

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



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

**MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI
PROGRAM DRUGE
STOPNJE STAVBARSTVO**

Kandidat/-ka:

TEJA LOGAR

**PREVERBA OPTIMALNOSTI ZASNOVE VRTCA MLINČEK Z
GLEDIŠČA UČINKOVITE RABE ENERGIJE**

**VALIDATION OF OPTIMAL ENERGY EFFICIENCY DESIGN
MEASURES IN THE CASE OF CHILDREN DAY CARE
CENTRE MLINČEK**

Mentor/-ica:

doc. dr. Mitja Košir

Somentor/-ica:

asist. Luka Pajek

Član komisije:

Predsednik komisije:

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

»Ta stran je namenoma prazna«

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN Z IZVLEČKOM

UDK: UDK: 697:365.6(043.2)
Avtor: Teja Logar, dipl. inž. grad.
Mentor: doc. dr. Mitja Košir
Somentor: asist. Luka Pajek
Naslov: Preverba optimalnosti zasnove vrtca Mlinček z gledišča učinkovite rabe energije
Tip dokumenta: magistrsko delo
Obseg in oprema: 50 str., 29 pregl., 17 sl., 8 graf., 2 en., 1 pril.
Ključne besede: vrtec, igralnica, dnevna svetloba, osvetljenost, osončenost, učinkovita raba energije, ogrevanje, hlajenje, parametrična študija

Izvilleček:

V magistrskem delu smo analizirali zasnovo vrtca Mlinček v občini Naklo z vidika dnevne osvetljenosti in rabe energije. Sprva smo izvedli analizo obstoječe stavbe, ki je bila zgrajena leta 2015, nato smo izvedli parametrično študijo, s katero smo preverjali učinkovitost zasnove stavbe s študijo ukrepov. Študijo smo izvedli s posameznimi simulacijami, v katerih smo spreminjali izbrane ukrepe in preverjali njihov vpliv na dnevno osvetljenost in rabo energije. Osnova za vse analize je bila platforma SketchUp. Dodatek za SketchUp SunHours je omogočil analizo osončenosti, Sefaira pa osvetljenost in energetska analizo. Dimenzije objekta in materialne karakteristike smo povzeli iz znane projektne dokumentacije, parametre ogrevanja, hlajenja in prezračevanja smo povzeli iz ogleda objekta v kombinaciji s predpisano zakonodajo. Z analizo osvetljenosti smo ugotovili, da je delovna površina igralnic v večjem delu leta zelo močno osvetljena. Delovna površina v konferenčni dvorani je junija in septembra ustrezno osvetljena z dnevno svetlobo, saj je osvetljenost višja od 600 lx. Delovne površine v pisarnah imajo od marca do septembra vrednosti osvetljenosti višje od 600 lx.

S posameznimi simulacijami parametrične študije smo preverjali, kakšen vpliv ima določen ukrep na rabo energije za ogrevanje in hlajenje. Pri analizi izhodiščnega primera se je namreč izkazalo, da navedena segmenta energije skupaj predstavljata skoraj 35 % celotne energije za delovanje stavbe. Ugotovili smo, da je stavba z vidika transparentnih površin ovoja stavbe precej dobro zasnovana. Z vgradnjo dodatne toplotne izolacije na ovoju stavbe bi lahko izboljšali energetska učinkovitost stavbe. Velik vpliv na rabo energije za ogrevanje v stavbi ima sprememba notranje temperature v ogrevalnem obdobju. Na podlagi rezultatov analiz simulacij v parametrični študiji smo predlagali primerno različico zasnove stavbe, ki je energetska bolj učinkovita v primerjavi z dejansko stavbo.

»Ta stran je namenoma prazna«

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC: **UDK: 697:365.6(043.2)**
Author: **Teja Logar, dipl. inž. grad.**
Supervisor: **Assist. Prof. Mitja Košir, Ph. D.**
Cosupervisor: **Assist. Luka Pajek**
Title: **Validation of optimal energy efficiency design measures in the case of children day care centre Mlinček**
Document type: **M. Sc. Thesis**
Scope and tools: **50 p., 29 tab., 17 fig, 8 graph, 2 eq., 1 ann.**
Keywords: **kindergarten, playroom, daylight, illumination, insolation, energy efficiency, heating, cooling, parametric study**

Abstract:

In my M. Sc. Thesis we have analysed energy efficiency design measures of children day care centre Mlinček regarding daylight and energy consumption. At first we have performed an analysis of the existing kindergarten, which was built in 2015, next we performed a parametric study which served to check effectiveness of the design of the building. This study was carried out by particular simulations where we have changed the chosen actions and checked their influence in daylight and energy consumption. The basics of all the analyses was SketchUp platform. An addition for SketchUp SunHours has enabled us the analysis of insolation, like Sefaira did for illumination and energy analysis. Dimensions of the building and material characteristics have been summarised by the project documentation of the building, however the heating, cooling and ventilation parameters we have summarised in combination with the existing legislation. By the analysis of the illumination we have found out that the working surfaces of the playrooms were very much illuminated which can cause the glitter effect. The working surface of the conference hall is illuminated properly on June and September as the illumination is higher than 600 lx. The working surface of the offices are illuminated properly from March to September

By the particular simulations of the parametric study we have determined the influence of particular action to the use of energy for heating and cooling. While analysing the particular case it turned out that these two energy segments represent almost 35 % of the entire energy needed for the functioning of the building. We have determined that the building is designed pretty well regarding transparent surfaces of the building envelope. By installation of additional thermal insulation of the building envelope we could improve building's energy efficiency. A big influence on energy consumption has a change of inner temperature of the air in the heating season. Based on the results of the simulation analyses in the parametric study we have proposed the best option of the building, which are far more effective when comes to energy, compared to the initial case we studied.

»Ta stran je namenoma prazna«

ZAHVALA

Največja hvala moji krasni družini, možu Žigi in sinu Nejcu, ker sta mi omogočila dokončanje študija in mi vsak dan dajeta mnogo pozitivne energije. Hvala, da sta bila tako potrpežljiva. Neizmerna hvala gre mami Sonji, očetu Miranu in bratu Mihi za zaupanje v moj študij. Hvala za varstvo sina v času moje odsotnosti noni, nonotu, babici in dedotu. Hvala prijateljem in prijateljicam za vse spodbudne besede in lepa druženja.

Velika zahvala pri izdelavi magistrskega dela gre mentorju doc. dr. Mitji Koširju in somentorju asist. Luki Pajku za vso odzivnost, spodbudo in strokovno okrepitev.

Hvala tudi vsem študijskim kolegom za pomoč in sodelovanje, brez katerih študij ne bi bil tako zanimiv, in vsem ostalim profesorjem za vse pridobljeno znanje in izkušnje. Hvala lepa tudi projektantu G. Branku Hojniku in občini Naklo za posredovane informacije o objektu. Hvala zaposlenim in otrokom v vrtcu Mlinček, da sem bila lahko del vaše zgodbe.

»Ta stran je namenoma prazna«

KAZALO VSEBINE

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA	I
BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN Z IZVLEČKOM.....	III
BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT	V
ZAHVALA	VII
KAZALO VSEBINE	IX
KAZALO PREGLEDNIC	XIII
KAZALO GRAFIKONOV.....	XV
KAZALO PRILOG	XVII
1 UVOD	1
1.1 Splošno	1
1.2 Cilji in zasnova naloge	1
2 UPORABLJENA ZAKONODAJA.....	3
3 BISTVENE ZNAČILNOSTI UPORABLJENIH PROGRAMSKIH ORODIJ	6
4 PREDSTAVITEV OBJEKTA VRTEC MLINČEK	7
4.1 Lokacija	8
4.2 Podnebni podatki.....	8
4.2.1 Podnebna klasifikacija.....	8
4.2.2 Temperatura	9
4.2.3 Relativna vlažnost.....	10
4.2.4 Sončno obsevanje in število sončnih ur.....	11
4.2.5 Padavine in snežna odeja	12
4.3 Karakteristike in delovanje stavbe.....	14
4.3.1 Podatki o conah	14
4.3.2 Lastnosti stavbnega ovoja.....	16
4.3.3 Notranja temperatura, urniki in obremenitev stavbe	17
4.3.4 Ogrevanje, hlajenje in prezračevanje ter razsvetljava.....	18
4.3.5 Toplotni dobitki	19
4.3.6 Stopnja infiltracije	19
4.3.7 Senčenje objekta.....	19
4.3.8 Površine modela	20
5 ANALIZA STAVBE	21
5.1 Osončenost	21
5.2 Analiza dnevne osvetljenosti.....	23
5.3 Raba energije za delovanje stavbe	30
6 PARAMETRIČNA ŠTUDIJA UKREPOV	32
6.1 Ukrep 1	32
6.2 Ukrep 2.....	35
6.3 Ukrep 3.....	38
6.4 Ukrep 4.....	39
6.5 Kombinacija ukrepov	41
7 ZAKLJUČKI	43
VIRI	46

»Ta stran je namenoma prazna«

KAZALO SLIK

Slika 1: Shematski prikaz glavnih tem magistrskega dela.	2
Slika 2: Shematski prikaz najpogostejše uporabljene zakonodaje v magistrskem delu.	3
Slika 3: Pogled na južno fasado in igrišče [23].	7
Slika 4: Makrolokacija objekta (levo) in mikrolokacija objekta (desno) [18].	8
Slika 5: Karta Evrope glede na Köppen-Geigerjevo klasifikacijo podnebja [27].	9
Slika 6: Povprečna letna višina korigiranih padavin za Slovenijo [18].	13
Slika 7: Tlorisni pogled na vrtec [23] in tlorisni pogled na model objekta.	14
Slika 8: Model obravnavane stavbe.	14
Slika 9: Cona 1 (levo) in cona 2 (desno).	15
Slika 10: Model objekta z nadstreškom.	20
Slika 11: Posamezne površine v modelu.	20
Slika 12: Cona 1 z bistvenimi prostori.	24
Slika 13: Tipična igralnica na jugovzhodni strani [26].	25
Slika 14: Cona 2 z bistvenimi prostori.	25
Slika 15: Tloris pisarn in konferenčne dvorane [26].	26
Slika 16: Fotografija igralnice 21. septembra 2016 [19].	28
Slika 17: Rezultati osvetljenosti najslabše osvetljene igralnice brez nadstreška (levo) in z nadstreškom (desno).	36

»Ta stran je namenoma prazna«

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Priporočene vrednosti za nivo osvetljenosti.	4
Preglednica 2: Zakonske zahteve in vrednosti iz standarda za notranjo temperaturo zraka. ...	5
Preglednica 3: Osnovni podatki o stavbi.	7
Preglednica 4: Podnebni podatki za temperaturo za Brnik [28].	9
Preglednica 5: Podatki o relativni vlažnosti in številu meglenih dni za Brnik [28].	10
Preglednica 6: Povprečno trajanje sončnega obsevanja za kraj Brnik [28].	11
Preglednica 7: Povprečno število ur sončnega obsevanja [18].	11
Preglednica 8: Padavine in snežna odeja za kraj Brnik [28].	13
Preglednica 9: Elementi modela.	15
Preglednica 10: Parametri ovoja stavbe.	17
Preglednica 11: Notranje temperature in odstotek uporabnikov glede na urnik za ogrevalno sezono.	17
Preglednica 12: Notranje temperature in odstotek uporabnikov glede na urnik za sezono hlajenja.	18
Preglednica 13: Povprečno število sončnih ur po posameznih površinah.	21
Preglednica 14: Faktorji senčenja po posameznih površinah.	22
Preglednica 15: Osvetljenost delovnih površin v coni 1.	27
Preglednica 16: Osvetljenost delovne površine v konferenčni dvorani.	28
Preglednica 17: Osvetljenost delovne površine v pisarnah.	29
Preglednica 18: Osvetljenost delovnih površin z dnevno svetlobo.	30
Preglednica 19: Tehnični podatki troslojnih zasteklitev z U_g faktorjem $0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ [33].	32
Preglednica 20: Vhodni podatki za izvedbo ukrepa 1.	33
Preglednica 21: Rezultati osvetljenosti in porabe energije z ukrepom 1.	33
Preglednica 22: Rezultati osvetljenosti in porabe energije z ukrepom 2.	35
Preglednica 23: Rezultati osvetljenosti tipične igralnice za kritične dni v letu brez nadstreška in z nadstreškom.	37
Preglednica 24: Vhodni podatki za izvedbo ukrepa 3.	38
Preglednica 25: Rezultati porabe energije z ukrepom 3.	39
Preglednica 26: Vhodni podatki za izvedbo ukrepa 4.	40
Preglednica 27: Rezultati porabe energije z ukrepom 4.	40
Preglednica 28: Vhodni podatki o notranjih temperaturah zraka.	41
Preglednica 29: Rezultati analize s kombinacijo ukrepov.	41

»Ta stran je namenoma prazna«

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Poraba energije za delovanje stavbe po segmentih.....	31
Grafikon 2: Odstotkovni deleži potrebne energije za delovanje stavbe.....	31
Grafikon 3: Poraba energije za ogrevanje, hlajenje in oba segmenta skupaj.....	34
Grafikon 4: Odstotkovna razlika v porabi energije za ogrevanje in hlajenje simulacij 1 in 2. .	34
Grafikon 5: Odstotkovna razlika med dejansko stavbo in simulacijo 1.....	35
Grafikon 6: Odstotkovna razlika med dejansko stavbo in simulacijo 4.....	39
Grafikon 7: Letna poraba energije za ogrevanje.....	40
Grafikon 8: Poraba energije za ogrevanje in hlajenje za staro in novo stanje.	42

»Ta stran je namenoma prazna«

KAZALO PRILOG

Priloga A: ARHITEKTURNA ZASNOVA.....	A
--------------------------------------	---

»Ta stran je namenoma prazna«

1 UVOD

Otrok lahko vstopi v vrtec že pri starosti enajstih mesecev in ga obiskuje vse do vstopa v šolo. Program se izvaja tako v javnem kot zasebnem vrtcu v dveh ločenih starostnih skupinah (od prvega do tretjega leta in od tretjega leta do vstopa v šolo) ali v kombiniranih oddelkih (od starosti enega leta do vstopa v šolo). Na področju predšolske vzgoje imajo občine v Sloveniji zelo pomembno nalogo, saj morajo stremeti k zagotavljanju zadostnega števila prostih mest in primernih pogojev za bivanje in delo v vrtcih. Avtor L. Pajek magistrskega dela [1] navaja, da stavbni fond za izobraževanje in vzgojo na slovenskem ne zagotavlja varstva vsem otrokom. Vir navaja tudi ugotovitve raziskav, da vrtci večinoma ne izpolnjujejo zahtev za energetske učinkovitost stavb. Vrtci bi morali izpolnjevati tehnične zahteve za učinkovito rabo energije po pravilniku o učinkoviti rabi energije v stavbah, Uradni list RS, št. 52/10, v nadaljevanju PURES [2]. Definicija energetske učinkovitosti stavbe po Energetskem zakonu EZ-1 [3] pomeni izračunano ali izmerjeno količino energije, potrebno za zadovoljevanje potreb po energiji, povezanih z običajno uporabo stavbe, ki med drugim vključuje energijo za ogrevanje, hlajenje, prezračevanje, toplo vodo in razsvetljavo.

1.1 Splošno

Predšolska vzgoja v Sloveniji ni obvezna, urejata jo Zakon o vrtcih ZVrt-UPB2 [4] in Zakon o organizaciji in financiranju vzgoje in izobraževanja [5]. V skladu z omenjenima zakonoma je cilj vzpostaviti mrežo kakovostnih javnih in zasebnih vrtcev, ki zagotavljajo ustrezno okolje in razmere za zdravo in varno otroštvo. V magistrskem delu avtorja S. Glihe [6] so povzete raziskave tako strokovnjakov kot tudi staršev, da je v njihovem pogledu med drugim kakovosten vrtec tak, ki ima ustrezne prostorske pogoje in razmere za varno ter zdravo otroštvo. Pogoji in razmere se identificirajo preko kazalcev na področju prostora in materialov, med katere prištevajo velikost in opremo notranjih prostorov, velikost, dostopnost in opremljenost zunanjih površin ter mikroklimatski pogoji bivanja v stavbi, zlasti temperatura in kakovost zraka ter osvetljenost in osončenost. Področje energije na območju Evropske unije narekujejo zahteve prenovljene direktive o energetske učinkovitosti stavb EPBD-r 2010/31/EU [7]. Pri načrtovanju novih in energetsko prenovljenih vrtcev je treba upoštevati I. del Pravilnika o normativih in minimalnih tehničnih pogojih za prostor in opremo vrtca [8]. Pogosto se dogaja, da so vrtci v stavbah, ki prvotno niso grajene namensko za vrtec. Področje take oblike za ureditev prostorov ureja II. del navedenega pravilnika. Magistrsko delo avtorja L. Pajka [1] navaja problem dotrajanosti stavb, v katerih so vrtci, slabo kakovost vseh parametrov notranjega okolja v stavbah (toplotnega, svetlobnega, zvočnega, notranjega zraka). Slaba kakovost navedenih parametrov lahko rezultira v neudobje, slabo koncentracijo in storilnost uporabnikov, motnje spanja otrok, razdraženost ter bolezni, povezane s stavbo.

1.2 Cilji in zasnova naloge

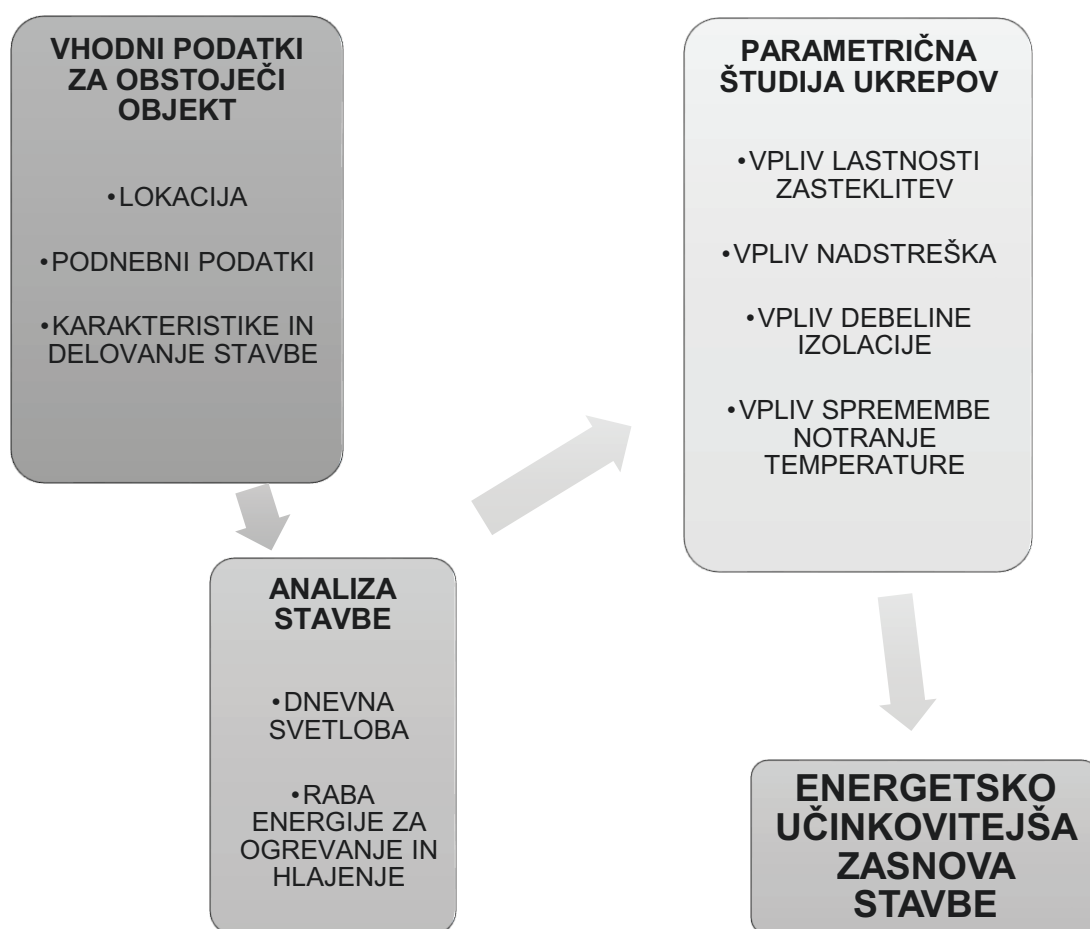
Rezultati raziskav iz Statističnega urada RS [9] kažejo, da število vpisanih otrok v vrtce še narašča, kar vodi v pomanjkanje prostih mest za otroke. V tem magistrskem delu je obravnavan vrtec Mlinček, ki je v medgeneracijskem središču v bližini Naklega. Dokončno zgrajen in predan v uporabo je bil leta 2015. Na primeru vrtca smo želeli preveriti optimalnost posameznih segmentov stavbe s stališča dnevne svetlobe in rabe energije. Cilj dela je bil torej preveriti, kakšen vpliv ima nadstrešek in kako stavba senči sama sebe, analizirati nivo

osvetljenosti z dnevno svetlobo ter preveriti vpliv izbranih parametrov na porabo energije za ogrevanje in hlajenje ter dnevno osvetljenost delovnih površin. Magistrsko delo smo razdelili na posamezna poglavja. V 4. poglavju smo prikazali podatke o objektu in njegovih karakteristikah ter lastnostih. V 5. poglavju smo analizirali obstoječi objekt z gledišča osončenosti, dnevne svetlobe in rabe energije za ogrevanje in hlajenje. Osrednji del naloge predstavlja poglavje 6, v katerem so opisani ukrepi parametrične študije in prikazani rezultati analize z posamezno simulacijo. V 7. poglavju magistrskega dela smo na osnovi rezultatov izvedenih simulacij iz poglavja 6 predstavili primerno varianto zasnove stavbe, ki je energetske bolj učinkovita v primerjavi z dejansko stavbo.

V okviru opisanih ciljev smo predpostavili naslednje hipoteze:

1. igralnice so dobro osvetljene z dnevno svetlobo in ne potrebujejo dodatne umetne razsvetljave,
2. pisarne pozicionirane na vzhodni trakt potrebujejo dodatno umetno razsvetljavo,
3. zaradi daljše ogrevalne sezone v primerjavi s hladilno sezono, bo potrebno več energije za ogrevanje stavbe kot za hlajenje;
4. s predlaganimi ukrepi lahko na obravnavani stavbi znižamo porabo energije vsaj za 10 %.

Slika 1 prikazuje shematski prikaz poteka vsebine magistrskega dela. Na shemi so prikazane bistvene vsebine za preverbo optimalnosti zasnove vrtca Mlinček, ki si sledijo po prikazanem zaporedju na sliki.



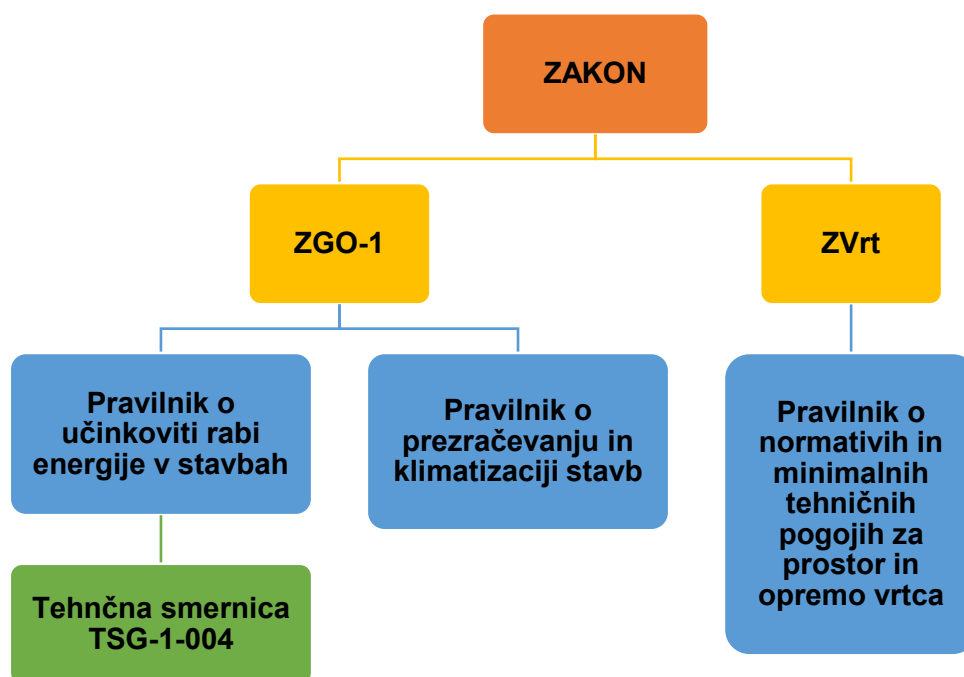
Slika 1: Shematski prikaz glavnih tem magistrskega dela.

