840	0,041
5	Fragmat Izotekt P4 plus	0,0060	1300	1460	0,190
6	Fragmat Izotekt T4 plus	0,0060	1300	1460	0,190
7	Fragmat Ibitol	0,0010	1100	150	0,170
8	betoni iz kamnitega agregata	0,2000	2400	960	2,040
9	polietilenske folije	0,0002	1000	1250	0,190
10	Fragmat XPS 60	0,1600	42	1260	0,036
11	betoni iz kamnitega agregata	0,0800	2400	960	2,040

Izračunana toplotna prehodnost za konstrukcijski sklop Tla na terenu znaša $U = 0,148 \text{ W/m}^2\text{K}$ in je manjša od največje dovoljene toplotne prehodnosti $U_{\text{max}} = 0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$, tako da konstrukcijski sklop ustreza zahtevam iz PURES-a 2010 [2]. Račun difuzije vodne pare po 21. členu PURES-a 2010 [2] ni potreben. V konstrukcijskem sklopu ne pride do navlaževanja, saj vrednost nasičenega parnega tlaka nikjer v konstrukcijskem sklopu ne doseže vrednosti delnega parnega tlaka, kar je razvidno iz slike 4. Temperaturna zakasnitev pri tleh na terenu znaša 16,68 ur.



Slika 4: Nasičeni in delni parni tlak v konstrukcijskem sklopu Tla na terenu

2.4.2 Medetažna konstrukcija

Preglednica 10: Sestava konstrukcijskega sklopa Medetažna konstrukcija

Št. plasti	Material	Debelina	Gostota	Specifična toplota	Toplotna prevodnost
		m	kg/m ³	J/kg K	W/m K
1	hrastov parket	0,0100	700	1670	0,210
2	cementni estrih	0,0400	2200	1050	1,400
3	polietilenska folija	0,0002	1000	1250	0,190
4	mineralna in steklena volna	0,0300	200	840	0,041
5	betoni iz kamnitega agregata	0,2000	2400	960	2,040
6	kovinska podkonstrukcija	0,0600	-	-	-
7	mavčno kartonske plošče	0,0180	900	840	0,230
8	lahka mavčna malta (oplesk)	0,0020	1000	920	0,470

Pri medetažni konstrukciji sem izbrala le 3 cm zvočne izolacije na zgornji pohodni strani, saj konstrukcijski sklop iz obeh strani meji na ogrevan prostor z enako projektno temperaturo, zato toplotna izolacija ni potrebna. Za armiranobetonso ploščo sem izbrala debelino 20 cm, kot finalno obdelavo pa sem tudi tokrat izbrala lepljen hrastov parket. Izračunana toplotna prehodnost za tak konstrukcijski sklop znaša $U = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ in je manjša od največje dovoljene toplotne prehodnosti

$U_{\max} = 1,350 \text{ W/m}^2\text{K}$, tako da konstrukcijski sklop odgovarja zahtevam po PURES-u 2010 [2]. Račun difuzije vodne pare po 21. členu PURES-a 2010 [2] ni potreben. Pri izračunu toplotne prehodnosti in difuzije vodne pare se kovinska podkonstrukcija za mavčno kartonske plošče ne upošteva.

2.4.3 Zunanja stena

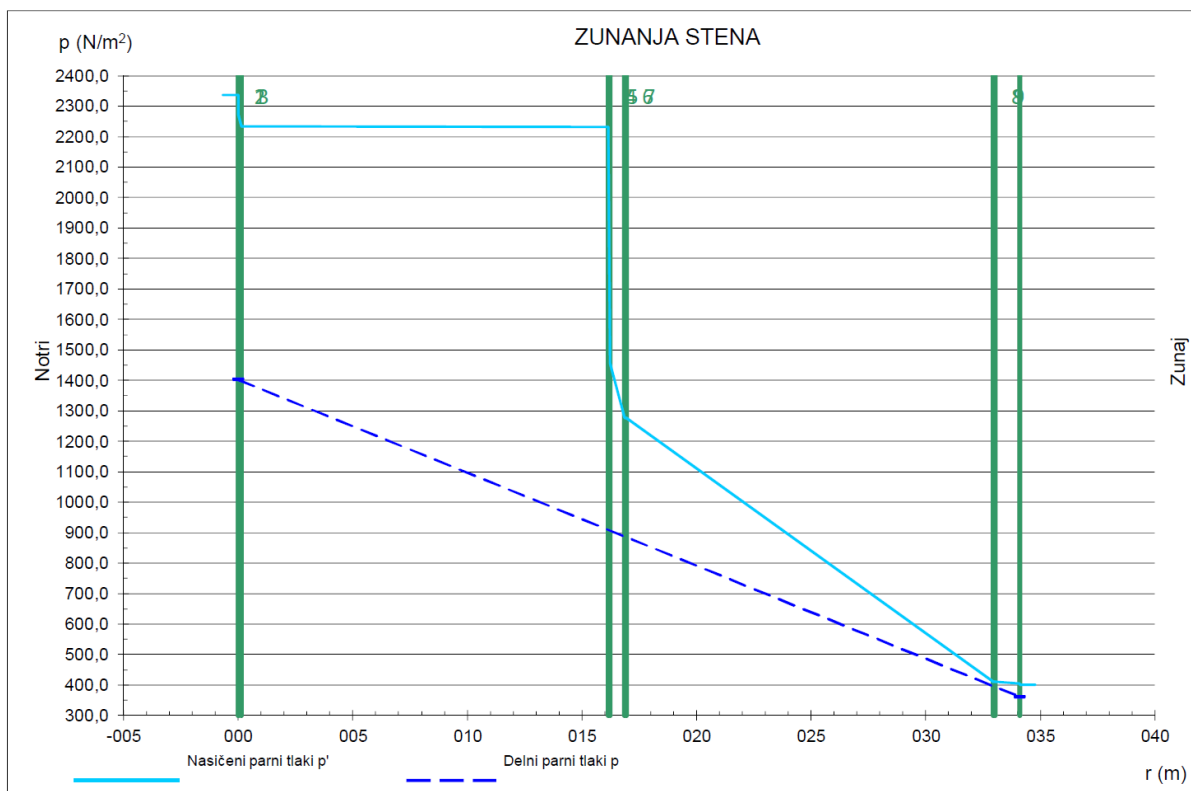
Preglednica 11: Sestava konstrukcijskega sklopa Zunanja stena

Št. plasti	Material	Debelina m	Gostota kg/m ³	Specifična toplota J/kg K	Toplotna prevodnost W/m K
1	lahka mavčna malta (oplesk)	0,0020	1000	920	0,470
2	mavčno kartonske plošče	0,0180	900	840	0,230
3	polietilenska folija	0,0002	1000	1250	0,190
4	kovinska podkonstrukcija	0,0800	-	-	-
5	mineralna in steklena volna	0,0800	200	840	0,041
6	bloki iz plinobetona in penobetona	0,2000	800	1050	0,350
7	Stirolim lepilo	0,0020	1800	1000	0,700
8	Fragmat XPS 60	0,1600	42	1260	0,036
9	Stirolim lepilo	0,0020	1800	1000	0,700
10	Malta Demit	0,0300	1800	1000	0,700

Pri zunanji steni sem za nosilni del namesto armiranega betona izbrala penobetonске bloke. Ti imajo bistveno manjšo gostoto od armiranega betona in so zato lažji, imajo pa podobno specifično toploto.

Na penobetonске bloke je z zunanje strani z lepilom Stirolim prilepljen ekstrudiran polistiren. Kot finalna obdelava na zunanji strani je podana fasadna malta Demit, ki ima tudi funkcijo hidroizolacije. Na notranji strani stene je 8 cm mineralne volne in polietilenska folija, kot finalna obdelava pa so podane opleskane mavčno kartonske plošče. Kovinska podkonstrukcija za mavčno kartonske plošče se pri izračunu toplotne prehodnosti in difuzije vodne pare ne upošteva.

Izračunana toplotna prehodnost konstrukcijskega sklopa Zunanja stena znaša $0,138 \text{ W/m}^2\text{K}$ in je manjša od največje dovoljene toplotne prehodnosti $U_{\max} = 0,280 \text{ W/m}^2\text{K}$, zato konstrukcijski sklop odgovarja zahtevam po PURES-u 2010 [2]. Temperaturna zakasnitev znaša 14,44 ur. Račun difuzije vodne pare ni potreben, saj v konstrukcijskem sklopu ne pride do nastanka kondenza. Vrednost nasičenega parnega tlaka nikjer v konstrukcijskem sklopu ne pade pod vrednost delnega parnega tlaka, kar je razvidno iz slike 5.



Slika 5: Nasičeni in delni parni tlak v konstrukcijskem sklopu Zunanja stena

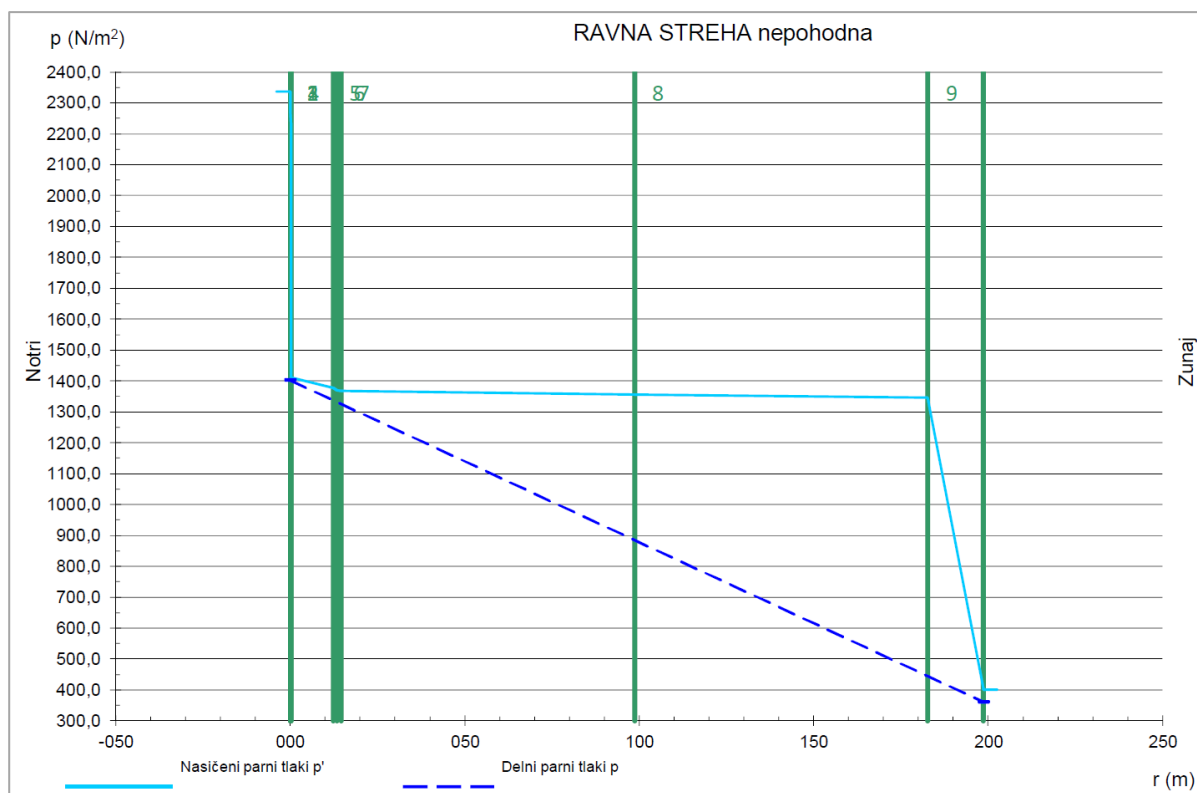
2.4.4 Ravna nepohodna streha

Preglednica 12: Sestava konstrukcijskega sklopa Ravna nepohodna streha

Št. plasti	Material	Debelina m	Gostota kg/m ³	Specifična toplota J/kg K	Toplotna prevodnost W/m K
1	lahka mavčna malta (oplesk)	0,0020	1000	920	0,470
2	mavčno kartonske plošče	0,0180	900	840	0,230
3	kovinska podkonstrukcija	0,0800	-	-	-
4	mineralna in steklena volna	0,0800	200	840	0,041
5	betoni iz kamnitega agregata	0,2000	2400	960	2,040
6	betoni iz kamnitega agregata	0,0400	2200	960	1,510
7	Fragmat Ibitol	0,0010	1100	1050	0,170
8	Fragmat Izotekt T4 plus	0,0060	1300	1460	0,190
9	Fragmat Izotekt P4 plus	0,0060	1300	1460	0,190
10	Fragmat XPS 60	0,1600	42	1260	0,036
11	poliestrski filc	0,0010	200	800	0,100
12	suh prodec	0,1000	1700	840	0,810

Tudi pri nepohodni ravni strehi je toplotna izolacija postavljena v plašču, vendar sem na zunanji strani tokrat izbrala sistem obrnjene ravne strehe, kar pomeni, da je toplotna izolacija postavljena nad

hidroizolacijo. Na zunanji strani je 16 cm ekstrudiranega polistirena, kot finalna obdelava na zunanji strani pa je podan suh prodec, ki je od ekstrudiranega polistirena ločen s poliestrskim filcem. Na zunanji strani armiranobetonske plošče je vsaj 4 cm debel naklonski beton, ki omogoča odvajanje meteorne vode. Na notranji strani je 8 cm mineralne volne, ki je zaključena z opleskanimi mavčno kartonskimi ploščami. Uporaba parne ovire v tem primeru ni bila potrebna, saj v konstrukcijskem sklopu ne pride do nastanka kondenza.



Slika 6: Nasičeni in delni parni tlak v konstrukcijskem sklopu Ravna nepohodna streha

Toplotna prehodnost konstrukcijskega sklopa Ravna nepohodna streha znaša $0,146 \text{ W/m}^2\text{K}$ in je manjša od največje dovoljene toplotne prehodnosti $U_{\max} = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$, zato konstrukcijski sklop odgovarja zahtevam po PURES-u 2010 [2]. Račun difuzije vodne pare ni potreben, saj v konstrukcijskem sklopu ne pride do nastanka kondenza. Kot je razvidno iz slike 6, vrednost nasičenega parnega tlaka nikjer v konstrukcijskem sklopu ne pade pod vrednost delnega parnega tlaka. Temperaturna zakasnitev za konstrukcijski sklop Ravna nepohodna streha znaša 15,78 ur.

Pri zasnovi konstrukcijskih sklopov sem bila pozorna na primerno izvedbo križanj brez toplotnih mostov. S tem namenom sem izbrala toplotno izolacijo v plašču, da se toplotnim mostovom v največji meri izognem. Vpliv pozicije toplotne izolacije na porabo energije za ogrevanje in hlajenje sem analizirala v dodatnih primerih.

2.5 Odprtine

V tehnični smernici [3] je za zunanja vrata podana omejitev glede toplotne prehodnosti, in sicer $1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$. Za vhodna vrata sem si izbrala nižjo vrednost toplotne prehodnosti, in sicer $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$, saj sem želela, da so tudi vhodna vrata čim bolj energetsko učinkovita. Taka vrata so lahko lesena ali kovinska s polnilom iz različnih toplotnoizolacijskih materialov.

Za toplotno prehodnost zasteklitve je v tehnični smernici podana omejitev $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$, za toplotno prehodnost oken (zasteklitev + okvir) pa $1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ (za okvirje iz lesa ali umetnih mas) oziroma $1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ (za okvirje iz kovin) [3]. Za faktor prepustnosti celotnega sončnega sevanja g je v PURES-u 2010 podana minimalna vrednost 0,55 [2]. Okna, ki bi ustrezala omenjenim zahtevam, so pri različnih proizvajalcih različna, večinoma pa so to okna s trojno zasteklitvijo in dvojnimi nizkoemisijским premazom. V programu EnergyPlus sem sestavila okna s trojno 3 mm zasteklitvijo in le eno plastjo nizkoemisijskega premaza, saj je bil v nasprotnem primeru izračunan faktor g prenizek. Med zasteklitev sem podala 13 mm plina argona, tako da je sestava oken 3/13/3/13/3 mm. Program EnergyPlus [10] za takšna okna izračuna toplotno prehodnost $U = 1,06 \text{ W/m}^2\text{K}$, faktor prepustnosti celotnega sončnega sevanja $g = 0,58$ in prepustnost za dnevno svetlobo $\tau_v = 0,7$. Vpliv okvirja okna sem v analizi zanemarila.

2.6 Ogrevanje in hlajenje

Ogrevanje variant v analizi je daljinsko toplozračno, hlajenje pa daljinsko hladnozračno. V programu EnergyPlus [10] se določi ogrevane in neogrevane cone, za katere se lahko izbere različne načine ogrevanja in projektne temperature. Za poenostavitev modeliranja sem v analizi pri vseh variantah privzela eno samo kondicionirano cono, ki je pozimi ogrevana nad $20 \text{ }^\circ\text{C}$, poleti pa hlajena pod $26 \text{ }^\circ\text{C}$. V programu EnergyPlus [10] sem definirala termostat, ki začne stavbo ogrevati v trenutku, ko notranja temperatura zraka pade pod $20 \text{ }^\circ\text{C}$, hladni zrak pa začne v stavbo dovajati takrat, ko notranja temperatura zraka naraste nad $26 \text{ }^\circ\text{C}$.

2.7 Prezračevanje

Za prezračevanje sem izbrala naravno prezračevanje z 0,7 kratno izmenjavo zraka na uro. Čeprav je mogoče z ustreznim prezračevanjem zmanjšati potrebo po energiji za ogrevanje, so minimalne vrednosti glede prezračevanja določene v predpisih. Za stanovanjske stavbe znaša urna izmenjava notranjega zraka z zunanjim najmanj $n = 0,5 \text{ h}^{-1}$ [3].

Dobitkov notranjih virov in energije, potrebne za razsvetljavo in pripravo tople sanitarne vode v analizi nisem upoštevala. Te vrednosti bi bile namreč v rezultatih podane kot konstanta, zanimale pa so me le spremembe v porabi energije ob spremembi oblike, površine zasteklitve in orientacije.

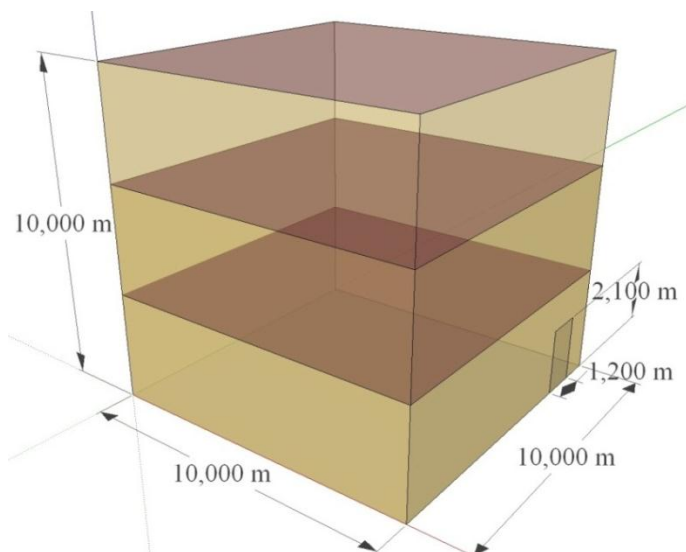
Letno porabo energije za ogrevanje in hlajenje program EnergyPlus [10] izračuna v urnih časovnih korakih. Izbrala sem 6 korakov na uro, kar pomeni, da program izvaja iteracije za vsakih 10 minut. Simulacija se izvede za 8760 ur oziroma eno leto. Kot rezultate (izhodne podatke) nam program EnergyPlus med drugim poda:

- povprečne mesečne temperature zraka v stavbi v °C
- direktno in difuzno sončno sevanje v W/m^2
- energijo, potrebno za ogrevanje in hlajenje v kWh/m^2
- pritoke in izgube energije skozi okna v kWh/m^2
- pritoke in izgube energije zaradi naravnega prezračevanja (infiltracije) v kWh/m^2
- transmisijske izgube skozi zunanji ovoj stavbe v kWh/m^2
- skupno letno potrebo po energiji za ogrevanje in hlajenje stavbe v kWh/m^2 .

V nadaljevanju predstavim vhodne podatke in rezultate za vse variante, ki so v preglednicah 3 – 8 označene krepko. To so glavne variante z okni ali brez, katerih orientacija je 0° . Ostale variante predstavim kot rotacije glavnih variant in podam samo rezultate. Kot rezultate podam končno energijo, potrebno za ogrevanje in hlajenje stavbe v kWh/m^2 , izgube in pritoke energije v kWh/m^2 ter notranje povprečne temperature v °C. Primarne energije, potrebne za delovanje sistemov v stavbi nisem izračunala, saj je ta odvisna od energentov in načina dobave energije.

Izhodiščna varianta A0

Za izhodiščno varianto sem izbrala kvadratno stavbo dimenzij $10 \times 10 \times 10$ m. Površina zunanjih sten je $400 m^2$, površina strehe $100 m^2$ in površina temeljnih tal $100 m^2$. Stavba je razdeljena v 3 etaže: pritličje, 1. etaža in 2. etaža, vsaka ima površino $100 m^2$, etažna višina pa znaša 3,33 m. Skupna bruto prostornina stavbe znaša $1000 m^3$ in je skozi celotno analizo konstantna. Skupna uporabna površina stavbe je $300 m^2$. Na vzhodni strani so vhodna vrata širine 1,2 m in višine 2,1 m. Razen vhodnih vrat na stavbi ni nobenih odprtih. Faktor oblike stavbe znaša $0,6 m^{-1}$. Orientacija stavbe je 0° , kar pomeni, da sever stavbe sovpada s pravim severom.



Slika 7: Varianta A0 – izhodiščna varianta

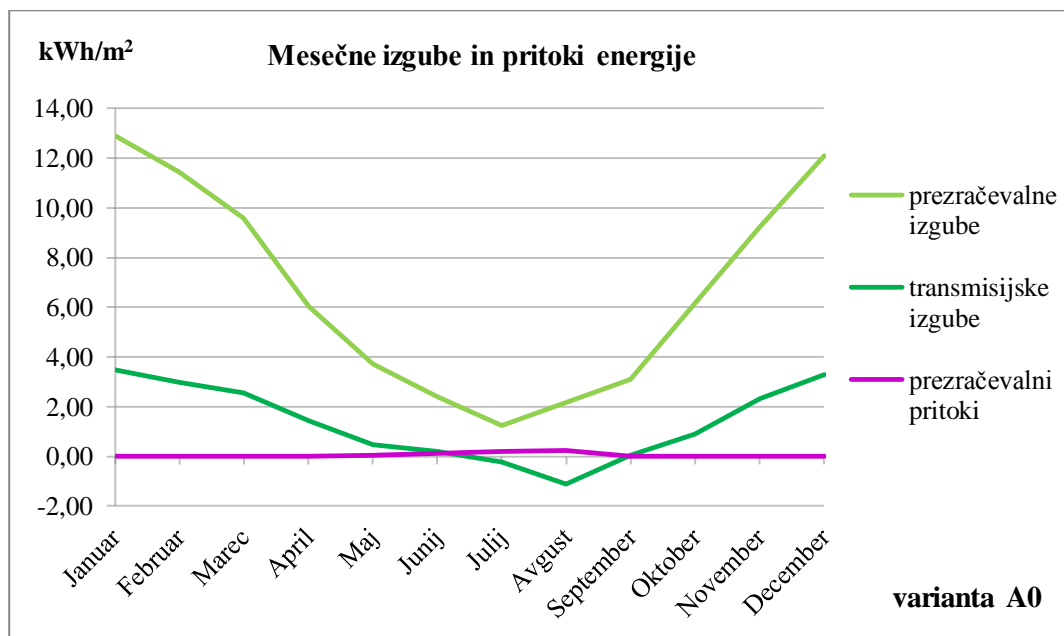
Preglednica 13: Poraba energije ter pritoki in izgube energije za varianta A0 – izhodiščna varianta

Varianta A0	ENERGIJA (kWh/m ²)		PRITOKI (kWh/m ²)		IZGUBE (kWh/m ²)		
	ogrevanje	hlajenje	prezračevanje	okna	prezračevanje	okna	transmisijske
Januar	16,42	0,00	0,00	0,00	12,92	0,00	3,49
Februar	14,43	0,00	0,00	0,00	11,45	0,00	2,98
Marec	12,16	0,00	0,00	0,00	9,59	0,00	2,57
April	7,42	0,00	0,05	0,00	6,04	0,00	1,43
Maj	4,01	0,00	0,18	0,00	3,71	0,00	0,48
Junij	2,26	0,00	0,36	0,00	2,42	0,00	0,20
Julij	0,35	0,00	0,67	0,00	1,24	0,00	-0,22
Avgust	0,49	0,00	0,57	0,00	2,18	0,00	-1,13
September	2,97	0,00	0,14	0,00	3,08	0,00	0,03
Oktober	7,01	0,00	0,02	0,00	6,14	0,00	0,89
November	11,58	0,00	0,00	0,00	9,25	0,00	2,34
December	15,40	0,00	0,00	0,00	12,11	0,00	3,30
Skupaj letno	94,50	0,00	1,97	0,00	80,13	0,00	16,35
Skupna letna poraba energije za ogrevanje in hlajenje						94,50	(kWh/m ²)

Za ogrevanje izhodiščne variante A0 je potrebnih 94,50 kWh energije na m² uporabne površine letno, za hlajenje pa energija ni potrebna, saj se stavba v poletnih mesecih ne pregreva. Potreba po energiji za ogrevanje je največja od novembra do marca, za vzdrževanje projektne temperature pa je tudi v juliju in avgustu potrebno stavbi dovesti nekaj energije.

Prezračevalne izgube znašajo 80,13 kWh/m² letno in so skoraj petkrat večje od transmisijskih izgub skozi netransparentne dele ovoja, kar pomeni, da je stavba dobro toplotno izolirana. Najmanjše prezračevalne izgube se pojavijo v poletnih mesecih, največje pa v mesecu decembru in januarju, kar je logično, saj so takrat zunanje temperature najnižje. Prezračevalni pritoki se pojavijo od meseca aprila do oktobra in znašajo 1,97 kWh/m² letno.

Transmisijske izgube skozi netransparentne dele ovoja stavbe znašajo $16,35 \text{ kWh/m}^2$ letno in so največje v zimskih mesecih, v juliju in avgustu pa imajo negativno vrednost, kar pomeni, da se takrat pojavijo transmisijski pritoki skozi zunanji ovoj stavbe, kar je razvidno iz grafa na sliki 8.



Slika 8: Mesečne izgube in pritoki energije za varianto A0 – izhodiščna varianta

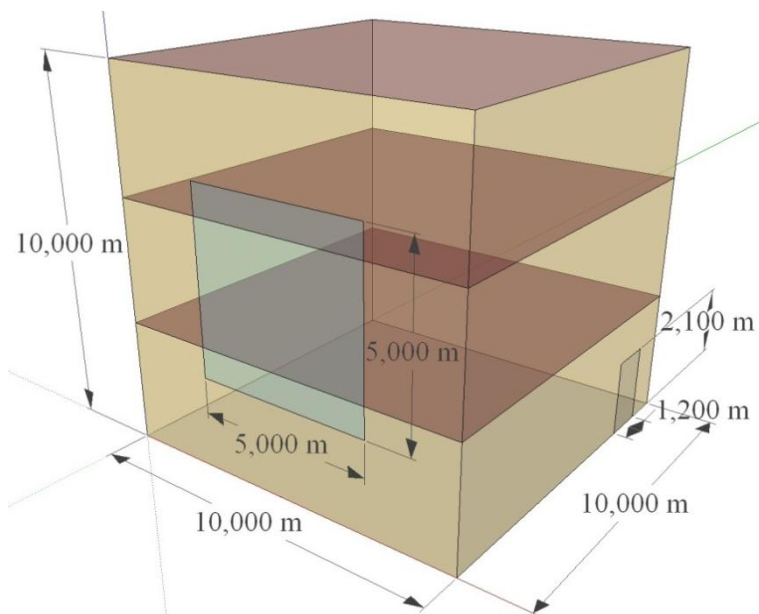
V obravnavani stavbi je za vzdrževanje projektne temperature ogrevanje potrebno skozi vse leto, tudi v poletnih mesecih. Povprečna notranja temperatura v stavbi je skozi vse leto približno enaka projektni temperaturi $20 \text{ }^\circ\text{C}$, razen v juniju, juliju in avgustu, ko zaradi transmisijskih in prezračevalnih pritokov naraste v povprečju za $1 \text{ }^\circ\text{C}$, kar je razvidno iz preglednice 14. Najvišja zunanja povprečna temperatura se pojavi v juliju in znaša $20,36 \text{ }^\circ\text{C}$, najvišja notranja povprečna temperatura pa se pojavi v avgustu in znaša $21,63 \text{ }^\circ\text{C}$. Povprečna letna temperatura v stavbi je $20,28 \text{ }^\circ\text{C}$. Temperatura v stavbi v nobenem mesecu ne naraste nad $26 \text{ }^\circ\text{C}$, zato hlajenje ni potrebno.

Preglednica 14: Notranje povprečne temperature za izhodiščno varianto A0

Varianta A0	Januar	Februar	Marec	April	Maj	Junij	Julij	Avgust	September	Oktober	November	December	Letna povprečna
T ($^\circ\text{C}$)	20,00	20,00	20,00	20,01	20,09	20,26	21,30	21,63	20,09	20,01	20,00	20,00	20,28

3 ANALIZA VARIANT

3.1 Varianta A0.25



Slika 9: Varianta A0.25

Pri varianti A0.25 sem na južno fasado dodala 25 % zasteklitev, tako da sem na sredino dodala eno okno v izmeri 25 m^2 . Tako sem nadomestila okna, ki bi bila v vseh treh etažah, z enim samim oknom na sredini južne fasade. Taka stavba v realnosti ni smiselna, vendar je za model zadovoljiva, saj pozicija oken na južni fasadi ni bistveno vplivala na rezultate izračuna. Razmerje okno/stena je za južno fasado 25 %, za celotno stavbo pa 6,25 %. Zunanje dimenzije stavbe ostajajo $10 \times 10 \times 10 \text{ m}$ in površina vhodnih vrat $2,52 \text{ m}^2$. Površina zunanjih sten znaša 375 m^2 . Orientacija stavbe je 0° , torej je okno orientirano proti jugu.

Preglednica 15: Poraba energije ter pritoki in izgube energije za varianto A0.25

Varianta A0.25	ENERGIJA (kWh/m ²)		PRITOKI (kWh/m ²)		IZGUBE (kWh/m ²)		
	ogrevanje	hlajenje	prezračevanje	okna	prezračevanje	okna	transmisijske
Januar	15,83	0,00	0,00	1,56	12,92	0,95	3,52
Februar	13,25	0,00	0,00	1,92	11,45	0,79	2,93
Marec	10,40	0,00	0,00	2,45	9,59	0,64	2,61
April	5,55	0,00	0,01	2,65	6,10	0,43	1,68
Maj	2,21	0,00	0,06	2,71	3,86	0,30	0,81
Junij	0,76	0,00	0,13	2,67	2,65	0,23	0,68
Julij	0,00	0,46	0,22	3,27	2,14	0,22	0,67
Avgust	0,05	0,90	0,25	3,55	3,27	0,32	-0,64
September	0,98	0,00	0,02	3,10	3,49	0,32	0,29
Oktober	4,51	0,00	0,00	3,24	6,33	0,53	0,88
November	11,07	0,00	0,00	1,16	9,25	0,71	2,27
December	15,50	0,00	0,00	0,60	12,11	0,93	3,06
Skupaj letno	80,10	1,35	0,69	28,88	83,17	6,37	18,78
Skupna letna poraba energije za ogrevanje in hlajenje						81,46	(kWh/m ²)

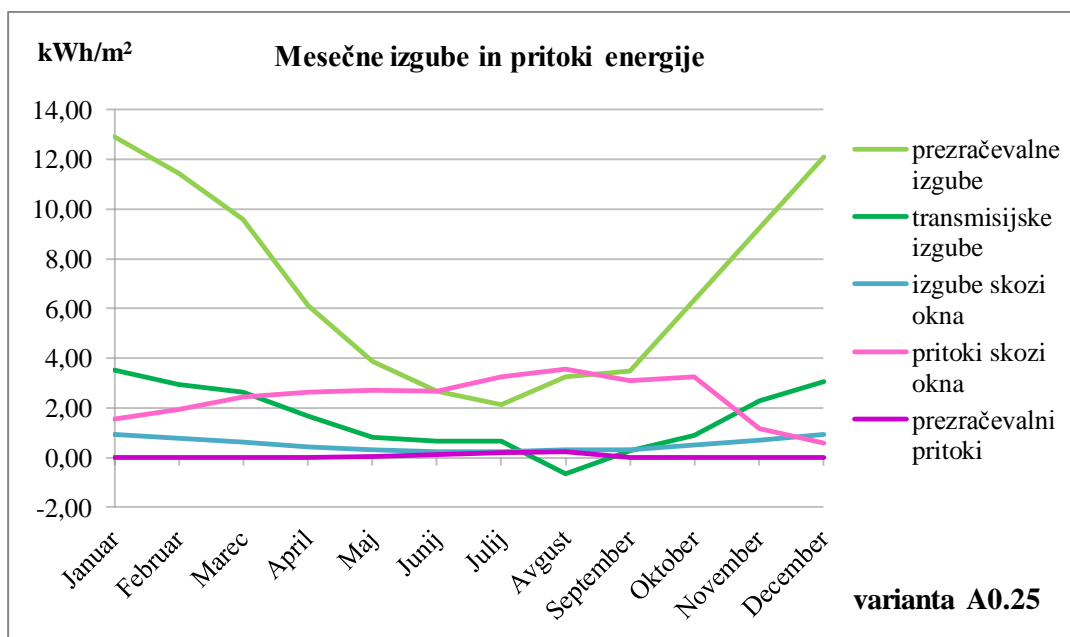
Skupna letna poraba energije za ogrevanje in hlajenje znaša 81,46 kWh/m², kar je za 13,04 kWh/m² oziroma 13,8 % manj kot pri izhodiščni varianti. Za ogrevanje je potrebno stavbi dovesti 80,10 kWh/m² energije letno, za hlajenje pa 1,35 kWh/m². Ogrevanje je potrebno od septembra do junija, v juliju in avgustu pa je potrebnih le 0,05 kWh/m² energije, kar je zanemarljivo malo. Poraba energije za ogrevanje se je glede na varianto A0 zmanjšala od januarja do novembra, v decembru pa se je povečala.

Solarni pritoki skozi transparentne dele zunanjega ovoja (v nadaljevanju pritoki skozi okna) znašajo 28,88 kWh/m² letno in so v vseh mesecih, razen v decembru, večji od toplotnih izgub skozi transparentne dele ovoja (v nadaljevanju izgube skozi okna). Največji pritoki skozi okna se pojavijo v poletnih mesecih, v zimskih mesecih pa so približno za polovico manjši. Pritoki skozi okna so koristni predvsem v času od septembra do junija, saj zmanjšujejo potrebo po energiji za ogrevanje. Zaradi pritokov skozi okna se v juliju in avgustu pojavi potreba po energiji za hlajenje, vendar pa je ta v primerjavi s prihrankom energije za ogrevanje majhna. Izgube skozi okna znašajo 6,37 kWh/m² letno in so za skoraj 80 % manjše od pritokov skozi okna.

Prezračevalne izgube znašajo 83,17 kWh/m² letno, kar je za 3,04 kWh/m² več kot pri izhodiščni varianti A0. Prezračevalne izgube se glede na varianto A0 povečajo le od aprila do oktobra, od novembra do marca pa ne.

Prezračevalni pritoki znašajo 0,69 kWh/m² letno in so se glede na izhodiščno varianto zmanjšali za 1,28 kWh/m² oziroma za 65 %.

Transmisijske izgube so približno štirikrat manjše od prezračevalnih izgub in znašajo 18,78 kWh/m² letno, kar je za 2,43 kWh/m² več kot pri izhodiščni varianti A0. Transmisijski pritoki se pri varianti A0.25 pojavijo le v avgustu, vendar so zanemarljivo majhni, saj znašajo le 0,64 kWh/m².



Slika 10: Mesečne izgube in pritoki energije za varianto A0.25

Največje izgube energije pri varianti A0.25 so prezračevalne, za njimi transmisijske izgube skozi netransparentne dele ovoja (v nadaljevanju transmisijske izgube) in na koncu izgube skozi okna, kar je logično, saj imajo okna veliko manjšo površino kot zunanji ovoj stavbe. Solarni pritoki skozi okna so koristni predvsem od aprila do oktobra, ko pokrijejo skoraj vse transmisijske izgube in izgube skozi okna, vendar niso dovolj veliki, da bi pokrili tudi ventilacijske izgube. Pri tem je potrebno omeniti, da so v preglednici 15 in na sliki 10 prikazane mesečne vsote pritokov in izgub energije, kar pomeni, da pritoki skozi okna pokrijejo izgube v nekaterih sončnih dneh v mesecu, v ostalih oblačnih dneh in ponoči pa pritokov skozi okna ni.

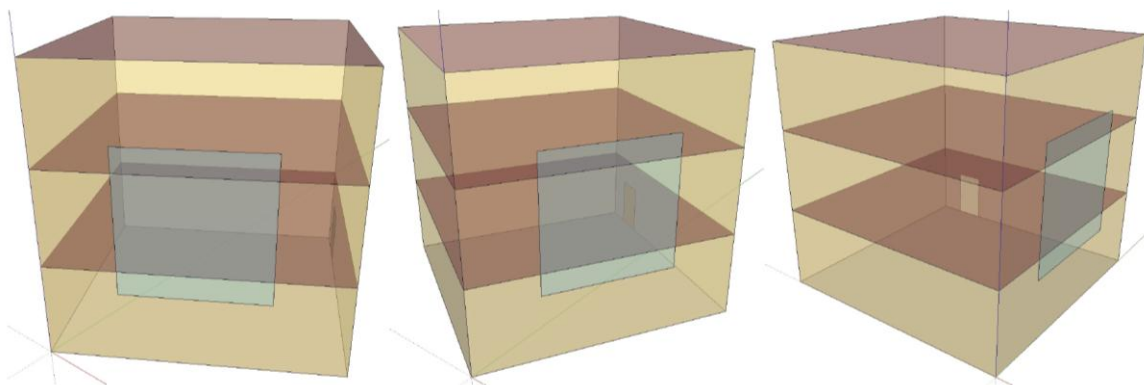
Preglednica 16: Notranje povprečne temperature za varianto A0.25

A0.25	Januar	Februar	Marec	April	Maj	Junij	Julij	Avgust	September	Oktober	November	December	Letna povprečna
T (°C)	20,00	20,00	20,00	20,19	20,58	21,11	23,71	24,13	21,06	20,38	20,00	20,00	20,93

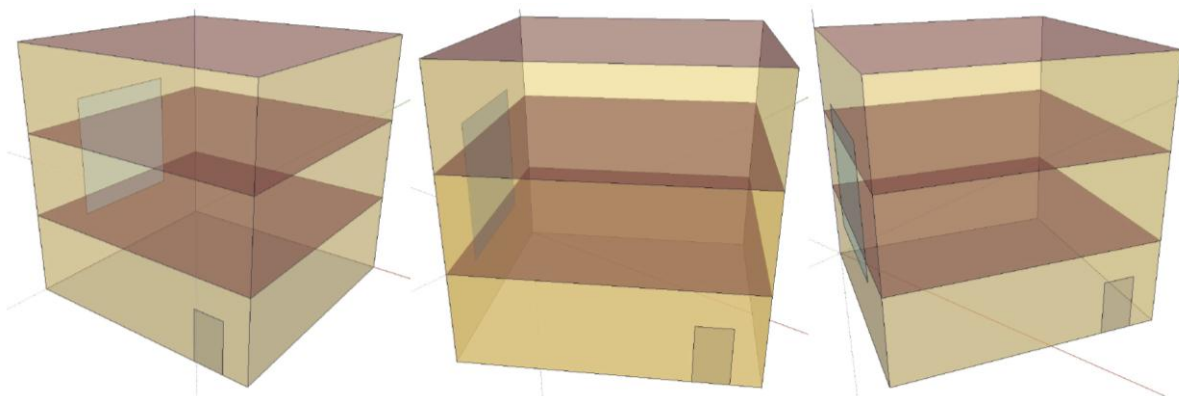
Povprečne temperature v stavbi so se v primerjavi z izhodiščno varianto A0 rahlo povečale, predvsem v juliju in avgustu, kar vpliva na to, da takrat skoraj ni potrebe po ogrevanju. Najvišja notranja povprečna temperatura se pojavi v avgustu in znaša 24,13 °C, kar je za 2,5 °C več kot pri izhodiščni varianti A0. Od novembra do marca je povprečna notranja temperatura enaka projektni temperaturi 20 °C. Povprečna letna temperatura v stavbi je 20,93 °C, kar je za 0,65 °C več kot pri varianti A0.

3.1.1 Rotacija variante A0.25

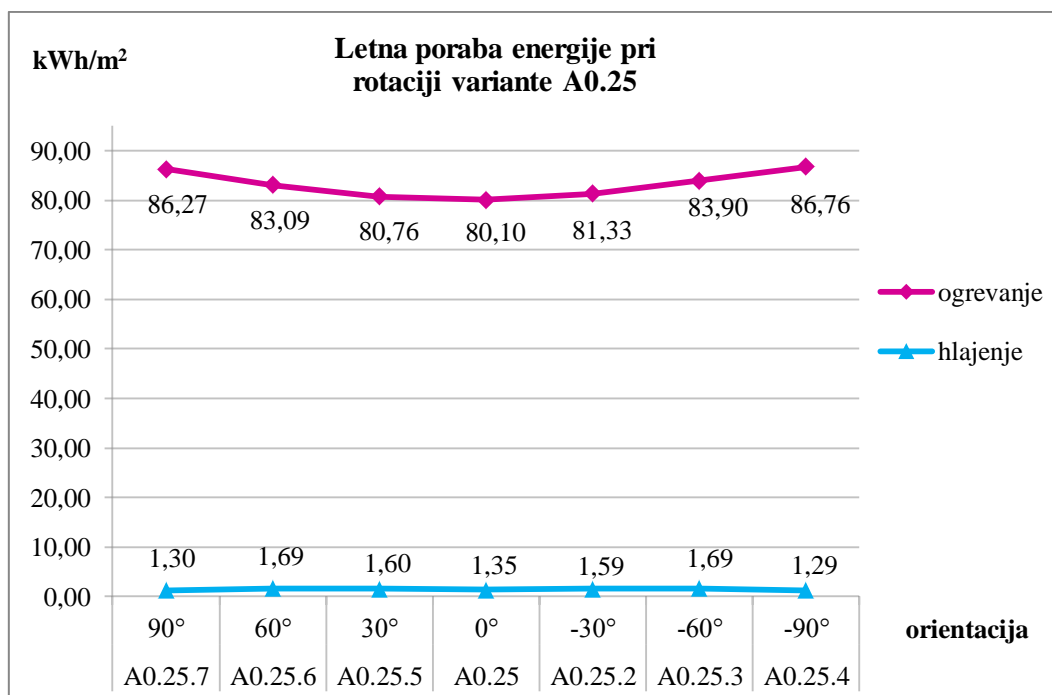
V analizi stavbe me je med drugim zanimalo, koliko orientacija objekta vpliva na porabo energije za ogrevanje in hlajenje, zato sem variante obračala proti vzhodu in zahodu po korakih 30° in sproti spremljala povprečno notranjo temperaturo, porabo energije za ogrevanje in hlajenje ter pritoke in izgube energije. Pri rotaciji stavbe za -90° je okno orientirano proti vzhodu, pri rotaciji za 90° pa proti zahodu, tako da je južna fasada v obeh primerih nezastekljena. S tem sem zajela tudi primere, kjer bi bila okna samo na vzhodni ali samo na zahodni fasadi stavbe in tako dobila vpogled v to, koliko pritokov in izgub skozi okna dobimo pri različnih orientacijah stavbe. Na slikah 11 in 12 so prikazane različne orientacije variante A0.25 v programu Google SketchUp [11].



Slika 11: Rotacija variante A0.25 proti vzhodu za -30° (levo), -60° (na sredini) in -90° (desno)



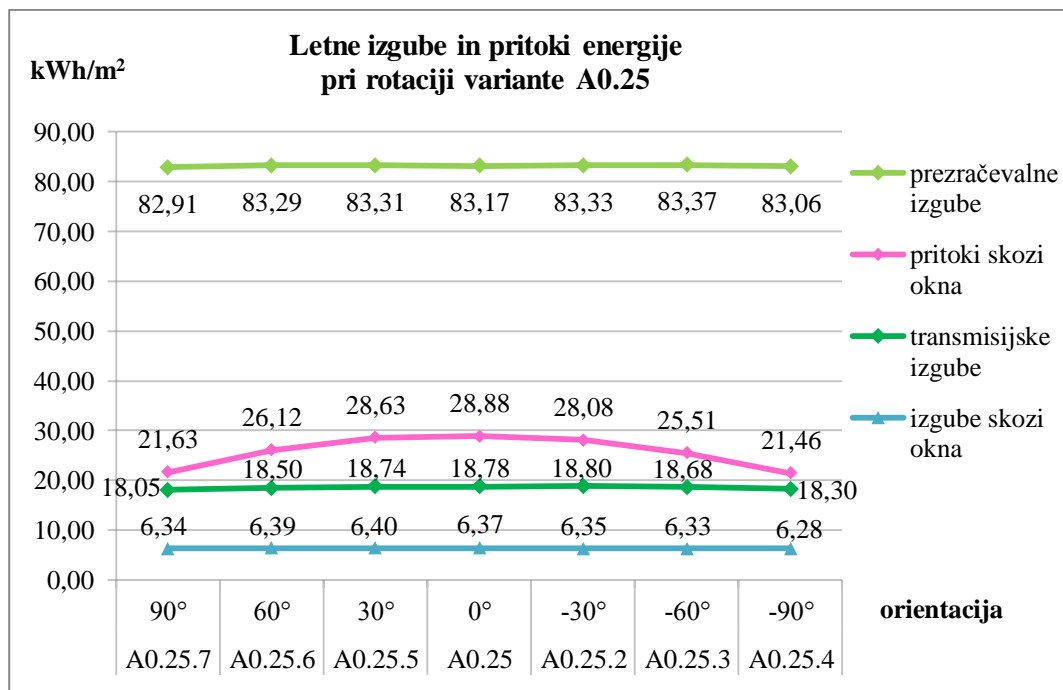
Slika 12: Rotacija variante A0.25 proti zahodu za 90° (levo), 60° (na sredini) in 30° (desno)



Slika 13: Letna poraba energije za ogrevanje in hlajenje pri rotaciji variante A0.25

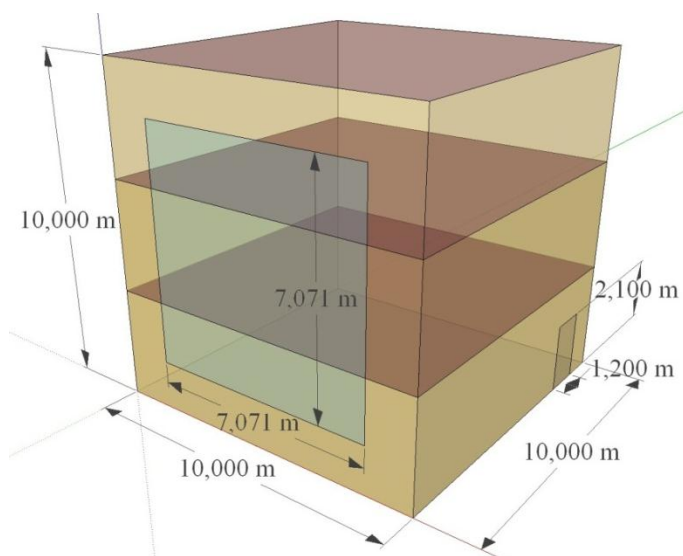
Iz slike 13 je razvidno, da rotacija stavbe A0.25 proti vzhodu in zahodu neugodno vpliva na porabo energije za ogrevanje. Najvišja poraba energije za ogrevanje se pojavi pri rotaciji proti vzhodu za -90° in znaša $86,67 \text{ kWh/m}^2$ letno, kar je za $6,66 \text{ kWh/m}^2$ letno več kot pri orientaciji 0° . Pri rotaciji variante A0.25 za -90° proti vzhodu je poraba energije za ogrevanje za $7,74 \text{ kWh/m}^2$ letno manjša kot pri izhodiščni varianti A0, kar pomeni, da je varianta z oknom na vzhodni fasadi vseeno bolj ugodna glede porabe energije za ogrevanje kot varianta brez oken. Potreba po energiji za hlajenje se povečuje do kota $\pm 60^\circ$, kjer doseže najvišji vrednosti $1,69 \text{ kWh/m}^2$ letno. Najmanjša potreba po energiji za hlajenje se pojavi pri rotaciji za -90° proti vzhodu in znaša $1,29 \text{ kWh/m}^2$, kar je za 23,7 % manj kot pri rotaciji za $\pm 60^\circ$. Vzrok za to, da se maksimalna poraba energije za hlajenje ne pojavi pri orientaciji 0° , je v vpadnem kotu sonca oziroma v kombinaciji intenzitete sončnega sevanja in geometrije. Poleti, ko je sonce visoko, je vpadni kot sonca preko dneva nižji pri orientacijah $\pm 30^\circ$ in $\pm 60^\circ$, zaradi česar lahko v stavbo preide več energije sončnega sevanja kot pri orientaciji 0° . Pri kotih, večjih od $\pm 60^\circ$, je vpadni kot sonca sicer nizek, vendar sonce prehaja v stavbo le zgodaj dopoldne ali pozno popoldne, ko je intenziteta sončnega sevanja nizka.

Na sliki 14 so prikazane letne izgube in pritoki energije pri rotaciji variante A0.25. Največje pritoke energije skozi okna dobimo pri orientaciji 0° , najmanjše pa pri rotacijah za $\pm 90^\circ$ proti vzhodu in zahodu, kar je logično, saj sta pri vzhodni in zahodni orientaciji zasteklitve intenziteta sončnega sevanja in čas obsevanja najmanjša. Ker se pri rotaciji zmanjšujejo pritoki skozi okna, se povečuje poraba energije za ogrevanje. Prezračevalne izgube, transmisijske izgube in izgube skozi okna se pri rotaciji proti vzhodu in zahodu zmanjšajo, vendar je razlika zanemarljivo majhna.



Slika 14: Letne izgube in pritoki energije pri rotaciji variante A0.25

3.2 Varianta A0.50



Slika 15: Varianta A0.50

Pri varianti A0.50 sem površino zasteklitve povečala na 50 m², tako da je zastekljene 50 % južne fasade, razmerje okno/stena za celotno stavbo pa znaša 12,5 %. Dimenzije okna so 7,071 × 7,071 m, zunanje dimenzije stavbe pa ostajajo 10 × 10 × 10 m in dimenzije vhodnih vrat 1,2 × 2,1 m. Površina zunanjih sten znaša 350 m² in prostornina stavbe 1000 m³. Orientacija stavbe je 0°, kar pomeni, da je okno orientirano proti jugu. Faktor oblike stavbe je 0,6 m⁻¹.

Preglednica 17: Poraba energije ter pritoki in izgube energije za varianto A0.50

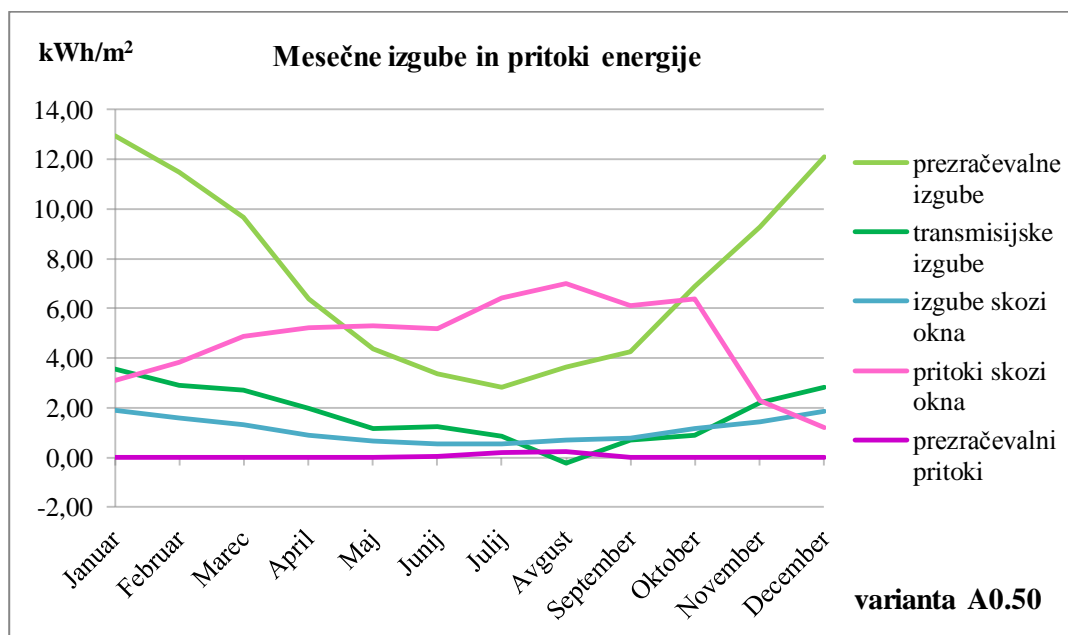
Varianta A0.50	ENERGIJA (kWh/m ²)		PRITOKI (kWh/m ²)		IZGUBE (kWh/m ²)		
	ogrevanje	hlajenje	prezračevanje	okna	prezračevanje	okna	transmisijske
Januar	15,28	0,00	0,00	3,11	12,93	1,90	3,56
Februar	12,15	0,00	0,00	3,83	11,48	1,59	2,90
Marec	8,81	0,00	0,00	4,87	9,67	1,31	2,70
April	4,06	0,01	0,00	5,22	6,38	0,91	1,97
Maj	0,98	0,05	0,01	5,30	4,39	0,67	1,18
Junij	0,10	0,18	0,04	5,19	3,38	0,54	1,23
Julij	0,00	2,35	0,18	6,40	2,84	0,53	0,85
Avgust	0,01	3,14	0,25	7,02	3,66	0,69	-0,21
September	0,15	0,49	0,00	6,09	4,27	0,76	0,71
Oktober	2,67	0,12	0,00	6,39	6,89	1,15	0,90
November	10,61	0,00	0,00	2,30	9,27	1,43	2,20
December	15,62	0,00	0,00	1,20	12,11	1,86	2,85
Skupaj letno	70,43	6,35	0,48	56,91	87,27	13,35	20,85
Skupna letna poraba energije za ogrevanje in hlajenje						76,78	(kWh/m ²)

Skupna letna potreba po energiji za ogrevanje in hlajenje znaša 76,78 kWh/m² in se je glede na izhodiščno varianto brez zasteklitve zmanjšala za 17,72 kWh/m² ali 18,7 %, glede na varianto A0.25 s 25 % zasteklitvijo pa za 4,68 kWh/m² oziroma 5,7 %. Za ogrevanje je potrebnih 70,43 kWh/m² energije letno, kar je za 24,07 kWh/m² ali 25,5 % manj kot pri izhodiščni varianti in za 9,67 kWh/m² ali 12 % manj kot pri varianti A0.25. Za hlajenje je potrebnih 6,35 kWh/m² energije letno, kar je za 5 kWh/m² letno več kot pri varianti A0.25. S povečanjem površine oken na južni fasadi se je torej za 9,67 kWh/m² letno zmanjšala potreba po energiji za ogrevanje in za 5 kWh/m² letno povečala potreba po energiji za hlajenje. Poraba energije za ogrevanje se je glede na varianti A0 in A0.25 zmanjšala od januarja do novembra, v decembru pa se je rahlo povečala.

Pritoki skozi okna znašajo 56,91 kWh/m² letno, kar je za 97,6 % več kot pri varianti A0.25. Ogrevalna sezona se je na račun pritokov skozi okna glede na varianto A0.25 skrajšala in traja od oktobra do maja, vendar je potreba po ogrevanju v maju majhna v primerjavi z ostalimi meseci. Potreba po energiji za hlajenje je največja v juliju in avgustu, v ostalih poletnih mesecih pa je zanemarljivo majhna. Izgube skozi okna so se povečale za 109 % glede na varianto A0.25 in znašajo 13,35 kWh/m² letno.

Transmisijske izgube so se glede na varianto A0.25 povečale za 11 %, glede na izhodiščno varianto A0 pa za 27,5 %. Prezračevalne izgube so se glede na izhodiščno varianto povečale za 8,9 %, glede na varianto A0.25 pa za 4,9 %. Prezračevalne in transmisijske izgube se glede na varianti A0 in A0.25 povečajo predvsem od aprila do oktobra. Vzrok za to, da se pri povečanju površine zasteklitve povečajo transmisijske in prezračevalne izgube je v tem, da imamo pri večji površini zasteklitve v stavbi večje solarne pritoke, torej več energije in posledično se s prezračevanjem in preko transmisijskih izgub tudi več energije izgubi. Prezračevalne izgube so v poletnih mesecih koristne, saj

iz stavbe odvajajo odvečno energijo, ki se pojavi zaradi pritokov skozi okna in tako zmanjšujejo potrebo po energiji za hlajenje.



Slika 16: Mesečne izgube in pritoki energije za varianto A0.50

Največje izgube energije so tudi pri varianti A0.50 prežračevalne izgube, za njimi transmisijске in na koncu izgube skozi okna. Pritoki skozi okna ugodno vplivajo na zmanjšanje energije za ogrevanje v vseh zimskih mesecih, vendar niso dovolj veliki, da bi pokrili tudi prežračevalne izgube. V juniju in septembru pritoki skozi okna pokrijejo skoraj vso potrebo po energiji za ogrevanje, v juliju in avgustu pa so v presežku, zaradi česar se stavba pregreva in potrebno je hlajenje. Pritoki skozi okna so večji od izgub skozi okna v vseh mesecih, razen v decembru. Transmisijске izgube so večje od izgub skozi okna v skoraj vseh mesecih, kar je logično, saj ima zunanji ovoj stavbe veliko večjo površino kot okna.

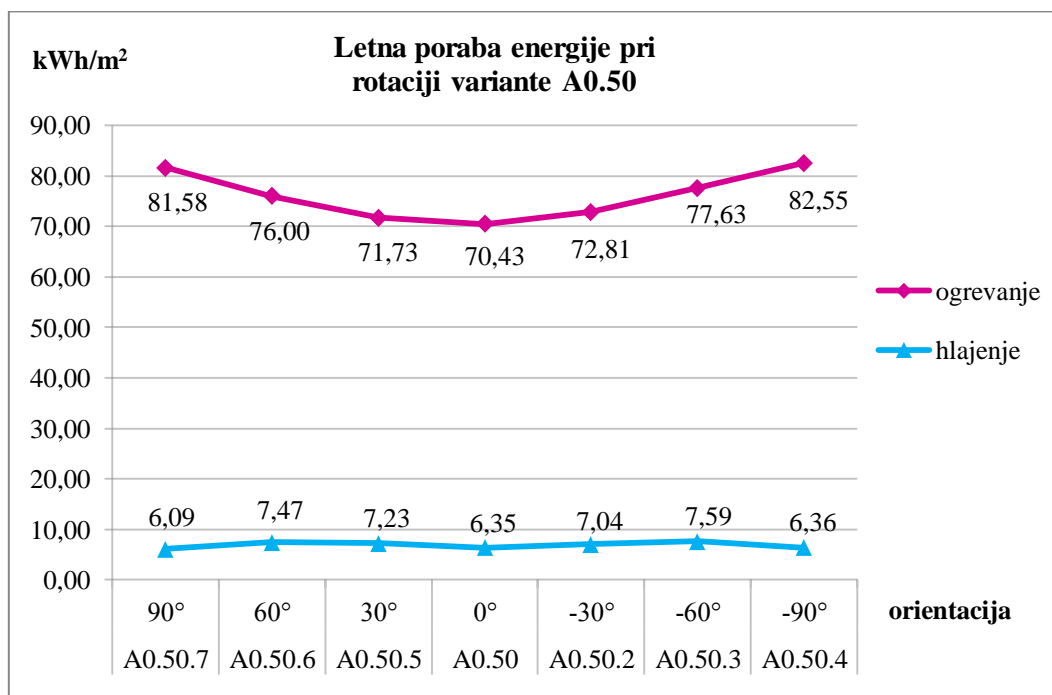
Preglednica 18: Notranje povprečne temperature za varianto A0.50

A0.50	Januar	Februar	Marec	April	Maj	Junij	Julij	Avgust	September	Oktober	November	December	Letna povprečna
T (°C)	20,01	20,05	20,13	20,73	21,60	22,61	25,02	24,81	22,52	21,35	20,05	20,00	21,57

Notranje povprečne mesečne temperature so pri varianti A0.50 od maja do oktobra za približno 1 °C višje kot pri varianti A0.25. Najvišja povprečna notranja temperatura se tokrat pojavi v juliju in znaša 25,02 °C, kar je za 1,3 °C več kot pri varianti A0.25 in za 3,72 °C več kot pri izhodiščni varianti A0. Notranja povprečna temperatura je v decembru enaka projektni temperaturi 20 °C, v ostalih zimskih mesecih pa zaradi pritokov skozi okna rahlo naraste, kar ugodno vpliva na porabo energije za

ogrevanje. Povprečna letna temperatura v stavbi je 21,57 °C, kar je za 0,64 °C več kot pri varianti A0.25 in za 1,29 °C več kot pri izhodiščni varianti A0.

