

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Vodnik, S., 2016. Načrtovanje enodružinske hiše po bioklimatskih načelih. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Košir, M., co-supervisor Pajek, L.): 41 str.

Datum arhiviranja: 06-09-2016

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



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

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

This is original version of final thesis.

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

Vodnik, S., 2016. Načrtovanje enodružinske hiše po bioklimatskih načelih. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Košir, M., co-supervisor Pajek, L.): 41 pp.

Archiving Date: 06-09-2016

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



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

**UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI
PROGRAM PRVE STOPNJE
GRADBENIŠTVO**

Kandidatka:

SIMONA VODNIK

**NAČRTOVANJE ENODRUŽINSKE HIŠE PO
BIOKLIMATSKIH NAČELIH**

Diplomska naloga št.: 244/B-GR

BIOCLIMATIC DESIGN OF A SINGLE-FAMILY HOUSE

Graduation thesis No.: 244/B-GR

Mentor:

doc. dr. Mitja Košir

Somentor:

asist. Luka Pajek

Ljubljana, 30. 06. 2016

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVE

Spodaj podpisani/-a študent/-ka Simona Vodnik, vpisna številka 26109917, avtor/-ica pisnega zaključnega dela študija z naslovom: »Načrtovanje enodružinske hiše po bioklimatskih načelih«

IZJAVLJAM

1. Obkrožite eno od variant a) ali b)

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

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

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

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

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

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

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

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

V/Na: _____

Datum: _____

Podpis študenta/-ke:

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN Z IZVLEČKOM

UDK:	620.9:728(043.2)
Avtorica:	Simona Vodnik
Mentor:	doc. dr. Mitja Košir
Somentor:	asist. Luka Pajek
Naslov:	Načrtovanje enodružinske hiše po bioklimatskih načelih
Tip dokumenta:	Dipl. nal. – UNI
Obseg in oprema:	41 str., 18 pregl., 4 graf., 32 sl., 6 pril.
Ključne besede:	bioklimatska arhitektura, osončenost, osenčenost, osvetljenost, energetska bilanca

Izvelek

V diplomski nalogi je predstavljen termin »bioklimatska arhitektura«. Opisan je postopek načrtovanja po bioklimatskih načelih, ter uporaba različnih pasivnih strategij za doseganje toplotnega ugodja.

V nadaljevanju je predstavljen potek bioklimatskega načrtovanja na dejanskem primeru. Na podlagi podnebnih podatkov za obravnavano lokacijo je izdelana psihrometrična karta, katera nam poda osnovne informacije o ukrepih, ki jih je potrebno upoštevati v določenih obdobjih leta. S pomočjo teh podatkov in ostalih bioklimatskih načel je zasnovan prvotni model hiše na lokaciji. Na modelu hiše so izvedene analize osončenosti in energetske bilance. V diplomski nalogi analiziramo štiri variante, ki so dobljene s postopnim spreminjanjem prvotnega modela. Končna zasnova hiše ustreza vsem kriterijem glede energetske učinkovitosti ter najmanjše priporočene vrednosti osvetljenosti stavbe z naravno svetlobo.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC:	620.9:728(043.2)
Author:	Simona Vodnik
Supervisor:	assist. prof. Mitja Košir, Ph.D
CO-supervisor:	assist. Luka Pajek
Naslov:	Bioclimatic design of a single-family house
Tip dokumenta:	Graduation Thesis – University studies
Obseg in oprema:	41 p., 18 tab., 4 graph., 32 fig., 6 ann.
Ključne besede:	bioclimatic architecture, passive solar ,shading ,lighting, energy balance

Abstract

The thesis presents the term "bioclimatic architecture". It describes the planning process according to bioclimatic principles, and the use of different passive strategies to achieve thermal comfort.

There is a representation of bioclimatic design shown on the actual case. Psychrometric chart is designed, based on the climate data for the current location. It gives us the basic information on the measures that need to be taken into account during certain periods of the year. With the help of these data and other bioclimatic principles there is designed a basic model of a house on actual location. Analysis of sunshine and energy balance are carried out on the model of a house. The thesis analyzes the four variants, which are obtained by gradually changing the original model. The final design of the house meets all the criteria for energy efficiency and the minimum recommended levels of illumination of the building with natural light.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju doc. dr Mitju Koširju in somentorju asist. Luku Pajku za svetovanje in pomoč pri izdelavi diplomske naloge.

Zahvaljujem se tudi svojim bližnjim za ljubezen in pomoč v času mojega študija.

KAZALO VSEBINE

STRAN ZA POPRAVKE	I
IZJAVE	II
BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN Z IZVLEČKOM	III
BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT	IV
ZAHVALA	V
KAZALO VSEBINE	VI
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	XI
1 UVOD	1
1.1 Definicija bioklimatske arhitekture	2
1.2 Potek načrtovanja	2
2 PASIVNE STRATEGIJE	3
2.1 Direktni zajem - transparentni elementi stavbnega ovoja	3
2.2 Indirektni zajem - Trombe-Michelov zid	4
2.3 Indirektni zajem - steklenjak	5
2.4 Drugi ukrepi	6
2.4.1 Vpliv senčenja zunanjih objektov ter oblike stavbe	6
2.4.3 Razporeditev bivalnih prostorov	7
2.4.4 Uporaba akumulativne mase	7
2.4.5 Konvencionalno ogrevanje	8
2.4.6 Preprečevanje poletnega pregrevanja	9
3 PODNEBNE ZNAČILNOSTI OBRAVNAVANE LOKACIJE	10
3.1 Podnebni podatki	11
3.2 Psihrometrična karta lokacije	13
4 SIMULACIJE NA LOKACIJI	15
4.1 Simulacije osončenosti ovoja stavbe ter osenčenosti lokacije	15
5 MODEL HIŠE	19
5.1 Izris osnovnega modela hiše	19

6 SIMULACIJE NARAVNE OSVETLJENOSTI V HIŠI _____	22
6.1 Simulacija osvetljenosti s programom Velux Daylight Visualizer _____	22
6.2 Opis posameznih variant _____	22
6.3 Primerjava rezultatov simulacij osvetljenosti z dnevno svetlobo _____	24
7 PREVERJANJE ENERGETSKE BILANCE _____	27
7.1 Konstrukcijski sklopi _____	27
7.1.1 Zunanja stena _____	27
7.1.3 Streha _____	28
7.1.2 Tla na terenu s talnim gretjem _____	29
7.2 Preverjanje energetske bilance s programom TOST _____	30
7.2.1 Vhodni podatki _____	30
7.2.2 Rezultati _____	32
8 ZAKLJUČEK _____	37
VIRI: _____	38
SEZNAM PRILOG: _____	41

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Trajanje osončenja _____	16
Preglednica 2: Količina zasteklitve _____	22
Preglednica 3: Optične lastnosti zasteklitev _____	23
Preglednica 4: Primerjava količnika dnevne svetlobe med variantami _____	26
Preglednica 5: Lastnosti materialov zunanje stene _____	27
Preglednica 6: Lastnosti materialov strehe _____	28
Preglednica 7: Lastnosti materialov tal _____	29
Preglednica 8: Faktor osenčenosti _____	31
Preglednica 9: Površina netransparentnega dela ovoja stavbe _____	31
Preglednica 10: Količina zasteklitve _____	32
Preglednica 11: Izgube in dobitki energije pri ogrevanju _____	32
Preglednica 12: Primerjava rezultatov z izhodiščno varianto _____	33
Preglednica 13: Količina potrebne letne energije za ogrevanje, hlajenje, toplo vodo in razsvetljavo _____	33
Preglednica 14: Razlika potrebne letne energije _____	34
Preglednica 15: Sprememba potrebne letne energije za ogrevanje ob menjavi oken _____	35
Preglednica 16: Sprememba transmisijskih izgub in solarnih dobitkov ob menjavi oken _____	35
Preglednica 17: Razlika med spremembo transmisijskih izgub in spremembo solarnih dobitkov ob menjavi oken _____	35
Preglednica 18: Sprememba H_t' in količine izpustov CO_2 ob menjavi oken _____	36

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Povprečna dnevna temperatura za meteorološko postajo Brnik _____	11
Grafikon 2: Povprečna relativna vlažnost za meteorološko postajo Brnik _____	12
Grafikon 3: Povprečna količina energije sončnega obsevanja na lokaciji _____	12
Grafikon 4: Psihrometrična karta obravnavane lokacije _____	14

KAZALO SLIK

Slika 1: Trombe-Michelov zid	
Slika 2: Steklenjak	5
Slika 3: Vpliv termalne mase na nihanje temperature	8
Slika 4: Senčenje z nadstreškom	9
Slika 5: Zemljevid obravnavane lokacije	10
Slika 6: Model lokacije v Sketch-Upu	15
Slika 7: Smeri postavitve stene	16
Slika 8: Postavitev stene za namen izvajanja simulacij osončenja	16
Slika 9: Osenčenost na dan 21.12.	18
Slika 10: Osenčenost na dan 21.6.	18
Slika 11: Osenčenost na dan 21.3.	18
Slika 12: Model stavbe (vidni sta južna in zahodna fasada)	19
Slika 13: Model stavbe (vidni sta severna in vzhodna fasada)	19
Slika 14: Razporeditev prostorov v pritličju	20
Slika 15: Vertikalna povezanost prostorov (prerez A-A)	20
Slika 16: Vpadni koti sončnih žarkov	21
Slika 17: Osenčeni del okna na dan 31.8. pri nadstrešku dolžine 1,7 m	21
Slika 18: Določanje dolžine nadstreška	21
Slika 19: Določanje dolžine pergole	21
Slika 20: Izris nadstreška in pergole	21
Slika 21: Prva varianta	23
Slika 22: Druga varianta	23
Slika 23: Tretja varianta	23
Slika 24: Četrta varianta	23
Slika 25: Legenda izolinij vrednosti KDS-ja	25
Slika 26: KDS prve variante v pritličju	25
Slika 27: KDS četrte variante v pritličju	25
Slika 28: KDS prve variante v nadstropju	25
Slika 29: KDS četrte variante v nadstropju	25
Slika 30: KS: zunanja stena	27
Slika 31: KS: streha	28
Slika 32: KS: tla na terenu	29

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

A [m^2] – površina netransparentnega ovoja

A_u [m^2] – neto uporabna površina stavbe

A_w [m^2] – površina transparentnega ovoja

F_F [%] – faktor okvirja

f_o – faktor oblike

F_{sh} – faktor osenčenosti

Φ_i – povprečna moč dobitkov notranjih virov

g [%] – linearni koeficient toplotnega prehoda

Ht' – koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub

KDS [%] – količnik dnevne svetlobe

KS – konstrukcijski sklop

n [h^{-1}] – faktor urne izmenjave zraka z zunanjim okoljem

Q_l [$\frac{kWh}{m^2}$] – potrebna letna energija za razsvetljavo

Q_{NC} [$\frac{kWh}{m^2}$] – potrebna letna energija za hlajenje

Q_{NH} [$\frac{kWh}{m^2}$] – potrebna letna energija za ogrevanje

Q_w [$\frac{kWh}{m^2}$] – potrebna letna energija za toplo vodo

$R_{NI,w}$ [$\frac{m^2K}{W}$] – toplotna upornost nočne izolacije

τ_v [%] – prepustnost zasteklitve za vidni del svetlobe, transparentnost

Ug [$\frac{W}{m^2K}$] – toplotna prehodnost skozi steklo

U_{max} [$\frac{W}{m^2K}$] – največji dovoljeni faktor toplotne prehodnosti

U_w [$\frac{W}{m^2K}$] – toplotna prehodnost skozi okno

Ta stran je namenoma prazna.

1 UVOD

Načini gradnje so se skozi zgodovino spreminjali. Do začetka industrijske revolucije so bili ljudje bolj podrejeni vplivom narave, saj družba tehnološko še ni bila dovolj razvita. Načrtovalci so bili tako prisiljeni bolj skrbno izbrati lokacijo in način gradnje. Gradili so na zavetrni, varni, prisojni legi, obdani z rodovitno zemljo, pitno vodo in dobrimi prometnimi povezavami. Pri gradnji stavbe so upoštevali obliko in strukturo tal, razpoložljivost in bližino gradiv v okolici, podnebje ter naravne danosti. Stavbne prostore pa so razporedili glede na način življenja in dela [1].

Zdajšnji hiter tehnološki razvoj je sicer omogočil kakovostne tehnične spremembe v sodobni gradnji, posledično pa se stavbe zaradi novih zmožnosti ne prilagajajo več okolju. S tem je človek odrezan od naravnega delovanja in sinergije, za doseganje bivalnega ugodja pa večinoma uporablja mehanizacijo [1].

Ob dejstvu, da se v Evropi za področje gradbeništva porabi od 30 do 40% celotne primarne energije, se prav pri gradnji stavb uvajajo novi odločilni ukrepi glede porabe energije [2]. Eden od načinov gradnje, ki upošteva zakonitosti trajnostne gradnje je bioklimatska gradnja. Z njo se na nek način vračamo nazaj, v predindustrijsko dobo, in ugotovljene, kakovostne ter trajno uporabne vrednosti obstoječega dopolnjujemo z znanjem in tehnologijo sedanjosti [1].

V tej diplomski nalogi bom predstavila način bioklimatskega načrtovanja in nato na primeru pokazala potek takšnega načrtovanja. Z uporabo različnih pasivnih strategij bom poskušala čim bolj povečati energetske učinkovitosti načrtovane stavbe. Na koncu bom primerjala različice hiš, ter za podnebne razmere na dani lokaciji, določila najboljšo.