2 UPORABLJENA ZAKONODAJA

V poglavju so opisani zakoni, predpisi, pravilniki, tehnična smernica in standardi, na katere se opira magistrsko delo. Mnogi členi so pomembni pri samem načrtovanju in so morali biti zagotovljeni že pri projektiranju, zato jih posebej ne preverjam. S posameznimi vrednostmi in omejitvami se opiramo pri modeliranju in analizah. Ključni dokumenti pri pripravi tega dela so:

- Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah [2],
- Tehnična smernica TSG-1-004 Učinkovita raba energije [10],
- Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb [11] in
- Pravilnik o normativih in minimalnih tehničnih pogojih za prostor in opremo vrtca [8].

Slika 2 shematsko prikazuje hierarhijo najpomembnejših dokumentov, ki smo jih uporabili v magistrskem delu.



Slika 2: Shematski prikaz najpogostejše uporabljene zakonodaje v magistrskem delu.

V Sloveniji je bil v skladu z Direktivo 2010/31/EU [7] leta 2010 in na podlagi Zakona o graditvi objektov (ZGO-1) [12] sprejet Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah [2]. Pravilnik se uporablja za doseganje tehničnih zahtev s področja učinkovite rabe energije pri načrtovanju novih in rekonstrukciji starih stavb. Pravilnik obravnava področje toplotne zaščite, ogrevanja, hlajenja, prezračevanja, razsvetljave in pripravo tople vode. 5. člen Pravilnika o učinkoviti rabi energije v stavbah [2] navaja obvezno uporabo Tehnične smernice TSG-1-004 [10]. V smernici so določene rešitve za doseg zahtev na področju gradnje iz pravilnika PURES [2]. Smernica določa tudi metodologijo za izračun energijskih lastnosti stavb.

Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb [11] določa tehnične zahteve za prezračevanje in klimatizacijo stavb ter tehnične zahteve za mehanske prezračevalne sisteme, če se ti

vgradijo v stavbo. Skladno s pravilnikom se obravnava notranje okolje v smislu kakovosti zraka in toplotnega okolja.

Pravilnik o normativih in minimalnih tehničnih pogojih za prostor in opremo vrtca [8] je podzakonski predpis na področju predšolske vzgoje, ki določa normative in minimalne tehnične pogoje za prostor in opremo vrtca. Izdan je bil na podlagi Zakona o vrtcih ZVrt-UPB2 [4]. Iz njega povzemamo zakonske zahteve s področja kakovosti toplotnega in svetlobnega udobja v prostorih.

Energetska učinkovitost stavbe po PURES-u [2] je dosežena, če sta izpolnjena pogoja v enačbah (1) in (2). To sta koeficient specifičnih transmisij toplinskih izgub H'_T in dovoljena letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe Q_{NH} . Za nestanovanjske stavbe PURES [2] omejitve o potrebni energiji za hlajenje ne predpisuje. Vrednosti, ki vrednotita energetska učinkovitost stavbe sta naslednji:

$$H'_T \leq 0,28 + \frac{T_L}{300} + \frac{0,04}{f_0} + \frac{z}{4} \left[\frac{W}{m^2 K} \right] \quad (1)$$

$$\frac{Q_{NH}}{V_e} \leq 0,32 (45 + 60 \cdot f_0 - 4,4 T_L) \left[\frac{kWh}{m^3 a} \right] \quad (2)$$

kjer je:

- f_0 - faktor oblike [m^{-1}], razmerje med površino toplotnega ovoja stavbe in neto ogrevano prostornino stavbe,
- T_L - povprečna letna temperatura zunanjega zraka [$^{\circ}C$],
- z - razmerje med površino transparentnega in netransparentnega dela stavbnega ovoja.

Pri analizi osvetljenosti smo se v magistrskem delu opirali na mejne vrednosti za nivo osvetljenosti, ki so za vrtec navedene v Pravilniku o normativih in minimalnih tehničnih pogojih za prostor in opremo vrtca [8], za pisarne in konferenčne sobe pa v standardu SIST EN 12464-1:2011 [13]. V Sloveniji je zakonska podlaga s področja dnevne osvetljenosti zelo skopa, kajti v nobenem izmed pravilnikov ni zahtevanih vrednosti o osvetljenosti z dnevno svetlobo, temveč se priporočene vrednosti lahko dosega s kombinacijo dnevne in umetne svetlobe ali celo samo z umetno razsvetljavo.

Preglednica 1: Priporočene vrednosti za nivo osvetljenosti.

ZAKONSKI PREDPIS	NIVO OSVETLJENOSTI	PROSTOR oz. DELOVNA POVRŠINA
Pravilnik o normativih in minimalnih tehničnih pogojih za prostor in opremo vrtca [8]	300 lx	Igralnice
	350 lx	Delovne površine v vrtcih
	500 lx	Prostori za nego otrok
SIST EN 12464-1:2011 [13]	500 lx	Delovne površine v pisarnah in konferenčnih sobah

Pri analizi notranjega toplotnega okolja smo se v magistrskem delu opirali na zakonske zahteve glede vrednosti notranje temperature zraka v skladu s Pravilnikom o prezračevanju

in klimatizaciji stavb [11], standardom SIST EN 15251:2007 [14] in Pravilnik o normativih in minimalnih tehničnih pogojih za prostor in opremo vrtca [8], kot so navedene v preglednici 2.

Preglednica 2: Zakonske zahteve in vrednosti iz standarda za notranjo temperaturo zraka.

ZAKONSKI PREDPIS	PREDPISANA NOTRANJA TEMPERATURA ZRAKA	STAVBA/PROSTOR/ DEJAVNOST
Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb [11]	ČAS OGREVANJA $19\text{ °C} \leq T \leq 24\text{ °C}$ Priporočljivo: $23\text{ °C} \leq T \leq 25\text{ °C}$	Sedeče delo
	ČAS HLAJENJA $22\text{ °C} \leq T \leq 26\text{ °C}$ Priporočljivo: $20\text{ °C} \leq T \leq 22\text{ °C}$	Sedeče delo
SIST EN 15251:2007 [14] za kategoriji I in II glede na PPD	ČAS OGREVANJA I .kat.: $19\text{ °C} \leq T \leq 21\text{ °C}$ II. kat: $17,5\text{ °C} \leq T \leq 22,5\text{ °C}$	Vrtec
	ČAS HLAJENJA I .kat.: $22,5\text{ °C} \leq T \leq 24,5\text{ °C}$ II. kat: $21,5\text{ °C} \leq T \leq 25,5\text{ °C}$	Vrtec
	ČAS OGREVANJA I .kat.: $21\text{ °C} \leq T \leq 23\text{ °C}$ II. kat: $20\text{ °C} \leq T \leq 24\text{ °C}$	Pisarna in konferenčna soba
	ČAS HLAJENJA I .kat.: $23,5\text{ °C} \leq T \leq 25,5\text{ °C}$ II. kat: $23\text{ °C} \leq T \leq 26\text{ °C}$	Pisarna in konferenčna soba
Pravilnik o normativih in minimalnih tehničnih pogojih za prostor in opremo vrtca [8]	ČAS OGREVANJA $T = 20\text{ °C}$	Vrtec (Prostor za otroke)
	ČAS OGREVANJA $T = 23\text{ °C}$	Vrtec (Prostori za nego otrok do 3 let)

Zakonodajo s področja sistemov za ogrevanje, hlajenje in prezračevanje pokriva standard SIST EN 12831:2004 [15] in smo ga potrebovali pri podajanju podatkov za energetska analizo. Podrobneje so predstavljeni v poglavju 4.3. Nekatere energijske lastnosti stavb v magistrskem delu slonijo na osnovi standarda SIST EN ISO 13790:2008 [16] in so v poglavju 4.3 podrobno opisane.

3 BISTVENE ZNAČILNOSTI UPORABLJENIH PROGRAMSKIH ORODIJ

Magistrsko delo temelji na rezultatih, ki so bili pridobljeni s programskimi orodji. Pri analizi klimatskih lastnosti lokacije, kjer se nahaja obravnavana stavba, je bilo uporabljeno prosto dostopno orodje Climate Consultant [17]. Uporabljena je bila različica programa 6.0. Program omogoča grafično predstavitev različnih podatkov, ki so uporabni v namene raziskovanja klimatskih danosti izbrane lokacije. Iz programa smo pridobili podatke o povprečnih mesečnih in letnih temperaturah zraka, relativni vlažnosti ter povprečnem sončnem obsevanju. Podatki iz programa Climate Consultant [17] so pridobljeni za kraj Brnik, ki je od lokacije obravnavane stavbe v Naklem oddaljena 15 km. Iz Atlasa okolja uradne spletne strani Agencije Republike Slovenije za okolje ARSO [18] smo povzeli podatke o povprečnih mesečnih temperaturah, povprečni relativni vlažnosti, povprečnem številu oblačnih dni, padavinah, snežni odeji in povprečnem številu meglenih dni za kraj Brnik, kjer se je nahajala najbližja merilna postaja za območje Naklega. Grafični prikaz o povprečnem številu sončnih ur in količini padavin so pridobljeni za kraj Naklo iz Atlasa okolja [18].

SketchUp [19] je prosto dostopen program za hitro in zelo enostavno izdelovanje modelov v tridimenzionalnem prostoru. Primeren je za načrtovanje tudi zahtevnejših modelov. Program SketchUp [19] služi kot platforma za izvajanje mnogih analiz. Na voljo je mnogo dodatkov in vtičnikov za SketchUp [19], s katerimi lahko izvajamo analize. Z vtičnikom SunHours [20] smo izvedli analizo osončenosti, z vtičnikom Sefaira [21] smo izvedli analizo osvetljenosti in grobo oceno potrebne energije za delovanje stavbe. Energetsko analizo smo izvedli v spletni aplikaciji Sefaira [21]. Aplikacija je uporabna za načrtovanje porabe energije za delovanje stavb tudi zelo zahtevnih modelov in izračuna rezultate mnogih parametrov, na primer potrebno energijo za ogrevanje, hlajenje, prezračevanje, razsvetljavo, količino izpustov CO₂, porabo elektrike in stroške za potrebno energijo. Rezultati analize v aplikaciji Sefaira [21] se v programskem oknu prikazujejo grafično in numerično.

4 PREDSTAVITEV OBJEKTA VRTEC MLINČEK

Vrtec Mlinček je bil dokončno zgrajen in predan v uporabo leta 2015, obratovanje je začel septembra istega leta [22]. V letu 2016/2017 deluje v vrtcu 12 oddelkov. Vrtec deluje kot organizacijska enota pod okriljem javnega zavoda Osnovna šola Naklo. Ustanovitelj OŠ Naklo je Občina Naklo [22]. Slika 3 je fotografija vrtca, ki smo jo izdelali septembra 2016 in prikazuje jugovzhodno fasado s pripadajočo teraso in igriščem okrog stavbe.



Slika 3: Pogled na južno fasado in igrišče [23].

Objekt se nahaja v naselju Krakovo v občini Naklo na parcelni številki 699 in katastrski občini 2096 Naklo [24]. Številka stavbe je 956 [24]. Parcela meri nekaj več kot 6000 m² [24]. Koordinate lokacije stavbe so naslednje: X (N) = 125980 in Y (E) = 447406. Objekt je po klasifikaciji CC-SI [25] uvrščen v razred 1263001 med stavbe za izobraževanje in znanstvenoraziskovalno delo. Objekt ima členjeno tlorsno obliko in ga tvorijo zahodni in vzhodni trakt ter centralni del. Objekt je podkleten le na vzhodnem traktu. Maksimalne dimenzije objekta znašajo 79 m x 29 m [21]. Pritličje je na obodu prekrito z ravno streho. Osrednji del objekta ima etažnost P+1, kjer poteka izmenično eno in dvokapna streha. Prvotna zasnova ravne strehe je predvidevala ravno zeleno streho, kasneje so se odločili za armiranobetonsko streho z lesenim ostrešjem in prodcem. Svetla višina igralnic je 3,3 m [26]. v preglednici 3 so povzeti osnovni podatki o stavbi.

Preglednica 3: Osnovni podatki o stavbi.

Parcelna številka	699
Velikost parcele	6002 m ²
Katastrska občina	2096 Naklo
Koordinate stavbe	X (N) = 125980 in Y (E) = 447406
CC-SI klasifikacija	1263001
Etažnost	zahodni trakt: P centralni del: P+1 vzhodni trakt: K+P (delno podkleten)
Neto tlorsna površina	2604 m ²
Tlorsna površina stavbe v modelu	2272 m ²
Kondicionirana prostornina stavbe	11020 m ³
Kondicionirana prostornina stavbe v modelu brez kleti	9760 m ³
Površina netransparentnih delov stavbe	5035 m ²
Površina transparentnih delov stavbe	611 m ²
Delež transparentnih površin stavbe glede na netransparentne dele stavbe	12 %

4.1 Lokacija

Obravnavani objekt je umeščen v t. i. medgeneracijsko središče Naklega blizu Doma starejših občanov [22]. Občina Naklo leži 5 km od Kranja in je še vedno del Ljubljanske kotline. Vrtec ima lep razgled na okoliške hribe in je neposredno povezan z gozdovi, travniki in polji. Pred vrtcem je urejeno otroško igrišče, parkirišče z 28 parkirnimi mesti in nekaj zelenja. Slika 9 prikazuje satelitska posnetka z makrolokacijo in mikrolokacijo objekta [18]. Iz slike 4 vidimo, da je stavba od prestolnice Slovenije oddaljena 23 km po zračni liniji in da v bližnji okolici stavbe ni drugih objektov in elementov, ki bi senčile objekt. Objekt s svojimi deli senči sam sebe.



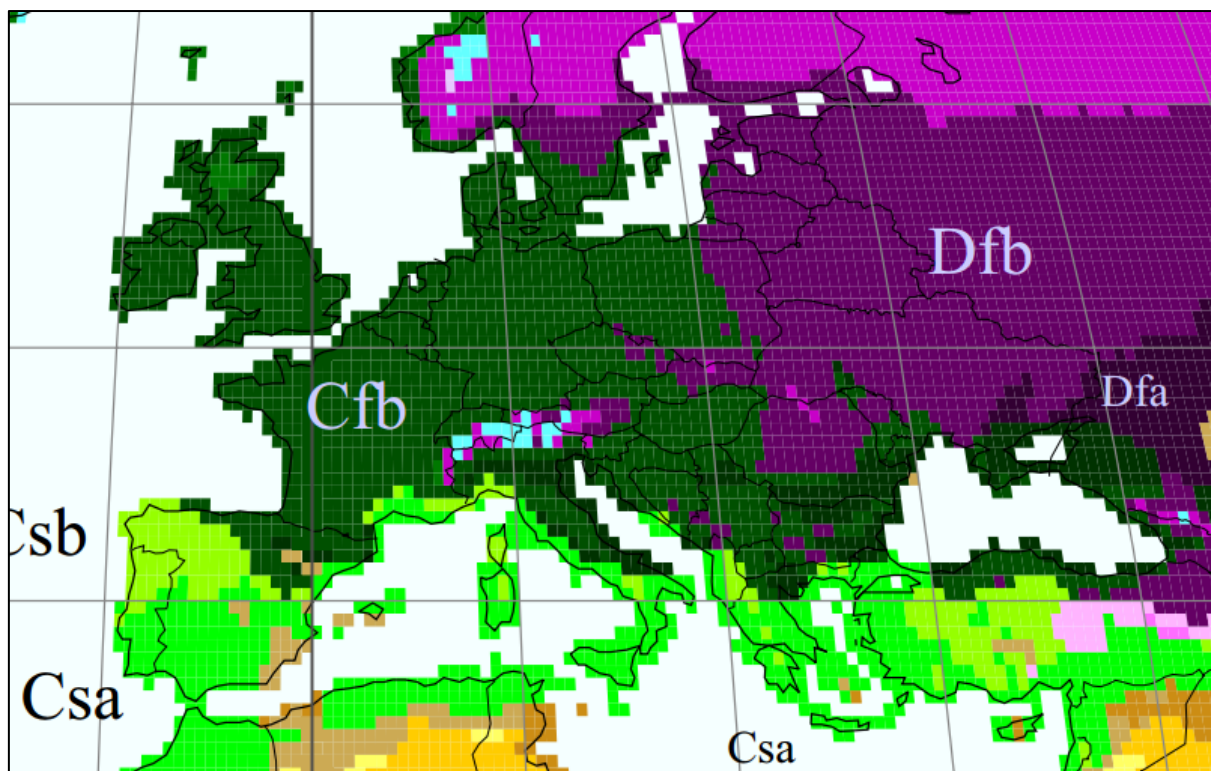
Slika 4: Makrolokacija objekta (levo) in mikrolokacija objekta (desno) [18].

4.2 Podnebni podatki

V tem poglavju so prikazani in opisani klimatski podatki, ki so ključnega pomena za delovanje stavbe. Ključni podatki za načrtovanje stavb in preverjanje delovanja so: zunanje temperature (povprečne mesečne vrednosti in povprečne minimalne in maksimalne temperature), relativna vlažnost in količina padavin. Izredno pomembne so tudi povprečne vrednosti prejetega sončnega sevanja. Geografska lega objekta je bistvena pri načrtovanju stavb na področju energetske učinkovitosti. Od nje je odvisna uporaba senčil, način prezračevanja, orientacije, gabariti in drugih elementi pri načrtovanju stavb in notranjega okolja.

4.2.1 Podnebna klasifikacija

Glede na Köppen-Geigerjevo klasifikacijo podnebje v večjem delu Slovenije kot tudi v Naklem spada v skupino, ki ima zmerno podnebje, vendar ima izrazito temperaturno razliko med poletnimi in zimskimi meseci [27]. Kraj Naklo po omenjeni klasifikaciji sodi v tip C in podtip C_{fb}, ki pomeni zmerno toplo in vlažno podnebje. f je oznaka za podnebje brez sušnih obdobj, oznaka b predstavlja podnebje s toplimi poletji. Na karti iz slike 5 je prikazano področje Slovenije in drugih evropskih držav z označenim pripadajočim podtipom podnebja.



Slika 5: Karta Evrope glede na Köppen-Geigerjevo klasifikacijo podnebja [27].

4.2.2 Temperatura

Iz programa Climate Consultant [17] smo pridobili povprečne mesečne temperature, ki so bile izmerjene na Brniku blizu Naklega. Povprečna letna temperatura zraka leta 2015 je bila 9 °C. Najtoplejši mesec v letu 2015 je bil julij s povprečno mesečno temperaturo 21 °C, najhladnejši pa januar, ko je znašala povprečna mesečna temperatura – 1,5°C. V spomladanskem in jesenskem obdobju so bile povprečne mesečne temperature precej podobne. Aprila in oktobra 2015 je znašala povprečna mesečna temperatura 9 °C. Iz ARSA [28] smo pridobili podatke za kraj Brnik o povprečnih mesečnih temperaturah za obdobje med leti 1971 in 2000. Na preglednici 4 so prikazane povprečne mesečne temperature, povprečne najvišje in najnižje dnevne temperature ter absolutno najvišje in najnižje mesečne temperature. V zadnjem stolpcu so prikazane vrednosti na letni ravni.

Preglednica 4: Podnebni podatki za temperaturo za Brnik [28].

	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec	LETO
povprečna T (°C)	–1,9	–0,5	3,5	7,9	13,2	16,4	18,5	17,8	13,7	8,4	2,9	–1,1	8,2
povprečna najvišja dnevna T (°C)	2,6	5,6	10,4	14,8	20,2	23,2	25,7	25,4	20,9	14,9	7,5	2,9	14,5

se nadaljuje...

... nadaljevanje preglednice 4.

povprečna najnižja dnevna T (°C)	-4,9	-4,1	-0,9	2,7	7,4	10,9	12,7	12,5	9	4,7	-0,2	-3,8	3,8
absolutno najvišja T (°C)	18	20,1	24,6	27	31,2	32,7	36,3	35,6	30	26,6	20,3	15,8	36,3
absolutno najnižja T (°C)	-24,6	-20,5	-21,4	-7,6	-4,7	-0,8	3,2	2,8	-3,8	-9,1	-15,8	-20,8	-24,6

Iz preglednice 4 je razvidno, da je v povprečju najtoplejši mesec julij s temperaturo 18,5 °C in najhladnejši mesec januar s povprečno temperaturo – 1,9 °C. Povprečna letna temperatura za kraj Brnik znaša 8,2 °C.

4.2.3 Relativna vlažnost

Pridobljeni podatki iz programa Climate Consultant [17] kažejo, da je povprečna jutranja relativna vlažnost (RH) v bližini Naklega precej visoka, in sicer v vseh mesecih razen marca je višja od 80 %. Najvišja povprečna RH je oktobra, in sicer okrog 90 %, najnižja dnevna povprečna znaša okrog 48 %, in sicer julija ter avgusta. Na splošno je višja relativna vlažnost torej pozimi. Od oktobra do marca je dnevno nihanje relativne vlažnosti bolj umirjeno, kot v ostalem delu leta, ko so jutra bolj vlažna, popoldne pa se RH zniža in približa vrednosti 50 %. Iz ARSA [28] pridobljeni podatki za Brnik v letih med 1971 in 2000 kažejo, da so ob 7. uri zjutraj povprečne mesečne relativne vlažnosti zelo visoke, saj so v vseh mesecih višje od 86 %. Povprečna letna jutranja temperatura znaša 90 %. Najnižja povprečna mesečna relativna vlažnost ob 14. uri je meseca maja. Letna povprečna relativna vlažnost je 62 %. Med leti 1971 in 2000 je bilo v povprečju na leto kar 104 meglenih dni. Povprečne vrednosti relativnih vlažnosti za kraj Brnik so prikazane v preglednici 5.

Preglednica 5: Podatki o relativni vlažnosti in številu meglenih dni za Brnik [28].

	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec	LETO
povprečna relativna vlažnost ob 7. uri (%)	91	91	91	89	86	86	86	90	95	95	94	92	90
povprečna relativna vlažnost ob 14. uri (%)	77	65	57	53	52	55	53	54	60	66	76	81	62
povprečna relativna vlažnost ob 21. uri (%)	89	85	81	78	79	81	82	84	90	91	91	92	85
število dni z meglo	13,9	8,3	6,2	4	4,3	4,8	4,5	6,9	11,8	12,3	12,5	14,5	104

4.2.4 Sončno obsevanje in število sončnih ur

V viru [29] je navedeno, da znaša povprečno sončno obsevanje na horizontalno površino v Sloveniji več kot 1000 kWh/m². Pridobljeni podatki za Brnik iz programa Climate Consultant [17] kažejo, da je količina vpadne sončne energije med novembrom in januarjem približno petkrat manjša kot v poletnih mesecih. Prav tako je sončno sevanje neenakomerno čez mesec in posamezen dan, odvisno je tudi od vremenskih razmer (jasnosti ali oblačnosti). V področju Naklega in večjem delu osrednje Slovenije znaša povprečno sončno obsevanje na horizontalno površino približno 1200 kWh/m² [29].

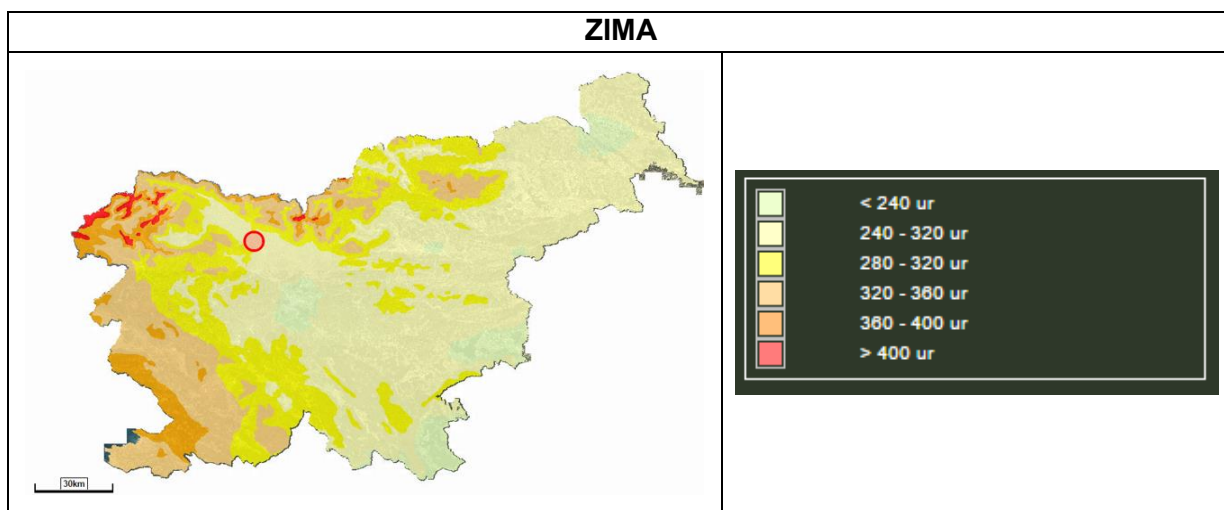
Preglednica 6 je povzeta iz ARSA [28] in prikazuje povprečno trajanje sončnega obsevanja po mesecih in na letni ravni v obdobju med leti 1971 in 2000 za kraj Brnik. Iz preglednice razberemo, da je s soncem najmanj obsevan mesec december, ko je povprečno trajanje sončnega obsevanja 59 ur, kar znese v povprečju 1,9 sončne ure dnevno.