3.2.1 Rotacija variante A0.50

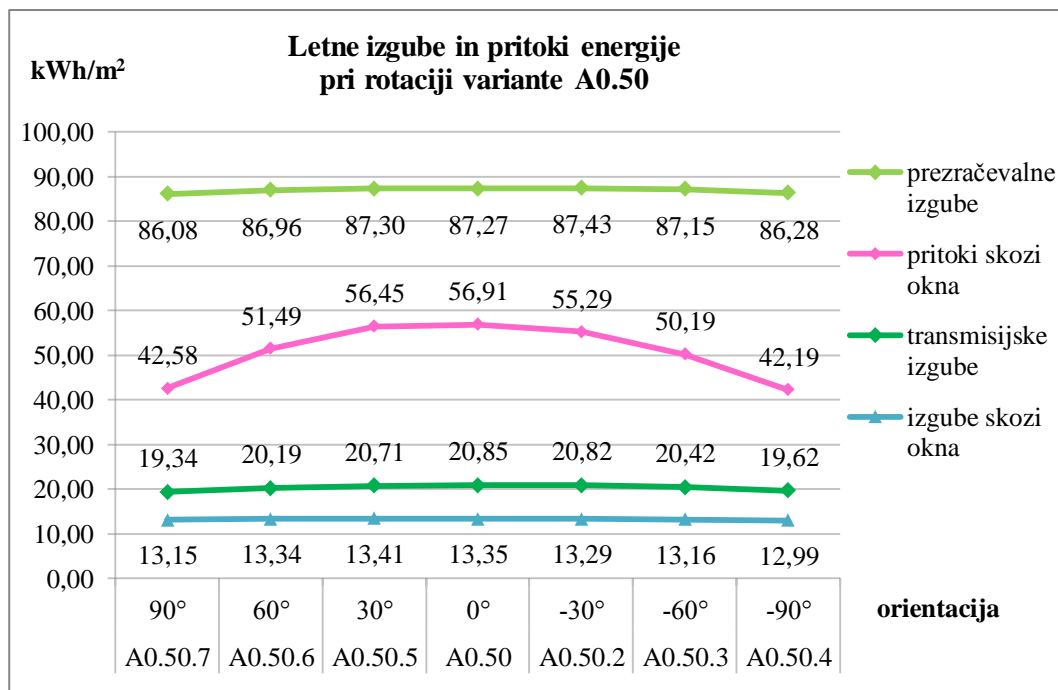


Slika 17: Letna poraba energije za ogrevanje in hlajenje pri rotaciji variante A0.50

Na sliki 17 je prikazana letna poraba energije za ogrevanje in hlajenje v odvisnosti od orientacije za variante A0.50 – A0.50.7. Poraba energije za ogrevanje se pri rotaciji proti vzhodu in zahodu povečuje in doseže najvišjo vrednost pri orientaciji -90°, in sicer 82,55 kWh/m² letno, kar je za 12,12 kWh/m² letno več kot pri orientaciji 0°. Potreba po energiji za hlajenje se pri rotaciji najprej povečuje do kota ±60° in nato zmanjša pri kotu ±90°. Najvišjo porabo energije za hlajenje dobimo pri rotaciji stavbe za -60° proti vzhodu, in sicer 7,59 kWh/m² letno, kar je za 1,24 kWh/m² več kot pri orientaciji 0°. Najmanjšo vrednost porabe energije za hlajenje dobimo pri rotaciji za 90° proti zahodu, in sicer 6,09 kWh/m² letno. Pri rotaciji stavbe za ±90° proti vzhodu in zahodu dobimo torej večjo porabo energije za ogrevanje in manjšo porabo energije za hlajenje, vendar so pri hlajenju bistveno manjše razlike kot pri ogrevanju.

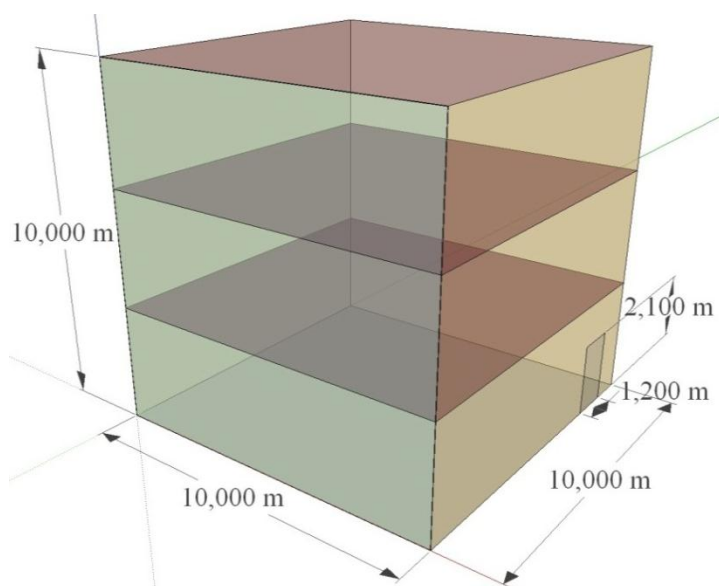
Pri rotaciji stavbe proti vzhodu in zahodu se transmisijske izgube zmanjšajo za približno 1 kWh/m² letno, izgube skozi okna pa za manj kot 0,5 kWh/m² letno, kar je razvidno iz slike 18. Prezračevalne izgube se povečajo pri rotaciji za ±30°, pri rotacijah za ±60° in za ±90° pa se zmanjšajo, vendar so razlike zanemarljivo majhne. Do največjih razlik pride pri pritokih skozi okna, ki se pri rotaciji stavbe za -90° od juga proti vzhodu zmanjšajo za kar 14,72 kWh/m² letno, kar vpliva na višjo potrebo po

energiji za ogrevanje in nižjo potrebo po energiji za hlajenje. Ker imamo v stavbi največji prtok energije pri orientaciji 0° , so posledično tudi prezračevalne izgube, transmissijske izgube in izgube skozi okna pri orientaciji 0° največje.



Slika 18: Letne izgube in pritoki energije pri rotaciji variante A0.50

3.3 Varianta A0.100



Slika 19: Varianta A0.100

Pri varianti A0.100 sem zasteklitev povečala na 100 %, tako da dimenzije oken sovpadajo z dimenzijami južne fasade. Razmerje okno/stena za celotno stavbo je 25 %. Zunanje dimenzije stavbe

so $10 \times 10 \times 10$ m, površina zunanjih sten je 300 m^2 , površina strehe in temeljnih tal 100 m^2 in površina vhodnih vrat $2,52 \text{ m}^2$. Celotna površina stavbe je 600 m^2 , prostornina 1000 m^3 in faktor oblike $0,6 \text{ m}^{-1}$. Orientacija stavbe je 0° , tako da sever stavbe sovpada s pravim severom.

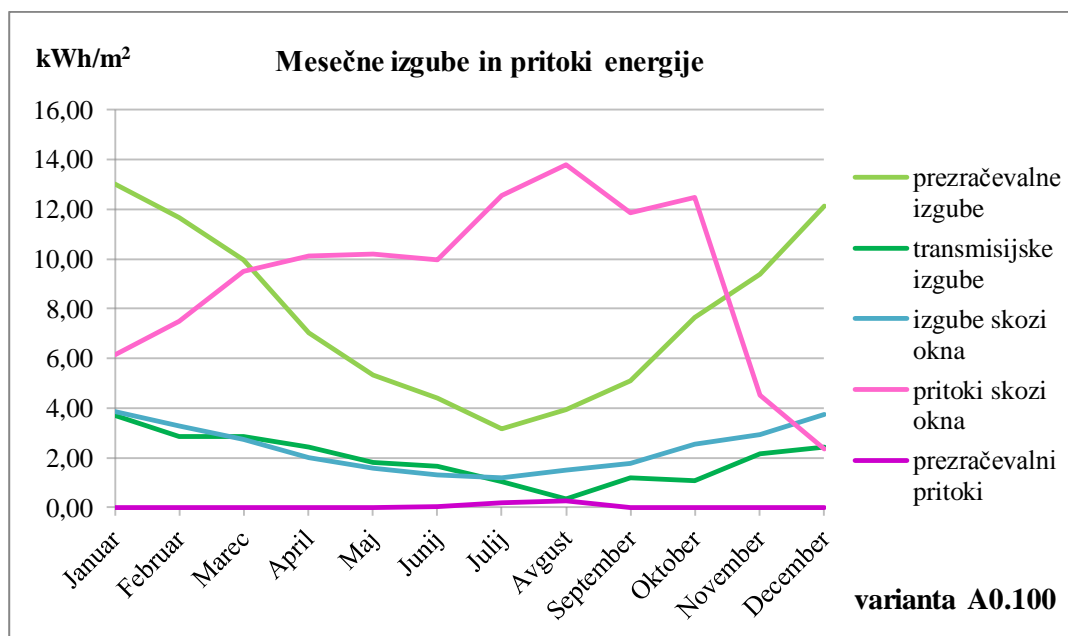
Preglednica 19: Poraba energije ter pritoki in izgube energije za varianto A0.100

Varianta A0.100	ENERGIJA (kWh/m ²)		PRITOKI (kWh/m ²)		IZGUBE (kWh/m ²)		
	ogrevanje	hlajenje	prezračevanje	okna	prezračevanje	okna	transmisijske
Januar	14,49	0,02	0,00	6,12	13,03	3,87	3,69
Februar	10,44	0,13	0,00	7,49	11,68	3,28	2,85
Marec	6,42	0,34	0,00	9,50	9,97	2,75	2,87
April	2,33	1,02	0,00	10,13	7,02	2,00	2,42
Maj	0,14	1,65	0,01	10,20	5,33	1,57	1,80
Junij	0,00	2,62	0,04	9,96	4,40	1,32	1,66
Julij	0,00	7,31	0,18	12,54	3,17	1,19	1,05
Avgust	0,00	8,26	0,25	13,79	3,94	1,49	0,35
September	0,01	3,81	0,00	11,87	5,10	1,78	1,18
Oktober	1,56	2,80	0,00	12,49	7,63	2,55	1,06
November	9,98	0,03	0,00	4,52	9,40	2,93	2,14
December	15,94	0,00	0,00	2,36	12,13	3,75	2,42
Skupaj letno	61,32	27,99	0,48	110,96	92,80	28,47	23,49
Skupna letna poraba energije za ogrevanje in hlajenje						89,31	(kWh/m ²)

Skupna letna potreba po energiji za ogrevanje in hlajenje variante A0.100 znaša $89,31 \text{ kWh/m}^2$, kar je za $16,3 \%$ več kot pri varianti A0.50 in za $5,5 \%$ manj kot pri izhodiščni varianti A0. Za ogrevanje variante A0.100 je letno potrebnih $61,32 \text{ kWh/m}^2$ energije, kar je za $12,9 \%$ ali $9,11 \text{ kWh/m}^2$ letno manj kot pri varianti A0.50, za hlajenje pa je potrebnih $27,99 \text{ kWh/m}^2$ energije letno, kar je za skoraj 341% več kot pri varianti A0.50. Poraba energije za ogrevanje se je torej glede na varianto A0.50 zmanjšala, močno pa se je povečala poraba energije za hlajenje. Potreba po energiji za ogrevanje se pri varianti A0.100 pojavi od oktobra do aprila.

Pritoki skozi okna so se glede na varianto A0.50 povečali za 95% , kar je logično, saj se je površina oken glede na varianto A0.50 povečala za 100% . Izgube skozi okna znašajo $28,47 \text{ kWh/m}^2$ letno in so skoraj štirikrat manjše od pritokov skozi okna. Prezračevalne izgube so tudi pri varianti A0.100 največje med izgubami in znašajo $92,80 \text{ kWh/m}^2$ letno, kar je za 6% več kot pri varianti A0.50 in za $15,8 \%$ več kot pri izhodiščni varianti A0. Prezračevalne izgube so se glede na varianti A0 in A0.50 povečale predvsem od aprila do oktobra.

Transmisijske izgube so se glede na varianto A0.50 povečale za $12,7 \%$ in znašajo $23,49 \text{ kWh/m}^2$ letno.



Slika 20: Mesečne izgube in pritoki energije za varianto A0.100

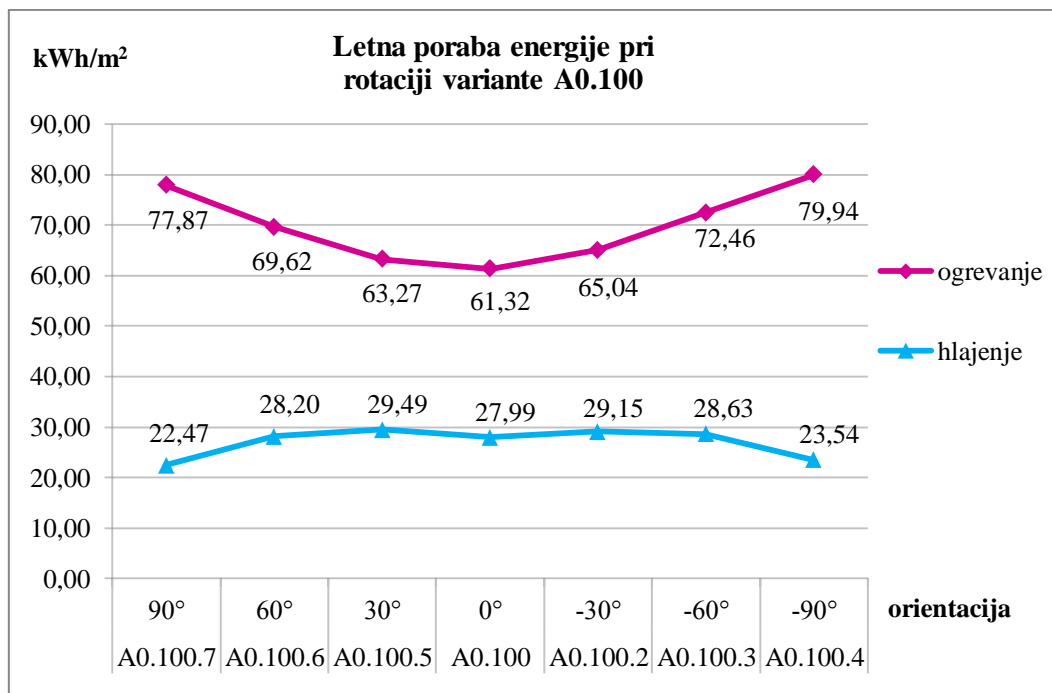
Pritoki skozi okna so pri varianti A0.100 večji od prežračevalnih izgub, vendar so koristni le od septembra do junija, ko zmanjšujejo potrebo po energiji za ogrevanje, v poletnih mesecih pa povzročajo pregrevanje stavbe, zaradi česar je potrebno hlajenje. Izgube skozi okna so pri varianti A0.100 od julija do februarja večje od transmisijskih izgub, kar pomeni, da se takrat več toplote izgubi skozi okna kot pa skozi zunanji ovoj. To pomeni, da kljub temu, da je površina oken petkrat manjša od površine zunanjega ovoja, ima toplotna prehodnost oken prevladujoč pomen, saj je ta skoraj sedemkrat večja od toplotne prehodnosti zunanjega ovoja stavbe. Pritoki skozi okna so večji od izgub skozi okna v vseh mesecih, razen decembra, ko so dnevi krajši in imamo v Ljubljani v povprečju najmanj sončnih ur [19].

Preglednica 20: Notranje povprečne temperature za varianto A0.100

A0.100	Januar	Februar	Marec	April	Maj	Junij	Julij	Avgust	September	Oktober	November	December	Letna povprečna
T (°C)	20,18	20,42	20,66	21,87	23,27	24,47	25,60	25,30	24,01	22,62	20,27	20,03	22,39

V preglednici 20 so prikazane povprečne notranje temperature za varianto A0.100. Povprečne notranje temperature so glede na varianto A0.50 od aprila do oktobra višje za približno 1 °C, najvišja povprečna notranja temperatura v juliju pa je višja za 0,58 °C in znaša 25,60 °C. Od novembra do marca povprečna notranja temperatura glede na prejšnje variante naraste in je višja od projektne temperature 20 °C, kar pomeni, da okna v vseh zimskih mesecih vplivajo na višje notranje temperature in s tem na nižjo potrebo po energiji za ogrevanje. Povprečna letna temperatura se je glede na varianto A0.50 povečala za 0,82 °C in znaša 22,39 °C.

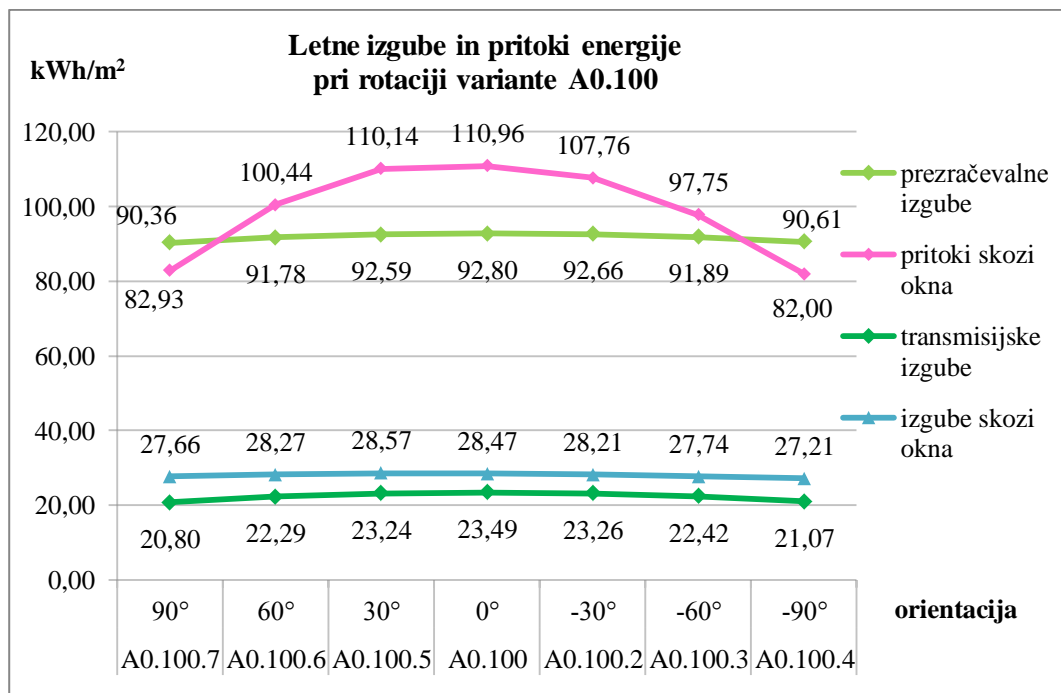
3.3.1 Rotacija variante A0.100



Slika 21: Poraba energije pri rotaciji variante A0.100

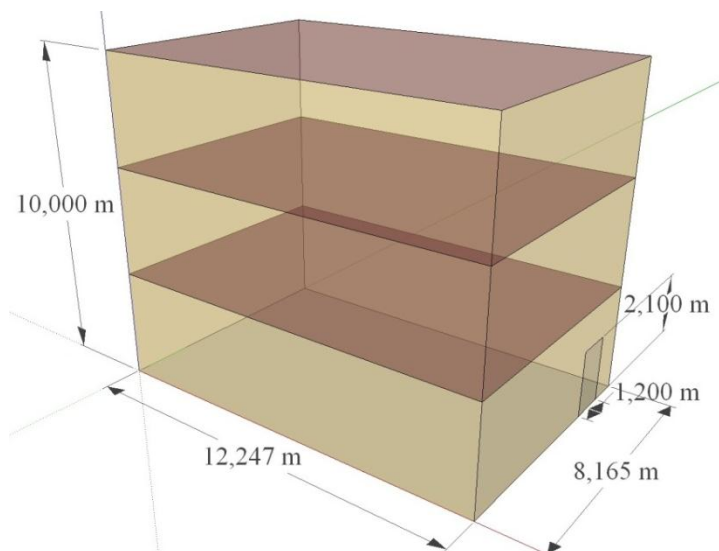
Na sliki 21 je prikazana letna poraba energije za ogrevanje in hlajenje pri rotaciji variante A0.100. Rotacija proti vzhodu in zahodu neugodno vpliva na letno porabo energije za ogrevanje, saj se pri rotaciji za -90° proti vzhodu poveča za kar $18,62 \text{ kWh/m}^2$ oziroma za $30,4 \%$. Za razliko od variant A0.25 in A0.50 se potreba po energiji za hlajenje pri varianti A0.100 povečuje do kota $\pm 30^\circ$, pri nadaljnji rotaciji proti vzhodu in zahodu pa se zmanjšuje. Pritoki skozi okna v poletnih mesecih in posledično poraba energije za hlajenje torej ni odvisna le od vpadnega kota sonca in intenzitete sončnega sevanja, ampak tudi od površine zasteklitve. Najmanjša letna potreba po energiji za hlajenje se pri varianti A0.100 pojavi pri rotaciji za 90° proti zahodu in znaša $22,47 \text{ kWh/m}^2$, kar je za $5,52 \text{ kWh/m}^2$ oziroma $19,7 \%$ manj kot pri orientaciji 0° . Rotacija stavbe proti vzhodu in zahodu torej neugodno vpliva na porabo energije za ogrevanje, ugodno pa vpliva na porabo energije za hlajenje, vendar le pri kotih, ki so večji od 30° .

Na sliki 22 so prikazane letne izgube in pritoki energije pri rotaciji variante A0.100. Do največjih razlik glede letnih pritokov in izgub energije pri rotaciji stavbe A0.100 pride pri pritokih skozi okna, ki se pri rotaciji za -90° proti vzhodu zmanjšajo za kar $28,96 \text{ kWh/m}^2$ oziroma za 26% , kar vpliva na večjo potrebo po energiji za ogrevanje, hkrati pa na manjše prezračevalne izgube, transmisijske izgube in izgube skozi okna. Iz slike 22 je razvidno, da so pritoki skozi okna pri rotaciji do kota $\pm 60^\circ$ večji od prezračevalnih izgub. Transmisijske izgube, izgube skozi okna in prezračevalne izgube se pri rotaciji za $\pm 90^\circ$ proti vzhodu in zahodu zmanjšajo za približno 2 kWh/m^2 letno.



Slika 22: Letne izgube in pritoki energije pri rotaciji variante A0.100

3.4 Varianta A1



Slika 23: Varianta A1

Pri analizi stavbe me je med drugim zanimalo, koliko oblika stavbe vpliva na porabo energije za ogrevanje in hlajenje. Stavbo sem zato razširila v razmerju 1:1,5 v smeri vzhod-zahod tako, da površina tlorisa ostaja 100 m², uporabna površina 300 m², prostornina stavbe 1000 m³ in etažna višina 3,33 m. Zunanje dimenzije stavbe so 12,247 × 8,165 × 10 m, površina zunanjih sten znaša 408,24 m², faktor oblike stavbe je 0,61 m⁻¹ in orientacija stavbe je 0°. Skupna površina stavbe znaša 608,24 m² in se je glede na izhodiščno varianto A0 povečala za 1,4 %. Površina južne in severne fasade se je

povečala iz 100 m² na 122,47 m², površina vzhodne in zahodne fasade pa se je zmanjšala iz 100 m² na 81,65 m². Na stavbi ni nobenih odprtih, razen vhodnih vrat širine 1,2 m in višine 2,1 m.

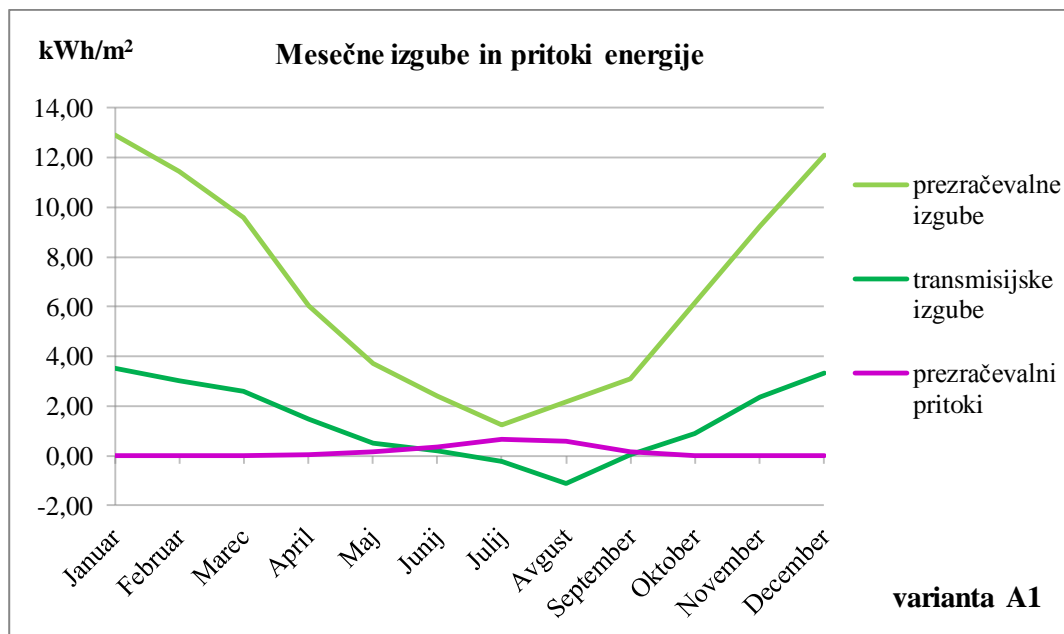
Preglednica 21: Poraba energije ter pritoki in izgube energije za varianto A1

Varianta A1	ENERGIJA (kWh/m ²)		PRITOKI (kWh/m ²)		IZGUBE (kWh/m ²)		
	ogrevanje	hlajenje	prezračevanje	okna	prezračevanje	okna	transmisijske
Januar	16,46	0,00	0,00	0,00	12,92	0,00	3,54
Februar	14,47	0,00	0,00	0,00	11,45	0,00	3,01
Marec	12,19	0,00	0,00	0,00	9,59	0,00	2,60
April	7,45	0,00	0,05	0,00	6,04	0,00	1,46
Maj	4,03	0,00	0,18	0,00	3,71	0,00	0,50
Junij	2,27	0,00	0,36	0,00	2,41	0,00	0,22
Julij	0,36	0,00	0,67	0,00	1,24	0,00	-0,21
Avgust	0,49	0,00	0,57	0,00	2,18	0,00	-1,12
September	2,97	0,00	0,14	0,00	3,08	0,00	0,03
Oktober	7,01	0,00	0,02	0,00	6,14	0,00	0,89
November	11,61	0,00	0,00	0,00	9,25	0,00	2,37
December	15,45	0,00	0,00	0,00	12,11	0,00	3,34
Skupaj letno	94,77	0,00	1,98	0,00	80,12	0,00	16,62
Skupna letna poraba energije za ogrevanje in hlajenje						94,77	(kWh/m ²)

Pri varianti A1 znaša letna potreba po energiji za ogrevanje 94,77 kWh/m², kar je za 0,27 kWh/m² letno več kot pri izhodiščni varianti A0. Za hlajenje energija ni potrebna, saj se stavba v poletnih mesecih ne pregreva.

Prezračevalne izgube znašajo 80,12 kWh/m² letno in so skoraj petkrat večje od transmisijskih izgub, ki znašajo 16,62 kWh/m² letno. Glede na izhodiščno varianto A0 se prezračevalne izgube niso bistveno spremenile, transmisijske izgube pa so se povečale za 0,27 kWh/m² letno. Vzrok za razlike je v povečanju faktorja oblike, saj ima varianta A1 pri enaki kondicionirani prostornini večjo površino zunanjih sten, skozi katere se izgublja toplota. Pri povečanju faktorja oblike za 1,7 % se je torej poraba energije za ogrevanje povečala za 0,3 %, prav za toliko, kot so se povečale transmisijske izgube.

Iz slike 24 je razvidno, da se v juliju in avgustu pojavijo transmisijski pritoki skozi zunanji ovoj stavbe. Ti znašajo 1,33 kWh/m² letno in so se glede na izhodiščno varianto A0 zmanjšali za 0,02 kWh/m². Izgub in pritokov skozi okna pri varianti A1 ni, saj stavba nima zastekljenih površin.



Slika 24: Mesečne izgube in pritoki energije za varianto A1

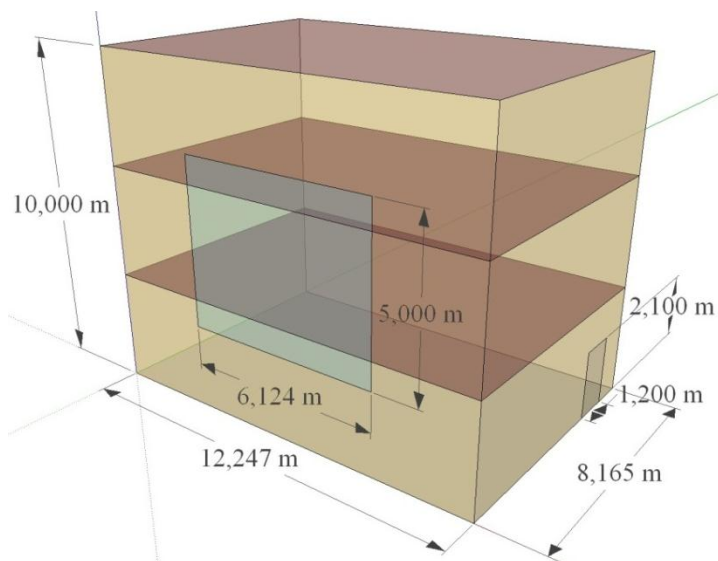
Preglednica 22: Notranje povprečne temperature za varianto A1

A1	Januar	Februar	Marec	April	Maj	Junij	Julij	Avgust	September	Oktober	November	December	Letna povprečna
T (°C)	20,00	20,00	20,00	20,01	20,09	20,25	21,30	21,62	20,09	20,01	20,00	20,00	20,28

Notranje povprečne mesečne temperature se glede na izhodiščno varianto A0 zmanjšajo le v juliju in avgustu, in sicer za 0,01 °C. Od septembra do maja so notranje povprečne mesečne temperature približno enake 20 °C. Zaradi nizkih notranjih temperatur v stavbi je ogrevanje potrebno skozi vse leto, vendar je v juliju in avgustu potreba po energiji za ogrevanje majhna v primerjavi z ostalimi meseci. Povprečna letna temperatura v stavbi je 20,28 °C in je približno enaka kot pri izhodiščni varianti A0.

3.5 Varianta A1.25

Na južno fasado variante A1 sem dodala okno v izmeri 30,62 m², tako da je zastekljene 25 % južne fasade. Razmerje okno/stena za celotno stavbo je 7,5 %. Dimenzije zasteklitve so 6,124 × 5 m, zunanje dimenzije stavbe 12,247 × 8,165 × 10 m, površina zunanjih sten znaša 377,61 m² in površina strehe in temeljnih tal 100 m². Prostornina stavbe je 1000 m³ in faktor oblike 0,6 m⁻¹. Skupna uporabna površina stavbe znaša 300 m². Okno je orientirano proti jugu.



Slika 25: Varianta A1.25

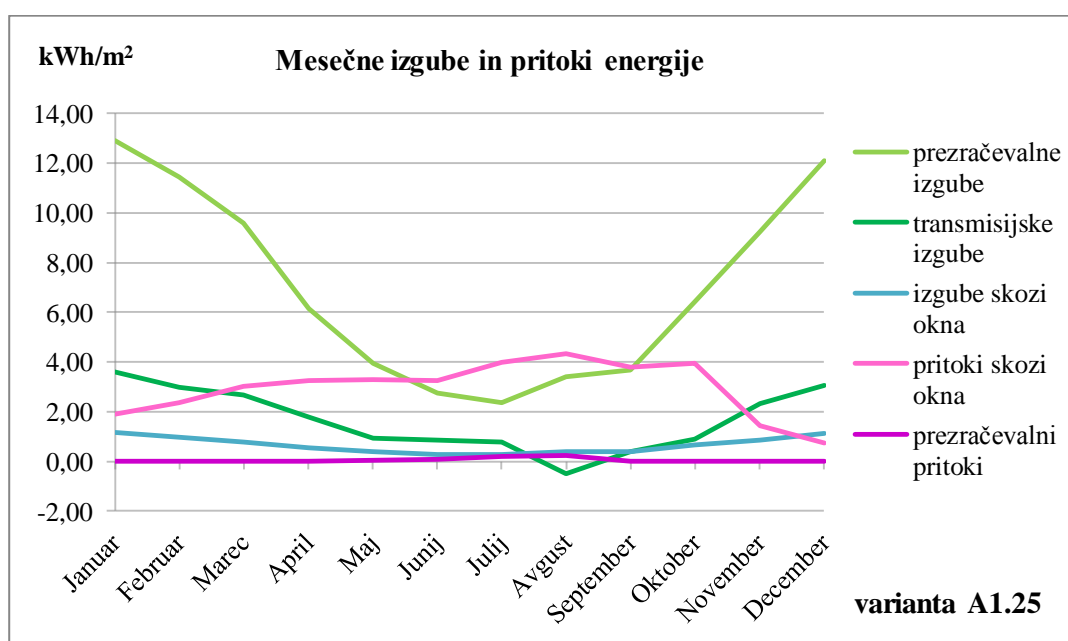
Preglednica 23: Poraba energije ter pritoki in izgube energije za varianto A1.25

Varianta A1.25	ENERGIJA (kWh/m ²)		PRITOKI (kWh/m ²)		IZGUBE (kWh/m ²)		
	ogrevanje	hlajenje	prezračevanje	okna	prezračevanje	okna	transmisijske
Januar	15,75	0,00	0,00	1,91	12,92	1,16	3,59
Februar	13,04	0,00	0,00	2,35	11,45	0,96	2,98
Marec	10,07	0,00	0,00	3,00	9,60	0,79	2,68
April	5,22	0,00	0,00	3,23	6,14	0,53	1,78
Maj	1,90	0,00	0,04	3,30	3,95	0,37	0,92
Junij	0,55	0,00	0,09	3,25	2,77	0,29	0,84
Julij	0,00	0,75	0,19	3,98	2,35	0,28	0,79
Avgust	0,03	1,34	0,25	4,33	3,39	0,40	-0,51
September	0,70	0,02	0,01	3,78	3,66	0,41	0,41
Oktober	4,03	0,00	0,00	3,95	6,43	0,66	0,90
November	11,01	0,00	0,00	1,42	9,25	0,87	2,31
December	15,58	0,00	0,00	0,74	12,11	1,14	3,07
Skupaj letno	77,88	2,11	0,60	35,25	84,01	7,86	19,75
Skupna letna poraba energije za ogrevanje in hlajenje						79,99	(kWh/m ²)

Pri varianti A1.25 znaša letna potreba po energiji za ogrevanje 77,88 kWh/m², kar je za 17,8 % oziroma 16,9 kWh/m² manj kot pri varianti A1 brez oken. Zaradi pritokov skozi okna se pri varianti A1.25 pojavi potreba po energiji za hlajenje, ki znaša 2,11 kWh/m² letno. Skupna letna poraba energije za ogrevanje in hlajenje tako znaša 79,99 kWh/m², kar je za 15,6 % manj kot pri varianti A1. Prezračevalne izgube znašajo 84,01 kWh/m² letno in so se glede na varianto A1 povečale predvsem od aprila do oktobra, in sicer za 3,89 kWh/m². Prezračevalni pritoki so se glede na varianto A1 zmanjšali za 1,38 kWh/m² oziroma za 69,7 % in znašajo 0,60 kWh/m² letno.

Pritoki skozi okna letno znašajo 35,25 kWh/m² in so približno štirikrat večji od izgub skozi okna, ki znašajo 7,86 kWh/m².

Na sliki 26 so grafično prikazane mesečne izgube in pritoki energije za varianto A1.25. Transmisijske izgube so skozi vse leto večje od izgub skozi okna, kar je razumljivo, saj ima zunanji ovoj stavbe bistveno večjo površino kot okna. V avgustu imajo transmisijske izgube negativno vrednost, kar pomeni, da se takrat pojavijo transmisijski pritoki skozi zunanji ovoj stavbe, vendar pa so ti zanemarljivo majhni, saj znašajo le $0,51 \text{ kWh/m}^2$. Pritoki skozi okna so v vseh mesecih, razen v decembru, večji od izgub skozi okna. Prezračevalne izgube imajo največje vrednosti od vseh izgub in imajo v zimskih mesecih največji vpliv na porabo energije za ogrevanje, v poletnih mesecih pa so koristne, saj iz stavbe odvajajo energijo, ki se pojavi zaradi pritokov skozi okna, in tako zmanjšujejo potrebo po energiji za hlajenje.



Slika 26: Mesečne izgube in pritoki energije za varianto A1.25

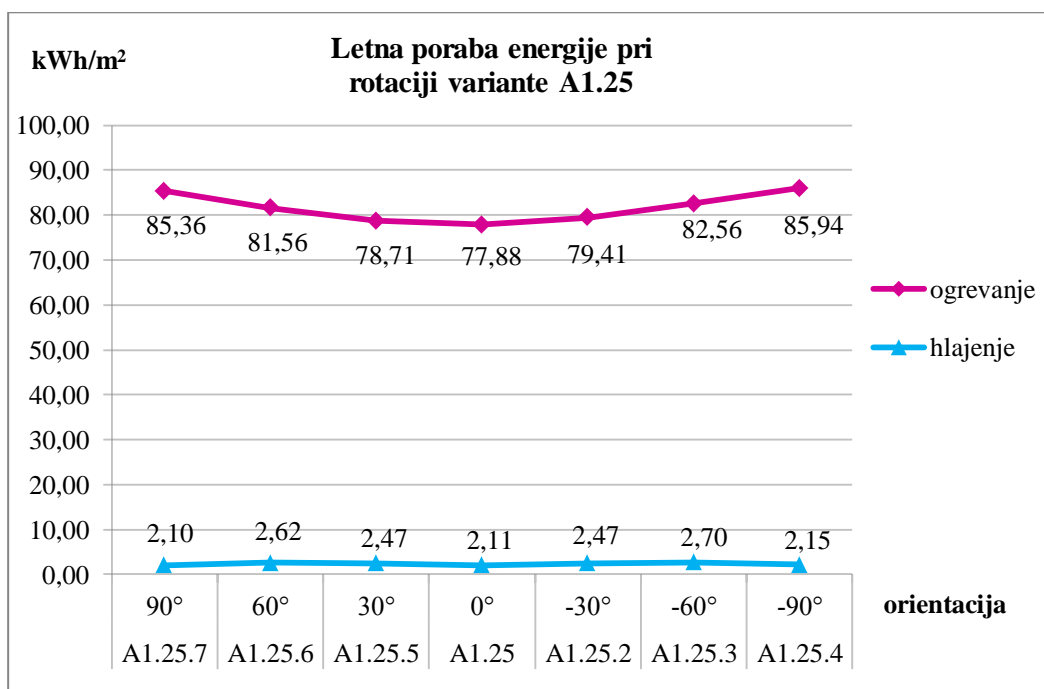
Od novembra do marca so notranje povprečne temperature za varianto A1.25 približno enake projektni temperaturi $20 \text{ }^\circ\text{C}$, v ostalih mesecih pa se na račun pritokov skozi okna povečajo. Notranje povprečne mesečne temperature so se glede na varianto A1 od junija do septembra povečale za približno $1,5 \text{ }^\circ\text{C}$ – $3 \text{ }^\circ\text{C}$. Najvišja povprečna mesečna temperatura se pojavi v avgustu in znaša $24,34 \text{ }^\circ\text{C}$, kar je za $2,72 \text{ }^\circ\text{C}$ več kot pri varianti A1. Letna notranja povprečna temperatura pri varianti A1.25 je $21,07 \text{ }^\circ\text{C}$, kar je za $0,79 \text{ }^\circ\text{C}$ več kot pri varianti A1.

Preglednica 24: Notranje povprečne temperature za varianto A1.25

A1.25	Januar	Februar	Marec	April	Maj	Junij	Julij	Av gust	September	Oktober	November	December	Letna povprečna
T ($^\circ\text{C}$)	20,00	20,00	20,02	20,28	20,76	21,39	24,12	24,34	21,39	20,54	20,01	20,00	21,07

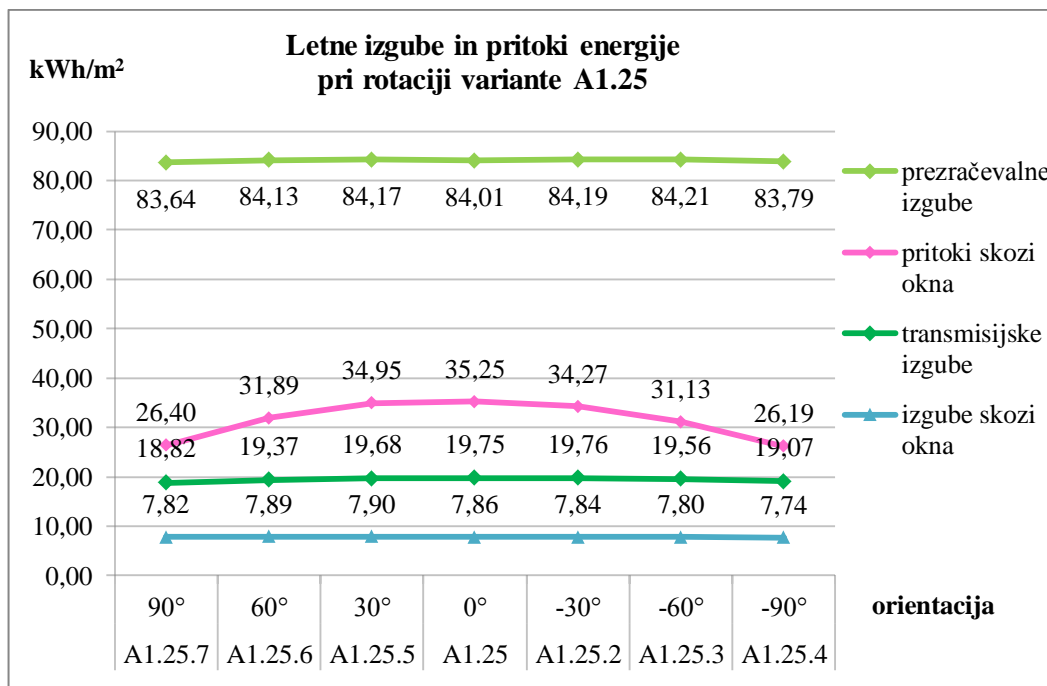
3.5.1 Rotacija variante A1.25

Pri rotaciji variante A1.25 proti vzhodu in zahodu se letna poraba energije za ogrevanje povečuje, kar je razvidno iz slike 27. Najvišjo vrednost dobimo pri rotaciji za -90° proti vzhodu, in sicer $85,94 \text{ kWh/m}^2$ letno, kar je za $8,06 \text{ kWh/m}^2$ oziroma za $10,3 \%$ več kot pri orientaciji 0° . Tudi pri rotacijah stavbe za $\pm 90^\circ$ proti vzhodu in zahodu dobimo manjšo porabo energije za ogrevanje kot pri varianti A1 brez zasteklitve, kar pomeni, da je z vidika ogrevanja boljše, da imamo zasteklitev vsaj na eni od fasad, kot pa nikjer. Poraba energije za hlajenje se povečuje do kotov $\pm 60^\circ$, nato pa zmanjša pri kotih $\pm 90^\circ$. Pri rotacijah proti vzhodu za -30° dobimo enake vrednosti kot pri rotaciji za 30° proti zahodu, in sicer $2,47 \text{ kWh/m}^2$ energije letno. Najvišjo vrednost $2,7 \text{ kWh/m}^2$ letno dobimo pri rotaciji za -60° proti vzhodu, kar je za 28% več kot pri orientaciji 0° . Najnižjo potrebo po energiji za hlajenje dobimo pri rotaciji za 90° proti zahodu, in sicer $2,10 \text{ kWh/m}^2$.



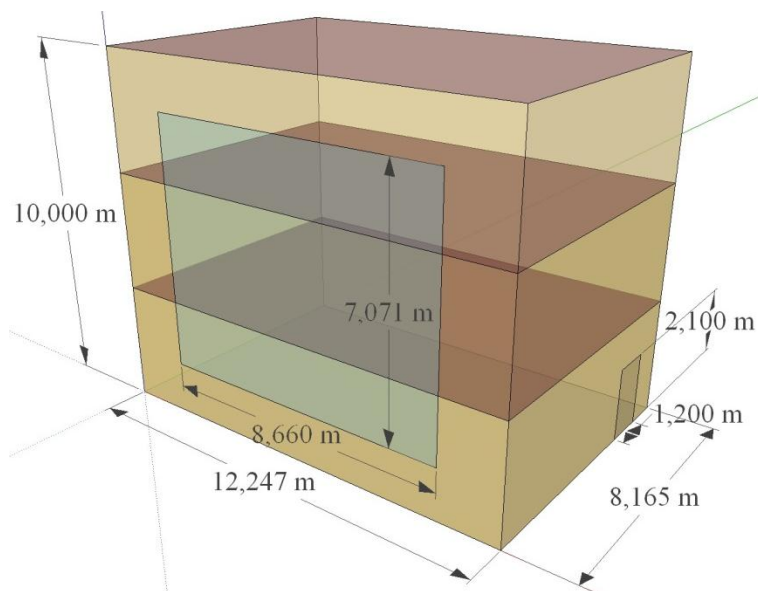
Slika 27: Letna poraba energije pri rotaciji variante A1.25

Prezračevalne izgube, transmisijske izgube in izgube skozi okna se pri rotaciji proti vzhodu in zahodu zmanjšujejo, vendar so razlike manjše od 3% . Najbolj so razlike opazne pri pritokih skozi okna, ki se pri rotaciji stavbe za -90° proti vzhodu zmanjšajo za kar $25,7 \%$ oziroma za $9,06 \text{ kWh/m}^2$ letno. Pri vseh rotacijah variante A1.25 so prezračevalne izgube največje, sledijo jim transmisijske in na koncu so izgube skozi okna, kar je razvidno iz slike 28.



Slika 28: Letne izgube in pritoki energije pri rotaciji variante A1.25

3.6 Varianta A1.50



Slika 29: Varianta A1.50

Površino zasteklitve na južni fasadi sem pri varianti A1.50 povečala na 50 %, tako da znaša površina zasteklitve 61,24 m². Razmerje okno/stena za celotno stavbo je 15 %. Dimenzije zasteklitve so 8,66 × 7,071 m, zunanje dimenzije stavbe pa 12,247 × 8,165 × 10 m. Prostornina stavbe je 1000 m³, površina zunanjih sten 347 m², površina strehe in temeljnih tal 100 m² in površina vhodnih vrat 2,52 m². Faktor oblike stavbe je 0,61 m⁻¹ in orientacija je 0°.

Preglednica 25: Poraba energije ter pritoki in izgube energije za varianto A1.50

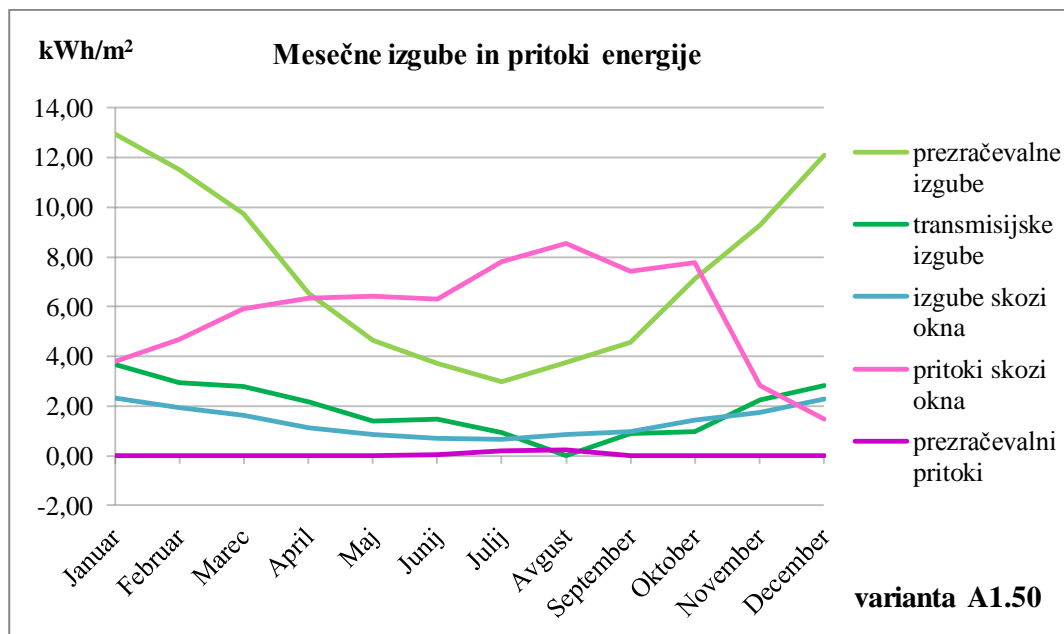
Varianta A1.50	ENERGIJA (kWh/m ²)		PRITOKI (kWh/m ²)		IZGUBE (kWh/m ²)		
	ogrevanje	hlajenje	prezračevanje	okna	prezračevanje	okna	transmisijske
Januar	15,13	0,00	0,00	3,80	12,94	2,33	3,66
Februar	11,75	0,00	0,00	4,67	11,51	1,95	2,95
Marec	8,21	0,00	0,00	5,93	9,72	1,62	2,80
April	3,55	0,08	0,00	6,35	6,53	1,14	2,15
Maj	0,66	0,22	0,01	6,43	4,62	0,85	1,40
Junij	0,03	0,49	0,04	6,29	3,71	0,70	1,46
Julij	0,00	3,41	0,18	7,80	2,97	0,68	0,94
Avgust	0,00	4,21	0,25	8,56	3,75	0,86	0,00
September	0,06	1,04	0,00	7,41	4,56	0,98	0,90
Oktober	2,26	0,48	0,00	7,78	7,13	1,45	0,98
November	10,48	0,00	0,00	2,81	9,29	1,76	2,24
December	15,74	0,00	0,00	1,46	12,11	2,28	2,82
Skupaj letno	67,88	9,93	0,48	69,31	88,84	16,61	22,29
Skupna letna poraba energije za ogrevanje in hlajenje						77,81	(kWh/m ²)

Skupna letna poraba energije za ogrevanje in hlajenje znaša pri varianti A1.50 77,81 kWh/m², kar je za 2,7 % manj kot pri varianti A1.25. Poraba energije za ogrevanje letno znaša 67,88 kWh/m² in se je glede na varianto A1.25 zmanjšala za 10 kWh/m² oziroma za 12,8 %. Potreba po energiji za hlajenje znaša 9,93 kWh/m² letno in se je glede na varianto A1.25 povečala za kar 370 %.

Prezračevalni pritoki znašajo 0,48 kWh/m² letno in so se glede na varianto A1.25 zmanjšali za 20 %. Prezračevalne izgube so se glede na varianto A1.25 povečale za 5,7 % in znašajo 88,84 kWh/m² letno. Transmisijske izgube so približno štirikrat manjše od prezračevalnih izgub in letno znašajo 22,29 kWh/m², kar je za 12,9 % več kot pri varianti A1.25. Transmisijski pritoki skozi zunanji ovoj stavbe se pri varianti A1.50 ne pojavijo.

Pritoki skozi okna znašajo 69,31 kWh/m² letno in so se glede na varianto A1.25 povečali za 96,6 %. Rezultati so smiselni, saj se je površina oken glede na varianto A1.25 povečala za 100 %.

Na sliki 30 so prikazane mesečne izgube in pritoki energije za varianto A1.50. Transmisijske izgube so od novembra do julija večje od izgub skozi okna, kar je logično, saj imajo okna skoraj devetkrat manjšo površino kot zunanji ovoj stavbe. V avgustu je pri varianti A1.50 vsota transmisijskih izgub in pritokov enaka 0 kWh/m².



Slika 30: Mesečne izgube in pritoki energije za varianto A1.50

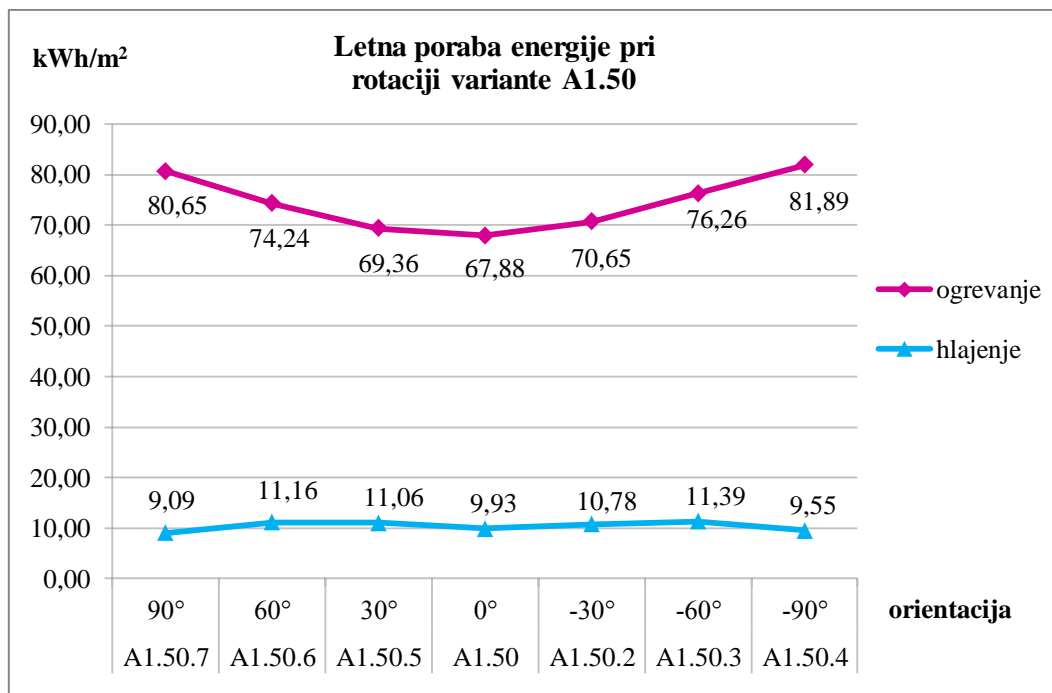
Pritoki skozi okna so od maja do septembra večji od vseh izgub, vendar so julija in avgusta v presežku, zato je potrebno stavbo hladiti. Pritoki skozi okna so koristni predvsem od septembra do novembra in od januarja do maja, saj pokrijejo velik del transmisijskih izgub in izgub skozi okna. Decembra so izgube skozi okna večje od pritokov skozi okna, zato so takrat okna neugodna glede porabe energije za ogrevanje.

Preglednica 26: Notranje povprečne temperature za varianto A1.50

A1.50	Januar	Februar	Marec	April	Maj	Junij	Julij	Avgust	September	Oktober	November	December	Letna povprečna
T (°C)	20,03	20,11	20,23	21,00	22,02	23,21	25,24	24,97	23,03	21,76	20,08	20,00	21,81

Notranje povprečne mesečne temperature so se od aprila do oktobra glede na varianto A1.25 povečale za približno 1 °C, glede na varianto A1 pa za približno 2 °C. Najvišja povprečna notranja temperatura se tokrat pojavi v juliju in znaša 25,24 °C, kar je za 1,82 °C več kot pri varianti A1.25 in za 3,94 °C več kot pri varianti A1 brez oken. Letna povprečna temperatura pri varianti A1.50 znaša 21,81 °C in se glede na varianto A1.25 povečala za 0,74 °C. Do razlik pride zaradi povečanja površine zasteklitve na južni fasadi, zaradi česar v stavbo preide več energije sončnega sevanja. S tem se povečajo notranje temperature v stavbi, kar posledično vpliva na zmanjšanje potrebe po energiji za ogrevanje.

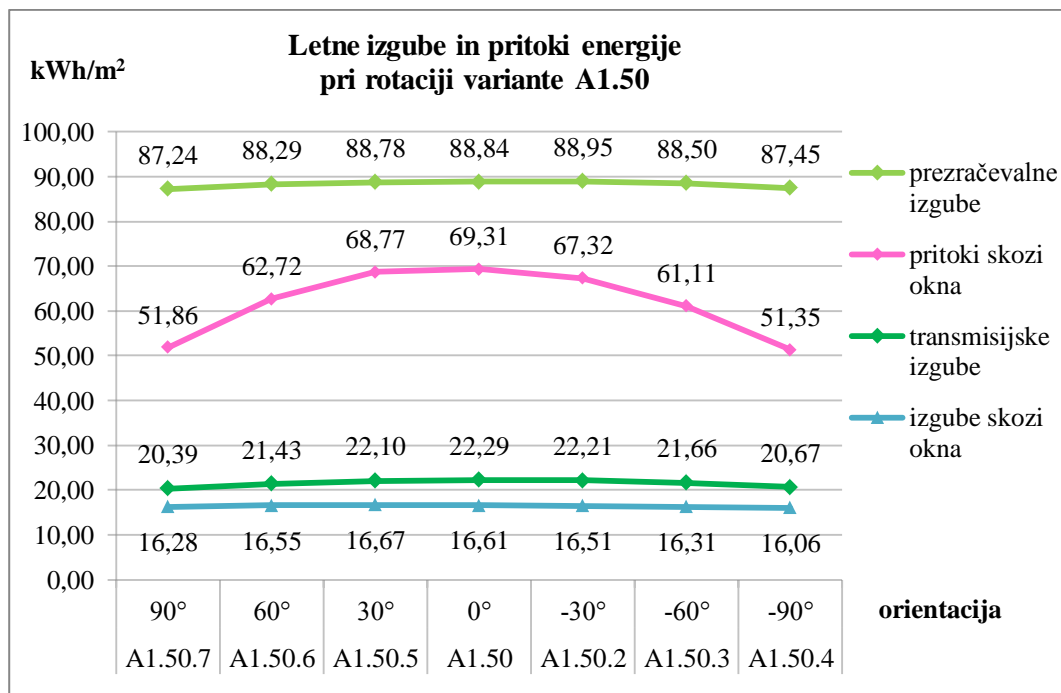
3.6.1 Rotacija variante A1.50



Slika 31: Letna poraba energije pri rotaciji variante A1.50

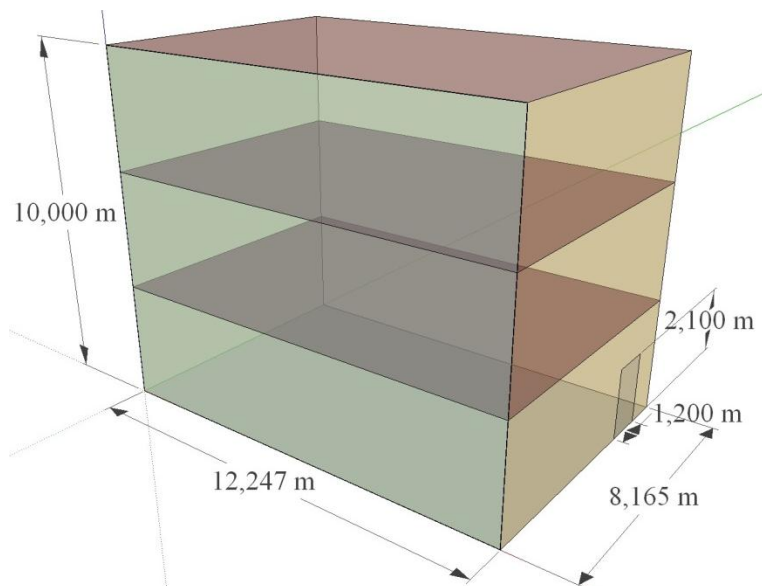
Iz slike 31 je razvidno, da rotacija stavbe proti vzhodu in zahodu neugodno vpliva na porabo energije za ogrevanje. Pri rotaciji za -90° proti vzhodu dobimo največjo vrednost letne porabe energije za ogrevanje, in sicer $81,89 \text{ kWh/m}^2$, kar je za 20,6 % več kot pri orientaciji 0° . Pri rotaciji za $\pm 30^\circ$ se poraba energije za ogrevanje poveča za približno 4 %, pri rotaciji za $\pm 60^\circ$ še za približno 8 % in pri rotaciji za $\pm 90^\circ$ še za približno 7,5 %. Potreba po energiji za hlajenje se povečuje do kotov $\pm 60^\circ$, pri nadaljnji rotaciji do kotov $\pm 90^\circ$ pa se zmanjša. Najmanjšo letno porabo energije za hlajenje dobimo pri kotu 90° , najvišjo pa pri kotu -60° . Razlika med največjo in najmanjšo porabo energije za ogrevanje je $2,3 \text{ kWh/m}^2$ letno oziroma 25,3 %.