1.1 Definicija bioklimatske arhitekture

Termin bioklimatska ali trajnostna arhitektura se navezuje na alternativno metodo načrtovanja stavb. Pri tej metodi se na podlagi lokalnih klimatskih razmer ter okoljskih značilnosti uporablja različne pasivne solarne tehnologije z namenom izboljšanja bivalnih pogojev in energijske učinkovitosti. Ključen načrtovalski vidik je doseganje zdravega in udobnega notranjega okolja v stavbi, kar je treba doseči s čim manj dodatnimi napravami, ki so porabnice električne energije in fosilnih goriv ter vplivajo na povečevanje okoljskega odtisa [3].

Načela bioklimatske gradnje so povezana s trajnostnimi načeli. Takšna gradnja izkorišča okoliške, naravne materiale, ki jih je mogoče reciklirati oziroma ponovno uporabiti. S pravilnim načrtovanjem v stavbi zagotovimo primerno naravno osvetlitev in toplotno udobje. S pomočjo pasivnih konstrukcijskih elementov bivalne prostore povežemo z naravo, tako lažje občutimo dogajanja v njej in pri njih sodelujemo z uravnavanjem sistemov [4].

1.2 Potek načrtovanja

Proces bioklimatskega načrtovanja stavbe predstavlja največji del gradbenega projekta. Potrebne so obsežne lokacijske študije, da čim bolj izkoristimo danosti okolja z izvedbo enostavnih rešitev [5]. Ko začnemo s študijo, najprej analiziramo podnebne lastnosti izbrane lokacije, količino osončenja in termofizikalne lastnosti okoliškega materiala. Glede na dobljene podatke nato določimo orientacijo stavbe, razmerje dimenzij stavbe, postavitev na lokaciji, položaj in velikosti odprtin ter lastnosti stavbnega ovoja. Ves čas načrtovanja, ob upoštevanju naravnih principov in zakonov, v stavbni ovoj smiselno vključujemo različne pasivne sisteme za zajem sončne energije [3].

2 PASIVNE STRATEGIJE

Pasivni sistemi so deli stavbnega ovoja kot tudi stavbe, ki hkrati delujejo kot sprejemnik energije, hranilnik toplote (hladu) in ogrevalni (hladilni) sistem. Predstavljajo kombinacijo netransparentnega ovoja in zasteklitev. Pametno jih je načrtovati pred začetkom gradnje, saj tako same gradnje ne podražijo veliko, pripomorejo pa k večji izrabi sončne energije in posledičnemu zmanjšanju obratovalnih stroškov ter boljšemu odzivu stavbe na klimatske danosti lokacije [4].

2.1 Direktni zajem - transparentni elementi stavbnega ovoja

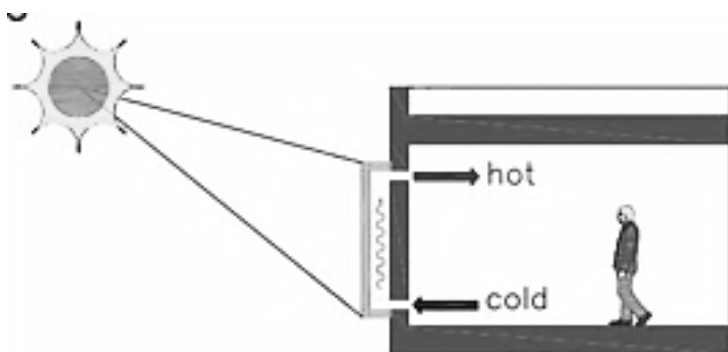
Transparentni elementi predstavljajo najosnovnejši in najenostavnejši pasivni sistem za zajem energije. Delujejo kot direktni sistem, saj skozi sončni žarki prodirajo naravnost v ogrevani prostor. Njihova šibka stran je, da so do 4-krat slabše toplotno izolativni od netransparentnih elementov ovoja stavbe, zato jih je potrebno ponoči zastirati [4]. Da zmanjšamo toplotne izgube skozi, lahko uporabimo rolete, težke zavese, polnila in podobno. Toplotno-izolativne lastnosti transparentnih elementov so podane s količnikom toplotne prevodnosti (U_w), ki mora biti čim manjši ob sočasni čim večji prepustnosti za dnevno svetlobo (τ_v) in celotni sončni spekter (g) [4].

Naravna osvetljenost znotraj hiše je zelo pomembna za zagotavljanje svetlobnega udobja. Z uporabo velikih transparentnih površin omogočimo vnos dnevne svetlobe globlje v prostor. Ob tem moramo upoštevati, da se pri takšnih površinah znotraj prostorov precej blešči, zato je primerno uporabljati senčila, ki regulirajo osvetljenost v prostoru in zmanjšujejo pojav bleščanja. V idealnih pogojih bi bila osvetljenost prostorov z naravno svetlobo enakomerna, čemur se lahko približamo z izbiro širših in enakomerno razporejenih transparentnih površin (pod pogojem, da prostori niso pretirano globoki). Na količino osvetljenosti prostora pa vplivamo tudi s spreminjanjem odbojnosti notranjih površin in optičnih lastnosti zasteklitve [6].

2.2 Indirekten zajem - Trombe-Michelov zid

Trombe-Michelov ali termični zid je masiven zid, ki je na zunanji strani temnih barv (lahko je to selektivna absorpcijska površina¹) in zastekljen. Ko sončni žarki ogrevajo zid, ta toploto shranjuje in jo oddaja v prostor s časovnim zamikom [4]. Prav časovni zamik je največja prednost Trombe-Michelovega zidu, saj preprečuje pregrevanje prostora v času najmočnejšega sončnega sevanja. Časovni zamik Trombe-Michelove stene deluje po naslednjem principu. Ob vplivu sončnega sevanja se toplota akumulira v masivnem zidu, tako se temperatura zraka v prostoru le nekoliko zviša in ne pride do pregrevanja. Ko pa je temperatura zidu višja od temperature zraka v prostoru, začne zid oddajati toploto prostoru [7]. Časovni zamik je povprečno dolg 6–8 ur pri 20 cm debeli opeki [4].

Če so v masivnem zidu nameščene reže za zračne kanale, le-te omogočajo cirkulacijo zraka, vendar s tem zmanjšujejo časovni zamik ogrevanja. Trombe-Michelov zid je način indirektnega zajema sončne energije, saj zrak prisilimo, da kroži okrog akumulativnega elementa in v prostor vnaša toploto [4]. Primer takšnega zidu prikazuje slika 1. Trombe-Michelov zid vsebuje velike transparentne površine, zaradi česar nastajajo toplotne izgube, predvsem ponoči. Temu se deloma lahko izognemo z izvedbo nočne izolacije [8]. Obratno, v poletnem času lahko pride do pregrevanja takšnega zidu. Da to preprečimo mu moramo zagotoviti primerno senčenje.

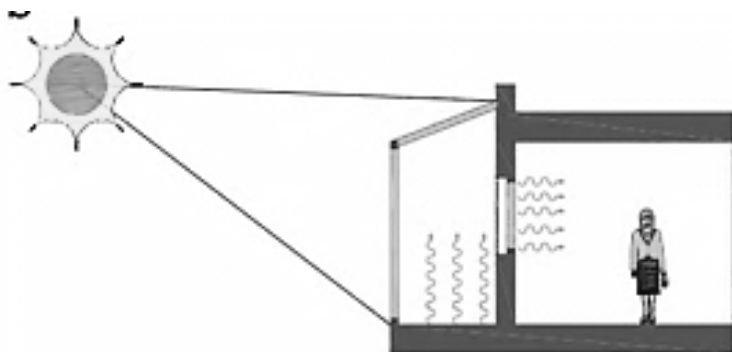


Slika 1: Trombe-Michelov zid (Vir slike [3], str. 739)

¹ Selektivne absorpcijske površine so površine, ki imajo veliko absorptivnost in majhno emisivnost. To pomeni, da absorbirajo večino toplote, ki jo prejmejo s sončnim sevanjem, nazaj v okolje pa izgubljajo s sevanjem zelo malo energije. [9].

2.3 Indirekten zajem - steklenjak

Steklenjak ali zimski vrt je najbolj priljubljen pasivni sistem. Izveden je po principu termičnega zidu, le da ima zasteklitev odmaknjeno od masivne stene za razdaljo prostora [10]. Nima le funkcije pridobivanja toplote, ampak deluje tudi kot prijetna razširitev bivalnega prostora, ki ostale prostore povezuje z naravo in ga lahko uporabljamo skoraj vse leto. Deluje na principu zajema sončne energije skozi zasteklitev, ter shranjevanja le-te v masivne akumulativne površine [4]. Steklenjak prikazuje slika 2.



Slika 2: Steklenjak (Vir slike [3], str. 739)

Steklenjak je zasnovan za maksimalni zajem sončne energije. Običajno se ga izvede na južni strani stavbe, kot del nje, ali kot njen dodani del [10].

Pri prvem načinu izvedbe je med steklenjakom in stavbo večja transparentna površina, ki omogoča direkten zajem sončne energije v prostor steklenjaka in stavbe. Za akumulacijo toplote se uporabljajo le tla obeh prostorov. Pri tem tipu steklenjaka je nujna uporaba zunanjih zastiral, da ne pride do pregrevanja stavbnih prostorov [10].

Drugi način izvedbe ima med steklenjakom in stavbo masiven zid. Zajem sončne energije je pri tej izvedbi indirektno. Toplota se prenaša v stavbo preko termičnega zidu in akumulativnih tal. Če so v masivnem zidu nameščene zračne reže omogočimo cirkulacijo zraka, ki jo lahko pospešimo z uporabo ventilatorjev [10].

Z namenom doseganja čim boljšega toplotnega udobja v steklenjaku moramo upoštevati pogoje katerim je izpostavljen skozi vse leto. Tako ga je poleti priporočljivo senčiti z listopadno vegetacijo, ter pomičnimi senčili, kar posledično omogoča tudi maksimalne sončne dobitke v zimskem času. Stavbni elementi, v katere se sonce upre, morajo imeti visoko toplotno kapaciteto, da lahko akumulirajo velike količine sončne energije, ter preprečujejo večja temperaturna nihanja v prostorih. Stavba pa mora biti dobro toplotno izolirana [9].

2.4 Drugi ukrepi

Do zdaj so bili omenjeni le konstrukcijski ukrepi za doseganje večje energetske učinkovitosti. Ti sami po sebi še ne zagotavljajo največjega izkoristka lokacijskih danosti, zato je dobro pri načrtovanju upoštevati tudi druge ukrepe. Ti se navezujejo na vpliv sosednjih objektov na stavbo, oblikovanje same stavbe, njene notranjosti in stavbnega ovoja, na način izvedbe senčenja, ter oblike konvencionalnega ogrevanja.

2.4.1 Vpliv senčenja zunanjih objektov ter oblike stavbe

Stavbi je potrebno omogočiti prejem čim večje količine sončnega sevanja. Ko načrtujemo razmike med stavbami, upoštevamo nizek vpadni kot zimskega sončnega sevanja, da se stavbe med seboj pretirano ne senčijo [11].

Ob dimenzioniranju stavbne oblike pa se moramo zavedati, da ima manj transmisijskih izgub stavba, ki ima glede na prostornino čim manjšo površino ovoja. To pomeni, da ima čim manjši faktor oblike (f_o) [11]. Slednji se za določeno stavbo izračuna po enačbi 1:

$$f_o = \frac{\text{površina ovoja}}{\text{neto volumen zgradbe}} \quad (1)$$

2.4.3 Razporeditev bivalnih prostorov

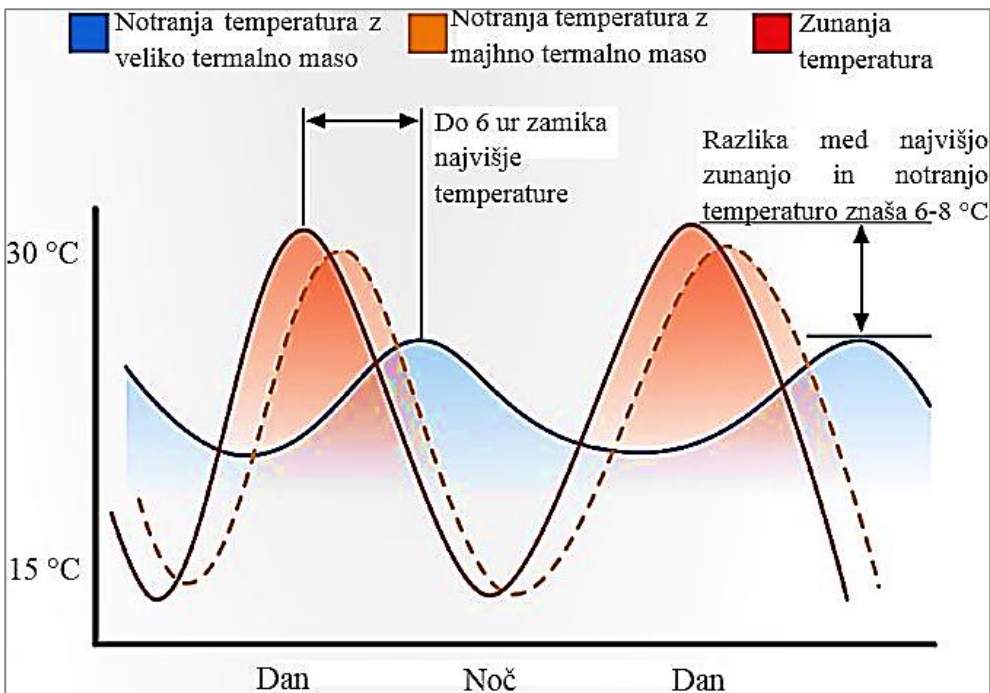
Bivalne, ogrevane prostore obrnemo proti jugu, ostale pa proti severu. Na severu naj bo čim manj okenskih odprtín, na vzhodu in zahodu pa naj obsegajo do ene sedmine tlorisa [4]. Na jugu fasado odpremo proti naravi in soncu, ter jo opremimo s pasivnimi elementi stavbnega ovoja.