Preglednica 6: Povprečno trajanje sončnega obsevanja za kraj Brnik [28].

	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec	LETO
povprečno trajanje sončnega obsevanja (v urah)	71	107	138	156	205	214	252	240	169	119	67	59	1795

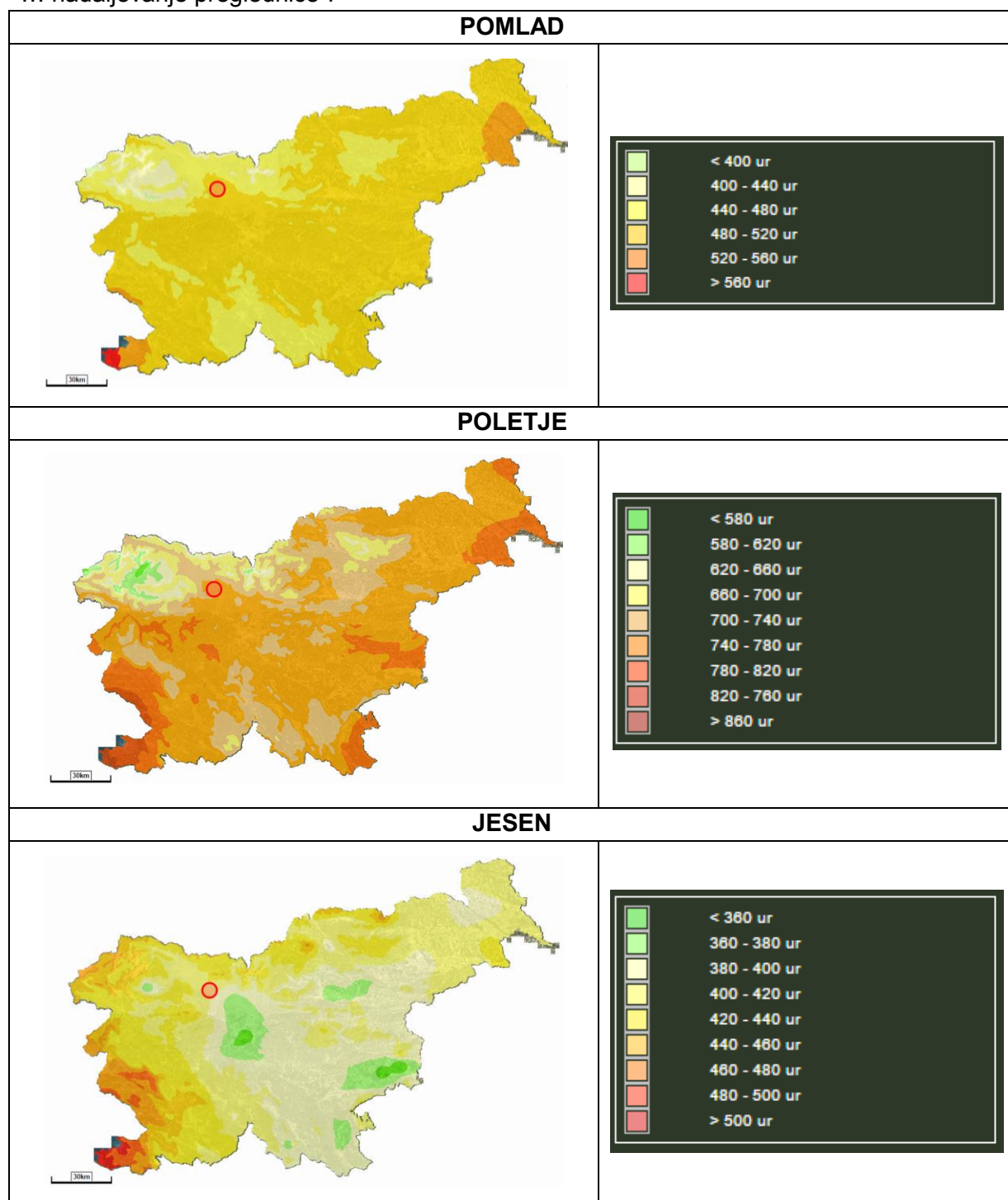
Iz kart, pridobljenih iz Atlasa okolja [18] smo pridobili podatke o povprečnem trajanju sončnega obsevanja za vse štiri letne čase. Na preglednici 7 je prikazana prostorska razporeditev povprečnega trajanja sončnega obsevanja za Slovenijo za vse štiri letne čase. Na mestu, kjer leži rdeča krožnica, se nahaja Naklo in s tem obravnavani objekt. V skladu z legendo, ki pripada kartam smo odčitali, da znaša povprečno trajanje sončnega obsevanja za mesto Naklo pozimi manj kot 240 sončnih ur, spomladi med 480 in 520 ur, poleti med 740 in 780 ur in jeseni med 660 in 700 ur. Podatki so bili pridobljeni za obdobje med leti 1971 in 2000 [18].

Preglednica 7: Povprečno število ur sončnega obsevanja [18].



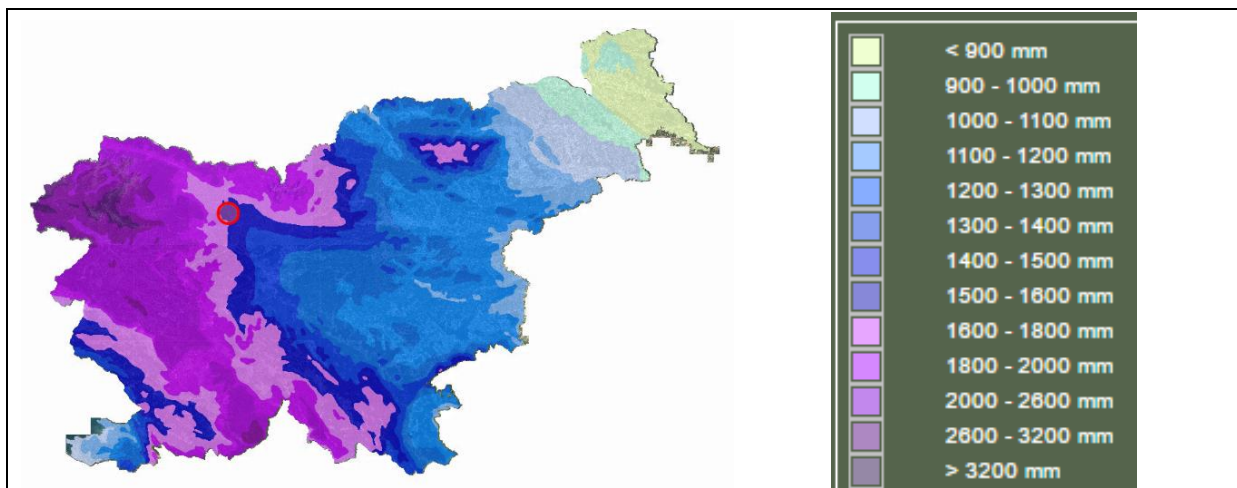
se nadaljuje...

... nadaljevanje preglednice 7



4.2.5 Padavine in snežna odeja

Slika 6 prikazuje povprečno letno višino korigiranih padavin iz Atlasa okolja za Slovenijo med leti 1971 in 2000 [18]. Merjena višina padavin je korigirana zaradi vpliva hitrosti vetra. Iz karte na sliki 6 smo odčitali, da je padlo v Naklem med leti 1971 in 2000 povprečno med 2000 in 2600 mm padavin letno. V Sloveniji so maksimumi padavin v Julijskih Alpah, Kamniško-Savinjskih in na Pohorju, kjer pade okrog 3000 mm in več padavin letno. Rdeča krožnica na karti slike 6 prikazuje območje, kjer se nahaja obravnavani objekt.



Slika 6: Povprečna letna višina korigiranih padavin za Slovenijo [18].

Preglednica 8 je povzeta iz ARSA [28] za kraj Brnik in prikazuje podatke za padavine in snežno odejo.

Preglednica 8: Padavine in snežna odeja za kraj Brnik [28].

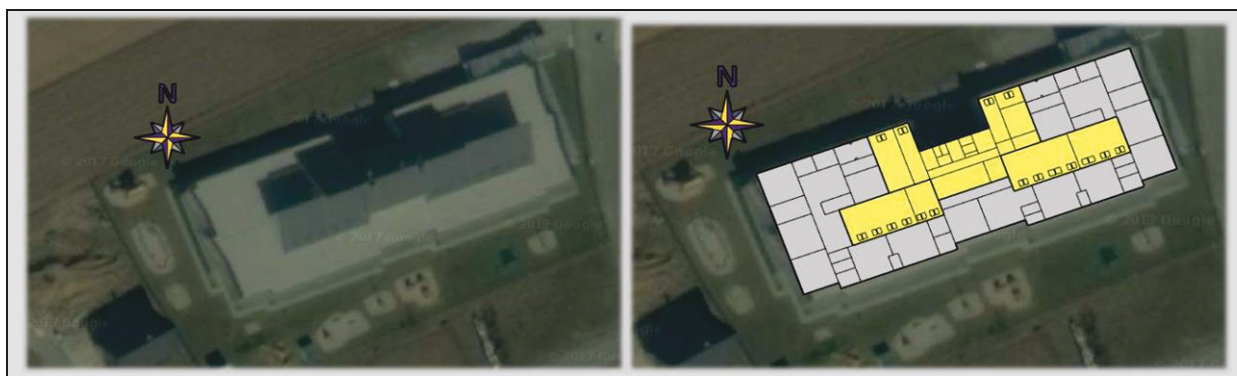
	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec	LETO
povprečna višina padavin (mm)	69	69	89	100	104	153	129	121	128	135	148	100	1346
povprečno število dni z vsaj 0,1 mm padavin	10,8	9,2	10,9	13,3	15,2	15,7	13,6	12,4	11,2	12,4	12,4	11,7	148,9
povprečno število dni z vsaj 1 mm padavin	7,7	6,7	8,1	10	11,3	12	10	9,3	8,7	9,4	8,8	8,3	110,4
povprečno število dni z vsaj 10 mm padavin	2,5	2,3	2,9	3	3,5	4,9	4,1	3,9	4,1	4,8	4,3	3,7	44
povprečno število dni s snežno odejo ob 7. uri	19,1	15,2	8,1	1,1	0,1	0	0	0	0	0	5,2	14,2	62,9
največja višina snežne odeje ob 7. uri	90	67	68	25	7	0	0	0	0	0	39	40	90

Podatki iz preglednice 8 kažejo, da je poleti in jeseni padavin več kot pozimi in spomladi. Letna količina padavin za Brnik znaša skoraj 1350 mm. Največ snega je padlo januarja. Sneženja na Brniku ni bilo med junijem in oktobrom. V kraju Brnik je bilo ob 7. uri zjutraj v povprečju 63 snežnih dni.

4.3 Karakteristike in delovanje stavbe

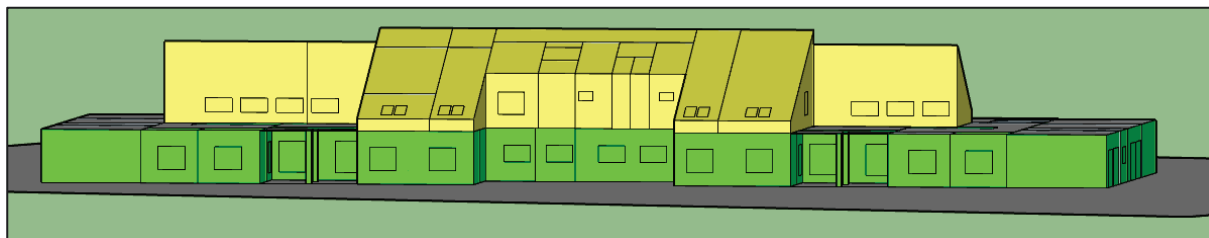
4.3.1 Podatki o conah

Vrtec Mlinček smo za bolj natančno obravnavo razdelili na dve coni in v programu SketchUp [19] zasnovali model objekta na podlagi dimenzij iz projektne dokumentacije [22]. Slika 7 prikazuje tlorisni pogled stavbe iz satelitskega posnetka [23] in tlorisni pogled na model objekta [19].



Slika 7: Tlorisni pogled na vrtec [23] in tlorisni pogled na model objekta.

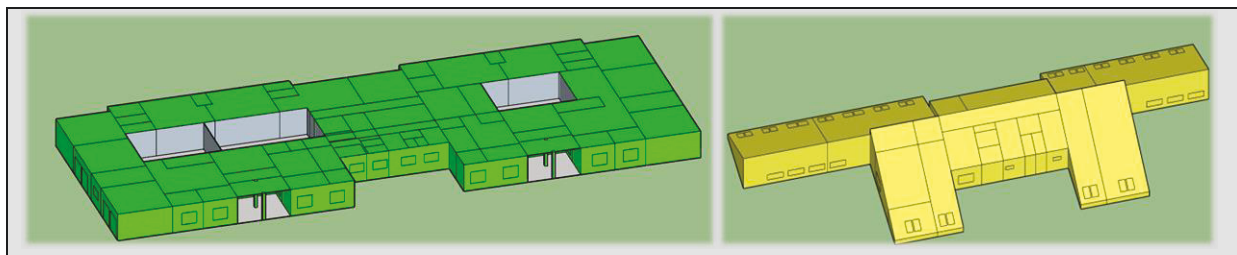
Na sliki 8 je prikazan model obravnavane stavbe, kjer zelena barva predstavlja cono 1, rumena barva cono 2. Prva cona zajema celotno pritličje, ki je ogrevano, hlajeno in prezračevano. V pritličju je 12 igralnic, toaletni prostori, kuhinja, telovadnica, večnamenski prostor, knjižnica in kabineti. Vse igralnice imajo izhod na pokrito teraso. Igralnice za otroke prve starostne skupine so ogrevane na 23 °C, druge starostne skupine pa na 21 °C. Tlorisna površina cone 1 znaša 1857 m². V nadstropju so zbornica, pisarne, garderobe za osebje, kabinet, sejna soba in dve galeriji. V pisarnah znaša notranja temperatura zraka 22 °C. Tlorisna površina cone 2 znaša 415 m².



Slika 8: Model obravnavane stavbe.

Model stavbe gradijo ploskovni elementi brez debeline, podali pa smo jim vhodne podatke o toplotnih prehodnostih, g in LT faktorju zasteklitve. Skladno s standardom SIST EN ISO 13790:2008 [16] bi bili coni lahko združeni v eno toplotno cono, ker je po vsem objektu enaka notranja temperatura, vendar smo se odločili, da bomo za ločeni coni natančneje podali

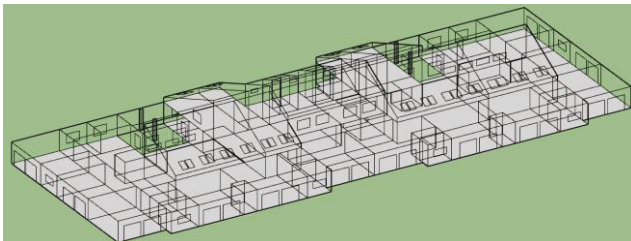
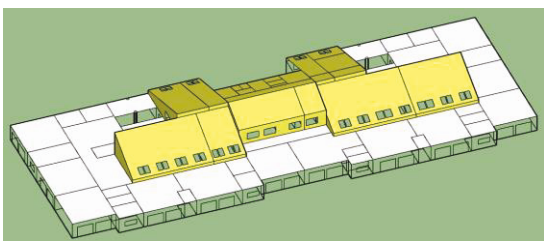
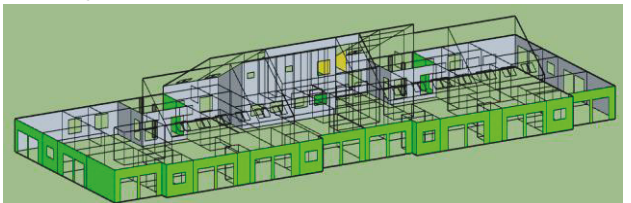
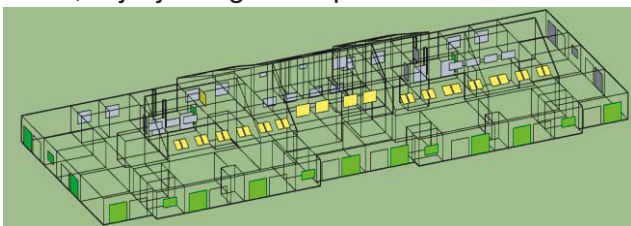
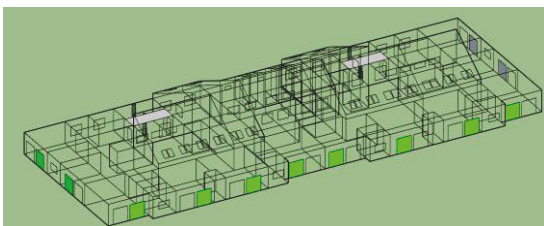
lastnosti o opremi, razsvetljavi, stopnji prezračevanja in obremenitvi uporabnikov, ki so za coni različni. Slika 9 prikazuje ločeno cono 1 in 2 v modelu stavbe.



Slika 9: Cona 1 (levo) in cona 2 (desno).

Ploskovne elemente modela vrtca smo označili glede na njihovo funkcijo in lego v stavbi. Elementi so prikazani v preglednici 9. Pripadajoče lastnosti elementov so prikazane v preglednici 10.

Preglednica 9: Elementi modela.

Tla 	Streha 
Zunanja stena 	Notranja stena 
Okna, ki jih je mogoče odpreti 	Fiksna okna 

V modelu stavbe je izpuščena klet, ki je neto tlorisne površine nekaj manj kot 400 m². V modelu smo klet v prvi vrsti izpustili zato, ker gre na nekondicionirano cono, saj jo uporabniki stavbe dodatno ne ogrevajo in hladijo, zato na račun kleti stavba ne potrebuje dodatne energije za ogrevanja in hlajenje. Klet se ogreva iz notranjih virov, hlajenje pa je urejeno ročno z odpiranjem oken. Klet smo izvzeli iz modeliranja tudi zato, ker je orientirana na severozahodno fasado in prejme zelo malo dnevne osvetljenosti. S svojo konstrukcijo ne senči drugih delov objekta in ne vpliva na dnevno osvetljenost stavbe.

4.3.2 Lastnosti stavbnega ovoja

Podatke o sestavi konstrukcijskih sklopov tal, stene in strehe smo pridobili iz projekta izvedenih del [26]. Toplotno prehodnost tal smo izračunali s programom TEDI [30], toplotni prehodnosti zunanje stene in strehe pa s programom THERM [31]. Izračunane vrednosti smo primerjali z mejnimi vrednostmi po tehnični smernici [10]. V nadaljevanju poglavja so opisani ključni konstrukcijski sklopi s pripadajočimi vrednostmi toplotnih prehodnosti.

Tla

Pritličje objekta je temeljeno na 25 cm debeli armirano betonski plošči. V igralnicah je na tleh nameščen parket, v sanitarijah in kuhinji pa keramika [26]. Izračunana debelina sloja je 1,02 m in toplotna prehodnost $0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$. Tla so ustrezno toplotno izolirana in celoten konstrukcijski sklop ustreza zahtevam tehnične smernice [10], ki predpisuje mejno vrednost toplotne prehodnosti za tla $0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Zunanja stena

Vse zunanje stene objekta imajo podobno sestavo, razlikujejo se le po materialu zaključnega sloja, saj so nekatere nameščene fasadne plošče, nekatere macesnov opaž, nekatere pa silikatni omet. Različni zaključni sloji nimajo bistvenega vpliva na spremembo toplotne prehodnosti. Za analizo smo uporabili najpogostejše uporabljen konstrukcijski sklop zunanje stene s fasadnimi ploščami. Izračunana debelina sloja je 0,60 m in toplotna prehodnost znaša $0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$. Mejna vrednost po tehnični smernici [10] za zunanjo steno znaša $0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$, tako je konstrukcijski sklop zunanje stene ustrezen.

Streha

Po obodu pritličja stavbe je nameščena ravna nepohodna streha. V osrednjem delu stavbe, kjer je stavba etažnosti P+1, je objekt izmenično prekrit z enokapno streho. Izračunali smo, da ima poševna streha ima za $0,02 \text{ W/m}^2\text{K}$ slabšo toplotno prehodnost od ravne strehe, torej višji U faktor. Upoštevamo konstrukcijski sklop strehe, ki ima toplotno prehodnost $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$. Izračunana debelina sloja znaša 0,44 m. Tehnična smernica [10] predpisuje mejno vrednost za strehe $0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Okna na fasadi

Vsa vertikalna okna objekta so proizvajalca M Sora in sicer iz serije Natura 3 [32]. Okna imajo lesen okvir in troslojno zasteklitev proizvajalca stekel Reflex [33]. Prevladujejo okna s toplotno prehodnostjo $U_w = 0,95 \text{ W/m}^2\text{K}$, faktorjem prepustnosti sončnega sevanja $g = 46 \%$, stopnjo prepustnosti svetlobe $LT = 69 \%$ in toplotno prehodnostjo zasteklitve $U_g = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Strešna okna

Strešna okna proizvajalca Velux [34] se nahajajo samo v coni 2 in imajo naslednje lastnosti: toplotno prehodnost $U_w = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$, faktor prepustnosti sončnega sevanja $g = 50 \%$ in stopnjo prepustnosti svetlobe $LT = 69 \%$.

V preglednici 10 so povzete lastnosti elementov modela iz preglednice 9.

Preglednica 10: Parametri ovoja stavbe.

Element	Lastnost elementa	Enota
Zunanja stena	$U = 0,16$	W/m^2K
Tla	$U = 0,25$	W/m^2K
Streha	$U = 0,15$	W/m^2K
Okna na fasadi	$U_w = 0,95$	W/m^2K
	$g = 0,46$	/
	$LT = 0,69$	/
Strešna okna	$U_w = 1,0$	W/m^2K
	$g = 0,50$	/
	$LT = 0,69$	/

4.3.3 Notranja temperatura, urniki in obremenitev stavbe

Vrtec se odpre vsak delovnik ob 6. uri zjutraj in obratuje do 16.30. V popoldanskih urah se telovadnica, ki se nahaja v coni 1, uporablja v športne namene. V letu 2016/2017 obiskuje vrtec 227 otrok in 35 zaposlenih [22]. Med delovniki je maksimalno število uporabnikov v coni 1 257 ljudi, v coni 2 pa 5 ljudi. Ponoči in med vikendi v stavbi ni prisotnih ljudi. Predpostavili smo, da popoldne obiskuje telovadnico vsak dan približno 30 ljudi, kar je približno 10 % vseh uporabnikov cone 1. V večernih urah dela čistilka v coni 2, kar znese ravno tako približno 10 % vseh uporabnikov cone 2. Cona 1 se v povprečju ogreva na 22 °C in hladi na 26 °C ob uporabi objekta. V ogrevalni sezoni je v času neuporabe objekta v stavbi 18°C in v sezoni hlajenja 28 °C. Začetek ogrevalne oz. kurile sezone je računsko določena na podlagi padca zunanje temperature tri večere zaporedoma na +12 °C. Ogrevalna sezona se zaključi, ko zunanja temperatura tri večer zaporedoma presega +12 °C [35]. V podnebju, kjer se nahaja obravnavana stavba, je bil začetek ogrevalne sezone v obdobju med leti 1971 in 2000 ob koncu septembra [28]. Ogrevalna sezona je trajala približno do sredine maja. Sezona hlajenja predstavlja obdobje med majem in septembrom. Urnik delovanja v preglednicah 11 in 12 je prikazan za celoštevilčna urna obdobja, ker tak vnos podatkov zahteva spletna aplikacija Sefaira [21]. Na preglednici 11 so prikazani podatki o notranjih temperaturah in maksimalnem odstotku prisotnih oseb v stavbi v odvisnosti od določenega časovnega obdobja v ogrevalni sezoni.