Na sliki 32 so prikazane letne izgube in pritoki energije pri rotaciji variante A1.50. Pri rotaciji proti vzhodu in zahodu za $\pm 90^\circ$ se prezračevalne izgube zmanjšajo za približno $1,5 \text{ kWh/m}^2$ letno, transmisijske izgube za približno $1,7 \text{ kWh/m}^2$ letno in izgube skozi okna za manj kot $0,5 \text{ kWh/m}^2$ letno. Do večjih razlik pride pri pritokih skozi okna, ki se pri rotaciji za -90° proti vzhodu zmanjšajo za kar $17,96 \text{ kWh/m}^2$ letno oziroma za 35 %. Pri vseh rotacijah variante A1.50 imajo prezračevalne izgube najvišje vrednosti, za njimi so transmisijske izgube in na koncu izgube skozi okna.



Slika 32: Letne izgube in pritoki energije pri rotaciji variante A1.50

3.7 Varianta A1.100



Slika 33: Varianta A1.100

Pri varianti A1.100 sem na južni fasadi zasteklitev povečala na 100 %, tako da razmerje okno/stena za celotno stavbo znaša 30 %. Površina zasteklitve znaša 122,47 m², površina zunanjih sten 285,77 m² in površina strehe in temeljnih tal 100 m². Prostornina stavbe ostaja 1000 m³. Zunanje dimenzije stavbe so 12,247 × 8,165 × 10 m, dimenzije zateklitve 12,247 × 10 m in dimenzije vhodnih vrat 1,2 × 2,1 m. Faktor oblike stavbe znaša 0,61 m⁻¹ in orientacija je 0°, tako da je okno orientirano proti jugu.

Preglednica 27: Poraba energije ter pritoki in izgube energije za varianto A1.100

Varianta A1.100	ENERGIJA (kWh/m ²)		PRITOKI (kWh/m ²)		IZGUBE (kWh/m ²)		
	ogrevanje	hlajenje	prezračevanje	okna	prezračevanje	okna	transmisijske
Januar	14,33	0,12	0,00	7,46	13,09	4,75	3,83
Februar	10,04	0,42	0,00	9,12	11,77	4,04	2,93
Marec	5,78	0,80	0,00	11,55	10,10	3,41	3,02
April	2,02	1,98	0,00	12,31	7,19	2,52	2,64
Maj	0,08	2,83	0,01	12,37	5,56	2,00	2,06
Junij	0,00	4,05	0,04	12,09	4,57	1,67	1,84
Julij	0,00	9,48	0,18	15,27	3,22	1,49	1,27
Avgust	0,00	10,58	0,25	16,81	3,99	1,87	0,63
September	0,01	5,56	0,00	14,45	5,25	2,25	1,40
Oktober	1,40	4,42	0,00	15,21	7,79	3,20	1,20
November	9,91	0,12	0,00	5,50	9,45	3,60	2,23
December	16,19	0,00	0,00	2,88	12,14	4,59	2,33
Skupaj letno	59,76	40,36	0,48	135,02	94,12	35,39	25,39
Skupna letna poraba energije za ogrevanje in hlajenje						100,12	(kWh/m ²)

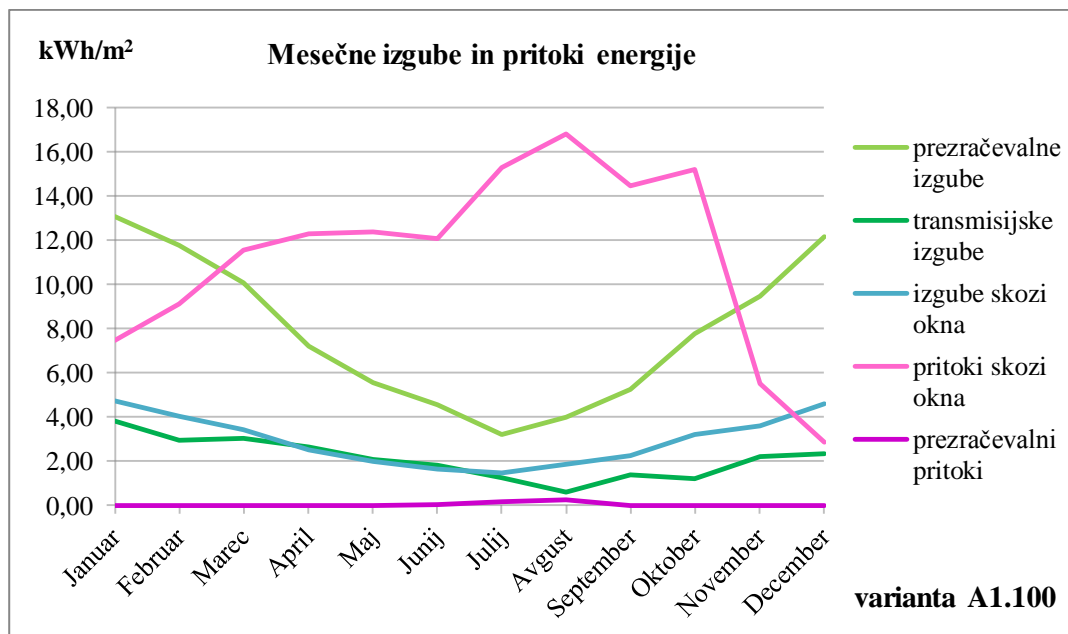
Pri varianti A1.100 znaša skupna letna poraba energije za ogrevanje in hlajenje 100,12 kWh/m², kar je za 22,31 kWh/m² oziroma za 28,67 % več kot pri varianti A1.50. Letna poraba energije za ogrevanje znaša 59,76 kWh/m² in se je glede na varianto A1.50 zmanjšala za 11,9 %, glede na varianto A1 brez oken pa za 36,9 %. Potreba po energiji za hlajenje znaša 40,36 kWh/m² letno, kar je za 306 % več kot pri varianti A1.50. Skupna letna poraba energije za ogrevanje in hlajenje pri varianti A1.100 znaša 100,12 kWh/m², kar je za 22,31 kWh/m² več kot pri varianti A1.50.

Prezračevalne izgube znašajo 94,12 kWh/m² letno in so se glede na varianto A1.50 povečale za 5,28 kWh/m² oziroma za 5, %. Prezračevalni pritoki se glede na varianto A1.50 niso spremenili in znašajo 0,48 kWh/m² letno.

Transmisijske izgube letno znašajo 25,39 kWh/m², kar je za 13,9 % več kot pri varianti A1.50. Transmisijski pritoki se pri varianti A1.100 ne pojavijo.

Skozi okna v stavbo letno preide 135,02 kWh/m² energije, kar je za 95 % več kot pri varianti A1.50. Izgube skozi okna so se glede na varianto A1.50 povečale za 113 % in znašajo 35,39 kWh/m². Rezultati so smiselni, saj se je površina oken glede na varianto A1.50 povečala za 100 %.

Iz slike 34 je razvidno, da so pritoki skozi okna od marca do oktobra večji tako od prezračevalnih izgub kot tudi od transmisijskih izgub in izgub skozi okna, kar vpliva na nižjo potrebo po energiji za ogrevanje in višjo potrebo po energiji za hlajenje. Zaradi pritokov skozi okna je hlajenje potrebno v vseh mesecih, razen decembra. Od julija do marca so zaradi velike površine oken izgube skozi okna večje od transmisijskih izgub skozi zunanji ovoj stavbe.



Slika 34: Mesečne izgube in pritoki energije za varianto A1.100

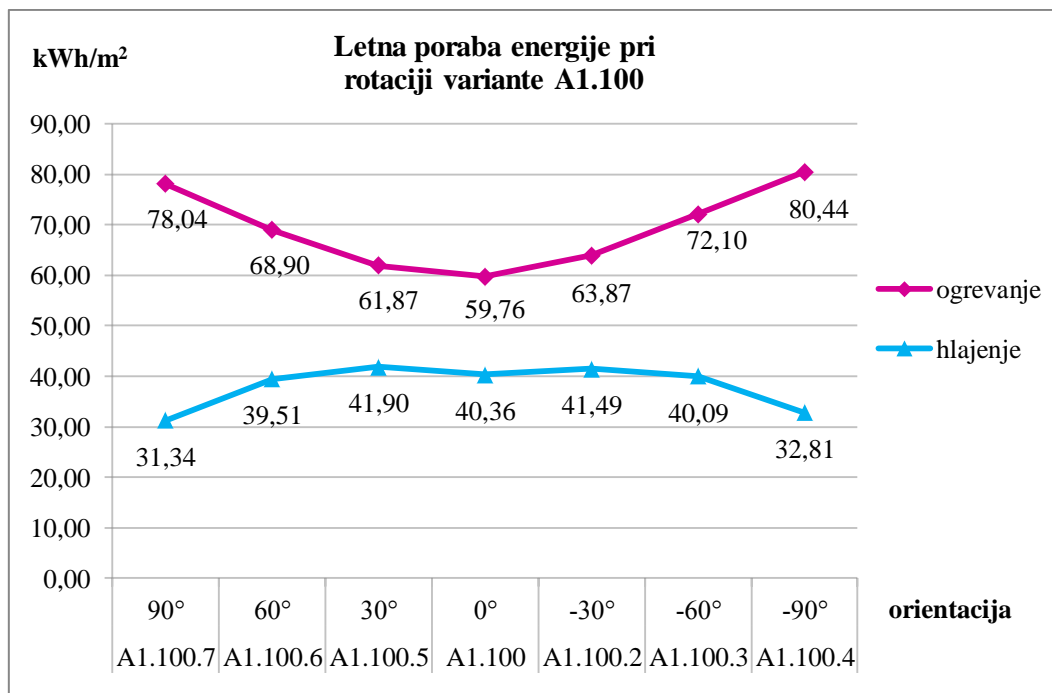
V preglednici 28 so prikazane notranje povprečne temperature za varianto A1.100. Najvišja notranja povprečna temperatura se pojavi v juliju in znaša 25,68 °C, kar je za 0,45 °C več kot pri varianti A1.50. Od aprila do junija ter od septembra do oktobra so se notranje povprečne mesečne temperature glede na varianto A1.50 povečale za več kot 1 °C, julija in avgusta pa za približno 0,4 °C. Notranja povprečna letna temperatura znaša 22,58 °C in se je glede na varianto A1.50 povečala za 0,78 °C.

Preglednica 28: Notranje povprečne temperature za varianto A1.100

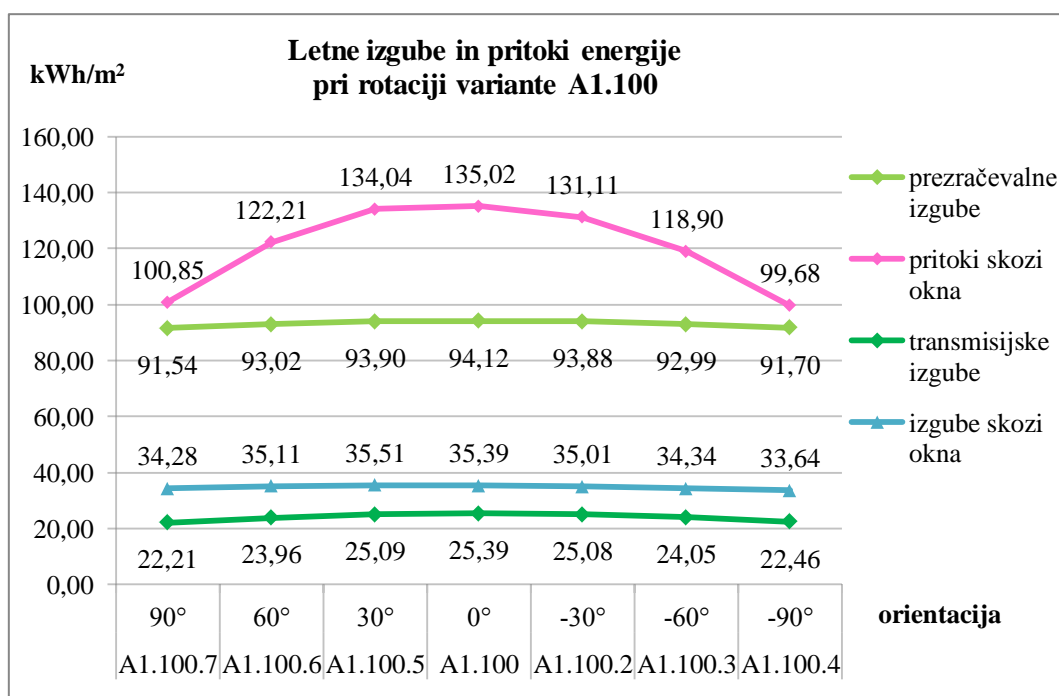
A1.100	Januar	Februar	Marec	April	Maj	Junij	Julij	Avgust	September	Oktober	November	December	Letna povprečna
T (°C)	20,28	20,58	20,87	22,18	23,67	24,77	25,68	25,39	24,28	22,88	20,36	20,06	22,58

3.7.1 Rotacija variante A1.100

Pri rotaciji variante A1.100 za -90° proti vzhodu dobimo za 20,68 kWh/m² oziroma za 34,6 % večjo porabo energije za ogrevanje kot pri orientaciji 0°. Pri rotaciji proti zahodu je poraba energije za ogrevanje za približno 3 % manjša kot pri rotaciji proti vzhodu. Poraba energije za hlajenje se poveča pri rotaciji za ±30°, nato pa se zmanjša pri rotacijah za ±60° in za ±90°. Najnižja poraba energije za hlajenje se pojavi pri rotaciji za 90° proti zahodu in znaša 31,34 kWh/m² letno, kar je za 22,3 % manj kot pri orientaciji 0°. Najvišjo porabo energije za hlajenje dobimo pri rotaciji za 30° proti vzhodu, in sicer 41,90 kWh/m² letno.



Slika 35: Letna poraba energije pri rotaciji variante A1.100

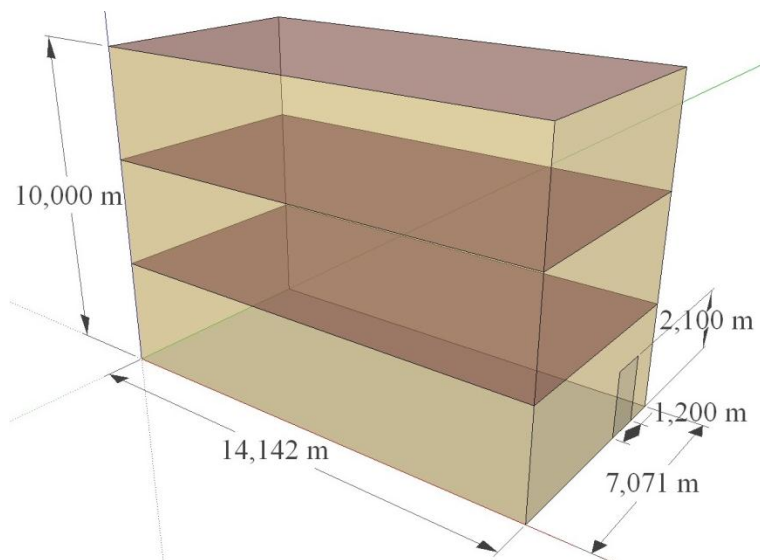


Slika 36: Letne izgube in pritoki energije pri rotaciji variante A1.100

Na sliki 36 so prikazane letne izgube in pritoki energije pri rotaciji variante A1.100. Pritoki skozi okna se pri rotaciji proti vzhodu in zahodu zmanjšujejo in najnižjo vrednost dosežejo pri rotaciji za -90° proti vzhodu, in sicer 99,68 kWh/m² letno, kar je za 26 % manj kot pri orientaciji 0°. Pritoki skozi okna so pri vseh kotih večji od prezračevalnih izgub. Transmisijske izgube, prezračevalne izgube in

izgube skozi okna se pri rotaciji za $\pm 90^\circ$ proti vzhodu in zahodu zmanjšajo za približno 2 kWh/m^2 letno.

3.8 Varianta A2



Slika 37: Varianta A2

Varianta A2 je glede na izhodiščno varianto A0 tlorisno razširjena v smeri vzhod-zahod v razmerju 1:2, tako da površina strehe in temeljnih tal ostaja 100 m^2 , prostornina stavbe 1000 m^3 , skupna uporabna površina stavbe 300 m^2 in etažna višina 3,33 m. Zunanje dimenzije stavbe so $14,142 \times 7,071 \times 10 \text{ m}$, površina zunanjih sten je $424,26 \text{ m}^2$ in površina vhodnih vrat $2,52 \text{ m}^2$. Površina stavbe se je glede na varianto A0 povečala za 4 %, glede na varianto A1 pa za 2,6 %. Faktor oblike stavbe je $0,62 \text{ m}^{-1}$ in se je glede na varianto A0 povečal za 3,3 %, glede na varianto A1 pa za 1,6 %. Površina severne in južne fasade se je glede na varianto A0 povečala za 41,4 %, glede na varianto A1 pa za 15,5 % in znaša $141,42 \text{ m}^2$. Površina vzhodne in zahodne fasade znaša $70,71 \text{ m}^2$ in se je glede na varianto A0 zmanjšala za 29,3 %, glede na varianto A1 pa za 13,4 %. Orientacija stavbe je 0° . Na stavbi ni nobenih odprtín.

Iz preglednice 29 je razvidno, da poraba energije za ogrevanje variante A2 znaša $95,28 \text{ kWh/m}^2$ letno in se je glede na izhodiščno varianto A0 povečala za $0,78 \text{ kWh/m}^2$ oziroma za 0,8 %, glede na varianto A1 pa za $0,51 \text{ kWh/m}^2$ oziroma za 0,5 %. Ogrevanje je pri varianti A2 potrebno v vseh mesecih, vendar je potreba po energiji za ogrevanje v juliju in avgustu majhna v primerjavi z ostalimi meseci. Hlajenje pri varianti A2 ni potrebno, saj se stavba v poletnih mesecih ne pregreva.

Prezračevalni pritoki znašajo $1,99 \text{ kWh/m}^2$ letno in so se glede na izhodiščno varianto A0 povečali za $0,02 \text{ kWh/m}^2$, glede na varianto A1 pa za $0,01 \text{ kWh/m}^2$. Prezračevalne izgube se glede na izhodiščno

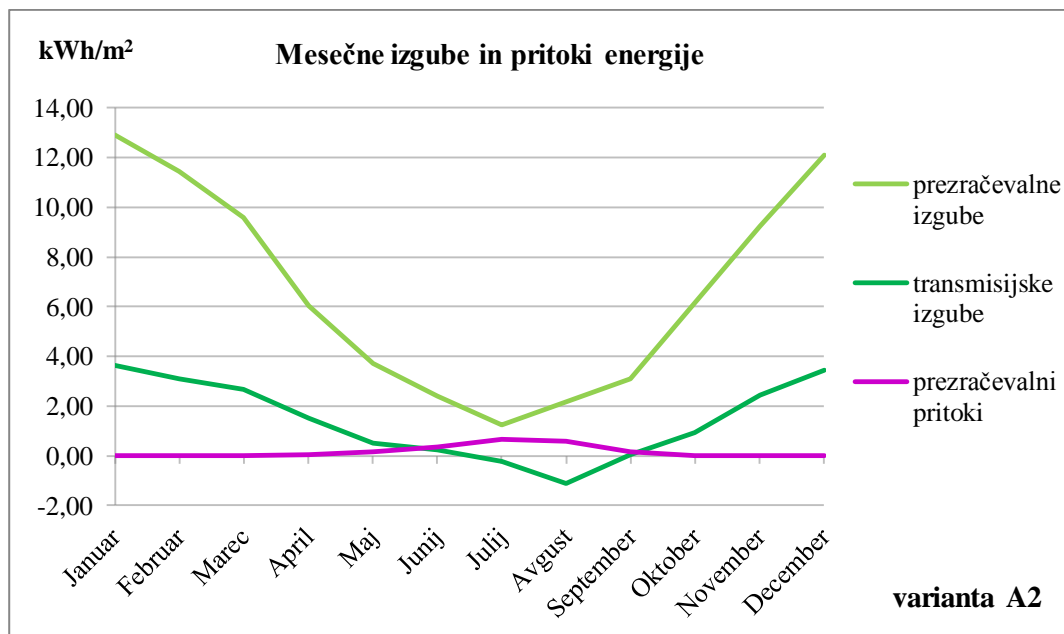
variantno A0 niso spremenile in znašajo 80,13 kWh/m² letno, glede na varianto A1 pa so se povečale za 0,01 kWh/m².

Preglednica 29: Poraba energije ter pritoki in izgube energije za varianto A2

Varianta A2	ENERGIJA (kWh/m ²)		PRITOKI (kWh/m ²)		IZGUBE (kWh/m ²)		
	ogrevanje	hlajenje	prezračevanje	okna	prezračevanje	okna	transmisijske
Januar	16,56	0,00	0,00	0,00	12,92	0,00	3,64
Februar	14,55	0,00	0,00	0,00	11,45	0,00	3,09
Marec	12,26	0,00	0,00	0,00	9,59	0,00	2,67
April	7,49	0,00	0,05	0,00	6,04	0,00	1,50
Maj	4,05	0,00	0,18	0,00	3,71	0,00	0,52
Junij	2,28	0,00	0,36	0,00	2,41	0,00	0,23
Julij	0,36	0,00	0,67	0,00	1,24	0,00	-0,21
Avgust	0,48	0,00	0,57	0,00	2,18	0,00	-1,13
September	2,98	0,00	0,14	0,00	3,08	0,00	0,04
Oktober	7,04	0,00	0,02	0,00	6,14	0,00	0,92
November	11,68	0,00	0,00	0,00	9,25	0,00	2,44
December	15,54	0,00	0,00	0,00	12,11	0,00	3,43
Skupaj letno	95,28	0,00	1,99	0,00	80,13	0,00	17,14
Skupna letna poraba energije za ogrevanje in hlajenje						95,28	(kWh/m ²)

Transmisijske izgube letno znašajo 17,14 kWh/m² in so se glede na izhodiščno varianto A0 povečale za 0,79 kWh/m² oziroma za 4,8 %, glede na varianto A1 pa za 0,52 kWh/m² oziroma za 3,1 %, kar je razumljivo, saj se je glede na obe varianti površina zunanjske ovoja stavbe povečala. Iz slike 44 je razvidno, da se v juliju in avgustu pojavijo transmisijski pritoki skozi netransparentne dele zunanjske ovoja, ki znašajo 1,34 kWh/m², kar je za 0,01 kWh/m² manj kot pri varianti A0 in za 0,01 kWh/m² več kot pri varianti A1.

Glede na izhodiščno varianto A0 se je faktor oblike povečal za 3,3 %, glede na varianto A1 pa za 1,6 %, kar vpliva na to, da so se povečale transmisijske izgube in s tem poraba energije za ogrevanje.



Slika 38: Mesečne izgube in pritoki energije za varianto A2

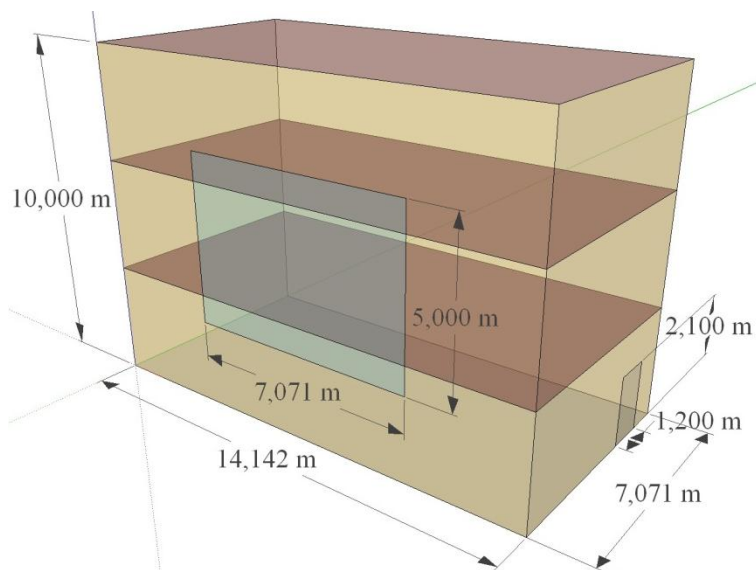
Notranje povprečne mesečne temperature so se pri varianti A2 glede na izhodiščno varianto A0 zmanjšale le v juliju in avgustu, in sicer za 0,01 °C. Od septembra do maja je notranja povprečna temperatura približno enaka projektni temperaturi 20 °C, kar je razvidno iz preglednice 30. Letna povprečna temperatura pri varianti A2 znaša 20,28 °C in se glede na varianti A0 in A1 ni spremenila.

Preglednica 30: Notranje povprečne temperature za varianto A2

A2	Januar	Februar	Marec	April	Maj	Junij	Julij	Avgust	September	Oktober	November	December	Letna povprečna
T (°C)	20,00	20,00	20,00	20,01	20,09	20,25	21,29	21,63	20,09	20,01	20,00	20,00	20,28

3.9 Varianta A2.25

Na južno fasado variante A2 sem dodala 35,36 m² veliko okno, tako da je razmerje okno/stena za celotno stavbo 8,3 %, za južno fasado pa 25 %. Dimenzije zasteklitve so 7,071 × 5 m, zunanje dimenzije stavbe 14,142 × 7,071 × 10 m in dimenzije vhodnih vrat 1,2 × 2,1 m. Površina zunanjih sten je 388,9 m², površina strehe in temeljnih tal 100 m² in prostornina stavbe 1000 m³. Faktor oblike stavbe je 0,62 m⁻¹ in orientacija je 0°, tako da je okno orientirano proti jugu.



Slika 39: Varianta A2.25

Preglednica 31: Poraba energije ter pritoki in izgube energije za varianto A2.25

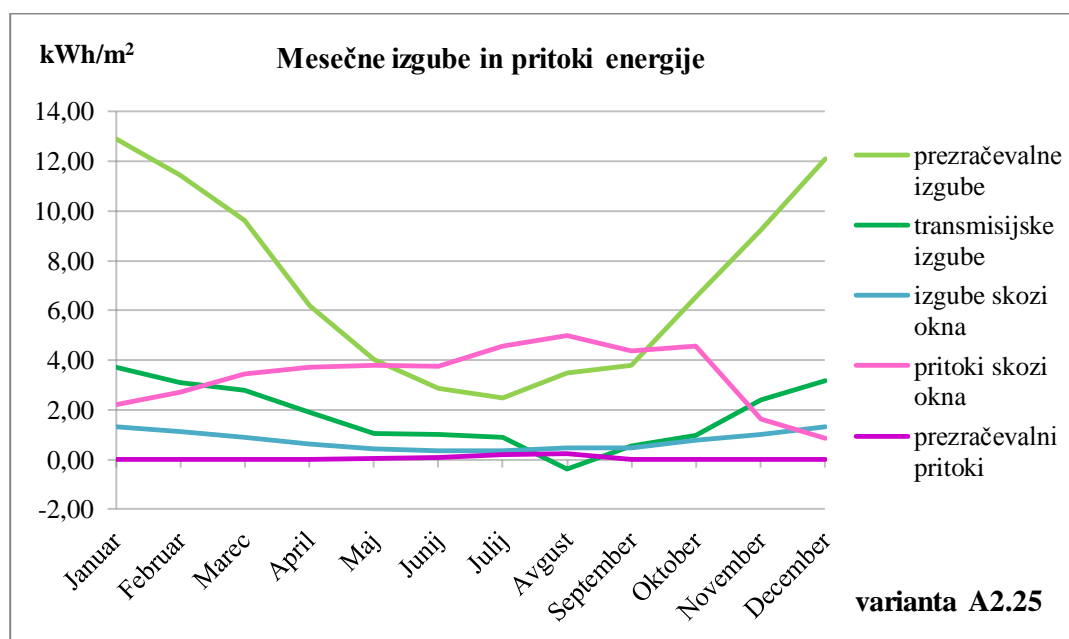
Varianta A2.25	ENERGIJA (kWh/m ²)		PRITOKI (kWh/m ²)		IZGUBE (kWh/m ²)			
	ogrevanje	hlajenje	prezračevanje	okna	prezračevanje	okna	transmisijske	
Januar	15,77	0,00	0,00	2,21	12,92	1,33	3,72	
Februar	12,93	0,00	0,00	2,72	11,46	1,11	3,08	
Marec	9,86	0,00	0,00	3,46	9,61	0,91	2,81	
April	4,99	0,00	0,00	3,73	6,19	0,62	1,91	
Maj	1,69	0,00	0,03	3,80	4,03	0,44	1,06	
Junij	0,41	0,01	0,07	3,74	2,87	0,34	1,00	
Julij	0,00	1,04	0,19	4,58	2,49	0,34	0,89	
Avgust	0,03	1,72	0,25	4,99	3,47	0,46	-0,38	
September	0,52	0,07	0,00	4,36	3,79	0,49	0,53	
Oktober	3,69	0,00	0,00	4,56	6,52	0,76	0,96	
November	11,01	0,00	0,00	1,64	9,25	1,00	2,39	
December	15,73	0,00	0,00	0,85	12,11	1,31	3,16	
Skupaj letno	76,62	2,85	0,55	40,62	84,70	9,11	21,13	
Skupna letna poraba energije za ogrevanje in hlajenje						79,47	(kWh/m ²)	

Skupna letna poraba energije za ogrevanje in hlajenje znaša 79,47 kWh/m², kar je za 16,6 % manj kot pri varianti A2 brez oken. Za ogrevanje je letno potrebnih 76,62 kWh/m² energije, kar je za 19,6 % manj kot pri varianti A2. Poraba energije za hlajenje znaša 2,85 kWh/m² letno. Ogrevanje je pri varianti A2.25 potrebno od septembra do junija, julija in avgusta pa je potrebnih le 0,03 kWh/m² energije, kar je zanemarljivo malo v primerjavi z ostalimi meseci. Zaradi okna na južni fasadi se je torej glede na varianto A2 brez oken za 18,66 kWh/m² letno zmanjšala potreba po energiji za ogrevanje, pojavila pa se je potreba po energiji za hlajenje, vendar ta znaša le 2,85 kWh/m², kar je malo v primerjavi s prihrankom energije za ogrevanje.

Prezračevalni pritoki so se glede na varianto A2 zmanjšali za 72 % in znašajo 0,55 kWh/m² letno. Prezračevalne izgube letno znašajo 84,70 kWh/m², kar je za 5,7 % oziroma za 4,57 kWh/m² več kot pri varianti A2. Prezračevalne izgube se povečajo predvsem od aprila do oktobra.

Pritoki skozi okna znašajo 40,62 kWh/m² letno, izgube skozi okna pa so približno štirikrat manjše in znašajo 9,11 kWh/m² letno.

Transmisijske izgube znašajo 21,23 kWh/m² letno in so se glede na varianto A2 povečale za 4 kWh/m² oziroma za 23,3 %.



Slika 40: Mesečne izgube in pritoki energije za varianto A2.25

Iz slike 40 je razvidno, da so transmisijske izgube skozi vse leto večje od izgub skozi okna, razen v avgustu, ko se pojavijo transmisijski pritoki. Rezultati so razumljivi, saj je površina zunanje ovojne približno šestnajstkrat večja od površine oken. Pritoki skozi okna so večji od transmisijskih izgub od marca do oktobra, kar ugodno vpliva na porabo energije za ogrevanje. Prezračevalne izgube so štirikrat večje od transmisijskih izgub in skoraj desetkrat večje od izgub skozi okna, zato imajo na porabo energije za ogrevanje največji vpliv.

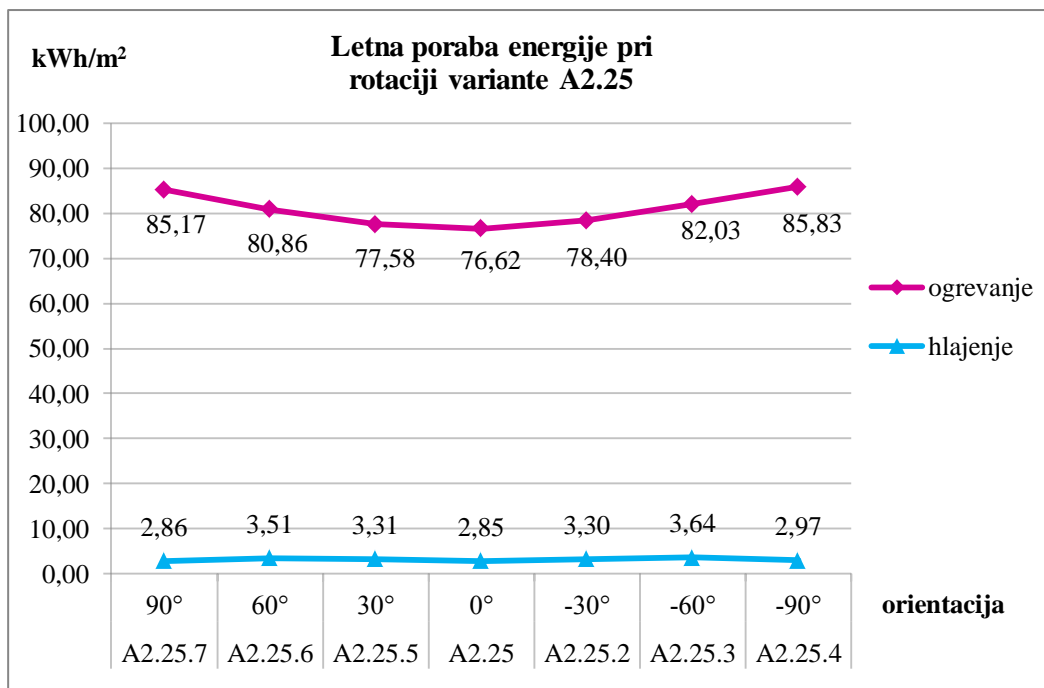
Preglednica 32: Notranje povprečne temperature za varianto A2.25

A2.25	Januar	Februar	Marec	April	Maj	Junij	Julij	Avгust	September	Oktober	November	December	Letna povprečna
T (°C)	20,00	20,01	20,03	20,36	20,92	21,62	24,39	24,47	21,64	20,70	20,01	20,00	21,18

V preglednici 32 so prikazane notranje povprečne temperature za varianto A2.25. Najvišja notranja povprečna temperatura se pojavi v avgustu in znaša 24,47 °C, kar je za 2,8 °C več kot pri varianti A2

brez oken. Glede na varianto A2 so se notranje povprečne mesečne temperature povečale od februarja do novembra, najbolj pa so razlike opazne od junija do septembra, ko se povečajo v povprečju za 2 °C. Letna povprečna temperatura v stavbi je 21,18 °C in se je glede na varianto A2 povečala za 0,9 °C.

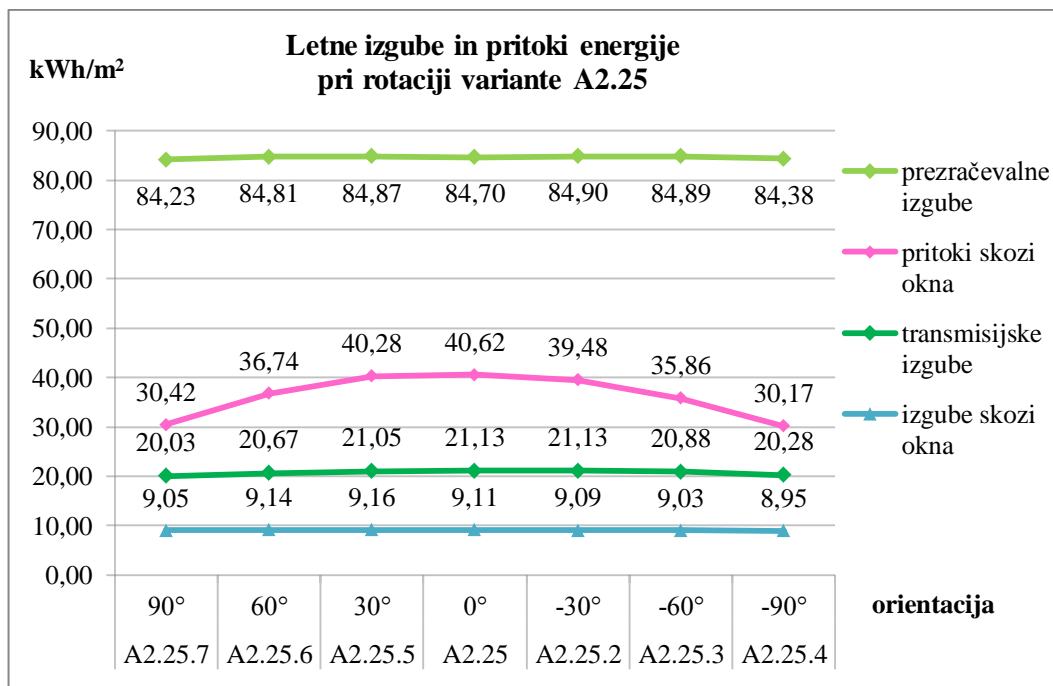
3.9.1 Rotacija variante A2.25



Slika 41: Letna poraba energije pri rotaciji variante A2.25

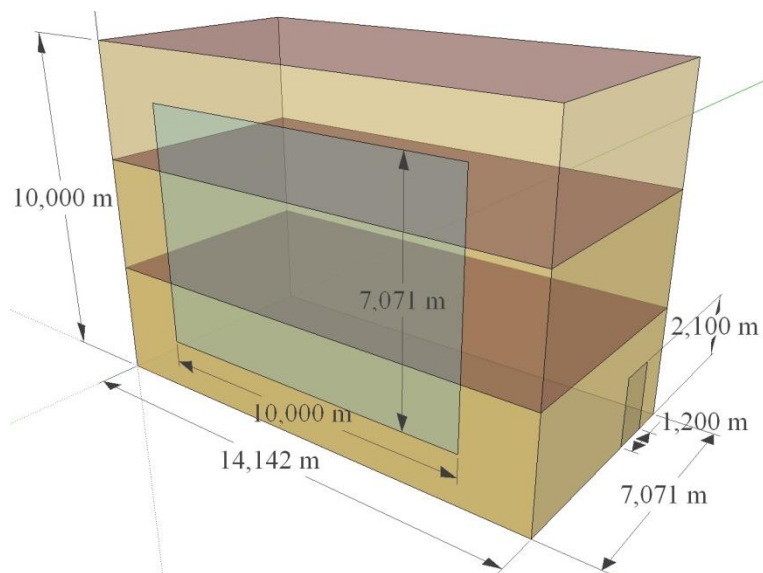
Pri rotaciji variante A2.25 proti vzhodu in zahodu se izkaže, da najmanjšo porabo energije za ogrevanje dobimo pri orientaciji 0°, največjo pa pri rotaciji za -90° proti vzhodu, in sicer 85,83 kWh/m² letno, kar je za 9,21 kWh/m² oziroma za 12 % več kot pri orientaciji 0°. Poraba energije za hlajenje se povečuje do kotov ±60°, nato pa zmanjša pri kotih ±90°, kar je razvidno iz slike 41. Najvišjo porabo energije za hlajenje dobimo pri rotaciji za -60° proti vzhodu, najnižjo pa pri orientaciji 0°. Razlika med najvišjo in najnižjo porabo energije za hlajenje je 0,79 kWh/m² oziroma 27,7 %.

Iz slike 42 je razvidno, da se pritoki skozi okna pri rotaciji proti vzhodu in zahodu zmanjšujejo kar vpliva predvsem na porabo energije za ogrevanje. Najmanj pritokov skozi okna dobimo pri rotaciji za -90° proti vzhodu, največ pa pri orientaciji 0°. Pritoki skozi okna pri orientaciji 0° znašajo 40,62 kWh/m² letno, pri rotaciji za -90° proti vzhodu pa so za 25,7 % manjši in znašajo 30,17 kWh/m². Prezračevalne izgube, transmisijske izgube in izgube skozi okna se pri rotaciji stavbe za 90° proti vzhodu in zahodu zmanjšajo za manj kot 0,3 kWh/m².



Slika 42: Letne izgube in pritoki energije pri rotaciji variante A2.25

3.10 Varianta A2.50



Slika 43: Varianta A2.50

Površino zasteklitve na južni fasadi sem povečala na 50 %, tako da znaša razmerje okno/stena za celotno stavbo 16,7 %. Površina zasteklitve je 70,71 m², površina zunanjih sten 353,55 m², površina strehe in temeljnih tal 100 m² in površina vhodnih vrat 2,52 m². Skupna uporabna površina stavbe ostaja 300 m² in prostornina stavbe 1000 m³. Faktor oblike stavbe je 0,62 m⁻¹ in orientacija je 0°.

Preglednica 33: Poraba energije ter pritoki in izgube energije za varianto A2.50

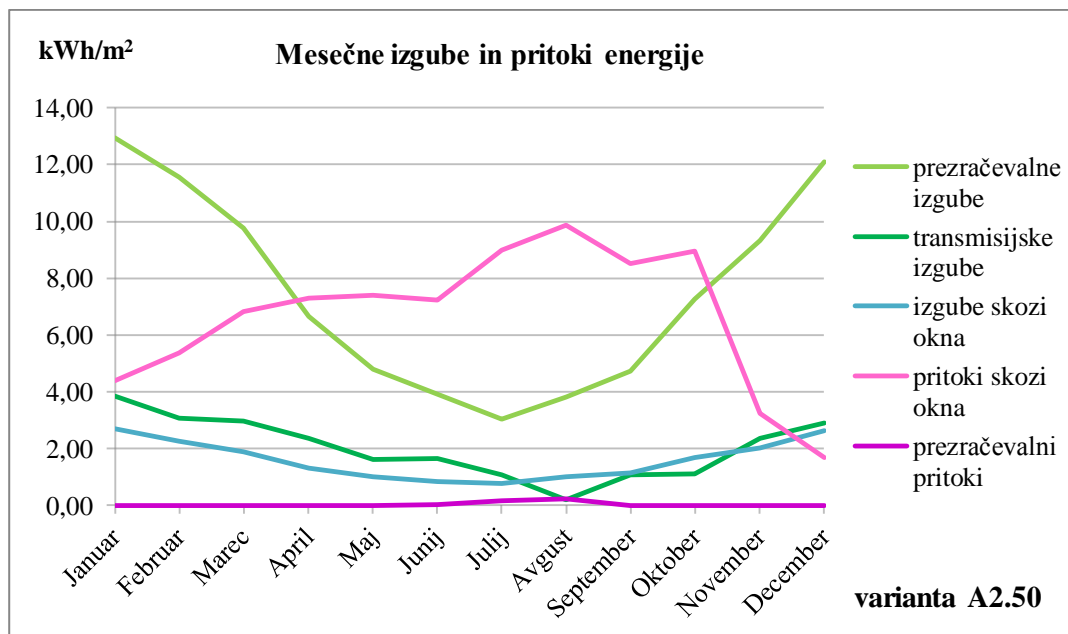
Varianta A2.50	ENERGIJA (kWh/m ²)		PRITOKI (kWh/m ²)		IZGUBE (kWh/m ²)		
	ogrevanje	hlajenje	prezračevanje	okna	prezračevanje	okna	transmisijske
Januar	15,10	0,00	0,00	4,38	12,95	2,69	3,85
Februar	11,51	0,00	0,00	5,38	11,54	2,26	3,08
Marec	7,81	0,00	0,00	6,83	9,78	1,88	2,99
April	3,22	0,17	0,00	7,30	6,65	1,33	2,37
Maj	0,47	0,43	0,01	7,39	4,80	1,01	1,63
Junij	0,01	0,86	0,04	7,22	3,91	0,84	1,66
Julij	0,00	4,27	0,18	8,98	3,03	0,79	1,08
Avgust	0,00	5,11	0,25	9,86	3,80	1,01	0,20
September	0,04	1,59	0,00	8,52	4,72	1,16	1,09
Oktober	2,06	0,91	0,00	8,95	7,28	1,70	1,12
November	10,45	0,00	0,00	3,24	9,31	2,03	2,36
December	15,94	0,00	0,00	1,69	12,11	2,62	2,90
Skupaj letno	66,62	13,33	0,48	79,75	89,90	19,31	24,32
Skupna letna poraba energije za ogrevanje in hlajenje						79,95	(kWh/m ²)

Pri varianti A2.50 znaša skupna letna poraba energije za ogrevanje in hlajenje 79,95 kWh/m², od tega je za ogrevanje letno potrebnih 66,62 kWh/m² energije, za hlajenje pa 13,33 kWh/m². Poraba energije za ogrevanje se je glede na varianto A2.25 zmanjšala za 13 % glede na varianto A2 pa za 30 %. Poraba energije za hlajenje se je glede na varianto A2.25 povečala za 368 %.

Prezračevalne izgube znašajo 89,90 kWh/m² letno in so se glede na varianto A2.25 povečale za 6 %. Transmisijske izgube letno znašajo 24,32 kWh/m², kar je za 15 % več kot pri varianti A2.25.

Pritoki skozi okna letno znašajo 79,75 kWh/m² in so se glede na varianto A2.25 povečali za 96,3 %, kar je razumljivo, saj se je površina zasteklitve povečala za 100 %. Zaradi pritokov skozi okna se je poraba energije za ogrevanje glede na varianto A2.25 zmanjšala, povečala pa se je poraba energije za hlajenje, in sicer za kar 368 %.

Iz slike 44 je razvidno, da so transmisijske izgube od novembra do julija večje od izgub skozi okna, kar je razumljivo, saj imajo okna skoraj devetkrat manjšo površino od zunanega ovoja stavbe. Transmisijski pritoki se pri varianti A2.50 ne pojavijo v nobenem mesecu. Pritoki skozi okna so od januarja do novembra večji tako od izgub skozi okna, kot tudi od transmisijskih izgub, kar ugodno vpliva na porabo energije za ogrevanje. Od aprila do oktobra so pritoki skozi okna večji od vseh izgub, kar pa povzroča pregrevanje stavbe in potrebno je hlajenje.



Slika 44: Mesečne izgube in pritoki energije za varianto A2.50

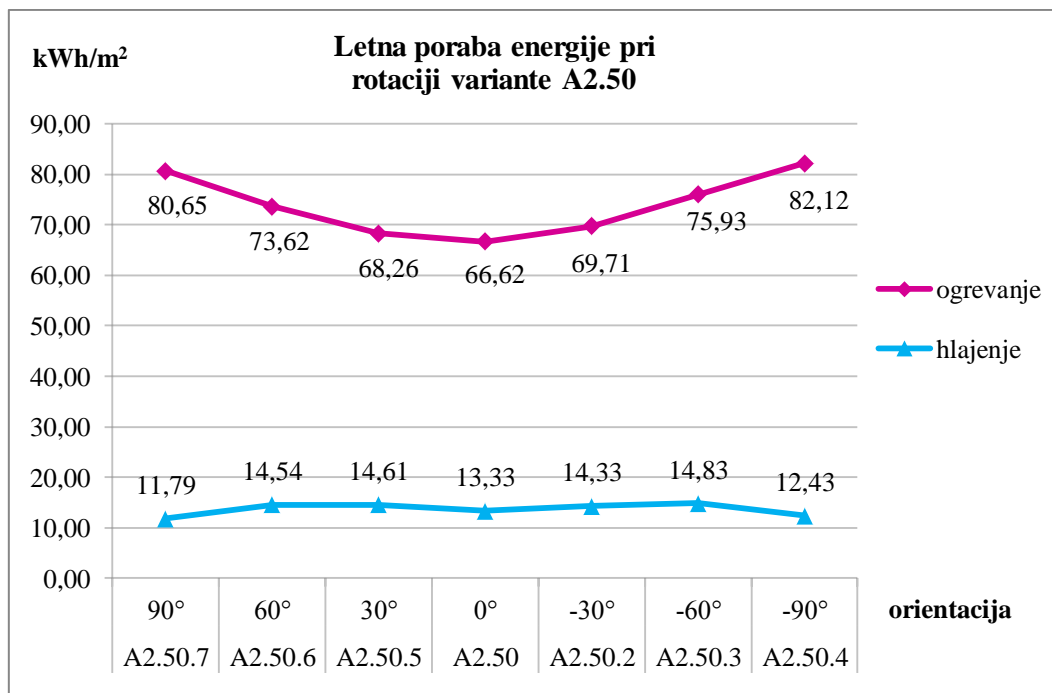
Preglednica 34: Notranje povprečne temperature za varianto A2.50

A2.50	Januar	Februar	Marec	April	Maj	Junij	Julij	Avgust	September	Oktober	November	December	Letna povprečna
T (°C)	20,05	20,17	20,33	21,22	22,33	23,58	25,35	25,06	23,32	22,01	20,12	20,01	21,96

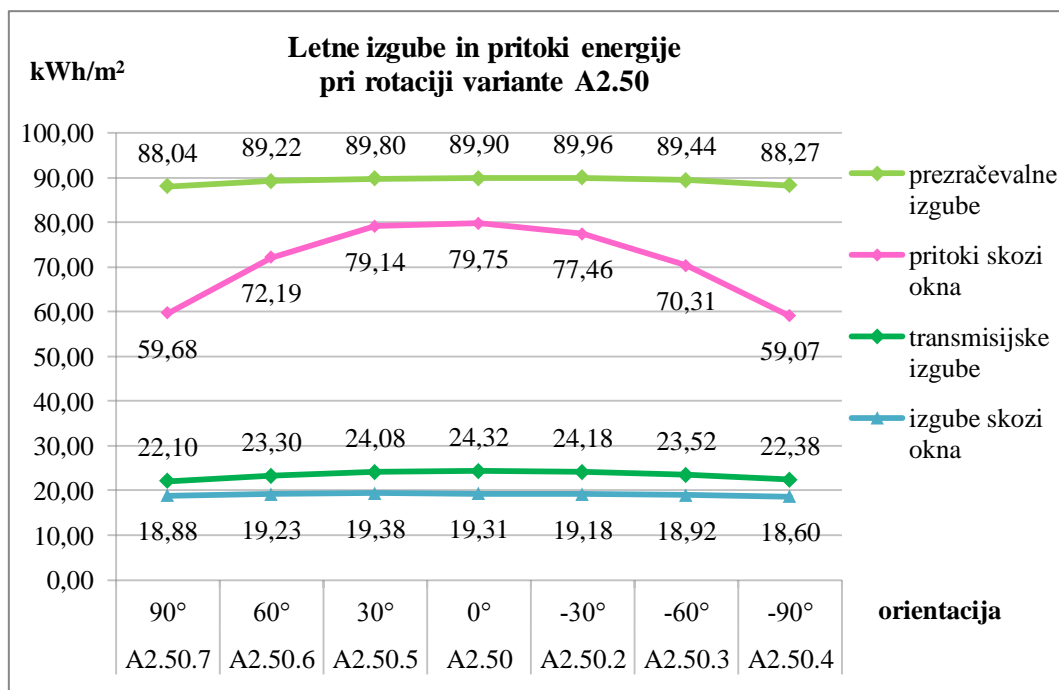
Notranje povprečne mesečne temperature so se glede na varianto A2.25 povečale predvsem od marca do oktobra. Maja in julija se je povprečna notranja temperatura povečala za približno 1 °C, junija pa za skoraj 2 °C. Najvišja povprečna notranja temperatura se pojavi v juliju in znaša 25,35 °C, kar je za 0,96 °C več kot pri varianti A2.25. Letna povprečna temperatura v stavbi je 21,96 °C in se je glede na varianto A2.25 povečala za 0,18 °C.

3.10.1 Rotacija variante A2.50

Tako kot pri rotaciji vseh do sedaj opisanih variant, se tudi pri varianti A2.50 poraba energije za ogrevanje povečuje, ko stavbo rotiramo proti vzhodu in zahodu, kar je razvidno iz slike 45. Najvišjo porabo energije za ogrevanje dobimo pri rotaciji za -90° proti vzhodu, in sicer 82,12 kWh/m² letno, kar je za 23,3 % več kot pri orientaciji 0°, kjer znaša letna poraba energije za ogrevanje 66,62 kWh/m². Poraba energije za hlajenje se pri rotaciji proti vzhodu povečuje do kota -60°, pri rotaciji proti zahodu pa do kota 30°. Pri rotaciji proti vzhodu za -60° je poraba energije za hlajenje najvišja in znaša 14,83 kWh/m² letno, pri rotaciji za 90° proti zahodu pa je najnižja in znaša 11,79 kWh/m² letno, kar je za 20,5 % manj kot pri kotu -60°.



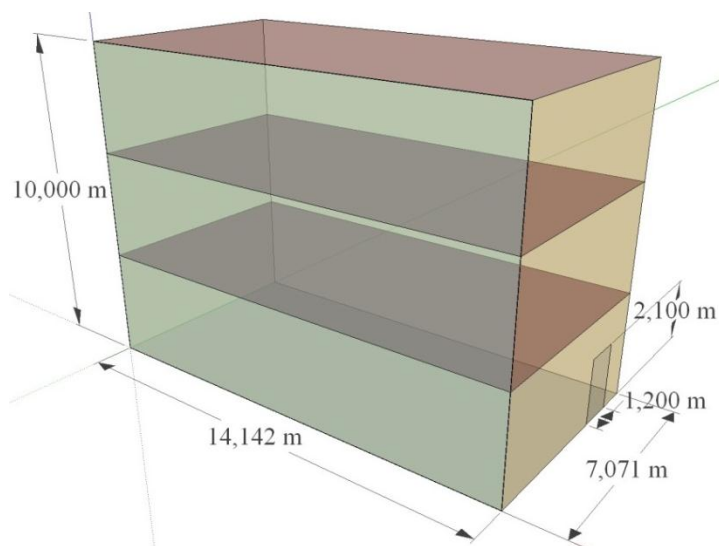
Slika 45: Letna poraba energije pri rotaciji variante A2.50



Slika 46: Letne izgube in pritoki energije pri rotaciji variante A2.50

Pri rotaciji proti vzhodu in zahodu za $\pm 90^\circ$ se transmisijske izgube zmanjšajo za približno 2 kWh/m^2 letno, kar je razvidno iz grafa na sliki 46. Prezračevalne izgube se pri rotaciji $\pm 90^\circ$ proti vzhodu in zahodu zmanjšajo za približno $1,5 \text{ kWh/m}^2$ letno, izgube skozi okna pa za približno $0,5 \text{ kWh/m}^2$ letno. Največje razlike se pojavijo pri pritokih skozi okna. Ti se pri rotaciji proti vzhodu za -90° zmanjšajo za kar $20,7 \text{ kWh/m}^2$ letno oziroma za 26 %, kar vpliva na večjo porabo energije za ogrevanje.

3.11 Varianta A2.100



Slika 47: Varianta A2.100

Pri varianti A2.100 sem površino zasteklitve povečala na 100 %, tako da dimenzije okna sovpadajo z dimenzijami južne fasade. Razmerje okno/stena za celotno stavbo znaša 33 %. Površina zasteklitve je 141,42 m², površina zunanjih sten 282,84 m² in površina strehe in temeljnih tal je 100 m². Prostornina stavbe ostaja 1000 m³ in etažna višina 3,33 m. Zunanje dimenzije stavbe so 14,142 × 7,071 × 10 m, dimenzije zasteklitve 14,142 × 10 m in dimenzije vhodnih vrat 1,2 × 2,1 m. Faktor oblike stavbe je 0,62 m⁻¹ in okno je orientirano proti jugu.

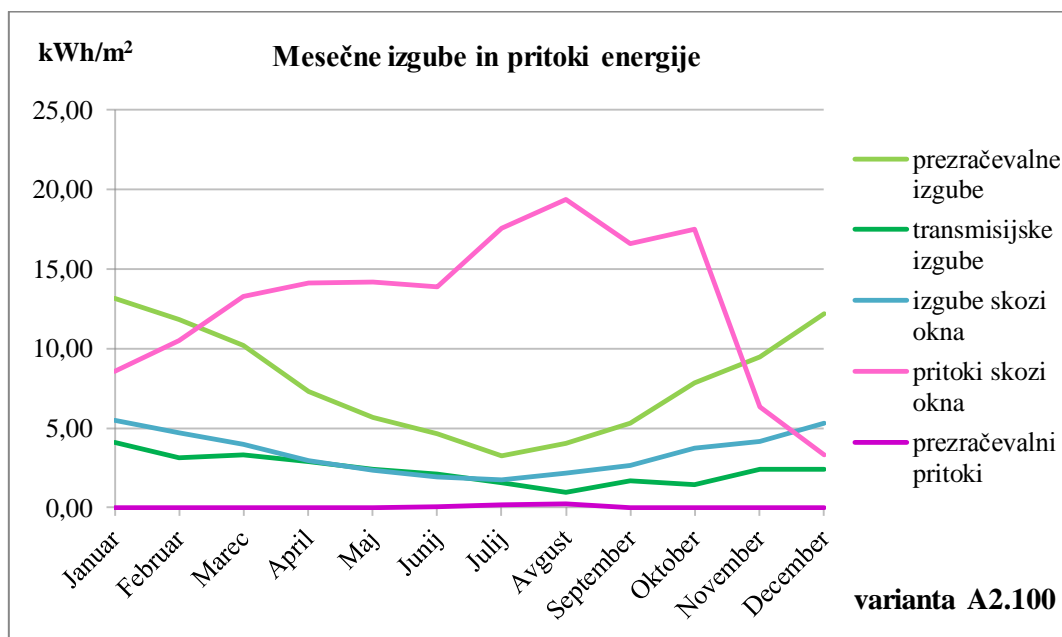
Preglednica 35: Poraba energije ter pritoki in izgube energije za varianto A2.100

Varianta A2.100	ENERGIJA (kWh/m ²)		PRITOKI (kWh/m ²)		IZGUBE (kWh/m ²)		
	ogrevanje	hlajenje	prezračevanje	okna	prezračevanje	okna	transmisijske
Januar	14,38	0,25	0,00	8,58	13,14	5,49	4,09
Februar	9,92	0,76	0,00	10,49	11,83	4,68	3,13
Marec	5,44	1,26	0,00	13,28	10,19	3,97	3,29
April	1,86	2,84	0,00	14,14	7,30	2,94	2,92
Maj	0,06	3,86	0,01	14,21	5,68	2,35	2,39
Junij	0,00	5,23	0,04	13,90	4,65	1,95	2,10
Julij	0,00	11,22	0,18	17,58	3,24	1,73	1,57
Avgust	0,00	12,46	0,25	19,35	4,02	2,17	0,95
September	0,01	6,99	0,00	16,62	5,32	2,62	1,69
Oktober	1,35	5,81	0,00	17,50	7,87	3,73	1,44
November	10,01	0,26	0,00	6,33	9,49	4,16	2,43
December	16,55	0,00	0,00	3,31	12,16	5,29	2,41
Skupaj letno	59,57	50,95	0,48	155,27	94,89	41,08	28,40
Skupna letna poraba energije za ogrevanje in hlajenje						110,51	(kWh/m ²)

Skupna letna poraba energije za ogrevanje in hlajenje pri varianti A2.100 znaša 110,51 kWh/m², kar je za 30,56 kWh/m² oziroma za 38 % več kot pri varianti A2.50 in za 15,23 kWh/m² oziroma za 16 % več kot pri varianti A2 brez oken. Poraba energije za ogrevanje znaša 59,57 kWh/m² letno in se je glede na varianto A2.50 zmanjšala za 10,6 %, kar je razumljivo, saj se je površina zasteklitve glede na varianto A2.50 povečala za 100 %. Ogrevanje je pri varianti A2.100 potrebno od aprila do oktobra. Poraba energije za hlajenje znaša pri varianti A2.100 50,95 kWh/m² in se je glede na varianto A2.50 s 50 % zasteklitvijo južne fasade povečala za kar 282 %.

Prezračevalne izgube znašajo 94,89 kWh/m² letno in so se glede na varianto A2.50 povečale za 5,5 %, glede na varianto A2 pa za 18,4 %. Prezračevalni pritoki se pri varianti A2.100 pojavijo od maja do avgusta in znašajo 0,48 kWh/m² letno.

Transmisijske izgube pri varianti A2.100 znašajo 28,4 kWh/m² letno in so se glede na varianto A2.50 povečale za 16,8 %.



Slika 48: Mesečne izgube in pritoki energije za varianto A2.100

Iz slike 48 je razvidno, da so izgube skozi okna v skoraj vseh mesecih večje od transmisijskih izgub. Okna imajo sicer več kot trikrat manjšo površino kot zunanji ovoj stavbe, vendar pa je njihova toplotna prehodnost skoraj sedemkrat večja, zato se pri varianti A2.100 več energije izgubi skozi okna. Pritoki skozi okna so od marca do oktobra večji od vseh izgub, kar zmanjšuje potrebo po energiji za ogrevanje in povečuje potrebo po energiji za hlajenje.

