

DIZAJN I OPTIMIZACIJA FASADE OBJEKTA RADNIČKOG UNIVERZITETA SA ASPEKTA SOLARNE IRADIJACIJE U CILJU POSTIZANJA UNUTRAŠNJEG TERMALNOG KOMFORA**DESIGN AND OPTIMISATION OF FACADE RADNIČKI'S UNIVERSITY FROM ASPECT OF SOLAR IRADIATION IN ORDER TO ACHIEVE INTERNAL THERMAL COMFORT**Jelena Panić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – AHITEKTURA**

Kratak sadržaj – Na fasadi Radničkog univerziteta ispitivan je dizajn fasade preko količine sunčevog zračenja koje padne na površinu fasade i definisano je najbolje rešenje sa pomenutog aspekta i standardnih arhitektonskih parametara, zatim je ispitivano da li ovakvim dizajnom može da se postigne optimalni unutrašnji termalni komfor.

Ključne reči: Radnički univerzitet, solarna iradijacija, unutrašnji termalni komfor, dizajn, fasada

Abstract – Design of facade of Radnički's university was examined via quantity of solar radiation that falls on surface of the facade, and best solution from previously mentioned aspect was defined, then it was examined if optimal internal comfort can be achieved using this design.

Keywords: Radnički's university, solar irradiation, internal thermal comfort, design, facade

1. UVOD

Strukture koje troše najviše energije poseduju najveći potencijal za uštedu energije i očuvanje životne sredine. Proteklih decenija javlja se rastuća potreba za energijom i ujedno dolazi do velikog trošenja prirodnih resursa, što je podstaklo da se pažljivije razmisli o trošenju i korišćenju energije. Spoljašnji omotač arhitektonskih objekta, kao jedan od faktora koji najviše doprinosi očuvanju energije, takođe predstavlja jedan od bitnijih parametara za postizanje komfora unutar objekta.

Nivo termalne senzacije osoba koje su direktno izložene klimatskim uslovima u nekom prostoru je jedan od faktora koji utiče na komfor prostora [1]. Sa razvitkom tehnologije i povećanjem potrebe da se maksimalno uštedi energija dolazi do razvijanja mogućnosti da se dizajn fasada optimizuje i unapredi tako da zadovolji ove potrebe. Tema dizajna i optimizacije fasadnog omotača u cilju uštede energije je ono čime se bavi ovaj rad.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Bojan Tepavčević, vanr. prof.

1.1. Oblast i tema istraživanja

Predmet i oblast ovog istraživanja je ispitivanje dizajna fasade preko količine sunčevog zračenja koje padne na površinu fasade u toku letnjeg i zimskog perioda - solarna iradijacija [2], i definisanje optimalnog rešenja fasade iz pomenutog aspekta i standardnih arhitektonskih parametara (konstrukcija, fabrikacija, estetika, itd). Težnja je da se ovim dizajnom omogući optimalni unutrašnji termalni komfor i da dođe do uštede energije unutar objekta. Primer na kom će se vršiti ispitivanje je objekat i fasadno platno bivšeg Radničkog univerziteta.

1.2. Problem i značaj istraživanja

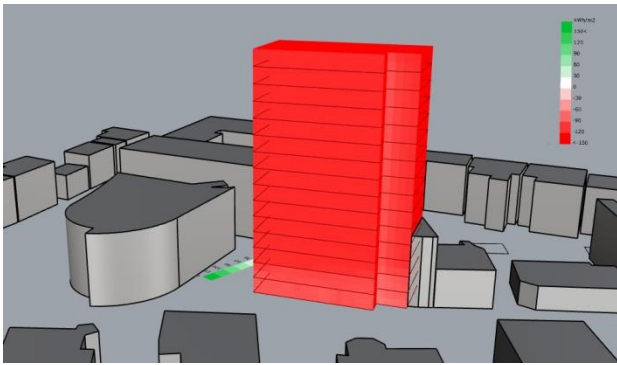
Danas ljudi provode sve više vremena unutra, gde se zahteva određeni nivo termalnog komfora koji omogućava lagodnost i efikasnost. I dok ekstremne temperature mogu biti fatalne, čak i male promene u klimi mogu da uzrokuju nelagodnost. Koncentracija, produktivnost, uzrokovanje nezgoda, spretnost i promene raspoloženja su uzrok visokih ili niskih temperatura [3]. Osnovni principi iza termalnog komfora su univerzalni, ali termalna osetljivost varira od čoveka do čoveka. Problem ovog istraživanja je tema oblikovanja i optimizacije fasade primenom analize solarne iradijacije, koja će omogućiti unutrašnji termalni komfor, a samim tim i uštedu energije.

2. DIZAJN I OPTIMIZACIJA FASADE**2.1. Informacije o objektu i lokaciji**

Radnički univerzitet je objekat lociran u neposrednoj blizini centra Novog Sada, i predstavlja neku vrstu urbanog repera grada. Ovaj objekat je potpuno izgubio svoj prvobitni izgled i funkciju u požaru koji je desio 6. aprila 2000. godine. Od Radničkog univerziteta je ostala samo skeletna konstrukcija, a on se na ovoj lokaciji nalazi već 20 godina bez fasade. Radnički univerzitet za koji se radi dizajn fasade lociran je u ulici Vojvođanskih brigada 7 u Novom Sadu. Ima visinu od 52,15m i predstavlja najviši objekat svog urbanističkog bloka, te je veoma izložen uslovima solarne iradijacije.

