

UNIVERZA V MARIBORU
FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO

Marcel Vrabl

**PRIMERJAVA DVOSLOJNE IN TROSLOJNE ZASTEKLITVE
OKEN**

Projektna naloga

Diplomski izpit univerzitetnega študijskega programa 1. Stopnje

Maribor, 2013



Univerza v Mariboru

Fakulteta za gradbeništvo

Diplomski izpit univerzitetnega študijskega programa 1. Stopnje

PRIMERJAVA DVOSLOJNE IN TROSLOJNE ZASTEKLITVE OKEN

Študent: Marcel Vrabl

Študijski program: Univerzitetni

Smer: Gradbeništvo

Mentor: red. prof. dr. KOROŠAK DEAN, univ.dipl. fiz.

Maribor, 2013

PRIMERJAVA DVOSLOJNE IN TROSLOJNE ZASTEKLITVE OKEN

Ključne besede: zasteklitev, energijska bilanca, delež zasteklitve,
toplotne izgube, okno, senčenje, obsevanje

Povzetek

Namen projektne naloge je izvesti primerjavo dvoslojne in troslojne zasteklitve na modelu enodružinske hiše v različnih regijah po državi. Tehnični podatki oken so bili privzeti s strani proizvajalca oken MIK Mednarodno trgovsko in proizvodno podjetje d.o.o.. Za izračun energijske bilance objekta je bil uporabljen računalniški program Gradbena fizika URSA 4.0.

COMPARISON OF TWO-LAYER AND THREE-LAYER GLAZING WINDOW

Keywords: glazed, energy balance, the proportion of glazing, heat losses, window, shading, irradiation

Abstract

The purpose of this diploma paper is to conduct a comparison of two-layer and three-layer glazing on the model of a single-family house in different regions of the country. Window specifications are adopted by the window manufacturer MIK Mednarodno trgovsko in proizvodno podjetje d.o.o.. For energy balance calculation of the building, a computer program Gradbena fizika URSA 4.0. has been used.

1	UVOD	1
2	NAMEN RAZISKAVE	1
3	SESTAVNI DELI OKNA	2
	3.1 ZASTEKLITEV	2
	3.2 PLIN	2
	3.3 NIZKOEMISIJSKI NANOS	3
	3.4 ZASTEKLITVENI DISTANČNIK	4
	3.5 OKVIR	4
4	PARAMETRIČNA NUMERIČNA ANALIZA ZASTEKLITVE	5
	4.1 SIMULACIJSKI MODEL	5
	4.2 IZRAČUN GRADBENIH KONSTRUKCIJ	6
	4.3 LOKACIJA, ORIENTACIJA IN KLIMA	10
	4.4 NAČRTOVANE ZASTEKLITVE	10
	4.5 AKTIVNI SISTEMI	15
	4.6 SENČENJE	15
	4.7 OSVETLJENOST PROSTOROV	17
	4.8 RAČUNALNIŠKI PROGRAM	20
	4.9 REZULTATI IN UGOTOVITVE	21
5	VIRI IN LITERATURA	25
6	SEZNAM SLIK	28
7	SEZNAM PREGLEDNIC	29

UPORABLJENI SIMBOLI

- U_g - toplotna prehodnost stekla
- U_f - toplotna prehodnost okvirja
- U_w - toplotna prehodnost okna
- g - prepustnost sončne energije
- $\alpha_{k,r}$ - toplotna prestopnost
- Q_H - potrebna energija za ogrevanje
- Q_C - potrebna energija za hlajenje
- η - izkoristek prezračevalnega sistema
- $^{\circ}\text{C}$ - stopinje celzija
- % - delež zasteklitve napram zunanje stene

UPORABLJENE KRATICE

KDS - Količnik dnevne svetlobe

CIBSE - The Chartered institution of Building services Engineers

1 UVOD

Dandanes ob naraščajočih cenah energije težimo k energetsko varčni gradnji. Slednjo dosežemo z toplotno zaščito ovoja objekta ter uporabo sodobnega stavbnega pohištva.

Največjo mero pozornosti je potrebno posvetiti stavbnemu pohištvu, predvsem oknom, ki predstavljajo v večini primerov edini element ovoja, s katerim lahko izkoristimo energijo sonca in dosežemo naravno osvetljenost prostorov s svetlobo.

Okna predstavljajo stik z okoljem. Kadar so okna zaprta, je stik le vizualen, kadar pa so okna odprta, pa imamo neposreden stik z okolico. Naša čutila zaznavajo toploto, hlad, vlažnost, veter in vonjave. Z odpiranjem oken nam je omogočeno kontrolirano prezračevanje prostorov. [4]

2 NAMEN RAZISKAVE

V svoji projektni nalogi bomo skušali po bližje predstaviti problem s katerim se srečujemo pri izbiri primerne zasteklitve objekta. Stavbno pohištvo oziroma okna predstavlja najšibkejši člen pri toplotni zaščiti objekta, zato je pomembna pravilna izbira oken in njihova montaža. Na tržišču se pojavljajo okna z dvoslojno in troslojno zasteklitvijo. Zaslediti je tudi okna z štirislojno zasteklitvijo, vendar je vprašljiva smotrnost le teh, zaradi slabše toplotne upornosti okenskega okvirja.

Namen projektne naloge je pokazati, da je izbira zasteklitve predvsem odvisna od lokacije in orientiranosti objekta in da je potrebno veliko pozornosti posvetiti energijski bilanci objekta skozi vse leto.

Energijska bilanca predstavlja seštevek toplotnih izgub in toplotnih dobitkov. V raziskavi se bomo omejili na letno energijsko bilanco.

Toplotne izgube nastajajo s prevajanjem toplote skozi elemente ovoja stavbe (razpoke, slabo tesnjenje in slaba vgradnja stavbnega pohištva, nepravilna izvedba toplotne zaščite, katerih posledica je nastanek toplotnih mostov) in prezračevanjem (odpiranje oken, rekuperacija zraka).

Toplotne dobitke pa delimo na zunanje in notranje. Zunanji dobitki so toplotni dobitki sonca (solarni dobitki). Med notranje dobitke pa štejemo toplotne dobitke notranjih virov (ljudje, električne naprave, razsvetljava, peči).

V primeru, ko je toplotnih izgub več, kot je toplotnih dobitkov, je treba manjkajočo toplotno energijo v stavbo dovesti z ogrevalnim sistemom (zimski režim), kadar pa je toplotnih dobitkov preveč, je treba stavbo hladiti (poletni režim). [4]

Pri načrtovanju objektov težimo k izenačitvi toplotnih dobitkov in izgub. Naš cilj je doseči čim manjšo porabo energije.

V projektni nalogi se bomo v smislu energijske učinkovitosti omejili na izbiro optimalnega deleža zasteklitve na južni fasadi in naredili primerjavo različnih zasteklitev v regijah po državi.

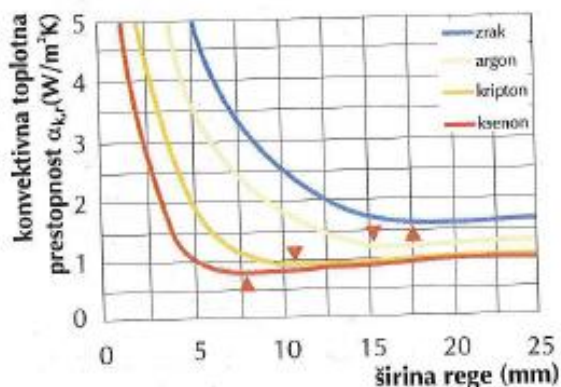
3 SESTAVNI DELI OKNA

3.1 ZASTEKLITEV

Zasteklitev je tista komponenta okna, ki zaradi svojega deleža površine glede na celotno površino okna najbolj vpliva na toplotno prehodnost okna. Na trgu so prisotna okna z dvo, tro in celo štiri slojno zasteklitvijo.