Prostor povežemo, da so posredno ogrevani tudi tisti deli, ki niso tik ob južni fasadi in jih ogrevamo z gibanjem zraka. Razporedimo jih tudi nivojsko, da zgradba izkorišča naravno, vzgonsko kroženje zraka [4]. Obenem je pomembno, da stavbo razčlenimo na ogrevalne cone, s čimer dosežemo, da prostorov ne ogrevamo po nepotrebnem. Prostori se nahajajo v različnih conah, če je temperaturna razlika med njimi večja od 4°C ali če je dinamika ogrevanja in hlajenja v dnevnem in/ali letnem ciklu izrazito drugačna [11].

2.4.4 Uporaba akumulativne mase

Akumulativni materiali imajo sposobnost da sprejemajo in z zamikom oddajo toploto ali hlad. Elementi iz teh materialov imajo sposobnost, da ohranijo temperaturo tudi, ko se okoliška temperatura spremeni in nato postopno oddajajo toploto ali hlad v prostor [7]. Navadno so to betonski ali opečni elementi, kot obloge pa se uporablja kamen in keramika temnejših barv [11].

S pomočjo akumulativnih materialov blažimo dnevna temperaturna nihanja. Kadar so ta večja od 10°C je visoka termalna masa v stavbah zelo zaželjena [7]. Slika 3 prikazuje razlike med temperaturami v stavbi in zunaj nje, pri uporabi različne količine termalne mase.



Slika 3: Vpliv termalne mase na nihanje temperature (Vir slike: [7], str. 10)

2.4.5 Konvencionalno ogrevanje

Če gradimo v območju, kjer samo pasivne strategije niso dovolj za doseganje toplotnega ugodja, moramo hišo ogrevati še na konvencionalni način.

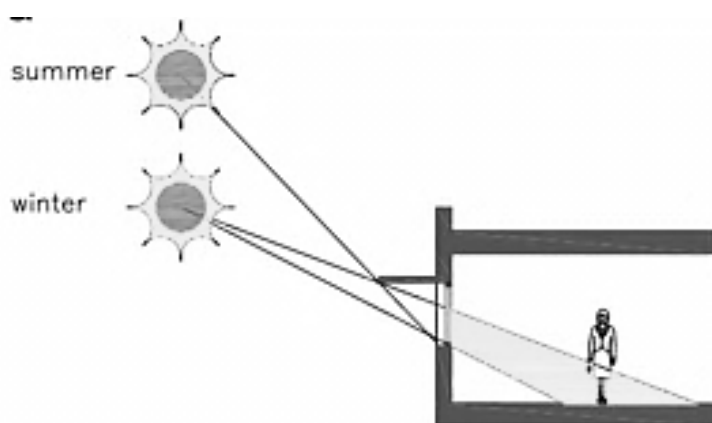
Primerno je površinsko ogrevanje, ki omogoča boljše kroženje toplote, saj ima boljšo ploskovno razporeditev. Pri tem načinu ogrevamo z vodo pri 40–50 °C, v primerjavi z radiatorjem, kjer ima voda 70–80 °C. To vodi k manjšim izgubam in večjemu izkoristku [9].

Poleg tega nudi takšno ogrevanje večje udobje ter večja toplotno stabilnost stavbe. Slabost je le počasen odziv [4]. Lahko pride do neskladja s pasivnim zajemom, kar lahko izničimo z dobro avtomatiko in z lokalnim virom toplote, kot dodatnim virom. Dimenzioniramo ogrevalne sisteme, ki naj imajo tolikšno moč, da sami ogrejejo bivalni prostor, kot če ni pasivnih sistemov. Dimnik zgradimo na sredini hiše, tako da preko tuljave ogreva notranje prostore [4].

2.4.6 Preprečevanje poletnega pregrevanja

V poletnem času bi zaradi močnega sončnega sevanja prihajalo do pregrevanja stavbe, zato moramo načrtovati pravilno senčenje transparentnih površin. Posebej se moramo posvetiti vzhodni in zahodni strani stavbe, saj na te površine sončni žarki padajo pod nižjim vpadnim kotom (bolj pravokotno na zunanjo steno) [11].

Proti pregrevanju so najbolj učinkovita zunanja senčila, npr. nadstreški, markize, rolete, rastline z velikimi listi. Listopadne rastline pozimi omogočajo sončnim žarkom vstop v notranjost stavbe, poleti pa jo prijetno senčijo. Tudi nadstrešek načrtujemo tako, da prestreže le poletne sončne žarke. Dolžino nadstreška tako izračunamo iz poletnega vpadnega kota sončnih žarkov [11]. Na sliki 4 zimski sončni žarki sežejo v notranjost stavbe, poletne pa prestreže nadstrešek.



Slika 4: Senčenje z nadstreškom (Vir slike [3], str. 739)

Poleg senčenja stavbo ohlajamo tudi z naravnim prezračevanjem. Najboljše je nočno prezračevanje z ustvarjanjem vleka skozi široko odprta okna [11].

3 PODNEBNE ZNAČILNOSTI OBRAVNAVANE LOKACIJE

Obravnavana lokacija, kamor bo umeščena enodružinska hiša se nahaja v naselju Srednja Bela v občini Preddvor. Nahaja se na zemljepisni širini $46^{\circ}17'46,85''$ in zemljepisni dolžini $14^{\circ}24'09,61''$, ter na nadmorski višini 487 m [12]. Lokacija je malo dvignjena od okolice, ki je sicer rahlo valovita. Obravnavano lokacijo na zemljevidu Slovenije prikazuje slika 5.

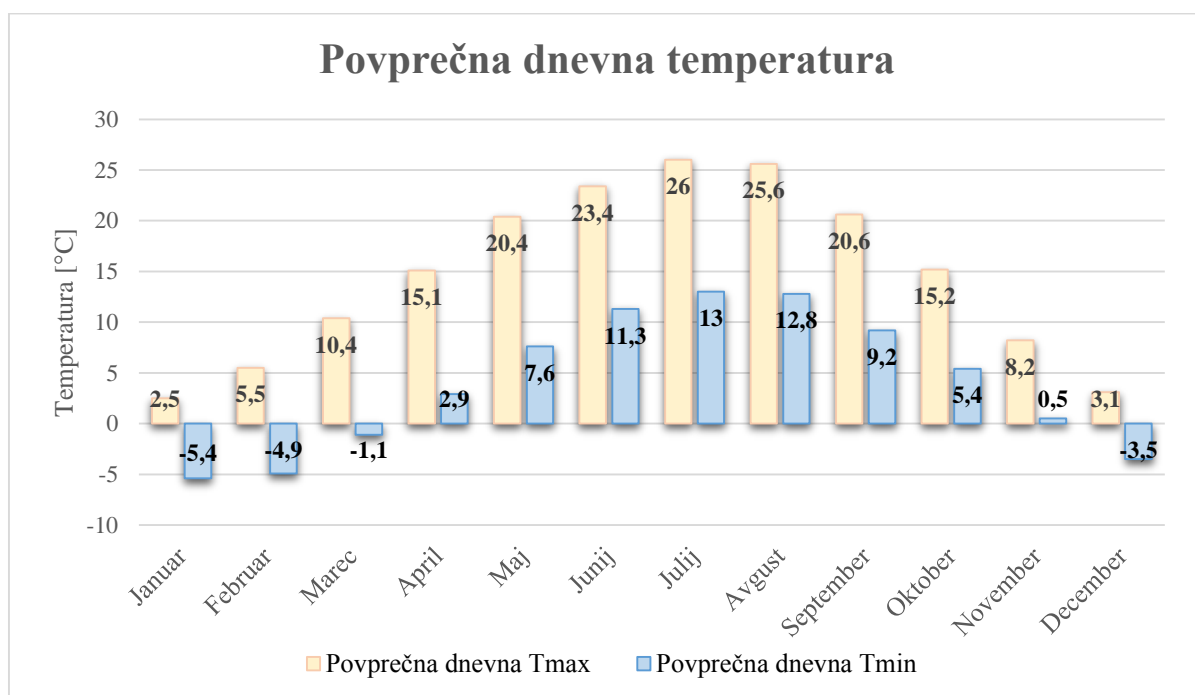


Slika 5: Zemljevid obravnavane lokacije (Vir slike [12])

Podnebje je zmerno-celinsko in ima submediteranski padavinski režim. Zanj so značilne hladne zime s snežnimi padavinami in topla poletja. V povprečju so oktobrske temperature višje od aprilskih [13]. V zimskem času je na lokaciji zanemarljivo malo meglenih dni. Povprečna letna količina padavin je med 1300 mm in 2500 mm, povprečna letna hitrost vetra 10 m nad tlemi lokacije pa je med 1 in 2 m/s [12].

3.1 Podnebni podatki

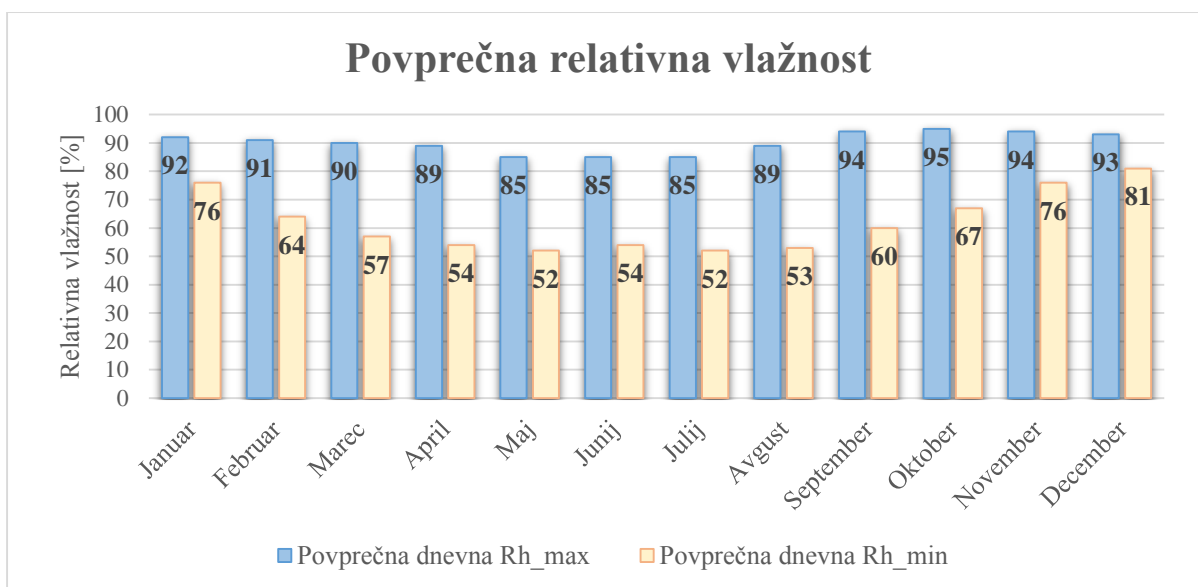
V nadaljevanju so podani podatki o podnebnih razmerah na in v bližini lokacije. Ti podatki so potrebni za pravilno bioklimatsko načrtovanje stavbe. Najbližja meteorološka postaja se nahaja na Brniku, od koder so vzeti mesečni podatki o povprečnih temperaturah in relativni vlažnosti [14].



