

**POVEĆANJE INSOLACIJE FASADA TOKOM ZIMSKOG PERIODA PRIMENOM
PARAMETARSKOG MODELOVANJA****INCREASING THE INSOLATION OF FACADES DURING THE WINTER PERIOD
USING PARAMETRIC MODELING**

Anđela Jovanović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ARHITEKTURA

Kratak sadržaj – Ispitivanje uticaja insolacije na urbano područje u zimskom periodu i traženje adekvatne pozicije i spratnosti objekata za postizanje što veće osunčanosti fasada i za poboljšanje spoljašnjeg termalnog komfora.

Ključne reči: solarne analize, insolacija, spoljašnji termalni komfor, fasade objekata, urbano područje

Abstract – Examining the influence of insolation on the urban area in the winter period and searching for an adequate position and number of floors of the buildings to achieve the greatest possible solar exposure of the facades and to improve outdoor thermal comfort

Keywords: Solar analysis, insolation, outdoor thermal comfort, facades, urban area

1. UVOD

Termin insolacija odnosi se na količinu energije koju Zemlja primi od Sunčevih zraka, dok spoljašnji termalni komfor izražava nivo termalne senzacije čoveka u izgrađenom ili neizgrađenom urbanom okruženju [1, 2]. Uticaj insolacije na gradska područja je od velikog značaja, budući da utiče na urbanističko planiranje, energetske efikasnost, komfor i zdravlje ljudi [3]. Adekvatno iskorišćavanje sunčeve energije može dovesti do poboljšanja spoljašnjeg termalnog komfora u izgrađenim ili neizgrađenim sredinama.

Projektni parametri koji određuju osunčanost ulice su visina zgrada, orijentacija i proporcija širine uličnog profila u odnosu na visinu objekata. Zato je za postizanje idealnih uslova života u takvoj ulici važno da ulični profil bude dovoljno širok, a spratna visina adekvatno određena kako ne bi dolazilo do premale osunčanosti zimi, odnosno prevelike osunčanosti ljeti [4]. Posmatranje uticaja svetlosti na ulice jednako je važno kao i posmatranje uticaja na fasade objekata, budući da se u ulici formira mikroklima koja utiče i na okružujuće objekte. Kada je reč o zimskom periodu potrebno je u spoljašnju sredinu dovesti što veću količinu sunčeve svetlosti. U pogledu unutrašnjih prostora važno je da fasada sa otvorima dobija što veću količinu svetlosti zbog brojnih benefita za stanovnike. Pojam ulice i objekata koji je okružuju se kroz temu insolacije stalno prožimaju i zato je važno da sunčeva svetlost deluje pogodno kako na ulicu, tako i na

fasade objekata kako bi se stvorila dobra sredina za život stanovnika.

2. PREDMET I CILJ ISTRAŽIVANJA

Nakon istražene literature ustanovljeno je da nepravilan raspored i neadekvatna visina stambenih objekata može veoma loše da utiče kako na energetske efikasnost zgrade, tako i na zdravlje i komfor stanovnika koji u njoj žive. Takav jedan primer nesrazmernog odnosa visine objekata u uličnog profila uočen je u jednom delu ulice Miše Dimitrijevića u Novom Sadu. To područje postalo je predmet istraživanja predmetnog projekta o uticaju insolacije na urbana područja.

Projektni zadatak ima dva cilja. Prvi je pronalaženje rešenja koja će u zimskom periodu za odabranu ulicu dati poboljšani termalni komfor u odnosu na postojeće stanje. Drugi cilj je bio postići maksimalnu osunčanost na fasadama u zimskom periodu. Kroz ovo istraživanje ispitivano je da li rešenje koje daje najveću osunčanost na fasadama ujedno može da daje i najbolji spoljašnji termalni komfor u ulici.