Preglednica 11: Notranje temperature in odstotek uporabnikov glede na urnik za ogrevalno sezono.

OGREVALNA SEZONA						
obremenitev	Ponedeljek–petek					Sobota in nedelja
Čas [h]	24:00–4:00	4:00–6:00	6:00–17:00	17:00–19:00	19:00–24:00	24:00–24:00
T [°C]	18	18÷22	22	22÷18	18	18
% oseb	0	0	100	10	0	0

Na preglednici 12 so prikazani podatki o notranjih temperaturah in maksimalnem odstotku prisotnih oseb v stavbi v odvisnosti od določenega časovnega obdobja za sezono hlajenja.

Preglednica 12: Notranje temperature in odstotek uporabnikov glede na urnik za sezono hlajenja.

SEZONA HLAJENJA						
obremenitev	Ponedeljek–petek					Sobota in nedelja
Čas [h]	24:00–4:00	4:00–6:00	6:00–17:00	17:00–19:00	19:00–24:00	24:00–24:00
T [°C]	28	28÷26	26	26÷28	28	28
% oseb	0	0	100	10	0	0

4.3.4 Ogrevanje, hlajenje in prezračevanje ter razsvetljava

Stavba se ogreva s talnim gretjem in hladi preko stropnih hladilnih panelov. Vir toplote in hladu je podtalna voda (podtalnica), ki vstopa v objekt preko vrtine. Preko dveh toplotnih črpalk se voda segreva in shranjuje v zalogovniku. V kurilnici objekta sta nameščeni dve toplotni črpalke proizvajalca Kronoterm [36] imenovani voda - voda (TČ voda/voda 65/75 in 70/80). Trenutno grelna število toplotne črpalke (COP faktor) znaša za vgrajeni tip črpalke 5,3 [36]. COP faktor je koeficient učinkovitosti toplotne črpalke, ki je bil izmerjen v laboratoriju. Višje kot je število COP faktorja, učinkovitejša je naprava. V našem primeru torej pomeni, da toplotna črpalke s COP faktorjem 5,3 iz 1 kW električne energije generira 4 kW toplotne energije.

Stavba se prezračuje s centralno prezračevalno napravo z učinkovitim vračanjem odpadnega zraka (rekuperacijo), ki je vgrajena na ozkem pasu podstrešja stavbe. Prezračevanje je avtomatsko vodeno in izkoristek prezračevalne naprave znaša 85 % [26]. Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb [11] zahteva, da se med uporabo objekta zagotovi volumsko izmenjavo zraka vsaj $0,5 \text{ h}^{-1}$, kar pomeni, da se zrak v prostoru zamenja enkrat na dve uri. Za izvedbo simulacij v naslednjih poglavjih smo predpostavili, da znaša volumska izmenjava zraka 1 h^{-1} v času uporabe stavbe. V času neuporabe objekta je potrebno zagotoviti minimalno volumsko izmenjavo zraka $0,2 \text{ h}^{-1}$. V času neuporabe stavbe prezračujemo zato, da se odpravijo emisije, ki jih tvori sama stavba in oprema v njej ter zaradi preprečevanja kondenzacije. Okna se v igralnicah vrtca, pisarnah in v kuhinji po potrebi tudi ročno odpirajo. Pri opazovanju uporabnikov stavbe smo ugotovili, da je ročno odpiranje oken zelo različno, zato smo v analizah predpostavili samo mehanski način prezračevanja. Kuhinja ima ločen sistem prezračevanja (lastno rekuperacijsko napo) [26]. Najmanjši potrebni vtok zunanjega zraka predpisuje Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb [11]. Pravilnik predpisuje minimalno količino zraka v vrtcih $10,1 \text{ m}^3/\text{hm}^2$. Iz priloge pravilnika [11] smo preračunali minimalno potrebno količino svežega zraka za igralnico, vključno z upoštevanjem dodatka zaradi emisij. Predpostavili smo, da igralnica meri 50 m^2 in je v njej 20 otrok ter dva zaposlena. Potrebna količina zraka z upoštevanjem minimalne količine zraka znaša $505 \text{ m}^3/\text{h}$ in posledično $23 \text{ m}^3/\text{h}$ na osebo. Pravilnik [11] za učilnice pri ocenjeni največji gostoti 50 ljudi na 100 m^2 predpisuje količino zraka $30 \text{ m}^3/\text{h}$ na osebo, za pisarne $35 \text{ m}^3/\text{h}$ na osebo. Pravilnik SIST EN 12831:2004 [15] predlaga stopnjo izmenjave zraka za učilnice in seje sobe $2,0 \text{ h}^{-1}$ in za pisarne $1,0 \text{ h}^{-1}$.

Podatkov o vgrajeni razsvetljavi v objektu nam ni uspelo pridobiti, zato smo za izračune uporabili tehnične zahteve za umetno razsvetljavo, ki jo določa PURES [2]. Iz tabele 4 v poglavju 8 tehnične smernice [10] smo povzeli predpisane energijske kriterije razsvetljave. Vrednosti v tabeli 4 tehnične smernice [10] se razlikujejo glede na klasifikacijo stavb po CC-SI [25]. V prostorih, kjer ni stalne prisotnosti uporabnikov, vendar gre za stavbo z večjim številom uporabnikov, morajo elementi osvetlitve imeti senzorje za izklop, to je na primer na hodnikih, stopniščih, kletih in pomožnih prostorih. Hkrati je treba upoštevati Pravilnik o normativih in minimalnih tehničnih pogojih za prostor in opremo vrtca [8], ki predpisuje način osvetljevanja, preprečevanje bleščanja in druge kriterije glede osvetlitve prostora. Tehnična smernica [10] za cono 1, ki predstavlja vrtec, predpisuje maksimalno povprečno gostoto moči razsvetljave 13 W/m^2 . Tehnična smernica [10] za cono 2, ki jo zastopajo predvsem pisarne, predpisuje maksimalno gostoto razsvetljave 11 W/m^2 .

4.3.5 Toplotni dobitki

Notranji toplotni dobitki predstavljajo velik delež energije, ki jo generiramo uporabniki v stavbah s svojim bivanjem in uporabo elektronske opreme ter umetno razsvetljavo. Toplotni dobitki zaradi razsvetljave so zajeti z informacijo o potrebni moči vgrajenih luči oz. gostoto moči razsvetljave v poglavju 4.3.4 tega magistrskega dela.

Toplotne dobitke zaradi elektronske opreme (naprav) smo definirali za vsako cono posebej, ker so odvisni od tipa prostora oz. njegove uporabe. Vrednosti toplotnih dobitkov iz naprav smo definirali ločeno za cono 1 in cono 2. Skladno s standardom SIST EN ISO 13790:2008 [16] smo definirali cono 1 kot prostor za izobraževanje, kjer znaša povprečna generirana toplota zaradi naprav 1 W/m^2 . Za cono 2, ki jo zastopajo pretežno pisarne, predpostavimo vrednost generirane toplote zaradi naprav 3 W/m^2 . Toplotni dobitki z naslova naprav za celo stavbo znašajo 2832 W . Povprečna moč dobitkov notranjih virov zaradi oseb skladno s standardom SIST EN ISO 13790:2008 znaša v prvi coni $7,0 \text{ W/m}^2$ in v drugi coni $4,0 \text{ W/m}^2$ [16].

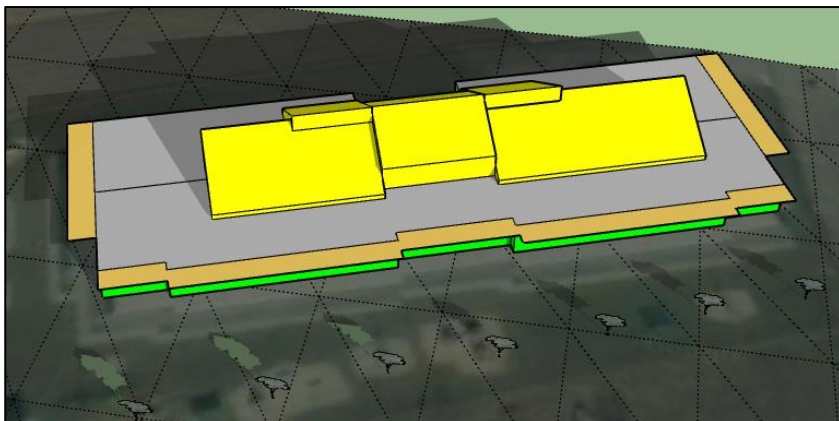
4.3.6 Stopnja infiltracije

Stopnja infiltracije zunanega zraka opisuje vdor zunanega zraka v ogrevan prostor. Vzrok za infiltracijo je netesnost ovoja na račun delovanja vetra zunaj in vzgona v notranjosti stavbe. Stopnja infiltracije vpliva na toplotne izgube skozi ovoj stavbe. Vrtec Mlinček je precej nova stavba in je stopnja infiltracije lahko veliko nižja v primerjavi s kakšno podobno zasnovano stavbo starejše gradnje. Skladno z enačbami v poglavju 9.13.1.1 tehnične smernice [10] smo izračunali stopnjo infiltracije, ki za obravnavano stavbo znaša $0,26 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ pri stopnji prezračevanja 1 h^{-1} .

4.3.7 Senčenje objekta

Vse igralnice imajo izhod na teraso, ki je nadkrita s polikarbonatnim nadstreškom. Na spodnji strani nadstreška je nameščeno tekstilno senčilo, ki se po potrebi razpre do določene globine nadstreška, ob neuporabi se lahko nazaj zapre. Terasa je pogosto v uporabi, saj se otroci v toplih poletnih dneh zadržujejo zunaj in tudi drugače, ko otrokom in vzgojiteljicam deževje prepreči odhod v naravo.

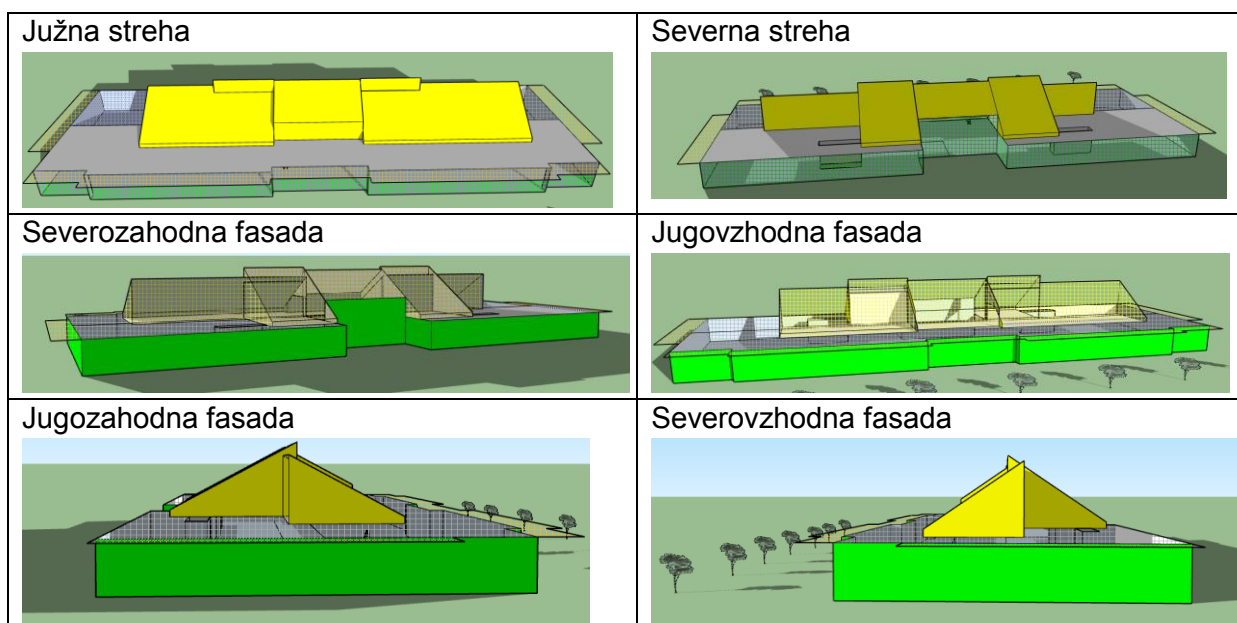
Na vseh transparentnih delih ovoja stavbe so nameščena zunanja senčila. Vertikalna okna senčijo zunanje žaluzije, ki imajo 10 cm široke lamele, strešna okna pa zunanji rolo. Senčenje se vodi ročno, žaluzije se spuščajo in dvigajo do želene višine s pritiskom na stikalo in se premikajo na električen pogon. Naklon lamel se lahko poljubno izbira. Vpliva okoliških objektov na obravnavano stavbo ni. V prihodnosti bodo stavbo minimalno senčila le zasajena drevesa, ki so sedaj še nizka. Na sliki 10 je prikazan model objekta z upoštevanim nadstreškom na severovzhodni, jugovzhodni in jugozahodni fasadi. Nadstrešek ima previs dolžine 2,8 m.



Slika 10: Model objekta z nadstreškom.

4.3.8 Površine modela

Za analizo osončenosti v poglavju 5 je bilo nujno, da smo površine ovoja stavbe smiselno definirali. Na sliki 11 so prikazane posamezne površine v modelu stavbe za vse fasade in streho. Elemente smo definirali in poimenovali glede na orientacijo neba, kot je prikazano ob posamezni površini.



Slika 11: Posamezne površine v modelu.

5 ANALIZA STAVBE

V tem poglavju smo obravnavali osončenost fasad in strehe objekta, osvetljenost delovnih površin z dnevno svetlobo in rabo energije za delovanje stavbe na modelu izhodiščnega primera stavbe. Vhodne podatke za analizo osončenosti, osvetljenosti in rabo energije smo predstavili v poglavju 4. Glede na veliko število oken in velikih odprtih v igralnicah predvidevamo, da bodo rezultati analize osvetljenosti dobri. Pri rezultatih osvetljenosti smo se osredotočili na igralnice v coni 1 in pisarne ter konferenčno dvorano v coni 2. Rezultate porabe energije smo pridobili s simulacijo modela stavbe v spletni aplikaciji Sefaira [21]. Zanimala nas je potreba po energiji za ogrevanje, hlajenje, razsvetljavo, prezračevanje in elektronsko opremo v stavbi. Predvidevali smo, da bo stavba največ energije potrebovala za ogrevanje in velik delež za hlajenje. Razsvetljava je v Sefairi [21] definirana glede na urnike obratovanja v posameznih conah in ne glede na dejansko osvetljenost, zato se bistveno nismo posvečali potrebni energiji za razsvetljavo. Preverjali smo tudi odstotkovne deleže rabe energije po posameznih segmentih (ogrevanje, hlajenje, prezračevanje, umetna razsvetljava, oprema, delovanje toplotnih črpalk).

5.1 Osončenost

Osončenost stavbe smo izvedli z analizo trajanja sončnega obsevanja na posamezno površino stavbe. Površine, ki so obravnavane, so vse fasade, ravna in poševna streha. Streho smo za lažjo in bolj natančno obravnavo razdelili na južno in severno streho, kot prikazuje slika 35. Sprva smo izvedli analizo osončenosti brez upoštevanja nadstreška, nato smo izvedli analizo osončenosti na modelu z nadstreškom. Ugotovili smo, da se je na jugovzhodni fasadi poleti, ko je sonce najvišje na nebu, osončenost zmanjšala za kar 4 ure dnevno. Na jugozahodni in severovzhodni fasadi je bila razlika manjša. V prvi vrsti smo izvedli osončenost dejanskega objekta za mesece marec, junij in december. Predpostavili smo, da so podatki za marec in september identični, vrednosti za vmesne mesece pa smo izračunamo z linearno interpolacijo. Predpostavili smo tudi, da imamo spomladi maksimalno 11 ur sončnega sevanja, junij 14 ur in decembra 8 ur. Z analizo smo dobili dejanske osončenosti. Za izračun maksimalne potencialne osončenosti smo potrebovali referenčni objekt, ki ne senči svojih delov objekta. Referenčni objekt predstavlja model kvadra, ki ima enako orientacijo kot obravnavana stavba in ima njene maksimalne dimenzije. V preglednici 13 so zbrani rezultati s povprečnim številom sončnih ur, ki pripadajo posamezni površini za obravnavano stavbo. Podane so povprečne mesečne osončenosti in osončenost na letni ravni.

Preglednica 13: Povprečno število sončnih ur po posameznih površinah.

DAN	POVPREČNA OSONČENOST	SZ FASADA		JV FASADA		SV FASADA		JZ FASADA		S STREHA		J STREHA	
		kvader	vrtec	kvader	vrtec	kvader	vrtec	kvader	vrtec	kvader	vrtec	kvader	vrtec
21.3.	☀	2,4	2,1	9,6	4,6	5,1	4,0	7,0	5,4	10,9	9,1	10,9	10,3
	[%]	21,8	19,1	87,3	41,8	46,4	36,4	63,6	49,1	99,1	82,7	99,1	93,6

se nadaljuje...

...nadaljevanje preglednice 13

21.6.	[h]												
	[%]	42,1	42,1	67,9	26,4	53,6	39,3	57,9	40,7	99,3	77,1	99,3	90,7
21.12.	[h]	5,8	2,6	8,0	5,9	3,5	3,5	5,8	4,3	8,0	5,0	8,0	7,8
	[%]	72,5	32,5	100	73,8	43,8	43,8	72,5	53,8	100	62,5	100	97,5
LETO	[h]	4,7	3,5	9,0	4,7	5,4	4,3	7,0	5,1	10,9	8,3	10,9	10,3
	[%]	45,5	31,2	85,0	47,3	47,9	39,8	64,7	47,9	99,5	74,1	99,5	94,0

Iz rezultatov iz preglednice 13 je razvidno, da je severozahodna fasada vrtca najslabše osončena med vsemi površinami, saj znaša povprečna letna osončenost 3,5 ure dnevno. Najboljše je osončena južna streha z 10,3 sončnimi urami dnevno, sledi ji severna streha z 8,3 sončnimi urami dnevno. Severna streha je junija osončena v povprečju kar 10,8 ur na dan. Najboljše rezultate na mesečni ravni dosega južna streha in sicer decembra, ko je osončena kar 97,5 % vsega časa, ko je sonce na nebu. Objekt kvader ima osončeno ves čas (100 %) jugovzhodno fasado in južno ter severno streho decembra.

Razmerje med dejansko in maksimalno potencialno osončenostjo površine je t. i. faktor senčenja $F_{sh,ob}$, ki pomeni vpliv senčenja lastnih delov objekta. Faktor senčenja pove, za koliko odstotkov se zmanjšajo maksimalni sončni dobitki na posamezno površino zaradi vpliva senčenja. Okoliških objektov, ki bi senčili obravnavano stavbo ni, zato gre vse senčenje pripisati zasnovi stavbe. Preglednica 14 vsebuje podatke o faktorjih senčenja za posamezne obravnavane površine.

Preglednica 14: Faktorji senčenja po posameznih površinah.

mesec	SZ FASADA	JV FASADA	SV FASADA	JZ FASADA	S STREHA	J STREHA
JANUAR	0,59	0,79	0,93	0,77	0,69	0,96
FEBRUAR	0,73	0,64	0,86	0,77	0,76	0,95
MAREC	0,88	0,48	0,78	0,77	0,83	0,94
APRIL	0,92	0,45	0,77	0,75	0,82	0,93
MAJ	0,96	0,42	0,75	0,73	0,80	0,92
JUNIJ	1,00	0,39	0,73	0,70	0,78	0,91
JULIJ	0,96	0,42	0,75	0,73	0,80	0,92
AVGUST	0,88	0,44	0,77	0,74	0,81	0,92
SEPTEMBER	0,88	0,48	0,78	0,77	0,83	0,94
OKTOBER	0,73	0,57	0,86	0,76	0,76	0,95
NOVEMBER	0,59	0,65	0,93	0,75	0,69	0,96
DECEMBER	0,45	0,74	1,00	0,74	0,63	0,98
letno povprečje	0,80	0,54	0,83	0,75	0,77	0,94

Največji faktor senčenja in s tem najmanjši vpliv senčenja ima južna streha. Na južni strehi je faktor $F_{sh,ob}$ vse mesece višji od 0,9, kjer je najvišji decembra. Letni povprečni faktor senčenja znaša 0,94. Zmerno visoke vrednosti faktor dosega tudi na severovzhodni fasadi, kjer

decembra nadstrešek nima nobenega vpliva na senčenje igralnic. Takrat je vrednost faktorja senčenja 1,0.

Na južni strani objekt bistveno senči sam sebe z nadstreškom v pritličju. Jugovzhodna fasada ima namreč povprečno letno vrednost faktorja senčenja 0,54. Najnižje vrednosti faktorja senčenja so poleti (0,39) in nato naraščajo proti zimi, kar pomeni, da ima nadstrešek na fasado največji vpliv poleti, ko je sonce visoko na nebu. Jugo zahodna fasada in južna streha imata najbolj enakomeren razpored faktorja senčenja čez leto.

Severna streha je pričakovano slabše osončena od južne zaradi geografske lege objekta na Zemlji. Na ravni strehi brez ovir bi junija faktor senčenja znašal 1,0, na severni strehi pa znaša faktor le 0,78. Iz rezultata sledi, da se na račun navpičnih delov strehe objekta, drastično zniža faktor senčenja, in s tem poveča vpliv senčenja. Faktorji senčenja za severno streho so najvišji marca in septembra, ko znašajo 0,83. Situacija na severozahodni fasadi je precej razgibana, saj se vrednost faktorja senčenja giblje od 0,45 pozimi do 1,0 poleti. Junija, ko je sonce najvišje na nebu, sta tako vrtec in kvader enako osončena in vpliva senčenja ni.

5.2 Analiza dnevne osvetljenosti

Analiza osvetljenosti izhodiščnega primera je potekala na objektu brez nadstreška in senčil, zato da smo imeli maksimalni vpad sončnega sevanja. Vpliva zunanjih žaluzij na vertikalnih oknih in rolojev na strešnih oknih tudi nismo preverjali. Na objektu namreč ni avtomatsko vodenega sistema za senčenje in bi vpliv senčil, ki se jih uporablja po potrebi, imel veliko slabši vpliv na dejansko osvetljenost z dnevno svetlobo.

V coni 1 smo predpostavili delovno površino na otroški mizici, ki se nahaja približno 0,55 m merjeno od tal navpično gor. V coni 2, kjer so pisarne, smo predpostavili delovno površino na višini 0,85 m.

Sefaira [21] izvaja zelo natančne analize stavb, ker v ozadju uporablja datoteko klimatskih podatkov, imenovano EnergyPlus Weather file format (.epw) [37]. Datoteka epw vsebuje podatke o vremenu za vse ure in dni v letu in je dostopna na mnogo lokacij po svetu. Vremenski podatki vključujejo:

- informacijo o lokaciji,
- zunanje temperature, relativno vlažnost in entalpijo,
- podatki o vetru in
- podatki o sončnem sevanju.

Analizo osvetljenosti smo izvedli za štiri kritične dni v letu in sicer 21. marec, 21. junij, 21. september in 21. december. Za vse kritične dni v letu smo preverili nivo dnevne osvetljenosti ob 9. uri zjutraj in ob 13. uri popoldan.