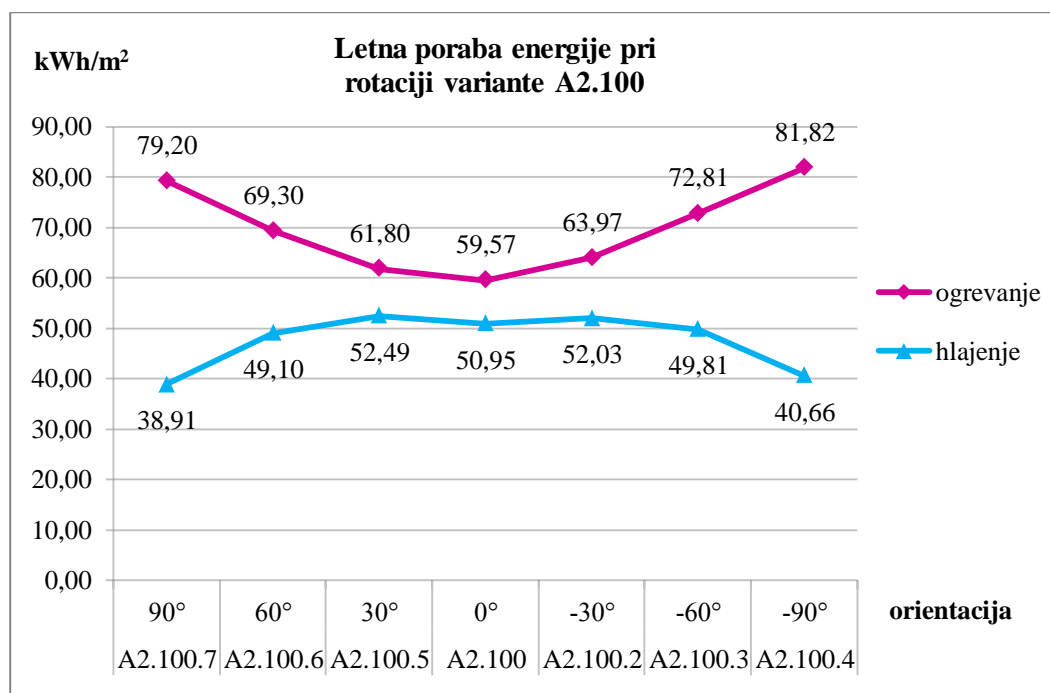
Notranje povprečne mesečne temperature so pri varianti A2.100 najvišje med vsemi do sedaj opisanimi glavnimi variantami, kar je razvidno iz preglednice 36. V juliju je notranja povprečna temperatura najvišja in znaša 25,72 °C, kar je za 0,37 °C več kot pri varianti A2.50 s 50 %

zasteklitvijo južne fasade in za 4,43 °C več kot pri varianti A2 brez oken. Zaradi pritokov skozi okna so notranje povprečne mesečne temperature pri varianti A2.100 tudi v zimskih mesecih večje od projektne temperature 20 °C. Letna povprečna temperatura v stavbi je 22,7 °C in se je glede na varianto A2.50 povečala 0,74 °C, glede na varianto A2 pa za 2,41 °C.

Preglednica 36: Notranje povprečne temperature za varianto A2.100

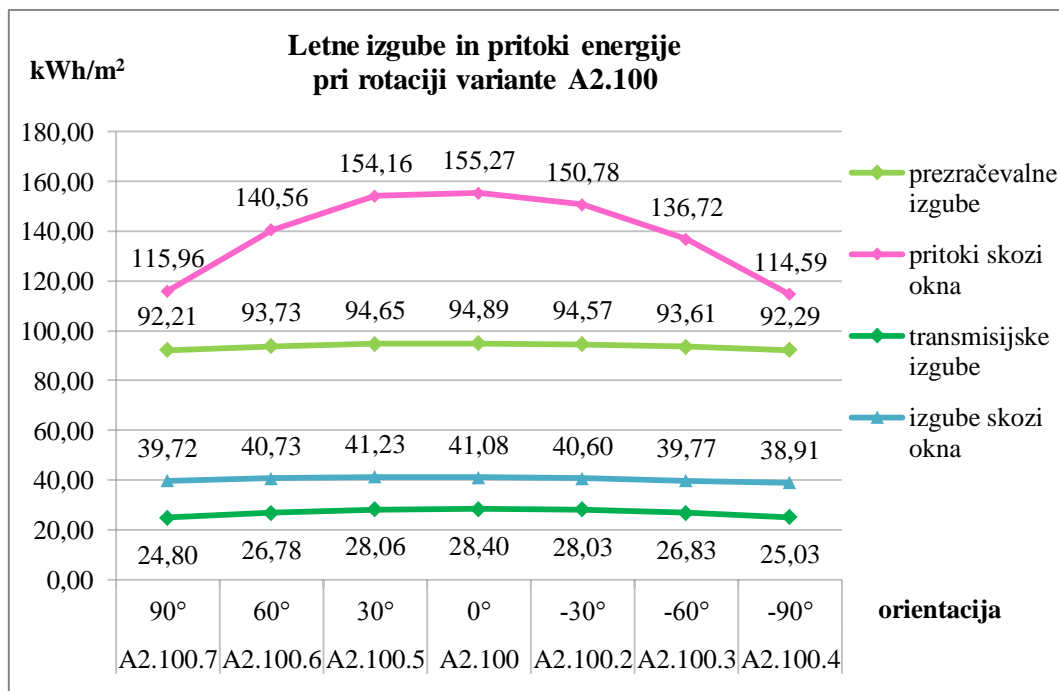
A2.100	Januar	Februar	Marec	April	Maj	Junij	Julij	Avgust	September	Oktober	November	December	Letna povprečna
T (°C)	20,35	20,69	21,03	22,37	23,87	24,92	25,72	25,44	24,41	23,02	20,43	20,09	22,70

3.11.1 Rotacija variante A2.100



Slika 49: Letna poraba energije pri rotaciji variante A2.100

Na sliki 49 je prikazana letna poraba energije za ogrevanje in hlajenje pri rotaciji variante A2.100. Najvišjo porabo energije za ogrevanje dobimo pri rotaciji za -90° proti vzhodu, in sicer 81,82 kWh/m² letno, kar je za 37,4 % več kot pri orientaciji 0°. Pri rotaciji za 90° proti zahodu dobimo za 3 % manjšo porabo energije za ogrevanje kot pri rotaciji za -90° proti vzhodu. Poraba energije za hlajenje je najvišja pri rotaciji za 30° proti zahodu in znaša 52,49 kWh/m² letno, kar je za 3 % več kot pri orientaciji 0°. Najmanjšo porabo energije za hlajenje dobimo pri rotaciji za 90° proti vzhodu, in sicer 38,91 kWh/m² letno, kar je za 23,6 % manj kot pri orientaciji 0°. Rotacija stavbe proti vzhodu in zahodu torej ugodno vpliva na porabo energije za hlajenje, vendar le pri kotih, ki so večji od 30°.

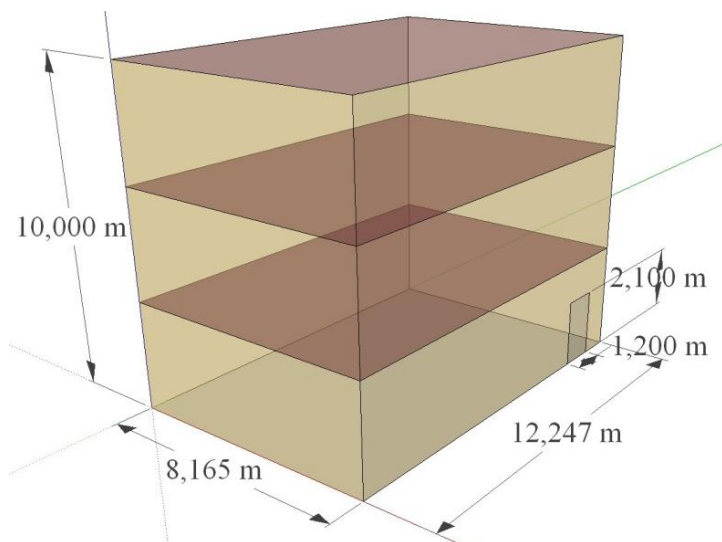


Slika 50: Letne izgube in pritoki energije pri rotaciji variante A2.100

Iz slike 50 je razvidno, da se pri rotaciji variante A2.100 proti vzhodu in zahodu zmanjšujejo pritoki skozi okna, prav tako pa prezračevalne izgube, transmisijske izgube in izgube skozi okna. Pritoki skozi okna se pri rotaciji za -90° proti vzhodu zmanjšajo za kar $40,7 \text{ kWh/m}^2$ letno oziroma za $26,2 \%$. Prezračevalne izgube se pri rotaciji za -90° proti vzhodu zmanjšajo za $2,6 \text{ kWh/m}^2$, transmisijske izgube za $3,4 \text{ kWh/m}^2$ in izgube skozi okna za $2,2 \text{ kWh/m}^2$. Pri vseh rotacijah variante A2.100 so izgube skozi okna večje od transmisijskih izgub.

3.12 Varianta B1

Varianta B1 je glede na izhodiščno varianto A0 razširjena v razmerju $1:1,5$ v smeri sever-jug. Oblika variante B1 je enaka obliki variante A1, le da je varianta A1 razširjena v smeri vzhod-zahod. Zunanje dimenzije stavbe pri varianti B1 znašajo $8,165 \times 12,247 \times 10 \text{ m}$, površina zunanjih sten je $408,24 \text{ m}^2$, površina strehe in temeljnih tal 100 m^2 in površina vhodnih vrat $2,52 \text{ m}^2$. Površina severne in južne fasade se je glede na izhodiščno varianto A0 zmanjšala za $18,4 \%$, površina vzhodne in zahodne fasade pa se je povečala za $22,5 \%$. Prostornina stavbe je 1000 m^3 , faktor oblike stavbe je $0,61 \text{ m}^{-1}$ in orientacija je 0° . Na stavbi razen vhodnih vrat ni nobenih odprtin.



Slika 51: Varianta B1

Preglednica 37: Poraba energije ter pritoki in izgube energije za varianto B1

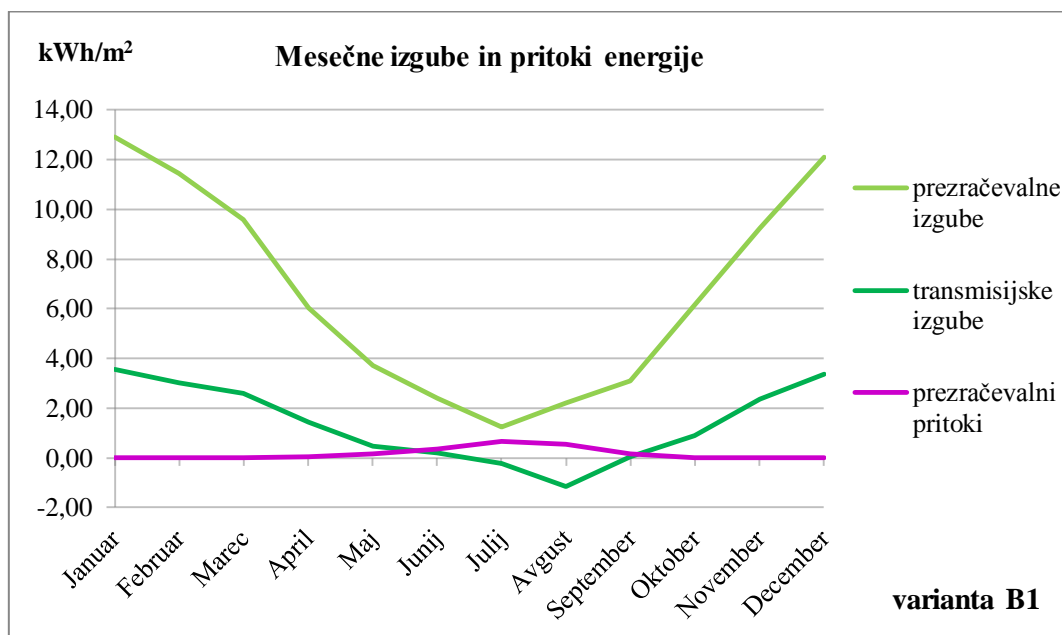
Varianta B1	ENERGIJA (kWh/m ²)		PRITOKI (kWh/m ²)		IZGUBE (kWh/m ²)		
	ogrevanje	hlajenje	prezračevanje	okna	prezračevanje	okna	transmisijske
Januar	16,48	0,00	0,00	0,00	12,92	0,00	3,56
Februar	14,49	0,00	0,00	0,00	11,45	0,00	3,03
Marec	12,20	0,00	0,00	0,00	9,59	0,00	2,61
April	7,44	0,00	0,05	0,00	6,04	0,00	1,45
Maj	4,01	0,00	0,18	0,00	3,71	0,00	0,47
Junij	2,25	0,00	0,36	0,00	2,42	0,00	0,19
Julij	0,34	0,00	0,66	0,00	1,25	0,00	-0,24
Avgust	0,48	0,00	0,56	0,00	2,19	0,00	-1,15
September	2,97	0,00	0,14	0,00	3,08	0,00	0,03
Oktober	7,03	0,00	0,02	0,00	6,14	0,00	0,91
November	11,63	0,00	0,00	0,00	9,25	0,00	2,38
December	15,46	0,00	0,00	0,00	12,11	0,00	3,35
Skupaj letno	94,77	0,00	1,97	0,00	80,14	0,00	16,59
Skupna letna poraba energije za ogrevanje in hlajenje						94,77	(kWh/m ²)

Pri varianti B1 znaša letna poraba energije za ogrevanje 94,77 kWh/m² in je enaka kot pri varianti A1. Glede na izhodiščno varianto A0 se je poraba energije za ogrevanje povečala za 0,27 kWh/m². Pri varianti B1 je za vzdrževanje projektne temperature ogrevanje potrebno skozi vse leto, hlajenje pa ni potrebno, saj se stavba v poletnih mesecih ne pregreva.

Prezračevalni pritoki se glede na izhodiščno varianto A0 niso spremenili, prezračevalne izgube pa so se povečale za 0,01 kWh/m² in znašajo 80,14 kWh/m².

Transmisijske izgube znašajo 16,59 kWh/m² letno, kar je za 0,24 kWh/m² več kot pri varianti A0. Do razlik pride zaradi faktorja oblike oziroma zaradi večje površine zunanjega ovoja stavbe. Površina

zunanjšega ovoja se je glede na varianto A0 povečala za 1,4 %. Transmisijske izgube so se glede na varianto A1 zmanjšale za 0,03 kWh/m², čeprav se površina zunanjšega ovoja stavbe ni spremenila.



Slika 52: Mesečne izgube in pritoki energije za varianto B1

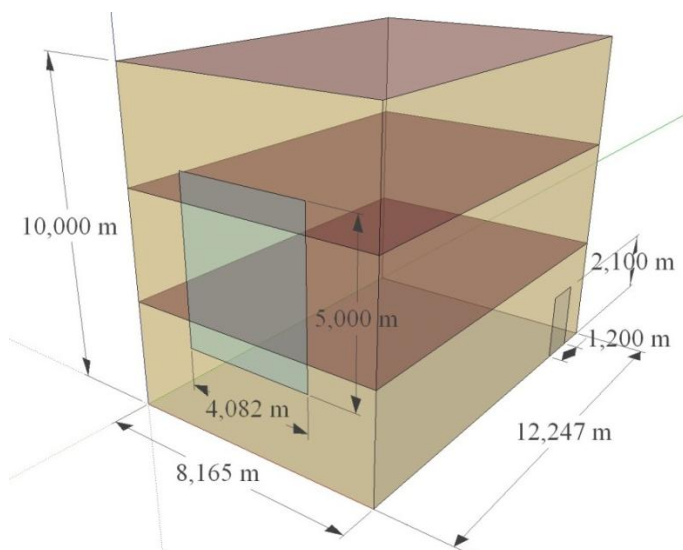
Iz slike 52 je razvidno, da se v juliju in avgustu pojavijo transmisijski pritoki skozi zunanji ovoj stavbe. Ti znašajo 1,39 kWh/m² letno, kar je za 4,5 % več kot pri varianti A1 in za 3 % več kot pri varianti A0. Prezračevalni pritoki se pojavijo od aprila do oktobra in znašajo 1,97 kWh/m².

Preglednica 38: Notranje povprečne temperature za varianto B1

B1	Januar	Februar	Marec	April	Maj	Junij	Julij	Avgust	September	Oktober	November	December	Letna povprečna
T (°C)	20,00	20,00	20,00	20,01	20,09	20,26	21,32	21,66	20,09	20,01	20,00	20,00	20,29

Notranje povprečne mesečne temperature so se glede na varianti A0 in A1 povišale le v juliju in avgustu. Najvišja notranja povprečna temperatura se pri varianti B1 pojavi v avgustu in znaša 21,66 °C, kar je za 0,03 °C več kot pri variantah A0 in A1. V juliju se je povprečna temperatura glede na varianti A0 in A1 povečala za 0,02 °C in znaša 21,32 °C. Letna povprečna notranja temperatura znaša 20,29 °C in je za 0,01 °C višja kot pri variantah A0 in A1.

3.13 Varianta B1.25



Slika 53: Varianta B1.25

Pri varianti B1.25 sem na južno fasado dodala okno v izmeri $4,082 \times 5$ m, tako da znaša razmerje okno/stena za južno fasado 25 %, za celotno stavbo pa 5 %. Površina zasteklitve je $20,41 \text{ m}^2$ in površina zunanjih sten $387,83 \text{ m}^2$. Zunanje dimenzije stavbe so $8,165 \times 12,247 \times 10$ m, faktor oblike je $0,61 \text{ m}^{-1}$ in orientacija stavbe je 0° . Prostornina stavbe ostaja 1000 m^3 , površina strehe in temeljnih tal 100 m^2 in etažna višina 3,33 m.

Preglednica 39: Poraba energije ter pritoki in izgube energije za varianto B1.25

Varianta B1.25	ENERGIJA (kWh/m^2)		PRITOKI (kWh/m^2)		IZGUBE (kWh/m^2)		
	ogrevanje	hlajenje	prezračevanje	okna	prezračevanje	okna	transmisijske
Januar	16,00	0,00	0,00	1,28	12,92	0,77	3,58
Februar	13,51	0,00	0,00	1,57	11,45	0,64	2,99
Marec	10,75	0,00	0,00	2,01	9,59	0,52	2,64
April	5,89	0,00	0,01	2,17	6,07	0,35	1,65
Maj	2,50	0,00	0,08	2,22	3,81	0,24	0,74
Junij	0,97	0,00	0,17	2,19	2,58	0,18	0,57
Julij	0,00	0,26	0,26	2,69	1,96	0,17	0,56
Avgust	0,07	0,57	0,25	2,91	3,15	0,25	-0,74
September	1,25	0,00	0,03	2,54	3,36	0,26	0,22
Oktober	4,96	0,00	0,00	2,65	6,26	0,43	0,92
November	11,21	0,00	0,00	0,95	9,25	0,58	2,33
December	15,54	0,00	0,00	0,49	12,11	0,76	3,16
Skupaj letno	82,64	0,83	0,80	23,65	82,50	5,15	18,62
Skupna letna poraba energije za ogrevanje in hlajenje						83,47	(kWh/m^2)

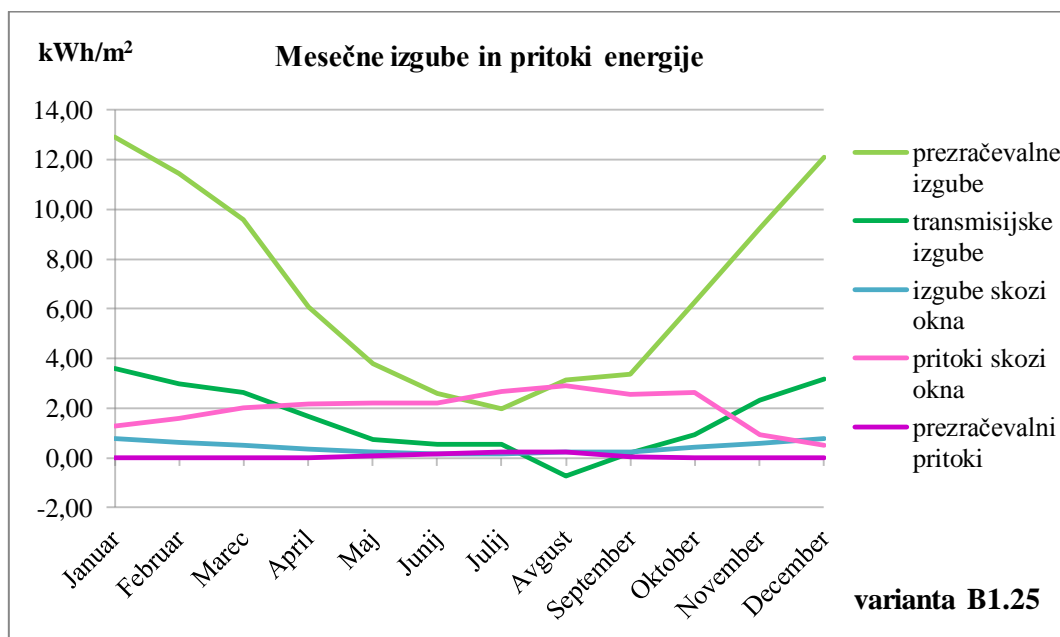
Skupna letna poraba energije za ogrevanje in hlajenje pri varianti B1.25 znaša $83,47 \text{ kWh/m}^2$, kar je za $11,3 \text{ kWh/m}^2$ oziroma za 11,9 % manj kot pri varianti B1 brez oken. Poraba energije za ogrevanje

znaša $82,64 \text{ kWh/m}^2$ letno in se je glede na varianto B1 zmanjšala za 12,8 %, kar je logično, saj se pri varianti B1.25 pojavijo pritoki skozi okna. Zaradi pritokov skozi okna se v juliju in avgustu pojavi potreba po energiji za hlajenje, vendar je ta majhna v primerjavi s prihrankom energije za ogrevanje, saj znaša le $0,83 \text{ kWh/m}^2$.

Prezračevalne izgube znašajo $82,5 \text{ kWh/m}^2$ letno in so se glede na varianto B1 brez oken povečale za $2,36 \text{ kWh/m}^2$ oziroma za 2,9 %. Prezračevalni pritoki se pojavijo od aprila do septembra in znašajo $0,80 \text{ kWh/m}^2$ kar je za $1,17 \text{ kWh/m}^2$ oziroma za 59,4 % manj kot pri varianti B1 brez zasteklitve.

Transmisijske izgube znašajo $18,62 \text{ kWh/m}^2$ letno in so se glede na varianto B1 povečale za $2,03 \text{ kWh/m}^2$ oziroma za 12,2 %. Transmisijski pritoki se pri varianti B1.25 pojavijo le v avgustu in znašajo $0,74 \text{ kWh/m}^2$.

Pritoki skozi okna pri varianti B1.25 znašajo $23,65 \text{ kWh/m}^2$ letno in so skoraj petkrat večji od izgub skozi okna, ki znašajo $5,15 \text{ kWh/m}^2$ letno.



Slika 54: Mesečne izgube in pritoki energije za varianto B1.25

Na sliki 54 so grafično prikazane mesečne izgube in pritoki energije za varianto B1.25. Izgube skozi okna so v vseh mesecih manjše od transmisijskih izgub, kar je razumljivo, saj imajo zunanje stene skoraj dvajsetkrat večjo površino kot okna. Prezračevalne izgube so največje med izgubami in imajo največji vpliv na porabo energije za ogrevanje. Pritoki skozi okna od maja do oktobra pokrijejo transmisijske izgube in izgube skozi okna, vendar niso dovolj veliki, da bi pokrili tudi prezračevalne izgube, zato je ogrevanje potrebno skoraj v vseh poletnih mesecih.

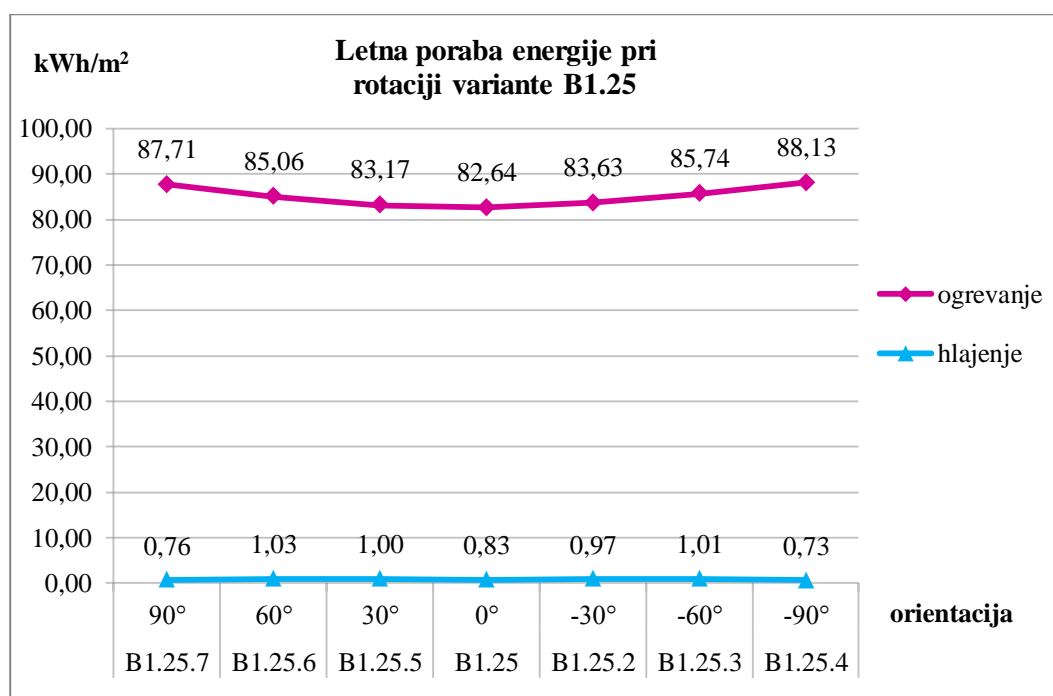
Notranje povprečne mesečne temperature se glede na varianto B1 od aprila do oktobra povečajo, najbolj pa so razlike opazne julija in avgusta, ko se notranja povprečna temperatura poveča za

približno 2 °C. Najvišja notranja povprečna temperatura se pri varianti B1.25 pojavi v avgustu in znaša 23,91 °C, kar je za 2,2 °C več kot pri varianti B1. Letna povprečna notranja temperatura znaša 20,81 °C in se je glede na varianto B1 povečala za 0,53 °C.

Preglednica 40: Notranje povprečne temperature za varianto B1.25

B1.25	Januar	Februar	Marec	April	Maj	Junij	Julij	Avgust	September	Oktober	November	December	Letna povprečna
T (°C)	20,00	20,00	20,00	20,13	20,45	20,91	23,31	23,91	20,80	20,25	20,00	20,00	20,81

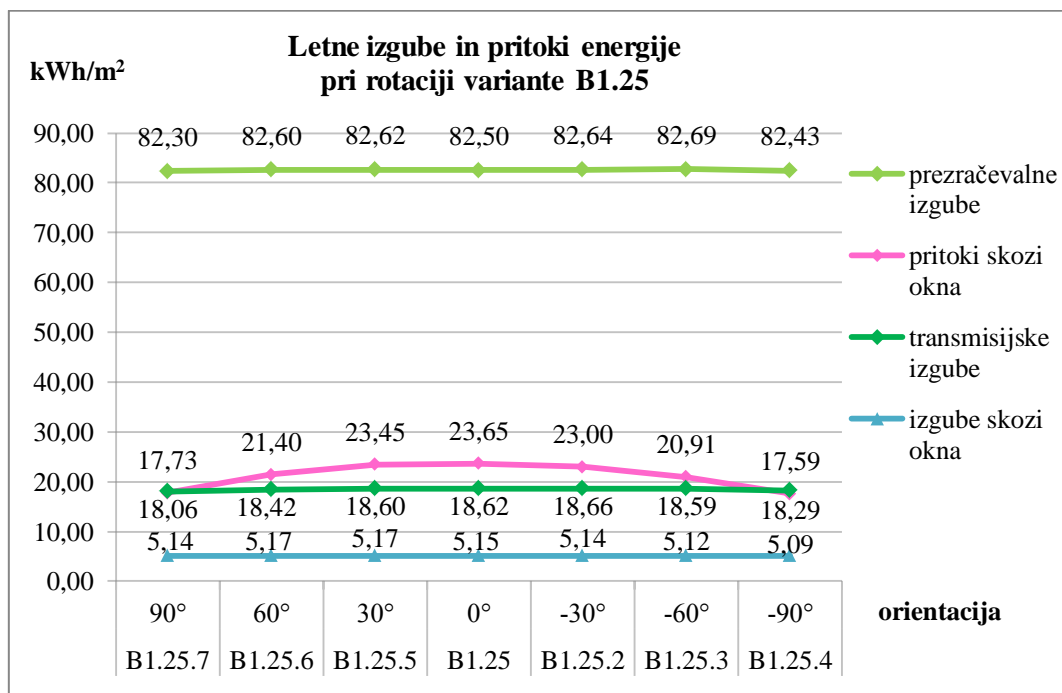
3.13.1 Rotacija variante B1.25



Slika 55: Letna poraba energije pri rotaciji variante B1.25

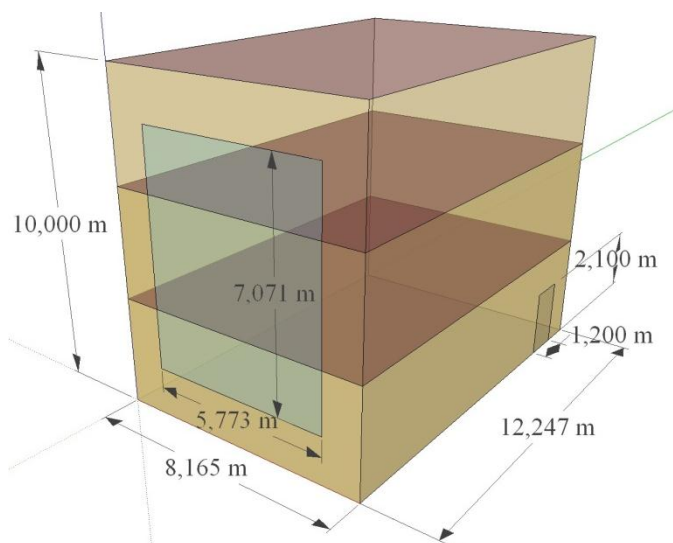
Iz slike 55 je razvidno, da rotacija variante B1.25 neugodno vpliva na porabo energije za ogrevanje. Pri rotaciji za -90° proti vzhodu je poraba energije za ogrevanje najvišja in znaša 88,13 kWh/m² letno, kar je za 5,94 kWh/m² oziroma za 6,6 % več kot pri orientaciji 0°. Pri rotaciji za 90° proti zahodu dobimo za 0,42 kWh/m² manjšo letno porabo energije za ogrevanje kot pri rotaciji za -90° proti vzhodu. Poraba energije za hlajenje se povečuje do kota ±60°, pri nadaljnji rotaciji proti vzhodu in zahodu pa se zmanjša. Najmanjšo porabo energije za hlajenje dobimo tako pri rotaciji za -90° proti vzhodu, in sicer 0,73 kWh/m² letno, kar je za 12 % manj kot pri orientaciji 0°. Pri rotaciji proti zahodu dobimo večjo porabo energije za hlajenje kot pri rotaciji proti vzhodu.

Pri rotaciji stavbe se zmanjšujejo pritoki skozi okna, kar vpliva na porabo energije za ogrevanje in hlajenje. Pritoki skozi okna se namreč pri rotaciji proti vzhodu in zahodu za $\pm 90^\circ$ zmanjšajo za približno 25 %. Transmisijske izgube, prezračevalne izgube in izgube skozi okna se pri rotaciji stavbe do kota $\pm 30^\circ$ povečujejo, nato pa se zmanjšajo, vendar so razlike zanemarljivo majhne.



Slika 56: Letne izgube in pritoki energije pri rotaciji variante B1.25

3.14 Varianta B1.50



Slika 57: Varianta B1.50

Površino zasteklitve na južni fasadi sem pri varianti B1.50 povečala na 50 %, tako da je razmerje okno/stena za celotno stavbo 10 %. Površina zasteklitve je 40,82 m² in površina zunanjih sten

367,42 m². Zunanje dimenzije stavbe so 8,165 × 12,247 × 10 m, dimenzije zasteklitve 5,773 × 7,071 m in dimenzije vhodnih vrat 1,2 × 2,1 m. Prostornina stavbe je 1000 m³ in površina stavbe 608,24 m², tako da faktor oblike znaša 0,61 m⁻¹. Površina strehe in temeljnih tal ostaja 100 m². Orientacija stavbe je 0°, tako da sever stavbe sovpadaja s pravim severom in je okno orientirano proti jugu.

Preglednica 41: Poraba energije ter pritoki in izgube energije za varianto B1.50

Varianta B1.50	ENERGIJA (kWh/m ²)		PRITOKI (kWh/m ²)		IZGUBE (kWh/m ²)		
	ogrevanje	hlajenje	prezračevanje	okna	prezračevanje	okna	transmisijske
Januar	15,54	0,00	0,00	2,55	12,93	1,55	3,61
Februar	12,59	0,00	0,00	3,13	11,46	1,29	2,97
Marec	9,41	0,00	0,00	3,99	9,63	1,06	2,71
April	4,58	0,00	0,00	4,29	6,26	0,73	1,88
Maj	1,36	0,00	0,02	4,36	4,17	0,52	1,04
Junij	0,23	0,06	0,05	4,29	3,06	0,41	1,03
Julij	0,00	1,54	0,18	5,26	2,67	0,41	0,81
Avgust	0,02	2,29	0,25	5,75	3,55	0,55	-0,38
September	0,32	0,19	0,00	5,01	3,99	0,59	0,57
Oktober	3,24	0,01	0,00	5,25	6,66	0,91	0,91
November	10,81	0,00	0,00	1,89	9,26	1,17	2,27
December	15,64	0,00	0,00	0,98	12,11	1,52	2,98
Skupaj letno	73,73	4,09	0,50	46,73	85,76	10,71	20,40
Skupna letna poraba energije za ogrevanje in hlajenje						77,82	(kWh/m ²)

Pri varianti B1.50 znaša letna poraba energije za ogrevanje 73,73 kWh/m², kar je za 8,91 kWh/m² oziroma za 10,8 % manj kot pri varianti B1.25 s 25 % zasteklitvijo južne fasade in za 21,04 kWh/m² oziroma za 22,2 % manj kot pri varianti B1 brez oken. Letna poraba energije za hlajenje pri varianti B1.50 znaša 4,09 kWh/m² in se je glede na varianto B1.25 povečala za 3,26 kWh/m² oziroma za 392 %.

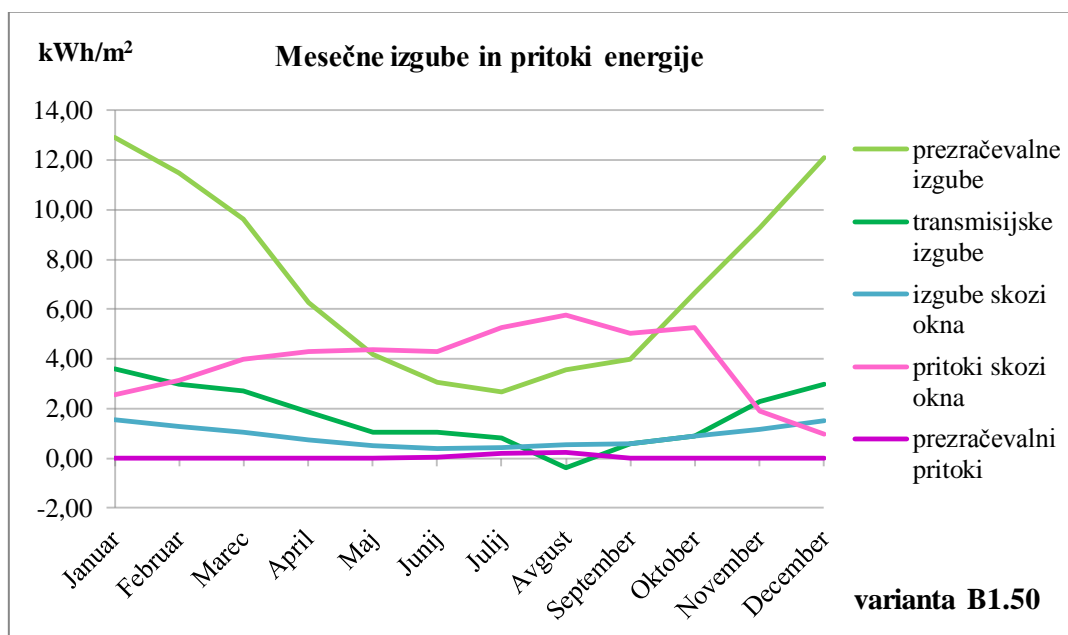
Pritoki skozi okna so se glede na varianto B1.25 povečali za 97,6 %, kar je razumljivo, saj se je površina oken glede na varianto B1.25 povečala za 100 %.

Transmisijske izgube znašajo 20,40 kWh/m² letno in so se glede na varianto B1.25 povečale za 1,78 kWh/m² oziroma za 9,5 %.

Prezračevalne izgube so približno štirikrat večje od transmisijskih izgub in znašajo 85,76 kWh/m² letno, kar je za 4 % več kot pri varianti B1.25. Prezračevalni pritoki so pri varianti B1.50 zanemarljivo majhni, saj znašajo le 0,50 kWh/m², pojavijo pa se od maja do avgusta.

Pri varianti B1.50 so pritoki skozi okna od marca do oktobra večji od transmisijskih izgub in izgub skozi okna, kar ugodno vpliva na porabo energije za ogrevanje. Od maja do septembra so pritoki skozi okna večji tudi od prezračevalnih izgub, vendar pa so julija in avgusta v presežku in potrebno je

hlajenje. Izgube skozi okna so manjše od transmisijskih izgub v vseh mesecih, razen v avgustu, kar je logično, saj ima zasteklitev približno štirinajstkrat manjšo površino od zunanje ovojja.



Slika 58: Mesečne izgube in pritoki energije za varianto B1.50

Preglednica 42: Notranje povprečne temperature za varianto B1.50

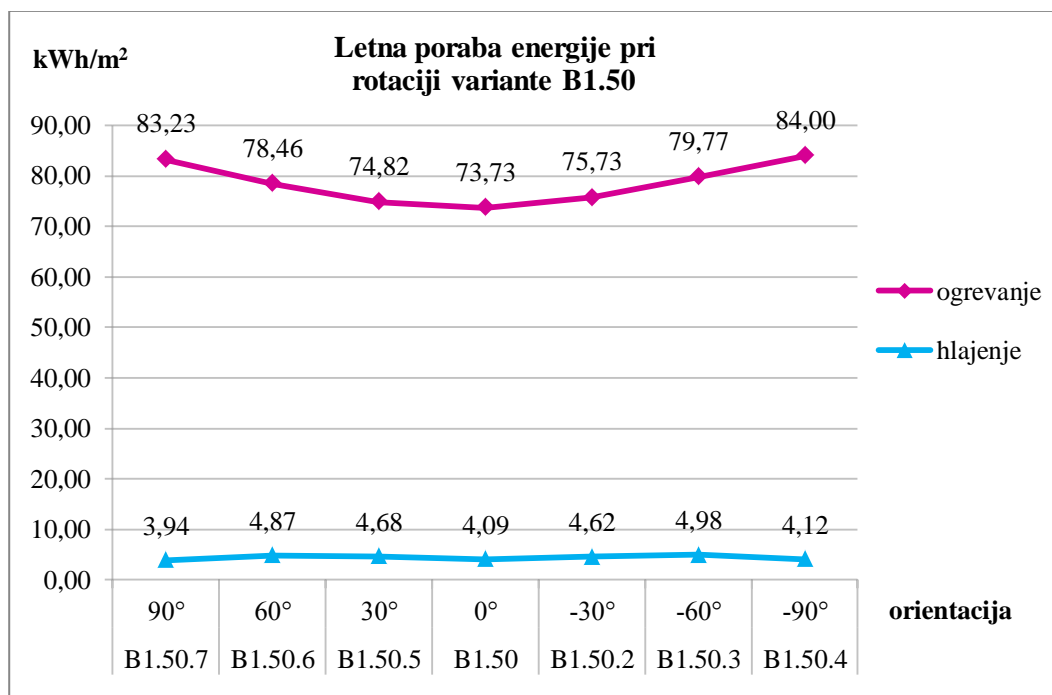
B1.50	Januar	Februar	Marec	April	Maj	Junij	Julij	Avgust	September	Oktober	November	December	Letna povprečna
T (°C)	20,00	20,01	20,07	20,51	21,20	22,02	24,72	24,63	22,00	20,95	20,02	20,00	21,34

Najvišja notranja povprečna temperatura se pri varianti B1.50 pojavi v juliju in znaša 24,72 °C, kar je za 1,42 °C več kot pri varianti B1.25. Glede na varianto B1.25 so se notranje povprečne mesečne temperature od aprila do oktobra povečale v povprečju za 0,8 °C, kar vpliva na to, da je pri varianti B1.50 potreba po energiji za ogrevanje v teh mesecih manjša. Povprečna letna notranja temperatura je za 0,53 °C višja kot pri varianti B1.25 in znaša 21,34 °C.

3.14.1 Rotacija variante B1.50

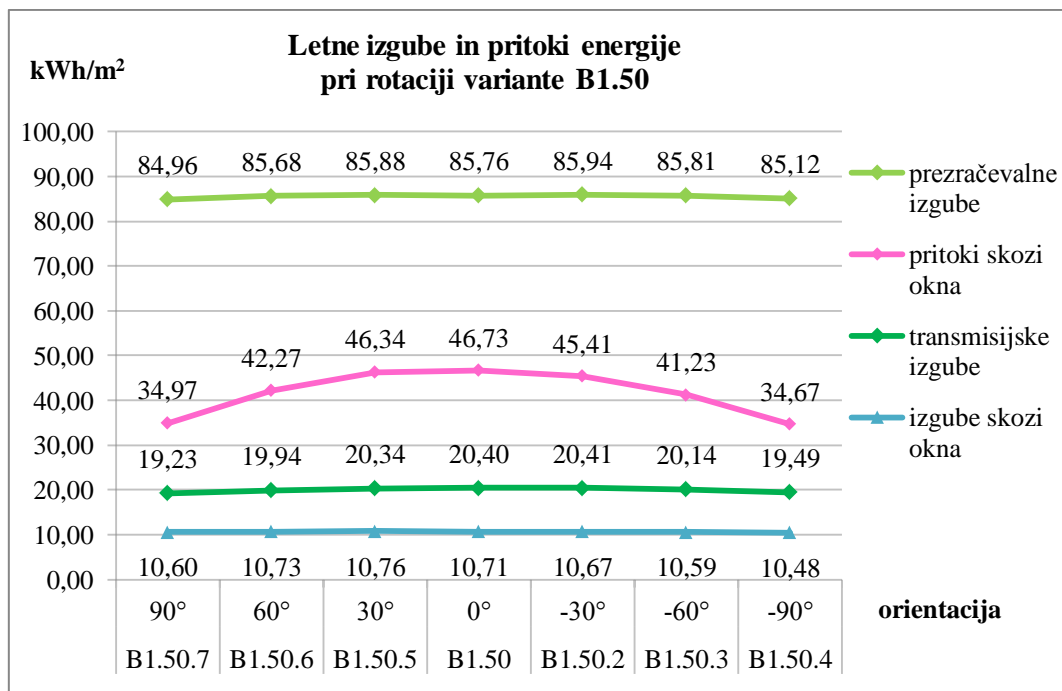
Pri rotaciji variante B1.50 proti vzhodu in zahodu se poraba energije za hlajenje povečuje do kota ±60°, nato pa se zmanjša pri nadaljni rotaciji do kota ±90°, kar je razvidno iz grafa na sliki 59. Najvišjo porabo energije za hlajenje dobimo pri rotaciji za -60° proti vzhodu, in sicer 4,98 kWh/m² letno, kar je za 21,8 % več kot pri orientaciji 0°. Pri rotaciji za 90° proti zahodu dobimo za 20,9 % manjšo porabo energije za hlajenje kot pri rotaciji za -60° proti vzhodu, in sicer 3,94 kWh/m² letno. Najnižjo porabo energije za hlajenje dobimo torej pri južni, vzhodni in zahodni orientaciji oken.

Poraba energije za ogrevanje se pri rotaciji variante B1.50 proti vzhodu in zahodu povečuje. Najvišjo vrednost porabe energije za ogrevanje dobimo pri rotaciji za -90° proti vzhodu, in sicer $84,00 \text{ kWh/m}^2$ letno, kar je za $13,9 \%$ več kot pri orientaciji 0° . Pri rotaciji proti zahodu dobimo za približno 1% manjšo porabo energije za ogrevanje kot pri rotaciji proti vzhodu.



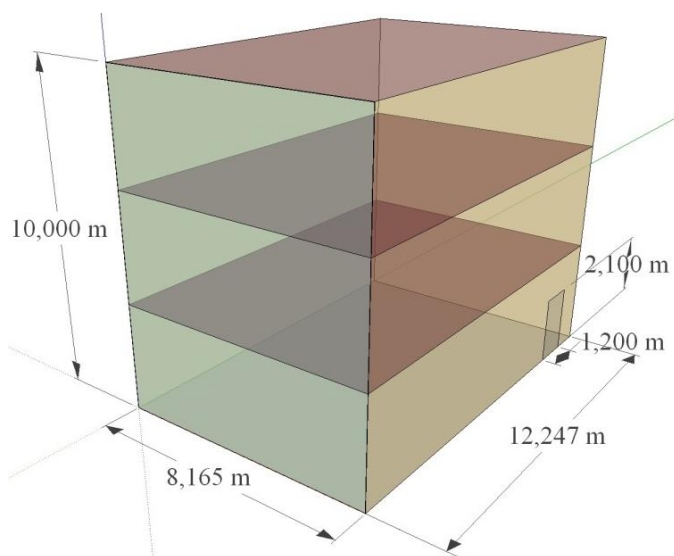
Slika 59: Letna poraba energije pri rotaciji variante B1.50

Iz slike 60 je razvidno, da se pritoki skozi okna pri rotaciji variante B1.50 proti vzhodu in zahodu zmanjšujejo. Najmanj pritokov skozi okna dobimo pri rotaciji za -90° proti vzhodu, zato je tudi poraba energije za ogrevanje v tem primeru najvišja. Pri orientaciji 0° dobimo za $34,8 \%$ večje pritoke skozi okna kot pri rotaciji proti vzhodu. Prezračevalne izgube se pri rotaciji proti vzhodu in zahodu povečujejo do kota $\pm 30^\circ$, nato pa se zmanjšujejo. Pri rotaciji za -90° proti vzhodu dobimo za približno 1% manjše prezračevalne izgube kot pri orientaciji 0° . Transmisijske izgube in izgube skozi okna se pri rotaciji proti vzhodu in zahodu zmanjšajo za približno 2% – 4% . Pri vseh rotacijah variante B1.50 so pritoki skozi okna manjši od prezračevalnih izgub in večji od transmisijskih izgub in izgub skozi okna.



Slika 60: Letne izgube in pritoki energije pri rotaciji variante B1.50

3.15 Varianta B1.100



Slika 61: Varianta B1.100

Pri varianti B1.100 sem površino zasteklitve na južni fasadi povečala na 100 %, tako da dimenzije zasteklitve sovpadajo z dimenzijami južne fasade. Površina zasteklitve je 81,65 m², tako da je razmerje okno/stena za celotno stavbo 20 %. Površina zunanjih sten znaša 326,59 m² in se je glede na varianto B1.50 zmanjšala za 11 %. Površina strehe in temeljnih tal ostaja 100 m² in uporabna površina stavbe 300 m². Zunanje dimenzije stavbe so 8,165 × 12,247 × 10 m, dimenzije zasteklitve 8,165 × 10 m in dimenzije vhodnih vrat 1,2 × 2,1 m.

Preglednica 43: Poraba energije ter pritoki in izgube energije za varianto B1.100

Varianta B1.100	ENERGIJA (kWh/m ²)		PRITOKI (kWh/m ²)		IZGUBE (kWh/m ²)		
	ogrevanje	hlajenje	prezračevanje	okna	prezračevanje	okna	transmisijske
Januar	14,81	0,00	0,00	5,02	12,98	3,14	3,71
Februar	11,03	0,03	0,00	6,16	11,60	2,65	2,92
Marec	7,17	0,06	0,00	7,81	9,86	2,21	2,86
April	2,77	0,41	0,00	8,34	6,82	1,58	2,30
Maj	0,28	0,83	0,01	8,42	5,05	1,22	1,61
Junij	0,00	1,51	0,04	8,22	4,16	1,02	1,57
Julij	0,00	5,49	0,18	10,29	3,10	0,94	0,94
Avgust	0,00	6,34	0,25	11,31	3,87	1,19	0,16
September	0,02	2,42	0,00	9,75	4,90	1,39	1,06
Oktober	1,82	1,59	0,00	10,25	7,43	2,02	1,04
November	10,21	0,00	0,00	3,71	9,34	2,38	2,20
December	15,88	0,00	0,00	1,93	12,12	3,06	2,63
Skupaj letno	64,00	18,67	0,48	91,23	91,23	22,79	23,01
Skupna letna poraba energije za ogrevanje in hlajenje						82,67	(kWh/m ²)

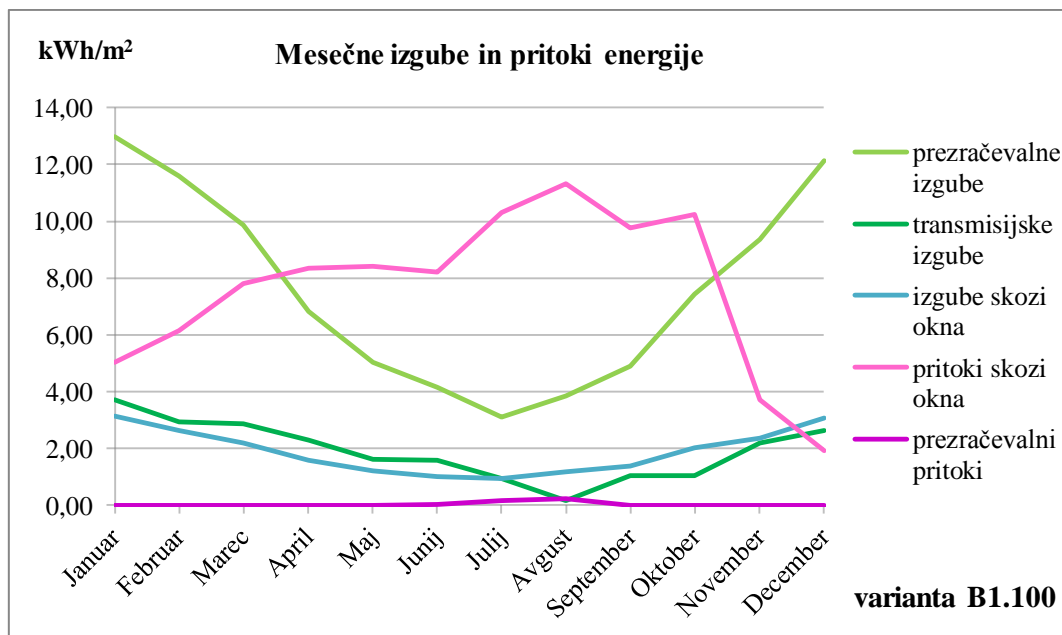
Pri varianti B1.100 znaša letna poraba energije za ogrevanje 64,00 kWh/m² in se je glede na varianto B1.50 zmanjšala za 9,73 kWh/m² oziroma za 13,2 %, kar je bilo pričakovati, saj se je glede na varianto B1.50 površina zasteklitve na južni fasadi povečala. Letna poraba energije za hlajenje znaša pri varianti B1.100 18,67 kWh/m², kar je za 356 % več kot pri varianti B1.50. Ogrevanje je pri varianti B1.100 potrebno od oktobra do maja, hlajenje pa od februarja do oktobra.

Prezračevalne izgube pri varianti B1.100 znašajo 91,23 kWh/m² letno in so se glede na varianto B1.50 s 50 % zasteklitvijo povečale za 6,4 %, glede na varianto B1 brez zasteklitve pa za 13,8 %. Prezračevalni pritoki znašajo 0,48 kWh/m² letno in so se glede na varianto B1.50 zmanjšali za 0,02 kWh/m².

Transmisijske izgube so približno štirikrat manjše od prezračevalnih izgub in znašajo 23,01 kWh/m², kar je za 12,8 % več kot pri varianti B1.50. Transmisijski pritoki se pri varianti B1.100 ne pojavijo.

Pritoki skozi okna pri varianti B1.100 znašajo 91,23 kWh/m² in so enako veliki kot prezračevalne izgube, izgube skozi okna pa so štirikrat manjše, in sicer 22,79 kWh/m² letno.

Na sliki 62 so grafično prikazane mesečne izgube in pritoki energije za varianto B1.100. Transmisijske izgube so od januarja do julija večje od izgub skozi okna, od avgusta do decembra pa so manjše. Pritoki skozi okna so od aprila do oktobra večji od prezračevalnih izgub, transmisijskih izgub in izgub skozi okna, kar zmanjšuje porabo energije za ogrevanje in povečuje porabo energije za hlajenje.



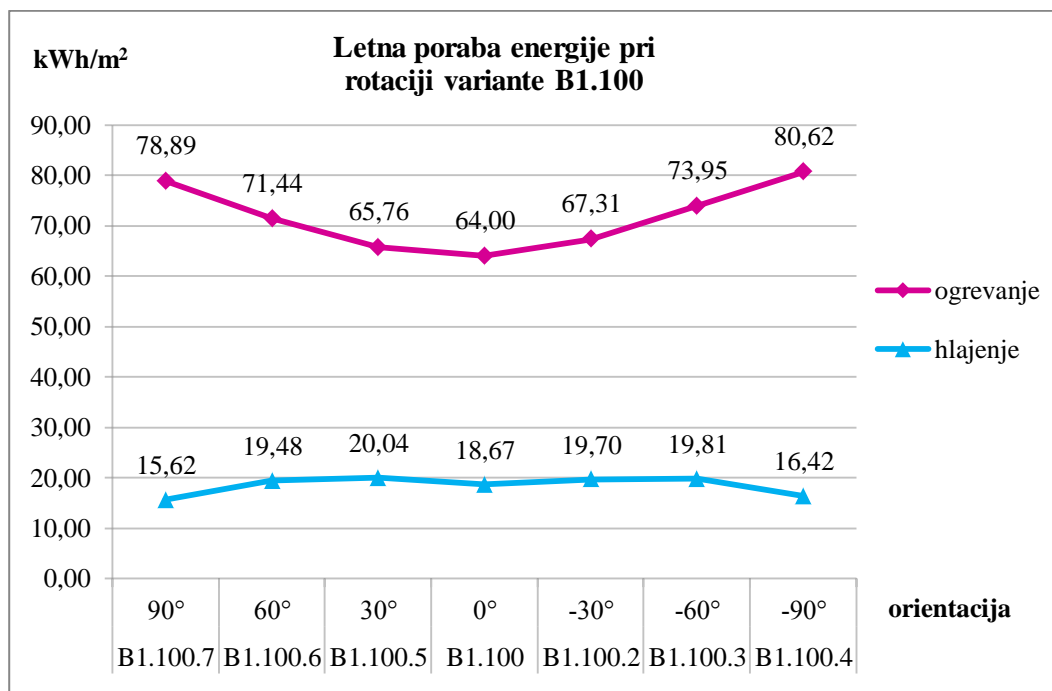
Slika 62: Mesečne izgube in pritoki energije za variant B1.100

V preglednici 44 so prikazane notranje povprečne temperature za variant B1.100. Najvišja notranja povprečna temperatura se pojavi v juliju in znaša 25,48 °C, kar je za 0,76 °C več kot pri varianti B1.50 s 50 % zasteklitvijo in za 4,16 °C več kot pri varianti B1 brez oken. Glede na varianto B1.50 se notranje povprečne temperature povečajo v vseh mesecih, najbolj pa so razlike opazne v maju, juniju, septembru in oktobru, ko se povečajo za več kot 1 °C, kar vpliva na to, da je takrat potreba po energiji za ogrevanje majhna v primerjavi z ostalimi meseci. Letna povprečna notranja temperatura pri varianti B1.100 znaša 22,16 °C in se je glede na varianto B1.50 povečala za 0,82 °C, glede na varianto B1 pa za 1,87 °C.

Preglednica 44: Notranje povprečne temperature za variant B1.100

B1.100	Januar	Februar	Marec	April	Maj	Junij	Julij	Avgust	September	Oktober	November	December	Letna povprečna
T (°C)	20,10	20,26	20,47	21,51	22,76	24,02	25,48	25,18	23,65	22,28	20,18	20,01	22,16

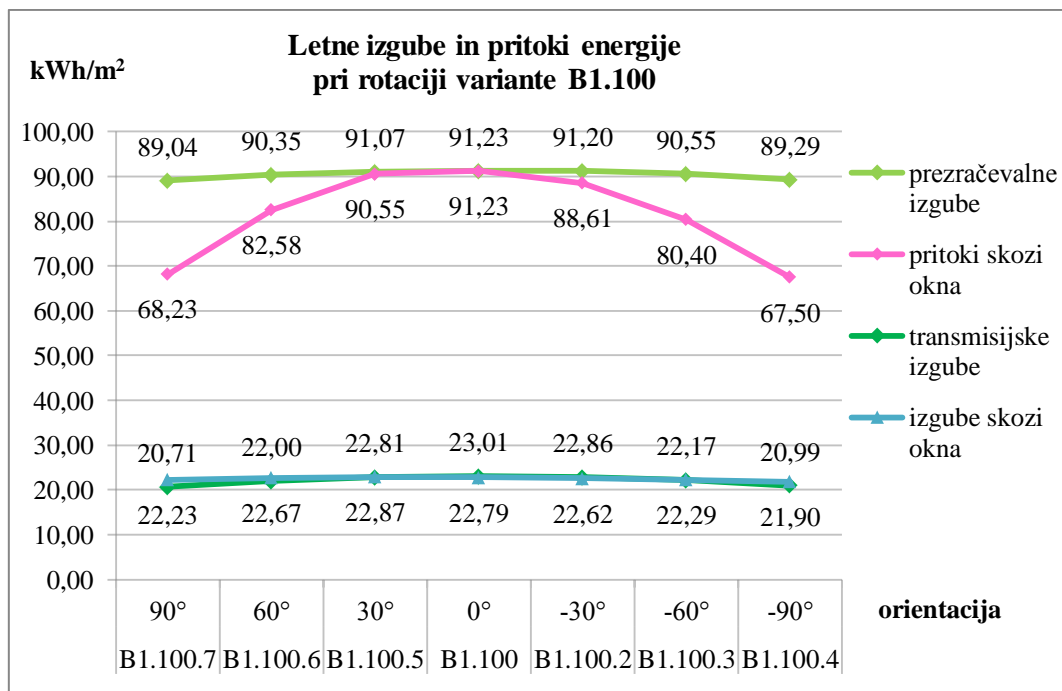
3.15.1 Rotacija variante B1.100



Slika 63: Letna poraba energije pri rotaciji variante B1.100

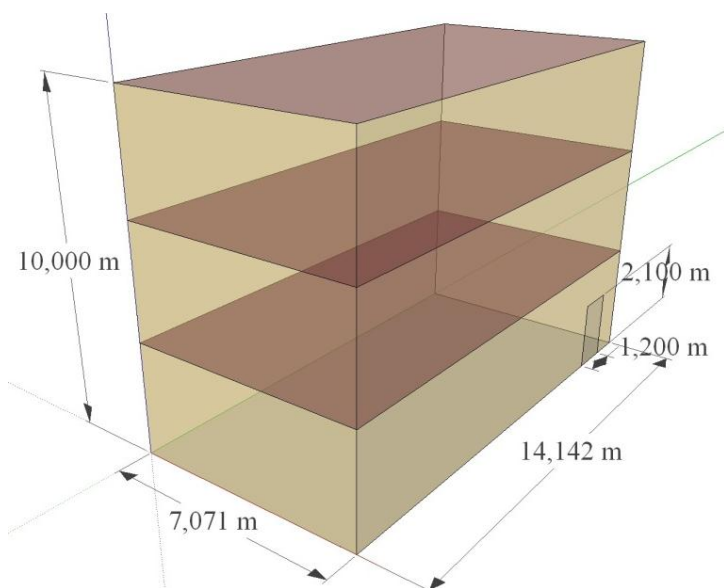
Pri rotaciji variante B1.100 proti vzhodu in zahodu se tako kot pri rotaciji vseh do sedaj opisanih variant poraba energije za ogrevanje povečuje, kar je razvidno iz grafa na sliki 63. Najvišjo porabo energije za ogrevanje dobimo pri rotaciji stavbe proti vzhodu za -90° , in sicer $80,62 \text{ kWh/m}^2$ letno, kar je za 26 % več kot pri južni orientaciji. Pri rotaciji proti vzhodu je poraba energije za ogrevanje za 2 % manjša in znaša $78,89 \text{ kWh/m}^2$ letno. Poraba energije za hlajenje se pri rotaciji variante B1.100 proti vzhodu povečuje do kota -60° in se nato zmanjša, pri rotaciji proti zahodu pa se povečuje do kota 30° . Najvišjo porabo energije za hlajenje dobimo pri rotaciji za 30° proti zahodu, in sicer $20,04 \text{ kWh/m}^2$ letno, kar je za 7,3 % več kot pri orientaciji 0° . Pri rotaciji proti zahodu za 90° je poraba energije za hlajenje najnižja in znaša $15,62 \text{ kWh/m}^2$ letno, kar je za 22 % manj kot pri rotaciji za 30° proti zahodu in za 16,3 % manj kot pri orientaciji 0° .