3. OPIS LOKACIJE I PERIOD ANALIZE

Kao predmet solarnih analiza uzet je jedan deo ulice Miše Dimitrijevića u Novom Sadu, u kojoj je problem nedostatka sunčeve svetlosti primećen u najvećoj meri. Analizirani deo nalazi se između ulice Zorana Petrovića i Puškinove. Primećeno je da je taj deo ulice u velikoj meri zasenčen, hladan i vetrovit. Ulični profil je previše uzak da bi sunce dopiralo do fasada objekata koje gledaju na ulicu. Navedeni problemi u ulici uočljivi su naročito u zimskom periodu i upravo zato je to doba godine uzeto za solarne analize i analize spoljašnjeg termalnog komfora. Problem sa fasadama prisutan je tokom cele godine, dok je u zimskom periodu dodatno izražen, jer pored nedostatka prirodne svetlosti zimi dolazi i do narušavanja energetske efikasnosti zgrade.

Za potrebe solarnih analiza uzet je zimski period koji obuhvata mesece decembar, januar i februar. Odabran dan za poređenje spoljašnjeg termalnog komfora postojećeg stanja i novih odabranih rešenja jeste najhladniji dan u godini.

Na osnovu podataka koje daje internet stranica za meteorološke prilike Weather Spark [5], pronađen je podatak o najhladnijem danu u godini za područje Beograda.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Ivana Bajšanski, vanr. prof.

Prema podacima sa izvora, prosečna najniža temperatura u Beogradu bude 14. januara. Zato je baš taj dan izabran za izračunavanje i poređenje vrednosti spoljašnjeg termalnog komfora.

4. METODE KORIŠĆENE U ISTRAŽIVANJU

Za potrebe solarnih analiza odabranog područja korišćen je softver Rhinoceros 3D i njegov jezik za vizualno programiranje Grasshopper. Postojeće stanje urbanog okruženja je izmodelovano uz pomoć programa Rhinoceros 3D, a kasnije je uz pomoć Grasshopper-a putem promene parametara kroz određen broj iteracija formirana nova urbana sredina na kojoj su vršene solarne analize. Takve analize omogućio je plugin za Grasshopper i Rhinoceros3D – Ladybug.

U skladu sa ciljem projekta da se formira kvalitetnije urbano okruženje kreiran je algoritam koji ispitivanjem različitih rešenja odgovara tom zahtevu.

Algoritam funkcioniše tako da menja vrednost parametara pozicije i nivelacije elemenata u sceni kako bi se ostvarila veća osunčanost područja, a zatim analizira uticaj sunčeve svetlosti na ta urbana rešenja.

5. OČITAVANJE REZULTATA

Nakon dobijanja brojnih urbanističkih rešenja, sprovedenim analizama dobile su se i vrednosti broja osunčanih sati i spoljašnjeg termalnog komfora za pripadajuće urbane strukture. Rezultati urađenih analiza vrednuju se prema dva različita kriterijuma. Kako bi se ispitala mogućnost da se dobije jedinstveno rešenje koje ispunjava i uslov da fasade budu maksimalno osunčane i da spoljašnji termalni komfor bude najbolji, bilo je potrebno prvo naći rešenje koje daje najveću osunčanost fasada.

Kako bi dobijeni termalni komfor imao referentne vrednosti u odnosu na koje se posmatra da li je najbolji, bilo je potrebno izmeriti ukupnu osunčanost urbane sredine, za koju su bile potrebne vrednosti izmerene i za ulicu. Nakon što su dobijene vrednosti svih iteracija za ulicu i svih iteracija za fasade, one su međusobno sabrane da bi se dobila ukupna vrednost sredine. Ukupna vrednost uzeta za dalje poređenje predstavljala je najveći zbir broja osunčanih sati za ulicu i fasade.

Nakon dobijanja ta dva urbana rešenja (rešenje koje omogućava najveću osunčanost fasada i rešenje koje omogućava najveću ukupnu osunčanost urbane sredine) moglo je da se sprovede poređenje da li rešenje sa najvećom osunčanostu fasada ujedno ima i najbolji spoljašnji termalni komfor.