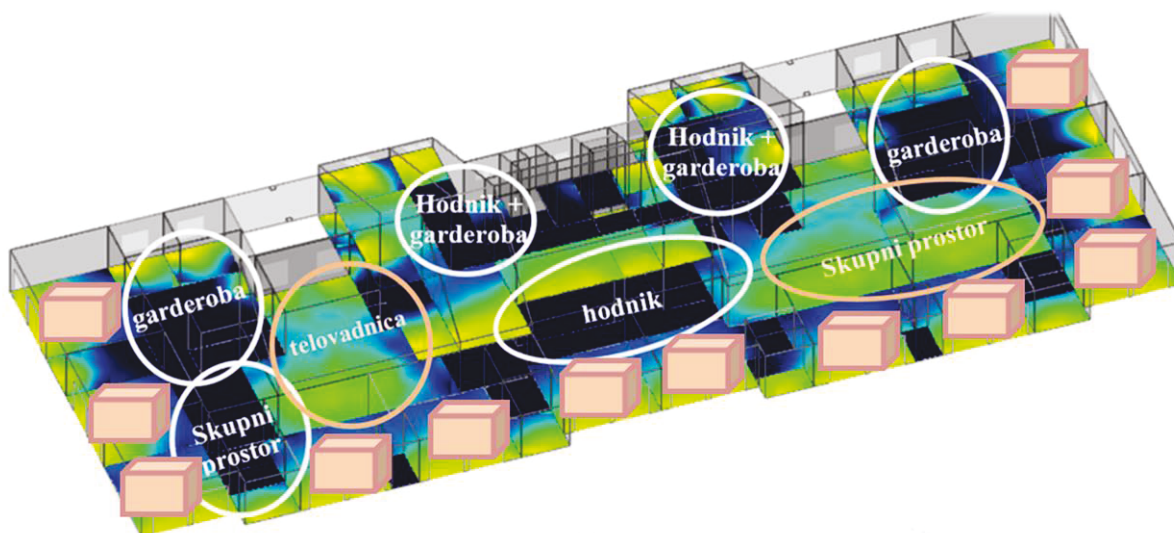
Z analizo osvetljenosti v vtičniku Sefaira [21] smo pridobili rezultate osvetljenosti delovnih površin v enotah lux ali skrajšano [lx]. Analiza omogoča tudi dve dodatni metriki za določevanje osvetljenosti prostorov, con ali celotne stavbe na letni ravni z dnevno svetlobo [38]. Metriki sta:

- sDA (angl. *spatial daylight autonomy*) ali prostorska avtonomija dnevne osvetljenosti, ki opisuje, kolikšna površina prostora prejme vsaj 300 lx vsaj 50 % časa uporabe in
- ASE (angl. *annual sunlight exposure*) ali celoletna izpostavljenost soncu, ki prikazuje odstotek vseh ur skozi celo leto, ko je površina izpostavljena direktni sončni komponenti z osvetljenostjo nad 1000 lx za vsaj 250 ur zasedenosti stavbe.

Previsoke vrednosti metrike ASE lahko vodijo v bleščavost površin, saj v tem primeru prostor dobi preveč direktne sončne komponente in posledično moti vizualno okolje. Visok delež direktnega sončnega sevanja v poletnem času vpliva tudi na večjo porabo energije za hlajenje.

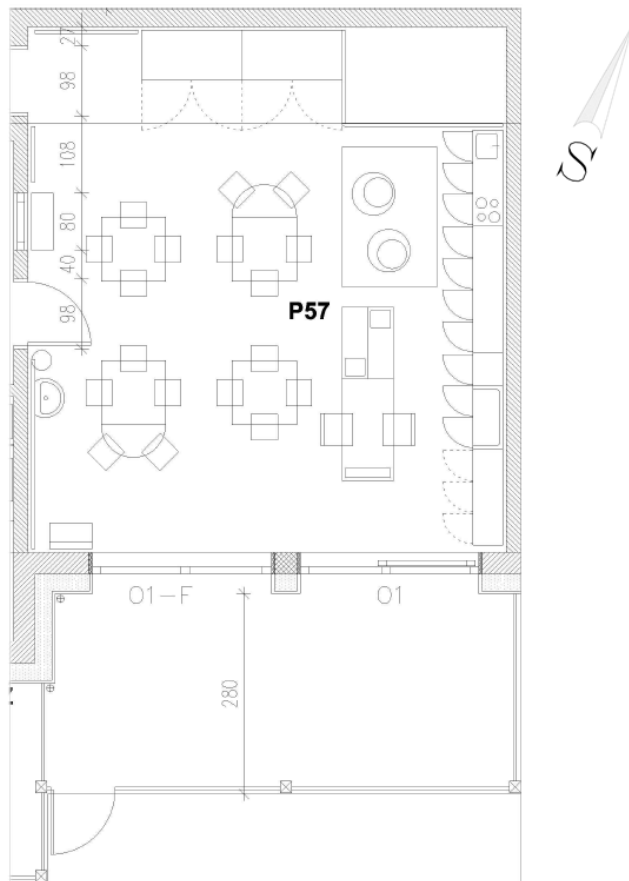
Metrika sDA nima zgornje meje na ravni osvetljenosti in lahko generalno dobimo slabe rezultate, kljub temu, da se vrednosti osvetljenosti gibljejo čisto malo pod vrednostjo 300 lx. Nekakšen cilj pri načrtovanju stavb in preverjanju zasnove z gledišča dnevne svetlobe je maksimirati sDA in hkrati imeti ASE pod nadzorom (recimo s senčili).

Na sliki 12 so prikazani glavni prostori cone 1 s stališča osvetljenosti. Kvadri rožnate barve predstavljajo igralnice, ostali prostori cone 1 so opisani v ovalnih likih.



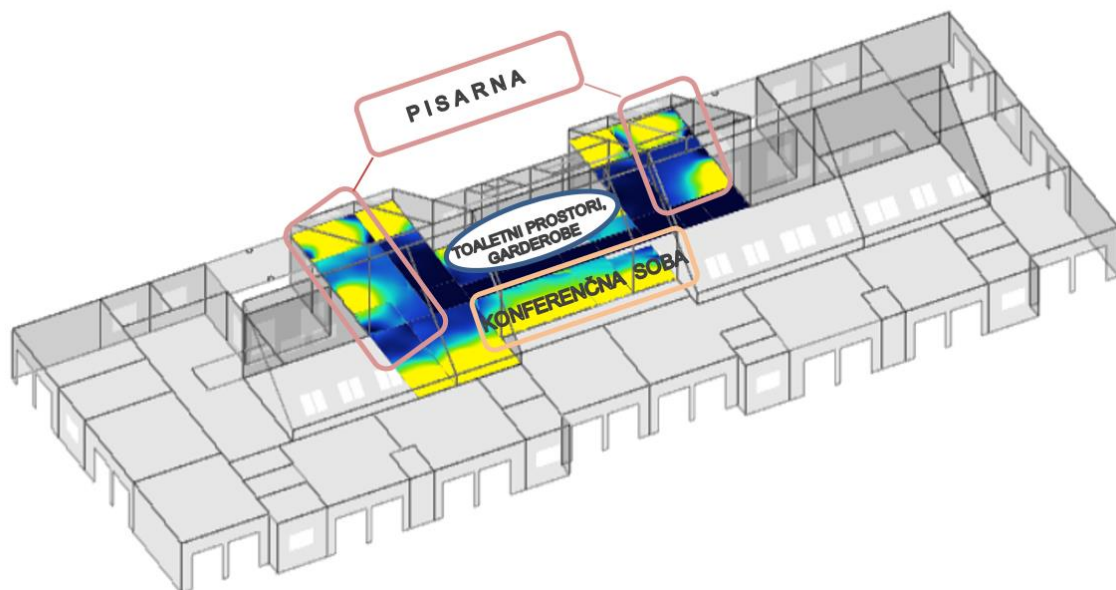
Slika 12: Cona 1 z bistvenimi prostori.

Na sliki 13 je prikazan tloris tipične igralnice in terase pred igralnico. Na sredini igralnice je postavljena ena linija mizic, od sredine igralnice proti oknu je postavljena druga linija mizic, ki predstavljajo horizontalno delovno površino cone 1. Mizice služijo za ustvarjanje in prehranjevanje. Notranjost igralnice je namenjena počitku in spanju otrok.



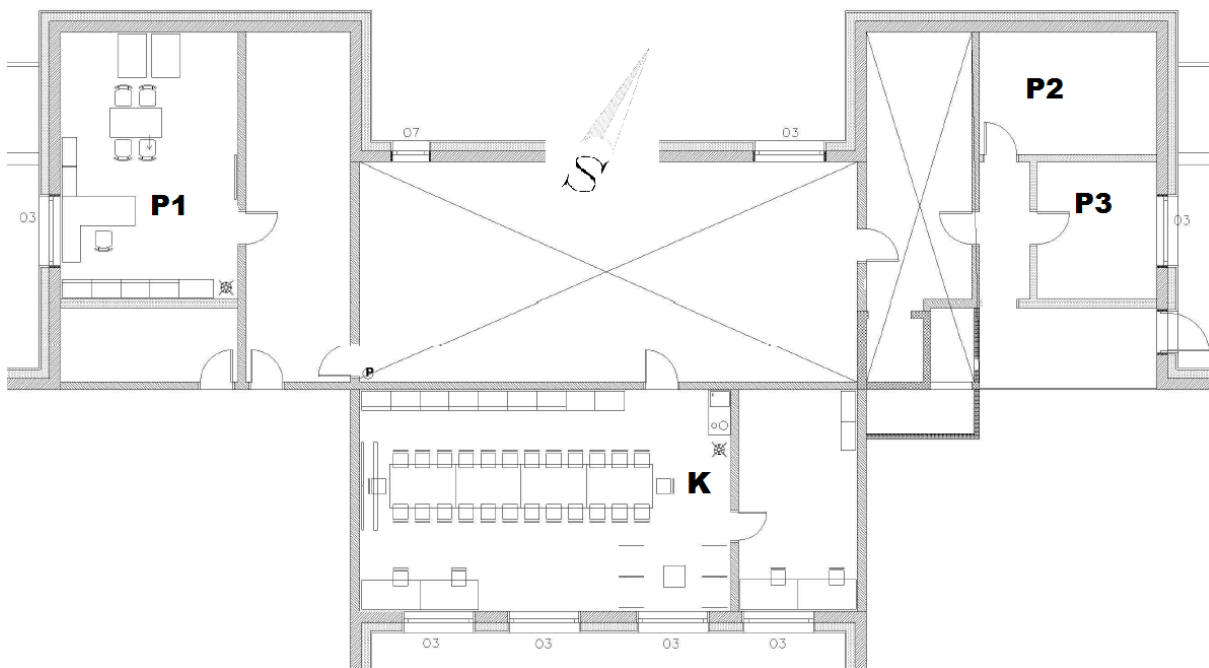
Slika 13: Tipična igralnica na jugovzhodni strani [26].

Pisarne v con 2 so orientirane na severozahod, velika konferenčna dvorana pa na jugovzhod, kot jih prikazuje slika 14. Cono 1 in cono 2 povezuje dvojno stopnišče.



Slika 14: Cona 2 z bistvenimi prostori.

Slika 15 prikazuje del tlorisa cone 2, kjer so označene tri pisarne in konferenčna dvorana. Pisarne imajo na tlorisu, ki je prikazan na sliki 15 oznake P1, P2 in P3, konferenčna dvorana ima oznako K. Na severozahodno stran so obrnjene tudi garderobe za zaposlene in toaletni prostori. Navedeni prostori so na tlorisu iz slike 15 označeni s prekržanimi črtami in niso pomembne za analizo dnevne osvetljenosti.



Slika 15: Tloris pisarn in konferenčne dvorane [26].

Na preglednicah 15, 16 in 17 so prikazani rezultati osvetljenosti z dnevno svetlobo za posamezno cono in za kritične dni v letu. Rezultati osvetljenosti so prikazani z barvami, kjer vsaka barva predstavlja določeno vrednost osvetljenosti na izbrani delovni površini, kjer:

- črna barva prikazuje vrednost osvetljenosti 0 lx,
- temno modra barva prikazuje vrednost osvetljenosti 200 lx,
- svetlo modra barva prikazuje vrednost osvetljenosti 400 lx,
- zelena barva prikazuje vrednost osvetljenosti 600 lx in
- rumena barva prikazuje vrednosti osvetljenosti višje ali enake 800 lx.

Preglednica 15 prikazuje nivo dnevne osvetljenosti na delovni površini v coni 1.

Preglednica 15: Osvetljenost delovnih površin v coni 1.

CONA 1		
	0 200 400 600 800+	
Dnevna osvetljenost delovne površine [lx]	21. marec ob 9. uri 	21. marec ob 13. uri
Dnevna osvetljenost delovne površine [lx]	21. junij ob 9. uri 	21. junij ob 13. uri
Dnevna osvetljenost delovne površine [lx]	21. september ob 9. uri 	21. september ob 13. uri
Dnevna osvetljenost delovne površine [lx]	21. december ob 9. uri 	21. december ob 13. uri

Rezultati analize osvetljenosti z dnevno svetlobo v coni 1 iz preglednice 15 kažejo, da je vrednost osvetljenosti v liniji ob oknih celo leto višja od 800 lx. Na vseh delovnih površinah v igralnicah je junija in septembra vrednost osvetljenosti več kot 800 lx, marca so mizice v sredini igralnic še primerno osvetljene, saj znaša rezultat osvetljenosti več kot 400 lx, decembra pa so primerno osvetljene le prve mizice ob oknih. Za mizice v sredini igralnic je vrednost osvetljenosti med 200 lx in 400 lx. Ob sončnem vremenu je nivo osvetljenosti na mizicah, ki ga predpisuje pravilnik [8] v sredini igralnic najbrž zagotovljen samo z dnevno svetlobo, ob oblačnem vremenu je najbrž potrebno dodati umetno razsvetljavo. Navedenemu dokazuje tudi fotografija igralnice, ki je bila posneta 21. septembra ob 10. uri pri oblačnem nebu. Fotografija igralnice je prikazana na sliki 17.



Slika 16: Fotografija igralnice 21. septembra 2016 [19].

Iz rezultatov v preglednici 14 smo primerjali nivo osvetljenosti zjutraj in popoldne. Iz rezultatov vidimo, so igralnice:

- marca po globini prostora bolje osvetljene popoldne,
- junija zjutraj in popoldne osvetljene enako,
- septembra po globini bolje osvetljene zjutraj,
- po globini decembra bolje osvetljene popoldne.

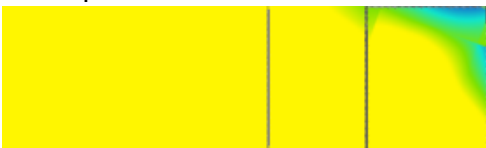
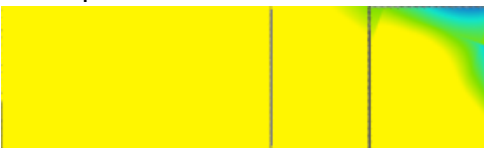
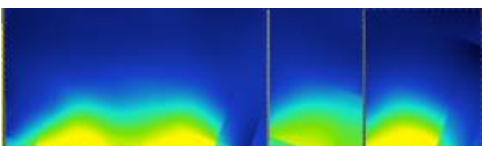
Preglednica 16 prikazuje nivo dnevne osvetljenosti za delovno površino konferenčne dvorane v coni 2, kot jo definira oznaka K na sliki 15.

Preglednica 16: Osvetljenost delovne površine v konferenčni dvorani.

KONFERENČNA DVORANA V CONI 2						
		0	200	400	600	800+
Dnevna osvetljenost delovne površine [lx]	21. marec ob 9. uri			21. marec ob 13. uri		
Dnevna osvetljenost delovne površine [lx]	21. junij ob 9. uri			21. junij ob 13. uri		

se nadaljuje...

...nadaljevanje preglednice 16

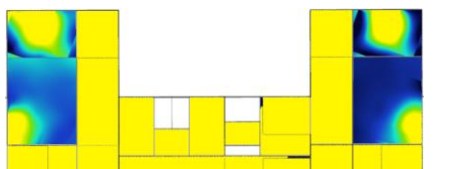
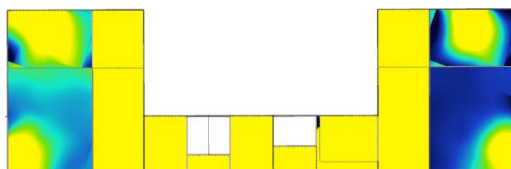
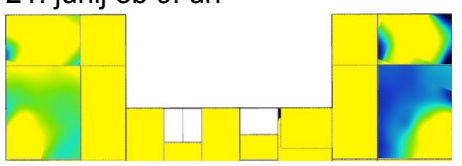
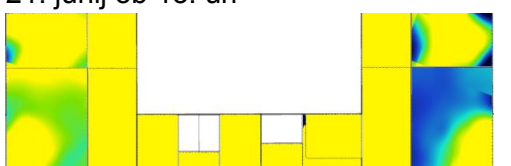
Dnevna osvetljenost delovne površine [lx]	21. september ob 9. uri 	21. september ob 13. uri 
Dnevna osvetljenost delovne površine [lx]	21. december ob 9. uri 	21. december ob 13. uri 

Na delovnih površinah konferenčnih dvoran mora biti vrednost osvetljenosti skladno s pravilnikom [8] vsaj 500 lx. Rezultati dnevne osvetljenosti iz preglednice 16 za konferenčno dvorano kažejo, da:

- je osvetljenost na delovni površini junija in septembra zadoščena z dnevno svetlobo, saj nivo osvetljenosti presega 600 lx,
- je osvetljenost junija in septembra višja popoldan kot zjutraj,
- je marca nivo osvetljenosti v polovici konferenčne dvorane od sredine proti oknom višja od 600 lx, vendar se delovna miza, ki predstavlja delovno površino, nahaja globlje v prostoru in je zato na mestu potrebno zagotoviti ustrezno osvetljenost s kombinacijo umetne razsvetljave skladno s TSG [10],
- je decembra vrednost osvetljenosti na mestu delovne površine 200 lx in bo na tem mestu potrebno zagotoviti primerno osvetljenost z umetno razsvetljavo.

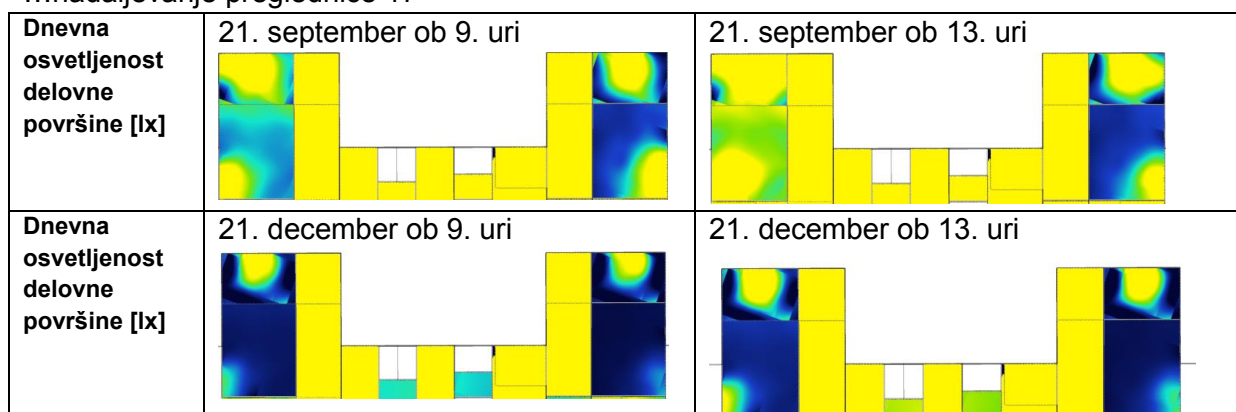
Preglednica 17 prikazuje nivo dnevne osvetljenosti za delovno površino treh pisarn v coni 2, kot jo definirajo oznake P1, P2 in P3 na sliki 15. V celoti rumeno obarvane površine v preglednici 17, bele in zelene površine so bile pri analizi ignorirane in ne pomenijo nivoja osvetljenosti.

Preglednica 17: Osvetljenost delovne površine v pisarnah.

PISARNE V CONI 2					
	0	200	400	600	800+
Dnevna osvetljenost delovne površine [lx]	21. marec ob 9. uri		21. marec ob 13. uri		
					
Dnevna osvetljenost delovne površine [lx]	21. junij ob 9. uri		21. junij ob 13. uri		
					

se nadaljuje...

...nadaljevanje preglednice 17



Na delovnih površinah pisarn mora znašati vrednost osvetljenosti skladno s pravilnikom [8] vsaj 500 lx. Rezultati dnevne osvetljenosti iz preglednice 17 za pisarne kažejo, da:

- je na splošno pisarna 1, ki je pozicionirana na zahodnem traktu stavbe bolje osvetljena od pisarn 2 in 3 na vzhodnem traktu,
- je osvetljenost na delovnih površinah pisarne 1 marca, junija in septembra višja od 600 lx, izjemoma je vrednost osvetljenosti na mestu računalniške mize decembra zjutraj okrog 200 lx,
- je marca, junija in septembra na delovnih površinah pisarn 2 in 3 nivo osvetljenosti višji od 600 lx in se prostore lahko osvetljuje samo z dnevno svetlobo,
- je nivo osvetljenosti v pisarni 3 decembra nizka in sicer znaša v večjem delu prostora 200 lx in le tik ob oknu preseže vrednost osvetljenosti 600 lx.

V preglednici 18 so prikazani rezultati dnevne svetlobe za delovno površino cone 1 in cone 2 ter stavbe kot enote, ki so bile izmerjene z metrikama sDA in ASE v vtičniku Sefaira [21].

Preglednica 18: Osvetljenost delovnih površin z dnevno svetlobo.

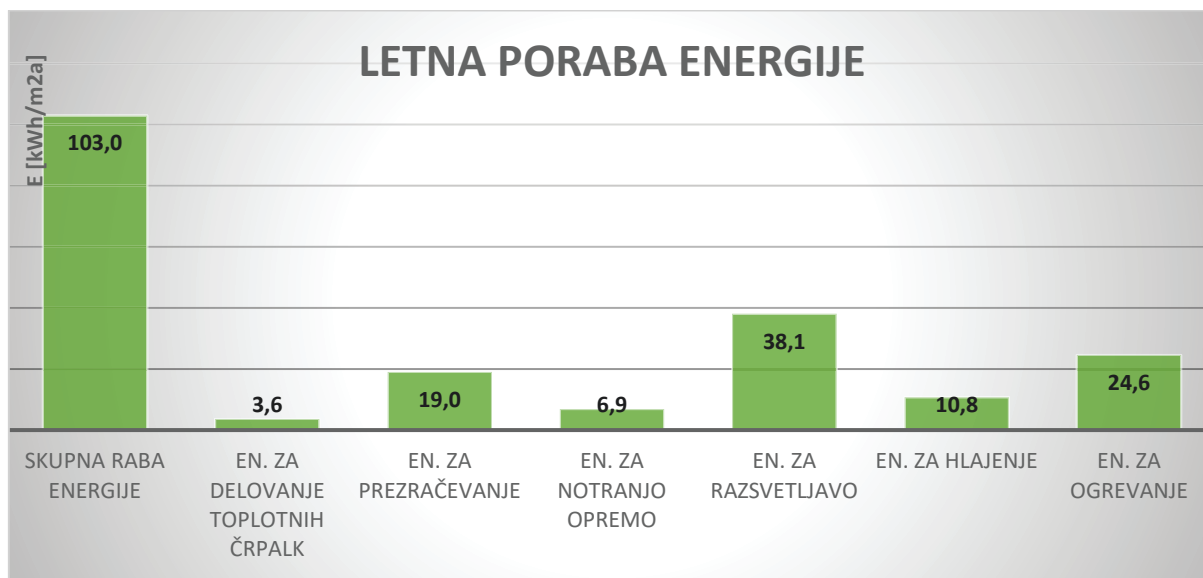
	CONA 1	CONA 2	STAVBA
sDA	60 %	56 %	59 %
ASE	21 %	20 %	21 %

Iz rezultatov v preglednici 18 je razvidno, da znaša v coni 1 pri 60 % delovnih površin nivo osvetljenosti z dnevno svetlobo vsaj 300 lx vsaj 50 % časa uporabe stavbe. V coni 2 je odstotek sDA nižji za 4 %. Rezultati kažejo, da 21 % tlorisne površine celotnega objekta prejeme vsaj 1000 lx za vsaj 250 zasedenih ur v stavbi na letni ravni, kar prikazuje metrika dnevne osvetljenosti ASE.