3.2 PLIN

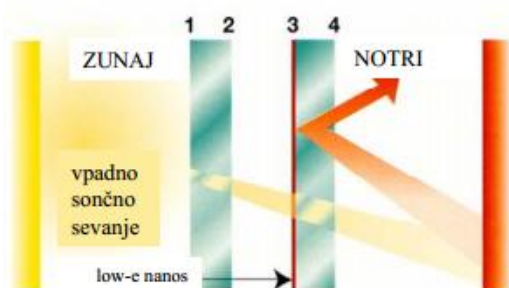
Žlahtni plini, ki jih uporabljamo za polnjenje rege med stekli okenskih zasteklitev so argon, ksenon in kripton. Vsi v primerjavi z zrakom slabše prevajajo toploto, zato je z njihovo uporabo toplotni upor skozi zasteklitev večji. Za te pline je značilna večja gostota in zato posledično manjša toplotna prevodnost. Pri uporabi plinov pa ima veliko vlogo tudi vitkost rege, ki predstavlja razmerje med višino in širino rege. Vsi trije dejavniki vplivajo na prenos toplote med stekli zasteklitve s konvekcijo. Odvisnost toplotne prestopnosti $\alpha_{k,r}$ (W/m^2K) v regi glede na širino rege in vrsto plina prikazuje slika 1. Na sliki 1 je označeno optimalno razmerje med izbiro plina in širino rege. [1]



Slika 1: Razmerje med toplotno prevodnostjo in širino rege pri različnih polnitvah s plinom, vir: Medved, S 2010, Gradbena fizika, Fakulteta za arhitekturo, Ljubljana., str.44

3.3 NIZKOEMISIJSKI NANOS

Sevalni tok predstavlja kar 2/3 celotnih toplotnih izgub skozi zasteklitve. Izgube zmanjšamo z nizkoemisijskim nanosom na zunanjo stran notranje šipe, oziroma nanosoma na obeh površinah šip, ki omejujeta medstekelni prostor. Skupni toplotni upor zasteklitve je na ta način dodatno povečan.



Slika 2: Nizkoemisijski nanos, vir: <<http://www.aure.gov.si/eknjiznica/V8-zasteklitve.pdf>>

Nizko emisijski nanos na šipi prikazan na sliki 2 omogoča neoviran prehod kratkovalovnega sončnega sevanja v prostor, ne prepušča pa dolgovalovnega toplotnega sevanja (infrardeči spekter), ki ga sevajo predmeti segreti na sobno temperaturo in od sonca segreti elementi in stavbe na zunanji strani zasteklitve. Gre za izjemno tanke in za

oko nevidne nanose kovinskih oksidov ali celo polprevodniških filmov, ki zmanjšajo emisivnost površine in s tem delujejo kot toplotna past in v tem primeru lahko govorimo o lokalnem dejanskem "učinku tople grede". [2]

3.4 ZASTEKLITVENI DISTANČNIK

Na mestu aluminijastega distančnika, ki leži med stekli, nastane linijski toplotni most zaradi mnogo večje toplotne prevodnosti v primerjavi z žlahtnim plinom. Ker toplotne izgube preko aluminijastega distančnika predstavljajo tudi do 10% in več celotnih toplotnih izgub se na tržišču pojavljajo novi distančniki iz materialov z večjo toplotno upornostjo. Toplotna prevodnost aluminijastega distančnika je 200 W/mK medtem, ko je toplotna prevodnost distančnika iz PVC-ja 0,19 W/mK, torej kar 1000 krat manjša. [2]

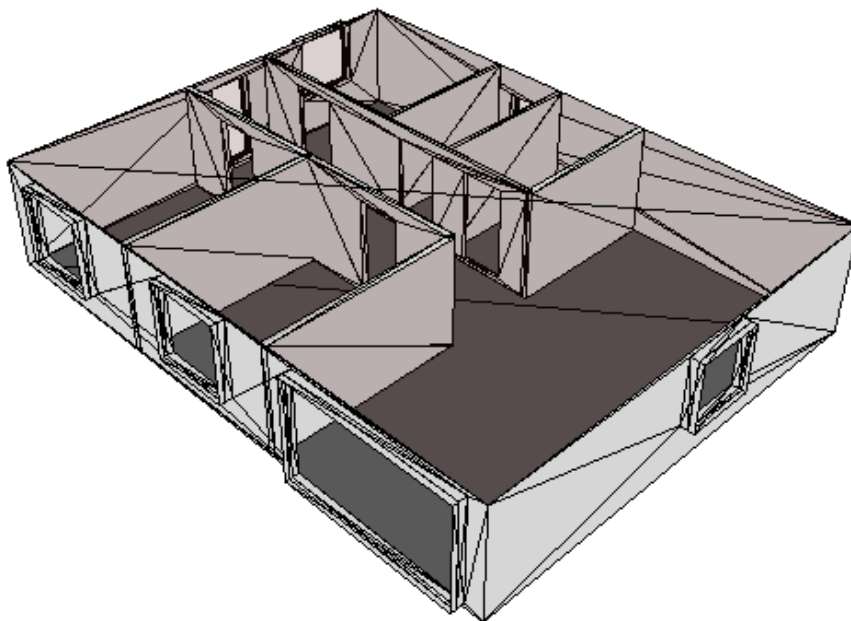
3.5 OKVIR

Z izboljšavo toplotne prevodnosti distančnika je postal okvir kritično mesto, kjer prihaja do največjih toplotnih izgub. Zahteve, ki jih mora izpolnjevati okvir so zadostna trdnost in stabilnost, trajnost, estetska vrednost in dovolj enostavno vzdrževanje. Okvir v povprečju zavzema med 15 in 35% svetle okenske površine. Na trgu so prisotni trije osnovni materiali za proizvodnjo okenskih okvirov: les, plastična masa(PVC) in aluminij. [2]

4 PARAMETRIČNA NUMERIČNA ANALIZA ZASTEKLITVE

4.1 SIMULACIJSKI MODEL

Predmet študije je pritlična enodružinska zidana hiša z ravno streho tlorisnih dimenzij 13 x 10m.



Slika 3: Model pritlične enodružinske hiše

Skupna ogrevalna površina: 130m^2

$$13 \times 10\text{m} = 130\text{m}^2$$

Skupna neto ogrevalna površina: $126,85\text{m}^2$

$$130\text{m}^2 - 3,15\text{m}^2* = 126,85\text{m}^2$$

*površina notranjih zidov brez površine vratnih odprtin

Skupna ogrevalna prostornina: 364m^3

$$13 \times 10 \times 2,8\text{m}* = 364\text{m}^3$$

*višina stropa

Skupna neto ogrevalna prostornina: $357,7\text{m}^3$

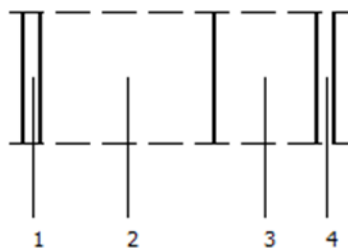
$$364\text{m}^3 - 6,3\text{m}^3* = 357,7\text{m}^3$$

*prostornina vratnih odprtin

4.2 IZRAČUN GRADBENIH KONSTRUKCIJ

V Sloveniji je potrebno upoštevati Pravilnik o učinkoviti rabi energije (Ur.l.RS, št. 52/2010), ki se sklicuje na Tehnično smernico za graditev TSG -1-004:2010 Učinkovita raba energije.

Konstrukcija: Zunanja stena



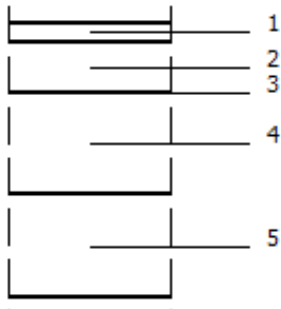
sloj	material	Debelina (cm)	Toplotna prehodnost (W/mK)
1	Toplotno izolacijska malta	2,00	0,190
2	Bloki iz celičnega betona 800	20,00	0,350
3	URSA XPS N-III-I	12,00	0,036
4	Pigmentna fasadna malta	2,00	0,700
Skupna toplotna prehodnost stene (W/m²K)		<u>0,238 ≤ 0,280</u>	
Dovoljena toplotna prehodnost stene* (W/m²K)		0,280	

*Tehnična smernica Učinkovita raba energije TSG-1-004:2010 tabela 1, str. 16

Tabela 1: Toplotna prehodnost zunanje stene

Toplotna prehodnost stene je ustrezna.