5.1. Rezultati solarnih analiza

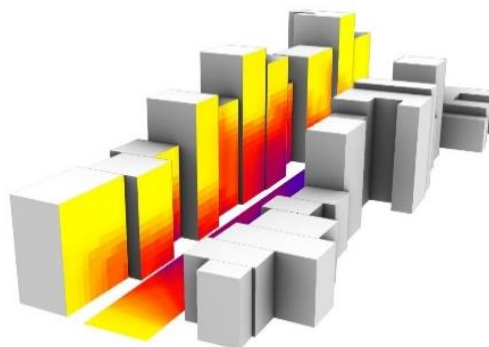
Prilikom vršenja solarnih analiza posmatran je prosečan broj osunčanih sati na odabranoj površi. Ta površ je u jednom slučaju bila ulica, a u drugom slučaju fasade objekata koje gledaju na ulicu.

Da bi se dobio što precizniji rezultat sprovedeno je po 100 iteracija za oba slučaja, što je ukupno dalo 200 različitih vrednosti. Među tim brojevima tražena je najveća vrednost prosečnog broja osunčanih sati za fasade. Nakon toga uzimani su rezultati i za ulicu i za fasade da bi se međusobno sabirali.

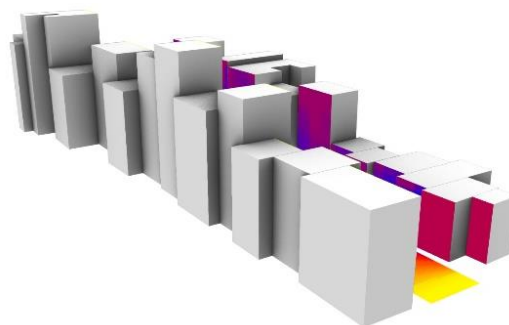
Za solarne analize uziman je samo onaj urbani kontekst čija bruto razvijena građevinska površina (BRGP) ne odstupa za više od 700m² od BRGP postojećeg stanja, odnosno čije vrednosti se kreću u rasponu od 7500 m2 do 8500 m2.

Prosečan broj osunčanih sati za dva najbolja rešenja iznosi 368,4 za slučaj sa najvećom osunčanostu fasada i 569,8 za slučaj sa najvećom osunčanostu celog urbanog konteksta. Na prikazima 5.1.1 i 5.1.2 mogu se videti urbana rešenja koja daju najbolje rezultate za oba slučaja.

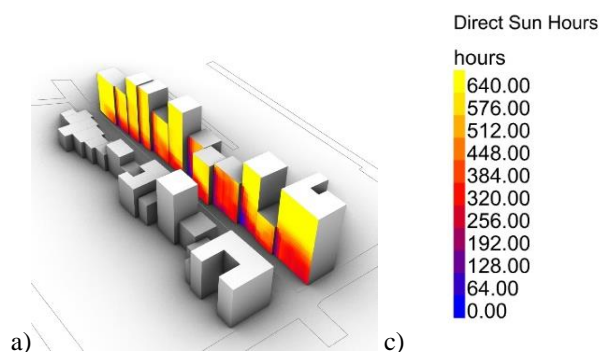
a)



b)

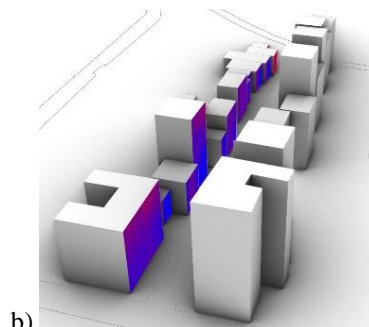


Slika 5.1.1 a,b – Parametarski generisan kontekst koji daje najveći broj osunčanih sati za fasade i ulicu zajedno



a)

c)



b)