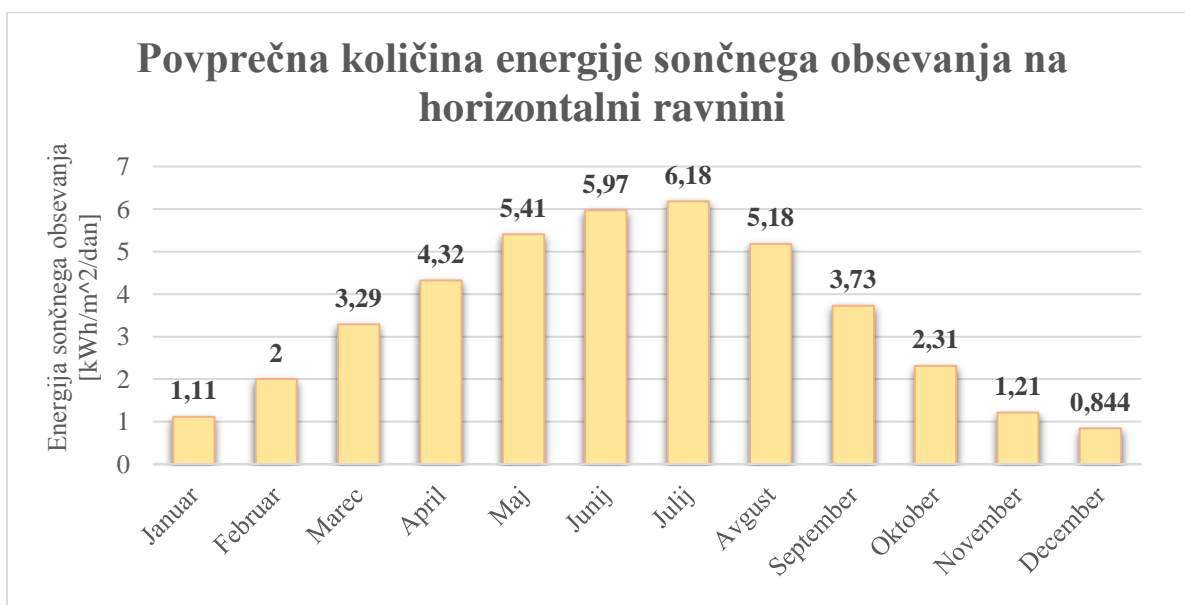
Grafikon 1: Povprečna dnevna temperatura za meteorološko postajo Brnik

Grafikon 1 prikazuje povprečne najnižje in najvišje dnevne temperature za obdobje 30 let. Povprečno najbolj mrzel dan je v januarju, s povprečno najnižjo dnevno temperaturo $-5,4\text{ }^{\circ}\text{C}$, ter povprečno najvišjo $2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. V mesecu juliju je izmerjen povprečno najtoplejši dan, s povprečno najnižjo dnevno temperaturo $13\text{ }^{\circ}\text{C}$, ter povprečno najvišjo $26\text{ }^{\circ}\text{C}$. Zimski meseci, v katerih se pojavlja povprečna dnevna temperatura pod lediščem so januar, februar, marec in december. Povprečne dnevne temperature se do meseca julija enakomerno dvigajo, nato pa do januarja zopet enakomerno padajo.

Grafikon 2 prikazuje povprečno najnižjo (Rh, min) in najvišjo (Rh, max) dnevno relativno vlažnost za obdobje 30 let. Povprečna dnevna Rh, max je merjena ob 7:00 uri in se giblje med 85 in 95 %. Povprečna dnevna Rh, min pa je merjena ob 14:00 uri in se giblje med 52 in 81 %. Povprečne dnevne relativne vlažnosti imajo v primerjavi s povprečnimi jutranjimi večje razlike med mesečnimi povprečji.



Grafikon 2: Povprečna relativna vlažnost za meteorološko postajo Brnik



Grafikon 3: Povprečna količina energije sončnega obsevanja na lokaciji

Podatki o povprečni količini energije sončnega obsevanja so prikazani na grafikonu 3 in se nanašajo na obravnavano lokacijo [15]. Največjo količino energije sončnega obsevanja lokacija prejme meseca julija, in sicer povprečno $6,18 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}/\text{dan}$, najmanjšo pa decembra, ko je njena povprečna vrednost $0,844 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}/\text{dan}$. Do meseca julija se količina energije sončnega obsevanja enakomerno povečuje, nato pa se do decembra zopet enakomerno zmanjšuje.

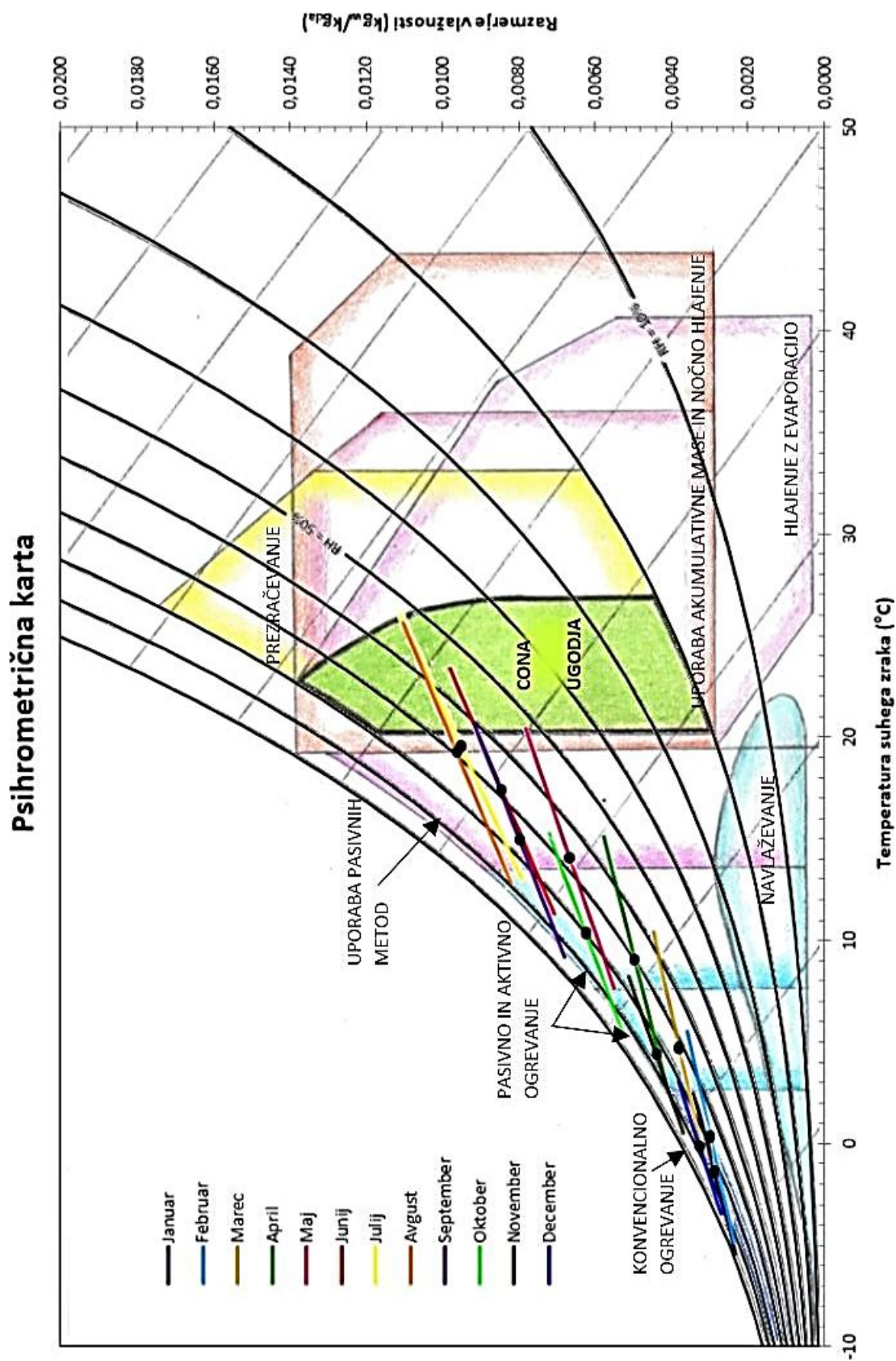
3.2 Psihrometrična karta lokacije

Psihrometrična karta [16] na podlagi podatkov o relativni vlažnosti in temperaturi suhega zraka prikazuje različne cone. Podatki so zbrana jutranja in popoldanska povprečja za vsak mesec. Iz grafičnega prikaza teh podatkov lahko sklepamo, katere ukrepe je potrebno sprejeti, da se prestavimo v cono udobja.

Cona udobja se nahaja pri temperaturi zraka med 18 °C in 26 °C, ob istočasni hitrosti gibanja zraka med 0 in 2 m/s, ter relativni vlažnosti med 40 % in 65 % (sprejemljiv delež vlage je odvisen od temperature) [3].

Za zbrane podatke na in v bližini lokacije je na grafikonu 4 prikazana psihrometrična karta lokacije. Iz karte je razvidno, da je v hladnejših mesecih (januar, februar in december) potrebno konvencionalno ogrevanje stavbe. V prehodnih mesecih (marec, april, oktober in november) uporabljamo pasivne strategije in konvencionalno ogrevanje. V toplejših mesecih (maj, junij, julij, avgust in september) pa je potrebna le uporaba pasivnih strategij za ogrevanje in hlajenje stavbe.

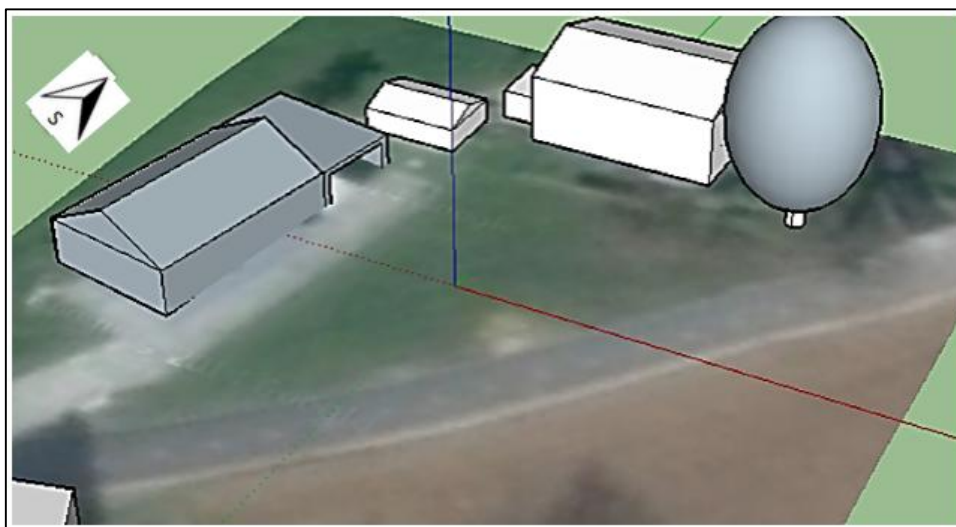
Vidimo, da se naša lokacija nahaja v območju, kjer samo pasivne strategije niso dovolj, lahko pa veliko pripomorejo k zmanjšanju porabe energije.



Grafikon 4: Psihrometrična karta obravnavane lokacije

4 SIMULACIJE NA LOKACIJI

Pred začetkom načrtovanja stavbnega ovoja in oblike stavbe, je potrebno preveriti osončenost parcele in padanje senc nanjo. Za potrebe izvedbe simulacij, sem najprej izdelala model lokacije v programu Sketch-Up [17]. Model lokacije je prikazan na sliki 6.



Slika 6: Model lokacije v Sketch-Upu

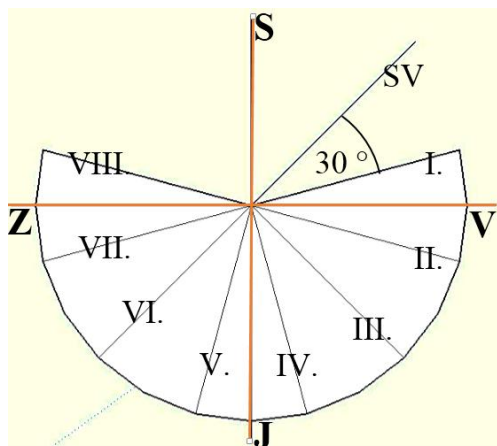
4.1 Simulacije osončenosti ovoja stavbe ter osončenosti lokacije

V programu Sketch-Up sem z dodatkom LSS Chronolux [18] izvedla točkovne simulacije osončenosti stene. V programu sem zrisala steno s središčem na sredini parcele in jo med izvajanjem simulacij vsakič zavrtela za 30° , kot je prikazano na sliki 7.

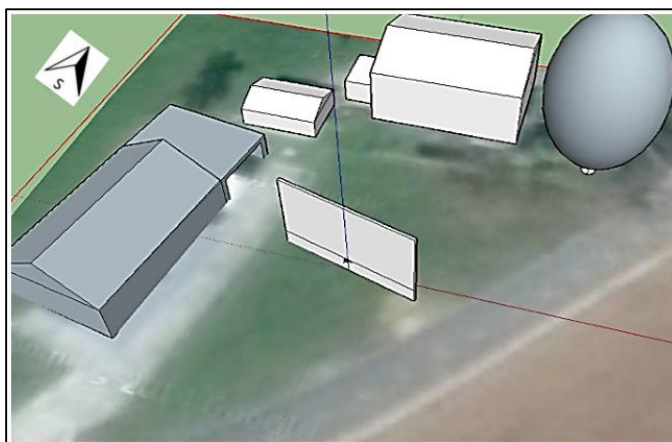
Na to steno sem postavila testne točke z obeh strani, in sicer na sredino stene (sredina parcele) na višino 1,5 m nad tlemi. Primer postavitve stene je prikazan na sliki 8.

Za tri referenčne dni v letu, 21.3., 21.6., ter 21.12., sem podala čas za določevanje osončenosti testnih točk in v programu zagnala izris poteka sončnih žarkov za izbrani dan.

(Potek dela in rezultati so prikazani v prilogi A.)



Slika 7: Smeri postavitve stene

Slika 8: Postavitev stene za namen izvajanja simulacij
osončenja

Čas trajanja osončenja za določene postavitve stene je prikazan v preglednici 1. Postavitve, ki dobijo med seboj simetrične rezultate glede trajanja osončenja, so I. in VIII., II. in VII., III. in VI., ter IV. in V.