Na sliki 64 so prikazane letne izgube in pritoki energije pri rotaciji variante B1.100. Izgube skozi okna so pri vseh rotacijah približno enake transmissijskim izgubam in se pri rotaciji proti vzhodu in zahodu za $\pm 90^\circ$ zmanjšajo za približno 4 % – 8 %. Prezračevalne izgube so pri vseh kotih večje od pritokov skozi okna, razen pri kotu 0° , kjer so vrednosti enake. Pri rotaciji proti vzhodu in zahodu za $\pm 90^\circ$ se prezračevalne izgube zmanjšajo za približno 2 %, pritoki skozi okna pa za približno 26 %. Pritoki skozi okna se pri rotaciji za $\pm 30^\circ$ zmanjšajo za približno 2 %, pri rotaciji za $\pm 60^\circ$ še za približno 8 % in pri rotaciji za $\pm 90^\circ$ še za približno 16 %.



Slika 64: Letne izgube in pritoki energije pri rotaciji variante B1.100

3.16 Varianta B2



Slika 65: Varianta B2

Varianta B2 je glede na izhodiščno varianto A0 florisno razširjena v razmerju 1:2 v smeri sever-jug, tako da tlorisna površina ostaja 100 m^2 in prostornina stavbe 1000 m^3 . Zunanje dimenzije stavbe so $7,071 \times 14,142 \times 10 \text{ m}$ in so enake kot pri varianti A2, le da je varianta A2 razširjena v smeri vzhod-zahod. Površina zunanjih sten je $424,26 \text{ m}^2$ in se je glede na izhodiščno varianto A0 povečala za 6 %, tako da faktor oblike stavbe pri varianti B2 znaša $0,62 \text{ m}^{-1}$. Na stavbi ni nobenih zunanjih odprtin, razen vhodna vrata širine 1,2 m in višine 2,1 m. Površina vzhodne in zahodne fasade se je glede na

izhodiščno varianto A0 povečala za 41,4 %, površina severne in južne fasade pa se je zmanjšala za 29,3 %.

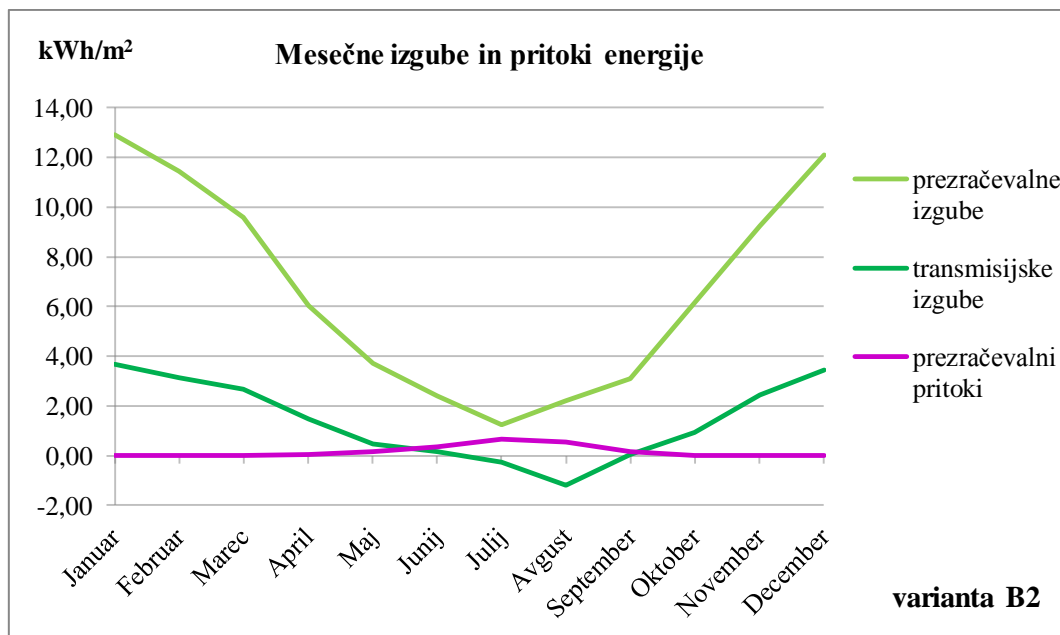
Preglednica 45: Poraba energije ter pritoki in izgube energije za varianto B2

Varianta B2	ENERGIJA (kWh/m ²)		PRITOKI (kWh/m ²)		IZGUBE (kWh/m ²)		
	ogrevanje	hlajenje	prezračevanje	okna	prezračevanje	okna	transmisijske
Januar	16,60	0,00	0,00	0,00	12,92	0,00	3,67
Februar	14,58	0,00	0,00	0,00	11,45	0,00	3,13
Marec	12,27	0,00	0,00	0,00	9,59	0,00	2,68
April	7,48	0,00	0,05	0,00	6,04	0,00	1,49
Maj	4,01	0,00	0,18	0,00	3,71	0,00	0,48
Junij	2,24	0,00	0,36	0,00	2,42	0,00	0,18
Julij	0,33	0,00	0,66	0,00	1,25	0,00	-0,26
Avgust	0,46	0,00	0,56	0,00	2,20	0,00	-1,18
September	2,98	0,00	0,14	0,00	3,08	0,00	0,04
Oktober	7,07	0,00	0,02	0,00	6,14	0,00	0,95
November	11,70	0,00	0,00	0,00	9,25	0,00	2,46
December	15,57	0,00	0,00	0,00	12,11	0,00	3,46
Skupaj letno	95,29	0,00	1,96	0,00	80,16	0,00	17,09
Skupna letna poraba energije za ogrevanje in hlajenje						95,29	(kWh/m ²)

Pri varianti B2 znaša letna poraba energije za ogrevanje 95,29 kWh/m², za hlajenje pa energija ni potrebna. Ogrevanje je pri varianti B2 potrebno skozi vse leto, tudi v juliju in avgustu. Glede na izhodiščno varianto A0 se je poraba energije za ogrevanje povečala za 0,79 kWh/m², glede na varianto A2 pa za 0,01 kWh/m².

Prezračevalne izgube znašajo 80,16 kWh/m² letno in imajo na porabo energije za ogrevanje največji vpliv, saj so skoraj petkrat večje od transmisijskih izgub. Glede na izhodiščno varianto A0 in glede na varianto A2 so se prezračevalne izgube povečale za 0,03 kWh/m². Prezračevalni pritoki se pri varianti B2 pojavijo od aprila do oktobra in znašajo 1,96 kWh/m², kar je za 0,01 kWh/m² manj kot pri izhodiščni varianti A0 in za 0,03 kWh/m² manj kot pri varianti A2.

Transmisijske izgube znašajo 17,09 kWh/m² letno in so se glede na izhodiščno varianto A0 povečale za 0,74 kWh/m², kar je bilo pričakovati, saj se je površina zunanega ovoja stavbe povečala za 4 %. Glede na varianto A2 so se transmisijske izgube zmanjšale za 0,05 kWh/m², kar je zanimivo, glede na to, da imata stavbi enako površino zunanega ovoja.



Slika 66: Mesečne izgube in pritoki energije za varianto B2

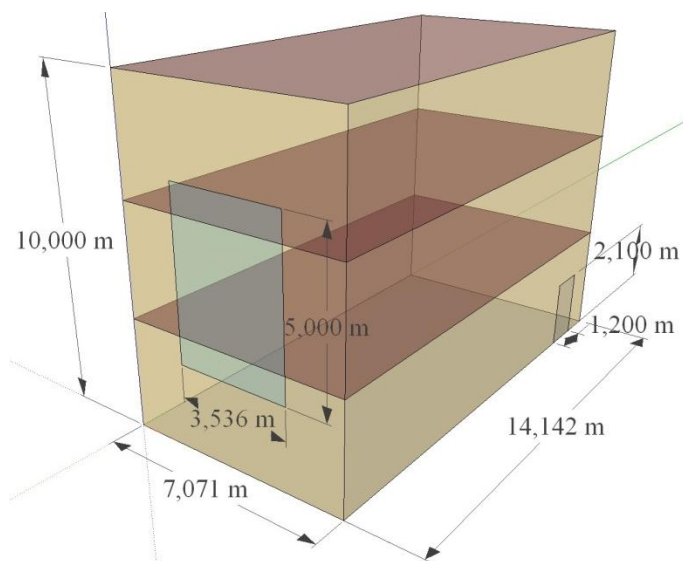
Iz slike 66 je razvidno, da se v juliju in avgustu pojavijo transmisijski pritoki skozi zunanji ovoj stavbe. Ti znašajo 1,44 kWh/m² in so se glede na izhodiščno varianto A0 povečali za 0,09 kWh/m², glede na varianto A2 pa za 0,10 kWh/m². Ker na stavbi ni nobenih zunanjih odprtín, so edini pritoki v stavbo transmisijski in prezračevalni, vendar so ti zanemarljivo majhni v primerjavi z izgubami.

V preglednici 46 so prikazane notranje povprečne temperature za varianto B2. Od oktobra do aprila so notranje povprečne temperature približno enake 20 °C, od maja do septembra pa rahlo narastejo. Najvišja notranja povprečna temperatura se pojavi v avgustu in znaša 21,69 °C, kar je za 0,06 °C več kot pri izhodiščni varianti A0. Letna povprečna notranja temperatura znaša 20,29 °C in se je glede na izhodiščno varianto A0 in glede na varianto A2 povečala za 0,01 °C.

Preglednica 46: Notranje povprečne temperature za varianto B2

B2	Januar	Februar	Marec	April	Maj	Junij	Julij	Avgust	September	Oktober	November	December	Letna povprečna
T (°C)	20,00	20,00	20,00	20,01	20,09	20,26	21,33	21,69	20,09	20,01	20,00	20,00	20,29

3.17 Varianta B2.25



Slika 67: Varianta B2.25

Pri varianti B2.25 sem na južno fasado dodala okno v izmeri $17,68 \text{ m}^2$. Razmerje okno/stena za južno fasado je 25 %, za celotno stavbo pa 4,2 %. Površina zunanjih sten je $406,58 \text{ m}^2$, površina strehe in temeljnih tal 100 m^2 in površina vhodnih vrat $2,52 \text{ m}^2$. Zunanje dimenzije stavbe so $7,071 \times 14,142 \times 10 \text{ m}$. Prostornina stavbe je 1000 m^3 , tako da znaša faktor oblike $0,62 \text{ m}^{-1}$.

Preglednica 47: Poraba energije ter pritoki in izgube energije za varianto B2.25

Varianta B2.25	ENERGIJA (kWh/m^2)		PRITOKI (kWh/m^2)		IZGUBE (kWh/m^2)		
	ogrevanje	hlajenje	prezračevanje	okna	prezračevanje	okna	transmisijske
Januar	16,17	0,00	0,00	1,11	12,92	0,67	3,69
Februar	13,73	0,00	0,00	1,36	11,45	0,55	3,09
Marec	11,01	0,00	0,00	1,74	9,59	0,45	2,71
April	6,12	0,00	0,02	1,88	6,06	0,30	1,66
Maj	2,69	0,00	0,09	1,92	3,78	0,21	0,71
Junij	1,10	0,00	0,19	1,90	2,54	0,15	0,50
Julij	0,00	0,17	0,29	2,33	1,85	0,14	0,47
Avgust	0,09	0,40	0,25	2,52	3,06	0,21	-0,81
September	1,43	0,00	0,04	2,21	3,28	0,22	0,18
Oktober	5,26	0,00	0,00	2,30	6,23	0,36	0,96
November	11,34	0,00	0,00	0,82	9,25	0,50	2,41
December	15,64	0,00	0,00	0,43	12,11	0,66	3,29
Skupaj letno	84,59	0,57	0,88	20,52	82,13	4,43	18,87
Skupna letna poraba energije za ogrevanje in hlajenje						85,15	(kWh/m^2)

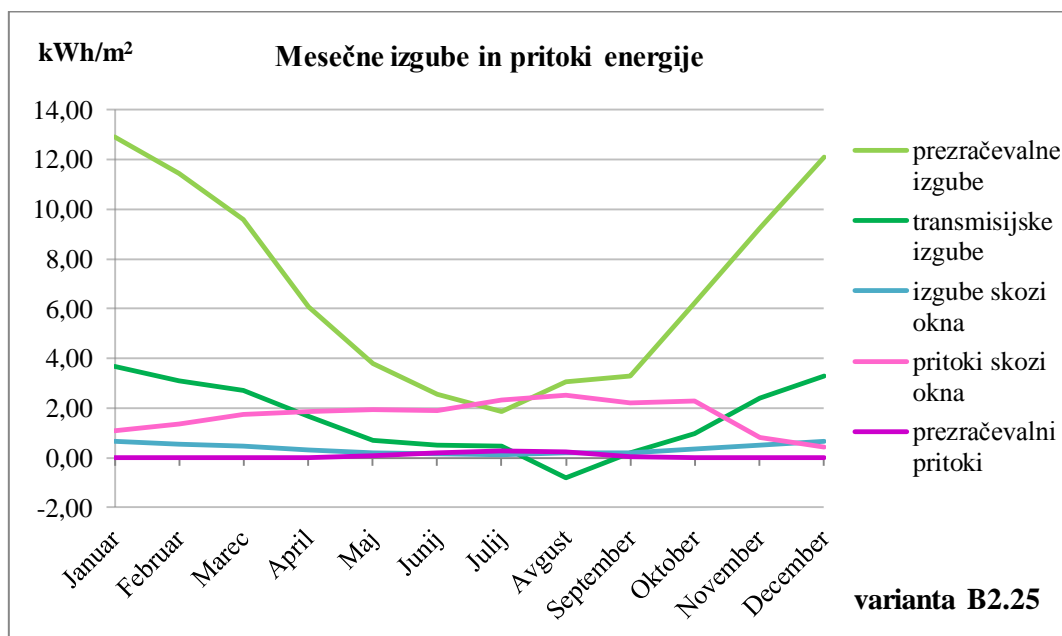
Skupna letna poraba energije za ogrevanje in hlajenje pri varianti B2.25 znaša $85,15 \text{ kWh/m}^2$, od tega je za ogrevanje letno potrebnih $84,59 \text{ kWh/m}^2$ energije, za hlajenje pa $0,57 \text{ kWh/m}^2$. Poraba energije za ogrevanje se je glede na varianto B2 brez oken zmanjšala za $10,7 \text{ kWh/m}^2$ oziroma za $11,2 \%$.

Ogrevanje je potrebno v vseh mesecih, razen v juliju, hlajenje pa le v juliju in avgustu. Poraba energije za ogrevanje se je glede na varianto B2 zmanjšala v vseh mesecih, razen decembra.

Prezračevalne izgube znašajo $82,13 \text{ kWh/m}^2$ letno in so se glede na varianto B2 povečale za $1,97 \text{ kWh/m}^2$. Prezračevalni pritoki se pojavijo od aprila do septembra in znašajo $0,88 \text{ kWh/m}^2$, kar je za $1,74 \text{ kWh/m}^2$ oziroma za $88,8 \%$ manj kot pri varianti B2.

Transmisijski pritoki so približno štirikrat manjši od prezračevalnih izgub in znašajo $18,87 \text{ kWh/m}^2$ letno. Glede na varianto B2 so se transmisijske izgube povečale za $1,78 \text{ kWh/m}^2$ oziroma za 10% . Transmisijski pritoki se pri varianti B2.25 pojavijo avgusta in znašajo $0,81 \text{ kWh/m}^2$, kar je za $0,63 \text{ kWh/m}^2$ manj kot pri varianti B2.

Na sliki 68 so prikazane mesečne izgube in pritoki energije za varianto B2.25. Izgube skozi okna so manjše od transmisijskih izgub v vseh mesecih, razen v decembru, ko se pojavijo transmisijski pritoki. Rezultati so smiselni, saj je površina zunanjšega ovoja veliko večja od površine zasteklitve. Pritoki skozi okna so od maja do oktobra večji od transmisijskih izgub in izgub skozi okna, od prezračevalnih izgub pa so večji le julija, zato takrat ni potrebe po energiji za ogrevanje.



Slika 68: Mesečne izgube in pritoki energije za varianto B2.25

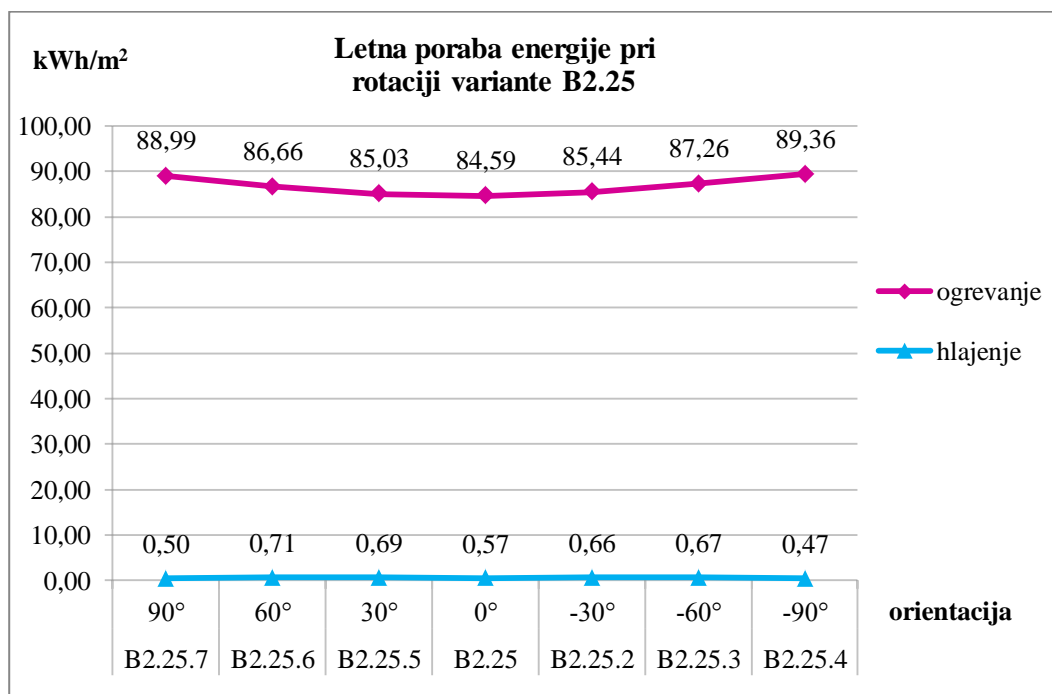
Iz preglednice 48 je razvidno, da so pri varianti B2.25 notranje povprečne mesečne temperature od novembra do marca enake projektni temperaturi $20 \text{ }^\circ\text{C}$, od aprila do oktobra pa se rahlo povečajo. Najvišja notranja povprečna temperatura se pojavi v avgustu in znaša $23,76 \text{ }^\circ\text{C}$, kar je za $2,07 \text{ }^\circ\text{C}$ več

kot pri varianti B2 brez oken. Letna notranja povprečna temperatura je 20,75 °C in se je glede na varianto B2 povečala za 0,46 °C.

Preglednica 48: Notranje povprečne temperature za varianto B2.25

B2.25	Januar	Februar	Marec	April	Maj	Junij	Julij	Avgust	September	Oktober	November	December	Letna povprečna
T (°C)	20,00	20,00	20,00	20,10	20,38	20,79	23,07	23,76	20,65	20,19	20,00	20,00	20,75

3.17.1 Rotacija variante B2.25

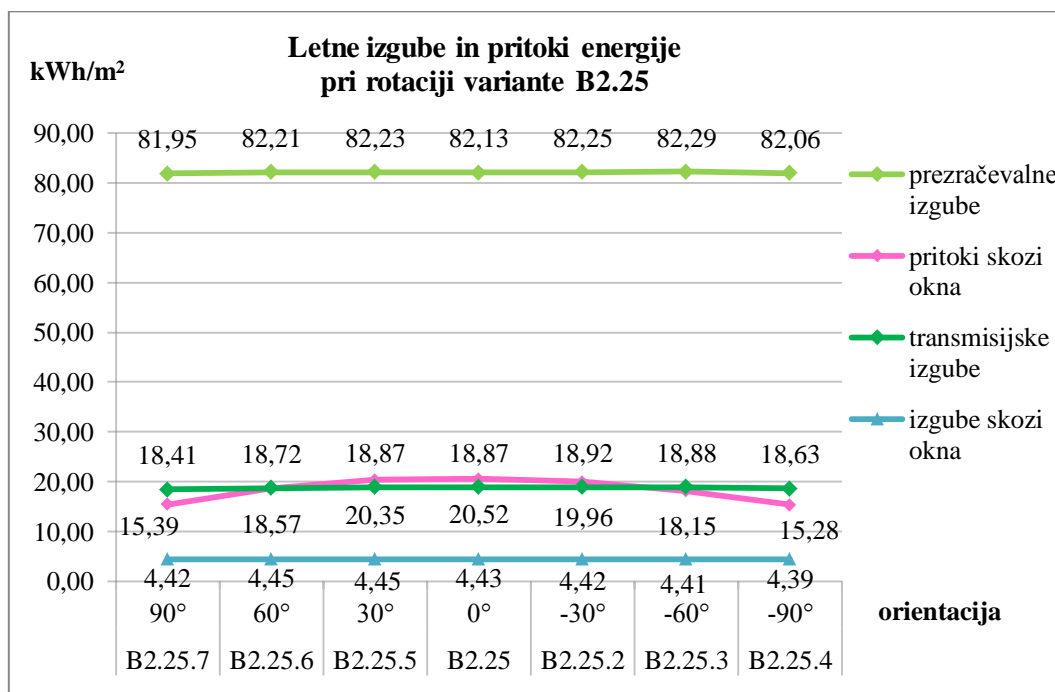


Slika 69: Letna poraba energije pri rotaciji variante B2.25

Pri rotaciji variante B2.25 proti vzhodu in zahodu se poraba energije za ogrevanje povečuje do kota $\pm 90^\circ$, poraba energije za hlajenje pa se povečuje do kota $\pm 60^\circ$ in nato zmanjša pri kotu $\pm 90^\circ$, kar je razvidno iz slike 69. Najvišjo porabo energije za ogrevanje dobimo pri rotaciji za -90° proti vzhodu, in sicer 89,36 kWh/m² letno, kar je za 5,6 % več kot pri orientaciji 0° . Pri rotaciji stavbe proti zahodu je poraba energije za ogrevanje za manj kot 1 % manjša kot pri rotaciji proti vzhodu. Poraba energije za hlajenje je najvišja pri rotaciji za 60° proti zahodu, najnižja pa pri rotaciji za -90° proti vzhodu. Ker je poraba energije za hlajenje pri varianti B2.25 majhna, so tudi razlike pri rotaciji zanemarljive.

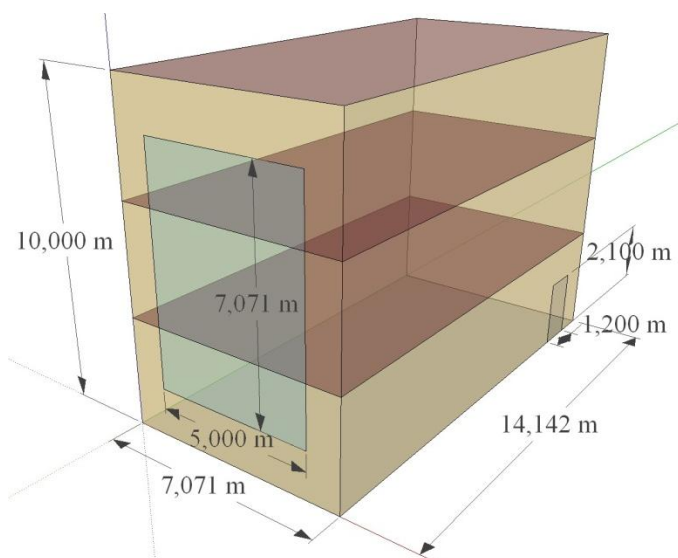
Na sliki 70 so prikazane letne izgube in pritoki energije pri rotaciji variante B2.25. Pritoki skozi okna so do rotacije za $\pm 60^\circ$ večji od transmisijjskih izgub, pri rotaciji za $\pm 90^\circ$ pa so manjši za

približno 17 %. Pritoki skozi okna se pri rotaciji za $\pm 90^\circ$ glede na orientacijo 0° zmanjšajo za približno 18 %. Transmisijske izgube, prezračevalne izgube in izgube skozi okna se pri rotaciji proti vzhodu in zahodu zmanjšujejo, vendar so razlike zanemarljivo majhne, in sicer manj kot $0,4 \text{ kWh/m}^2$.



Slika 70: Letne izgube in pritoki energije pri rotaciji variante B2.25

3.18 Varianta B2.50



Slika 71: Varianta B2.50

Površino zasteklitve sem pri varianti B2.50 povečala iz 25 % na 50 %, tako da je razmerje okno/stena za celotno stavbo 8,3 %. Površina zasteklitve je $35,36 \text{ m}^2$, površina zunanjih sten $388,9 \text{ m}^2$, površina

strehe in temeljnih tal 100 m^2 in površina vhodnih vrat $2,52 \text{ m}^2$. Zunanje dimenzije stavbe so $7,071 \times 14,142 \times 10 \text{ m}$, prostornina stavbe je 1000 m^3 in etažna višina je $3,33 \text{ m}$. Faktor oblike stavbe znaša $0,62 \text{ m}^{-1}$ in orientacija je 0° .

Preglednica 49: Poraba energije ter pritoki in izgube energije za varianto B2.50

Varianta B2.50	ENERGIJA (kWh/m ²)		PRITOKI (kWh/m ²)		IZGUBE (kWh/m ²)		
	ogrevanje	hlajenje	prezračevanje	okna	prezračevanje	okna	transmisijske
Januar	15,76	0,00	0,00	2,21	12,92	1,34	3,71
Februar	12,92	0,00	0,00	2,72	11,46	1,12	3,07
Marec	9,83	0,00	0,00	3,46	9,61	0,91	2,76
April	4,94	0,00	0,00	3,73	6,19	0,62	1,85
Maj	1,63	0,00	0,03	3,80	4,05	0,44	0,97
Junij	0,37	0,02	0,07	3,74	2,90	0,34	0,91
Julij	0,00	1,12	0,19	4,58	2,53	0,35	0,77
Avgust	0,02	1,81	0,25	4,99	3,48	0,47	-0,49
September	0,50	0,08	0,00	4,36	3,81	0,49	0,48
Oktober	3,68	0,00	0,00	4,56	6,53	0,77	0,94
November	10,99	0,00	0,00	1,64	9,25	1,01	2,37
December	15,71	0,00	0,00	0,85	12,11	1,32	3,13
Skupaj letno	76,35	3,02	0,54	40,62	84,84	9,17	20,47
Skupna letna poraba energije za ogrevanje in hlajenje						79,37	(kWh/m ²)

Pri varianti B2.50 se je letna poraba energije za ogrevanje glede na varianto B2.25 zmanjšala za $8,24 \text{ kWh/m}^2$ oziroma za $9,7 \%$ in znaša $76,35 \text{ kWh/m}^2$. Poraba energije za hlajenje znaša $3,02 \text{ kWh/m}^2$ in se je glede na varianto B2.25 povečala za $2,45 \text{ kWh/m}^2$ oziroma za 430% . Ogrevanje je pri varianti B2.50 potrebno od avgusta do junija, hlajenje pa od junija do septembra. Poraba energije za ogrevanje se je glede na varianto B2.25 zmanjšala v vseh mesecih, razen decembra.

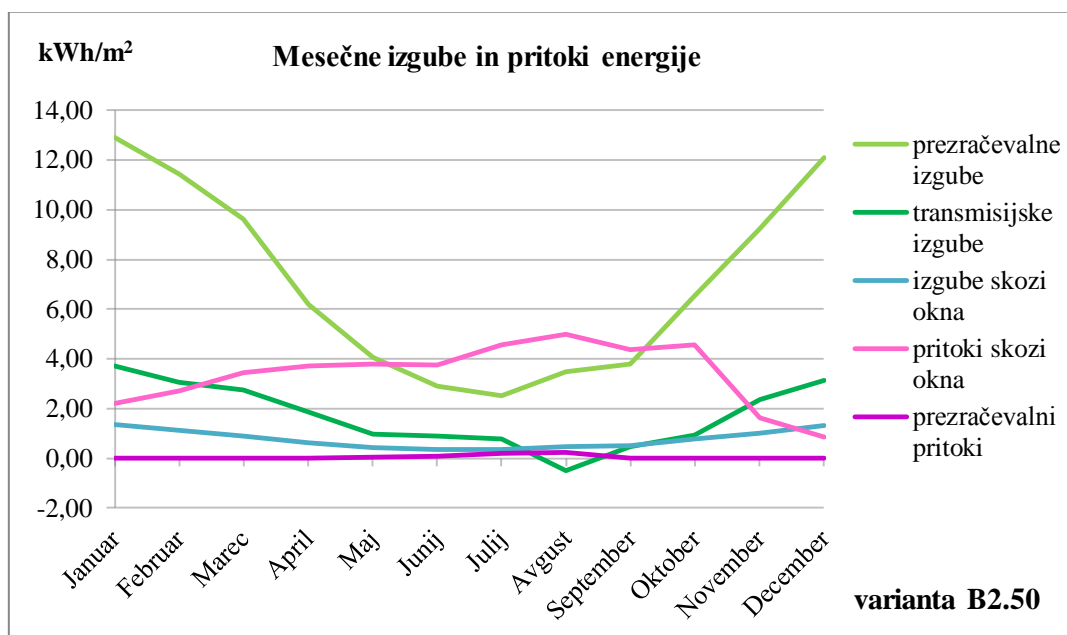
Prezračevalne izgube so se glede na varianto B2.25 povečale za $3,3 \%$ in znašajo $84,84 \text{ kWh/m}^2$ letno. Prezračevalni pritoki se pojavijo od maja do avgusta in znašajo $0,54 \text{ kWh/m}^2$, kar je za $0,34 \text{ kWh/m}^2$ manj kot pri varianti B2.25.

Transmisijske izgube so se glede na varianto B2.25 povečale za $1,6 \text{ kWh/m}^2$ oziroma za $8,5 \%$ in znašajo $20,47 \text{ kWh/m}^2$ letno. Tudi pri varianti B2.50 se transmisijski pritoki pojavijo v avgustu, vendar so ti za $0,32 \text{ kWh/m}^2$ manjši kot pri varianti B2.25 in znašajo $0,49 \text{ kWh/m}^2$.

Pritoki skozi okna znašajo $40,62 \text{ kWh/m}^2$ letno, izgube skozi okna pa so približno štirikrat manjše od pritokov skozi okna in znašajo $9,17 \text{ kWh/m}^2$ letno.

Iz slike 72 je razvidno, da so transmisijske izgube v vseh mesecih večje od izgub skozi okna, razen v avgustu, ko se pojavijo transmisijski pritoki. Rezultati so smiselni, saj je površina zunanjega ovoja bistveno večja od površine zasteklitve. Pritoki skozi okna so večji od izgub skozi okna v vseh mesecih, razen decembra. Koristni so predvsem od septembra do junija, saj zmanjšujejo potrebo po energiji za

ogrevanje, v juliju in avgustu pa so v presežku in potrebno je hlajenje. Decembra so pritoki skozi okna manjši od izgub skozi okna, saj je takrat v Ljubljani v povprečju najmanj direktnega sončnega sevanja.



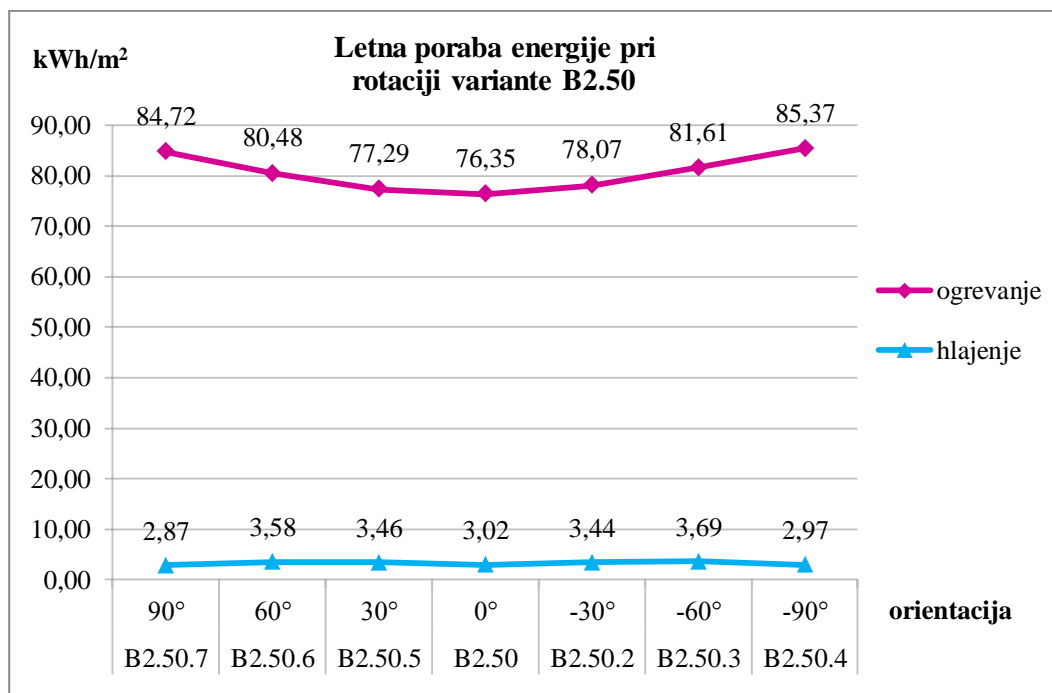
Slika 72: Mesečne izgube in pritoki energije za varianto B2.50

Zaradi večjih pritokov skozi okna so se pri varianti B2.50 povečale tudi notranje povprečne mesečne temperature, kar je razvidno iz preglednice 50. Najbolj so razlike opazne v juliju, ko se glede na varianto B2.25 notranja povprečna mesečna temperatura poveča za 1,39 °C in znaša 24,46 °C. Najvišja notranja povprečna temperatura se tudi pri varianti B2.50 pojavi v avgustu in znaša 24,50 °C, kar je za 0,74 °C več kot pri varianti B2.25. Letna povprečna notranja temperatura znaša 21,2 °C in se je glede na varianto B2,25 povečala za 0,45 °C.

Preglednica 50: Notranje povprečne temperature za varianto B2.50

B2.50	Januar	Februar	Marec	April	Maj	Junij	Julij	Avgust	September	Oktober	November	December	Letna povprečna
T (°C)	20,00	20,01	20,04	20,38	20,96	21,68	24,46	24,50	21,67	20,72	20,01	20,00	21,20

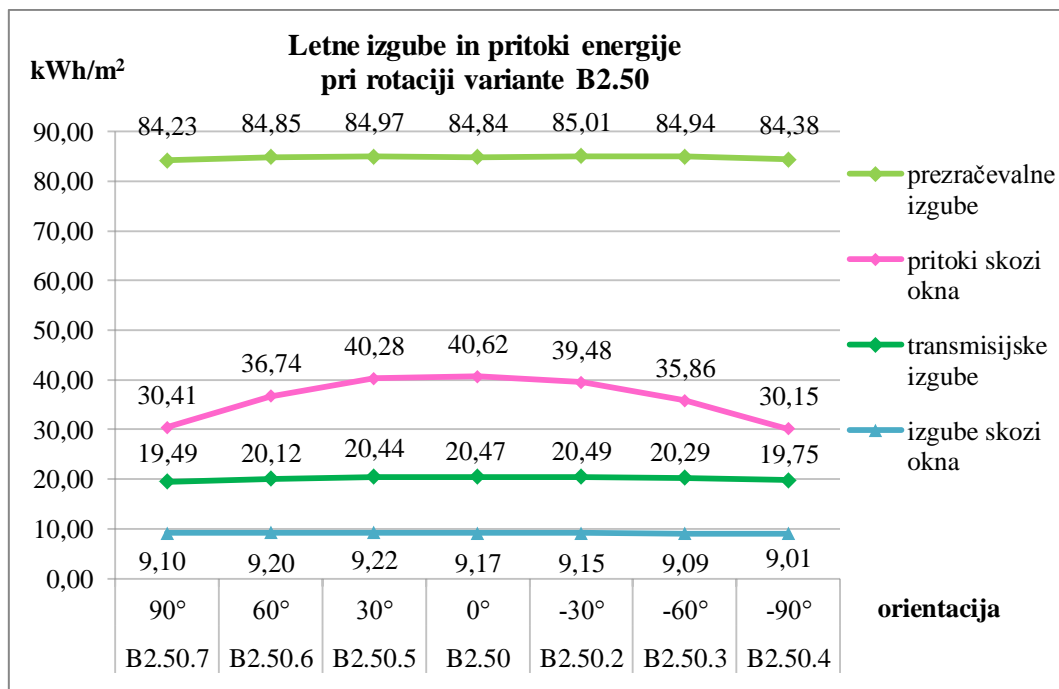
3.18.1 Rotacija variante B2.50



Slika 73: Letna poraba energije pri rotaciji variante B2.50

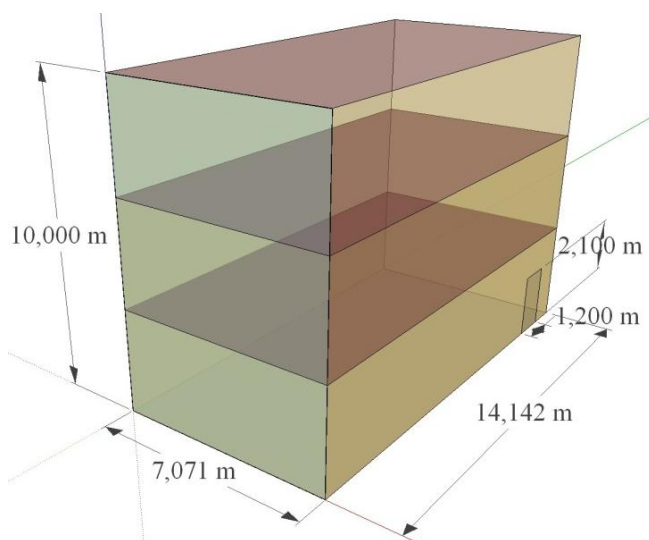
Pri rotaciji variante B2.50 proti vzhodu za -90° dobimo za 11,8 % višjo letno porabo energije za ogrevanje kot pri orientaciji 0° , in sicer $85,37 \text{ kWh/m}^2$. Pri rotaciji proti zahodu je poraba energije za ogrevanje za približno 1 % manjša in znaša $84,72 \text{ kWh/m}^2$. Poraba energije za hlajenje se pri rotaciji proti vzhodu in zahodu povečuje do kota $\pm 60^\circ$, nato pa se zmanjša. Najvišjo porabo energije za hlajenje dobimo pri rotaciji za -60° proti vzhodu, in sicer $3,69 \text{ kWh/m}^2$, kar je za 22,2 % več kot pri orientaciji 0° . Pri rotaciji za 90° proti zahodu je poraba energije za hlajenje za 5 % manjša kot pri orientaciji 0° in znaša $2,87 \text{ kWh/m}^2$ letno.

Iz slike 74 je razvidno, da se pritoki skozi okna pri rotaciji proti vzhodu in zahodu zmanjšujejo, kar vpliva predvsem na višjo porabo energije za ogrevanje. Pri rotaciji za -90° proti vzhodu so pritoki skozi okna za 25,8 % manjši kot pri orientaciji 0° . Prezračevalne izgube se pri rotaciji proti vzhodu in zahodu povečujejo do kota $\pm 60^\circ$. Izgube skozi okna se pri rotaciji proti zahodu rahlo povečajo pri kotu 30° in se nato zmanjšujejo, pri rotaciji proti vzhodu pa se zmanjšujejo že pri kotu -30° . Transmisijske izgube se pri rotaciji proti vzhodu zmanjšajo, pri rotaciji proti zahodu pa se pri kotu -30° povečajo in nato zmanjšujejo. Pri prezračevalnih izgubah, transmisijskih izgubah in izgubah skozi okna so razlike pri rotaciji zanemarljivo majhne, saj so manjše od $0,5 \text{ kWh/m}^2$.



Slika 74: Letne izgube in pritoki energije pri rotaciji variante B2.50

3.19 Varianta B2.100



Slika 75: Varianta B2.100

Pri varianti B2.100 sem površino zasteklitve na južni fasadi povečala na 100 %, tako da dimenzije zasteklitve sovpadajo z dimenzijami južne fasade. Površina zasteklitve je 70,71 m², površina zunanjih sten 353,55 m², površina strehe in temeljnih tal 100 m² in površina vhodnih vrat 2,52 m². Razmerje okno/stena za celotno stavbo je 16,7 %. Zunanje dimenzije stavbe so 7,071 × 14,142 × 10 m, prostornina stavbe je 1000 m³ in faktor oblike je 0,62 m⁻¹. Orientacija stavbe je 0°, tako da sever stavbe sovpada s pravim severom.

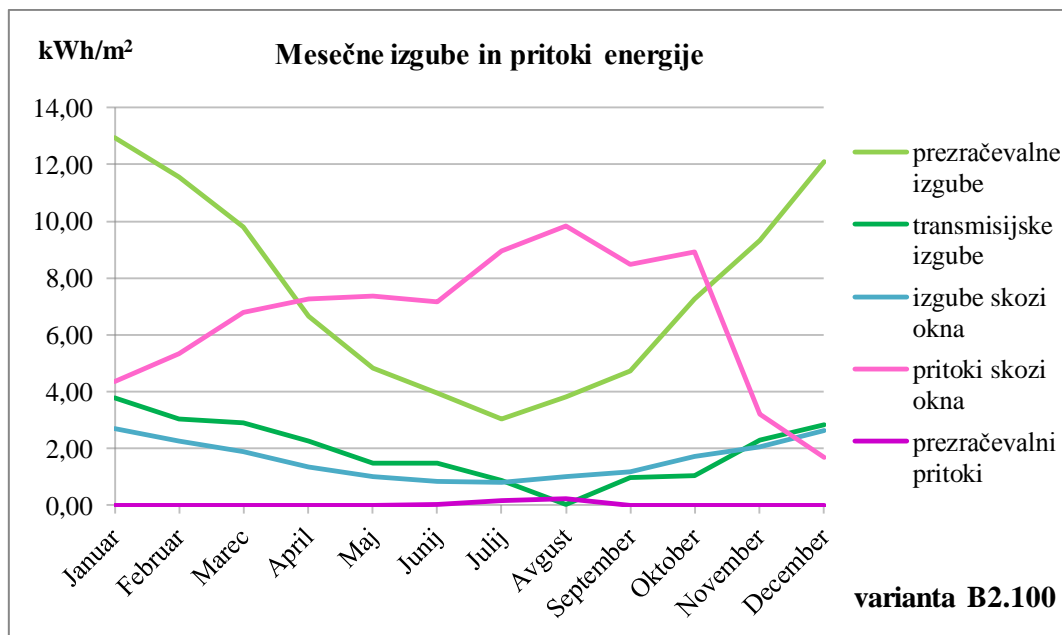
Preglednica 51: Poraba energije ter pritoki in izgube energije za varianto B2.100

Varianta B2.100	ENERGIJA (kWh/m ²)		PRITOKI (kWh/m ²)		IZGUBE (kWh/m ²)		
	ogrevanje	hlajenje	prezračevanje	okna	prezračevanje	okna	transmisijske
Januar	15,09	0,00	0,00	4,36	12,96	2,71	3,79
Februar	11,50	0,00	0,00	5,35	11,55	2,28	3,03
Marec	7,77	0,00	0,00	6,80	9,79	1,89	2,89
April	3,18	0,19	0,00	7,27	6,67	1,34	2,25
Maj	0,44	0,46	0,01	7,35	4,83	1,02	1,49
Junij	0,01	0,93	0,04	7,18	3,95	0,84	1,50
Julij	0,00	4,41	0,18	8,95	3,04	0,80	0,88
Avgust	0,00	5,23	0,25	9,83	3,81	1,01	0,03
September	0,03	1,64	0,00	8,49	4,73	1,17	0,98
Oktober	2,06	0,94	0,00	8,92	7,28	1,71	1,05
November	10,43	0,00	0,00	3,22	9,31	2,05	2,29
December	15,91	0,00	0,00	1,68	12,11	2,65	2,83
Skupaj letno	66,42	13,81	0,48	79,39	90,03	19,45	23,00
Skupna letna poraba energije za ogrevanje in hlajenje						80,22	(kWh/m ²)

Pri varianti B2.100 znaša skupna letna poraba energije 80,22 kWh/m², od tega je za ogrevanje letno potrebnih 66,42 kWh/m² energije, za hlajenje pa 13,81 kWh/m², kar je razvidno iz preglednice 51. Poraba energije za ogrevanje se je glede na varianto B2.50 zmanjšala za 9,93 kWh/m² oziroma za 13 %, poraba energije za hlajenje pa se je povečala za 10,79 kWh/m² oziroma za 357 % in znaša 13,81 kWh/m² letno. Ogrevanje je potrebno od oktobra do maja, junija in septembra pa je poraba energije za ogrevanje zanemarljivo majhna v primerjavi z ostalimi meseci. Poraba energije za ogrevanje se je glede na varianto B2.50 povečala v vseh mesecih, razen v decembru.. Potreba po energiji za hlajenje se pri varianti B2.100 pojavi od aprila do oktobra.

Prezračevalne izgube znašajo 90,03 kWh/m² letno in so se glede na varianto B2.50 povečale za 5,19 kWh/m² oziroma za 6,1 %. Prezračevalni pritoki se pojavijo od maja do avgusta in znašajo 0,48 kWh/m², kar je za 0,06 kWh/m² manj kot pri varianti B2.50.

Transmisijske izgube letno znašajo 23,00 kWh/m² in so več kot trikrat manjše od prezračevalnih izgub. Glede na varianto B2.50 so se transmisijske izgube povečale za 2,53 kWh/m² oziroma za 12,4 %. Transmisijski pritoki se pri varianti B2.100 ne pojavijo v nobenem mesecu.



Slika 76: Mesečne izgube in pritoki energije za varianto B2.100

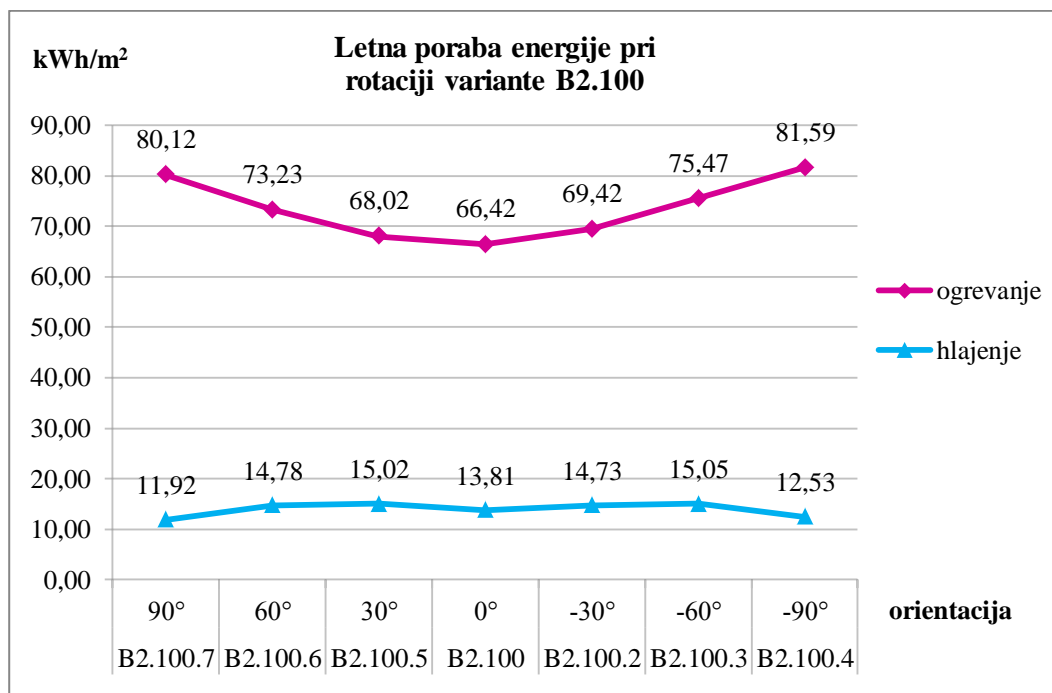
Iz slike 76 je razvidno, da so transmisijske izgube od novembra do julija večje od izgub skozi okna, od avgusta do oktobra pa ne. Pritoki skozi okna od januarja do novembra pokrijejo transmisijske izgube in izgube skozi okna, kar ugodno vpliva na porabo energije za ogrevanje. Od aprila do oktobra so pritoki skozi okna večji tudi od prezačevalnih izgub, kar pa povzroča pregrevanje stavbe.

Preglednica 52: Notranje povprečne temperature za varianto B2.100

B2.100	Januar	Februar	Marec	April	Maj	Junij	Julij	Avgust	September	Oktober	November	December	Letna povprečna
T (°C)	20,05	20,18	20,34	21,24	22,38	23,64	25,37	25,08	23,34	22,02	20,12	20,01	21,98

V preglednici 52 so prikazane notranje povprečne temperature za varianto B2.100. Glede na varianto B2.50 so se notranje povprečne temperature povečale v vseh mesecih, najbolj pa so razlike opazne od aprila do oktobra, ko se povečajo za približno 1 °C – 2 °C. Najvišja povprečna notranja temperatura se pojavi v juliju in znaša 25,37 °C, kar je za 0,91 °C več kot pri varianti B2.50. Letna povprečna notranja temperatura znaša 21,98 °C in se glede na varianto B2.50 povečala za 0,78 °C.

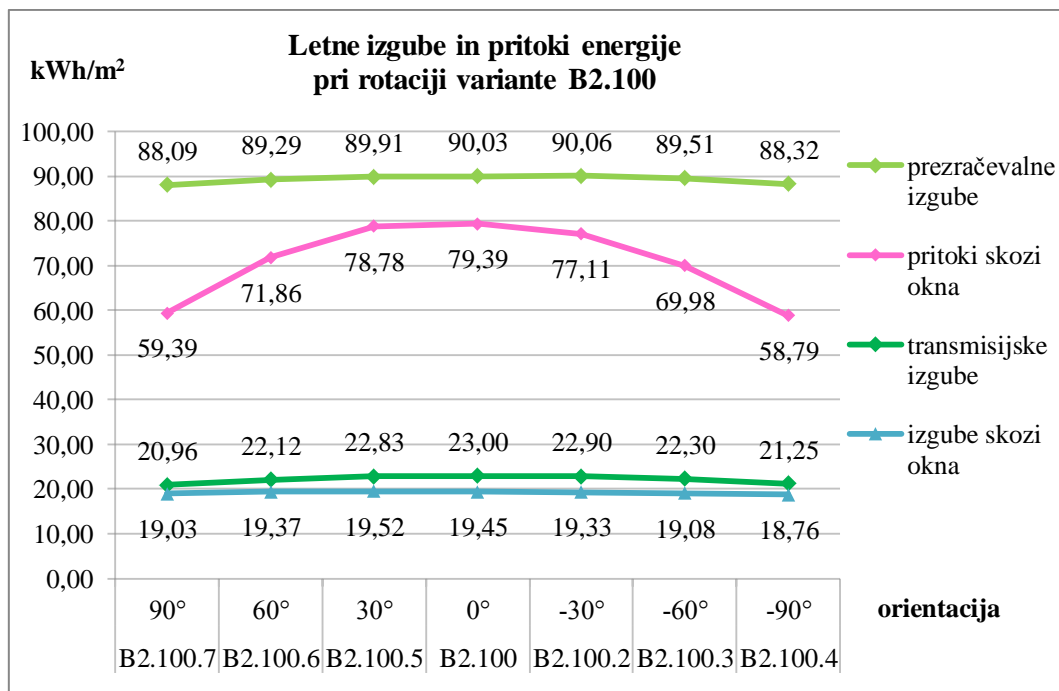
3.19.1 Rotacija variante B2.100



Slika 77: Letna poraba energije pri rotaciji variante B2.100

Iz slike 77 je razvidno, da se letna poraba energije za hlajenje pri rotaciji proti vzhodu povečuje do kota -60° , pri rotaciji proti zahodu pa se povečuje do kota 30° . Najvišjo porabo energije za hlajenje dobimo pri rotaciji za -60° proti vzhodu, in sicer $15,05 \text{ kWh/m}^2$ letno, kar je za 9 % več kot pri orientaciji 0° . Poraba energije za hlajenje je pri rotaciji za 90° proti zahodu najnižja in znaša $11,92 \text{ kWh/m}^2$ letno, kar je za 13,7 % manj kot pri orientaciji 0° . Poraba energije za ogrevanje se z odmikom od južne smeri povečuje. Pri rotaciji za -90° proti zahodu dobim za 22,8 % večjo porabo energije za ogrevanje kot pri orientaciji 0° , in sicer $81,59 \text{ kWh/m}^2$ letno. Pri rotaciji proti zahodu je poraba energije za ogrevanje za približno 2 % manjša kot pri rotaciji proti vzhodu.

Pri rotaciji variante B2.100 do največjih sprememb pride pri pritokih skozi okna, kar je razvidno iz grafa na sliki 78. Pritoki skozi okna se pri rotaciji za -90° proti zahodu zmanjšajo za kar 26 % glede na orientacijo 0° , kar vpliva predvsem na višjo porabo energije za ogrevanje. Prezračevalne izgube se pri rotaciji proti vzhodu in zahodu zmanjšajo za približno $1,5 \text{ kWh/m}^2$, transmisijske izgube za približno $1,75 \text{ kWh/m}^2$ in izgube skozi okna za manj kot 1 kWh/m^2 .

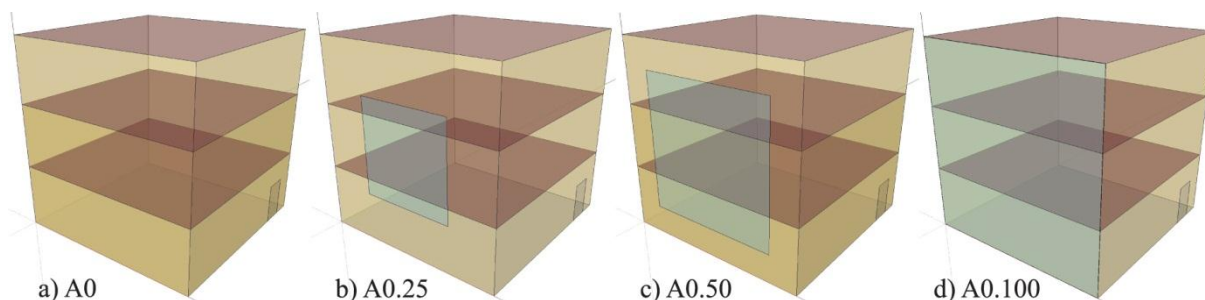


Slika 78: Letne izgube in pritoki energije pri rotaciji variante B2.100

3.20 Primerjava rezultatov

V analizi se je izkazalo, da med vsemi variantami dobimo najnižje vrednosti porabe energije za ogrevanje pri orientaciji 0°, torej tako, da je okno orientirano proti jugu. Pri spreminjanju orientacije se povečuje potreba po energiji za ogrevanje, potreba po energiji za hlajenje pa se povečuje do nekega kota, nato pa se zmanjša. Pri variantah z večjo površino zasteklitve se poraba energije za hlajenje povečuje do kota ±30°, pri variantah z manjšo površino zasteklitve pa do kota ±60°. Poraba energije za hlajenje je odvisna tako od površine zasteklitve, kot tudi od intenzitete sončnega sevanja in vpadnega kota sonca. V nadaljevanju so povzeti rezultati za skupine oblik variant.

3.20.1 Variante oblike A0



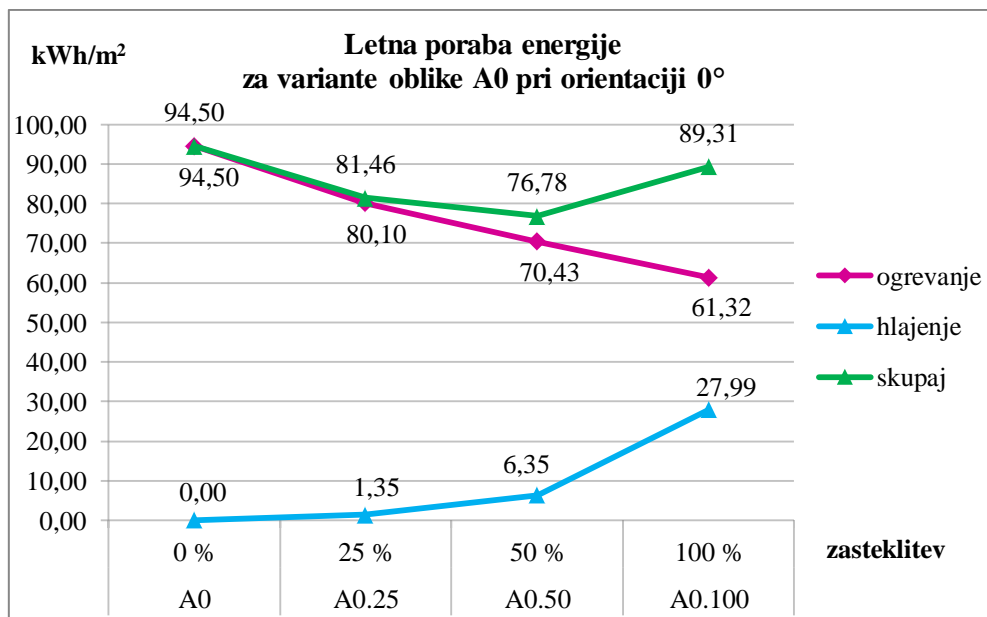
Slika 79: Variante oblike A0

Preglednica 53: Poraba energije ter pritoki in izgube energije za variante oblike A0 pri orientaciji 0°

	okna (m ²)	ENERGIJA (kWh/m ²)			PRITOKI (kWh/m ²)		IZGUBE (kWh/m ²)		
		ogrevanje	hlajenje	skupaj	prezračevanje	okna	prezračevanje	okna	transmisijske
A0	0,00	94,50	0,00	94,50	1,97	0,00	80,13	0,00	16,35
A0.25	25,00	80,10	1,35	81,46	0,69	28,88	83,17	6,37	18,78
A0.50	50,00	70,43	6,35	76,78	0,48	56,91	87,27	13,35	20,85
A0.100	100,00	61,32	27,99	89,31	0,48	110,96	92,80	28,47	23,49

Med variantami oblike A0 dobimo pri orientaciji 0° najvišjo skupno porabo energije pri izhodiščni varianti A0 brez zasteklitve, saj samo poraba energije za ogrevanje znaša 94,5 kWh/m² letno. Pri varianti A0.25, pri kateri sem na južno fasado dodala 25 % zasteklitev, torej okno v izmeri 25 m², se poraba energije za ogrevanje zmanjša za 14,4 kWh/m² letno oziroma za 15,2 %, pojavi pa se potreba po energiji za hlajenje, in sicer 1,35 kWh/m² letno. Skupna poraba energije za ogrevanje in hlajenje se tako zmanjša za 13,04 kWh/m² letno oziroma za 13,8 %, kar pomeni, da je okno prispevalo k nižji skupni porabi energije, čeprav se je pojavila potreba po energiji za hlajenje. Pri povečanju zasteklitve na 50 % oziroma na 50 m² se poraba energije za ogrevanje zmanjša za dodatnih 9,67 kWh/m² oziroma za 12,1 %, poraba energije za hlajenje pa se poveča za 5 kWh/m² oziroma za 370 %. Skupna letna poraba energije za ogrevanje in hlajenje se tako glede na varianto A0.25 zmanjša za 4,68 kWh/m² oziroma za 5,7 % in znaša 76,78 kWh/m². Pri varianti s A0.100 s 100 % zasteklitvijo južne fasade se poraba energije za ogrevanje glede na varianto A0.50 zmanjša še za 9,11 kWh/m² oziroma za 12,9 % in znaša 61,32 kWh/m² letno, poraba energije za hlajenje pa se poveča za kar 21,64 kWh/m² oziroma za 341 % in znaša 27,99 kWh/m². Skupna letna poraba energije za ogrevanje in hlajenje je tako pri varianti A0.100 najvišja med variantami oblike A0 z zasteklitvijo in znaša 89,31 kWh/m², kar je za 16,3 % več kot pri varianti s 50 % zasteklitvijo in za 5,5 % manj kot pri varianti brez zasteklitve.

Iz slike 80 je razvidno, da se letna poraba energije za ogrevanje pri orientaciji 0° z dodajanjem oken na južno fasado skoraj linearno zmanjšuje. Največjo letno porabo energije za ogrevanje dobimo torej pri izhodiščni varianti brez zasteklitve, najmanjšo pa pri varianti s 100 % zasteklitvijo južne fasade, kar je logično, saj pritoki energije skozi okna v zimskih mesecih zmanjšajo potrebo po dodatni energiji za ogrevanje in hkrati vplivajo na višje notranje temperature v stavbi. Nasprotno je z letno porabo energije za hlajenje, ki se z dodajanjem oken pri vsakem koraku poveča za več kot štirikrat. Vzrok je v tem, da pri večjih oknih v stavbo prehaja več energije sončnega sevanja, ki pa je uporabna le v hladnejših mesecih, v toplih mesecih pa povzroča pregrevanje stavbe. Iz slike 80 je razvidno tudi, da se skupna poraba energije za ogrevanje in hlajenje do 50 % zasteklitve zmanjšuje, pri 100 % zasteklitvi pa se poveča, saj se močno poveča poraba energije za hlajenje. Najbolj ugodna varianta glede skupne porabe energije je torej varianta s 50 % zasteklitvijo.