Slika 5.1.2 a,b,c - Parametarski generisan kontekst koji daje najveći broj osunčanih sati za fasade objekata

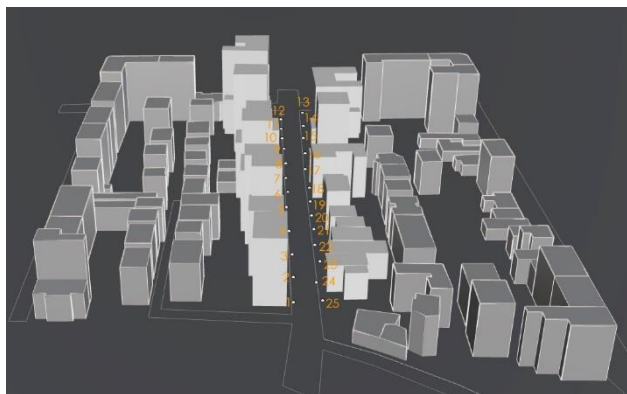
5.2. Rezultati spoljašnjeg termalnog komfora

Nakon proračuna solarnih analiza usledili su proračuni spoljašnjeg termalnog komfora i to za postojeće stanje i za dva najbolja rešenja. Jedno koje se na osnovu prosečnog broja osunčanih sati daje najveću osunčanost na fasadama i drugo koje na osnovu sabiranja rezultata ulice i fasada daje najveću ukupnu osunčanost urbanog područja.

Potrebno je izmeriti spoljašnji termalni komfor za oba rešenja i uvideti da li je se istovremeno može postići i najveća osunčanost fasada i najbolji spoljašnji termalni komfor.

Spoljašnji termalni komfor meren je tako što su se u ivičnim delovima ulice, gde se kreću pešaci, postavile imaginarne figure kojima je merena telesna temperatura za svaki sat tokom odabranog perioda (slika 5.2.1). Taj period računao se za 10 sati i trajao je od 7 do 16 časova na dan 14.01.

Cilj je bio povećati spoljašnji termalni komfor čoveka u tom periodu za ovaj deo ulice, a pritom i ostvariti maksimalnu osunčanost fasada.



Slika 5.2.1 – Dispozicija imaginarnih figura u sceni

Dobijene vrednosti uprosječnog termalnog komfora u jednom slučaju iznose $-8,56\text{ }^{\circ}\text{C}$, a u drugom $-8,95\text{ }^{\circ}\text{C}$, dok za postojeće stanje imaju vrednost $-10,04\text{ }^{\circ}\text{C}$.

6. POREĐENJE DOBIJENIH REZULTATA

Nakon sprovođenja brojnih analiza, prikupljanja i sortiranja njihovih podataka dobijena su najbolja urbana rešenja za poboljšanje insolacije u urbanoj sredini. Poslednji korak jeste poređenje dobijenih konačnih rezultata kako međusobno, tako i njihovo poređenje sa postojećim stanjem.

6.1. Poređenje rezultata solarnih analiza

Prvo poređenje tiče se broja osunčanih sati i u okviru ovog koraka posmatrano je da li su nova urbana rešenja dala veći broj osunčanih sati na analiziranim površima u odnosu na broj osunčanih sati koje su te površi imale u postojećem stanju.

Poređen je prosečan broj osunčanih sati na fasadama novog stanja u odnosu na prosečan broj osunčanih sati na fasadama postojećeg stanja. Isto tako poređen je prosečan broj osunčanih sati za celo urbano okruženje (fasade i ulica) novog stanja sa prosečnim brojem osunčanih sati celog urbanog okruženja u postojećem stanju. Rezultati ovog poređenja mogu se videti na tabeli 6.1.1.