Preglednica 1: Trajanje osončenja

Postavitev stene		Postavitev testne točke	Trajanje osončenja [min]
I.	Marec	južna stran	412
		severna stran	0
	Junij	južna stran	538
		severna stran	212
	December	južna stran	255
		severna stran	0
II.	Marec	južna stran	412
		severna stran	0
	Junij	južna stran	536
		severna stran	214
	December	južna stran	255
		severna stran	0

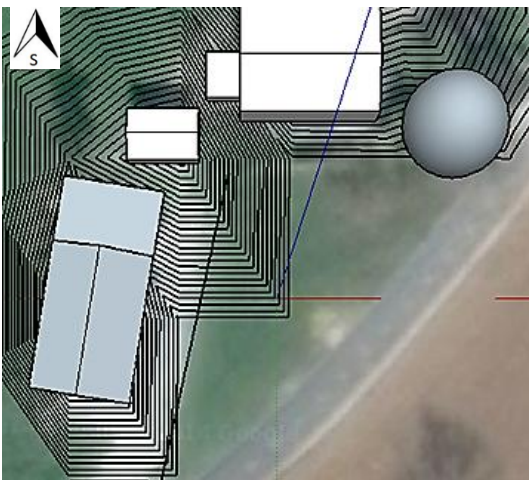
se nadaljuje...

... nadaljevanje preglednice 1

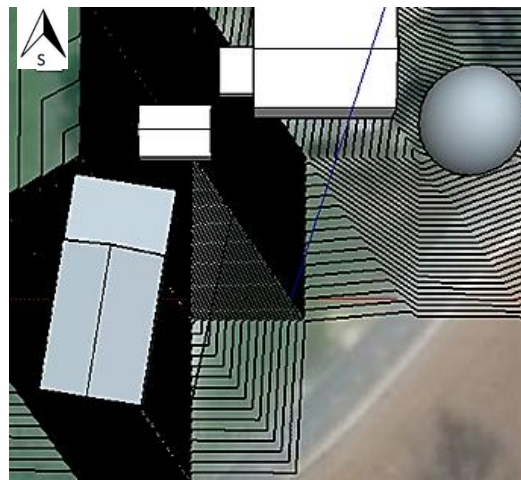
III.	Marec	južna stran	347
		severna stran	65
	Junij	južna stran	465
		severna stran	109
	December	južna stran	255
		severna stran	0
IV.	Marec	južna stran	248
		severna stran	164
	Junij	južna stran	403
		severna stran	347
	December	južna stran	188
		severna stran	67

Rezultati so pokazali, da največjo količino sončnega sevanja dobi stena, ki je postavljena med smerema I. in II. Najbolj idealna postavitev je torej smer vzhod – zahod. Spomladi in pozimi južna stran tako postavljene stene dobi celotno količino osončenja. V poletnem času pa se ta količina zmanjša na približno dve tretjini. Ti rezultati so pričakovani, saj v okolici ni nobenih večjih ovir, ki bi preprečevale pot sončnim žarkom. Iz rezultatov lahko razberemo tudi, da se osončenost južne strani stene, z obračanjem le-te proti smeri sever – jug, postopoma zmanjšuje.

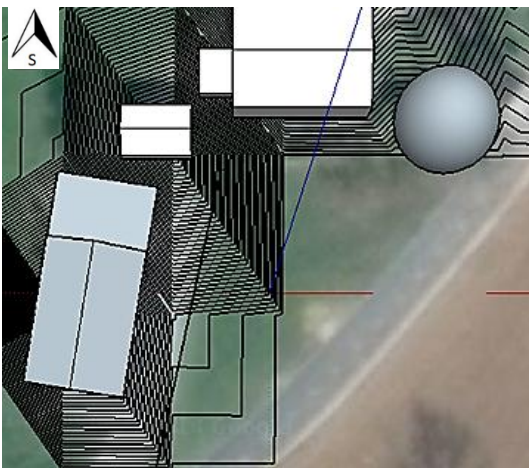
Na podlagi modela lokacije sem v programu Sketch-Up preverila padanje senc na parcelo za tri referenčne dni v času trajanja osončenosti. Simulacije osenčenja so prikazane na slikah od 9 do 11. Ugotovila sem, da je najbolj osončen del na vzhodnem in jugovzhodnem delu parcele. Ta del je zaradi boljše osončenosti najbolj primeren za postavitev hiše.



Slika 9: Osenčenost na dan 21.12.
od 09:50 do 14:05 ure



Slika 10: Osenčenost na dan 21.6.
od 05:51 do 18:21 ure



Slika 11: Osenčenost na dan 21.3.
od 08:41 do 15:33 ure

5 MODEL HIŠE

5.1 Izris osnovnega modela hiše

Glede na predhodne simulacije osončenosti parcele sem zasnovala model stavbe, pri čemer sem upoštevala načela bioklimatskega načrtovanja. Sliki 12 in 13 prikazujeta model stavbe izdelan v ArchiCAD-u.



Slika 12: Model stavbe (vidni sta južna in zahodna fasada)

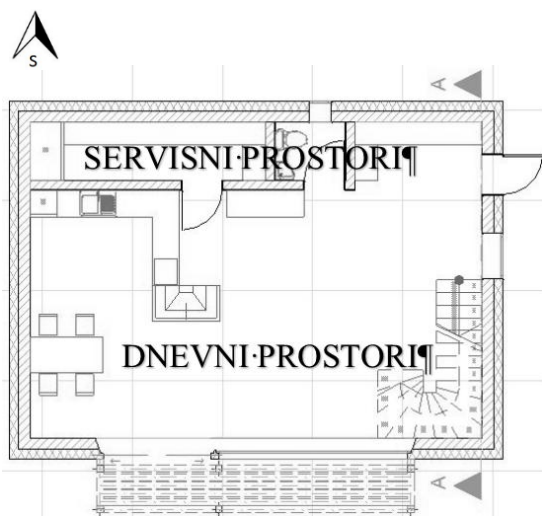


Slika 13: Model stavbe (vidni sta severna in vzhodna fasada)

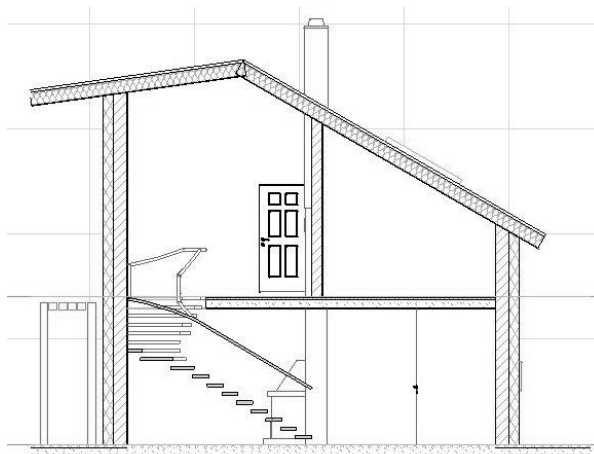
Ker na južni strani ni nobenih objektov, ki bi senčili hišo, sem južno steno malo podaljšala, ter s tem omogočila večje izkoriščanje sončnega sevanja v zimskem obdobju. Obenem sem upoštevala, da je faktor oblike stavbe čim manjši, in da ima hiša čim manj vogalov, s čimer sem zmanjšala transmisijske toplotne izgube ter dolžino geometrijskih toplotnih mostov.

Južno stran hiše sem močneje zasteklila, na ostalih straneh pa je zasteklitve toliko, da zadosti pogojem po naravni osvetljenosti. Višina hiše se proti severu spušča, tako da stavba s svojo obliko vodi sončne žarke v notranje bivalne prostore, obenem pa je dobro zaščiten proti hladnemu severnemu vetru.

Servisni prostori, kot so shramba, vhodni prostor in toaleta so nameščeni ob severni steni hiše, tako da najboljše pogoje glede naravne osvetljenosti in pasivnega zajema energije dobijo dnevni prostori. Ti so odpri, visoki, povezani med sabo ter omogočajo naravno kroženje zraka. Za tla so uporabljene keramične ploščice temnejših barv, saj omogočajo dobro shranjevanje sončne energije. Pohištvo ter stenske obloge so iz svetlejšega lesa, da razpršijo svetlobo po celotnem prostoru. Sliki 14 in 15 prikazujeta razporeditev prostorov v stavbi.



Slika 14: Razporeditev prostorov v prtljčju



Slika 15: Vertikalna povezanost prostorov (prerez A-A)

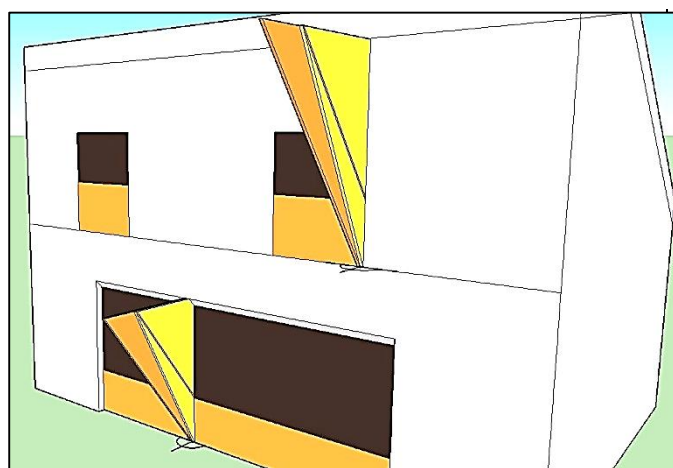
Za hladnejše mesece, ko je potrebno konvencionalno ogrevanje je predvidena peč na lesno biomaso, od katere je dimnik speljan skozi dnevne prostore. V poletnem času, ko je potrebno senčenje hiše, je v spodnjem nadstropju predvidena pergola ali pomična markiza, v zgornjem pa nadstrešek ali uporaba zunanjih rolet.

(Načrti modela hiše so prikazani v prilogi B.)

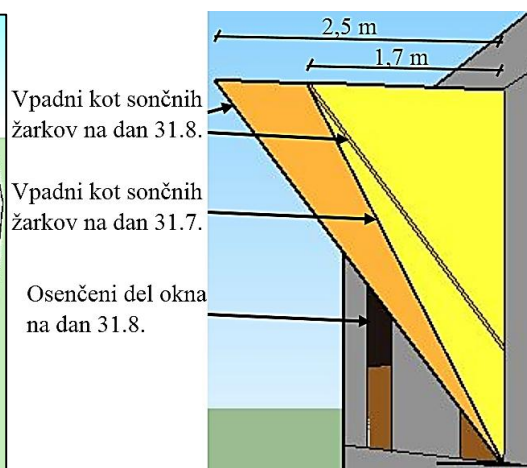
Dolžino nadstreška in pergole sem izračunala iz poletnega vpadnega kota sončnih žarkov. Vpadni kot žarkov sem najprej preverila za 31. avgust, na spodnjem koncu oken. Nadstrešek je ravno tolikšen, da na ta dan ob času najmočnejšega osonečenja, senči celotno okno. Ker je to približno 70 dni po poletnem solsticiju (21.6.), ko je vpadni kot sončnih žarkov največji, pomeni, da bi bila okna v celoti osonečena od 12. aprila do 31. avgusta. Nadstrešek bi bil v tem primeru dolg 2,5 m, pergola pa 2 m.

Ker si v aprilu še ne želimo celotnega senčenja oken sem le tega upoštevala od 13. maja do 31. julija, v avgustu pa bi bilo okno le delno senčeno. Dolžina nadstreška bi bila v tem primeru 1,7 m, pergola pa bi bila dolga 1,4 m.

Sliki 16 in 17 prikazujeta vpadne kote sončnih žarkov za dni 31.7 (rumena) in 31.8 (oranžna), ter količino osenčenega dela okna na dan 31.8, pri 1,7 m dolgem nadstrešku.

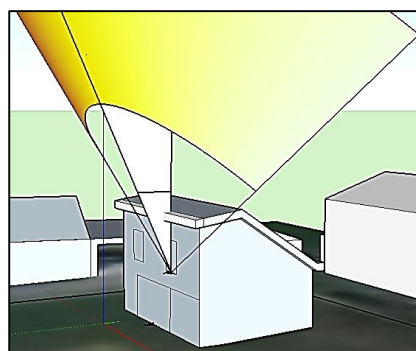


Slika 16: Vpadni koti sončnih žarkov

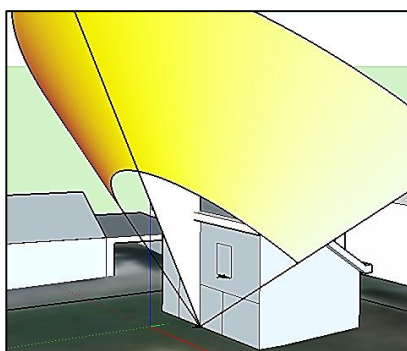


Slika 17: Osenčeni del okna na dan 31.8. pri nadstrešku dolžine 1,7 m

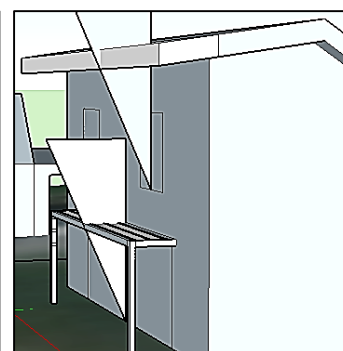
Na slikah od 18 do 20 je prikazan postopek določitve dolžine nadstreška in pergole.



Slika 18: Določanje dolžine nadstreška



Slika 19: Določanje dolžine pergole



Slika 20: Izris nadstreška in pergole

6 SIMULACIJE NARAVNE OSVETLJENOSTI V HIŠI

6.1 Simulacija osvetljenosti s programom Velux Daylight Visualizer

Prvotno zasnovano hišo sem vzela kot izhodiščno varianto za preverjanje količine dnevne osvetljenosti z naravno svetlobo. Slednjo sem razbrala iz količnika dnevne svetlobe (v nadaljevanju *KDS*) izračunanega v programu Velux Daylight Visualizer [19].