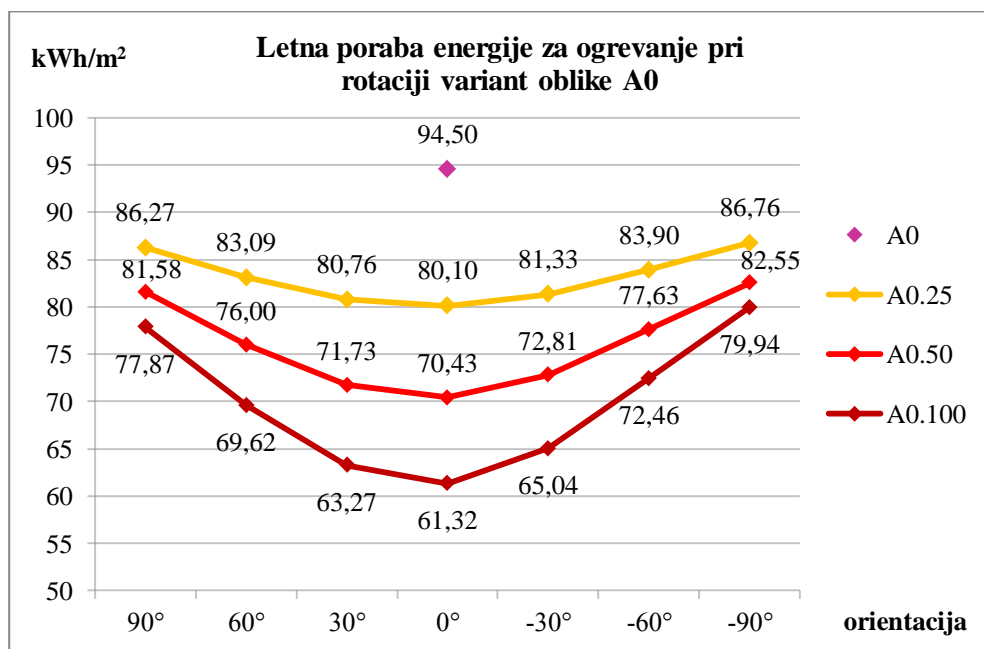
Slika 80: Letna poraba energije za variante oblike A0 pri orientaciji 0°

Prezračevalne izgube se z dodajanjem zasteklitve na južno fasado povečujejo, kar je razvidno iz preglednice 53. Pri varianti brez zasteklitve južne fasade znašajo prezračevalne izgube 80,13 kWh/m² letno, pri varianti s 25 % zasteklitvijo pa se povečajo za 3,8 %. Pri varianti s 50 % zasteklitvijo se prezračevalne izgube povečajo še za 4,9 %, pri varianti s 100 % zasteklitvijo pa še za 6,3 % in znašajo 92,8 kWh/m² letno. Vzrok za to je v tem, da imamo pri večji zasteklitvi večje solarne pritoke in posledično večji pritek energije v stavbo, zaradi česar se s prezračevanjem iz stavbe tudi več energije izgubi. Temperature v stavbi se namreč gibljejo med 20 °C in 26 °C in ker imamo pri večji površini zasteklitve večje solarne pritoke skozi okna, imamo pri variantah z večjo površino zasteklitve višje notranje temperature in posledično se pri enaki stopnji prezračevanja povečajo prezračevalne izgube in zmanjšajo prezračevalni pritoki. Razlike so opazne predvsem od aprila do oktobra, ko je tudi solarnih pritokov skozi okna največ. Največje prezračevalne pritoke dobimo pri varianti brez zasteklitve, in sicer 1,97 kWh/m². Pri varianti s 25 % zasteklitvijo južne fasade se prezračevalni pritoki zmanjšajo za 1,28 kWh/m², pri varianti s 50 % zasteklitvijo pa še za 0,21 kWh/m². Pri varianti s 100 % zasteklitvijo so prezračevalni pritoki enaki kot pri varianti s 50 % zasteklitvijo in znašajo 0,48 kWh/m².

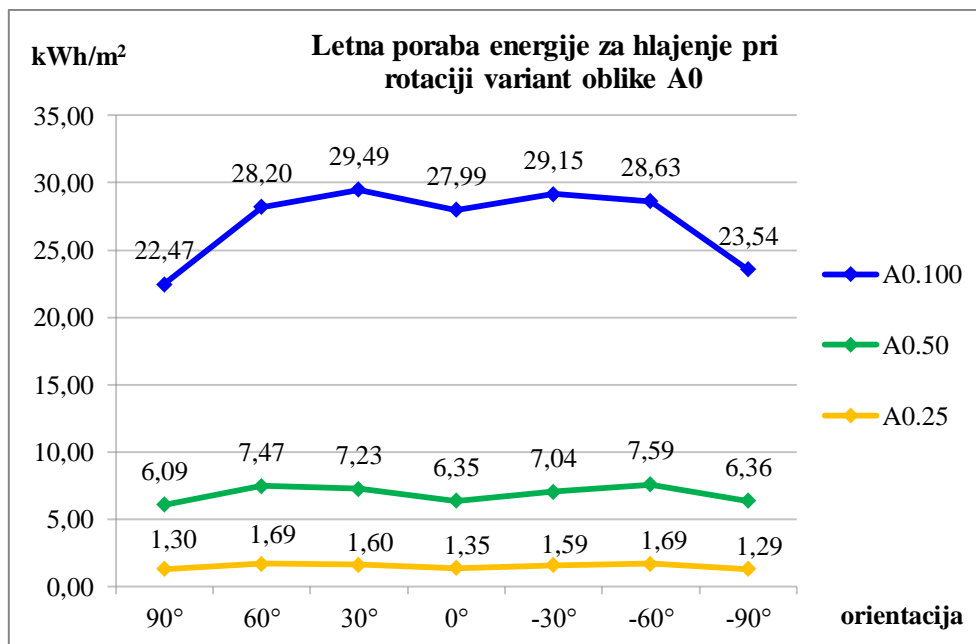
Transmisijske izgube pri varianti A0 brez oken znašajo 16,35 kWh/m² letno in so skoraj petkrat manjše od prezračevalnih izgub. Z dodajanjem oken na južno fasado se povečajo solarni pritoki in s tem količina energije v stavbi, zato se povečajo tudi transmisijske izgube. Največje transmisijske izgube dobimo tako pri varianti A0.100 s 100 % zasteklitvijo, in sicer 23,49 kWh/m² letno, kar je za 43,7 % več kot pri varianti A0. Transmisijske izgube se s povečevanjem zasteklitve na južni fasadi povečujejo od marca do novembra, decembra pa se zmanjšajo. Pri variantah A0.25 in A0.50 so izgube skozi okna v vseh mesecih manjše od transmisijskih izgub, pri varianti A0.100 pa so večje. Pri 100 %

zasteklitvi se torej več energije izgubi skozi okna kot pa skozi zunanji ovoj stavbe, kljub temu da je površina zasteklitve petkrat manjša od površine zunanjega ovoja stavbe. Vzrok je v toplotni prehodnosti, saj je ta pri zasteklitvi približno sedemkrat večja kot pri zunanjem ovoju stavbe.

Vse variante oblike A0 z zasteklitvijo sem rotirala proti vzhodu in zahodu po korakih 30°, saj me je zanimalo, kako orientacija objekta vpliva na porabo energije za ogrevanje in hlajenje. Pri rotaciji variant oblike A0 se izkaže, da pri vseh variantah z zasteklitvijo na južni fasadi dobimo najnižjo porabo energije za ogrevanje pri orientaciji 0°, kar je razvidno iz slike 81. Poraba energije za ogrevanje se pri rotaciji proti vzhodu in zahodu povečuje pri vseh variantah z zasteklitvijo, vendar pri večji zasteklitvi pride do večjih razlik. Pri 25 % zasteklitvi se pri rotaciji za -90° proti vzhodu poraba energije za ogrevanje poveča za 8,3 % glede na orientacijo 0°, pri 50 % zasteklitvi za 17,2 % in pri 100 % zasteklitvi za 30,4 %. Glede porabe energije za ogrevanje med variantami oblike A0 je torej najbolj ugodna varianta A0.100 pri orientaciji 0°.



Slika 81: Letna poraba energije za ogrevanje pri rotaciji variant oblike A0

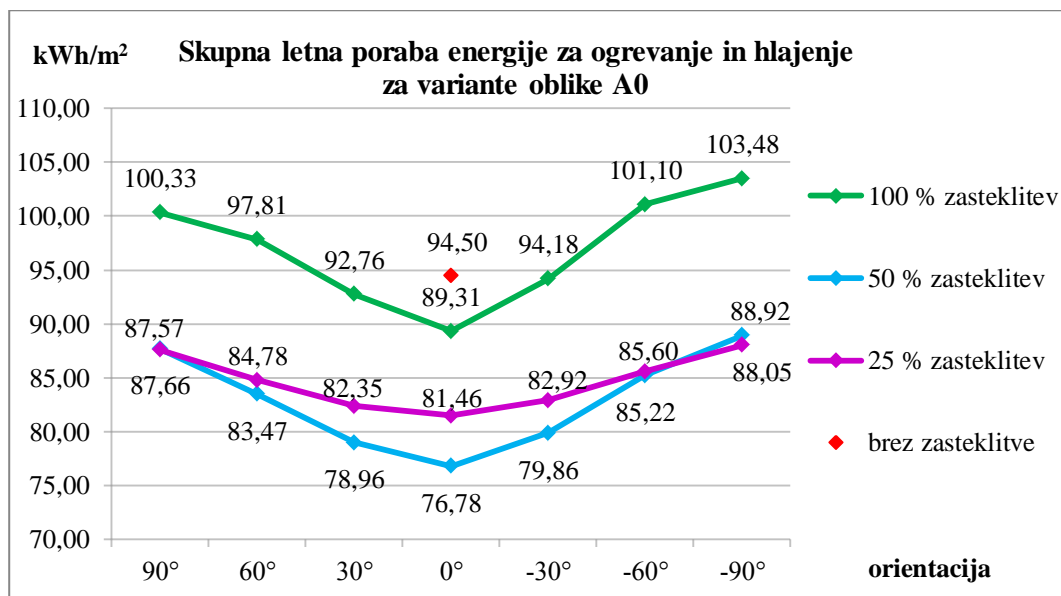


Slika 82: Letna poraba energije za hlajenje pri rotaciji variant oblike A0

Na sliki 82 je prikazana letna poraba energije za hlajenje pri rotaciji variant oblike A0 proti vzhodu in zahodu. Poraba energije za hlajenje se pri rotaciji variante s 25 % zasteklitvijo povečuje do kota $\pm 60^\circ$, pri nadaljnji rotaciji za $\pm 90^\circ$ pa se zmanjša. Najnižjo porabo energije za hlajenje pri varianti A0.25 dobimo pri rotaciji za -90° proti vzhodu, in sicer $1,29 \text{ kWh/m}^2$ letno. Pri rotaciji variante A0.50 s 50 % zasteklitvijo se poraba energije za hlajenje prav tako povečuje do kota $\pm 60^\circ$ in se nato zmanjša pri kotu $\pm 90^\circ$, le da najnižjo vrednost tokrat dobimo pri rotaciji za 90° proti zahodu. Najvišjo porabo energije za hlajenje pri varianti A0.50 dobimo pri rotaciji za -60° proti vzhodu, in sicer $7,59 \text{ kWh/m}^2$. Pri rotaciji variante A0.100 s 100 % zasteklitvijo južne fasade se poraba energije za hlajenje poveča pri kotu $\pm 30^\circ$, pri nadaljnji rotaciji proti vzhodu in zahodu pa se zmanjšuje. Najnižjo porabo energije za hlajenje pri varianti A0.100 dobimo pri rotaciji za 90° proti zahodu, najvišjo pa pri rotaciji za 30° proti zahodu.

Glede porabe energije za ogrevanje med variantami oblike A0 se je torej kot najbolj ugodna izkazala varianta A0.100 pri orientaciji 0° , glede porabe energije za hlajenje pa varianta A0 brez zasteklitve, pri kateri se potreba po energiji za hlajenje ne pojavi. Ker teh dveh variant ne moremo združiti, pogledajmo še, kako je s skupno letno porabo energije za ogrevanje in hlajenje. Pri primerjavi rezultatov glede skupne letne porabe energije za ogrevanje in hlajenje za variante oblike A0 se izkaže, da najnižjo vrednost $76,78 \text{ kWh/m}^2$ dobimo pri varianti A0.50 s 50 % zasteklitvijo in orientacijo 0° , najvišjo vrednost pa pri varianti A0.100.4 s 100 % zasteklitvijo in rotacijo za -90° proti vzhodu, in sicer $103,48 \text{ kWh/m}^2$. Eno višjih vrednosti dobimo tudi pri izhodiščni varianti A0, kjer samo poraba energije za ogrevanje znaša $94,50 \text{ kWh/m}^2$ letno. Pri rotacijah stavb za $\pm 90^\circ$ dobimo pri 25 % zasteklitvi skoraj enake rezultate kot pri 50 % zasteklitvi, pri 100 % zasteklitvi pa se vrednosti

povečajo za približno 15 %. Pri vseh variantah z zasteklitvijo dobimo najnižjo skupno letno porabo energije za ogrevanje in hlajenje pri orientaciji 0°. Najbolj ugodna varianta je torej varianta s 50 % zasteklitvijo pri orientaciji 0°.



Slika 83: Skupna letna poraba energije za ogrevanje in hlajenje za variante oblike A0

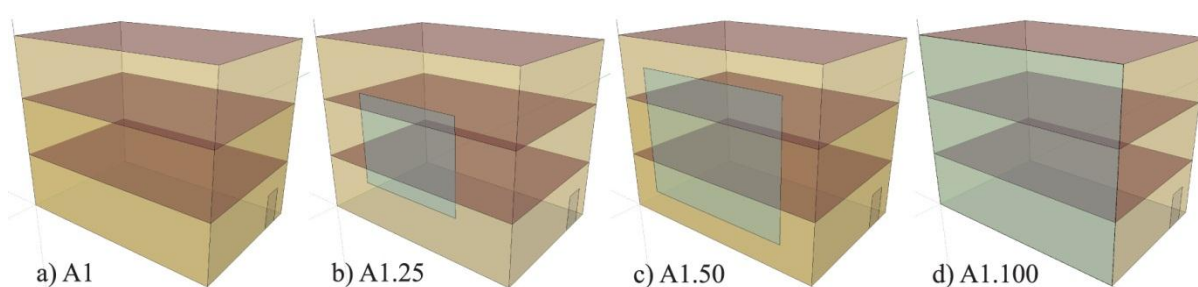
Pri variantah oblike A0 torej najvišjo porabo energije za ogrevanje dobimo pri varianti brez zasteklitve, najnižjo pa pri varianti s 100 % zasteklitvijo pri orientaciji 0°. Pri porabi energije za hlajenje je ravno nasprotno, torej pri 100 % zasteklitvi je poraba energije za hlajenje najvišja, pri varianti brez zasteklitve pa potrebe po hlajenju ni. Najnižjo skupno letno porabo energije za ogrevanje in hlajenje dobimo pri varianti s 50 % zasteklitvijo in orientacijo 0°, najvišjo pa pri varianti s 100 % zasteklitvijo in rotacijo za -90° proti vzhodu. Površina zasteklitve in orientacija imata torej bistven vpliv na porabo energije v stavbi. Večja kot je površina zasteklitve in manjši kot je vpadni kot sončnega sevanja, višji so solarni pritoki skozi okna, s tem pa posledično manjša potreba po energiji za ogrevanje in višja potreba po energiji za hlajenje.

Preglednica 54: Notranje povprečne temperature za variante oblike A0 pri orientaciji 0°

Notranje povprečne temperature (°C)	Januar	Februar	Marec	April	Maj	Junij	Julij	Avgust	September	Oktober	November	December	Letna povprečna
A0	20,00	20,00	20,00	20,01	20,09	20,26	21,30	21,63	20,09	20,01	20,00	20,00	20,28
A0.25	20,00	20,00	20,00	20,19	20,58	21,11	23,71	24,13	21,06	20,38	20,00	20,00	20,93
A0.50	20,01	20,05	20,13	20,73	21,60	22,61	25,02	24,81	22,52	21,35	20,05	20,00	21,57
A0.100	20,18	20,42	20,66	21,87	23,27	24,47	25,60	25,30	24,01	22,62	20,27	20,03	22,39

V preglednici 54 so prikazane notranje povprečne temperature za variante oblike A0 pri orientaciji 0°. Pri izhodiščni varianti A0 brez zasteklitve so notranje mesečne povprečne temperature najnižje in so od novembra do marca enake projektni temperaturi 20 °C. Pri 25 % zasteklitvi se notranje mesečne povprečne temperature povečajo od aprila do oktobra, pri 50 % zasteklitvi od januarja do novembra in pri 100 % zasteklitvi v vseh mesecih. Pri varianti A0 brez zasteklitve in pri varianti A0.25 s 25 % zasteklitvijo se najvišja povprečna notranja temperatura pojavi v avgustu, pri variantah A0.50 in A0.100 pa v juliju. Vzrok za to je v tem, da se pri manjši površini zasteklitve bolj pozna vpliv direktnega kot pa difuznega sončnega sevanja. V avgustu povprečna zunanja temperatura ni najvišja, je pa zato direktnega sončnega sevanja največ. Pri veliki površini zasteklitve pa je difuzno sončno sevanje v juliju dovolj veliko, da ob kombinaciji najvišje zunanje povprečne temperature dobimo tudi najvišjo notranjo povprečno temperaturo. Pri varianti A0 znaša povprečna notranja temperatura v avgustu 21,63 °C, pri varianti A0.25 pa 24,13 °C. Pri varianti A0.50 znaša julija povprečna notranja temperatura 25,02 °C, pri varianti A0.100 pa 25,6 °C. Letna povprečna notranja temperatura znaša pri izhodiščni varianti A0 brez zasteklitve 20,28 °C. Pri 25 % zasteklitvi se letna povprečna notranja temperatura glede na izhodiščno varianto poveča za 0,65 °C, pri 50 % zasteklitvi za 1,29 °C in pri 100 % zasteklitvi za 2,11 °C. Okna na južni fasadi torej vplivajo na višje notranje temperature, kar je koristno predvsem v zimskih mesecih, ko je potrebno ogrevanje in pa spomladi in jeseni, saj se na račun višjih notranjih temperatur lahko skrajša ogrevalna sezona. V poletnih mesecih pri variantah z veliko površino zasteklitve zaradi pritokov skozi okna notranje temperature preveč narastejo in potrebno je hlajenje.

3.20.2 Variante oblike A1

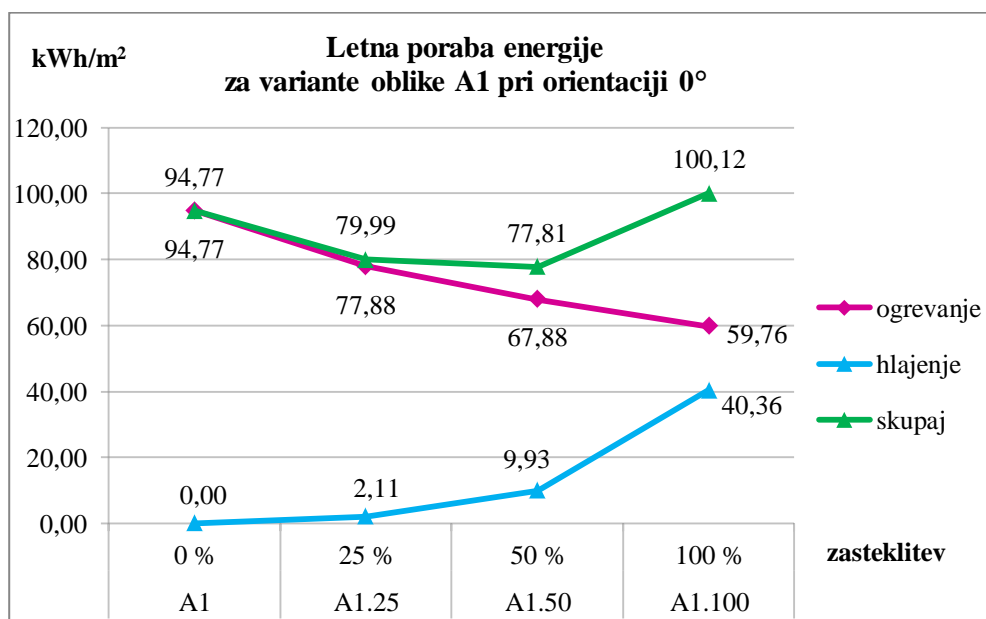


Slika 84: Variante oblike A1

Preglednica 55: Poraba energije ter pritoki in izgube energije za variante oblike A1 pri orientaciji 0°

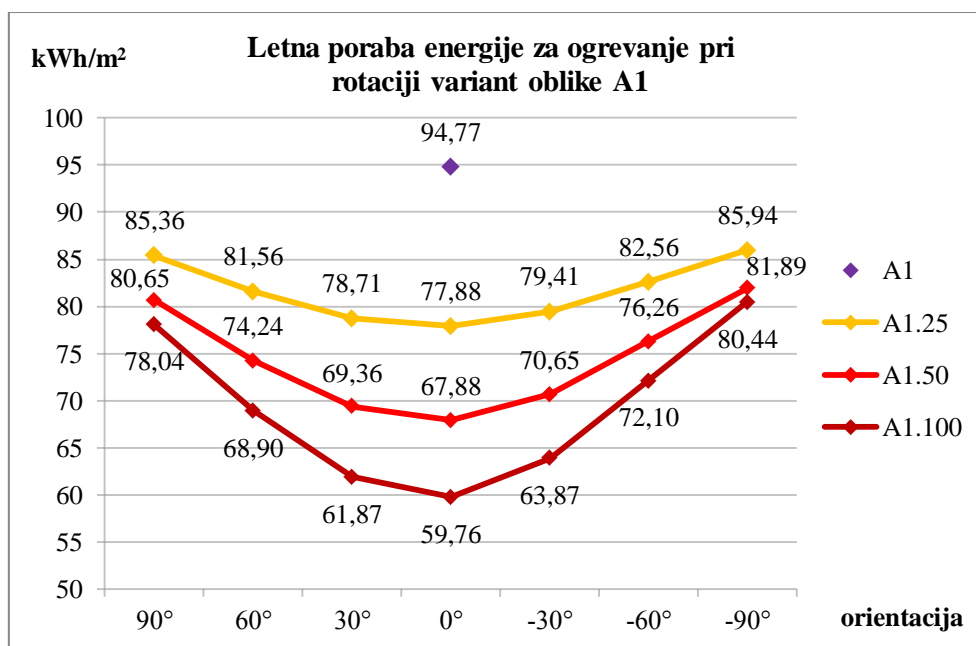
	okna (m ²)	ENERGIJA (kWh/m ²)			PRITOKI (kWh/m ²)		IZGUBE (kWh/m ²)		
		ogrevanje	hlajenje	skupaj	prezračevanje	okna	prezračevanje	okna	transmisijske
A1	0,00	94,77	0,00	94,77	1,98	0,00	80,12	0,00	16,62
A1.25	30,62	77,88	2,11	79,99	0,60	35,25	84,01	7,86	19,75
A1.50	61,24	67,88	9,93	77,81	0,48	69,31	88,84	16,61	22,29
A1.100	122,47	59,76	40,36	100,12	0,48	135,02	94,12	35,39	25,39

Najvišjo porabo energije za ogrevanje med vsemi variantami oblike A1 dobimo pri varianti brez zasteklitve, in sicer 94,77 kWh/m² letno. Pri varianti A1.25, pri kateri sem na južno fasado dodala 25 % zasteklitvev v izmeri 30,62 m² se je poraba energije za ogrevanje zmanjšala za 16,89 kWh/m² oziroma za 17,8 %, pojavila pa se je potreba po energiji za hlajenje, in sicer 2,11 kWh/m² letno. Skupna letna poraba energije za ogrevanje in hlajenje pri varianti A1.25 znaša 79,99 kWh/m² in je za 15,6 % nižja od porabe energije pri varianti A1. Ob povečanju zasteklitve na 50 % južne fasade oziroma na 61,24 m² se poraba energije za ogrevanje zmanjša še za 10 kWh/m² oziroma za 12,8 %, poraba energije za hlajenje pa se poveča za 7,82 kWh/m² oziroma za 371 %. Skupna letna poraba energije za ogrevanje in hlajenje znaša pri varianti A1.50 77,81 kWh/m², kar je za 2,7 % manj kot pri varianti A1.25. Pri varianti A1.100, pri kateri sem zasteklitvev na južni fasadi povečala na 100 % oziroma na 122,47 m² se poraba energije za ogrevanje zmanjša za dodatnih 8,12 kWh/m² letno oziroma za 11,9 %, poraba energije za hlajenje pa se poveča za 306 % oziroma za 30,43 kWh/m², tako da znaša skupna letna poraba energije za ogrevanje in hlajenje 100,12 kWh/m², kar je za 28,7 % več kot pri varianti A1.50 in za 5,6 % več kot pri varianti A1 brez zasteklitve. Skupna letna poraba energije za ogrevanje in hlajenje se torej do 50 % zasteklitve na južni fasadi znižuje, pri 100 % zasteklitvi pa se poveča, kar je razvidno iz slike 85. Najnižjo skupno letno porabo energije za ogrevanje in hlajenje tako dobimo pri varianti A1.50 s 50 % zasteklitvijo, najvišjo pa pri varianti A1.100 s 100 % zasteklitvijo južne fasade, pri kateri je poraba energije za ogrevanje najnižja, poraba energije za hlajenje pa najvišja. Najbolj ugodna varianta oblike A1 pri orientaciji 0° je torej varianta A1.50, pri kateri je skupna letna poraba energije za ogrevanje in hlajenje najnižja.



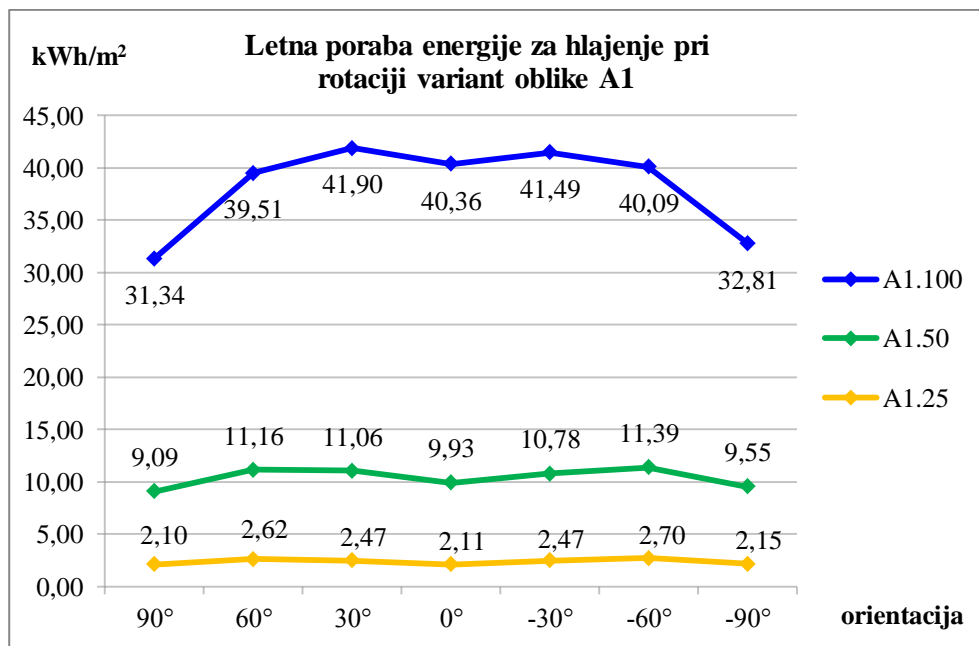
Slika 85: Letna poraba energije za variante oblike A1 pri orientaciji 0°

Tako kot pri variantah oblike A0 se tudi pri variantah oblike A1 prezračevalni pritoki zmanjšujejo z dodajanjem zasteklitve na južno fasado, prezračevalne izgube pa se povečujejo, kar je razvidno iz preglednice 56. Pri varianti A1 brez zasteklitve so prezračevalne izgube najnižje in znašajo 80,12 kWh/m² letno. Pri varianti A1.25 se prezračevalne izgube povečajo za 4,9 %, pri varianti A1.50 pa še za 5,7 %. Pri varianti A1.100 so prezračevalne izgube največje in znašajo 94,12 kWh/m² letno, kar je za 17,5 % več kot pri varianti A1 brez zasteklitve. Prezračevalne izgube se s povečanjem zasteklitve na južni fasadi povečujejo predvsem od aprila do oktobra. Podobno je s transmisijskimi izgubami, ki se povečujejo od marca do oktobra, novembra in decembra pa se zmanjšajo. Najnižje transmisijske izgube dobimo pri varianti A1 brez zasteklitve, najvišje pa pri varianti A1.100 s 100 % zasteklitvijo na južni fasadi. V preglednici 55 lahko opazimo, da so transmisijske izgube pri 25 % in pri 50 % zasteklitvi večje od izgub skozi okna, pri 100 % zasteklitvi pa je površina zasteklitve tako velika, da so izgube skozi okna večje od transmisijskih izgub. Čeprav je površina okna štirikrat manjša od površine zunanega ovoja, se več energije izgubi skozi okna, saj je toplotna prehodnost zasteklitve skoraj sedemkrat večja od toplotne prehodnosti zunanjega ovoja.



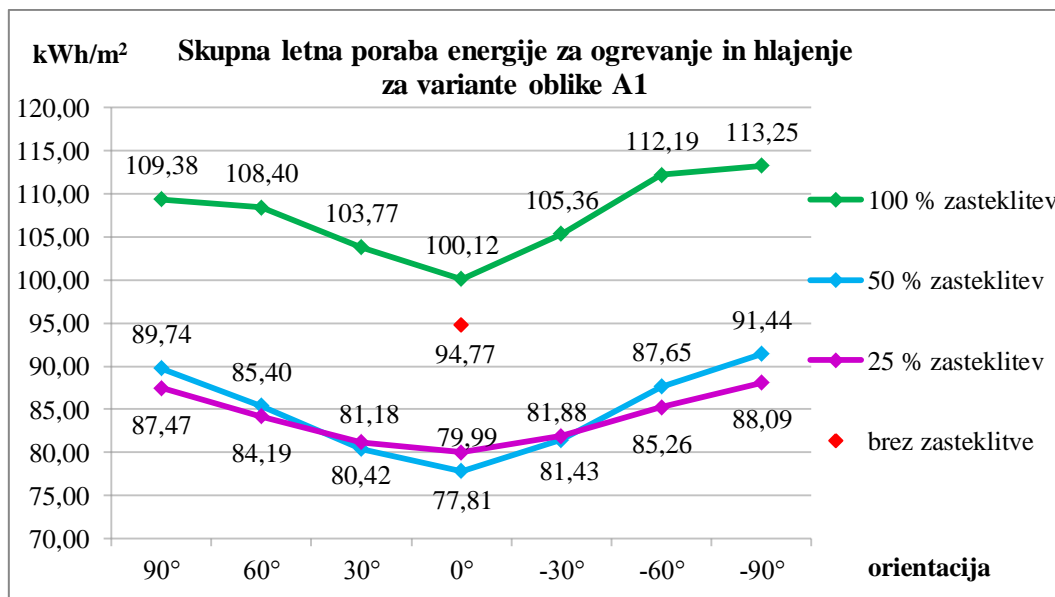
Slika 86: Letna poraba energije za ogrevanje pri rotaciji variant oblike A1

Pri rotaciji variant oblike A1 proti vzhodu in zahodu se poraba energije za ogrevanje povečuje, kar je razvidno iz slike 86. Pri rotaciji za -90° proti vzhodu se pri 25 % zasteklitvi poraba energije za ogrevanje poveča za 10,3 %, pri 50 % zasteklitvi za 20,6 % in pri 100 % zasteklitvi za 34,6 %. Pri rotaciji proti zahodu so vrednosti za 1 % do 3 % nižje kot pri rotaciji proti zahodu. Najnižjo porabo energije za ogrevanje med vsemi variantami oblike A1 dobimo pri 100 % zasteklitvi in orientaciji 0°, najvišjo pa pri varianti brez zasteklitve. Varianta A1.100 pri orientaciji 0° je torej glede porabe energije za ogrevanje najbolj ugodna med vsemi variantami oblike A1.



Slika 87: Letna poraba energije za hlajenje pri rotaciji variant oblike A1

Pri porabi energije za hlajenje je ravno nasprotno kot pri porabi energije za ogrevanje. Najvišjo porabo energije za hlajenje dobimo pri variantah s 100 % zasteklitvijo, najnižjo pa pri variantah s 25 % zasteklitvijo, kar je razvidno iz slike 87. Pri varianti A1 brez zasteklitve se potreba po energiji za hlajenje ne pojavi. Pri rotaciji variante A1.25 s 25 % zasteklitvijo proti vzhodu in zahodu se poraba energije za hlajenje povečuje do kota $\pm 60^\circ$, nato pa se zmanjša. Najvišjo porabo energije za hlajenje pri 25 % zasteklitvi dobimo pri rotaciji za -60° proti vzhodu, in sicer $2,70 \text{ kWh/m}^2$. Pri rotaciji variante A1.25 za 90° proti zahodu je poraba energije za hlajenje najnižja in znaša $2,10 \text{ kWh/m}^2$ letno. Pri 50 % zasteklitvi se poraba energije za hlajenje prav tako povečuje do kota $\pm 60^\circ$ in nato zmanjša pri kotu $\pm 90^\circ$, le da so razlike večje kot pri 25 % zasteklitvi. Pri rotaciji variante A1.50 za -60° proti vzhodu znaša poraba energije za hlajenje $11,39 \text{ kWh/m}^2$, pri rotaciji za 90° proti vzhodu pa $9,09 \text{ kWh/m}^2$. Pri varianti A1.100 s 100 % zasteklitvijo se poraba energije za hlajenje povečuje do kota $\pm 30^\circ$, pri nadaljnji rotaciji proti vzhodu in zahodu pa se zmanjša. Najvišjo porabo energije za hlajenje pri varianti A1.100 dobimo pri rotaciji za 30° proti zahodu, najnižjo pa pri rotaciji za 90° proti zahodu. Glede porabe energije za hlajenje je torej najbolj ugodna varianta z najmanjšo površino zasteklitve in rotacijo za 90° proti zahodu.



Slika 88: Skupna letna poraba energije za ogrevanje in hlajenje za variante oblike A1

Glede skupne porabe energije za ogrevanje in hlajenje pri variantah oblike A1 se izkaže, da najnižjo vrednost dobimo pri varianti A1.50 s 50 % zasteklitvijo in orientacijo 0°, najvišjo pa pri varianti s 100 % zasteklitvijo in rotacijo za -90° proti vzhodu, kar je razvidno iz slike 88. Najvišja skupna letna poraba energije za ogrevanje in hlajenje znaša 113,25 kWh/m², najnižja pa je za 31 % manjša in znaša 77,81 kWh/m². Ker ima varianta s 100 % zasteklitvijo zelo visoko porabo energije za hlajenje, je skupna poraba energije pri vseh rotacijah večja kot pri varianti brez zasteklitve. Pri varianti s 50 % zasteklitvijo imamo do kota ±30° nižjo skupno porabo energije kot pri varianti s 25 % zasteklitvijo, pri rotaciji za ±60° in ±90° pa dobimo nižje vrednosti s 25 % zasteklitvijo, in sicer za približno 3 %. Najbolj ugodna varianta glede skupne letne porabe energije za ogrevanje in hlajenje je torej varianta A1.50 pri orientaciji 0°.

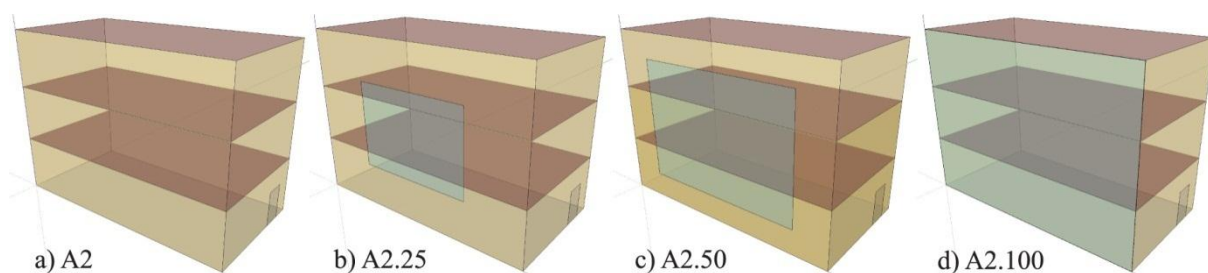
Preglednica 56: Notranje povprečne temperature za variante oblike A1 pri orientaciji 0°

Notranje povprečne temperature (°C)	Januar	Februar	Marec	April	Maj	Junij	Julij	Avgust	September	Oktober	November	December	Letna povprečna
A1	20,00	20,00	20,00	20,01	20,09	20,25	21,30	21,62	20,09	20,01	20,00	20,00	20,28
A1.25	20,00	20,00	20,02	20,28	20,76	21,39	24,12	24,34	21,39	20,54	20,01	20,00	21,07
A1.50	20,03	20,11	20,23	21,00	22,02	23,21	25,24	24,97	23,03	21,76	20,08	20,00	21,81
A1.100	20,28	20,58	20,87	22,18	23,67	24,77	25,68	25,39	24,28	22,88	20,36	20,06	22,58

V preglednici 56 so prikazane notranje povprečne temperature za variante oblike A1 pri orientaciji 0°. Najnižje povprečne notranje temperature se pojavijo pri varianti A1 brez zasteklitve, najvišje pa pri varianti A1.100 s 100 % zasteklitvijo. Pri 25 % zasteklitvi se notranje povprečne mesečne temperature glede na varianto brez zasteklitve povečajo od marca do novembra, pri varianti s 50 % zasteklitvijo od

januarja do novembra in pri varianti s 100 % zasteklitvijo v vseh mesecih. Pri variantah A1 in A1.25 se najvišja notranja povprečna temperatura pojavi v avgustu, pri variantah A1.50 in A1.100 pa v juliju. Letna povprečna notranja temperatura je najnižja pri varianti A1 in znaša 20,28 °C. Pri varianti A1.25 se letna povprečna temperatura poveča za 0,79 °C, pri varianti A1.50 za 1,53 °C in pri varianti A1.100 za 2,3 °C. Večja kot je torej površina zasteklitve, večje so notranje temperature v stavbah, to pa ugodno vpliva na porabo energije za ogrevanje in neugodno na porabo energije za hlajenje.

3.20.3 Variante oblike A2



Slika 89: Variante oblike A2

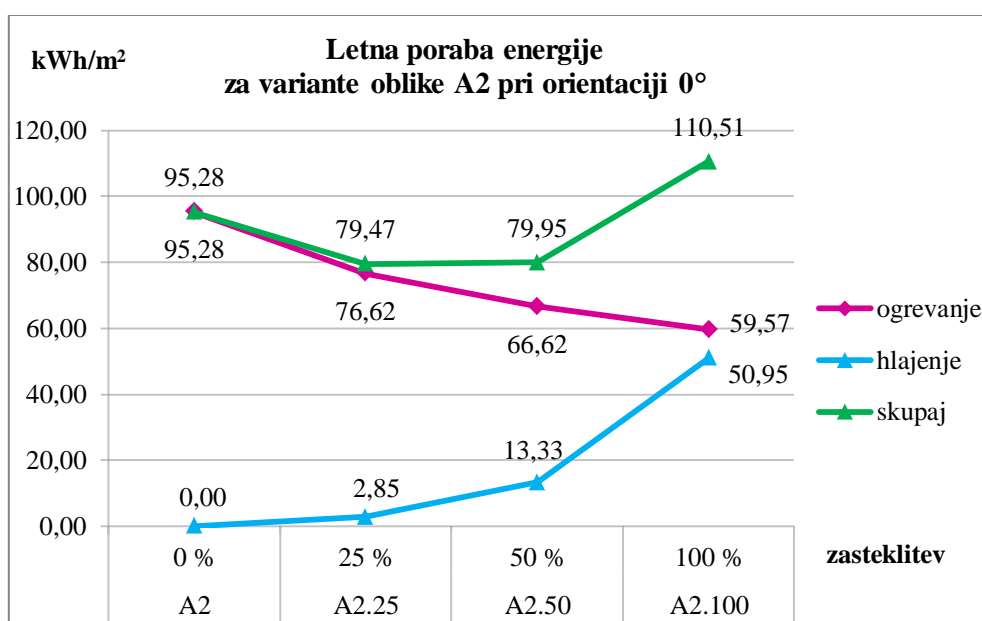
Preglednica 57: Poraba energije ter pritoki in izgube energije za variante oblike A2 pri orientaciji 0°

	okna (m ²)	ENERGIJA (kWh/m ²)			PRITOKI (kWh/m ²)		IZGUBE (kWh/m ²)		
		ogrevanje	hlajenje	skupaj	prezračevanje	okna	prezračevanje	okna	transmisijske
A2	0,00	95,28	0,00	95,28	1,99	0,00	80,13	0,00	17,14
A2.25	35,36	76,62	2,85	79,47	0,55	40,62	84,70	9,11	21,13
A2.50	70,71	66,62	13,33	79,95	0,48	79,75	89,90	19,31	24,32
A2.100	141,42	59,57	50,95	110,51	0,48	155,27	94,89	41,08	28,40

Tudi pri variantah oblike A2 so prezračevalne izgube največje med izgubami. Pri varianti A2 brez zasteklitve znašajo prezračevalne izgube 80,13 kWh/m² letno in se z dodajanjem zasteklitve na južno fasado povečujejo. Pri varianti s 25 % zasteklitvijo južne fasade se prezračevalne izgube povečajo za 5,7 %, pri varianti s 50 % zasteklitvijo za 12,2 % in pri varianti s 100 % zasteklitvijo za 18,4 %. Tudi transmisijske izgube se povečujejo z dodajanjem zasteklitve na južno fasado, in sicer pri 25 % zasteklitvi za 23,3 %, pri 50 % zasteklitvi za 15,1 % in pri 100 % zasteklitvi za 16,8 %. V preglednici 57 lahko opazimo, da so izgube skozi okna do 50 % zasteklitve manjše od transmisijskih izgub, pri 100 % zasteklitvi pa so večje. Okna imajo namreč bistveno večjo toplotno prehodnost kot zunanji ovoj stavbe, zato se pri veliki površini oken skozi okna izgubi več energije.

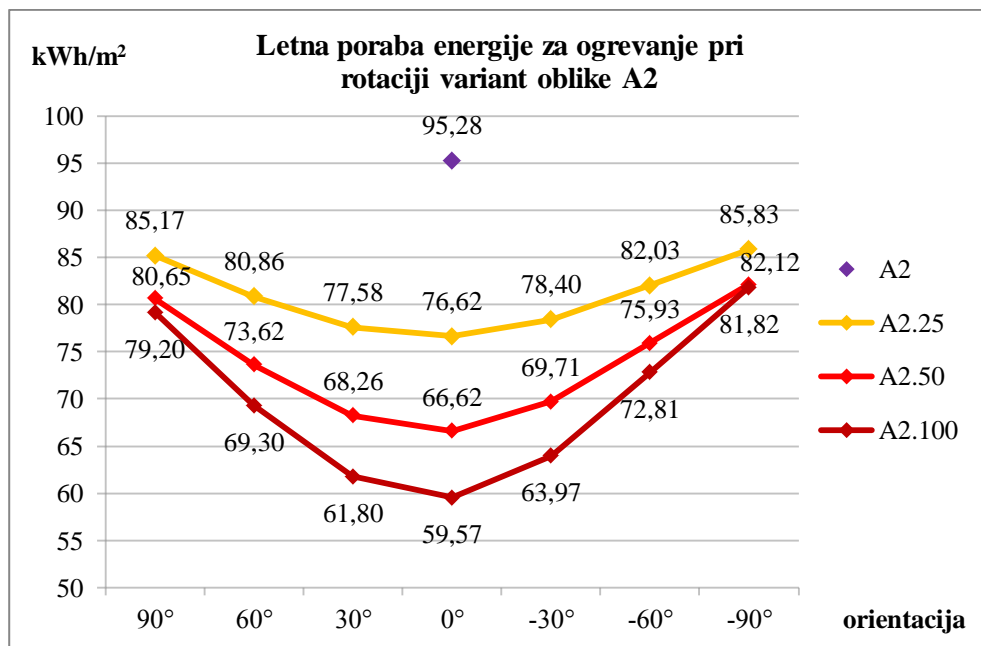
Letna poraba energije za ogrevanje se pri orientaciji 0° z dodajanjem oken na južno fasado zmanjšuje, kar je razvidno iz slike 90. Pri 25 % zasteklitvi južne fasade se poraba energije za hlajenje glede na varianto brez zasteklitve zmanjša za 19,6 %, pri 50 % zasteklitvi za 30 % in pri 100 % zasteklitvi za 37,5 %. Najvišjo porabo energije za ogrevanje dobimo torej pri varianti A2 brez zasteklitve, najnižjo

pa pri varianti A2.100 s 100 % zasteklitvijo južne fasade. Poraba energije za hlajenje se s povečevanjem zasteklitve na južni fasadi v vsakem koraku poveča za približno štirikrat. Pri povečanju zasteklitve iz 25 % na 50 % se poraba energije za hlajenje poveča za skoraj 368 %, pri povečanju iz 50 % na 100 % pa za 282 %. Skupna poraba energije za ogrevanje in hlajenje se pri varianti A2.25 glede na varianto A2 zmanjša za 20 %. Pri varianti A2.50 znaša skupna poraba energije 79,95 kWh/m² letno, kar je za 15,6 % manj kot pri varianti A2 in za 0,6 % več kot pri varianti A2.25. Pri varianti A2.100 je skupna poraba energije za ogrevanje in hlajenje najvišja in znaša 110,51 kWh/m² letno, kar je za 38 % več kot pri varianti A2.50. Najbolj ugodna varianta glede skupne letne porabe energije za ogrevanje in hlajenje je torej varianta A2.25.

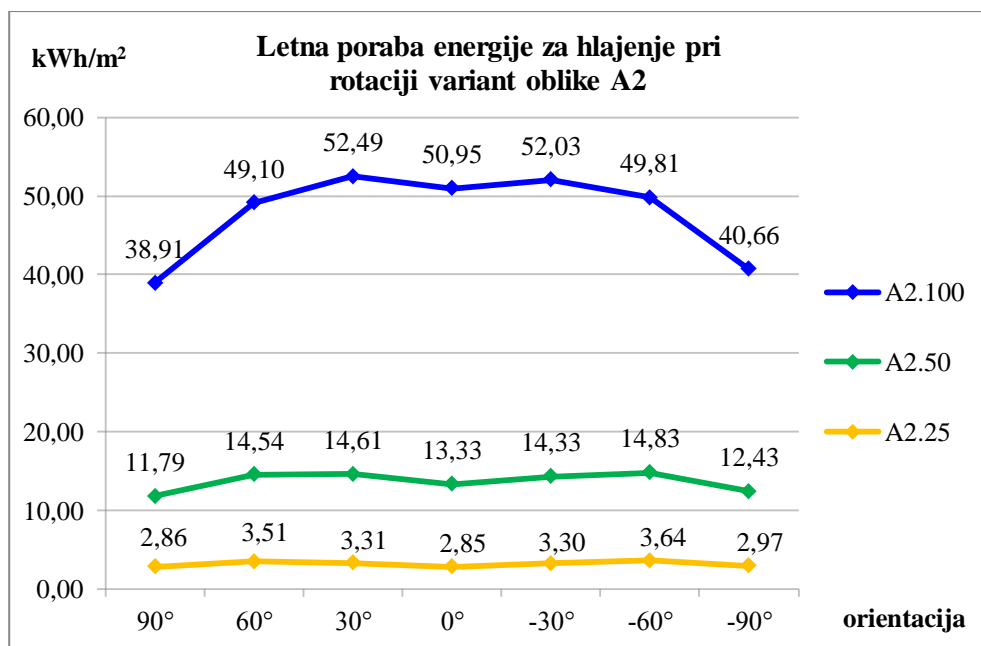


Slika 90: Letna poraba energije za variante oblike A2 pri orientaciji 0°

Tudi pri variantah oblike A2 rotacija proti vzhodu in zahodu neugodno vpliva na porabo energije za ogrevanje, kar je razvidno iz slike 91. Pri 25 % zasteklitvi dobimo najvišjo porabo energije za ogrevanje pri rotaciji za -90° proti vzhodu, in sicer 85,83 kWh/m² letno, kar je za 12 % več kot pri orientaciji 0°. Tudi pri variantah s 50 % in 100 % zasteklitvijo se poraba energije za ogrevanje pri rotaciji proti vzhodu in zahodu povečuje, le da so razlike pri 100 % zasteklitvi večje. Pri 25 % zasteklitvi znaša pri rotaciji za -90° poraba energije za ogrevanje 82,12 kWh/m², kar je za 23,3 % več kot pri orientaciji 0°. Pri rotaciji variante s 100 % zasteklitvijo za -90° proti vzhodu se poraba energije za ogrevanje poveča za 37,4 % glede na orientacijo 0° in znaša 81,82 kWh/m² letno, kar je le za 0,3 kWh/m² manj kot pri varianti s 50 % zasteklitvijo. Najbolj ugodna varianta glede porabe energije za ogrevanje je torej varianta A2.100 pri orientaciji 0°.



Slika 91: Letna poraba energije za ogrevanje pri rotaciji variant oblike A2

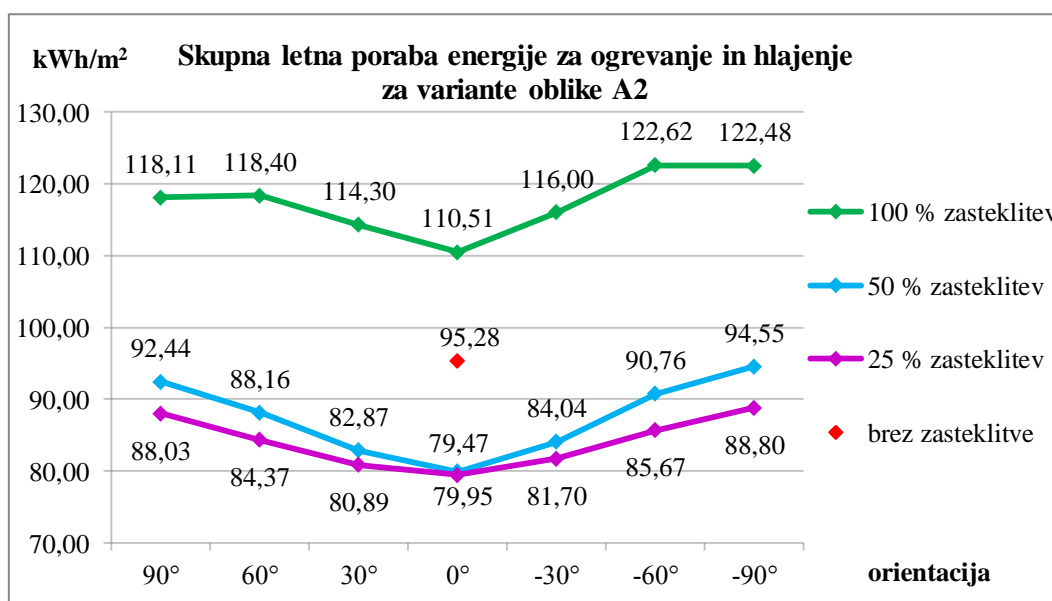


Slika 92: Letna poraba energije za hlajenje pri rotaciji variant oblike A2

Pri varianti A2.50 s 50 % zasteklitvijo se poraba energije za hlajenje pri rotaciji proti vzhodu povečuje do kota -30° , pri rotaciji proti zahodu pa do kota 30° . Pri varianti A2.25 s 25 % zasteklitvijo se poraba energije za hlajenje pri rotaciji v obeh smereh povečuje do kota $\pm 60^\circ$. Tako pri 25 % zasteklitvi kot tudi pri 50 % zasteklitvi se najvišja poraba energije za hlajenje pojavi pri rotaciji proti vzhodu za -60° . Pri 25 % zasteklitvi dobimo najnižjo porabo energije za hlajenje pri orientaciji 0° , pri 50 % zasteklitvi pa pri rotaciji za 90° proti zahodu. Pri varianti s 100 % zasteklitvijo se poraba energije za hlajenje pri rotaciji proti vzhodu in zahodu poveča pri kotu $\pm 30^\circ$, pri nadaljnji rotaciji pa se zmanjša. Pri 100 %

zasteklitvi dobimo tako najvišjo porabo energije za hlajenje pri rotaciji za 30° proti zahodu, najnižjo pa pri rotaciji za 90° proti zahodu. Najvišja poraba energije za hlajenje med variantami oblike A2 znaša 52,49 kWh/m². Pri 100 % zasteklitvi dobimo pri rotaciji za ±60° nižjo porabo energije za hlajenje kot pri orientaciji 0°. Glede porabe energije za hlajenje med variantami oblike A2 z zasteklitvijo je najbolj ugodna varianta A2.25 pri orientaciji 0°.

Na sliki 93 je prikazana skupna letna poraba energije za ogrevanje in hlajenje za variante oblike A2. Najnižjo porabo energije pri variantah oblike A2 dobimo pri 25 % zasteklitvi južne fasade in orientaciji 0°, in sicer 79,47 kWh/m². Takoj za tem je varianta s 50 % zasteklitvijo in orientacijo 0°, pri kateri je skupna poraba energije za ogrevanje in hlajenje le za 0,48 kWh/m² višja. Pri variantah oblike A2 dobimo pri vseh rotacijah najnižje vrednosti pri 25 % zasteklitvi južne fasade. Pri 25 % in 50 % zasteklitvi južne fasade se skupna letna poraba energije za ogrevanje in hlajenje pri rotaciji proti vходу in zahodu povečuje do kota ±90°, pri 100 % zasteklitvi pa se povečuje do kota ±60°, nato pa rahlo zmanjša pri kotu ±90°. Najvišjo skupno letno porabo energije za ogrevanje in hlajenje dobimo pri variantah oblike A2 pri 100 % zasteklitvi in rotaciji za -60° proti vzhodu, in sicer 122,62 kWh/m², kar je za 54,3 % več kot pri varianti s 25 % zasteklitvijo in orientacijo 0°.



Slika 93: Skupna letna poraba energije za ogrevanje in hlajenje za variante oblike A2

Med variantami oblike A2 je glede skupne letne porabe energije za ogrevanje in hlajenje najbolj ugodna varianta A2.25 pri orientaciji 0°.

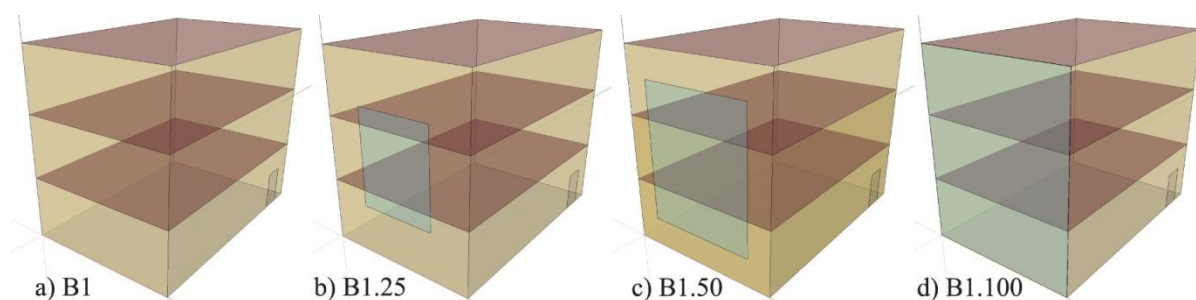
S povečevanjem površine zasteklitve na južni fasadi pri orientaciji 0° se povečujejo solarni pritoki in posledično notranje temperature, to pa vpliva na nižjo porabo energije za ogrevanje in višjo porabo energije za hlajenje. V preglednici 58 so prikazane notranje povprečne temperature za variante oblike

A2. Pri 25 % zasteklitvi se notranje mesečne povprečne temperature glede na varianto brez zasteklitve povečajo od februarja do novembra, pri 50 % in 100 % zasteklitvi pa v vseh mesecih. Pri variantah A2 in A2.25 se najvišja notranja povprečna temperatura pojavi v avgustu, pri variantah A2.50 in A2.100 pa v juliju. Notranja povprečna temperatura v juliju je pri varianti A2.100 za 4,43 °C višja kot pri varianti A2. Najvišjo letno povprečno temperaturo dobimo pri varianti A2.100, in sicer 22,70 °C, kar je za 2,42 °C več kot pri varianti A2.

Preglednica 58: Notranje povprečne temperature za variante oblike A2 pri orientaciji 0°

Notranje povprečne temperature (°C)	Januar	Februar	Marec	April	Maj	Junij	Julij	Avgust	September	Oktober	November	December	Letna povprečna
A2	20,00	20,00	20,00	20,01	20,09	20,25	21,29	21,63	20,09	20,01	20,00	20,00	20,28
A2.25	20,00	20,01	20,03	20,36	20,92	21,62	24,39	24,47	21,64	20,70	20,01	20,00	21,18
A2.50	20,05	20,17	20,33	21,22	22,33	23,58	25,35	25,06	23,32	22,01	20,12	20,01	21,96
A2.100	20,35	20,69	21,03	22,37	23,87	24,92	25,72	25,44	24,41	23,02	20,43	20,09	22,70

3.20.4 Variante oblike B1



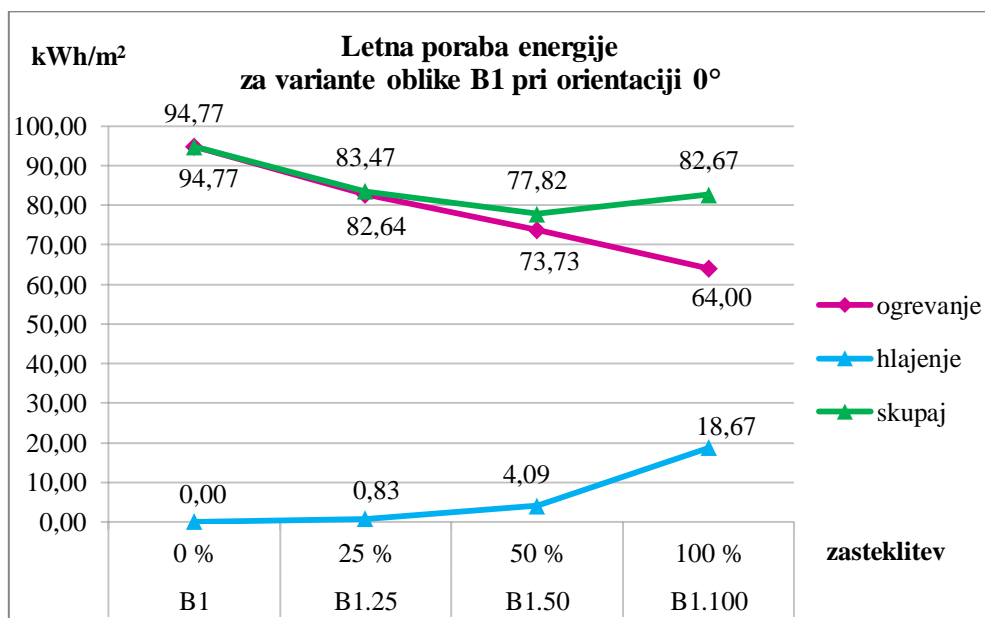
Slika 94: Variante oblike B1

Preglednica 59: Poraba energije ter pritoki in izgube energije za variante oblike B1 pri orientaciji 0°

	okna (m ²)	ENERGIJA (kWh/m ²)			PRITOKI (kWh/m ²)		IZGUBE (kWh/m ²)		
		ogrevanje	hlajenje	skupaj	prezračevanje	okna	prezračevanje	okna	transmisijske
B1	0,00	94,77	0,00	94,77	1,97	0,00	80,14	0,00	16,59
B1.25	20,41	82,64	0,83	83,47	0,80	23,65	82,50	5,15	18,62
B1.50	40,82	73,73	4,09	77,82	0,50	46,73	85,76	10,71	20,40
B1.100	81,65	64,00	18,67	82,67	0,48	91,23	91,23	22,79	23,01

Prezračevalne izgube znašajo pri varianti B1 brez zasteklitve 80,14 kWh/m² letno in se pri dodajanju oken na južno fasado povečujejo. Največje prezračevalne izgube dobimo tako pri varianti s 100 % zasteklitvijo, in sicer 91,23 kWh/m², kar je za 13,8 % več kot pri varianti brez zasteklitve. Tudi transmisijske izgube se s povečanjem površine zasteklitve povečujejo. Pri 100 % zasteklitvi so transmisijske izgube za 38,7 % večje kot pri varianti brez zasteklitve. Pri tem je potrebno omeniti, da se transmisijske in prezračevalne izgube povečujejo predvsem od spomladi do jeseni, ko so solarni

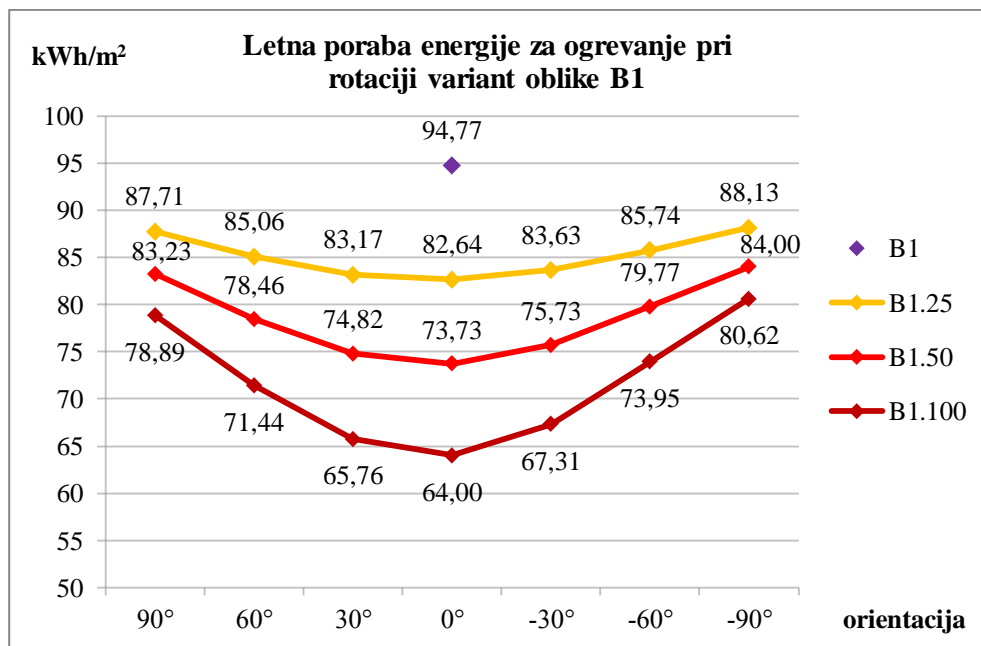
pritoki skozi okna najvišji in posledično je prtok energije v stavbo večji, zaradi česar se iz stavbe tudi več energije izgubi. Pri variantah oblike B1 so izgube energije skozi okna pri vseh velikostih zasteklitve na južni fasadi manjše od transmisijskih izgub.