Konstrukcija: Tla



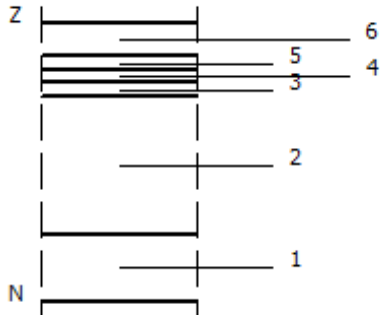
sloj	material	Debelina (cm)	Toplotna prehodnost (W/mK)
1	Parket	2,00	0,210
2	Cementni estrih	5,00	1,400
3	PVC Folija 1200	0,020	1,190
4	URSA XPS N-III-I	10,00	0,036
5	BETON 1800	10,00	0,930
Skupna toplotna prehodnost tal (W/m²K)		<u>0,314 ≤ 0,350</u>	
Dovoljena toplotna prehodnost tal* (W/m²K)		0,350	

*Tehnična smernica Učinkovita raba energije TSG-1-004:2010 tabela 1, str. 16

Tabela 2: Toplotna prehodnost tal

Toplotna prehodnost tal je ustrezna.

Konstrukcija: Strop



sloj	material	Debelina (cm)	Toplotna prehodnost (W/mK)
1.	Beton	10,00	0,930
2.	Večplastna bitumenska hidroizolacija 1200	2,00	0,190
3.	URSA XPS N-III-I	20,00	0,038
4.	PVC folija 1200	0,020	0,190
5.	Toplotno izolacijska malta	2,00	0,190
6.	Večplastna bitumenska hidroizolacija 1200	2,00	0,190
7.	Nasutje	5,00	0,810
Skupna toplotna prehodnost tal (W/m²K)		<u>0,146 ≤ 0,200</u>	
Dovoljena toplotna prehodnost tal* (W/m ² K)		0,200	

*Tehnična smernica Učinkovita raba energije TSG-1-004:2010 tabela 1, str. 16

Tabela 3: Toplotna prehodnost stropa

Toplotna prehodnost stropa je ustrezna.

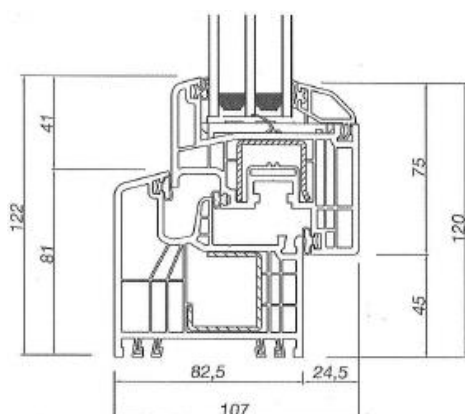
Konstrukcija: Stabno pohištvo(okna)

V Raziskavi bomo uporabili dvoje oken:

PVC OKNA	Dvoslojna zasteklitev	Troslojna zasteklitev
	Comfort extra Line	Comfort extra Line
Razporeditev stekel	4/14/4 Ar	4/14/4/14/4 Ar
Toplotna prehodnost zasteklitve	$U_g=1,1 \frac{W}{m^2K}$	$U_g=0,6 \frac{W}{m^2K}$
Toplotna prehodnost okvirja	$U_f=1,2 \frac{W}{m^2K}$	$U_f=1,2 \frac{W}{m^2K}$
Toplotna prehodnost celotnega okna	$U_w=1,28 \frac{W}{m^2K} \leq 1,3 \frac{W}{m^2K}$	$U_w=0,81 \frac{W}{m^2K} \leq 1,3 \frac{W}{m^2K}$
Dovoljena toplotna prehodnost okna* (W/m ² K)	$1,3 \frac{W}{m^2K}$	$1,3 \frac{W}{m^2K}$
g- vrednost	0,62	0,5
Prepustnost svetlobe	80%	72%

*Tehnična smernica Učinkovita raba energije TSG-1-004:2010 tabela 1, str. 16

Tabela 4: Toplotna prehodnost okna



Slika 4: dimenzije okenskega okvirja, vir: Katalog Okna in Vrata MIK Celje

Toplotna prehodnost okna je ustrezna.

4.3 LOKACIJA, ORIENTACIJA IN KLIMA

Lokacija objekta je variabilen parameter. Izračunali bomo energijsko bilanco objekta v naslednjih regijah po Sloveniji

	REGIJA	KATASTRSKA OBČINA	ORIENTACIJA	KLIMA
1.	Pomurska	Murska Sobota(šif. K.O.:105)	Objekt je z daljšo tlorisno stranico orientiran proti jugu	Privzeti podatki računalniškega programa Gradbena fizika URSA 4.0
2.	Podravska	Maribor-Grad(šif. K.O.:657)		
3.	Koroška	Slovenj Gradec(šif. K.O.:850)		
4.	Savinjska	Velenje(šif. K.O.:964)		
5.	Zasavska	Trbovlje(šif. K.O.:1871)		
6.	Spodnje posavska	Krško(šif. K.O.:1322)		
7.	Jugovzhodna	Črnomelj(šif. K.O.:1535)		
8.	Osrednjeslovenska	Ljubljana mesto(šif. K.O.:1728)		
9.	Gorenjska	Jesenice(šif. K.O.:2175)		
10.	Notranje-kraška	Postojna(šif. K.O.:2490)		
11.	Goriška	Nova Gorica(šif. K.O.:2034)		
12.	Obalno kraška	Piran(šif. K.O.:2630)		

Tabela 5: Mesta in regije

4.4 NAČRTOVANE ZASTEKLITVE

Pri načrtovanju novih objektov je smiselno upoštevati vse naravne danosti posamezne lokacije ter arhitekturo stavbe zasnovati tako da bo čim bolj odprta na jug (čim večji sončni dobitki), razporeditev prostorov naj sledi orientaciji stavbe.

Zasteklitev bo variabilni parameter. Za izračun toplotne prehodnosti okna vzamemo podatke pridobljene s strani proizvajalca oken MIK Mednarodno trgovsko in proizvodno podjetje d.o.o.. Podatki toplotnih prehodnosti sestavnih delov okna se nahajajo v (tabeli 4).

Pri izbiri pravilne zasteklitve je izrednega pomena predhodna določitev optimalnega deleža zasteklitve, glede na celotno površino fasade. Pri izračunu se bomo omejili le na južno fasado, saj tekom leta le ta prejema največ solarnih dobitkov, ki so v zimskem režimu dobrodošli, v poletnem režimu pa se jim želimo v največji meri izogniti.

Za zimski režim bomo privzeli, da je faktor senčenosti okna 1, kar pomeni, da okno ni senčeno s strani zunanjih senčil, vegetacije ali bližnjih objektov. V poletnem režimu pa bomo za faktor senčenosti določili vrednost 0.5, slednje pomeni da so okna delno senčena. V našem primeru bodo okna senčena s zunanjimi senčili.

Optimalni delež zasteklitve bomo določili s primerjavo energijske bilance objekta za dvoslojno in troslojno zasteklitev na južni strani objekta, med tem ko bodo površine zasteklitve na zahodni, vzhodni in severni strani objekta nespremenjene. Objekt bo lociran v Mariboru.

Dvoslojna zasteklitev:

Severna stran: $\frac{\text{Površina oken}}{\text{površina stene}} = \frac{1\text{m}^2}{36,4\text{m}^2} = 3\%$

Zahodna stran: $\frac{\text{Površina oken}}{\text{površina stene}} = \frac{2,25\text{m}^2}{28\text{m}^2} = 8\%$

Vzhodna stran: $\frac{\text{Površina oken}}{\text{površina stene}} = \frac{2,25\text{m}^2}{28\text{m}^2} = 8\%$

Južna stran:

	Površina oken(m ²)	Površina stene(m ²)	Delež zasteklitve	Q _H ($\frac{kWh}{m^2} a$)	Q _c ($\frac{kWh}{m^2} a$)	Q _H +Q _c ($\frac{kWh}{m^2} a$)
1.	4	32,4	11%	14,00	1,27	15,27
2.	6	30,4	17%	13,51	1,59	15,1
3.	8	28,4	22%	13,03	1,92	14,95
4.	10	26,4	28%	12,56	2,27	14,83
5.	12,5	23,9	34%	12,04	2,74	14,78
6.	15	21,4	41%	11,62	3,23	14,85
7.	17,5	18,9	48%	11,27	3,72	14,99
8.	20	16,4	55%	10,96	4,23	15,19