Tabela 6.1.1. Poređenje prosečnog broja osunčanih sati

Prosečan broj osunčanih sati			
Analiza za fasade		Analiza za celo urbano okruženje	
Postojeće stanje	284,120216	Postojeće stanje	232,191035
Odabrano rešenje	368,456897	Odabrano rešenje	569,853434

Prema poređenju dobijenih rezultata može se zaključiti da je prosečan broj osunčanih sati znatno povećan u oba slučaja u odnosu na postojeće stanje.

6.1. Poređenje rezultata spoljašnjeg termalnog komfora

Nakon toga bilo je potrebno uporediti spoljašnje termalne komfore za oba rešenja zajedno sa spoljašnjim termalnim komforom postojećeg stanja i videti kom rešenju pripada najveća razlika spoljašnjeg termalnog komfora u odnosu na postojeće stanje. Poređenje je vršeno između uprosječeni vrednosti telesnih temperatura ljudi. Rezultati ovog poređenja mogu se videti u tabeli 6.1.2

Tabela 6.1.2. Poređenje spoljašnjeg termalnog komfora

Termalni komfor odabranih urbanih rešenja			
Dispozicija imaginarne figure	Postojeće stanje	Analiza pogodna za fasade	Analiza pogodna za celo okruženje
1	-12,31	-10,85	-0,11
2	-12,31	-9,72	-10,9
3	-11,35	-1,17	-10,14
4	-12,31	-12,31	-0,11
5	-12,31	-11,07	-0,11
6	-12,28	-11,02	-10,99
7	-12,31	-11,1	-11,08
8	-12,31	-11,07	-8,86
9	-11,75	-8,64	-10,45
10	-11,76	-10,4	-10,34
11	-10,53	-10,33	-10,21
12	-10,43	-0,84	-8,14
13	0,01	0,01	0,15
14	-10,47	-8,74	1,73
15	-4,47	-4,02	-1,01
16	-0,84	-7,5	-5,97
17	-9,35	-5,81	-7,42
18	-11,11	-5,63	-6,48
19	-11,11	-9,13	-7,01
20	-11,11	-8,71	-9,23
21	-11,11	-9,23	-9,16
22	-11,16	-11,02	-9,32
23	-11,13	-0,11	-10,98
24	-10,69	-9,08	-10,91
25	-11,04	-8,3	-7,85
Prosečna temperatura	-10,04	-8,56	-8,24

Može se uočiti da spoljašnji termalni komfor izmeren u sredini koja je dala najveći ukupan broj osunčanih sati za ulicu i fasade zajedno pravi najveću razliku u odnosu na postojeće stanje.

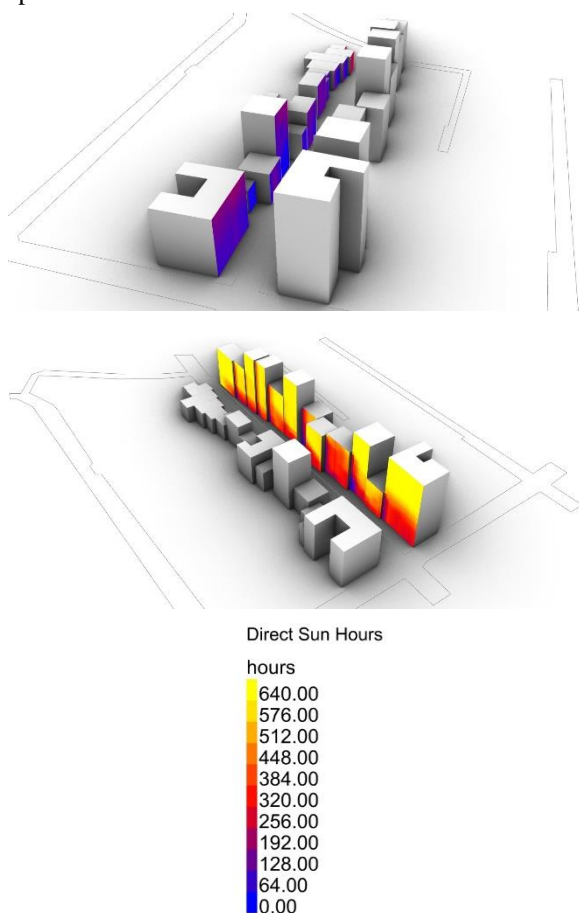
Razlika između ova dva spoljašnja termalna komfora iznosi $1,8\text{ }^{\circ}\text{C}$. Međutim taj rezultat ne pravi tako veliku razliku u odnosu na spoljašnji termalni komfor izmeren u rešenju koje omogućava najveću osunčanost fasada. Razlika između njih iznosi $0,32\text{ }^{\circ}\text{C}$.