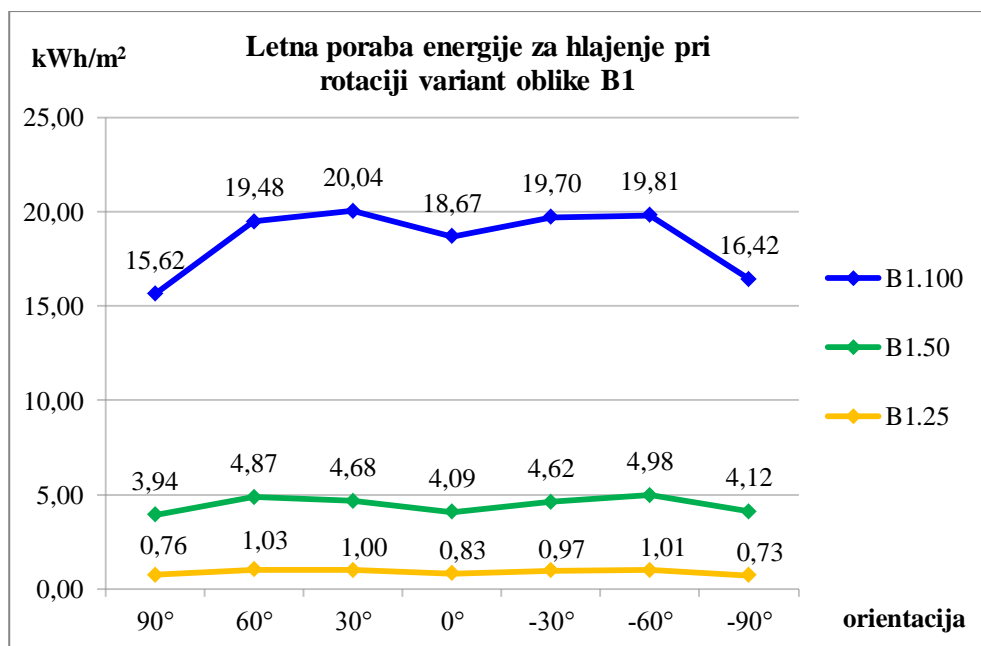
Slika 95: Letna poraba energije za variante oblike B1 pri orientaciji 0°

S povečevanjem površine zasteklitve na južni fasadi se tudi pri variantah oblike B1 poraba energije za ogrevanje zmanjšuje, kar je razvidno iz slike 95. Pri 25 % zasteklitvi se poraba energije za ogrevanje glede na varianto brez zasteklitve zmanjša za 12,8 %, pri 50 % zasteklitvi za 22,2 % in pri 100 % zasteklitvi za 32,5 % oziroma za 30,77 kWh/m². Poraba energije za hlajenje se pri povečanju površine zasteklitve v vsakem koraku poveča skoraj petkrat. Skupna poraba energije za ogrevanje in hlajenje se do 50 % zasteklitve zmanjšuje, pri 100 % zasteklitvi pa se rahlo poveča. Najnižjo skupno porabo energije dobimo tako pri varianti B1.50, za njo je varianta B1.100 in kot tretja je varianta B1.25. Najbolj ugodna varianta glede skupne letne porabe energije za ogrevanje in hlajenje je torej varianta B1.50.

Poglejmo si še, kako je z rotacijo variant oblike B1 z zasteklitvijo. Iz slike 96 lahko vidimo, da se pri rotaciji proti vzhodu in zahodu poraba energije za ogrevanje povečuje, najbolj pa so razlike opazne pri varianti B1.100 s 100 % zasteklitvijo južne fasade. Pri rotaciji variante B1.100 za -90° proti vzhodu se poraba energije za ogrevanje glede na orientacijo 0° poveča za 26 %, pri rotaciji variante B1.50 za 13,9 % in pri rotaciji variante B1.25 za 6,6 %. Pri rotaciji variant proti zahodu so vrednosti za približno 1 % do 2 % nižje. Najvišjo porabo energije za ogrevanje med variantami oblike B1 dobimo pri varianti brez zasteklitve, in sicer 94,77 kWh/m². Glede porabe energije za ogrevanje je pri variantah oblike B1 najbolj ugodna varianta B2.100 pri orientaciji 0°.



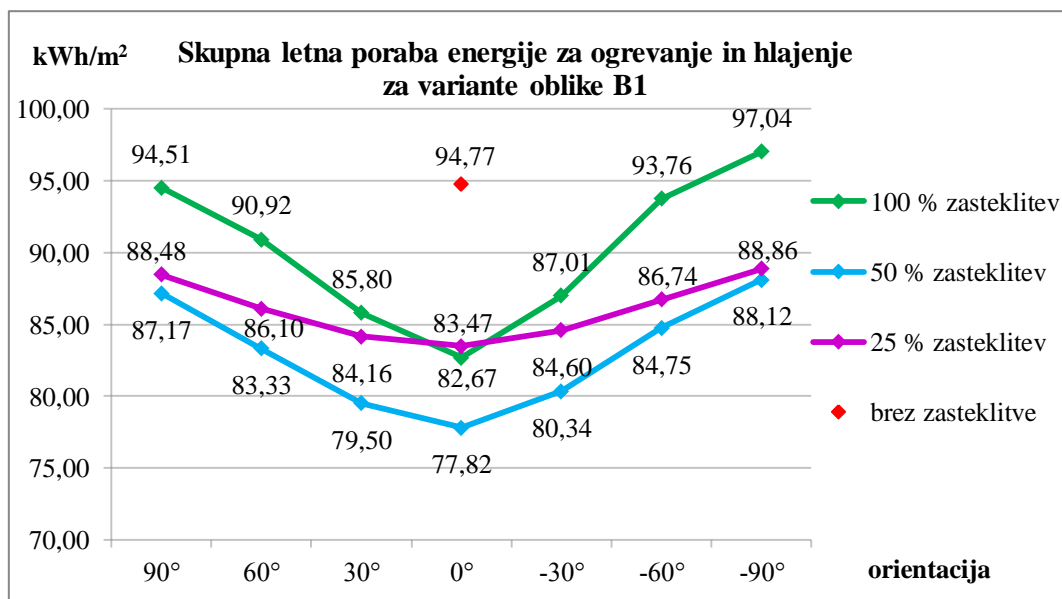
Slika 96: Letna poraba energije za ogrevanje pri rotaciji variant oblike B1



Slika 97: Letna poraba energije za hlajenje pri rotaciji variant oblike B1

Na sliki 97 je prikazana letna poraba energije za hlajenje pri rotaciji variant oblike B1. Najnižje vrednosti dobimo pri varianti s 25 % zasteklitvijo, najvišje pa pri varianti s 100 % zasteklitvijo. Pri 25 % zasteklitvi se poraba energije za hlajenje pri rotaciji proti vzhodu in zahodu povečuje do kota $\pm 60^\circ$, nato pa se zmanjša, tako da najnižjo porabo energije za hlajenje dobimo pri rotaciji za -90° proti vzhodu, najvišjo pa pri rotaciji za 60° proti zahodu. Pri rotaciji variante s 50 % zasteklitvijo se poraba energije za hlajenje prav tako povečuje do kota $\pm 60^\circ$, le da najnižjo porabo v tem primeru dobimo pri rotaciji za 90° proti zahodu, najvišjo pa pri rotaciji za -60° proti vzhodu. Pri 100 % zasteklitvi se pri

rotaciji proti zahodu poraba energije za hlajenje povečuje do kota 30° , pri rotaciji proti vzhodu pa do kota -60° . Najvišjo porabo energije za hlajenje pri varianti s 100 % zasteklitvijo dobimo pri rotaciji za 30° proti zahodu, in sicer $20,04 \text{ kWh/m}^2$, najnižjo pa pri rotaciji za 90° proti zahodu. Med vsemi variantami oblike B1 je glede porabe energije za hlajenje najbolj ugodna varianta brez zasteklitve, pri kateri se potreba po energiji za hlajenje ne pojavi. Med variantami oblike B1 z zasteklitvijo pa je glede porabe energije za hlajenje najbolj ugodna varianta B1.25 pri rotaciji za -90° proti vzhodu.



Slika 98: Skupna letna poraba energije za ogrevanje in hlajenje za variante oblike B1

Na sliki 98 je prikazana skupna letna poraba energije za ogrevanje in hlajenje za variante oblike B1. Pri vseh variantah z zasteklitvijo se skupna letna poraba energije pri rotaciji proti vzhodu in zahodu povečuje. Do največjih razlik pride pri 100 % zasteklitvi južne fasade, do najmanjših pa pri 25 % zasteklitvi. Najmanjšo skupno letno porabo energije za ogrevanje in hlajenje med variantami oblike B1 dobimo pri 50 % zasteklitvi in orientaciji 0° , in sicer $77,82 \text{ kWh/m}^2$. Pri rotaciji variante s 50 % zasteklitvijo za $\pm 30^\circ$ se skupna letna poraba energije glede na orientacijo 0° poveča za približno 3 %, pri rotaciji za $\pm 60^\circ$ za približno 8 % in pri rotaciji za $\pm 90^\circ$ za približno 12 %. Pri varianti s 100 % zasteklitvijo in orientacijo 0° znaša skupna letna poraba energije za ogrevanje in hlajenje $82,67 \text{ kWh/m}^2$ in se pri rotaciji za $\pm 30^\circ$ poveča za približno 5 %, pri rotaciji za $\pm 60^\circ$ za približno 13 % in pri rotaciji za $\pm 90^\circ$ za približno 17 %. Pri orientaciji 0° dobimo najnižjo skupno porabo energije pri varianti s 50 % zasteklitvijo, najvišjo pa pri varianti s 25 % zasteklitvijo. Pri 100 % zasteklitvi je pri orientaciji 0° skupna poraba energije za približno 1 % nižja kot pri 25 % zasteklitvi in znaša $82,67 \text{ kWh/m}^2$. Najvišjo skupno letno porabo energije za ogrevanje in hlajenje med variantami oblike B1 dobimo pri 100 % zasteklitvi in rotaciji za -90° proti vzhodu, in sicer $97,04 \text{ kWh/m}^2$, kar je za 24,7 % več kot pri varianti s 50 % zasteklitvijo in orientacijo 0° . Drugo najvišjo vrednost dobimo pri varianti B1 brez zasteklitve, in sicer $94,77 \text{ kWh/m}^2$. Pri rotaciji za $\pm 90^\circ$ proti vzhodu in zahodu

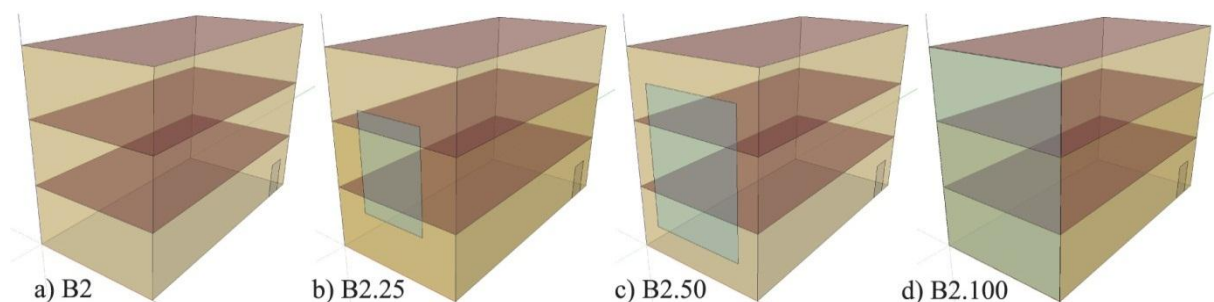
dobimo pri 25 % zasteklitvi za približno 1 % višjo skupno porabo energije kot pri 50 % zasteklitvi. Najbolj ugodna varianta glede skupne letne porabe energije za ogrevanje in hlajenje med variantami oblike B1 je torej varianta B1.50 s 50 % zasteklitvijo in orientacijo 0°.

Tudi pri variantah oblike B1 dobimo najnižje notranje temperature pri varianti brez zasteklitve, kar je razvidno iz preglednice 60. Pri dodajanju zasteklitve na južno fasado se notranje povprečne mesečne temperature povečujejo, in sicer pri 25 % zasteklitvi od aprila do oktobra, pri 50 % zasteklitvi od februarja do novembra in pri 100 % zasteklitvi v vseh mesecih. Letna povprečna notranja temperatura pri 100 % zasteklitvi znaša 22,16 °C, kar je za 1,87 °C več kot pri varianti brez zasteklitve. Pri variantah B1 in B1.25 se najvišja povprečna notranja temperatura pojavi v avgustu, pri variantah B1.50 in B1.100 pa v juliju.

Preglednica 60: Notranje povprečne temperature za variante oblike B1 pri orientaciji 0°

Notranje povprečne temperature (°C)	Januar	Februar	Marec	April	Maj	Junij	Julij	Avgust	September	Oktober	November	December	Letna povprečna
B1	20,00	20,00	20,00	20,01	20,09	20,26	21,32	21,66	20,09	20,01	20,00	20,00	20,29
B1.25	20,00	20,00	20,00	20,13	20,45	20,91	23,31	23,91	20,80	20,25	20,00	20,00	20,81
B1.50	20,00	20,01	20,07	20,51	21,20	22,02	24,72	24,63	22,00	20,95	20,02	20,00	21,34
B1.100	20,10	20,26	20,47	21,51	22,76	24,02	25,48	25,18	23,65	22,28	20,18	20,01	22,16

3.20.5 Variante oblike B2

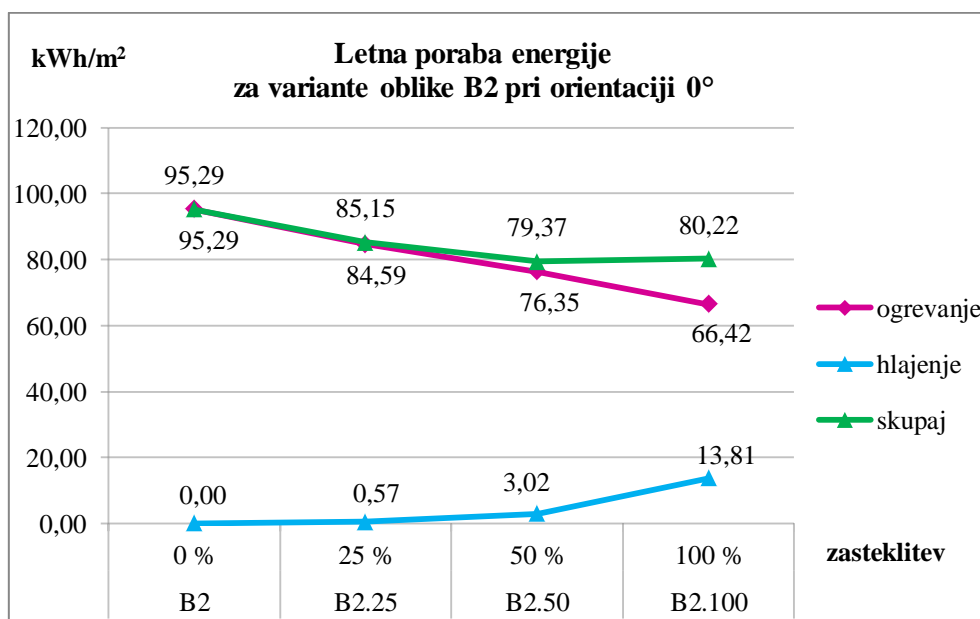


Slika 99: Variante oblike B2

Preglednica 61: Poraba energije ter pritoki in izgube energije za variante oblike B2 pri orientaciji 0°

	okna (m ²)	ENERGIJA (kWh/m ²)			PRITOKI (kWh/m ²)		IZGUBE (kWh/m ²)		
		ogrevanje	hlajenje	skupaj	prezračevanje	okna	prezračevanje	okna	transmisijske
B2	0,00	95,29	0,00	95,29	1,96	0,00	80,16	0,00	17,09
B2.25	17,68	84,59	0,57	85,15	0,88	20,52	82,13	4,43	18,87
B2.50	35,36	76,35	3,02	79,37	0,54	40,62	84,84	9,17	20,47
B2.100	70,71	66,42	13,81	80,22	0,48	79,39	90,03	19,45	23,00

Pri varianti B2 brez zasteklitve znaša poraba energije za ogrevanje 95,29 kWh/m² letno, za hlajenje pa energija ni potrebna. Pri 25 % zasteklitvi se poraba energije za ogrevanje zmanjša za 11,2 %, pojavi pa se potreba po energiji za hlajenje, in sicer 0,57 kWh/m² letno. Skupna poraba energije za ogrevanje se glede na varianto B2 zmanjša za 10,6 %. Pri 50 % zasteklitvi se poraba energije za ogrevanje glede na varianto B2.25 zmanjša še za 9,7 %, poraba energije za hlajenje pa se poveča za 430 % in znaša 3,07 kWh/m² letno. Pri 100 % zasteklitvi je poraba energije za ogrevanje najnižja med variantami oblike B2 in znaša 66,42 kWh/m², kar je za 30,3 % manj kot pri varianti brez zasteklitve.



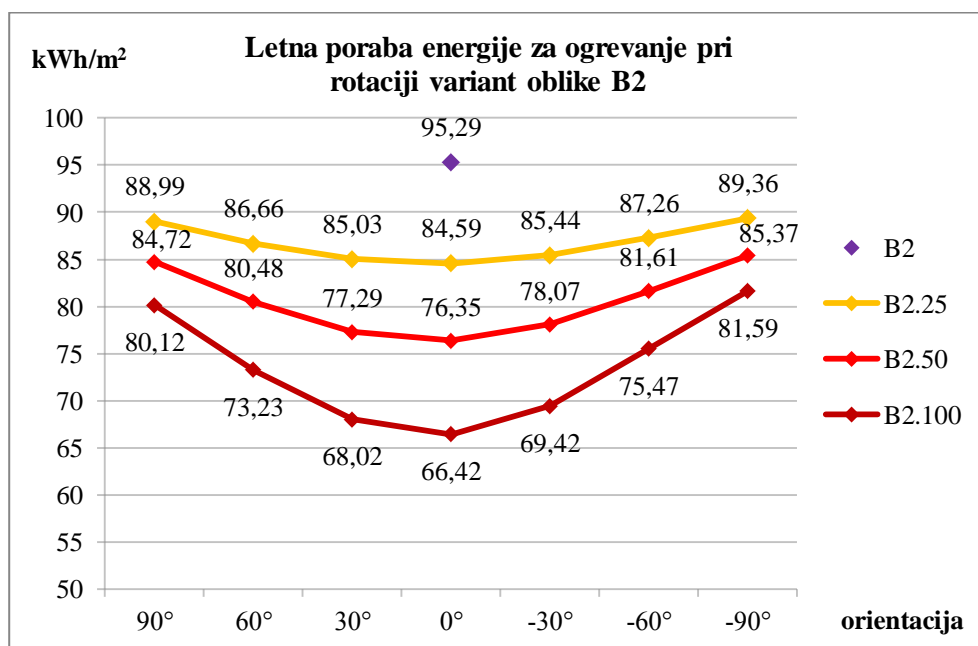
Slika 100: Letna poraba energije za variante oblike B2 pri orientaciji 0°

Na sliki 100 je grafično prikazana letna poraba energije za variante oblike B2 pri orientaciji 0°. Pri dodajanju oken na južno fasado se poraba energije za ogrevanje zmanjšuje, poraba energije za hlajenje pa se povečuje. Skupna letna poraba energije za ogrevanje in hlajenje se pri 25 % in pri 50 % zasteklitvi glede na varianto brez zasteklitve zmanjša, pri 100 % zasteklitvi pa se glede na 50 % zasteklitev rahlo poveča. Najnižjo skupno porabo energije za ogrevanje in hlajenje tako dobimo pri varianti s 50 % zasteklitvijo, in sicer 79,37 kWh/m² letno, zaradi česar je ta varianta najbolj ugodna.

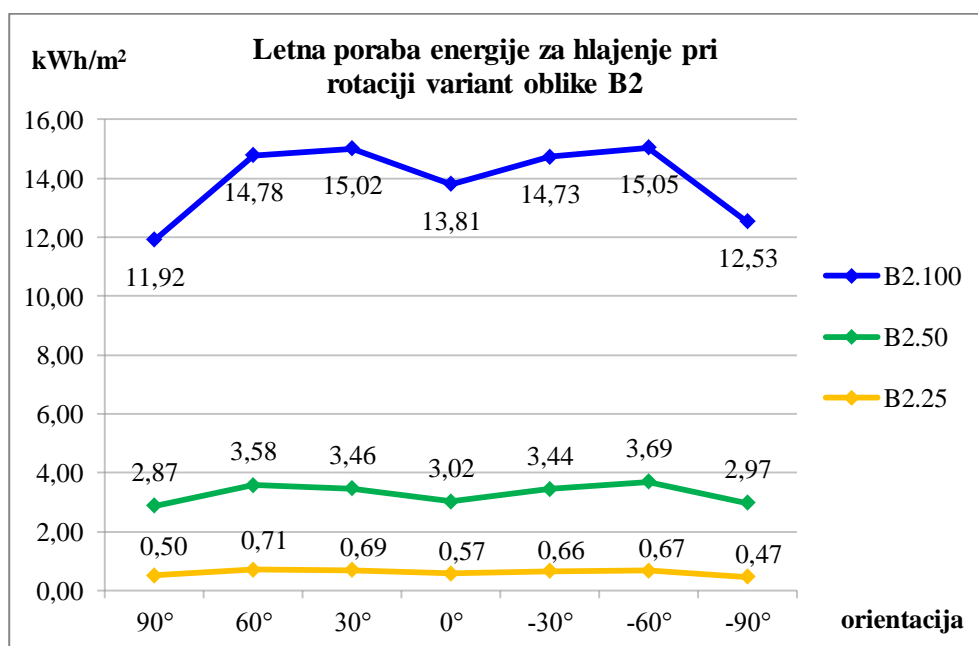
Tako kot pri variantah ostalih oblik, se tudi pri variantah oblike B2 prezračevalne in transmisijske izgube s povečevanjem površine zasteklitve na južni fasadi zvišujejo. Razlike so opazne predvsem od spomladi do jeseni. Pri 100 % zasteklitvi so prezračevalne izgube za 12,3 % večje kot pri varianti brez zasteklitve, transmisijske izgube pa za 34,6 %.

Poglejmo si še, kako je z rotacijo variant oblike B2. Iz slike 101 je razvidno, da se poraba energije za ogrevanje pri rotaciji proti vzhodu in zahodu povečuje pri vseh variantah z zasteklitvijo, vendar so pri

100 % zasteklitvi razlike najbolj opazne. Pri rotaciji proti vzhodu za -90° se poraba energije za ogrevanje pri 100 % zasteklitvi poveča za 22,8 %, pri 50 % zasteklitvi za 11,8 % in pri 25 % zasteklitvi za 5,6 %. Pri rotaciji za 90° proti zahodu je poraba energije za ogrevanje za približno 0,5 % do 2 % nižja kot pri rotaciji za -90° proti vzhodu. Najbolj ugodna varianta glede porabe energije za ogrevanje je tudi pri variantah oblike B2 varianta s 100 % zasteklitvijo in orientacijo 0° .

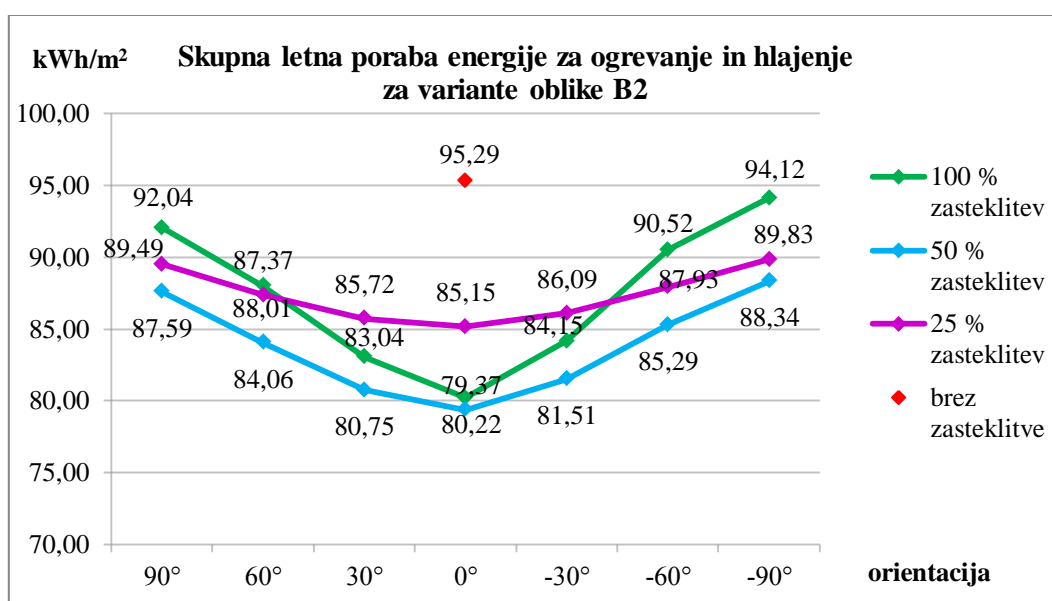


Slika 101: Letna poraba energije za ogrevanje pri rotaciji variant oblike B2



Slika 102: Letna poraba energije za hlajenje pri rotaciji variant oblike B2

Na sliki 102 je prikazana letna poraba energije za hlajenje pri rotaciji variant oblike B2. Pri 25 % zasteklitvi se pri rotaciji proti vzhodu in zahodu poraba energije za hlajenje povečuje do kota $\pm 60^\circ$, nato pa se zmanjša. Najnižjo porabo energije za hlajenje dobimo pri rotaciji za -90° proti vzhodu, najvišjo pa pri rotaciji za 60° proti zahodu. Pri 50 % zasteklitvi dobimo najnižjo porabo pri rotaciji za 90° proti zahodu, najvišjo pa pri rotaciji za -60° proti vzhodu. Pri 100 % zasteklitvi se poraba energije za hlajenje pri rotaciji proti vzhodu povečuje do kota -60° , pri rotaciji proti zahodu pa do kota 30° . Najvišjo porabo energije za hlajenje pri 100 % zasteklitvi dobimo pri rotaciji za -60° proti vzhodu, najnižjo pa pri rotaciji za 90° proti zahodu. Glede porabe energije za hlajenje med variantami oblike B2 z zasteklitvijo je najbolj ugodna varianta B2.25 pri rotaciji za -90° proti vzhodu.



Slika 103: Skupna letna poraba energije za ogrevanje in hlajenje za variante oblike B2

Iz slike 103 je razvidno, da najvišjo porabo energije dobimo pri varianti B2 brez zasteklitve, saj je le za ogrevanje potrebnih $95,29 \text{ kWh/m}^2$ energije letno. Najnižjo skupno porabo energije za ogrevanje in hlajenje med variantami oblike B2 dobimo pri varianti s 50 % zasteklitvijo in orientacijo 0° , in sicer $79,37 \text{ kWh/m}^2$ letno, zaradi česar je ta varianta najbolj ugodna. Pri varianti s 25 % zasteklitvijo je pri rotacijah do kota $\pm 30^\circ$ skupna poraba energije večja kot pri varianti s 100 % zasteklitvijo, pri večjih kotih pa je manjša. Med vsemi variantami z zasteklitvijo dobimo najvišjo skupno letno porabo energije za ogrevanje in hlajenje pri 100 % zasteklitvi pri rotaciji za -90° proti vzhodu, in sicer $94,12 \text{ kWh/m}^2$.

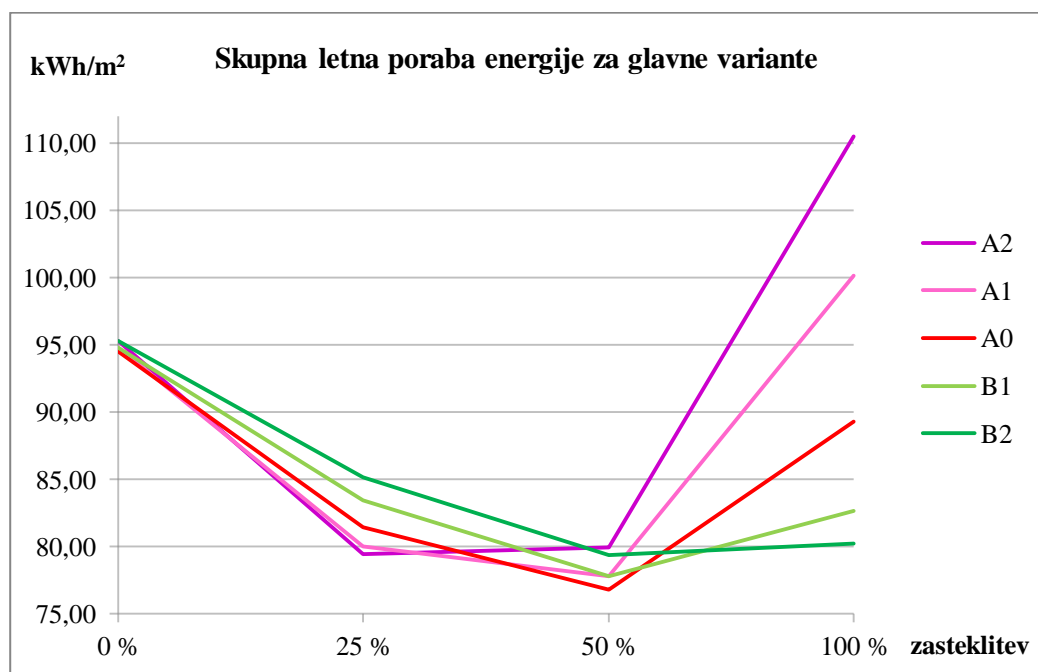
Pri povečevanju površine zasteklitve na južni fasadi se povečujejo tudi notranje povprečne temperature, kar je razvidno iz preglednice 62. Pri varianti s 25 % zasteklitvijo se notranje povprečne temperature glede na varianto brez zasteklitve povečajo od aprila do oktobra, pri 50 % zasteklitvi od februarja do novembra in pri 100 % zasteklitvi v vseh mesecih. Pri varianti B2.100 se najvišja notranja

povprečna temperatura pojavi v juliju, pri ostalih variantah pa v avgustu. Letna povprečna temperatura je pri varianti s 100 % zasteklitvijo najvišja med variantami oblike B2 in znaša 21,98 °C, kar je za 1,69 °C več kot pri varianti brez zasteklitve.

Preglednica 62: Notranje povprečne temperature za variante oblike B2 pri orientaciji 0°

Notranje povprečne temperature (°C)	Januar	Februar	Marec	April	Maj	Junij	Julij	Avgust	September	Oktober	November	December	Letna povprečna
B2	20,00	20,00	20,00	20,01	20,09	20,26	21,33	21,69	20,09	20,01	20,00	20,00	20,29
B2.25	20,00	20,00	20,00	20,10	20,38	20,79	23,07	23,76	20,65	20,19	20,00	20,00	20,75
B2.50	20,00	20,01	20,04	20,38	20,96	21,68	24,46	24,50	21,67	20,72	20,01	20,00	21,20
B2.100	20,05	20,18	20,34	21,24	22,38	23,64	25,37	25,08	23,34	22,02	20,12	20,01	21,98

V primerjavi rezultatov posameznih oblik variant je bilo torej ugotovljeno, da se pri vseh oblikah stavb poraba energije za ogrevanje zmanjšuje, ko povečujemo površino zasteklitve na južni fasadi, saj se zaradi solarnih pritokov skozi okna zmanjšuje potreba po dodatni energiji za ogrevanje, posledično pa se povečajo notranje temperature, kar pa vpliva na to, da se poveča potreba po energiji za hlajenje. Pri rotaciji stavb proti vzhodu in zahodu se poraba energije za ogrevanje povečuje v vsakem koraku, poraba energije za hlajenje pa se povečuje do nekega kota, nato pa se zmanjšuje. Do katerega kota se povečuje, je odvisno predvsem od površine zasteklitve. Pri manjših površinah zasteklitve se poraba energije za hlajenje povečuje do kota $\pm 60^\circ$, pri večjih pa le do kota $\pm 30^\circ$. Glede skupne porabe energije za ogrevanje in hlajenje se je kot najbolj ugodna izkazala južna orientacija zasteklitve.



Slika 104: Skupna letna poraba energije za glavne variante pri orientaciji 0°

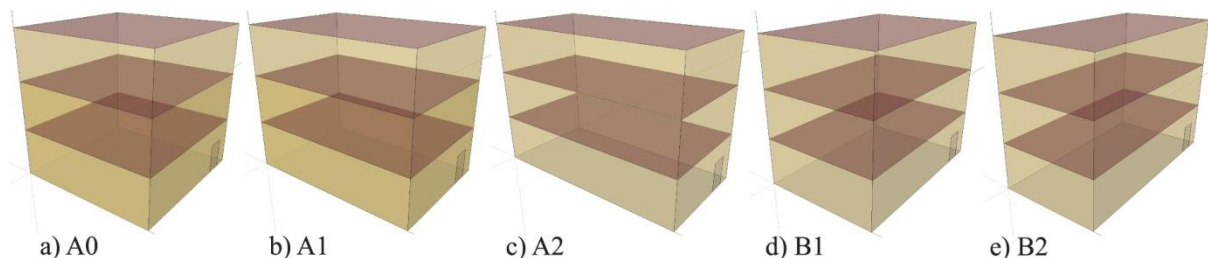
Iz slike 104 je razvidno, da med vsemi glavnimi variantami dobimo najnižjo skupno porabo energije pri varianti oblike A0 s 50 % zasteklitvijo, najvišjo pa pri varianti oblike A2 s 100 % zasteklitvijo. Pri varianti A2 s 100 % zasteklitvijo je zaradi velikih solarnih pritokov skozi okna poraba energije za ogrevanje najnižja, vendar je hkrati poraba energije za hlajenje tako visoka, da je skupna poraba energije za ogrevanje in hlajenje najvišja. Pri variantah oblik A0, A1, B1 in B2 dobimo najnižjo skupno porabo energije pri 50 % zasteklitvi, pri variantah oblike A2 pa pri 25 % zasteklitvi, saj je pri varianti A2 površina južne fasade največja, zato že pri manjšem odstotku zasteklitve v stavbo preide več energije sončnega sevanja kot pri ostalih oblikah. Pri oblikah A1 in A2 dobimo najvišjo porabo energije pri varianti s 100 % zasteklitvijo, pri oblikah A0, B1 in B2 pa pri varianti brez zasteklitve. Pri oblikah A1 in A2 so namreč pri 100 % zasteklitvi pritoki skozi okna tako veliki, da je kljub najmanjši porabi energije za ogrevanje skupna poraba energije najvišja, saj je poraba energije za hlajenje zelo visoka.

Med vsemi variantami dobimo najnižjo porabo energije za ogrevanje pri varianti A2.100, in sicer 59,57 kWh/m². Drugo najnižjo vrednost 59,76 kWh/m² dobimo pri varianti A1.100. Najvišjo porabo energije za ogrevanje dobimo pri varianti B2, in sicer 95,29 kWh/m². Poraba energije za hlajenje je med variantami z zasteklitvijo najnižja pri varianti B2.25.4 s 25 % zasteklitvijo in rotacijo za -90° proti vzhodu, najvišja pa pri varianti A2.100.5 s 100 % zasteklitvijo in rotacijo za 30° proti zahodu. Glede skupne letne porabe energije za ogrevanje in hlajenje se izkaže, da najnižjo vrednost dobimo pri varianti A0.50 s 50 % zasteklitvijo in orientacijo 0°, najvišjo pa pri varianti A2.100.3 s 100 % zasteklitvijo in rotacijo za -30° proti vzhodu. Med vsemi opisanimi variantami je torej najbolj ugodna varianta A0.50.

Notranje povprečne temperature so najnižje pri variantah brez zasteklitve, najvišje pa pri variantah s 100 % zasteklitvijo južne fasade. Posledično imamo pri variantah s 100 % zasteklitvijo najnižje porabe energije za ogrevanje in najvišje porabe energije za hlajenje.

V nadaljevanju predstavljam primerjavo med variantami z enakim razmerjem okno/stena in različnimi oblikami.

3.20.6 Variante brez zasteklitve



Slika 105: Variante brez zasteklitve

Preglednica 63: Poraba energije ter pritoki in izgube energije za variante brez zasteklitve

	A (m ²)	ENERGIJA (kWh/m ²)		PRITOKI (kWh/m ²)		IZGUBE (kWh/m ²)		
		ogrevanje	hlajenje	prezračevanje	okna	prezračevanje	okna	transmisijske
A0	600,00	94,50	0,00	1,97	0,00	80,13	0,00	16,35
A1	608,24	94,77	0,00	1,98	0,00	80,12	0,00	16,62
A2	624,26	95,28	0,00	1,99	0,00	80,13	0,00	17,14
B1	608,24	94,77	0,00	1,97	0,00	80,14	0,00	16,59
B2	624,26	95,29	0,00	1,96	0,00	80,16	0,00	17,09

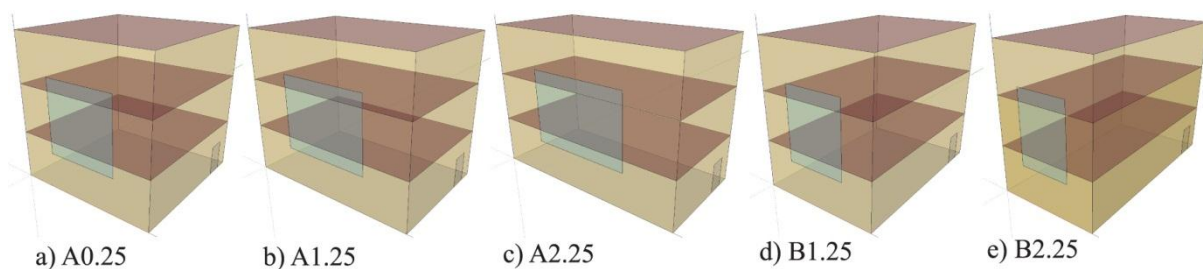
V preglednici 63 je prikazana poraba energije ter pritoki in izgube energije za variante brez zasteklitve. A predstavlja površino zunanega ovoja stavbe. Kot je bilo pričakovati, se poraba energije za ogrevanje povečuje, ko povečamo površino zunanega ovoja, saj se s tem povečajo transmisijske izgube. Najnižjo porabo energije za ogrevanje tako dobimo pri varianti A0, ki ima pri enaki prostornini najmanjšo površino zunanega ovoja oziroma ima najbolj kompaktno obliko. Najvišjo porabo energije za ogrevanje dobimo pri varianti B2, in sicer 95,29 kWh/m² letno, kar je za 0,79 kWh/m² več kot pri varianti A0. Pri variantah A1 in B1, ki imata enako površino zunanega ovoja, je poraba energije za ogrevanje enaka, čeprav prezračevalne izgube, transmisijske izgube in prezračevalni pritoki niso enaki. Pri varianti A1, ki je razširjena v smeri vzhod-zahod, se prezračevalni pritoki glede na varianto A0 povečajo za 0,01 kWh/m², pri varianti B1, ki je razširjena v smeri sever-jug, pa ne. Pri varianti A2 so prezračevalni pritoki največji, pri varianti B2 pa najmanjši, čeprav imata varianti enako obliko. Pri razširitvi v razmerju 1:2 v smeri vzhod-zahod se transmisijske izgube povečajo za 0,79 kWh/m², pri razširitvi v smeri sever-jug pa za 0,74 kWh/m². Prezračevalne izgube se pri razširitvi v razmerju 1:1,5 v smeri vzhod-zahod zmanjšajo za 0,01 kWh/m², v smeri sever-jug pa se povečajo za 0,01 kWh/m². Pri razširitvi v razmerju 1:2 v smeri vzhod-zahod prezračevalne izgube ostanejo enake kot pri varianti A0, pri razširitvi v smeri sever-jug pa se povečajo za 0,03 kWh/m². Potreba po energiji za hlajenje se ne pojavi pri nobeni od variant brez zasteklitve.

Preglednica 64: Notranje povprečne temperature za variante brez zasteklitve

Notranje povprečne temperature (°C)	Januar	Februar	Marec	April	Maj	Junij	Julij	Avgust	September	Oktober	November	December	Letna povprečna
A0	20,00	20,00	20,00	20,01	20,09	20,26	21,30	21,63	20,09	20,01	20,00	20,00	20,28
A1	20,00	20,00	20,00	20,01	20,09	20,25	21,30	21,62	20,09	20,01	20,00	20,00	20,28
A2	20,00	20,00	20,00	20,01	20,09	20,25	21,29	21,63	20,09	20,01	20,00	20,00	20,28
B1	20,00	20,00	20,00	20,01	20,09	20,26	21,32	21,66	20,09	20,01	20,00	20,00	20,29
B2	20,00	20,00	20,00	20,01	20,09	20,26	21,33	21,69	20,09	20,01	20,00	20,00	20,29

V preglednici 64 so prikazane notranje povprečne temperature za variante brez zasteklitve. Od septembra do maja so notranje povprečne temperature pri vseh variantah enake, spremenijo se le junija, julija in avgusta. Pri vseh variantah se najvišja povprečna notranja temperatura pojavi v avgustu.

3.20.7 Variante s 25 % zasteklitvijo

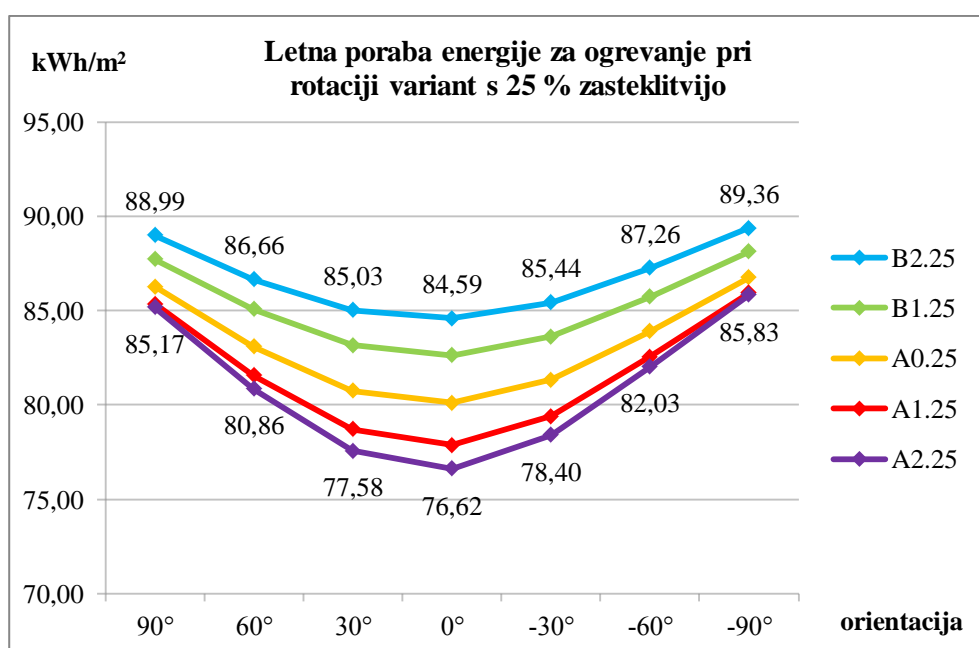
*Slika 106: Variante s 25 % zasteklitvijo**Preglednica 65: Poraba energije ter pritoki in izgube energije za variante s 25 % zasteklitvijo*

	A (m ²)	S _z (m ²)	ENERGIJA (kWh/m ²)		PRITOKI (kWh/m ²)		IZGUBE (kWh/m ²)		
			ogrevanje	hlajenje	prezračevanje	okna	prezračevanje	okna	transmisijske
A0.25	575,00	25,00	80,10	1,35	0,69	28,88	83,17	6,37	18,78
A1.25	577,61	30,62	77,88	2,11	0,60	35,25	84,01	7,86	19,75
A2.25	588,90	35,36	76,62	2,85	0,55	40,62	84,70	9,11	21,13
B1.25	587,83	20,41	82,64	0,83	0,80	23,65	82,50	5,15	18,62
B2.25	606,58	17,68	84,59	0,57	0,88	20,52	82,13	4,43	18,87

V preglednici 65 predstavlja A površino zunanje ovojne stavbe brez zasteklitve, S_z pa površino zasteklitve. Izkaže se, da večja kot je površina zasteklitve, nižja je poraba energije za ogrevanje. Najnižjo porabo energije za ogrevanje med variantami s 25 % zasteklitvijo dobimo tako pri varianti A2.25, ki ima največjo površino zasteklitve. Pri varianti B2.25 je poraba energije za ogrevanje najvišja, saj je površina zasteklitve najmanjša. Nasprotno je s porabo energije za hlajenje, ki je večja pri variantah z večjo površino zasteklitve. Najvišjo porabo energije za hlajenje tako dobimo pri varianti A2.25, pri kateri je poraba energije za ogrevanje najnižja. Pri varianti A2.25 je poraba energije za

ogrevanje za $3,48 \text{ kWh/m}^2$ nižja kot pri varianti A0.25, poraba energije za hlajenje pa je za $1,5 \text{ kWh/m}^2$ višja.

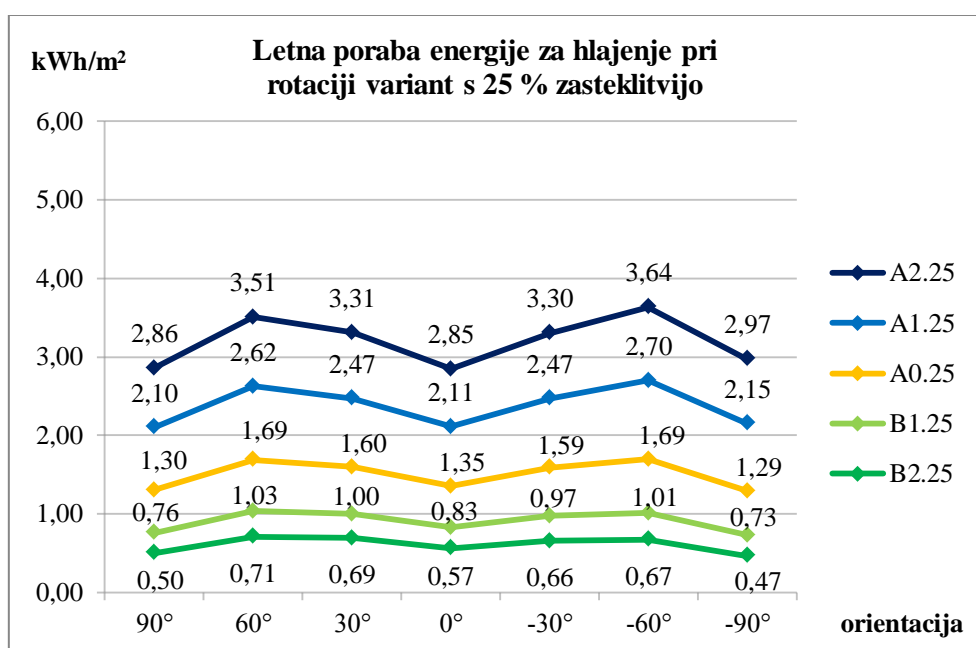
Transmisijske izgube se pri razširitvi v smeri vzhod-zahod povečujejo, v smeri sever-jug pa ne, kar ni logično, saj se površina zunanlega ovoja stavbe v obeh primerih poveča. Transmisijske izgube torej niso odvisne le od površine zunanlega ovoja. Največjo površino zunanlega ovoja ima varianta B2.25, in sicer $606,58 \text{ m}^2$. Transmisijske izgube pri varianti B2.25 znašajo $18,87 \text{ kWh/m}^2$ in so za $0,09 \text{ kWh/m}^2$ manjše kot pri varianti A0.25, pri kateri je površina zunanlega ovoja najmanjša in znaša 575 m^2 . Pri variantah A1.25, A2.25 in B2.25 se transmisijske izgube glede na varianto A0.25 povečajo, pri varianti B1.25 pa se zmanjšajo.



Slika 107: Letna poraba energije za ogrevanje pri rotaciji variant s 25 % zasteklitvijo

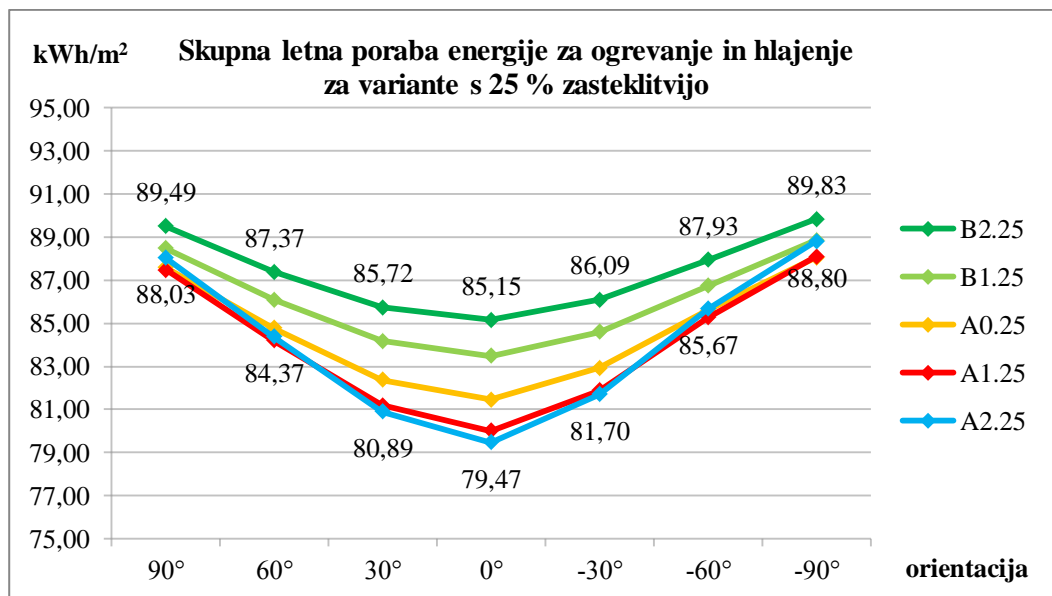
Na sliki 107 je prikazana letna poraba energije za ogrevanje pri rotaciji variant s 25 % zasteklitvijo. Zaradi večje preglednosti so vrednosti podane le za varianti B2.25 in A2.25. Pri vseh variantah s 25 % zasteklitvijo se poraba energije za ogrevanje pri rotaciji proti vzhodu in zahodu povečuje. Najbolj se poraba energije povečuje pri varianti A2.25, ki ima največjo površino zasteklitve, najmanj pa pri varianti B2.25 z najmanjšo površino zasteklitve. Pri rotaciji proti vzhodu za -90° se poraba energije za ogrevanje pri varianti A2.25 poveča za 12 %, pri varianti B2.25 pa za 5,6 %. Najnižjo porabo energije za ogrevanje med variantami s 25 % zasteklitvijo dobimo pri varianti A2.25 pri orientaciji 0° , najvišjo pa pri varianti B2.25 pri rotaciji za -90° proti vzhodu. Glede porabe energije za ogrevanje je torej najbolj ugodna varianta A2.25. Pri variantah A1.25 in A2.25 je poraba energije za ogrevanje pri rotaciji za $\pm 90^\circ$ proti vzhodu in zahodu približno enaka.

Poraba energije za hlajenje se pri vseh variantah s 25 % zasteklitvijo pri rotaciji proti vzhodu in zahodu povečuje do kota $\pm 60^\circ$, nato pa se zmanjša, razlike pa so večje pri variantah z večjo površino zasteklitve. Iz slike 108 je razvidno, da se pri variantah B1.25 in B2.25 najvišja poraba energije za hlajenje pojavi pri rotaciji za 60° proti zahodu, pri variantah A1.25 in A2.25 pa pri rotaciji za -60° proti vzhodu. Pri varianti A0.25 dobimo pri rotaciji za -60° proti vzhodu enako vrednost kot pri rotaciji za 60° proti zahodu. Najnižja poraba energije za hlajenje se pri variantah A0.25, B1.25 in B2.25 pojavi pri rotaciji za -90° proti vzhodu, pri varianti A1.25 pri rotaciji za 90° proti zahodu in pri varianti A2.25 pri orientaciji 0° . Glede porabe energije za hlajenje je med variantami s 25 % zasteklitvijo najbolj ugodna varianta B2.25 pri rotaciji za -90° proti vzhodu.



Slika 108: Letna poraba energije za hlajenje pri rotaciji variant s 25 % zasteklitvijo

Glede skupne porabe energije za ogrevanje in hlajenje pri variantah s 25 % zasteklitvijo se izkaže, da najnižjo vrednost dobimo pri varianti A2.25 z največjo površino zasteklitve, najvišjo pa pri varianti B2.25 z najmanjšo površino zasteklitve, kar je razvidno iz slike 109. Na skupno porabo energije ima torej pri 25 % zasteklitvi večji vpliv poraba energije za ogrevanje, saj je ta pri vseh variantah mnogo večja od porabe energije za hlajenje. Pri rotaciji variant s 25 % zasteklitvijo proti vzhodu in zahodu se skupna poraba energije za ogrevanje in hlajenje povečuje, najbolj pa so razlike opazne pri varianti A2.25 z največjo površino zasteklitve. Pri rotaciji variante A2.25 proti vzhodu in zahodu za več kot $\pm 30^\circ$ je skupna poraba energije večja kot pri rotaciji variant A0.25 in A1.25. Najvišjo skupno porabo energije med variantami s 25 % zasteklitvijo dobimo pri varianti B2.25 pri rotaciji za -90° proti vzhodu, najnižjo pa pri varianti A2.25 pri orientaciji 0° . Med variantami s 25 % zasteklitvijo je torej najbolj ugodna varianta A2.25.



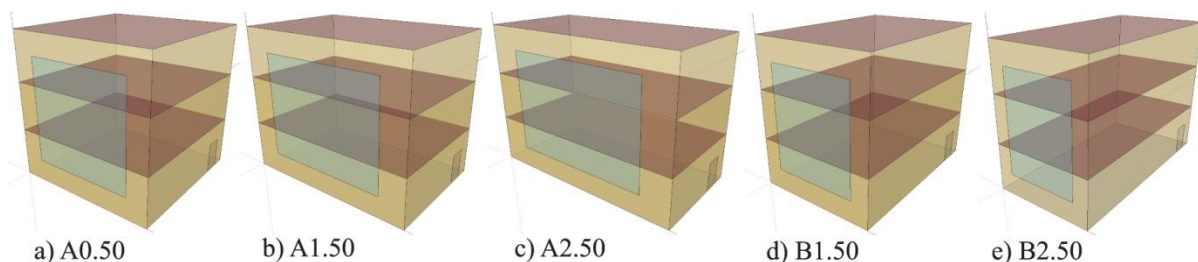
Slika 109: Skupna letna poraba energije za variante s 25 % zasteklitvijo

V preglednici 66 so prikazane notranje povprečne temperature za variante s 25 % zasteklitvijo pri orientaciji 0°. Najvišjo letno povprečno temperaturo dobimo pri varianti A2.25 z največjo površino zasteklitve, najnižjo pa pri varianti B2.25. Pri varianti A2.25 znaša letna povprečna temperatura 21,18 °C, kar je za 0,43 °C več kot pri varianti B2.25. Pri vseh variantah s 25 % zasteklitvijo se najvišja notranja povprečna temperatura pojavi v avgustu.

Preglednica 66: Notranje povprečne temperature za variante s 25 % zasteklitvijo

Notranje povprečne temperature (°C)	Januar	Februar	Marec	April	Maj	Junij	Julij	Avgust	September	Oktober	November	December	Letna povprečna
A0.25	20,00	20,00	20,00	20,19	20,58	21,11	23,71	24,13	21,06	20,38	20,00	20,00	20,93
A1.25	20,00	20,00	20,02	20,28	20,76	21,39	24,12	24,34	21,39	20,54	20,01	20,00	21,07
A2.25	20,00	20,01	20,03	20,36	20,92	21,62	24,39	24,47	21,64	20,70	20,01	20,00	21,18
B1.25	20,00	20,00	20,00	20,13	20,45	20,91	23,31	23,91	20,80	20,25	20,00	20,00	20,81
B2.25	20,00	20,00	20,00	20,10	20,38	20,79	23,07	23,76	20,65	20,19	20,00	20,00	20,75

3.20.8 Variante s 50 % zasteklitvijo



Slika 110: Variante s 50 % zasteklitvijo

Preglednica 67: Poraba energije ter pritoki in izgube energije za variante s 50 % zasteklitvijo

	A (m ²)	S _z (m ²)	ENERGIJA (kWh/m ²)		PRITOKI (kWh/m ²)		IZGUBE (kWh/m ²)		
			ogrevanje	hlajenje	prezračevanje	okna	prezračevanje	okna	transmisijske
A0.50	550,00	50,00	70,43	6,35	0,48	56,91	87,27	13,35	20,85
A1.50	547,00	61,24	67,88	9,93	0,48	69,31	88,84	16,61	22,29
A2.50	553,55	70,71	66,62	13,33	0,48	79,75	89,90	19,31	24,32
B1.50	567,42	40,82	73,73	4,09	0,50	46,73	85,76	10,71	20,40
B2.50	588,90	35,36	76,35	3,02	0,54	40,62	84,84	9,17	20,47

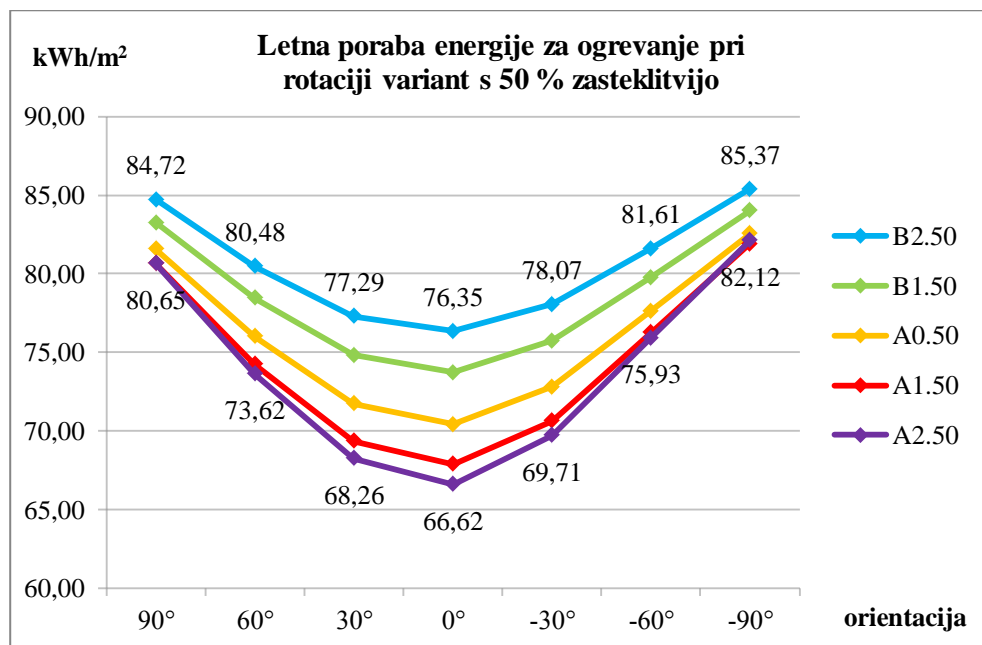
Iz preglednice 67 je razvidno, da je poraba energije za ogrevanje najnižja pri varianti A2.50, pri kateri je površina zasteklitve največja, najvišja pa pri varianti B2.50 z najmanjšo površino zasteklitve. Pri porabi energije za hlajenje je ravno nasprotno. Pri varianti A2.50, ki ima za 41,4 % večjo površino zasteklitve kot varianta A0.50, je poraba energije za ogrevanje za 5,4 % nižja, poraba energije za hlajenje pa za 109 % višja.