Tabela 6: energijske potrebe pri dvoslojni zasteklitvi v Mariboru

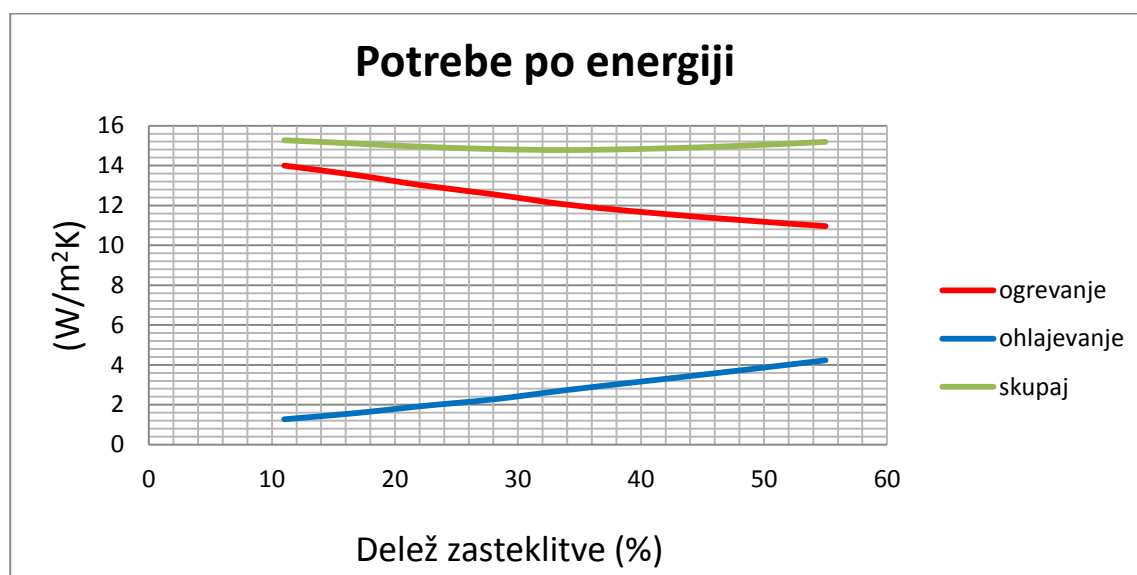


Tabela 7: Energijske potrebe pri dvojni zasteklitvi v Mariboru

Troslojna zasteklitev:

Severna stran: $\frac{\text{Površina oken}}{\text{površina stene}} = \frac{1\text{m}^2}{36,4\text{m}^2} = 3\%$

Zahodna stran: $\frac{\text{Površina oken}}{\text{površina stene}} = \frac{2,25\text{m}^2}{28\text{m}^2} = 8\%$

Vzhodna stran: $\frac{\text{Površina oken}}{\text{površina stene}} = \frac{2,25\text{m}^2}{28\text{m}^2} = 8\%$

Južna stran:

	Površina oken(m ²)	Površina stene(m ²)	Delež zasteklitve	Q _H ($\frac{kWh}{m^2} a$)	Q _C ($\frac{kWh}{m^2} a$)	Q _H +Q _C ($\frac{kWh}{m^2} a$)
1.	4	32,4	11%	12,55	1,16	13,71
2.	6	30,4	17%	11,87	1,45	13,32
3.	8	28,4	22%	11,19	1,75	12,94
4.	10	26,4	28%	10,52	2,08	12,6
5.	12,5	23,9	34%	9,77	2,52	12,29
6.	15	21,4	41%	9,13	2,97	12,1
7.	17,5	18,9	48%	8,56	3,45	12,01
8.	20	16,4	55%	8,02	3,92	11,94

Tabela 8: Energijske potrebe za troslojno zasteklitev v Mariboru

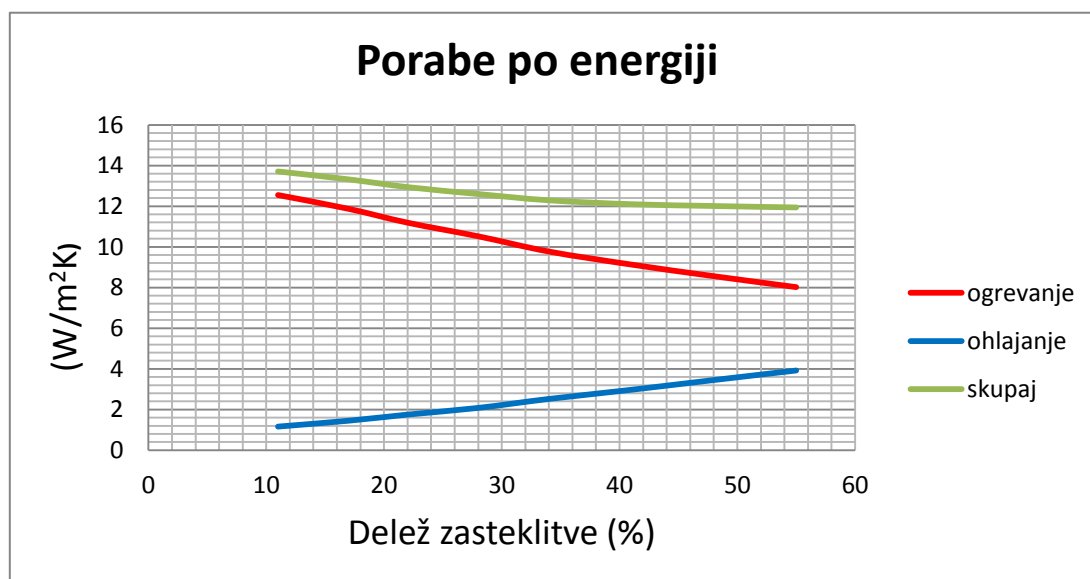


Tabela 9: Energijske potrebe pri troslojni zasteklitvi v Mariboru

Primerjava skupne potrebne energije pri dvoslojno in troslojno za zasteklitve:

				Dvoslojna zasteklitve	Troslojna zasteklitve	
	Površina oken(m ²)	Površina stene(m ²)	Delež zasteklitve	Q _H +Q _C ($\frac{kWh}{m^2 a}$)	Q _H +Q _C ($\frac{kWh}{m^2 a}$)	Razlika ($\frac{kWh}{m^2 a}$)
1.	4	32,4	11%	15,27	13,71	1,56
2.	6	30,4	17%	15,1	13,32	1,78
3.	8	28,4	22%	14,95	12,94	2,01
4.	10	26,4	28%	14,83	12,6	2,23
5.	12,5	23,9	34%	14,78	12,29	2,49
6.	15	21,4	41%	14,85	12,1	2,75
7.	17,5	18,9	48%	14,99	12,01	2,98
8.	20	16,4	55%	15,19	11,94	3,25

Tabela 10: Primerjava skupne potrebne energije pri dvoslojni in troslojni zasteklitvi v Mariboru

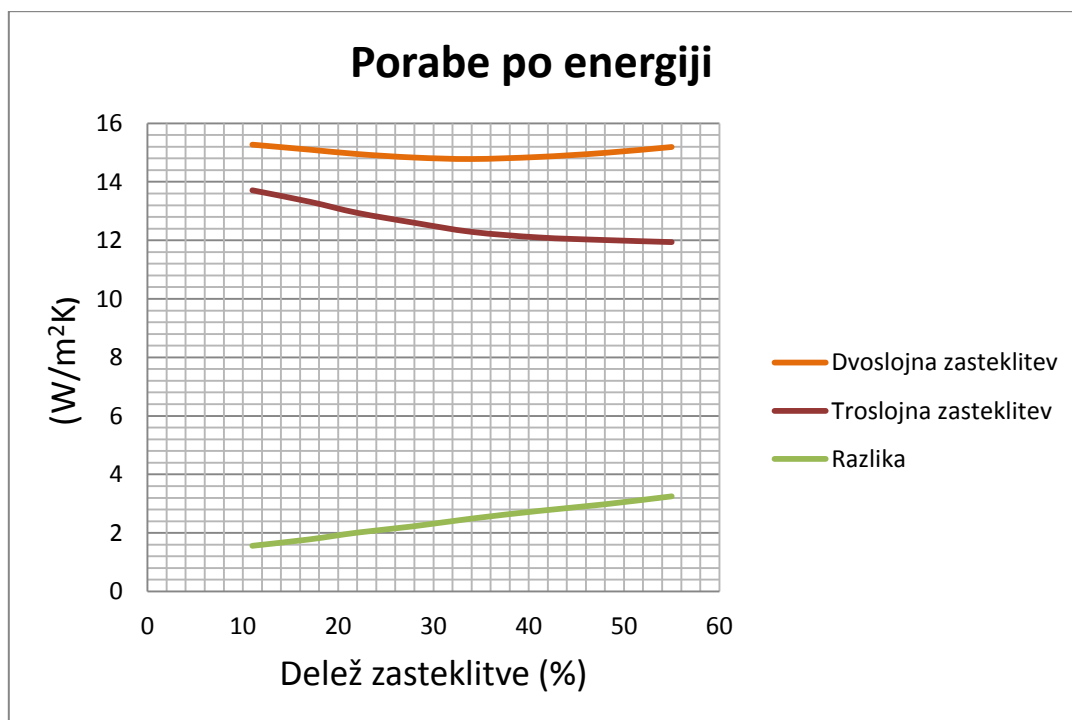


Tabela 11: Primerjava skupne potrebne energije pri dvoslojni in troslojni zasteklitvi v Mariboru

Iz rezultatov za skupno potrebno energijo je razvidno, da z večanjem zasteklitve se linearno povečuje tudi razlika med dvoslojno in troslojno zasteklitvijo.