5.3 Raba energije za delovanje stavbe

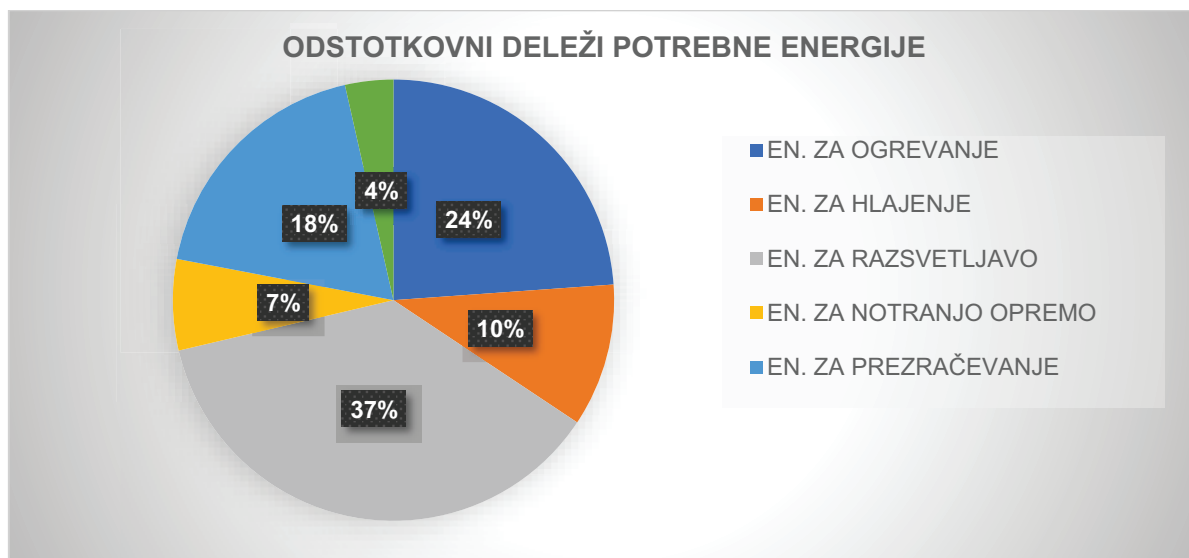
Izvedli smo simulacijo modela stavbe v spletni aplikaciji Sefaira [21] in pridobili rezultate za energijo, ki je potrebna za delovanje stavbe. S simulacijo smo izračunali, da stavba porabi 233952 kWh energije letno, od tega največ za razsvetljavo in sicer 86518 kWh, za ogrevanje 55846 kWh, za prezračevanje 43212 kWh in za hlajenje 24538 kWh. Ostali segmenti potrebe energije (notranja oprema in delovanje toplotnih črpalk) porabijo skupaj dobrih 10 kWh/m²

energije letno. Grafikon 1 prikazuje porabo energije za stavbo po posameznih segmentih preračunanih na površino stavbe na letni ravni.



Grafikon 1: Poraba energije za delovanje stavbe po segmentih.

Na grafikonu 2 so prikazani odstotkovni deleži rabe energije za ogrevanje, hlajenje in razsvetljavo ter ostalo energijo.



Grafikon 2: Odstotkovni deleži potrebne energije za delovanje stavbe.

Iz grafikona 2 vidimo, da največji delež potrebne energije zavzema razsvetljava. Razsvetljava dominira zato, ker se simulacija izračunava na podlagi urnikov delovanja stavbe in ne dejanske osvetljenosti z dnevno svetlobo, poleg tega je razlog v visoki instalirani moči umetne razsvetljave. V realnosti bi bil delež energije za razsvetljavo manjši. Ogrevanje in hlajenje skupaj zavzemata skoraj 35 % vse energije za delovanje stavbe. Preostalih slabih 30 % gre na račun notranje opreme in delovanje toplotnih črpalk.

6 PARAMETRIČNA ŠTUDIJA UKREPOV

Cilj magistrskega dela je bil preveriti zasnovo obravnavane stavbe s stališča porabe energije in dnevne osvetljenosti delovnih površin. S pomočjo simulacije modela dejanske stavbe smo v poglavju 5 prišli do rezultatov, ki so nam podali vrednosti osvetljenosti z dnevno svetlobo v tipični igralnici, pisarnah in konferenčni dvorani ter potrebno energijo za delovanje stavbe. V tem poglavju smo izvajali parametrično študijo različnih ukrepov preko posameznih simulacij na modelu stavbe, v katerih smo spreminjali vnaprej predpostavljene ukrepe. Ukrepi, ki smo jih preverjali, so bili naslednji:

- Ukrep 1: Vpliv različnih tipov zasteklitev na osvetljenost z dnevno svetlobo in porabo energije za ogrevanje in hlajenje.
- Ukrep 2: Vpliv nadstreška na osvetljenost z dnevno svetlobo in porabo energije za ogrevanje in hlajenje.
- Ukrep 3: Vpliv U faktorja stavbnega ovoja na porabo energije za ogrevanje in hlajenje.
- Ukrep 4: Vpliv spremembe notranje temperature zraka na porabo energije za ogrevanje.

Rezultate dnevne osvetljenosti in porabe energije za dejansko stavbo smo povzeli iz rezultatov v poglavju 5, vhodne podatke ob spreminjanju ukrepov pa smo navedli pri vsakem ukrepu posebej v poglavjih 6.1, 6.2, 6.3 in 6.4, prav tako smo v vsakem poglavju prikazali rezultate dejanske stavbe in posameznih simulacij. Simulacije so označene z zaporedno številko, kjer simulacija 0 pomeni dejansko stavbo. Kakšna je nastala razlika med dejansko stavbo in posamezno simulacijo na račun dnevne svetlobe, smo prikazali z vrednostmi osvetljenosti v lx ali z metrikama sDA in ASE, odvisno od ukrepa. Razlika med porabo energije dejanske stavbe in simulacije, zaradi katere stavba porabi najmanj energije za ogrevanje (in hlajenje), smo prikazali s stolpčnimi grafikoni.

6.1 Ukrep 1

V tem poglavju smo preverjali, kakšen vpliv imajo različne zasteklitve na osvetljenost z dnevno svetlobo in porabo energije za ogrevanje in hlajenje. Simulirali smo troslojne zasteklitve proizvajalca Reflex [33] z različnimi optičnimi lastnostmi pri konstantni toplotni prehodnosti $U_g = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$. V preglednici 19 so po proizvajalčevem katalogu povzete troslojne zasteklitve z različnimi g in LT faktorji zasteklitev [33].

Preglednica 19: Tehnični podatki troslojnih zasteklitev z U_g faktorjem $0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ [33].

TIP ZASTEKLITVE	SESTAVA (zunaj-znotraj)	U_g	g faktor	LT faktor
	[mm]	[W/m ² K]	[%]	[%]
RX PHONE 36/38 0,7	6:/12/4/12/:4	0,7	52	74
RX PHONE 37/40 0,7	8:/12/4/12/:4	0,7	51	73
RX PHONE 40/49 0,7	6:/12/6/12/:66.2	0,7	51	72
RX PHONE 41/43 0,7	9:SC/12/4/12/:6	0,7	49	73
RX PHONE 41/45 0,7	6:/12/6/12/:9SC	0,7	51	73
RX PHONE 42/45 0,7	9:SC/12/4/12/:8	0,7	49	72
RX PHONE 45/51 0,7	13:SC/12/4/12/:10	0,7	48	71
RX PHONE 48/52 0,7	9:SC/12/6/12/:13SC	0,7	49	71

Na preglednici 20 so po vrsti navedene zaporedne številke simulacij z vhodnimi podatki o zasteklitvah. Vsi ostali parametri za simuliranje so ostali nespremenjeni.

Preglednica 20: Vhodni podatki za izvedbo ukrepa 1.

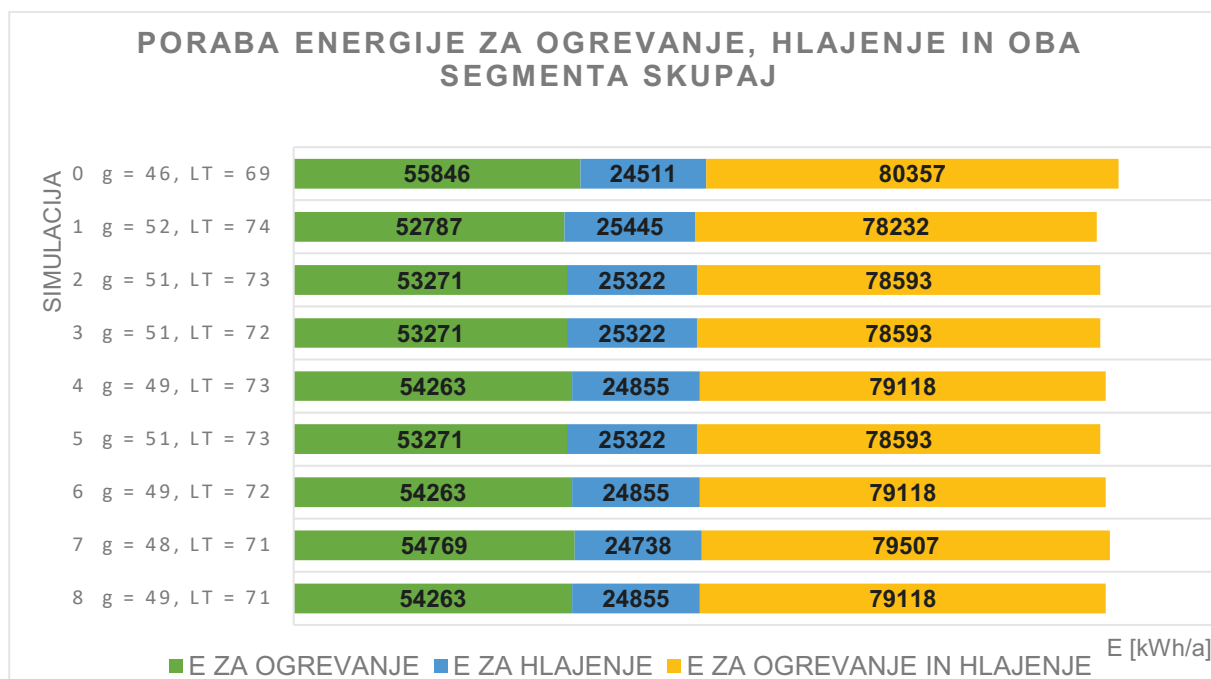
SIMULACIJA	TIP ZASTEKLITVE	g faktor [%]	LT faktor [%]
0	Vgrajena troslojna zasteklitev	46	69
1	RX PHONE 36/38 0,7	52	74
2	RX PHONE 37/40 0,7	51	73
3	RX PHONE 40/49 0,7	51	72
4	RX PHONE 41/43 0,7	49	73
5	RX PHONE 41/45 0,7	51	73
6	RX PHONE 42/45 0,7	49	72
7	RX PHONE 45/51 0,7	48	71
8	RX PHONE 48/52 0,7	49	71

Preglednica 21 prikazuje rezultate dnevne osvetljenosti z metrikama sDA in ASE za stavbo kot celoto. V prvi vrstici z rezultati je prikazano stanje dejanske stavbe (simulacija 0), nato pa rezultati 8 simulacij, katerim smo spreminjali tehnične lastnosti zasteklitev v skladu s podatki v preglednici 20.

Preglednica 21: Rezultati osvetljenosti in porabe energije z ukrepom 1.

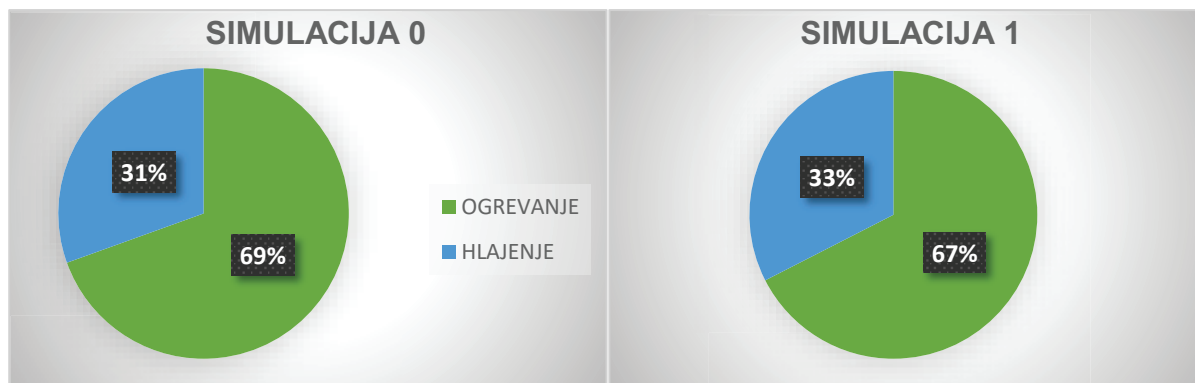
SIMULACIJA	OSVETLJENOST STAVBE		OGREVANJE	HLAJENJE
	sDA	ASE	[kWh]	[kWh]
0 – dejanska stavba	64	28	55846	24511
1	67	29	52787	25445
2	65	28	53271	25322
3	65	28	53271	25322
4	65	28	54263	24855
5	65	28	53271	25322
6	65	28	54263	24855
7	65	28	54769	24738
8	65	28	54263	24855

S spreminjanjem optičnih lastnosti zasteklitev smo vplivali na osvetljenost delovnih površin in porabo energije za hlajenje in ogrevanje. Iz rezultatov v preglednici 21 vidimo, da se je z zniževanjem g in LT faktorja zasteklitev povišala raba energije za ogrevanje in znižala raba energije za hlajenje. Osvetljenost delovnih površin se s spremembo optičnih lastnosti zasteklitev bistveno ni spremenila. Izmed vseh simuliranih modelov stavbe podaja simulacija 1 najboljše rezultate z vidika osvetljenosti z dnevno svetlobo in rezultate glede skupne porabe energije za ogrevanje in hlajenje. Na grafikonu 3 je prikazana poraba energije za ogrevanje in hlajenje stavbe ter njun seštevek po posameznih simulacijah iz preglednice 21.



Grafikon 3: Poraba energije za ogrevanje, hlajenje in oba segmenta skupaj.

Iz grafikona 3 odčitamo, da je osnovni model stavbe, ki se nahaja pod simulacijo 0, največji porabnik energije za ogrevanje in hlajenje skupaj. Trdimo torej lahko, da bi z boljšimi tehničnimi lastnostmi zasteklitev izboljšali učinkovitost stavbe. Z grafikonom 4 prikažemo, kakšna bi bila razlika v porabi energije v primeru modela dejanske stavbe in modela s faktorjem $g = 52\%$ in faktorjem $LT = 74\%$, ki predstavlja simulacijo 1.



Grafikon 4: Odstotkovna razlika v porabi energije za ogrevanje in hlajenje simulacij 1 in 2.

Iz grafikona 4 vidimo, da se je med dejansko stavbo in simulacijo 1 znižala energija za ogrevanje in povečala energija za hlajenje za 2% , kar sta minimalna vpliva glede na porabo vse energije za delovanje stavbe.

Z energetskega vidika in gledišča dnevne svetlobe je model stavbe z izbranimi zasteklitvami smiselno izbran in bi morebitna izbira drugačnih zasteklitev minimalno vplivala na porabo energije za ogrevanje in hlajenje. Direktna sončna komponenta je pri večini simulacij zastopana v enakem obsegu (enake vrednosti ASE). Vrednost sDA bi se povišala le z izborom lastnosti, ki pripadajo simulaciji 1 ($sDA = 67$).

6.2 Ukrep 2

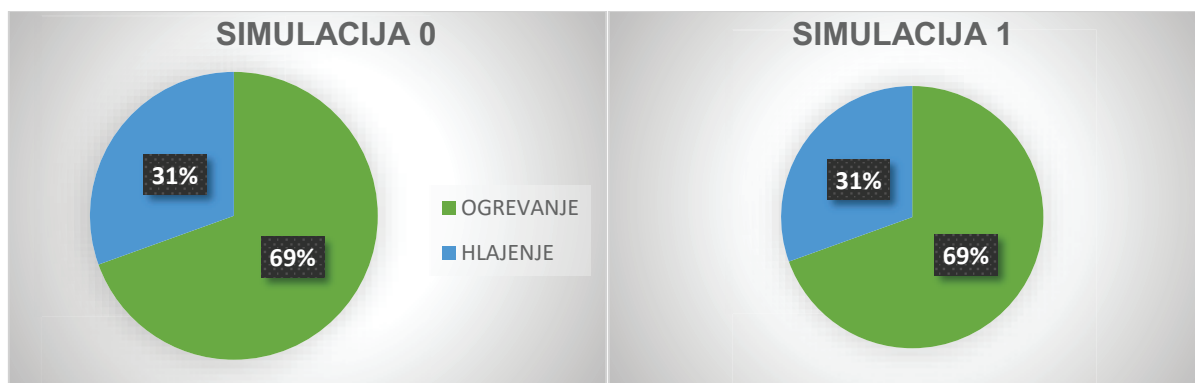
V tem poglavju smo preverjali, kakšen vpliv ima nadstrešek na terasi na osvetljenost z dnevno svetlobo in porabo energije za ogrevanje in hlajenje. Izvedli smo analizo dnevne osvetljenosti in porabe energije na modelu stavbe z nadstreškom globine 2,8 m, ki je nameščen na vsej jugozahodni, jugovzhodni in severovzhodni fasadi pritličja. Rezultate simulacije smo prikazali v preglednici 22. Simulacija 0 predstavlja model stavbe brez nadstreška, simulacija 1 pa stavbo z nadstreškom. Vsi ostali parametri glede toplotnega ovoja, načinu in stopnji prezračevanja, urnikih in toplotnih dobitkih so za model dejanske stavbe in simulacije 1 ostali enaki.

Preglednica 22: Rezultati osvetljenosti in porabe energije z ukrepom 2.

SIMULACIJA	OSVETLJENOST STAVBE		OGREVANJE	HLAJENEJ
	sDA [%]	ASE [%]	[kWh]	[kWh]
0 – dejanska stavba	64	28	55846	24511
1	48	14	56733	24550

Iz rezultatov v preglednici 22 smo ugotovili, da sta se z namestitvijo nadstreška znižali vrednosti obeh metrik osvetljenosti. Vrednost sDA se je znižala za 25 %, kar pomeni, da se je za toliko zmanjšal odstotek površin v stavbi, ki imajo najmanj 50 % časa uporabe osvetljenost površin vsaj 300 lx. Z namestitvijo nadstreška se je znižala vrednost tudi metrike ASE iz 28 % na 14 %, kar pomeni, da se je za 50 % znižal odstotek ur skozi celo leto, ko je površina izpostavljena direktni sončni komponenti z osvetljenostjo nad 1000 lx za vsaj 250 ur. Nižja vrednost ASE je ugoden ukrep za svetlobno udobje, saj se je s tem zmanjšala direktna komponenta sončnega sevanja, ki ima lahko negativne vplive na delovno okolje (moti vizualno okolje in vodi v pojav bleščanja). Z vidika osvetljenosti z dnevno svetlobo je torej namestitev nadstreška vplivala negativno in pozitivno hkrati (nižji sDa in nižji ASE). Med drugim je namestitev nadstreška v skladu s Pravilnikom o normativih in minimalnih tehničnih pogojih za prostor in opremo vrtca [8] obvezna.

Na grafikonu 4 je prikazana odstotkovna razlika med porabo energije dejanske stavbe (brez nadstreška) in simulacije 1, ki predstavlja model stavbe z nameščenim nadstreškom.

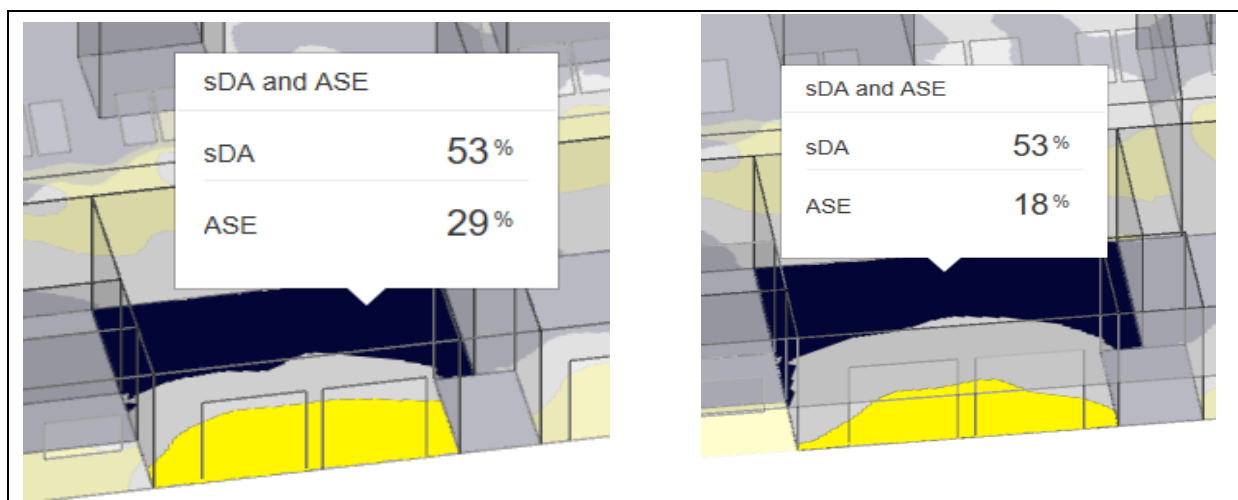


Grafikon 5: Odstotkovna razlika med dejansko stavbo in simulacijo 1.

Iz grafikona 5 vidimo, da se pri namestitvi nadstreška potrebni energiji za hlajenje in ogrevanje nista spremenili. Energija za hlajenje se je znižala za 0,1 odstotne točke od

skupne potrebne energije, energija za ogrevanje pa se poveša za 0,1 odstotne točke. Takšni spremembi imata minimalen pomen za stroškovni vidik rabe energije.

Nadstrešek ima velik vpliv na osvetljenost delovnih površin z dnevno svetlobo v coni 1, zato smo v nadaljevanju natančneje preverili njegov vpliv na tipično igralnico. Tipično igralnico smo predpostavili tisto, ki je pri analizi osvetljenosti dejanske stavbe iz poglavja 5 imela najnižjo vrednost sDA. Na sliki 17 so prikazani rezultati osvetljenosti najslabše osvetljene igralnice z dnevno svetlobo na modelu brez nadstreška (levo) in z nadstreškom (desno). Igralnica je orientirana proti jugovzhodni smeri in se nahaja v vzhodnem traktu stavbe.

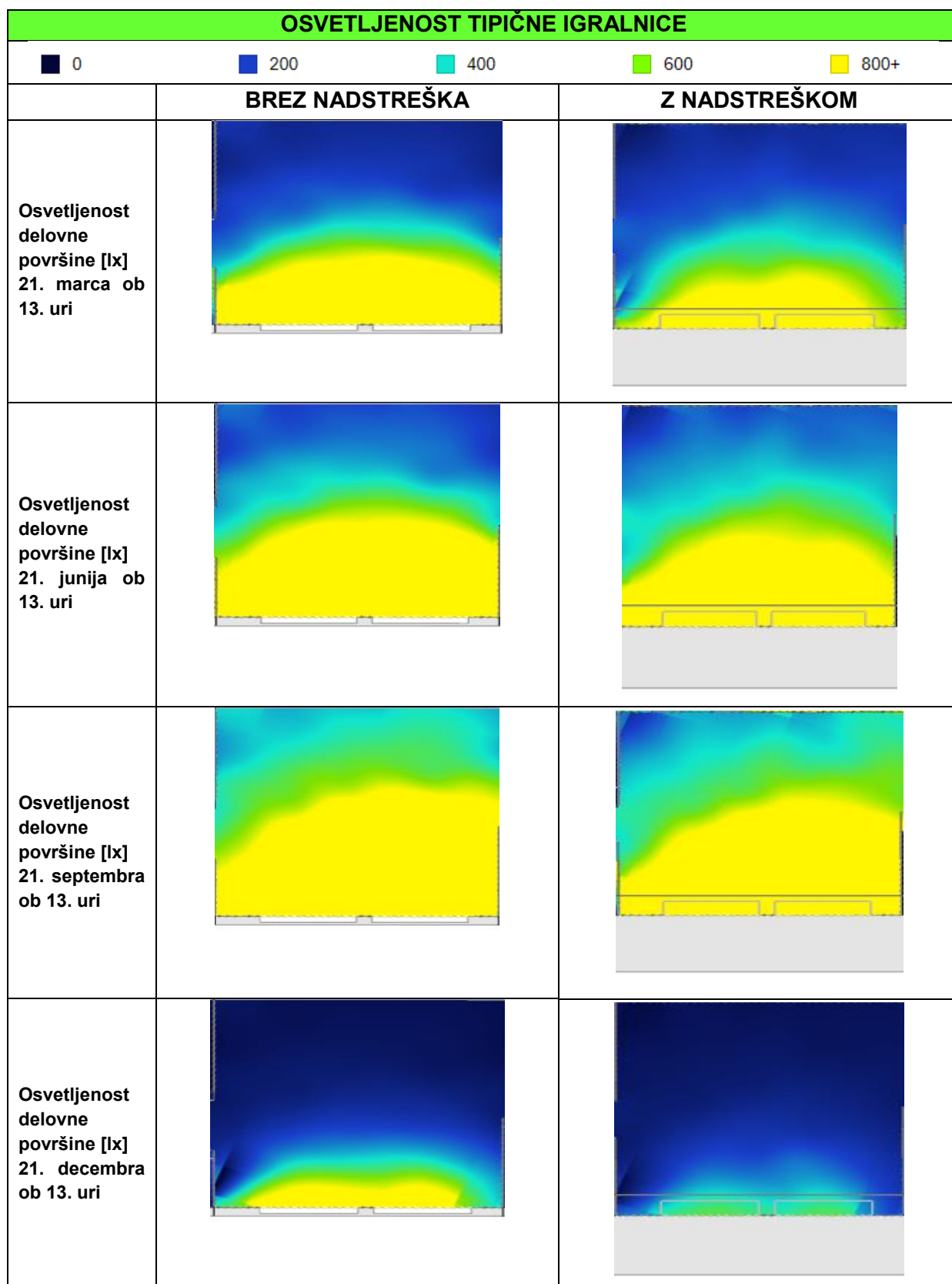


Slika 17: Rezultati osvetljenosti najslabše osvetljene igralnice brez nadstreška (levo) in z nadstreškom (desno).