Prezračevalne izgube so najvišje pri varianti A2.50, najnižje pa pri varianti B2.50. Prezračevalni pritoki so pri variantah A0.50, A1.50 in A2.50 enaki 0,48 kWh/m², pri varianti B1.50 0,50 kWh/m² in pri varianti B2.50 0,54 kWh/m².

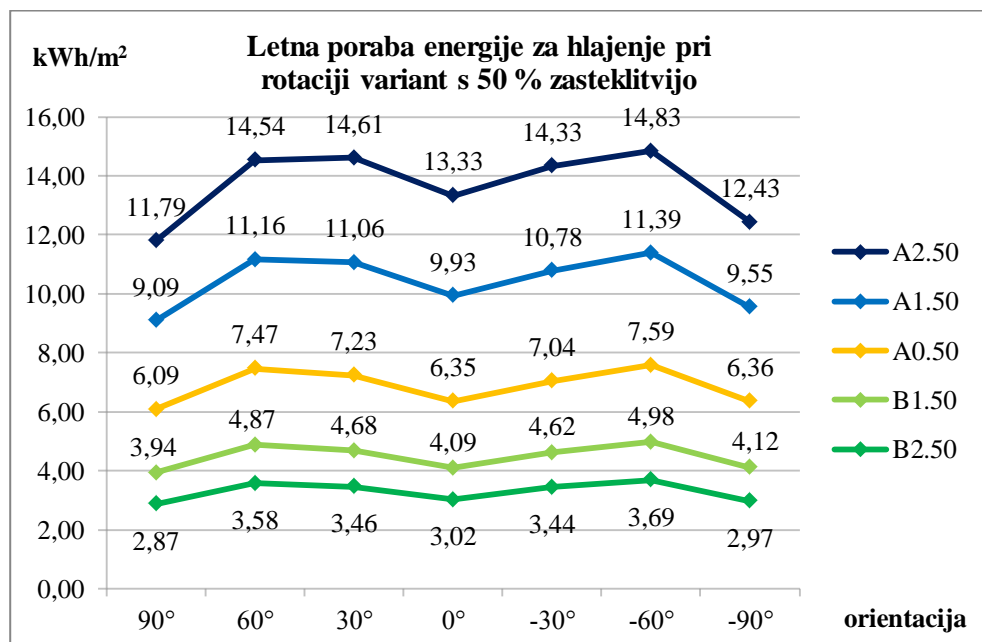
Transmisijske izgube so najnižje pri varianti B1.50, najvišje pa pri varianti A2.50. Varianta A2.50 ima največjo površino zasteklitve, nima pa največje površine zunanjega ovoja. Transmisijske izgube so torej odvisne tudi od površine zasteklitve, saj je pri večji površini zasteklitve v stavbi več energije in posledično se je skozi zunanji ovoj tudi več izgubi.

Na sliki 111 je prikazana letna poraba energije za ogrevanje in hlajenje pri rotaciji variant s 50 % zasteklitvijo. Podobno kot pri variantah s 25 % zasteklitvijo, se tudi pri rotaciji variant s 50 % zasteklitvijo poraba energije za ogrevanje pri rotaciji proti vzhodu in zahodu povečuje. Najbolj so razlike opazne pri varianti A2.50 z največjo površino zasteklitve. Pri rotaciji variante A2.50 za -90° proti vzhodu se poraba energije za ogrevanje poveča za 23,3 % glede na orientacijo 0°. Med variantami s 50 % zasteklitvijo dobimo najnižjo porabo energije za ogrevanje pri varianti A2.50 pri orientaciji 0°, najvišjo pa pri varianti B2.50 pri rotaciji za -90° proti vzhodu. Pri variantah A1.50 in

A2.50 je pri rotaciji za $\pm 90^\circ$ proti vzhodu in zahodu poraba energije za ogrevanje približno enaka. Najbolj ugodna varianta glede porabe energije za ogrevanje med variantami s 50 % zasteklitvijo je torej varianta A2.50 pri orientaciji 0° .



Slika 111: Letna poraba energije za ogrevanje pri rotaciji variant s 50 % zasteklitvijo

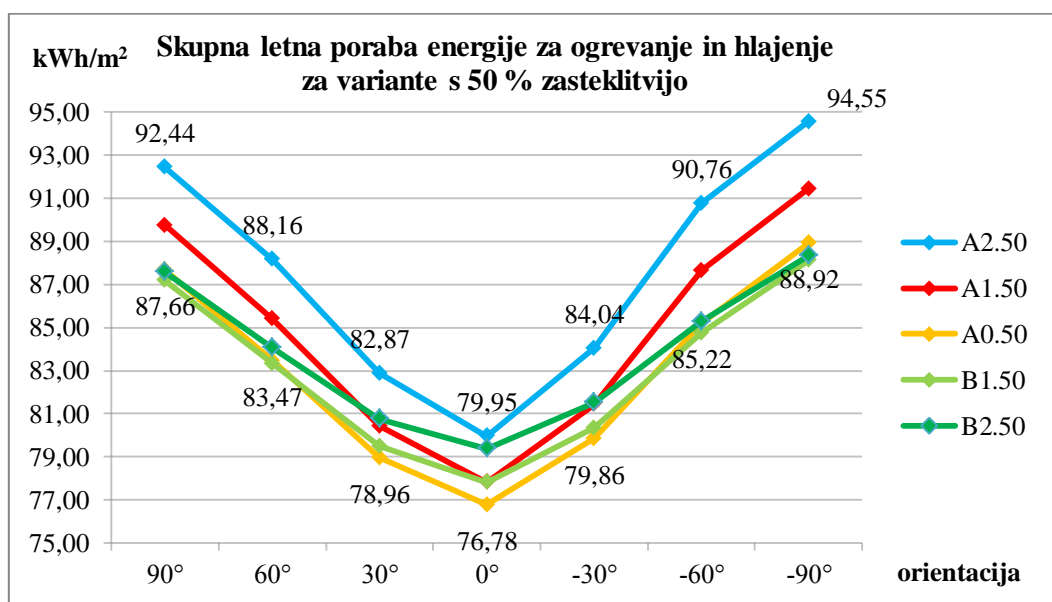


Slika 112: Letna poraba energije za hlajenje pri rotaciji variant s 50 % zasteklitvijo

Iz slike 112 je razvidno, da se poraba energije za hlajenje se pri rotaciji vseh variant s 50 % zasteklitvijo povečuje do nekega kota, nato pa se zmanjša. Pri varianti A2.50 se poraba energije za hlajenje pri rotaciji proti vzhodu povečuje do kota -60° , pri rotaciji proti zahodu pa do kota 30° . Pri

ostalnih variantah se poraba energije za hlajenje povečuje do kota $\pm 60^\circ$. Pri vseh variantah s 50 % zasteklitvijo dobimo najvišjo porabo energije za hlajenje pri rotaciji za -60° proti vzhodu, najnižjo pa pri rotaciji za 90° proti zahodu.

Pri variantah s 50 % zasteklitvijo dobimo glede skupne porabe energije za ogrevanje in hlajenje drugačne rezultate kot pri variantah s 25 % zasteklitvijo, kar je razvidno iz slike 113. Najvišjo skupno porabo energije med variantami s 50 % zasteklitvijo dobimo pri varianti A2.50 pri rotaciji za -90° proti vzhodu, najnižjo pa pri varianti A0.50 pri orientaciji 0° . Pri variantah A1.50 in B1.50 dobimo pri orientaciji 0° skoraj enake vrednosti skupne porabe energije. Pri rotaciji variant s 50 % zasteklitvijo proti vzhodu in zahodu se skupna poraba energije najbolj povečuje pri varianti A2.50 z največjo površino zasteklitve, najmanj pa pri varianti B2.50 z najmanjšo površino zasteklitve. Pri variantah s 50 % zasteklitvijo torej ne velja, da večja kot je površina zasteklitve, manjša je skupna poraba energije za ogrevanje in hlajenje, kot je to veljalo pri variantah s 25 % zasteklitvijo. Med variantami s 50 % zasteklitvijo je torej glede skupne porabe energije za ogrevanje in hlajenje najbolj ugodna varianta A0.50 pri orientaciji 0° .



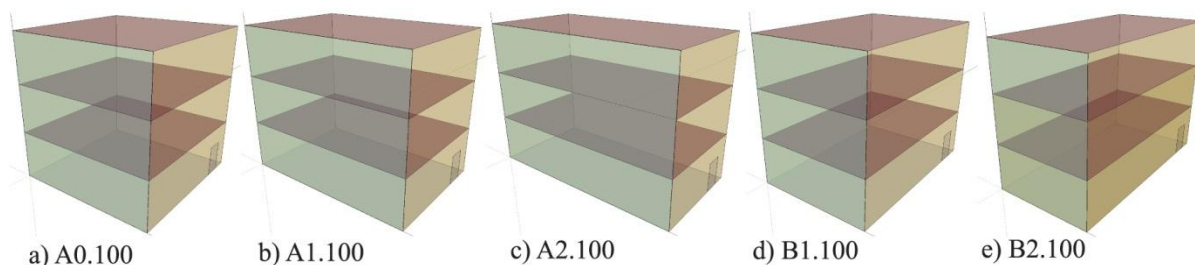
Slika 113: Skupna letna poraba energije za variante s 50 % zasteklitvijo

V preglednici 68 so prikazane notranje povprečne temperature za variante s 50 % zasteklitvijo. Najvišjo letno povprečno temperaturo dobimo pri varianti A2.50, in sicer $21,96^\circ\text{C}$. Pri varianti B2.50 je letna povprečna temperatura najmanjša in znaša $21,20^\circ\text{C}$, kar je za $0,76^\circ\text{C}$ manj kot pri varianti A2.50. Rezultati so smiselni, saj ima varianta A2.50 največjo površino zasteklitve, varianta B2.50 pa najmanjšo, zato so pri varianti B2.50 solarni pritoki skozi okna najmanjši in posledično so tudi notranje povprečne temperature najnižje. Pri varianti B2.50 se najvišja notranja povprečna temperatura pojavi v avgustu, pri ostalih variantah pa v juliju.

Preglednica 68: Notranje povprečne temperature za variante s 50 % zasteklitvijo

Notranje povprečne temperature (°C)	Januar	Februar	Marec	April	Maj	Junij	Julij	Av gust	September	Oktober	November	December	Letna povprečna
A0.50	20,01	20,05	20,13	20,73	21,60	22,61	25,02	24,81	22,52	21,35	20,05	20,00	21,57
A1.50	20,03	20,11	20,23	21,00	22,02	23,21	25,24	24,97	23,03	21,76	20,08	20,00	21,81
A2.50	20,05	20,17	20,33	21,22	22,33	23,58	25,35	25,06	23,32	22,01	20,12	20,01	21,96
B1.50	20,00	20,01	20,07	20,51	21,20	22,02	24,72	24,63	22,00	20,95	20,02	20,00	21,34
B2.50	20,00	20,01	20,04	20,38	20,96	21,68	24,46	24,50	21,67	20,72	20,01	20,00	21,20

3.20.9 Variante s 100 % zasteklitvijo



Slika 114: Variante s 100 % zasteklitvijo

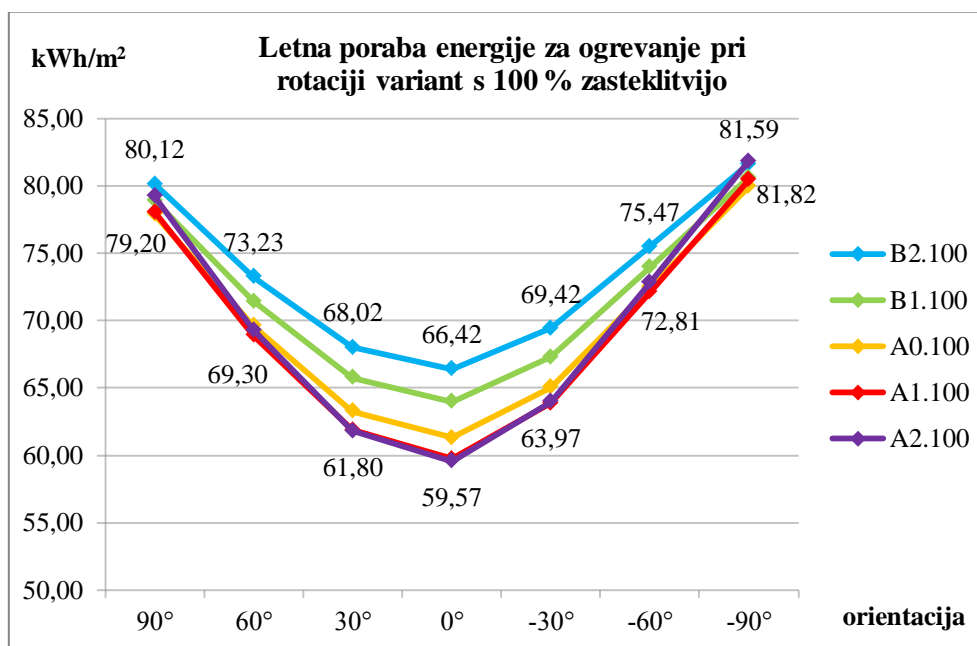
Preglednica 69: Poraba energije ter pritoki in izgube energije za variante s 100 % zasteklitvijo

	A (m ²)	S _z (m ²)	ENERGIJA (kWh/m ²)		PRITOKI (kWh/m ²)		IZGUBE (kWh/m ²)		
			ogrevanje	hlajenje	prezračevanje	okna	prezračevanje	okna	transmisijske
A0.100	500,00	100,00	61,32	27,99	0,48	110,96	92,80	28,47	23,49
A1.100	485,77	122,47	59,76	40,36	0,48	135,02	94,12	35,39	25,39
A2.100	482,84	141,42	59,57	50,95	0,48	155,27	94,89	41,08	28,40
B1.100	526,59	81,65	64,00	18,67	0,48	91,23	91,23	22,79	23,01
B2.100	553,55	70,71	66,42	13,81	0,48	79,39	90,03	19,45	23,00

Najmanjšo porabo energije za ogrevanje med variantami s 100 % zasteklitvijo dobimo pri varianti A2.100, in sicer 59,57 kWh/m². Največjo porabo energije za ogrevanje dobimo pri varianti B2.100, pri kateri je površina zasteklitve najmanjša. Pri porabi energije za hlajenje so rezultati ravno nasprotni, saj najmanjšo porabo dobimo pri varianti B2.100, največjo pa pri varianti A2.100. Pri varianti B2.100 je razlika med porabo energije za ogrevanje in porabo energije za hlajenje 52,61 kWh/m², pri varianti A2.100 pa le 8,62 kWh/m².

Tudi prezračevalne in transmisijske izgube so največje pri varianti A2.100 in najmanjše pri varianti B2.100. Največje transmisijske izgube torej dobimo pri varianti z najmanjšo površino zunanjega ovoja in največjo površino zasteklitve, najmanjše transmisijske izgube pa pri varianti z največjo površino zunanjega ovoja in najmanjšo površino zasteklitve. Rezultati so smiselni, saj pri večji površini

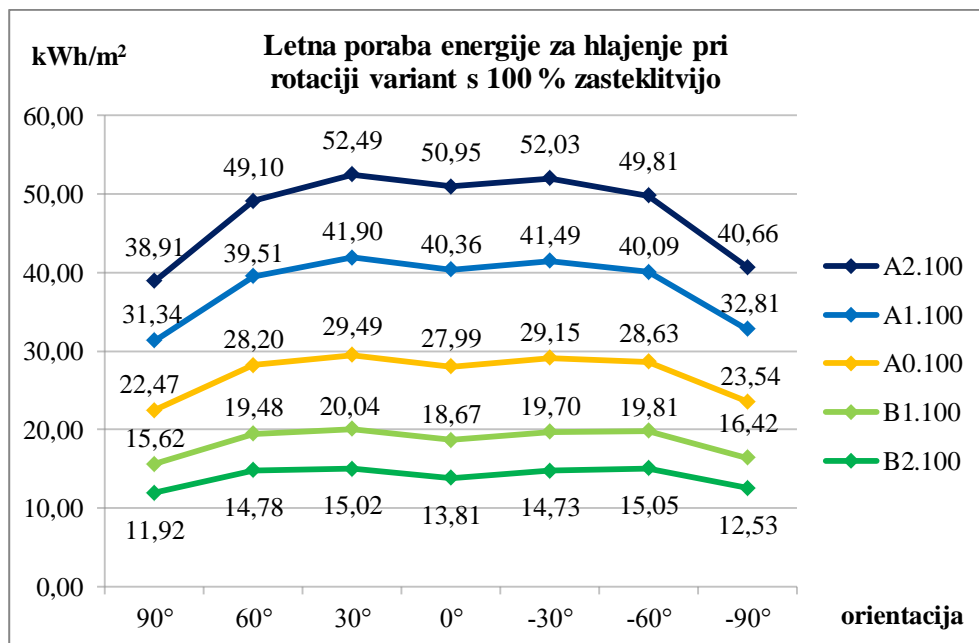
zasteklitve v stavbo prehaja več energije sončnega sevanja in posledično se je tudi več izgubi. Prezračevalni pritoki so pri vseh variantah s 100 % zasteklitvijo enaki 0,48 kWh/m².



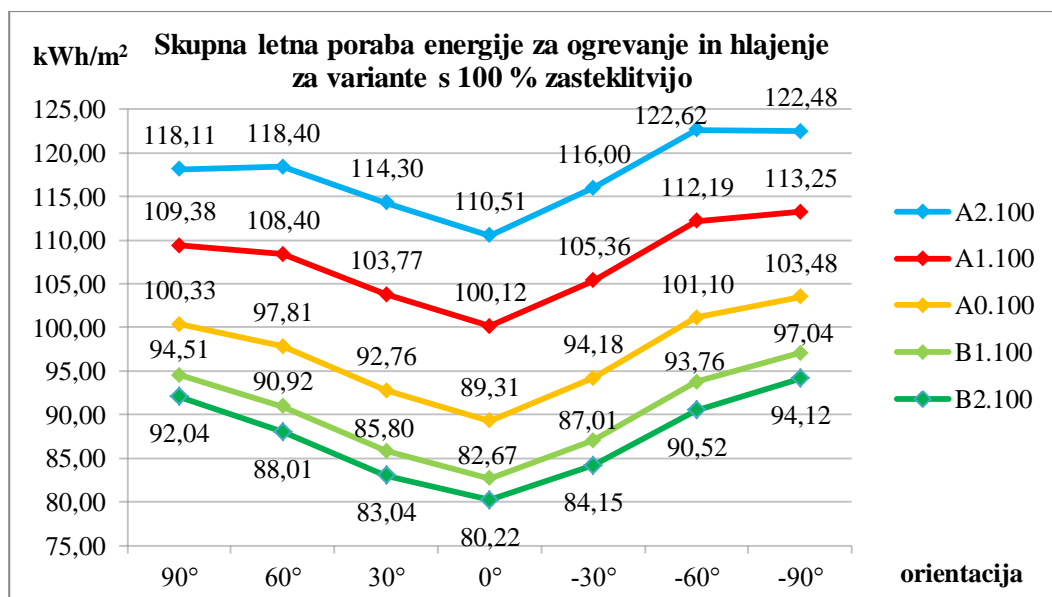
Slika 115: Letna poraba energije za ogrevanje pri rotaciji variant s 100 % zasteklitvijo

Na sliki 115 je prikazana letna poraba energije za ogrevanje pri rotaciji variant s 100 % zasteklitvijo. Najbolj so razlike opazne pri rotaciji variante A2.100 z največjo površino zasteklitve, saj se pri rotaciji za -90° proti vzhodu glede na orientacijo 0° poraba energije za ogrevanje poveča za kar 22,25 kWh/m² oziroma za 37,4 %. Izkaže se, da dobimo pri orientaciji 0° pri varianti A1.100 večjo porabo energije za ogrevanje kot pri varianti A2.100, pri rotaciji za vsaj ±30° pa je poraba za ogrevanje večja pri varianti A2.100. Pri rotaciji za ±90° proti vzhodu in zahodu se poraba energije za ogrevanje pri varianti A2.100 z največjo površino zasteklitve približa vrednostim za varianto B2.100 z najmanjšo površino zasteklitve. Med variantami s 100 % zasteklitvijo dobimo torej najnižjo porabo energije za ogrevanje pri varianti A2.100 pri orientaciji 0°, najvišjo pa pri rotaciji variante A2.100 za -90° proti vzhodu. Najbolj ugodna je torej varianta A2.100 pri orientaciji 0°.

Tudi pri variantah s 100 % zasteklitvijo se poraba energije za hlajenje pri rotaciji proti vzhodu in zahodu povečuje do določenega kota, nato pa se zmanjša, kot je razvidno iz slike 116. Pri variantah B1.100 in B2.100 se pri rotaciji proti vzhodu poraba energije za hlajenje povečuje do kota -60°, pri rotaciji proti zahodu pa do kota 30°. Pri ostalih variantah se poraba energije za hlajenje pri rotaciji v obe smeri povečuje do kota ±30°. Najmanjšo porabo energije za hlajenje dobimo pri vseh variantah s 100 % zasteklitvijo pri rotaciji za 90° proti zahodu, najvišjo pa pri rotaciji za 30° proti zahodu. Najbolj ugodna varianta glede porabe energije za ogrevanje med variantami s 100 % zasteklitvijo je varianta B2.100 pri rotaciji za 90° proti zahodu.



Slika 116: Letna poraba energije za hlajenje pri rotaciji variant s 100 % zasteklitvijo



Slika 117: Skupna letna poraba energije za ogrevanje in hlajenje za variante s 100 % zasteklitvijo

Pri primerjavi skupne letne porabe energije za ogrevanje in hlajenje za variante s 100 % zasteklitvijo opazimo, da največje vrednosti dobimo pri varianti A2.100 z največjo površino zasteklitve, najmanjše pa pri varianti B2.100 z najmanjšo površino zasteklitve. Iz slike 117 je razvidno, da se pri rotaciji proti vzhodu in zahodu skupna letna poraba energije pri vseh variantah povečuje do kota $\pm 90^\circ$, razen pri varianti A2.100, pri kateri se povečuje do kota $\pm 60^\circ$, nato pa se rahlo zmanjša. Pri variantah s 100 % zasteklitvijo ima na skupno letno porabo energije velik vpliv poraba energije za hlajenje, še posebej pri variantah z večjo površino zasteklitve. Iz preglednice 69 je razvidno, da se pri porabi energije za ogrevanje vrednosti gibljejo med $59,57 \text{ kWh/m}^2$ in $66,42 \text{ kWh/m}^2$, pri porabi energije za hlajenje pa so

razlike večje, in sicer od 13,81 kWh/m² do kar 50,95 kWh/m². Pri variantah s 100 % zasteklitvijo torej velja, da večja kot je površina zasteklitve, večja je skupna letna poraba energije za ogrevanje in hlajenje, tako da je v tem primeru najbolj ugodna varianta B2.100 pri orientaciji 0°.

Preglednica 70: Notranje povprečne temperature za variante s 100 % zasteklitvijo

Notranje povprečne temperature (°C)	Januar	Februar	Marec	April	Maj	Junij	Julij	Avgust	September	Oktober	November	December	Letna povprečna
A0.100	20,18	20,42	20,66	21,87	23,27	24,47	25,60	25,30	24,01	22,62	20,27	20,03	22,39
A1.100	20,28	20,58	20,87	22,18	23,67	24,77	25,68	25,39	24,28	22,88	20,36	20,06	22,58
A2.100	20,35	20,69	21,03	22,37	23,87	24,92	25,72	25,44	24,41	23,02	20,43	20,09	22,70
B1.100	20,10	20,26	20,47	21,51	22,76	24,02	25,48	25,18	23,65	22,28	20,18	20,01	22,16
B2.100	20,05	20,18	20,34	21,24	22,38	23,64	25,37	25,08	23,34	22,02	20,12	20,01	21,98

Pri vseh variantah s 100 % zasteklitvijo so notranje povprečne temperature v vseh mesecih večje od 20 °C, kar je razvidno iz preglednice 70. Pritoki skozi okna so torej v vseh mesecih dovolj veliki, da vplivajo na povprečne notranje temperature. Najvišjo letno povprečno notranjo temperaturo dobimo pri varianti A2.100 z največjo površino zasteklitve, najmanjšo pa pri varianti B2.100 z najmanjšo površino zasteklitve. Posledično je pri varianti A2.100 poraba energije za ogrevanje najmanjša, poraba energije za hlajenje pa najvišja. Najvišja notranja povprečna temperatura se pri vseh variantah s 100 % zasteklitvijo pojavi v juliju in je večja od 25 °C.

Pri primerjavi rezultatov za variante z različnim odstotkom zasteklitve se izkaže, da na porabo energije za ogrevanje in hlajenje najbolj vpliva površina zasteklitve. Že res, da je poraba energije za hlajenje odvisna tudi od transmisijskih izgub oziroma od površine zunanjega ovoja, kar se je izkazalo pri variantah brez zasteklitve, vendar ima površina zasteklitve na porabo energije bistveno večji vpliv, kot pa površina zunanjega ovoja. Pri vseh različnih odstotkih zasteklitve je poraba energije za ogrevanje manjša pri večji površini zasteklitve, poraba energije za hlajenje pa je večja. Glede skupne porabe energije pa temu ni ravno tako. Pri 25 % zasteklitvi smo dobili manjšo skupno porabo energije pri varianti z največjo površino zasteklitve, pri variantah s 50 % zasteklitvijo smo dobili najmanjšo skupno porabo pri varianti s srednjo površino zasteklitve, pri variantah s 100 % zasteklitvijo pa smo dobili najmanjšo skupno porabo energije pri varianti z najmanjšo površino zasteklitve. Ker nobena od variant v analizi nima senčil, se predvsem variante z večjo površino zasteklitve v poletnih mesecih pregrevajo in imajo visoko porabo energije za hlajenje, kar pa skupno porabo energije za ogrevanje in hlajenje močno poveča.

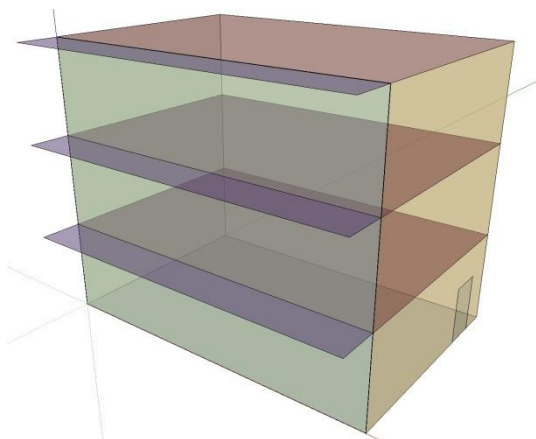
4 DODATNI PRIMERI

Iz rezultatov analize je očitno, da so opisane variante daleč od nič-energijskih stavb, vendar pa smo videli, da je mogoče z ustrezno orientacijo, obliko stavbe in površino zasteklitve glede porabe energije za ogrevanje doseči nekaj manj kot 60 kWh/m^2 . Pri tem se je ustrezno povečala poraba energije za hlajenje, saj nobena od variant ni imela senčil, ki bi stavbe v poletnih mesecih ščitila pred pregrevanjem. Za doseganje nič-energijskih stavb bi bilo torej potrebno z dodatnimi ukrepi še zmanjšati porabo energije. Prezračevalne izgube je mogoče zmanjšati z ustreznim mehanskim ali hibridnim prezračevanjem z uporabo rekuperacijskega sistema, pregrevanje stavbe se zmanjša s senčili, transmisijske izgube lahko zmanjšamo z nižjo toplotno prehodnostjo konstrukcijskih sklopov, izgube skozi okna pa z energetsko učinkovitejšimi okni. Potrebno je izbrati tudi varčnejši ogrevalni in hladilni sistem. Pri zasnovi stavbe je potrebno imeti v mislih smiselnost ukrepov in zagotavljanje ugodnih bivalnih in delovnih razmer, kar je pogosto v nasprotju z zahtevami varčevanja z energijo. Da bi npr. zmanjšali toplotne izgube skozi transparentne dele ovoja (okna), je potrebno zmanjšati toplotno prehodnost zasteklitve, s tem pa se zmanjšata tudi koeficient prepustnosti celotnega sončnega sevanja g in koeficient prepustnosti za vidni del sončnega sevanja τ_v . S tem v stavbo prehaja manj svetlobe, kar ima lahko dolgoročen slab vpliv na zdravje uporabnikov in na njihovo produktivnost kot tudi na višjo porabo električne energije zaradi uporabe umetne razsvetljave [14, 17].

Z dodatnimi primeri sem predvsem želela ugotoviti, ali je mogoče z nekaterimi ukrepi glede oblike stavbe in sestave konstrukcijskih sklopov še zmanjšati porabo energije za ogrevanje in hlajenje. V prvem dodatnem primeru sem analizirala vpliv fiksnih senčil, v drugem pa vpliv pozicije toplotne izolacije na porabo energije za ogrevanje in hlajenje.

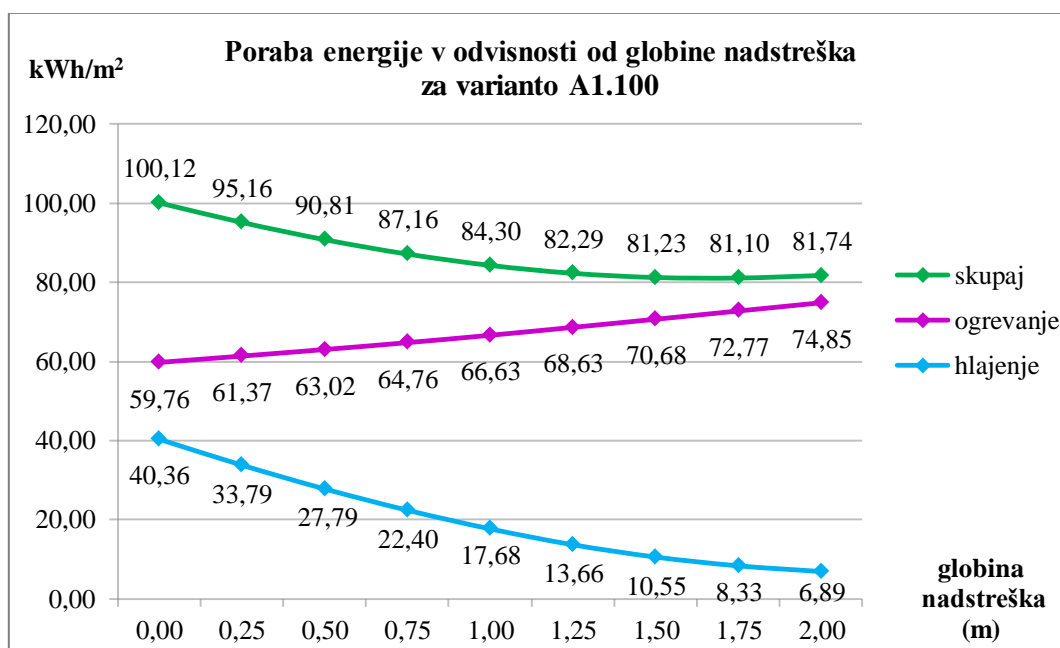
4.1 Dodatni primer D1

Variante, ki imajo na južni fasadi 100 % zasteklitev, imajo nizko porabo energije za ogrevanje, vendar pa se stavbe zaradi pritokov energije skozi okna v poletnih mesecih pregrevajo in potrebno je veliko energije za hlajenje. Zanimalo me je, za koliko lahko pri taki stavbi s fiksnimi senčili zmanjšam pregrevanje stavbe v poletnih mesecih in s tem porabo energije za hlajenje in kako bodo senčila vplivala na porabo energije za ogrevanje. Za dodatni primer D1 sem izbirala med variantama A1.100 in A2.100. Pri obeh variantah znaša poraba energije za ogrevanje okoli 59 kWh/m^2 , kar je najnižja poraba med vsemi variantami iz analize. Ker pa znaša poraba energije za hlajenje pri varianti A2.100 kar $50,95 \text{ kWh/m}^2$ in je za $10,23 \text{ kWh/m}^2$ večja kot pri varianti A1.100, sem si za dodatni primer D1 izbrala varianto z manjšo porabo energije za hlajenje, torej varianto A1.100.



Slika 118: Varianta A1.100 z nadstreškom dolžine 1,5 m v vseh treh etažah

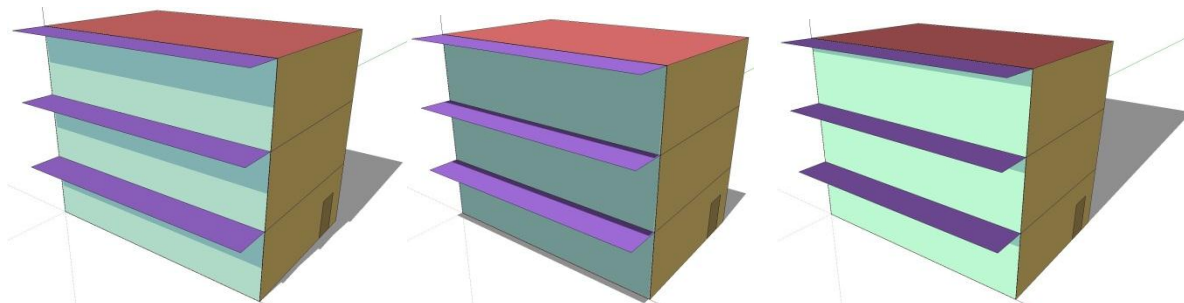
Na varianto A1.100 sem v vse tri etaže namestila nadstreške dolžine 0,25 m, nato pa sem po korakih 0,25 m globino nadstreškov povečevala do globine 2 m. Nadstreški v vseh nadstropjih so fiksni.



Slika 119: Poraba energije v odvisnosti od globine nadstreška za varianto A1.100

Iz slike 119 je razvidno, da se že pri nadstrešku globine 0,25 m poraba energije za ogrevanje poveča, poraba energije za hlajenje pa se zmanjša. Pri 0,25 m globokem nadstrešku se poraba energije za ogrevanje poveča za 1,61 kWh/m² letno, poraba energije za hlajenje pa se zmanjša za kar 6,57 kWh/m², zato se tudi skupna poraba energije za ogrevanje in hlajenje zmanjša, in sicer za 4,96 kWh/m². Pri povečevanju globine nadstreška se poraba energije za ogrevanje še naprej povečuje, poraba energije za hlajenje pa se zmanjšuje. Skupna poraba energije za ogrevanje in hlajenje se zmanjšuje do globine nadstreška 1,75 m, nato pa se začne povečevati. Pri nadstrešku globine 1,75 m znaša poraba energije za ogrevanje 72,77 kWh/m² letno, poraba energije za hlajenje pa le

8,33 kWh/m². Z nadstreškom globine 1,75 m se je torej poraba energije za ogrevanje glede na varianto brez nadstreška povečala za 13,01 kWh/m², poraba energije za hlajenje pa se je zmanjšala za 32,03 kWh/m². Skupna poraba energije za ogrevanje in hlajenje se je tako zmanjšala za 19,2 kWh/m².



Slika 120: Sence na stavbi A1.100 z 1,75 m globokimi nadstreški ob 12. uri 21. marca (levo), 21. junija (na sredini) in 21. decembra (desno)

Na sliki 120 je prikazana varianta A1.100 z 1,75 m globokimi nadstreški (v nadaljevanju varianta A1.100*) ob 12. uri 21. marca, 21. junija in 21. decembra. Junija, ko je sonce najvišje, nadstreški osenčijo celotno površino oken, tako da ob 12. uri v stavbo skozi okna ne prehaja nič energije sončnega sevanja, kar je ugodno z vidika hlajenja. Decembra je zasenčene le nekaj površine oken, kar je ugodno z vidika ogrevanja. Marca in septembra, ko je sonce nekje na polovici, pa je zasenčena približno polovica površine oken, zaradi česar v stavbo prehaja manj energije sončnega sevanja kot pri varianti brez nadstreškov in posledično se poveča poraba energije za ogrevanje.

Z nadstreški globine 1,75 m je pri varianti A1.100 torej mogoče porabo energije za hlajenje zmanjšati za skoraj 80 %. Pri tem se poraba energije za ogrevanje poveča za 21,8 %, skupna letna poraba energije za ogrevanje in hlajenje pa se zmanjša za 19 %. Nadstreški so torej pri varianti A1.100 glede skupne porabe energije za ogrevanje in hlajenje koristni, pri tem pa se pojavi vprašanje, ali so nadstreški koristni tudi pri kateri drugi varianti, ki ni tako močno zastekljena. Za primerjavo sem si izbrala varianto A0.50, pri kateri je bila skupna poraba energije za ogrevanje in hlajenje najmanjša med variantami iz analize.

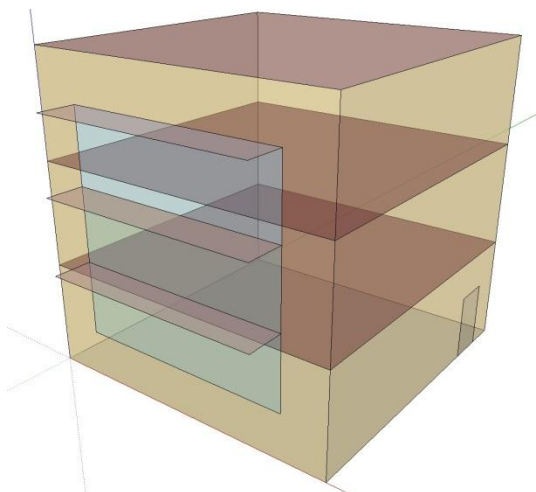
Preglednica 71: Poraba energije za varianto A0.50 brez nadstreškov in varianto A1.100*

	ENERGIJA (kWh/m ²)		
	ogrevanje	hlajenje	skupaj
A0.50	70,43	6,35	76,78
A1.100*	72,77	8,33	81,10

V preglednici 71 je prikazana poraba energije za varianti A0.50 in A1.100*. Pri varianti A0.50 znaša površina zasteklitve na južni fasadi 50 m², pri varianti A1.100* pa 122,47 m². Čeprav je bilo pri

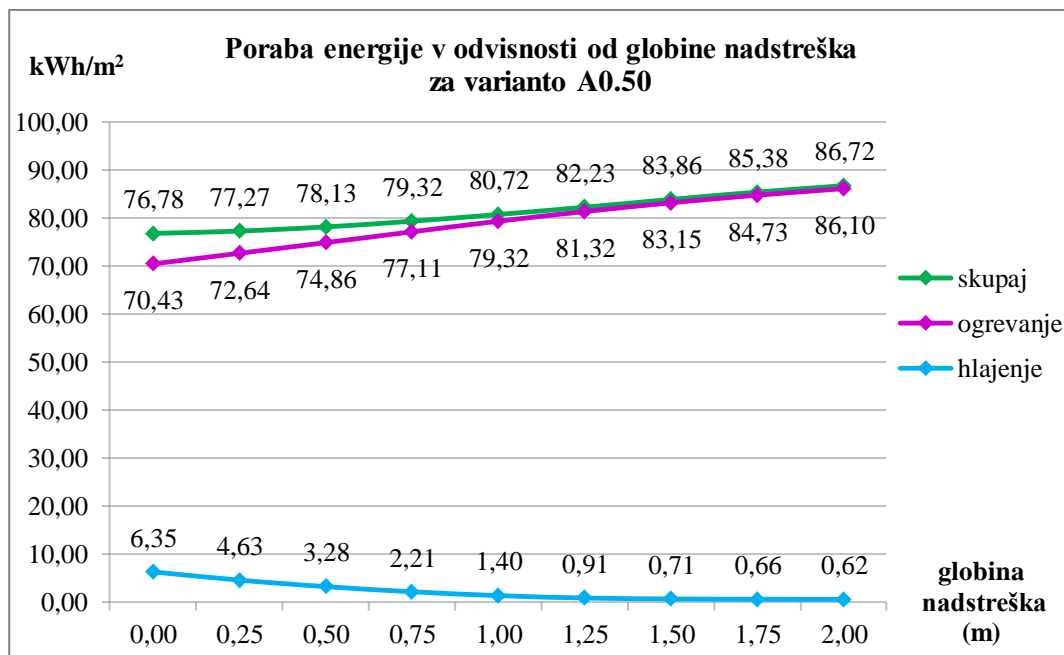
varianti A1.100 skupno porabo energije mogoče zmanjšati z nadstreški, je ta še vedno višja kot pri varianti A0.50 brez nadstreškov. Pri varianti A0.50 letna poraba energije za ogrevanje znaša 70,43 kWh/m², kar je za 3,2 % manj kot pri varianti A1.100*. Poraba energije za hlajenje znaša pri varianti A0.50 6,35 kWh/m², pri varianti A1.100* pa za 31,2 % več, in sicer 8,33 kWh/m². Skupna poraba energije za ogrevanje in hlajenje je pri varianti A0.50 za 5,3 % manjša kot pri varianti A1.100* in znaša 76,78 kWh/m². Varianti A0.50 in A1.100* sta si torej glede porabe energije precej podobni, saj so razlike manjše od 5 kWh/m² letno.

Poglejmo si, ali je mogoče tudi pri varianti A0.50 z nadstreški zmanjšati porabo energije. Nadstreškov pri varianti A0.50 nisem mogla smiselno razdeliti v vse tri etaže, zato sem okno po višini razdelila na tri enake dele, nato pa na vsakega namestila nadstrešek globine 0,25 m. Globino nadstreškov sem povečevala do globine 2 m.



Slika 121: Varianta A0.50 z nadstreški globine 1,25 m

Poraba energije v odvisnosti od globine nadstreška za varianto A0.50 je prikazana na sliki 122. Kot je bilo pričakovati, se s povečevanjem globine nadstreška pri varianti A0.50 poraba energije za hlajenje zmanjšuje, poraba energije za ogrevanje pa se povečuje. Za razliko od variante A1.100 pa se skupna poraba energije za ogrevanje in hlajenje pri varianti A0.50 pri vseh globinah nadstreška poveča. Z nadstreški lahko torej pri varianti A0.50 zmanjšamo porabo energije za hlajenje, skupne porabe energije za ogrevanje in hlajenje pa ne. Fiksni nadstreški so torej koristni pri varianti A1.100, pri kateri poraba energije za hlajenje predstavlja velik delež skupne porabe energije. Pri varianti A0.50, kjer poraba energije za hlajenje predstavlja majhen delež skupne porabe energije, pa zmanjšanje porabe energije za hlajenje ne more odtehtati povečanja porabe energije za ogrevanje, ki se pojavi zaradi senčenja.

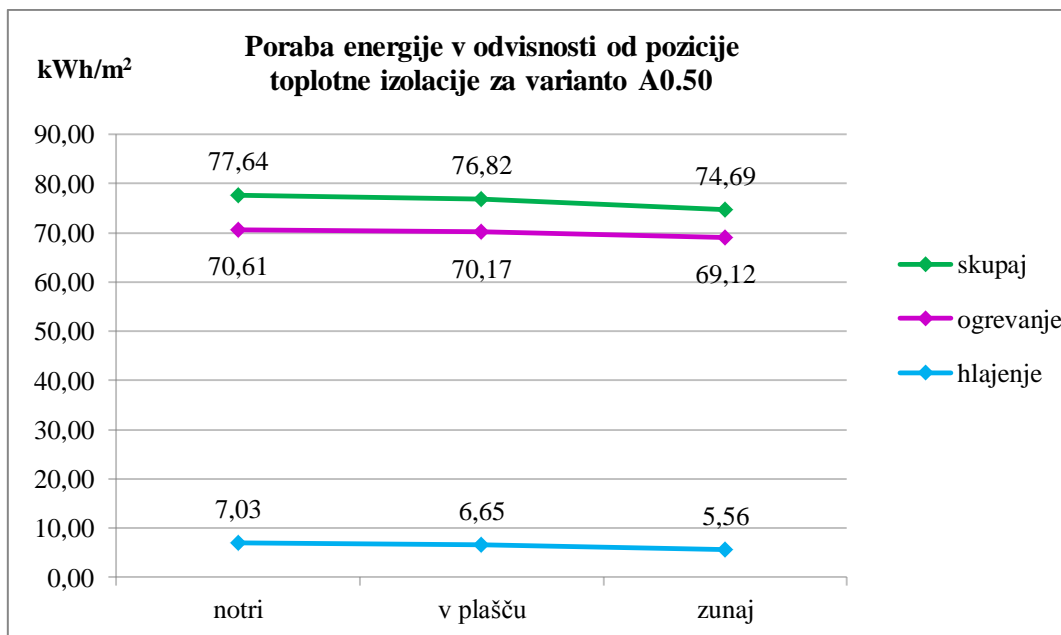


Slika 122: Poraba energije v odvisnosti od globine nadstreška za varianto A0.50

4.2 Dodatni primer D2

Z dodatnim primerom D2 sem želela ugotoviti, koliko pozicija toplotne izolacije v konstrukcijskem sklopu vpliva na porabo energije za ogrevanje in hlajenje. Izbrala sem si stavbo A0.50, pri kateri je bila med vsemi variantami iz analize skupna poraba energije za ogrevanje in hlajenje najnižja. Konstrukcijske sklope sem zasnovala tako, da sem spreminjala pozicijo toplotne izolacije iz ekstrudiranega polistirena, in sicer najprej sem toplotno izolacijo namestila na notranjo stran, nato v plašč in na koncu na zunanjo stran. Debelina toplotne izolacije v konstrukcijskih sklopih je 24 cm. Pri varianti s toplotno izolacijo v plašču je polovica toplotne izolacije na zunanji in polovica na notranji strani. Nosilna konstrukcija pri tleh na terenu, medetažni konstrukciji in ravni strehi je iz armiranega betona debeline 20 cm, pri zunanjih stenah pa iz penobetonskih blokov debeline 20 cm.

Izkaže se, da je glede porabe energije najbolj ugodna pozicija toplotne izolacije na zunanji strani, kar je razvidno iz slike 121. Pri varianti s toplotno izolacijo na notranji strani je poraba energije za ogrevanje za 0,6 % večja kot pri varianti s toplotno izolacijo v plašču, poraba energije za hlajenje pa je večja za 5,7 %. Pri varianti s toplotno izolacijo na zunanji strani je poraba energije za ogrevanje za 1,5 % manjša kot pri varianti s toplotno izolacijo v plašču, poraba energije za hlajenje pa za 16,4 %. Najmanjšo porabo energije za ogrevanje in hlajenje torej dobimo pri varianti z masivnimi elementi na notranji strani in toplotno izolacijo na zunanji strani, saj tako dosežemo večjo toplotno stabilnost notranjega prostora.



Slika 123: Poraba energije v odvisnosti od pozicije toplotne izolacije za varianto A0.50

5 ZAKLJUČEK

V analizi se je kot najbolj ugodna varianta glede porabe energije za ogrevanje izkazala varianta A2.100 z največjo površino zasteklitve na južni fasadi, torej z največjimi solarnimi pritoki, pri kateri znaša letna poraba energije za ogrevanje $59,57 \text{ kWh/m}^2$, kot najbolj potratna pa se je izkazala varianta B2 brez zasteklitve, pri kateri je poraba energije za ogrevanje za 60 % višja kot pri varianti A2.100 in znaša $95,29 \text{ kWh/m}^2$. Glede porabe energije za hlajenje je ravno obratno, in sicer pri variantah brez zasteklitve se potreba po energiji za hlajenje ne pojavi, največjo porabo energije za hlajenje pa dobimo pri varianti A2.100.5, tj. varianta oblike A2 s 100 % zasteklitvijo in rotacijo za 30° proti zahodu, in sicer kar $52,49 \text{ kWh/m}^2$. Skupna letna poraba energije za ogrevanje in hlajenje je najmanjša pri varianti A0.50 (varianta oblike A0 s 50 % zasteklitvijo in orientacijo 0°) in znaša $76,78 \text{ kWh/m}^2$, največja pa pri varianti A2.100.3 (varianta oblike A2 s 100 % zasteklitvijo in rotacijo za -60° proti vzhodu), in sicer $122,62 \text{ kWh/m}^2$, kar je za skoraj 60 % več kot pri varianti A0.50. Najbolj ugodna varianta glede skupne porabe energije za ogrevanje in hlajenje je torej varianta z obliko kocke s 50 % zasteklitvijo na južni fasadi pri orientaciji 0° . Glede na izhodiščno varianto A0 brez zasteklitve, pri kateri poraba energije za ogrevanje znaša $94,50 \text{ kWh/m}^2$ letno, je bilo mogoče z razširitvijo stavbe v razmerju 1:2 v smeri vzhod-zahod in z namestitvijo 100 % zasteklitve na južno fasado v izmeri $141,42 \text{ m}^2$ porabo energije za ogrevanje zmanjšati za 37 %.

Najbolj ugodna orientacija stavbe je glede porabe energije za ogrevanje in glede skupne porabe energije orientacija 0° , glede porabe energije za hlajenje pa v večini primerov rotacija za -90° proti vzhodu. Maksimalna poraba energije za ogrevanje se pojavi pri rotaciji proti vzhodu za -90° , maksimalna poraba energije za hlajenje pa pri rotaciji za $\pm 30^\circ$ oziroma $\pm 60^\circ$, odvisno od površine zasteklitve. Do razlik pride zaradi vpadnega kota sonca in intenzitete sončnega sevanja. Poleti je sonce visoko in zato nižji vpadni kot dobimo pri rotaciji za $\pm 30^\circ$ (pri večjih površinah zasteklitve) ali za $\pm 60^\circ$ (pri manjših površinah zasteklitve). Sončno sevanje v teh primerih prehaja v stavbo dopoldne ali popoldne, ko je intenziteta sončnega sevanja še zelo velika. Pri rotacijah za $\pm 90^\circ$ pa sonce prehaja v stavbo le zgodaj dopoldne in pozno popoldne, ko je vpadni kot sonca nizek, vendar je tudi intenziteta sončnega sevanja nizka. Pozimi, ko je sonce nizko, pa glede porabe energije za ogrevanje optimalni vpadni kot sonca in intenziteto sončnega sevanja dobimo pri orientaciji 0° . Pri rotaciji variant z manjšo površino zasteklitve proti vzhodu in zahodu za $\pm 90^\circ$ se poraba energije za ogrevanje glede na orientacijo 0° poveča za približno 5 % – 12 %, pri rotaciji variant z večjo površino zasteklitve pa za približno 22 % – 37 %.

Rezultati analize so pokazali, da na porabo energije za ogrevanje in hlajenje najbolj vplivata površina zasteklitve in orientacija. Toplotna prehodnost konstrukcijskih sklopov in faktor oblike sta sicer pomembna dejavnika, vendar se je pri variantah brez zasteklitve izkazalo, da oblika stavbe oziroma

površina zunanjega ovoja le malo vpliva na porabo energije za ogrevanje, če je stavbni ovoj dobro toplotno izoliran. Pri razširitvi izhodiščne variante A0 brez zasteklitve v smeri vzhod-zahod v razmerju 1:2 (varianta A2) in s tem povečanju površine zunanjega ovoja s 600 m^2 na $624,26 \text{ m}^2$ oziroma za 4 % se je poraba energije za ogrevanje povečala le za $0,78 \text{ kWh/m}^2$ oziroma za 0,8 %. Do večjih razlik pride pri variantah z zasteklitvijo. Pri variantah oblike A2 je površina zasteklitve na južni fasadi pri enakem razmerju okno/stena za 41,4 % večja kot pri variantah oblike A0, zato je poraba energije za ogrevanje za približno $2 \text{ kWh/m}^2 - 4 \text{ kWh/m}^2$ manjša, poraba energije za hlajenje pa je za približno $2 \text{ kWh/m}^2 - 23 \text{ kWh/m}^2$ večja. Faktor oblike stavbe ima torej na porabo energije večji vpliv pri variantah z zasteklitvijo, saj večja kot je površina zasteklitve, večji so solarni pritoki skozi okna, s tem pa manjša poraba energije za ogrevanje. Ker se posledično poveča poraba energije za hlajenje, je glede skupne porabe energije še vedno najbolj ugodna čimbolj kompaktna varianta s 50 % zasteklitvijo na južni fasadi, vendar imajo variante z večjo površino zasteklitve večjo interakcijo z okoljem in večjo količino dnevne svetlobe. V dodatnem primeru D1 smo imeli možnost videti, da lahko porabo energije za hlajenje zmanjšamo s fiksnimi nadstreški (ki lahko služijo tudi kot balkoni), pri tem pa je potrebno omeniti, da fiksna senčila niso vedno ugodna, saj poleg tega, da zmanjšajo porabo energije za hlajenje, povečajo porabo energije za ogrevanje, kar je neugodno pri manjših površinah zasteklitve, kjer poraba energije za hlajenje predstavlja majhen delež skupne porabe energije. Premična senčila, predvsem avtomatska, pa bi zmanjšala porabo energije za hlajenje in pri tem le minimalno vplivala na porabo energije za ogrevanje, saj bi se "vklopila" le takrat, ko bi temperatura v stavbi oziroma sončno sevanje preseglo določeno mejo. Dodatno lahko na senčila namestimo sprejemnike sončne energije ali fotovoltaične sisteme, s čimer izkoristimo sončno sevanje, kateremu smo s senčili preprečili vstop v stavbo. Solarni pritoki skozi okna so seveda koristni v zimskih mesecih, ko zmanjšujejo potrebo po energiji za ogrevanje, v poletnih mesecih pa predvsem pri variantah z veliko površino zasteklitve predstavljajo presežek energije, ki bi ga ob primernem skladiščenju lahko uporabili v hladnejšem delu leta.

Za doseganje skoraj nič-energijskih stavb bi bilo potrebno še zmanjšati porabo energije za ogrevanje in hlajenje, to pa pomeni predvsem zmanjšati prezračevalne izgube v zimskih mesecih in prevelike solarne pritoke v poletnih mesecih. Pregrevanje stavbe v poletnih mesecih je mogoče zmanjšati z ustreznimi senčili, prezračevalne izgube pa z uporabo mehanskega ali hibridnega prezračevanja z uporabo rekuperacijskega sistema. Izgube skozi okna lahko zmanjšamo z učinkovitimi okni z nizko toplotno prehodnostjo, hkrati pa želimo uporabiti zasteklitev z visokim g faktorjem, da v zimskih mesecih še bolj izkoristimo energijo sončnega sevanja. Za znižanje porabe energije je seveda potrebno uporabiti tudi učinkovit sistem ogrevanja in hlajenja (nizkotemperaturni ogrevalni sistemi, toplotne črpalke itd.). V kolikor že v fazi zasnove z obliko, orientacijo in površino zasteklitve dosežemo majhno potrebo po energiji za ogrevanje in hlajenje, je nadaljnje pokrivanje potreb z obnovljivimi viri energije (sončno sevanje, lesna biomasa, geotermalna energija itd.) veliko enostavnejše, kot pa če je

stavba že v začetku zasnovana kot energijsko potratna. Pozabiti pa ne smemo tudi na pravilno zasnovano in izvedbo konstrukcijskih sklopov in pravilno izvedbo križanj. Pri tem je potrebno vedeti, kakšen bo režim ogrevanja, torej ali bo ogrevanje konstantno ali prekinjeno, in temu prilagoditi strukturo konstrukcijskega sklopa. V dodatnem primeru D2 se je izkazalo, da je pozicija toplotne izolacije na zunanji strani najbolj ugodna, saj pri elementih z veliko termično maso na notranji strani dosežemo večjo toplotno stabilnost notranjega prostora. Razlike bi bile še bolj opazne pri prekinjenem ogrevanju, saj bi masa ohranjala toploto in jo oddajala v stavbo še nekaj časa po tem, ko bi bilo ogrevanje prekinjeno in posledično bi bila potreba po dodatni energiji za ogrevanje manjša.

Rezultati analize so potrdili moja pričakovanja glede faktorja oblike, namreč pričakovala sem, da bo pri nižjih faktorjih oblike torej pri bolj kompaktnih stavbah poraba energije za ogrevanje manjša kot pri večjih faktorjih oblike, kar je sicer res, vendar le pri variantah brez zasteklitve. Pri variantah z zasteklitvijo pa je ugodnejša razširjena oblika, saj imamo na večjo površino zunanjega ovoja možnost namestiti večjo površino zasteklitve, kar je pozimi ugodno z vidika ogrevanja, saj solarni pritoki zmanjšujejo potrebo po dodatni energiji za ogrevanje. Presenetilo pa me je, da se je pri variantah z veliko površino zasteklitve na južni fasadi že v januarju pojavila potreba po energiji za hlajenje. Pritoki skozi okna so torej tudi v zimskih mesecih lahko zelo veliki, potrebno jih je le znati izkoristiti. Glede skupne porabe energije za ogrevanje in hlajenje sem pričakovala, da bo najbolj ugodna orientacija 0°, kar je bilo v analizi potrjeno.

VIRI

[1] Direktiva 2010/31/EU Evropskega parlamenta in Sveta z dne 19. maja 2010 o energetski učinkovitosti stavb (prenovitev). Uradni list Evropske unije, L 153, 18.6.2010.

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:SL:PDF>

str. 13, 18, 21 (Pridobljeno 16.3.2012.)

[2] Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah. Uradni list RS, št. 52/2010 z dne 30.6.2010

<http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=201052&stevilka=2856>

(Pridobljeno 8.8.2012.)

[3] Tehnična smernica TSG-1-004:2010 Učinkovita raba energije. Ministrstvo za okolje in prostor.

http://www.arhiv.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/zakonodaja/prostor/graditev/TSG-01-004_2010.pdf

(Pridobljeno 8.8.2012.)

[4] Služba vlade republike Slovenije za podnebne spremembe. Podnebna politika v Sloveniji.

http://www.svps.gov.si/si/podnebni_ukrepi/podnebna_politika_v_sloveniji/evropska_unija/

(Pridobljeno 13.3.2012.)

[5] Principles for nearly zero-energy buildings. Full report. Buildings Performance Institute Europe.

http://www.bpie.eu/principles_for_nearly_zero_energy_buildings.html

(Pridobljeno 16.3.2012.)

[6] Uredba (EU) št. 305/2011 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 9. marca 2011 o določitvi usklajenih pogojev za trženje gradbenih proizvodov in razveljavitvi Direktive sveta 89/106/EGS. Uradni list Evropske Unije, L88, 4.4.2011

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:088:0005:0043:SL:PDF>

(Pridobljeno 16.12.2012.)

[7] Medved, S. 2010. Gradbena fizika. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za arhitekturo: 68 str.

[8] Kristl, Ž. 2012. Toplotna prehodnost konstrukcijskih sklopov. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za stavbe in konstrukcijske elemente

kske.fgg.uni-lj.si

(Pridobljeno 8.8.2012.)

- [9] Krainer, A., Perdan, R. 2012. Računalniški program (TEDI) za analizo toplotnega prehoda, toplotne stabilnosti in difuzije vodne pare skozi večplastne konstrukcijske sklope. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, katedra za stavbe in konstrukcijske elemente.
- [10] U.S. Department of Energy. Office of Energy Efficiency & Renewable Energy. EnergyPlus. 2012
<http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/>
(Pridobljeno 10.4.2012.)
- [11] Google SketchUp. 2012
<http://www.sketchup.com/>
(Pridobljeno 10.4.2012.)
- [12] National Renewable Energy Laboratory. U.S. Department of Energy. Office of Energy Efficiency & Renewable Energy. Open Studio SketchUp Plug-in. 2012.
<http://openstudio.nrel.gov/>
(Pridobljeno 10.4.2012.)
- [13] Wikipedija. Geografija Slovenije. 2012.
http://sl.wikipedia.org/wiki/Geografija_Slovenije#Vrste_podnebij_v_Sloveniji
(Pridobljeno 10.10.2012.)
- [14] Kristl, Ž., Košir, M., Dovjak, M., Krainer, A. 2011. Študija dnevne osvetljenosti pisarniškega prostora glede na vizualne in biološke vplive. Gradbeni vestnik 60, 3: 84-91
- [15] Hastings, R., Wall, M. 2009. Sustainable Solar Housing Volume 1, Strategies and solutions. Taylor & Francis Ltd: 12 str.
- [16] Toplotno izolacijske plošče XPS. Lespatex d.o.o. 2012
<http://www.lespatex.si/toplotna-izolacija/toplotno-izolacijske-plosce-xps-ekstrudiran-polistiren>
(Pridobljeno 7.12.2012.)
- [17] Krainer, A., Košir, M., Kristl, Ž., Dovjak, M. 2008. Pasivna hiša proti bioklimatski hiši. Gradbeni vestnik 57, 3: 58 – 68
- [18] Kunič, R. 2009. Mehanizem prehoda toplote skozi konstrukcijske sklope v stavbah, 2. del. Gradbenik 13, 10: 18 – 19

[19] Agencija RS za okolje. 2005. Mesečni bilten, številka 12, letnik XII

http://www.arso.gov.si/o%20agenciji/knji%C5%BErica/mese%C4%8Dni%20bilten/bilten_2005_12.pdf

(Pridobljeno 22.10.2012.)