Pri troslojni zasteklitvi funkcijski optimum nastopi pri 40% deležu zasteklitve. Vpliv povečevanja deleža zasteklitve na južni strani na skupno potrebno energijo je minimalen, tako da funkcija praktično konvergira.

Pri dvoslojni zasteklitvi je lepo razvidno, da funkcija doseže svojo minimalno vrednost med 20% in 40% deležem zasteklitve, zato ne bomo naredili napake, če privzamemo, da funkcija doseže svojo minimalno vrednost pri 40% deležu zasteklitve, primerljivo deležu pri troslojni zasteklitvi. Z večanjem deleža zasteklitve raste tudi vrednost skupne potrebne energije, zato ocenjujemo, da funkcija doseže svoj optimum pri 40% deležu zasteklitve.

Lahko trdimo, da je optimalna zasteklitev pri kateri obe zasteklitvi izkazujeta podobne rezultate in ugodne bivalne pogoje pri 40% deležu zasteklitve. [12]

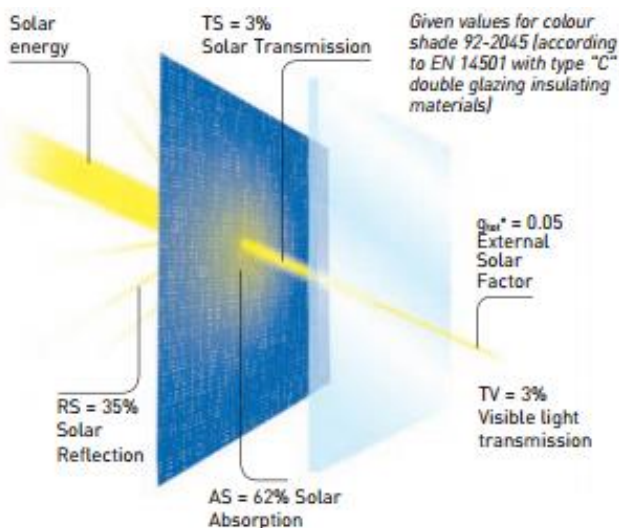
4.5 AKTIVNI SISTEMI

Predvidena notranja projektna temperatura ogrevanja je 21°C in hlajenja 25°C. Notranje prostore bomo prisilno prezračevali z rekuperacijo toplote odpadnega zraka. Predviden izkoristek sistema je $\eta=0.7$, kar je v skladu s Tehnično smernico Učinkovite rabe energije TSG-1-004:2010 tabela 54, str. 16 in tabela 62 str. 96. [12]

4.6 SENČENJE

V poletnih mesecih je velika nevarnost pregrevanja prostorov. Slednjemu se izognemo z uporabo senčil na zunanji strani objekta.

Uporabili bomo screen senčila podjetja Roltek, ki uporablja blago Soltis. Screen roloji so najučinkovitejši, če jih montiramo na zunanjo stran okna. S tem ustvarimo pred steklom zračni most, ki preprečuje močno segrevanje stekla in posledično segrevanje notranjih prostorov. Prednost uporabe screen senčila (slika 4) je v tem, da v primerjavi z žaluzijami ne zmanjšuje prehodnosti svetlobe, ob enem pa odbije in absorbira skupno do 97% sončne energije. [7]



Slika 5: Screen senčilo, vir: <<http://www.sunsystems.fi/upload/tuotteet/kaihtimet/screen-kankaat/2012/soltis92-mallisto.pdf>>

Pri izračunu bomo v poletnem režimu uporabili faktor senčenja 0.5, ki predstavlja delno senčenje, v zimskem času pa faktor 1, kar pomeni, da je prehod sončne energije skozi okno nemoten.

Iz spodnje tabele (tabela 12) je lepo razvidno, kako pomembna so zunanja senčila v poletnih mesecih. S primernim senčenjem lahko za primer naše pritlične enodružinske hiše zmanjšamo potrebno energijo za hlajenje na minimalno vrednost.

	Popolnoma nesenčeno					Delno senčeno					Popolnoma senčeno
Faktor senčenja	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0
Dvoslojna zasteklitev Q_c ($\frac{kWh}{m^2} a$)	10,06	8,48	7,06	5,75	4,47	3,23	2,12	1,20	0,52	0,11	0
Troslojna zasteklitev Q_c ($\frac{kWh}{m^2} a$)	8,36	7,15	6,06	5,01	3,98	2,97	2,06	1,29	0,66	0,24	0

Tabela 12: Vpliv faktorja senčenosti na Q_c za Maribor

4.7 OSVETLJENOST PROSTOROV

Pri načrtovanju energijsko učinkovitih objektov je potrebno posebno pozornost nameniti tudi naravni osvetlitvi prostorov. Pri tem je potrebno upoštevati, da se z večanjem števila stekel in nizkoemisijskimi nanosi zmanjšuje prepustno stekla za energijo sončnega sevanja in posledično za svetlobo.

Kvaliteta naravne osvetlitve je odvisna od velikosti oken, geometrije prostora, naklona okna, barve in teksture površin, zato je si pri načrtovanju osvetlitve pomagamo s količnikom dnevne svetlobe. [12]

Količnik dnevne svetlobe (KDS) smo izmerili za model pritlične enodružinske hiše pri dvoslojni in troslojni zasteklitvi s pomočjo programskega orodja VELUX Daylight Visualizer 2. Lokacija meritve je mesto Maribor pri oblačnem vremenu na višini 85cm od tal.

Predpostavili smo, da so v času merjenja vrata kopalnice in obeh spalnic odprta, medtem ko so vrata stranišča in shrambe zaprta.

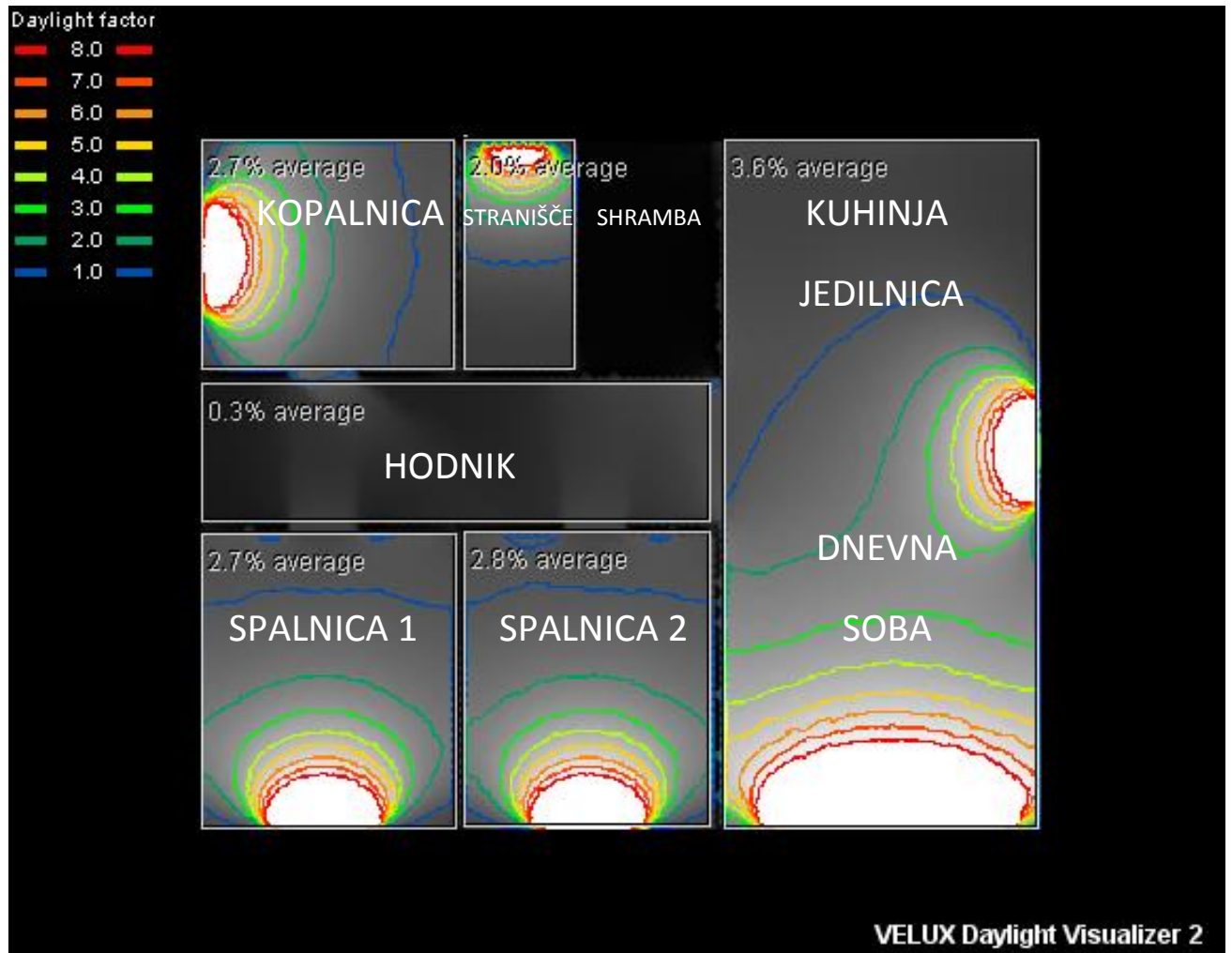
Za primerjavo zasteklitev bomo uporabili priporočljive vrednosti dnevnega količnika svetlobe (KDS) v prostoru, ki jih navaja inštitut CIBSE:

5% KDS.....prostor deluje izrazito svetlo

2-5% KDS.. prostor daje zadovoljivo osvetlitev

<2% KDS.....prostor zaznamo kot premalo osvetljen

Dvoslojna zasteklitve



Slika 6: Povprečna vrednost KDS pri dvoslojni zasteklitvi

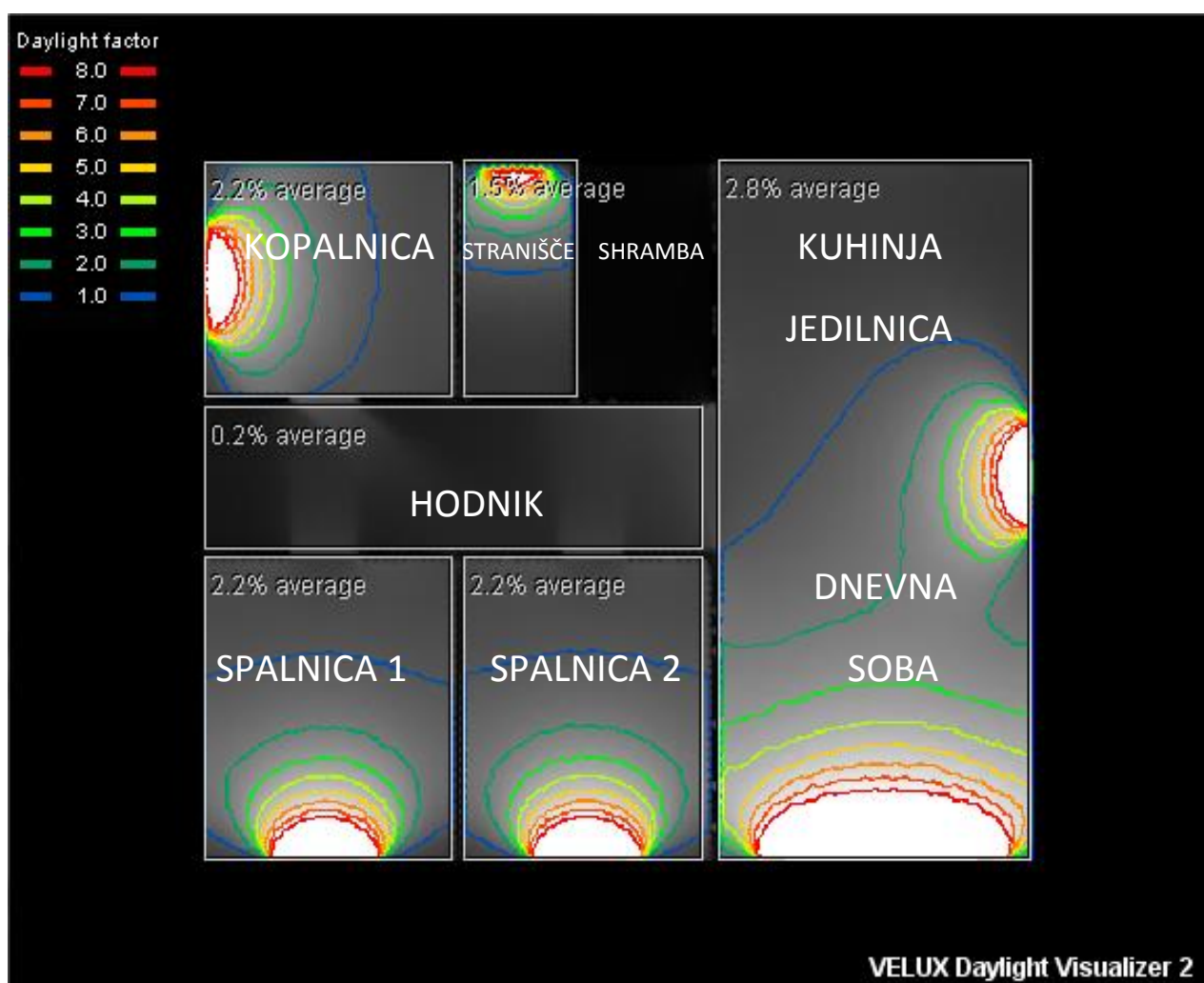
Prostor	DVOSLOJNA ZASTEKLITEV	Povprečen KDS
Dnevna soba, Jedilnica, Kuhinja	3,6%	3,3%*
Spalnica 2	2,8%	
Spalnica 1	2,7%	
Kopalnica	2,7%	
Stranišče	2,6%	
Hodnik	0,3%	
SKUPNA POVPREČNA VEDNOST: 2,45%		

*Povprečna vrednost bivalnih prostorov

Tabela 13: KDS pri dvoslojni zasteklitvi

V tabeli 13 so prostori razvrščeni glede na količnik dnevne svetlobe(KDS) od največjega proti najmanjšemu. Opazimo, da se vsi prostori, razen hodnika in shrambe, ki nista osvetljena, uvrščajo v drugo kategorijo(2-5% KDS). Medtem ko je povprečna osvetljenost bivalnih prostorov v katerih se čez dan največ zadržujemo 3,3% KDS. Ocenjujemo, da je osvetlitev prostorov primerna.

Troslojna zasteklitev



Slika 7: Povprečna vrednost KDS pri troslojni zasteklitvi

DVOSLOJNA ZASTEKLITEV	
Prostor	Povprečen KDS
Dnevna soba, Jedilnica, Kuhinja	2,8%
Spalnica 2	2,2%
Spalnica 1	2,2%
Kopalnica	2,2%
Stranišče	1,5%
Hodnik	0,2%
SKUPNA POVPREČNA VEDNOST: 1,85%	

2,4%*

Tabela 14: KDS pri troslojni zateklitvi

V tabeli 14 so prostori razvrščeni glede na količnik dnevne svetlobe(KDS) od največjega proti najmanjšemu. Opazimo, da v primerjavi z dvoslojno zasteklitvijo več ne moremo govoriti, da se vsi prostori uvrščajo v drugo kategorijo(2-5% KDS). Iz te kategorije je izpadlo stranišče, vendar je to zanemarljiv podatek, ker stranišča ne uvrščamo med bivalne prostore v katerih preživimo povprečno največ časa. Nasprotno pa bivalni prostori v katerih preživimo povprečno največ časa(spalnica 1, spalnica 2) se v drugo kategorijo uvrščajo z minimalno vrednostjo.

Upoštevajoč podatke, ugotavljamo, da je osvetljenost bivalnih prostorov v povprečju za 27% boljša pri uporabi dvoslojne zasteklitvi.