Iz slike 17 vidimo, da ima namestitev nadstreška vpliv na osvetljenost z dnevno svetlobo na horizontalni delovni površini. Vrednost osvetljenosti z metriko sDA se ob namestitvi ni spremenila, znižala pa se je vrednost metrike ASE za 11 %, kar pomeni, da se je znižal tolikšen odstotek ur skozi celo leto, ko je površina izpostavljena direktni sončni komponenti z osvetljenostjo nad 1000 lx za vsaj 250 ur.

V preglednici 23 so zbrani rezultati osvetljenosti najslabše osvetljene igralnice za štiri kritične dni v letu ob 13. uri popoldan, ko ima nadstrešek večji vpliv na osvetljenost igralnice kot zjutraj. Rezultati simulacije modela brez nadstreška so prikazani v prvem stolpcu preglednice 23, z nadstreškom pa v drugem stolpcu preglednice 23.

Preglednica 23: Rezultati osvetljenosti tipične igralnice za kritične dni v letu brez nadstreška in z nadstreškom.



Rezultati v preglednici 23 lepo kažejo na to, da so se z namestitvijo nadstreška znižale vrednosti osvetljenosti po globini prostora. Najmanjše razlike v osvetljenosti med stavbo z nadstreškom in brez njega se opazijo junija in septembra, ko je na vseh delovnih površinah vrednost osvetljenosti višja od 800 lx. Marca vrednosti osvetljenosti na delovnih površinah padejo na 400 lx, kar je še vedno ustrezna osvetljenost delovnih površin in za doseganje osvetljenosti po predpisu [8] ni potrebe po umetni razsvetljavi. Pri stavbi brez nadstreška so mize ob oknih decembra primerno osvetljene z dnevno svetlobo, medtem ko ob namestitvi nadstreška pade vrednost osvetljenosti na 200 lx in je takrat potrebna kombinacija dnevne in umetne svetlobe.

Na splošno so igralnice primerno osvetljene z dnevno svetlobo in se izjemoma pozimi pojavi potreba po umetni razsvetljavi za doseganje ustreznih vrednosti osvetljenosti delovnih površin.

Decembra so rezultati toliko slabši od ostalih mesecev, saj je december mesec, ko znaša povprečno število sončnih ur na območje, kjer se nahaja obravnavana stavba, samo 1,9 sončnih ur na dan oz. ima mesec december največ oblačnih dni v letu. Podatki so povzeti po preglednici 5 v poglavju 4.2.4.

6.3 Ukrep 3

V tem poglavju smo preverjali, kakšen vpliv ima debelina izolacije na porabo energije za ogrevanje in hlajenje. Posamezne simulacije smo izvajali tako, da smo konstrukcijskim sklopom tal, zunanjih sten in strehe odvezemali ali dodajali debelino toplotne izolacije v koraku po 2 cm in sicer vsem trem konstrukcijskim sklopom naenkrat. S spremembo debeline toplotnoizolacijskega materiala, ki ima toplotno prevodnost $\lambda = 0,038 \text{ W/mK}$, se je zato spremenila toplotna prehodnost konstrukcijskih sklopov. Poleg simulacije 0, ki predstavlja dejansko stavbo, smo izvedli 4 simulacije. V preglednici 24 so navedene zaporedne številke simulacij in pripadajoči vhodni podatki o toplotnih prehodnostih, ki so drugačni od simulacije dejanske stavbe. Vsi ostali parametri so ostali nespremenjeni. Vsi konstrukcijski sklopi v posameznih simulacijah z gledišča toplotne prehodnosti ustrezajo zahtevam tehnične smernice [10].

Preglednica 24: Vhodni podatki za izvedbo ukrepa 3.

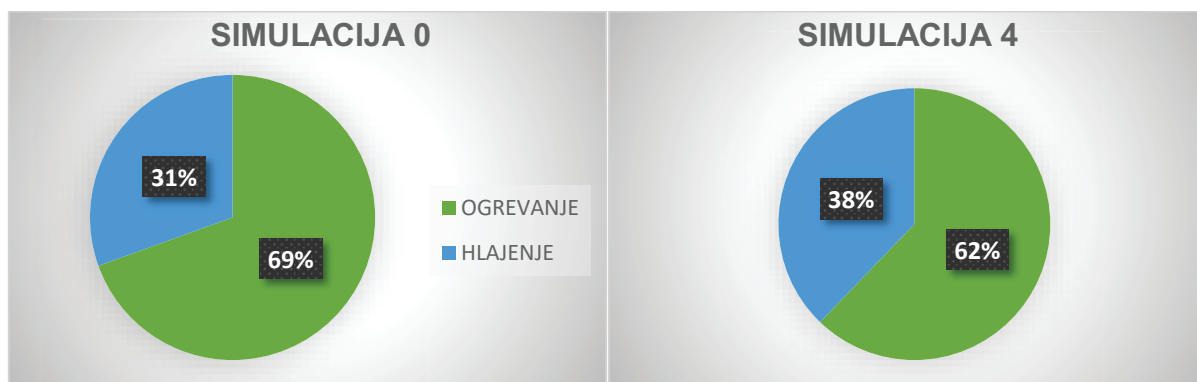
SIMULACIJA	PARAMETER	KONSTRUKCIJSKI SKLOP		
		TLA	ZUNANJE STENE	STREHA
0 – dejanska stavba	DEBELINA IZOLACIJE [cm]	12	24	30
	U FAKTOR [$\text{W/m}^2\text{K}$]	0,25	0,16	0,15
1	DEBELINA IZOLACIJE [cm]	8	20	26
	U FAKTOR [$\text{W/m}^2\text{K}$]	0,27	0,19	0,18
2	DEBELINA IZOLACIJE [cm]	10	22	28
	U FAKTOR [$\text{W/m}^2\text{K}$]	0,26	0,17	0,16
3	DEBELINA IZOLACIJE [cm]	14	26	32
	U FAKTOR [$\text{W/m}^2\text{K}$]	0,20	0,14	0,14
4	DEBELINA IZOLACIJE [cm]	16	28	34
	U FAKTOR [$\text{W/m}^2\text{K}$]	0,18	0,13	0,13

Na preglednici 25 so prikazani rezultati porabe energije za simulacije, katerim smo spreminjali toplotno prehodnost konstrukcijskih sklopov ovoja stavbe na račun debeline toplotne izolacije.

Preglednica 25: Rezultati porabe energije z ukrepom 3.

SIMULACIJA	OGREVANJE	HLAJENJE
	[kWh]	[kWh]
0 – dejanska stavba	55846	24511
1	66104	24477
2	63210	24558
3	46268	24839
4	41200	25045

Iz rezultatov v preglednici 25 vidimo, da se z dodajanjem toplotnoizolacijskega materiala po vsem ovojju stavbe bistveno nižja poraba po energiji za ogrevanje, potreba za hlajenje pa minimalno narašča. Z grafikonom 6 bomo prikazali, kakšna je razlika med porabo energije dejanske stavbe (simulacija 0) in simulacije 4, s katero bi dosegli najnižjo porabo energije tako za ogrevanje kot celotne potrebne energije.



Grafikon 6: Odstotkovna razlika med dejansko stavbo in simulacijo 4.

Iz grafikona 6 vidimo, da se z dodajanjem toplotne izolacije potreba po energiji za ogrevanje znižala za 7 %, kar pomeni, da se je znižal delež energije za hlajenje in sicer za 0,2 odstotnih točk. Energija za hlajenje predstavlja minimalni vpliv na celotno porabo energije. V primeru, da bi na ovoj dejanske stavbe dodali 4 cm toplotnoizolacijskega materiala, bi prihranili dobrih 14000 kWh energije za ogrevanje na letni ravni.

6.4 Ukrep 4

V tem poglavju smo preverjali, kakšen vpliv ima sprememba notranje temperature zraka na porabo energije za ogrevanje. Posamezne simulacije smo izvajali tako, da smo spreminjali le notranjo temperaturo zraka v ogrevalni sezoni, v času hlajenja je ostala nespremenjena. V preglednici 26 so navedeni vhodni podatki za izvedbo simulacij ukrepa 4. Izhajali smo iz vrednosti notranjih temperatur zraka, ki so po SIST EN 15251:2007 [14] zastopane v kategoriji z najmanjših procentom pričakovanih nezadovoljnih ljudi (PPD kategorija I.). V preglednici 27 so pri posamezni zaporedni številki simulacije prikazani pripadajoči vhodni podatki o notranjih temperaturah zraka. Vsi ostali parametri so ostali nespremenjeni.

Preglednica 26: Vhodni podatki za izvedbo ukrepa 4.

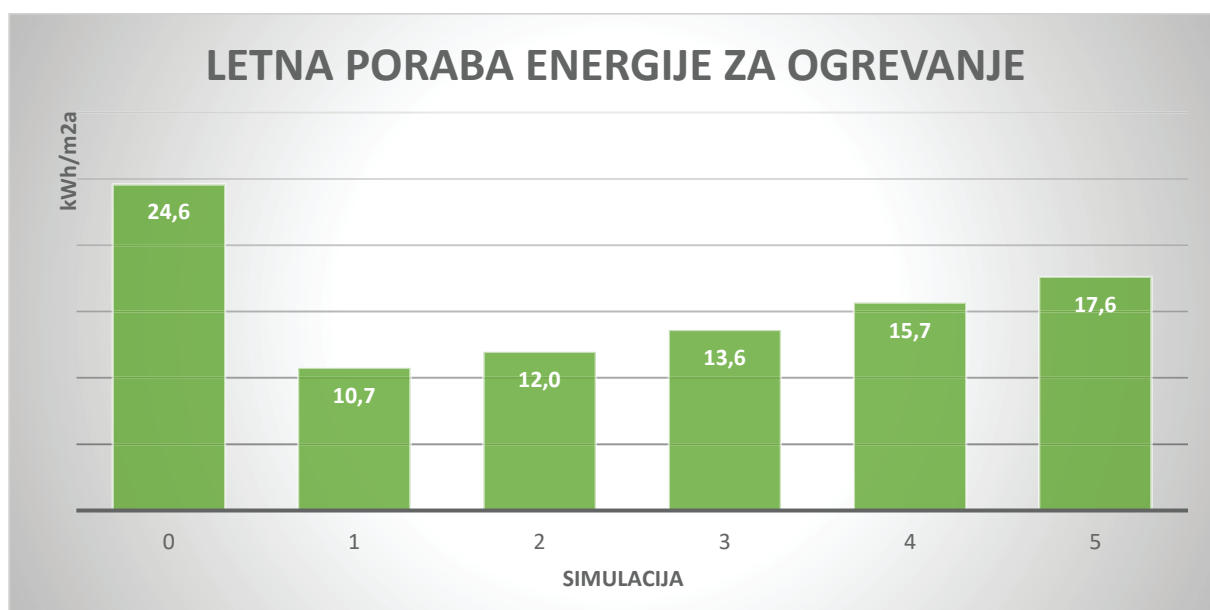
SIMULACIJA	UPORABA OBJEKTA		NEUPORABA OBJEKTA	
	Notranja T v času ogrevanja [°C]	Notranja T v času hlajenja [°C]	Notranja T v času ogrevanja [°C]	Notranja T v času hlajenja [°C]
0 – dejanska stavba	22	26	18	28
1	19	26	18	28
2	19,5	26	18	28
3	20	26	18	28
4	20,5	26	18	28
5	21	26	18	28

Na preglednici 27 so prikazani rezultati porabe energije za ogrevanje za simulacije, katerim smo spreminjali notranjo temperaturo zraka v ogrevalni sezoni.

Preglednica 27: Rezultati porabe energije z ukrepom 4.

SIMULACIJA	OGREVANJE
	[kWh]
0 – dejanska stavba	55846
1	24409
2	27199
3	30897
4	35595
5	40019

Iz rezultatov v preglednici 27 je razvidno, da se z zniževanjem notranje temperature zraka v ogrevalni dobi znižuje potreba po ogrevanju. Na grafikonu 6 so prikazani rezultati porabe energije na kvadratni meter uporabne površine stavbe.



Grafikon 7: Letna poraba energije za ogrevanje.

Iz grafikona 7 je razvidno, je simulirana energija za ogrevanje pri simulaciji 1 od simulacije 0 nižja za kar polovico, kar letno znese preko 31000 kWh energije za ogrevanje.

6.5 Kombinacija ukrepov

Z izvajanjem parametrične študije smo ugotovili, da je vrtec Mlinček z vidika dnevne osvetljenosti v igralnicah, pisarnah in konferenčni sobi zelo dobro zasnovan. Ugotovili smo tudi, da izbor drugačnih tipov zasteklitev bistveno ne vpliva na znižanje porabe energije za ogrevanje. Energijo za ogrevanje bi lahko znižali tako, da bi izbrali konstrukcijske sklope ovoja stavbe z nižjimi toplotnimi prehodnostmi. Veliko bi prispevali k znižanju porabe energije z nižjo notranjo temperaturo zraka. Zavedati se je potrebno, da je toplotno udobje najpomembnejši parameter notranjega okolja za uporabnike. Avtor L. Pajek [1] je v svojem magistrskem delu raziskoval udobje v vrtcih. Pri pregledu izvedenih raziskav je povzel ugotovitve avtorjev raziskav [39] in [40], kjer kaže, da se otroci bolje počutijo pri nižji temperaturi kot pri visoki in jim je udobneje pri 3°C nižjih temperaturah kot pri odraslem človeku. Z analizo simulacij ukrepa 4 v poglavju 6.4 smo ugotovili, da bi lahko z znižanjem temperature notranjega zraka iz trenutnih 22 na 19°C prihranili kar 12% energije za ogrevanje. Pravilnik o normativih in minimalnih tehničnih pogojih za prostor in opremo vrtca [8] predpisuje minimalno notranjo temperaturo v prostorih za otroke 20°C, hkrati pa SIST EN 15251:2007 [14] predpisuje enako vrednost kot zelo udobno. Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb [11] za sedeče delo predlaga 21,5°C, zato smo v coni 2, kjer se nahajajo pisarne, predpostavili takšno notranjo temperaturo. Na modelu stavbe z nadstreškom smo upoštevali smiselne in ekonomsko upravičene ukrepe z gledišča notranje temperature zraka, s katerimi bi izboljšali toplotno udobje uporabnikov v stavbi in znižali potrebo po energiji. Svetlobno udobje je bilo v poglavju 6.1 ugotovljeno kot zelo primerno, bi pa predlagali namestitve zasteklitev z boljšimi optičnimi lastnostmi. Predlagali bi torej zasteklitev s faktorji: $U_g = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$, $g = 52 \%$ in $LT = 74 \%$. Preglednica 28 prikazuje vhodne podatke o notranjih temperaturah za simulacijo stavbe.

Preglednica 28: Vhodni podatki o notranjih temperaturah zraka.

NOVO STANJE	OGREVANJE - ZIMA	HLAJENJE - POLETJE
	Notranja T v času ogrevanja [°C]	Notranja T v času hlajenja [°C]
CONA 1 (vrtec)	20	23,5
CONA 2 (pisarne)	21,5	24,5

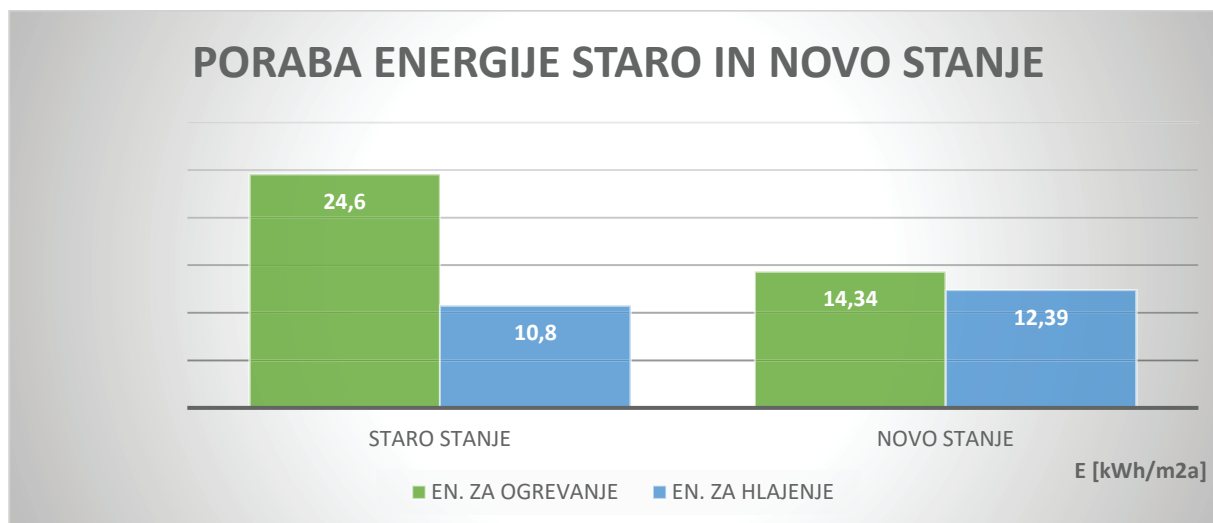
Na preglednici 29 so prikazani rezultati analize z izboljšanimi ukrepi od dejanske stavbe.

Preglednica 29: Rezultati analize s kombinacijo ukrepov.

SIMULACIJA	OGREVANJE	HLAJENJE
	[kWh]	[kWh]
ENERGETSKO UČINKOVITEJŠA STAVBA	32579	28140

Iz rezultatov v preglednici 29 vidimo, da stavba z nadstreškom, nižjo notranjo temperaturo v ogrevalni in hladilni sezoni porabi 32579 kWh energije za ogrevanje in 24140 kWh za hlajenje stavbe, kar znese skupaj 26,7 kWh/m² letno.

Spodnji grafikon prikazuje spremembo potrebne energije med dejanskim stanjem (staro stanje) in predlagano učinkovitejšo zasnovo stavbe (novo stanje).



Grafikon 8: Poraba energije za ogrevanje in hlajenje za staro in novo stanje.

Iz grafikona 8 je lepo vidno, da smo ukrepe smiselno zajeli, saj se je zmanjšala letna potreba po energiji za ogrevanje za dobrih 10 kWh/m². Sicer se je zvišala potreba po hlajenju za 1,6 kWh/m², ker smo predvideli nižjo notranjo temperaturo zraka poleti. Potrebna energija za ogrevanje se je na račun opisanih ukrepov znižala za kar 41,7 %. Ugotovili smo, da se predvsem na račun ogrevanja da veliko privarčevati pri energiji, kljub temu, da se toplotno udobje v stavbi ne poslabša ali se celo izboljša.

7 ZAKLJUČKI

V magistrskem delu smo se lotili problematike dnevne osvetljenosti in porabe energije v vrtcu Mlinček. V prvi vrsti smo preverjali nivo osvetljenosti z dnevno svetlobo v igralnicah, pisarnah in konferenčni dvorani. Drugi pomemben vidik je poraba energije za delovanje stavbe. Sprva smo pridobili in opisali podnebne podatke, ki so ključni za razumevanje notranjega okolja v stavbah. Iz pridobljene projektne dokumentacije in ogleda objekta smo zajeli podatke o delovanju stavbe (lastnosti stavbnega ovoja, notranji temperaturi, urnikih delovanja stavbe, toplotnih dobitkih, napravah za ogrevanje, hlajenje, prezračevanje in ostalih parametrov). S pomočjo računalniških programov smo poskušali čim bolj natančno zajeti dejansko stanje stavbe.

Podatek o osončenosti stavbe smo pridobili z analizo trajanja sončnega obsevanja na posamezno površino stavbe. Obravnavane površine so bile vse štiri fasade in ravna ter poševna streha. Ugotovili smo, da je severozahodna fasada vrtca najslabše osončena med vsemi površinami, kar smo tudi predvidevali zaradi geografske lege lokacije stavbe. Najboljše je osončena južno orientirana streha, na kateri so smiselno vgrajena strešna okna. Nadstrešek na jugovzhodni strani bistveno senči fasado v pritličju, vendar je za vrtce obvezen.

Analiza osvetljenosti izhodiščnega primera je sprva potekala na objektu brez nadstreška, nato smo preverjali njegov vpliv na dnevno osvetljenost v igralnicah. Analizo dnevne osvetljenosti je potekala za štiri kritične dni v letu in sicer 21. marca, 21. junija, 21. septembra in 21. decembra ob 9. uri zjutraj in ob 13. uri popoldan. S simulacijami dnevne osvetljenosti smo ugotovili, da v igralnicah večji del leta ni potrebe po umetni razsvetljavi. Na delovnih mizicah ob oknu so vrednosti osvetljenosti celo leto višje od 800 lx. Vrednost osvetljenosti na delovni površini mizic v sredini prostora je marca, junija in septembra večja od 400 lx, decembra pa so primerno osvetljene le prve mizice ob oknih. Za mizice v sredini igralnic je vrednost osvetljenosti decembra med 200 lx in 400 lx, kar je vprašljiv rezultat s stališča predpisanih vrednosti osvetljenosti po pravilniku [8], ki predpisuje vrednost osvetljenosti na delovnih površinah igralnic 350 lx. Z analizo dnevne svetlobe smo ugotovili, da je osvetljenost na delovni površini konferenčne dvorane junija in septembra zadoščena z dnevno svetlobo, saj nivo osvetljenosti presega 600 lx. Marca in decembra vrednosti osvetljenosti v globini prostora padejo tudi na 200 lx in je zlasti decembra na tem mestu potrebno zagotoviti primerno osvetljenost s kombinacijo dnevne svetlobe in umetne razsvetljave.

Rezultati dnevne osvetljenosti za pisarne kažejo, da je na splošno pisarna, ki je pozicionirana na zahodnem traktu stavbe bolje osvetljena od pisarn na vzhodnem traktu. To je posledica orientiranosti stavbe. Osvetljenost delovnih površin pisarne na zahodnem traktu je marca, junija, septembra in decembra popoldne višja od 600 lx. Decembra zjutraj je vrednost osvetljenosti na mestu računalniške mize okrog 200 lx. Pisarne za vzhodnem traktu so marca, junija in septembra primerno osvetljene z dnevno svetlobo, zato se lahko osvetljujejo samo z dnevno svetlobo.

Analizirali smo vpliv nadstreška na igralnice. Ugotovili smo, da se je z namestitvijo nadstreška na splošno znižala vrednost osvetljenosti, vendar le globlje po igralnici. Najmanjše razlike v osvetljenosti med stavbo z nadstreškom in brez njega smo opazili junija

in septembra. Pri stavbi brez nadstreška je vrednost osvetljenosti mizic ob oknih decembra primerno osvetljena z dnevno svetlobo, medtem ko ob namestitvi nadstreška pade vrednost osvetljenosti na 200 lx in je takrat potrebna kombinacija osvetljenosti z dnevno in umetno svetlobo. Z vidika osvetljenosti z dnevno svetlobo je namestitev nadstreška pozitiven vpliv, saj se je znižala vrednost metrike ASE za 50 %, torej se je znižala komponenta direktnega sončnega sevanja.

S spreminjanjem optičnih lastnosti zasteklitev se osvetljenost delovnih površin bistveno ni spremenila.