KDS nam pove, v kolikšni meri je določen prostor osvetljen z naravno svetlobo. Predstavlja razmerje med osvetljenostjo v prostoru in zunaj stavbe. Priporočena minimalna vrednost *KDS* je 2 % [20]. Računa se ga ob oblačnem vremenu (CIE standardno oblačno nebo).

6.2 Opis posameznih variant

Posamezne variante se od prvotne ločijo po količini zasteklitve in načinu senčenja stavbe. Količina zasteklitve za posamezno varianto je razvidna iz preglednice 2, optične lastnosti zasteklitev pa so podane v preglednici 3.

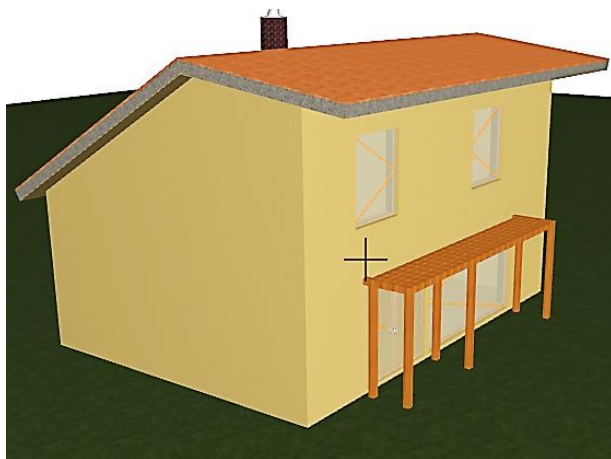
Preglednica 2: Količina zasteklitve

	Površina odprtih v zunanjem ovoju, A_w [m ²]					Skupaj
	Severna strešina	Južna fasada	Severna fasada	Vzhodna fasada	Zahodna fasada	
1. VARIANTA	2,88	23,8	0,25	1,5	0	28,43
2. VARIANTA	2,88	23,8	0,25	1,5	0	28,43
3. VARIANTA	2,88	25,4	0,25	1,5	1,6	31,63
4. VARIANTA	2,88	25,5	0,25	1,5	1,6	31,73

Preglednica 3: Optične lastnosti zasteklitev

Južna fasada	Ostale fasade
Troslojna zasteklitev [21]	Dvoslojna zasteklitev [22]
$U_g = 0,6 \frac{W}{m^2K}$	$U_g = 1,1 \frac{W}{m^2K}$
$U_w = 0,9 \frac{W}{m^2K}$	$U_w = 1,3 \frac{W}{m^2K}$
$g = 0,53$	$g = 0,58$
$\tau_v = 0,42$	$\tau_v = 0,51$

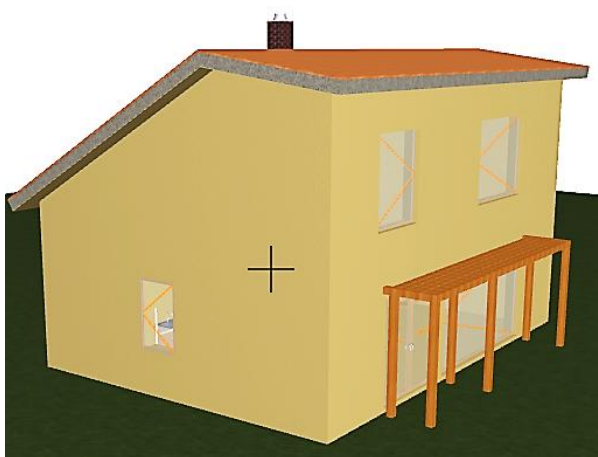
Slike od 21 do 24 prikazujejo različno zasnovane variante.



Slika 21: Prva varianta



Slika 22: Druga varianta



Slika 23: Tretja varianta



Slika 24: Četrta varianta

V nadaljevanju je opisana izvedba senčenja stavbe.

V prvi, izhodiščni varianti (slika 21) je hiša v spodnjem nadstropju senčena s pergolo, v zgornjem pa z nadstreškom. Torej ima nepomično senčenje skozi vse leto.

V drugi varianti (slika 22) sem v pritličju odstranila pergolo, v zgornjem nadstropju pa nadstrešek, ki sem ga nadomestila s pomičnimi roletami.

V izogib pojavljanju prevelikih kontrastnih razmerij v pritličju sem se odločila v tretji varianti (slika 23) pergolo obdržati, ter enakomernost osvetlitve prostora povečati le z dodatnim oknom na zahodni strani. V zgornjem nadstropju sem obe okni na južni fasadi povišala za 0,5 m glede na izhodiščno varianto in upoštevala uporabo pomičnih rolet.

V četrti varianti (slika 24) sem pustila pritličje enako, kot v tretji, v nadstropju pa sem glede na dimenzije oken iz izhodiščne variante, le razširila okno na stopnišču za 0,5 m. Za senčenje sem ponovno upoštevala uporabo pomičnih rolet.

6.3 Primerjava rezultatov simulacij osvetljenosti z dnevno svetlobo

Prostor zaznavamo kot premalo osvetljen, če je povprečni *KDS* manjši od 2 % [20]. S spreminjanjem variant sem poskušala to vrednost doseči v vsakem prostoru stavbe.

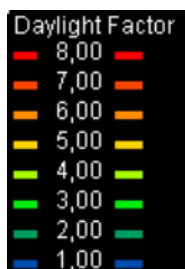
V prvi, izhodiščni varianti je povprečen *KDS* v spodnjem, bivalnem prostoru premajhen, saj doseže vrednost 1,6 %. Tudi otroška soba in stopnišče v zgornjem nadstropju sta neprimerno osvetljena (dobljeni *KDS* znaša 1,9 in 1,2 %). Primerna je edino osvetljenost spalnice in kopalnice, saj tam *KDS* znaša 2,4 in 2,3 %. Potrebni so torej dodatni ukrepi za izboljšanje osvetljenosti.

V drugi varianti se je povprečna vrednost *KDS* v pritličju, zaradi odstranitve pergole, povečala na 2,8 %, vendar je njegova vrednost tik ob oknu 11 %, kar povzroči prevelik kontrast glede na temnejšo notranjost. Zaradi odstranitve nadstreška se je *KDS* v otroški sobi dvignil na 2,4 %, na stopnišču pa je ostala njegova vrednost še vedno prenizka, in sicer, 1,7 %.

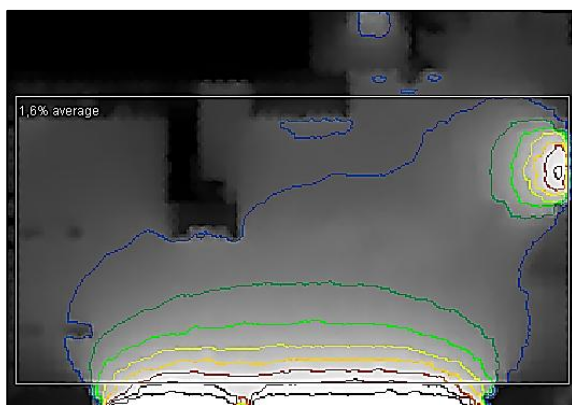
V tretji varianti sem z dodatnim oknom dosegla enakomernejšo osvetljenost pritličja, s povprečnim *KDS* 2 %. *KDS* otroške sobe se je zaradi višjih oken povišal na 2,9 %, na stopnišču pa je dosegel povprečno vrednost 2%.

V četrti varianti je povprečna vrednost *KDS* pritličja ostala enaka, kot v tretji. *KDS* otroške sobe je zopet znašal 2,4 %, na stopnišču pa je zaradi širših oken dosegel vrednost 2,6 %.

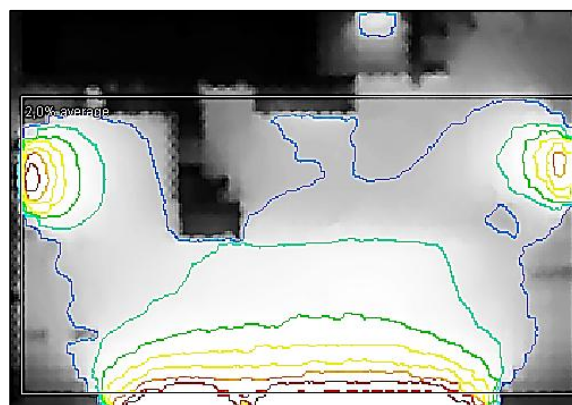
Primerjava vrednosti *KDS* med prvo in četrto varianto je razvidna iz slik od 26 do 29. Na sliki 25 pa je prikazana legenda izolinij vrednosti *KDS*-ja.



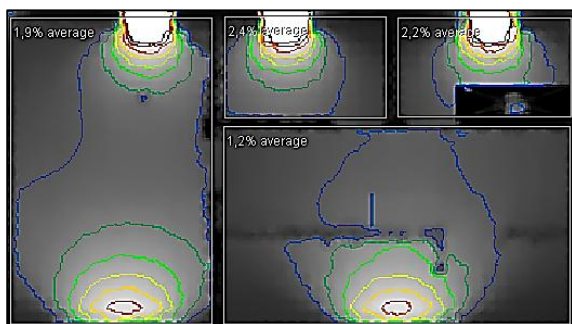
Slika 25: Legenda izolinij vrednosti *KDS*-ja



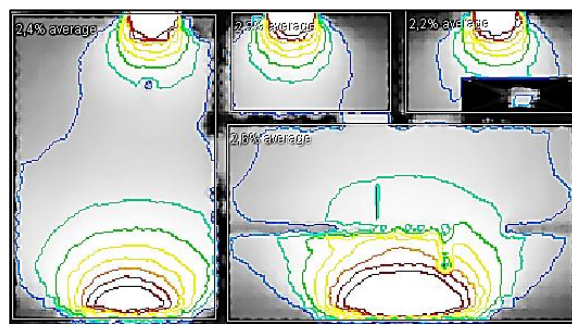
Slika 26: *KDS* prve variante v pritličju



Slika 27: *KDS* četrte variante v pritličju



Slika 28: *KDS* prve variante v nadstropju



Slika 29: *KDS* četrte variante v nadstropju

V preglednici 4 so zbrani dobljeni količniki dnevne svetlobe v vseh prostorih pri različnih variantah.

Preglednica 4: Primerjava količnika dnevne svetlobe med variantami

<i>KDS</i> [%]	Pritličje	Nadstropje			
	Dnevni prostor s kuhinjo in jedilnico	Otroška soba	Spalnica	Kopalnica	Hodnik
1. VARIANTA	1,6	1,9	2,4	2,3	1,2
2. VARIANTA	2,8	2,4	2,4	2,3	1,7
3. VARIANTA	2,0	2,9	2,4	2,3	2,0
4. VARIANTA	2,0	2,4	2,4	2,3	2,6

Pri tretji in četrti varianti je v vseh prostorih dosežena priporočena povprečna vrednost *KDS* glede primerne osvetljenosti prostora z naravno svetlobo [20]. Razlikuje se le osvetljenost zgornjih prostorov, kjer so v tretji varianti uporabljena višja okna, v četrti pa širša. Višja okna bolje osvetlijo globoke in ožje prostore (otroška soba), širša pa svetlobo enakomerneje razporedijo po širokih prostorih (hodnik).

(Potek dela in rezultati so prikazani v prilogi C.)

7 PREVERJANJE ENERGETSKE BILANCE

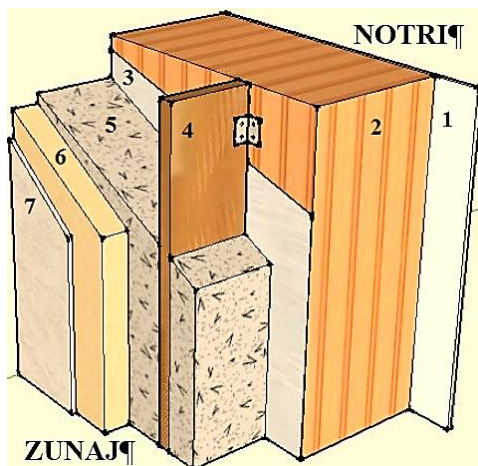
7.1 Konstruktivski sklopi

Konstruktivske sklope (v nadaljevanju *KS*) sem zasnovala iz masivnih materialov, saj ti omogočajo shranjevanje toplote in povečujejo toplotno stabilnost stavbe [7]. Zasnova *KS*-jev je prikazana na slikah od 30 do 32, ter opisana v preglednicah od 5 do 7.

Za vsak posamezni *KS* sem s programom TEDI [23] preverila kolikšna je toplotna prehodnost skozi sklop, in ali v njem pride do kondenzacije vodne pare. Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES 2010) [24] ob upoštevanju Tehnične smernice TSG-1-004 [25] določa maksimalno vrednost faktorja toplotne prehodnosti skozi posamezne dele stavbe.