4.8 RAČUNALNIŠKI PROGRAM

Energijsko bilanco objekta bomo računali s pomočjo programa gradbena fizika URSA 4.0. Prednost uporabe tega programa je, da ima vnesene podnebne podatke za vsako katastrsko občino v Sloveniji posebej. Sam postopek računanja energijske bilance objekta na različnih lokacijah po Sloveniji je tako poenostavljen.

4.9 REZULTATI IN UGOTOVITVE

V poglavju z naslovom Načrtovanje zasteklitve smo ugotovili, da je optimalna zasteklitvev pri 40% deležu zasteklitve. Ta podatek bomo uporabili pri nadaljnjem izračunu energijske bilance objekta na različnih lokacijah po Sloveniji:

	Regija	Dvoslojna zasteklitvev			Troslojna zasteklitvev			Razlika ($\frac{kWh}{m^2} a$)
		Q_H ($\frac{kWh}{m^2} a$)	Q_C ($\frac{kWh}{m^2} a$)	Q_H+Q_C ($\frac{kWh}{m^2} a$)	Q_H ($\frac{kWh}{m^2} a$)	Q_C ($\frac{kWh}{m^2} a$)	Q_H+Q_C ($\frac{kWh}{m^2} a$)	
1.	Obalno kraška	2,08	11,32	13,4	1,32	10,29	11,61	1,79
2.	Goriška	4,22	7,97	12,16	3,03	7,22	10,25	1,91
3.	Zasavska	8,72	1,22	9,94	6,78	1,16	7,94	2
4.	Savinjska	9,15	1,22	10,37	7,15	1,16	8,31	2,06
5.	Koroška	10,98	0,61	11,59	8,69	0,58	9,27	2,32
6.	Notranje-kraška	11,79	0,03	11,82	9,26	0,02	9,28	2,54
7.	Jugovzhodna	9,88	3,99	13,87	7,66	3,67	11,33	2,54
8.	Spodnje Posavska	10,72	3,31	14,03	8,39	3,05	11,44	2,59
9.	Pomurska	11,14	3,21	14,35	8,76	2,96	11,72	2,63
10.	Gorenjska	13,26	0,06	13,32	10,59	0,04	10,63	2,69
11.	Podravska	11,62	3,23	14,85	9,13	2,97	12,1	2,75
12.	Osrednjeslovenska	12,32	3,18	15,5	9,71	2,94	12,65	2,85

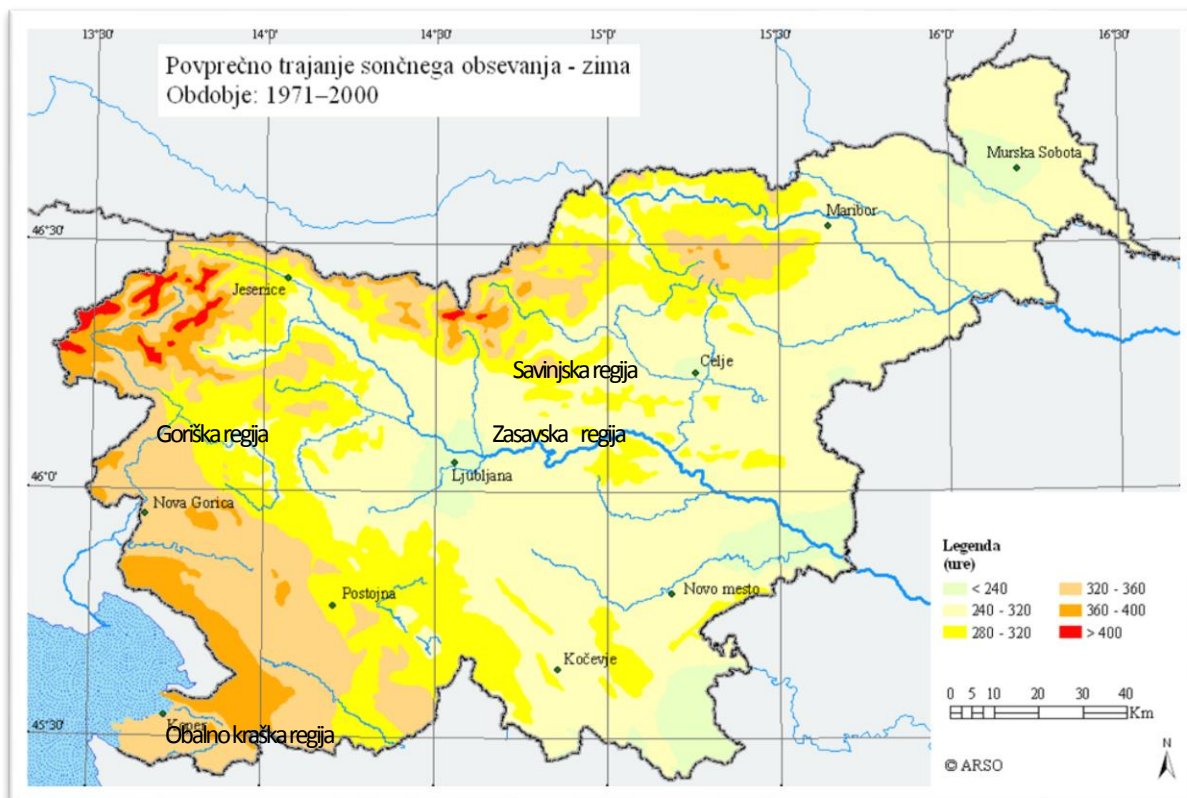
Tabela 15: energijske potrebe za model hiše po regijah

Objekt smo sprojektirali tako, da so toplotne izgube minimalne in uvrščajo model pritlične enodružinske hiše v kategorijo pasivnih hiš tako pri troslojni kakor tudi pri dvoslojni zasteklitvi.

Pozorni smo bili na to, da smo preprečili linijske toplotne mostove na stiku stavbnega pohištva z gradbenimi elementi. Odločili smo se za Ral montažo oken, kjer je spoj med oknom in gradbenim elementom ustrezno zatesnjen s zunanjim paroneprepustnim tesnenjem, vmesnim zvočno in toplotno izolativnim tesnenjem in notranjim paroneprepustnim tesnenjem. [8]

V tabeli so podane potrebe po energiji za dvoslojno zasteklitvev in nato za troslojno zasteklitvev. V zadnjem stolpcu pa smo naredili medsebojno primerjavo obeh zasteklitvev. Da bi bila primerjava čim bolj nazorna, smo razlike skupne potrebne energije razdelili v vrstnem redu od najmanjše do največje.

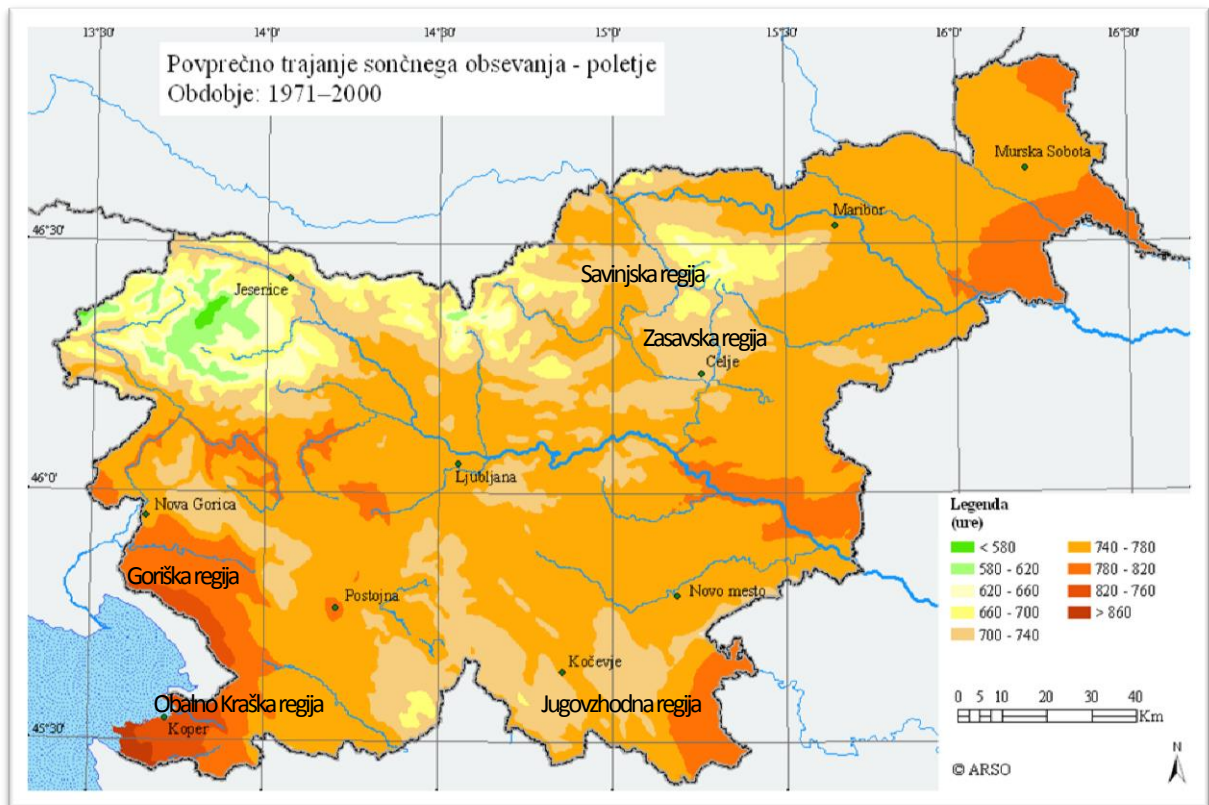
Kot pričakovano so najmanjše potrebe po ogrevanju v regija (slika 8), kjer je sončno obsevanje največje, to so Obalno kraška in Goriška regija (temno rumena barva na zemljevidu) ter Savinjska in Zasavska regija (rumena barva na zemljevidu).