Z izvedbo simulacije za analizo energije smo izračunali, da stavba porabi letno 103 kWh/m² energije letno, od tega največ za razsvetljavo in sicer 38 kWh/m², za ogrevanje 25 kWh/m², za prezračevanje 19 kWh/m² in za hlajenje 11 kWh/m². Ostala segmenta potrebe energije (notranja oprema in delovanje toplotnih črpalk) porabita skupaj dobrih 10 kWh/m². Potrdili smo hipotezo 3, v kateri smo predpostavili, da stavba zaradi daljše ogrevalne sezone v primerjavi s hladilno sezono potrebuje več energije za ogrevanje kot za hlajenje.

Vpliv različnih ukrepov na dnevno svetlobo in rabo energije smo pridobili preko posameznih simulacij na modelu stavbe, kateri smo spreminjali vnaprej predpostavljene lastnosti. Spreminjanje lastnosti smo zajeli preko ukrepov, ki smo jih razporedili v štiri področja: vpliv različnih tipov zasteklitev, vpliv nadstreška, vpliv U faktorja stavbnega ovoja in vpliv spremembe notranje temperature zraka. Osvetljenost delovnih površin se s spremembo optičnih lastnosti zasteklitev bistveno ni spremenila. S spreminjanjem optičnih lastnosti zasteklitev se je med dejansko stavbo in najboljšo simulacijo povišala raba energije za ogrevanje in znižala raba energije za hlajenje za 2 %, kar je minimalni vpliv glede na porabo vse energije za delovanje stavbe. Pri preverjanju vpliva nižjega U faktorja toplotnega ovoja stavbe smo ugotovili, da se bistveno niha potreba po energiji za ogrevanje, potreba za hlajenje pa minimalno narašča. V primeru, da bi U faktor tal znižali iz 0,25 na 0,18 W/m²K, zunanje stene iz 0,16 na 0,13 W/m²K in strehe iz 0,15 na 0,13 W/m²K, bi prihranili kar 7 % energije za ogrevanje na letni ravni.

Zadnji ukrep parametrične študije je slonel na spremembi notranje temperature zraka v ogrevalni sezoni. Ugotovili smo, da je simulirana energija dejanske stavbe za ogrevanje pri simulaciji 1 nižja za kar polovico, kar letno znese preko 31000 kWh energije za ogrevanje. Med hipoteze v uvodu naloge smo zapisali, da bi lahko s predlaganimi ukrepi na obravnavani stavbi znižali porabo energije vsaj za 10 %. Hipotezo smo potrdili, saj bi samo z ukrepom o notranji temperaturi zraka znižali porabo energije za ogrevanje za 50 %. Take rezultate bi imela stavba v primeru znižanja notranje temperature iz 22 °C na 19 °C. Ukrep je vprašljiv z vidika predpisanih notranjih temperatur zraka v Pravilniku o normativih in minimalnih tehničnih pogojih za prostor in opremo vrtca [8], ki predpisuje minimalno notranjo temperaturo zraka 20 °C. S tem namenom smo izvedli analizo kombinacije smiselnih ukrepov za doseganje višje učinkovitosti stavbe in obenem primerne toplotnega udobja v igralnicah. Upoštevali smo troslojno zasteklitev s faktorjema $g = 52 \%$ in $LT = 74 \%$, upoštevali notranje temperature po posameznih conah glede na primerno stopnjo udobja in upoštevali boljšo (nižjo) toplotno prehodnost stavbnega ovoja. Ugotovili smo, da se z ukrepom zmanjša skoraj 42 % energije za ogrevanje. S stališča dnevne osvetljenosti bistvenih sprememb pri predlaganem ukrepu ni bilo.

Preko izvedbe parametrične študije smo tako dobili vpogled v parametre, ki bi izboljšali ali poslabšali energetske učinkovitost stavbe. V magistrskem delu smo se opredelili na stran dnevne svetlobe in porabe energije za ogrevanje in hlajenje. V relativno novozgrajeni stavbi, kot je obravnavani vrtec Mlinček, bi lahko s samo regulacijo naprav za ogrevanje in hlajenje znižali velik delež rabe za ogrevanje, ne da bi posegali v toplotno udobje, dnevna svetloba pa je v rokah odraslih uporabnikov stavbe, in sicer kako bojo ravnali s transparentnimi deli ovoja stavbe in senčili, ki so jim na voljo.

VIRI

- [1] Pajek, L. 2015. Integralna ocena udobja igralnic v vrtcih. Magistrsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba L. Pajek): 80 str.
- [2] PURES. Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (Uradni list RS, št. 52/10). <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=PRAV10043> (Pridobljeno 10. 4. 2017).
- [3] Energetski zakon (EZ-1). (Uradni list RS, št. 17/14 z dne 7. 3. 2014). <https://www.uradni-list.si/glasilo-uradni-list-rs/vsebina/116549> (Pridobljeno 2. 2. 2017).
- [4] Zakon o vrtcih (ZVrt-UPB2). (Uradni list RS, št. 100/05). <https://www.uradni-list.si/glasilo-uradni-list-rs/vsebina/2005-01-4349?sop=2005-01-4349> (Pridobljeno 4. 3. 2017).
- [5] Zakon o organizaciji in financiranju vzgoje in izobraževanja (ZOFVI-UPB5). (Uradni list RS, št. 12/91-I in 12/96 – ZOFVI). <https://www.uradni-list.si/glasilo-uradni-list-rs/vsebina/2007-01-0718?sop=2007-01-0718> (Pridobljeno 24. 3. 2017).
- [6] Gliha, S. 201. Primerjalna analiza kakovosti javnega in zasebnih vrtcev s koncesijo v Občini Grosuplje. Magistrsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za družbene vede (samozaložba S. Gliha): 96 str.
- [7] EPBD-r 2010/31/EU. Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast). <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:en:PDF> (Pridobljeno 22. 4. 2017).
- [8] Pravilnik o normativih in minimalnih tehničnih pogojih za prostor in opremo vrtca (Uradni list RS, št. 73/00, 75/05, 33/08, 126/08, 47/10, 47/13, 74/16 in 20/17). <http://pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=PRAV3140#> (Pridobljeno 15. 4. 2017).
- [9] Statistični urad RS. 2016. Predšolska vzgoja in izobraževanje v vrtcih, Slovenija, šolsko leto 2015/16. <http://www.stat.si/StatWeb/News/Index/5916> (Pridobljeno 1. 5. 2017).
- [10] Tehnična smernica TSG-1-004 Učinkovita raba energije. http://www.arhiv.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/zakonodaja/prostor/graditev/TSG-01-004_2010.pdf (Pridobljeno 19. 11. 2016)

[11] Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb (Uradni list RS, št. 42/02, 105/02 in 110/02 – ZGO-1).

<http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=PRAV4223>

(Pridobljeno 17. 10. 2016).

[12] Zakon o graditvi objektov (ZGO-1-UPB1). (Uradni list RS, št. 110/02, 47/04, 57/04).

<https://www.uradni-list.si/glasilo-uradni-list-rs/vsebina/51265>

(Pridobljeno 5. 5. 2017)

[13] SIST EN 12464-1:2011. Svetloba in razsvetljava – Razsvetljava na delovnem mestu – 1. del: Notranji delovni prostori.

[14] SIST EN 15251:2007. Merila notranjega okolja za načrtovanje in ocenjevanje toplotnih lastnosti stavb z upoštevanjem notranje kakovosti zraka, toplotnega okolja, svetlobe in hrupa

[15] SIST EN 12831:2004. Ogrevalni sistemi v stavbah - Metoda izračuna projektne toplotne obremenitve

[16] SIST EN ISO 13790:2008. Energijske lastnosti stavb - Račun rabe energije za ogrevanje in hlajenje prostorov.

[17] Program Climate Consultant.

<http://www.energy-design-tools.aud.ucla.edu/climate-consultant/request-climate-consultant.php>

(Pridobljeno 24. 5. 2016)

[18] Atlas Okolja Agencije Republike Slovenije.

http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso

(Pridobljeno 20. 4. 2016)

[19] Program SketchUp Make.

<http://www.sketchup.com/>

(Pridobljeno 14. 12. 2016).

[20] Dodatek SunHours za SketchUp Make.

<http://sunhoursplugin.com/>

(Pridobljeno 12. 9. 2016)

[21] Spletna aplikacija Sefaira.

<http://sefaira.com/>

(Pridobljeno 11. 3. 2017)

[22] Predstavitev vrtca Mlinček. Uradna spletna stran Osnovne šole Naklo.

<http://www.os-naklo.si/vrtec.php?f=vrtec-predstavitev#rozle>

(Pridobljeno 22. 12. 2016)

[23] Lastne fotografije. Fotografiranje objekta izvedeno 21. 9. 2016

-
- [24] Prostorski portal Republike Slovenije Prostor.
<http://prostor3.gov.si/javni/javniVpogled.jsp?rand=0.43511185784050543#>
(Pridobljeno 16. 8. 2016)
- [25] Uredba o klasifikaciji vrst objektov in objektih državnega pomena (Uradni list RS, št. 109/11)
<http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=URED5718>
(Pridobljeno 4. 5. 2016)
- [26] Projektna dokumentacija za objekt vrtec Mlinček. Projektant B. Hojnik.
(Pridobljeno 11. 3. 2016)
- [27] World maps of köppen-geiger climate classification.
http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/pdf/kottek_et_al_2006_A4.pdf
(Pridobljeno 1. 6. 2017)
- [28] ARSO. Agencija Republike Slovenije za okolje.
http://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/table/sl/by_location/brnik/climate-normals_71-00_brnik.pdf
(Pridobljeno 2. 6. 2016)
- [29] Slovenski portal za fotovoltaike.
<http://pv.fe.uni-lj.si/ObsSLO.aspx>
(Pridobljeno 15. 11. 2016)
- [30] Program TEDI. KSKE UL FGG.
(Pridobljeno 5. 6. 2016)
- [31] Program THERM.
<https://windows.lbl.gov/software/therm/therm.html>
(Pridobljeno 27. 10. 2016)
- [32] M Sora.
<http://www.m-sora.si/si/>
(Pridobljeno 16. 12. 2016)
- [33] Reflex.
http://www.reflex.si/hr/files/default/knjiga-gradimo-s-steklom/Tehnicni_podatki_RXPhone.pdf
(Pridobljeno 1. 6. 2017)
- [34] Velux.
https://www.veluxtrgovina.si/?gclid=CjsKDwjw6qnJBRDpoonDwLSeZhIkAlpTR8IPINh7vVpjXQjslbuedNvhDLtykz_g_KmQo0MmSQ7GgL5P_D_BwE
(Pridobljeno 16. 11. 2016)
- [35] Uradna spletna stran Ministrstva za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano Republike Slovenije.

http://www.mkgp.gov.si/si/delovna_podrocja/gozdarstvo/navodila_za_pravilno_kurjenje/nasveti_za_pripravo_drv/kurilna_sezona/

(Pridobljeno 2. 6. 2017)

[36] Kronoterm.

<http://kronoterm.com/>

(Pridobljeno 16. 2. 2017)

[37] Sefaira. Weather data.

<https://sefaira.zendesk.com/hc/en-us/articles/205215065-Weather-Data>

(Pridobljeno 2. 6. 2017)

[38] Measuring Daylight: Dynamic Daylighting Metrics & What They Mean for Designers.

<http://sefaira.com/resources/measuring-daylight-dynamic-daylighting-metrics-what-they-mean-for-designers/>

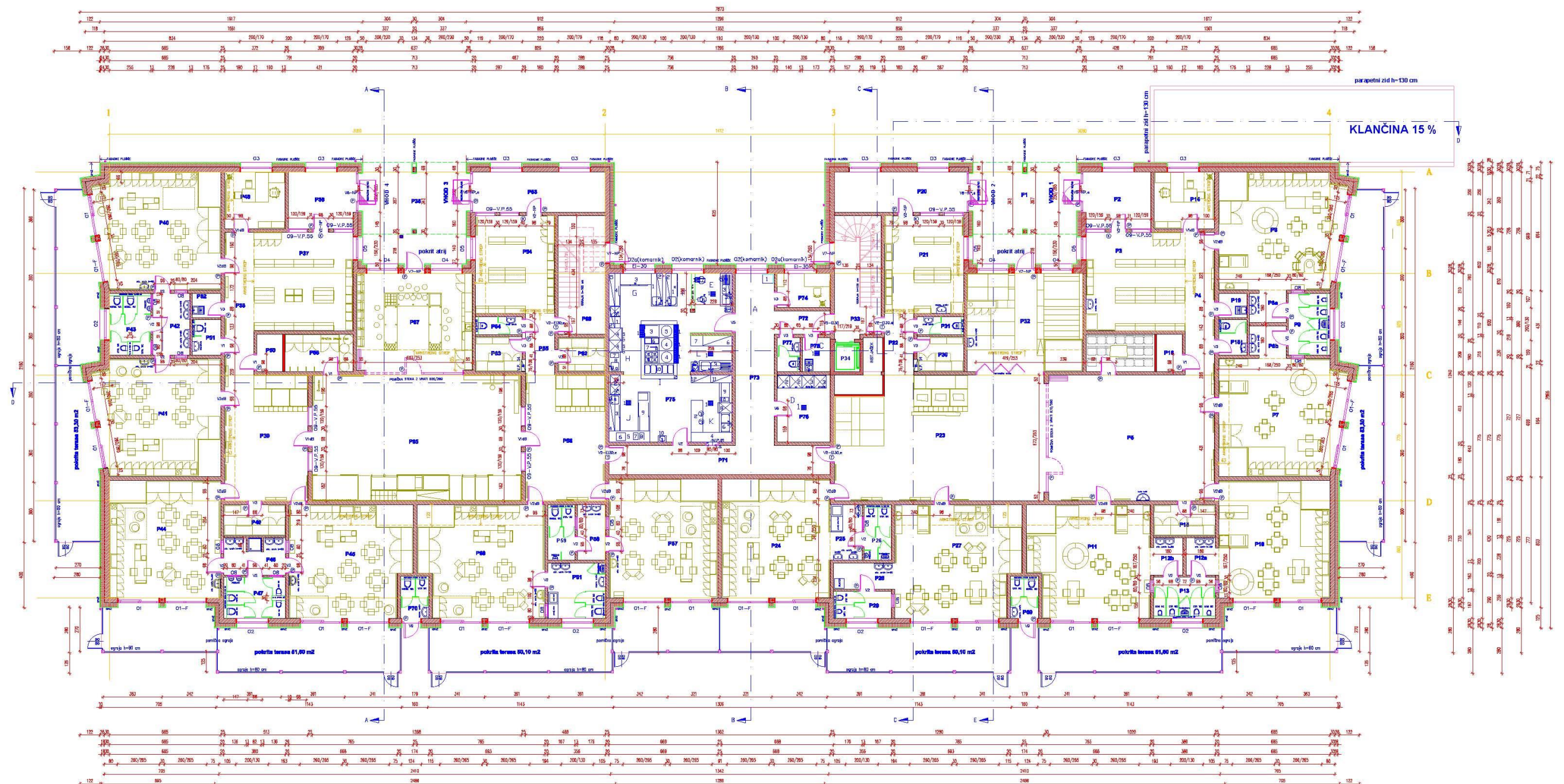
(Pridobljeno 12. 5. 2017)

[39] Yun, H., Nama, I., Kim, J., Yang, J., Lee, K., Sohn, J. 2014. A field study of thermal comfort for kindergarten children in Korea: An assessment of existing models and preferences of children. *Building and Environment* 75: 182–189.

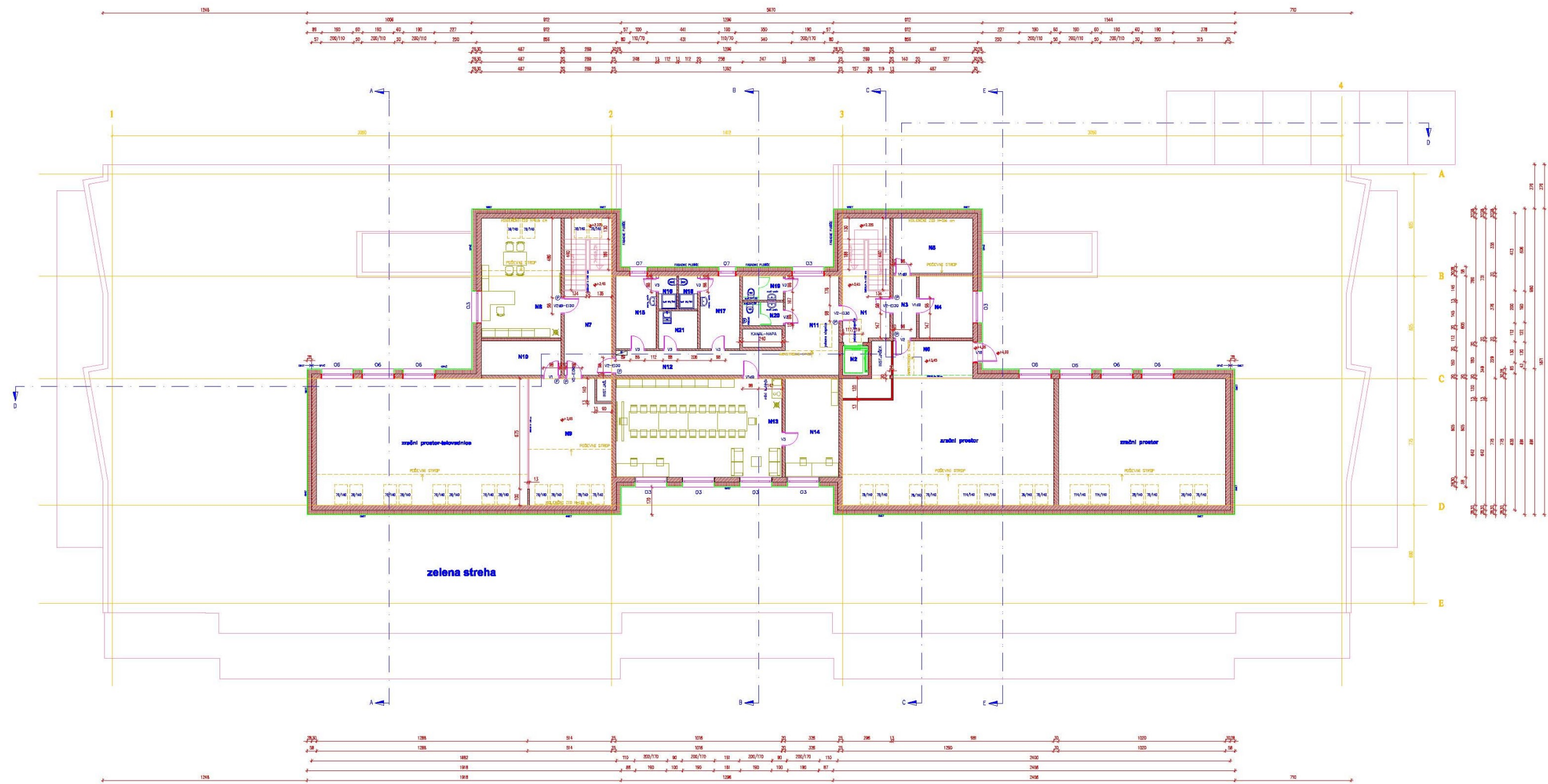
[40] Mors, S., Hensen J. L. M., Loomans, M. G. L. C. 2011. Adaptive thermal comfort in primary school classrooms: Creating and validating PMV-based comfort charts. *Build Environment* 46, 12: 2454-61.

»Ta stran je namenoma prazna«

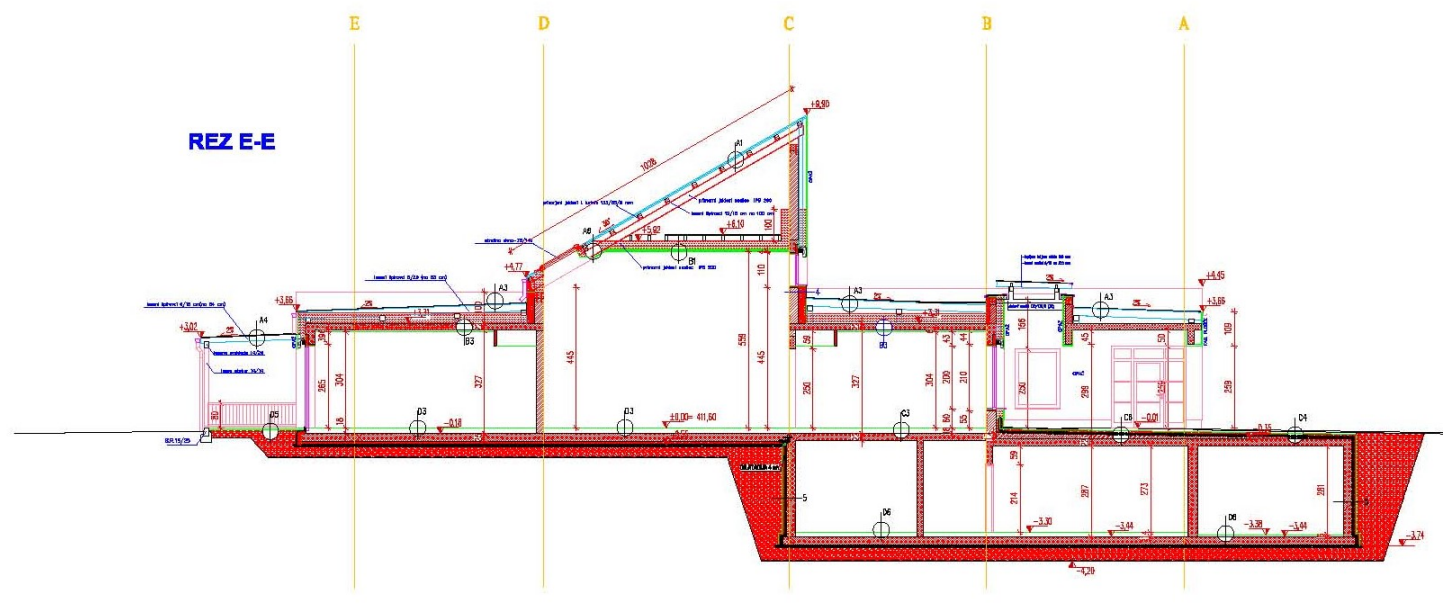
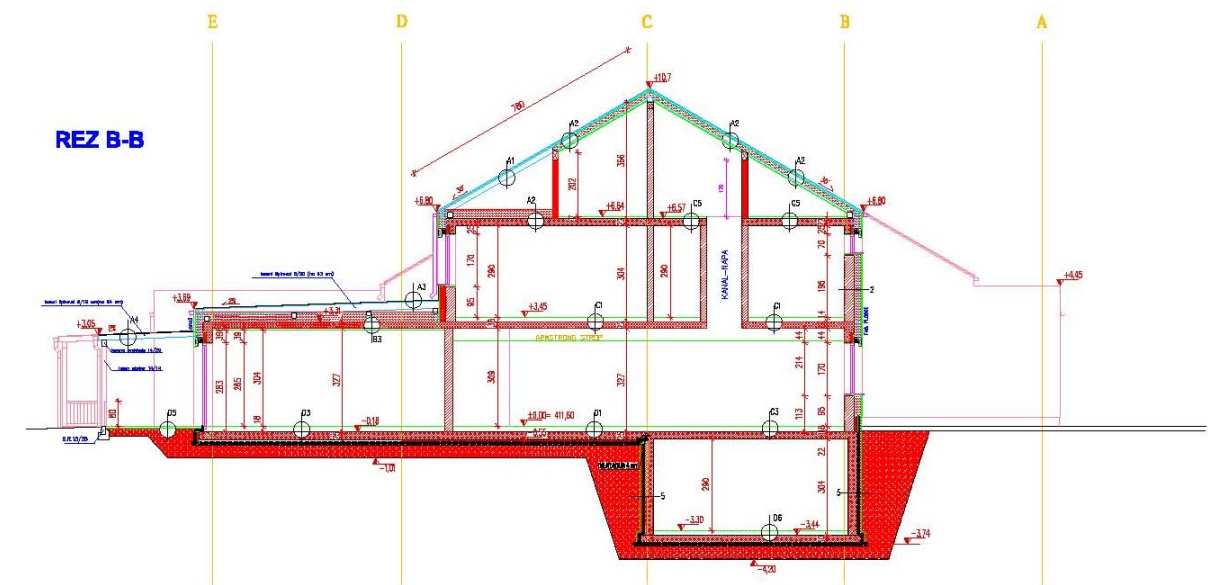
Priloga A: ARHITEKTURNA ZASNOVA



PRILOGA A 1: Tloris pritličenja



PRILOGA A 2: Tloris nadstropja



PRILOGA A 3: Prerezi objekta



PRILOGA A 4: Pogled na fasade objekta