7. PRIKAZ KONAČNOG REŠENJA

U skladu sa ciljem projekta, koji je bio poboljšanje spoljašnjeg termalnog komfora u urbanoj sredini i ostvarivanje maksimalne osunčanosti fasada, odabrano je i konačno rešenje.

To je rešenje sa slike 7.1 i ono je dalo rezultat sa ukupno 368,456897 sati osunčane površi fasada za period od tri meseca. Isto rešenje dalo je i poboljšani termalni komfor za najhladniji dan u godini 14. januar. Vrednost poboljšanja spoljašnjeg termalnog komfora je 1,48 °C.

Dobijeni rezultat prosečnog spoljašnjeg termalnog komfora numeričke vrednosti -8,56°C nije napravio osetnu razliku u subjektivnom doživljaju toplote prema UTCI skali [6], ali je objektivno poboljšanje postignuto. Spoljašnji termalni komfor u urbanom području i dalje spada u kategoriju „Nastanak hladanog streta“ čiji je raspon od 0 do -13 °C.



Slika 7.1 a,b,c – tekst

8. ZAKLJUČAK

Na osnovu dobijenih rezultata zaključuje se da urbana struktura koja omogućava najveću osunčanost fasadnih površi nije ujedno i urbana struktura koja pruža najbolji spoljašnji termalni komfor u urbanoj sredini. Drugo urbano rešenje pokazalo je bolji rezultat spoljašnjeg termalnog komfora.

Kao krajnji rezultat dobija se:

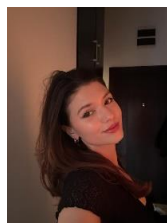
- Rešenje sa najvećom osunčanostu fasada koje omogućava kvalitetniji život ljudima u stanovima, veću osvetljenost tokom zimskog perioda.
- Bolji spoljašnji termalni komfor u okruženju koji omogućava bolju mikroklimu u urbanoj sredini
- Odgovor na pitanje da li se jednim univerzalnim rešenjem može dobiti najveća osunčanost fasada i najbolji spoljašnji termalni komfor

Ovim iskazima dokazano je da su ciljevi projekta uspešno ostvareni.

9. LITERATURA

- [1] <https://sh.wikipedia.org/wiki/Insolacija>, (pristupljeno u oktobru 2023.)
- [2] Bajšanski, I. (2016). Algoritam za poboljšanje termalnog komfora u urbanoj sredini (Doctoral dissertation, University of Novi Sad (Serbia)).
- [3] Stanislav Darula, Sunlight and insolation of building interiors, *6th International Building Physics Conference, IBPC 2015* <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610215019980>
- [4] Design guidelines for appropriate insolation of urban squares, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960148105001503>
- [5] <https://weatherspark.com/>, (pristupljeno u oktobru 2023.)
- [6] International Union of Physiological Sciences-Thermal Commission, 2003; *Journal of Thermal Biology* 28, 75-106

Kratka biografija:



Andela Jovanović rođena je u Novom Sadu 1999. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Arhitektura – Arhitektonska vizualizacija i simulacije - Povećanje insolacije fasada tokom zimskog perioda primenom parametarskog modelovanja odbranila je 2023. god. kontakt: jovanovic.andela99@gmail.com