Slika 8: Povprečno trajanje sončnega obsevanja - zima, vir:

http://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/image/sl/by_variable/solar-radiation/mean-bright-sunshine-duration_winter_71-00.png

Če pa si ogledamo karto sončnega obsevanja za poletje (slika 9), opazimo, da je v Zasavski in Savinjski regiji (svetlo rumena barva na zemljevidu), kjer je sončno obsevanje v zimskem času največje, v poletnem času ravno nasprotno. Slednje smo potrdili tudi z izračunom, kjer je lepo razvidno da so potrebe po energiji za ohlajanje najmanjše. Največje potrebe po energiji za ohlajanje smo izračunali za Jugovzhodno, Obalno kraško in Goriško regijo, kar je tudi skladno s karto sončnega obsevanja v poletnem času (temno rumena-rdeča barva).



Slika 9: Povprečno trajanje sončnega obsevanja - poletje, vir:

http://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/image/sl/by_variable/solar-radiation/mean-bright-sunshine-duration_summer_71-00.png

Iz primerjave je razvidno, da so razlike med zasteklitvijo minimalne. Za lažjo predstavbo smo razlike pretvorili v stroške.

Strošek smo izračunali tako, da smo razliko potrebne letne energije pomnožili z uporabno površino objekta in dobili kWh, ki smo jih nato pomnožili z ceno na enoto električne energije.[13]

Za izračun smo uporabili ceno enotne tarife, ki jo beleži enotarifni števec vsak dan od 0. do 24. ure in znaša 0,07174€/kWh za gospodinjski odjem z DDV. Podatek je pridobljen s spletne strani podjetja PETROL, Slovenska energetska družba, d.d., Ljubljana. [5]

	Regija	Razlika ($\frac{kWh}{m^2 a}$)	Cena
1.	Obalno kraška	1,79	16,29€
2.	Goriška	1,91	17,38€
3.	Zasavska	2	18,20€
4.	Savinjska	2,06	18,75€
5.	Koroška	2,32	21,11€
6.	Notranje-kraška	2,54	23,11€
7.	Jugovzhodna	2,54	23,11€
8.	Spodnje Posavska	2,59	23,57€
9.	Pomurska	2,63	23,93€
10.	Gorenjska	2,69	24,48€
11.	Podravska	2,75	25,03€
12.	Osrednjeslovenska	2,85	25,94€

Tabela 16: Stroškovna analiza razlike v zasteklitvi

Dokazali smo da, je razlika pri prihranku energije res minimalna in potrjuje trditve Passiv house inštituta: »Triple glazing is not recommended south of the Alps: its energy balance is usually worse because of the lower solar gains«. [10]

5 VIRI IN LITERATURA

[1] Medved, S 2010, Gradbena fizika, Fakulteta za arhitekturo, Ljubljana.

[2] Energetsko učinkovita zasteklitev in okna

Dostopno na:

<<http://www.aure.gov.si/eknjiznica/V8-zasteklitev.pdf>> [2.4.2013]

[3] Članek Dvo- ali troslojna zasteklitev

Dostopno na

<<http://www.kvadrati.si/default.asp?kaj=1&id=2010100405580378&tab=arh2010vec>> [2.4.2013]

[4] Članek Vpliv zasteklitve na energijsko bilanco stavbe

Dostopno na:

<<http://moidom.dnevnik.si/si/Gradnja+in+prenova/1978/Vpliv+zasteklitve+na+energijsko+bilanco+stavbe>>

[5.4.2013]

[5] Cenik elektrike

Dostopno na:

<<http://www.petrol.si/energija-za-dom/energija/elektricna-energija/cenik-elektrike-primerjava>>

[5.4.2013]

[6] Povprečno trajanje sončnega obsevanja

Dostopno na:

<<http://meteo.arso.gov.si/met/sl/dimate/maps/>>

[7] Screen roloji

Dostopno na:

<http://www.asteriks.net/SENCILA_ASTERIKS,,ponudba/zunanja_sencila/screen_sencila/screen_rola>

[5.4.2013]

[8] Ral montaža oken

Dostopno na:

<<http://www.ferk.si/ral-montaza>> [5.4.2013]

[9] Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb 2009

Dostopno na:

<<http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=200977&stevilka=3362>>

[5.4.2013]

[10] Passive Houses in South West Europe

Dostopno na:

<http://www.passivhaustagung.de/Passive_House_E/PH_MedCim.html>

[5.4.2013]

- [12] Nove priložnosti za Slovenijo : zbornik tretjega mednarodnega posveta Energetska učinkovitost v arhitekturi in gradbeništvu, 2012, Maribor, Fakulteta za gradbeništvo, str.:95
- [13] Vesna čep, Diplomsko delo, Energetsko učinkovita dvoslojna zasteklitev in analiza ekonomičnosti dvoslojne in troslojne zasteklitve
- Dostopno na:
- <http://dkum.uni-mb.si/lzpisGradiva.php?id=38116> [5.4.2013]

6 SEZNAM SLIK

Slika 1: Razmerje med toplotno prevodnostjo in širino rege pri različnih polnitvah s plinom.....	3
Slika 2: Nizko emisivni nanos, vir:	3
Slika 3: Model pritlične enodružinske hiše.....	5
Slika 4: dimenzije okenskega okvirja, vir: Katalog Okna in Vrata MIK Celje	9
Slika 5: Screen senčilo, vir:	16
Slika 6: Povprečna vrednost KDS pri dvoslojni zasteklitvi	18
Slika 7: Povprečna vrednost KDS pri troslojni zasteklitvi	19
Slika 8: Povprečno trajanje sončnega obsevanja - zima, vir:	22
Slika 9: Povprečno trajanje sončnega obsevanja - poletje, vir:.....	23

7 SEZNAM PREGLEDNIC

Tabela 1: Toplotna prehodnost zunanje stene	6
Tabela 2: Toplotna prehodnost tal.....	7
Tabela 3: Toplotna prehodnost stropa.....	8
Tabela 4: Toplotna prehodnost okna	9
Tabela 5: Mesta in regije	10
Tabela 6: energijske potrebe pri dvoslojni zasteklitvi v Mariboru	12
Tabela 7: Energijske potrebe pri dvojni zasteklitvi v Mariboru.....	12
Tabela 8: Energijske potrebe za troslojno zasteklitev v Mariboru.....	13
Tabela 9: Energijske potrebe pri troslojni zasteklitvi v Mariboru	13
Tabela 10: Primerjava skupne potrebne energije pri dvoslojni in troslojni zasteklitvi v Mariboru	14
Tabela 11: Primerjava skupne potrebne energije pri dvoslojni in troslojni zasteklitvi v Mariboru	14
Tabela 12: Vpliv faktorja senčenosti na Q_C za Maribor	16
Tabela 13: KDS pri dvoslojni zasteklitvi	18
Tabela 14: KDS pri troslojni zateklitvi.....	20
Tabela 15: energijske potrebe za model hiše po regijah	21
Tabela 16: Stroškovna analiza razlike v zasteklitvi	24