7.1.1 Zunanja stena

Preglednica 5: Lastnosti materialov zunanje stene

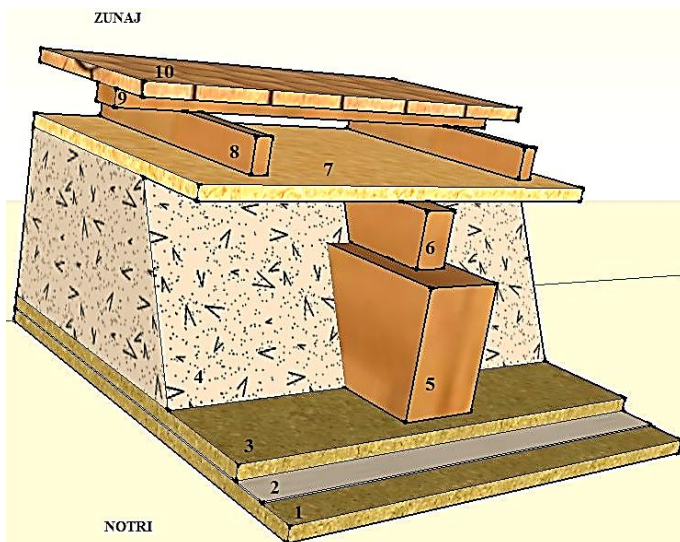


Slika 30: *KS*: zunanja stena

	Material	Debelina [m]	Toplotna prevodnost $\lambda \left[\frac{W}{m \cdot K} \right]$
1	Apnena malta	0,02	0,81
2	Mrežasti opečni votlak	0,3	0,52
3	Polietilenska folija	0,002	0,19
4	Lesena podkonstrukcija 2,5/18 cm		0,13
5	Celulozna vlakna	0,18	0,04
6	Lesno vlaknene plošče	0,04	0,045
7	Fasadni omet	0,01	0,7

Faktor toplotne prehodnosti $U_{izračunani} = 0,173 \frac{W}{m^2K}$ je manjši od $U_{max} = 0,28 \frac{W}{m^2K}$. V *KS*-ju ne pride do nastanka kondenzacije vodne pare. *KS* zunanje stene ustreza zahtevam iz PURES-a 2010.

7.1.3 Streha



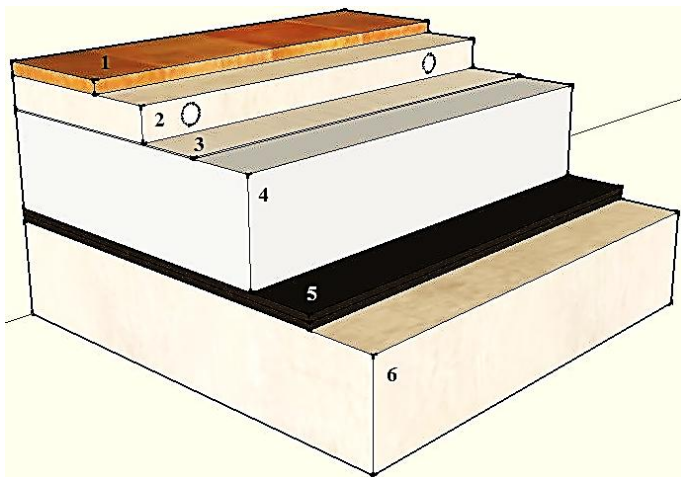
Slika 31: KS: streha

Preglednica 6: Lastnosti materialov strehe

	Material	Debelina [m]	Toplotna prevodnost λ [$\frac{W}{m \cdot K}$]
1	Mavčno kartonska plošča	0,02	0,23
2	Polietilenska folija	0,002	0,19
3	Mavčno kartonska plošča	0,02	0,23
4	Celulozna vlakna	0,26	0,04
5	Špirovec 12/18 cm		0,2
6	Lesena podkonstrukcija 5/8 cm		0,13
7	Lesno vlaknena plošča	0,02	0,045
8	Vzdolžne lesene letve 2,5/5 cm		0,13
9	Prečne lesene letve 2,5/3 cm		0,13
10	Strešniki	0,02	0,99

Faktor toplotne prehodnosti $U_{izračunani} = 0,134 \frac{W}{m^2K}$ je manjši od $U_{max} = 0,2 \frac{W}{m^2K}$. V KS-ju ne pride do nastanka kondenzacije vodne pare. KS zunanje stene ustreza zahtevam iz PURES-a 2010.

7.1.2 Tla na terenu s talnim gretjem



Slika 32: KS: tla na terenu

Preglednica 7: Lastnosti materialov tal

	Material	Debelina [m]	Toplotna prevodnost λ [$\frac{W}{m \cdot K}$]
1	Keramične ploščice	0,02	1,28
2	Cementni estrih s cevmi za talno gretje	0,05	0,93
3	Polietilenska folija	0,002	0,19
4	Mineralna volna	0,15	0,041
5	Bitumenski trakovi, 2x	0,02	0,19
6	Armirani beton	0,15	2,33

Faktor toplotne prehodnosti $U_{izračunani} = 0,255 \frac{W}{m^2K}$ je manjši od $U_{max} = 0,3 \frac{W}{m^2K}$. V KS-ju ne pride do nastanka kondenzacije vodne pare. KS zunanje stene ustreza zahtevam iz PURES-a 2010.

(Potek dela in rezultati so prikazani v prilogi D.)

7.2 Preverjanje energetske bilance s programom TOST

S programskim orodjem TOST [26] sem preverila energetsko bilanco stavbe po PURES-u 2010 [24] ob upoštevanju standarda SIST EN ISO 13790 [27] in Tehnične smernice TSG-1-004 [25].

7.2.1 Vhodni podatki

V izračunu je predvideno 24-urno delovanje stavbe. Upoštevala sem uporabo lesne biomase za ogrevanje prostorov ter sanitarne vode. Stavba se bo prezračevala naravno, s predvidenim faktorjem urne izmenjave zraka z zunanjim okoljem (n) $0,7 \text{ h}^{-1}$. Povprečna moč dobitkov notranjih virov (Φ_i) je določena na podlagi nacionalnih predpisov ali v skladu s SIST EN ISO 13790. Za družinske hiše se lahko ta vrednost preračuna iz enačbe 2 [26]:

$$\Phi_i = 5 * A_u \text{ [W]} \quad (2)$$

Za načrtovano hišo ta vrednost znaša 700 W.

Na južni fasadi so v vseh variantah uporabljena okna s trojno zasteklitvijo, ki imajo toplotno prehodnost skozi okno $U_w = 0,9 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$, energijsko prehodnost $g = 0,53$, ter faktor okvirja $F_F = 0,11$. Manjša okna na ostalih fasadah so dvoslojna s toplotno prehodnostjo okna $U_w = 1,3 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$, energijsko prehodnostjo $g = 0,58$ ter faktorjem okvirja $F_F = 0,2$.

S faktorjem osenčenosti objekta (F_{sh}) (preglednica 8) sem upoštevala količino prejetega sončnega obsevanja na posamezni fasadi. F_{sh} je dobljen kot razmerje med dejansko prejeto povprečno sončno obsevanostjo površine in povprečno sončno obsevanostjo površine brez senčenja.

Količino prejetega sončnega obsevanja sem merila v programu ShetchUp z dodatkom SunHours [28]. Simulacije sem izvedla za vsako stavbno površino posebej. Simulirala sem povprečno trajanje osončenosti, z upoštevanjem senčenja lokacije, v vsakem mesecu. Povprečno trajanje sončne obsevanosti brez senčenja, v določenem mesecu, pa sem dobila iz povprečne dolžine svetlega dela dneva v tem mesecu. Vrednosti F_{sh} so med 0 in 1. V primeru da senčenja ni, velja $F_{sh} = 1$, torej je površina 100% osončena.

(Potek dela in izračuni F_{sh} so predstavljeni v prilogi E)

Preglednica 8: Faktor osenčenosti

Mesec/Fasada	V	J	Z	S	S _{strešina}	J _{strešina}
Januar	0,52	0,81	0,37	0	0	1
Februar	0,47	0,78	0,4	0	0,08	1
Marec	0,47	0,73	0,39	0	0,87	1
April	0,45	0,52	0,39	0,1	0,99	0,98
Maj	0,43	0,33	0,38	0,14	0,91	0,93
Junij	0,41	0,26	0,38	0,16	0,86	0,91
Julij	0,42	0,29	0,38	0,16	0,88	0,92
Avgust	0,44	0,44	0,39	0,13	0,95	0,93
September	0,46	0,63	0,38	0,06	0,98	0,94
Oktober	0,48	0,77	0,37	0	0,36	1
November	0,48	0,8	0,39	0	0	1
December	0,52	0,81	0,35	0	0	1

Razlike med posameznimi analiziranimi variantami so v količini zasteklitve na posameznih fasadah, ter v načinu senčenja in uporabe nočne izolacije. V času senčenja se energijska prehodnost stekla za sončno sevanje zmanjša na $g = 0,29$, uporabljena nočna izolacija pa ima toplotno upornost $R_{N,w} = 2 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$.

V prvi varianti hiša nima nočne izolacije, senčila pa so nepomična, torej se senči ves čas. V vseh ostalih variantah se od oktobra do aprila uporablja nočna izolacija, senči pa se le v mesecih od maja do septembra. V preglednici 9 je prikazana površina netransparentnega dela ovoja stavbe za posamezno varianto, količina posamezne zasteklitve pa je razvidna iz preglednice 10.

Preglednica 9: Površina netransparentnega dela ovoja stavbe

	Površina netransparentnega ovoja, A [m ²]
1. VARIANTA	183,34
2. VARIANTA	183,34
3. VARIANTA	180,14
4. VARIANTA	180,04

Preglednica 10: Količina zasteklitve

	Površina odprtih v zunanem ovoju, A_w [m ²]					Skupaj
	Severna strešina	Južna fasada	Severna fasada	Vzhodna fasada	Zahodna fasada	
1. VARIANTA	2,88	23,8	0,25	1,5	0	28,43
2. VARIANTA	2,88	23,8	0,25	1,5	0	28,43
3. VARIANTA	2,88	25,4	0,25	1,5	1,6	31,63
4. VARIANTA	2,88	25,5	0,25	1,5	1,6	31,73

7.2.2 Rezultati

Dobljeni rezultati (preglednica 11) prikazuje količino energije, ki je potrebna za delovanje takšne hiše. Potrebna energija za ogrevanje je definirana kot razlika med skupnimi izgubami in skupnimi dobitki.

Preglednica 11: Izgube in dobitki energije pri ogrevanju

	Ogrevanje na enoto neto uporabne površine [kWh/m ²]					
	Transmisijske izgube	Ventilacijske izgube	Skupne izgube	Notranji dobitki	Solarni dobitki	Skupni dobitki
1. VARIANTA	56,09	47,54	103,63	28,76	18,94	47,7
2. VARIANTA	51,66	46,24	97,9	26,82	29,55	56,37
3. VARIANTA	52,56	45,97	98,53	26,45	31,4	57,84
4. VARIANTA	52,55	45,97	98,51	26,44	31,4	57,84

Količina zasteklitve ter načini senčenja različno vplivajo na količino transmisijskih izgub in solarnih dobitkov. V preglednici 12 je prikazano, za koliko se te količine spreminjajo pri posameznih variantah, v primerjavi z izhodiščno varianto.

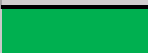

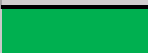

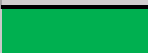

Preglednica 12: Primerjava rezultatov z izhodiščno varianto

	Transmisijske izgube [kWh/m ²]	Zmanjšanje transmisijskih izgub [%]	Solarni dobitki [kWh/m ²]	Povečanje solarnih dobitkov [%]
1. VARIANTA	56,09	--	18,94	--
2. VARIANTA	51,66	7,90	29,55	56,02
3. VARIANTA	52,56	6,29	31,40	65,79
4. VARIANTA	52,55	6,31	31,40	65,79

Transmisijske izgube se najbolj zmanjšajo v 2. varianti, za 7,9 %, saj ima enako količino zasteklitve kot izhodiščna varianta, s to razliko, da se pri tej varianti uporablja nočna izolacija. Tudi v 3. in 4. varianti se nočna izolacija uporablja, le da je pri slednjih zasteklitve več. Prav zaradi tega pa se pri teh dveh variantah precej povečajo solarni dobitki, ki so za skoraj 65,8 % večji v primerjavi solarnimi dobitki izhodiščne variante. Količina potrebne letne energije se ravno zaradi tega pri 3. in 4. varianti bistveno zmanjša.

V preglednici 13 je prikazana količina letne potrebne energije za ogrevanje, hlajenje, toplo vodo in razsvetljavo. Največje dovoljene vrednosti so predpisane v PURESU 2010 [24], in so prav tako podane v preglednici 13.

Preglednica 13: Količina potrebne letne energije za ogrevanje, hlajenje, toplo vodo in razsvetljavo

	Potrebna letna energija na enoto neto uporabne površine [kWh/m²]										
	Ogrevanje Q_{NH}/A_u	Hlajenje Q_{NC}/A_u	Topla voda Q_w/A_u	Razsvetljava Q/A_u	Skupaj						
1. VARIANTA	58,18	3	0,01	0,09	61,27						
2. VARIANTA	45,22	3,38	0,01	0,09	48,69						
3. VARIANTA	44,63	3,56	0,01	0,09	48,28						
4. VARIANTA	44,62	3,56	0,01	0,09	48,27						
Največja dovoljena vrednost po PURESu 2010	48,44	50									
				<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Legenda</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>Ustreza</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Ne ustreza</td> </tr> </tbody> </table>		Legenda			Ustreza		Ne ustreza
Legenda											
	Ustreza										
	Ne ustreza										

Prva varianta presega po PURESu 2010 zahtevano največjo dovoljeno vrednost za potrebno letno energijo za ogrevanje takšne hiše, torej je neustrezna. Ostale variante imajo to vrednost nižjo in ustrezajo standardnim pogojem. Vse variante pa zadostijo pogojem za največjo dovoljeno potrebno letno energijo za hlajenje takšne hiše.

V preglednici 14 je prikazana sprememba potrebne letne energije posameznih variant, glede na prvo, izhodiščno varianto.

Preglednica 14: Razlika potrebne letne energije

	Razlika potrebne letne energije glede na 1. varianto		
	Zmanjšanje potrebne letne energije za ogrevanje [%]	Povečanje potrebne letne energije za hlajenje [%]	Skupno zmanjšanje potrebne letne energije [%]
1. VARIANTA	--	--	--
2. VARIANTA	22,28	12,67	20,53
3. VARIANTA	23,29	18,67	21,20
4. VARIANTA	23,31	18,67	21,22

Iz preglednice 14 je razvidno, da je najbolj energetske učinkovita 4. varianta. Ta ima največ transparentnih elementov v kombinaciji s pomičnimi senčili. Ker je večina zasteklitve na južni fasadi, so solarni dobitki v času ogrevalne sezone precejšnji, kar v največji meri pripomore k manjši količini potrebne letne energije. Količina slednje se v primerjavi s 1. varianto pri ogrevanju zmanjša za 23,3 %, poveča pa se pri ohlajanju, in sicer za 18,7 %. Ker se za ohlajanje porabi manj energije, se količina celotne potrebne letne energije v 4. varianti zmanjša za 21,2 % v primerjavi z izhodiščno varianto.

Za primerjavo vpliva količine okenske zasteklitve sem izvedla izračun še za situacijo, ko je na južni strani uporabljena dvoslojna zasteklitev, ter na ostalih troslojna. Rezultati so pokazali manjša odstopanja predvsem pri količini potrebne letne energije za ogrevanje, ki se je v tej situaciji povečala za približno od 1,4 do 3,2 $\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}$ (od 3,2 do 5,5 %). Spremembe vrednosti za posamezne variante so prikazane v preglednici 15. Količina potrebne letne energije za ohlajanje je pri vseh variantah ostala približno enaka prvotnim vrednostim.

Preglednica 15: Sprememba potrebne letne energije za ogrevanje ob menjavi oken

	Povečanje potrebne letne energije za ogrevanje Q_{NH}/A_u [kWh/m²]	Povečanje potrebne letne energije za ogrevanje Q_{NH}/A_u [%]
1. VARIANTA	3,19	5,48
2. VARIANTA	1,43	3,16
3. VARIANTA	1,76	3,94
4. VARIANTA	1,73	3,88

Ob menjavi oken so se transmisijske izgube povečale za približno od 3 do $4,3 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}$ (od 5,9 do 7,7 %).

Solarni dobitki so bili večji za približno od 1,1 do $2 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}$ (od 6 do 6,4 %). Spremembe transmisijskih izgub in solarnih dobitkov pri posamezni varianti so prikazani v preglednici 16.

Preglednica 16: Sprememba transmisijskih izgub in solarnih dobitkov ob menjavi oken

	Povečanje transmisijskih izgub [kWh/m²]	Povečanje transmisijskih izgub [%]	Povečanje solarnih dobitkov [kWh/m²]	Povečanje solarnih dobitkov [%]
1. VARIANTA	4,29	7,65	1,13	5,97
2. VARIANTA	3,05	5,90	1,84	6,23
3. VARIANTA	3,45	6,56	1,93	6,15
4. VARIANTA	3,50	6,66	2,02	6,43

Preglednica 17 prikazuje razliko med spremembo transmisijskih izgub in spremembo solarnih dobitkov ob menjavi oken. Iz nje je razvidno, da se transmisijske izgube močneje povečajo v primerjavi s povečanjem solarnih dobitkov. Tako lahko zaključimo, da je prvotna varianta, ki ima troslojno zasteklitev na južni strani in ostale dvoslojne, energetsko varčnejša.

Preglednica 17: Razlika med spremembo transmisijskih izgub in spremembo solarnih dobitkov ob menjavi oken

	Razlika med spremembo transmisijskih izgub in spremembo solarnih dobitkov [kWh/m²]
1. VARIANTA	3,16
2. VARIANTA	1,21
3. VARIANTA	1,52
4. VARIANTA	1,48

Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe Ht' se je ob menjavi oken povečal za približno $0,015 \frac{W}{m^2K}$ (od 3,3 do 7 %). Letni izpusti CO₂ pa so se povečali za približno od 6,8 do 10,6 $\frac{kg}{m^2}$ (od 0,21 do 0,23 %). Spremembe vrednosti za posamezne variante so prikazane v preglednici 18.

Preglednica 18: Sprememba Ht' in količine izpustov CO₂ ob menjavi oken

	Povečanje Ht' [W/m ² K]	Povečanje Ht' [%]	Povečanje izpustov CO₂ [kg/m ²]	Povečanje izpustov CO₂ [%]
1. VARIANTA	0,02	6,67	10,63	0,32
2. VARIANTA	0,02	6,90	6,76	0,21
3. VARIANTA	0,01	3,33	7,27	0,22
4. VARIANTA	0,01	3,33	7,83	0,24

(Vsi zbrani rezultati so prikazani v prilogi F)

8 ZAKLJUČEK

Pomen dobrega predhodnega načrtovanja se kaže v kakovostni končni izvedbi, ki ne potrebuje naknadnih popravkov. Primer takšnega načrtovanja sem prikazala v tej diplomski nalogi.

Z upoštevanjem naravnih danosti lokacije sem zasnovala izhodiščni model stavbe. V postopku načrtovanja sem upoštevala predvsem spreminjanje podnebnih razmer tekom leta. S pomočjo simulacij poti sončnih žarkov ter senčenja lokacije, v programu Sketch-Up, sem predvidela optimalno orientacijo stavbe, njeno obliko ter postavitev na samo lokacijo. Iz psihrometrične karte lokacije sem ugotovila, da lahko pasivni ukrepi predvsem v prehodnih obdobjih in v toplejših mesecih pripomorejo pri doseganju toplotnega ugodja. Še vedno pa z njimi ne moremo zagotoviti ugodja v zimskih mesecih, in je tako še vedno potrebno konvencionalno ogrevanje stavbe.

V programu Velux Daylight Visualizer sem s simulacijami dnevne osvetljenosti preko različnih variant poskušala v vseh prostorih stavbe doseči priporočeno minimalno vrednost *KDS*: Postopoma sem z umeščanjem različne količine transparentnih elementov, njihovo optimalno obliko glede na notranji prostor, ter z različnimi načini senčenja to vrednost tudi dosegla.

Zasnovo konstrukcijskih sklopov sem preverila s programom TEDI. Faktorji toplotne prehodnosti *U* so pri vseh sklopih v skladu s PURES 2010. Prav tako v nobenem konstrukcijskem sklopu ne prihaja do kondenzacije vodne pare.

Na koncu sem preverila še energetska bilanco posameznih variant s programom TOST. Rezultati so pokazali, da je najbolj energetsko varčna stavba iz 4. variante, saj omogoča največ solarnih dobitkov in na ta način za skoraj 21,2 % zmanjša potrebno letno energijo za uporabo stavbe. V tem delu sem ugotovila, da transparentni elementi kljub slabši toplotni izolativnosti lahko izboljšajo energetsko učinkovitost stavbe, če so le pravilno načrtovani in umeščeni vanjo.

Bioklimatsko načrtovana stavba je torej primer dobre prakse pri načrtovanju stavb, saj se predvsem osredotoča na čim večjo izrabo obnovljivih virov energije, predvsem sončne. V nalogi je prikazan način, kako lahko uspešno omejimo uporabo neobnovljivih virov z različnimi pasivnimi ukrepi in strategijami. Kot sem napisala že v uvodu je to lahko prava rešitev za današnje energetske težave.

VIRI:

- [1] Deu, Ž. 2001. Gorenjska arhitekturna regija 5: skupina gorenjskih regij. V Stavbarstvo slovenskega podeželja : značilno oblikovanje stanovanjskih hiš. Ljubljana, Kmečki glas: str. 93 – 100.
- [2] Praznik, M., Butala, V., Zbašnik-Senegačnik, M. 2014. Enostavna metoda za vrednotenje trajnostnih zasnov energijsko učinkovitih družinskih stavb. Strojnikski Vestnik 60, 6: 425-436.
- [3] Manzano-Agugliaro, F., Montoya, F., Sabio-Ortega, A., García-Cruz, A. 2015. Review of bioclimatic architecture strategies for achieving thermal comfort. Renewable and Sustainable Energy Reviews 49: 736-755.
- [4] Jermanj, B. 1993. Sonce v vašem domu : tehnike in 19 ekosolarnih hiš. Ljubljana, Potencial: 126 str.
- [5] Tundrea, H., Budescu, M. 2013. Bioclimatic architecture, a sensible and logical approach towards the future of building development. Bulletin of the Polytechnic Institute of Iasi - Construction & Architecture Section 63, 6: 109-117.
- [6] Andersen, M., Gochenour S. J., Lockley S. W. 2013. Modelling »non-visual« effects of daylighting in a residential environment. Building and Environment 70: 138-149.
- [7] Malovrh Rebec, K. 2015. Pametna uporaba termalne mase v stavbah. LC TIM, glasilo družbe Lafarge Cement, d.o.o. 5: 9-13.
- [8] Szokolay, S. V. 2004. Introduction to architectural science: the basis of sustainable design. Burlington, Architectural Press: 327 str.
- [9] Jermanj, B. 1986. Greje naj sonce : arhitektura, sistemi, tehnika. Ljubljana, Slovensko društvo za sončno energijo: 122 str.
- [10] Mazaria, E. 1979. The passive solar energy book: a complete guide to passive solar home, greenhouse and building design. Emmaus, Rodale Press: 435 str.
- [11] Zbašnik-Senegačnik, M. 2008. Pasivna hiša. Ljubljana, Fakulteta za arhitekturo: 130 str.

- [12] Atlas okolja. 2016. http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso (Pridobljeno 5.1.2016.)
- [13] Ogrin, D. 1999. Podnebni tipi v Sloveniji. Geografski vestnik 68: 39-56. http://zgs.zrc-sazu.si/Portals/8/Geografski_vestnik/Pred1999/GV_6801_039_056.pdf (Pridobljeno 2.1.2016.)
- [14] Podnebne razmere za letališče Jožeta Pučnika, Ljubljana. 2010. http://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/table/sl/by_location/brnik/climate-normals_81-10_Letalisce-JP-Ljubljana.pdf (Pridobljeno 5.1.2016.)
- [15] Fotovoltaični geografski informacijski sistem. 2016 <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php> (Pridobljeno 5.1.2016.)
- [16] Psihrometrična karta. 2016. <http://www.kw-engineering.com/resources/software/psychrometrics.php> (Pridobljeno 5.1.2016.)
- [17] Google SketchUp. 2015. <http://www.sketchup.com/> (Pridobljeno 18.12.2015.)
- [18] LSS Chronolux. Google SketchUp. 2013. <https://extensions.sketchup.com/en/content/lss-chronolux> (Pridobljeno 18.12.2015.)
- [19] Velux Daylight Visualizer 2. 2006. <http://viz.velux.com/> (Pridobljeno 5.1.2016.)
- [20] Definicija *KDS*. 2011. <http://www.podsvojostreho.net/vsebina/strani/studija-osvetljenosti-prostorov-z-naravno-svetlobo> (Pridobljeno 13.1.2016.)
- [21] Troslojna zasteklitev. 2016. <http://www.m-sora.si/si/okna/detajli/natura-3> (Pridobljeno 25.4.2016.)
- [22] Dvoslojna zasteklitev. 2016. <http://www.m-sora.si/si/okna/detajli/natura> (Pridobljeno 25.4.2016.)
- [23] Krainer, A., Perdan, R. 2009. Računalniški program TEDI, Uporabniški priročnik. Ljubljana, UL FGG: 47 str.
- [24] Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah. 2010. Uradni list RS, št. 52/2010: 7 str.

[25] Tehnična smernica za graditev TSG-1-004. 2010. Učinkovita raba energije. Ministrstvo za okolje in prostor. Št: 0071-101/2009: 114 str.

[26] Krainer, A., Perdan, R. 2009. Računalniški program TOST, Uporabniški priročnik. Ljubljana, UL FGG: 45 str.

[27] SIST EN ISO 13790. 2008. Toplotne značilnosti stavb - Račun rabe energije za ogrevanje in hlajenje prostorov (ISO 13790:2008.)

[28] Sunhours. Google SketchUp. 2015. <https://extensions.sketchup.com/en/content/sunhours>
(Pridobljeno 18.12.2015.)

SEZNAM PRILOG:

PRILOGA A: SIMULACIJA OSONČENOSTI LOKACIJE

PRILOGA B: MODEL HIŠE

- B.1 Hiša na lokaciji
- B.2 Tlorisi hiše
- B.3 Prerezi hiše
- B.4 Fasade hiše

PRILOGA C: KOLIČNIK DNEVNE SVETLOBE

- C.1 Pritličje
- C.2 Nadstropje

PRILOGA D: KONSTRUKCIJSKI SKLOPI

- D.1 Preverjanje toplotne prehodnosti in difuzije vodne pare skozi konstrukcijske sklope
 - D.1.1 Zunanja stena
 - D.1.2 Streha
 - D.1.3 Tla na terenu s talnim gretjem

PRILOGA E: IZRAČUN FAKTORJA OSENČENOSTI

PRILOGA F: PREVERJANJE ENERGETSKE UČINKOVITOSTI HIŠE S PROGRAMOM TOST

- E.1 Rezultati