2.2. Gabarit fasade - formiranje oblika erkera

Korišćenjem algoritma koji primenjuje principe solarne iradijacije na postojeći izgled objekta, dolazi se do rezultata prikazanih na slici 1.



Slika 1. Analiza solarne iradijacije postojećeg stanja

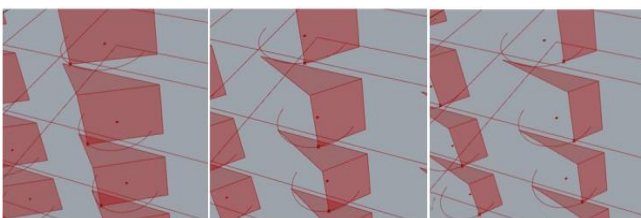
Kao dominantni problem predstavlja količina osunčanosti u letnjem periodu, jer je u pitanju južna fasada. Prvobitno pitanje koje se postavlja prilikom formiranja ispusta - erкера jeste: koji je optimalni oblik za njihovo formiranje, i gde ih postaviti na fasadi.

Rešenje se oslanja na postojeću konstrukciju objekta, te je unapred određena maksimalna visina - zbog spratne visine objekta, i maksimalna širina koja je dozvoljena - zbog rasporeda stubova koji formiraju konstrukciju objekta.

Kada se uzme u obzir da je ovo prostor koji bi se rekonstrukcijom fasade ponovo mogao koristiti kao prostor fakulteta u vidu učionica, čitaonica i slično, ideja za sto većim izvorom prirodnog osvetljenja nam diktira formiranje što većih otvora, a samim tim i visinu parapeta. Dakle, javljaju se već fiksne tačke za formiranje erкера, i to one koje definišu njegovu širinu i visinu.

Na osnovu ispitivanja genetskim algoritmom dobijaju se bolji rezultati u slučaju gde je ostavljena gornja i bočna strana i da položaj erкера koji kompletno ne blokira vizuru naginje na desnu stranu, te je na osnovu ovoga odlučeno da se dalja ispitivanja rade sa gornjom i desnom stranom erкера.

Preostali parametar za finalno formiranje oblika erкера je dužina parapeta i položaj njegove najisturenije tačke u odnosu na fasadu. Položaj tačke je formiran tako što je u ravan fasade na središte otvora postavljen luk koji ima radijus maksimalnog ispusta. Tako se omogućava kretanje treće stranice po luku i njeno zaklapanje određenog ugla sa fasadom prikazanom u slici 2.



Slika 2. Različite opcije formiranja erкера za stvaranje različitih zasenčenja

Kako bi se našao najbolji oblik rađene su serije ispitivanja koje su nas dovele do konačnog rešenja:

a) Situacija kada svi erkeri imaju iste karakteristike

U ovom slučaju radi se serija ispitivanja preko simulacija solarne iradijacije kako bi se našao najbolji ugao i prepust. Rezultati ovog ispitivanja su prikazani u tabeli 1.

Tabela 1. Rezultati analize solarne iradijacije

	prosečna vrednost solarne iradijacije celog objekta u kwh/m ²		
prepust od >	50cm	100cm	150cm
ugao rotacije erкера			
0°	-154,48		
30°	-139,33	-131,54	-127,82
45°	-137,23	-131,07	-127,63
60°	-133,99	-131,06	-127,58
90°	-137,34	-133,08	-130,28
120°	-140,72	-137,06	-134,11
135°	-142,91	-139,88	-138,25

napomena: 0 je prvobitno stanje, tj. postojeće stanje bez erкера.

Na osnovu tabele zaključuje se da je položaj erкера sa ispustom od 150cm i uglom rotacije od 60° najbolji. Uočava se razlika u rastu parametara i rezultata svuda osim kod ugla 60° i ispusta od 50cm, gde rešenje za ispušt ne odgovara prethodnom zaključku. Tako se dolazi do zaključka da bi svaki erker trebalo zasebno analizirati, jer pored njihovih uticaja, u ukupnoj vrednosti solarne iradijacije učestvuju i zasenčenja od okolnih objekata i tako dolazimo do situacije b.

b) Situacija kada erkeri imaju različite karakteristike

Uzimajući da postoji velik broj parametara i da svaki parametar ima velik opseg vrednosti, broj kombinacija koji može da postoji za modelovanje ovakve fasade je ogroman. Procedura bi zahtevala promenu vrednosti jednog parametra, vršenje simulacija i beleženje relevantnih podataka, nakon čega bi se pristupilo promeni vrednosti istog ili ostalih parametara. Kako bi se izbegla ovakva vremenski zahtevna procedura, korišćeni su genetski algoritmi. Primenom genetskih algoritama dobijena je nova forma fasade. Uslov koji je korišćen prilikom odabira vrednosti je da da solarna iradijacija celog objekta teži što pozitivnijoj vrednosti tako što će se izvršiti modifikacije same fasade koja je predmet ovog rada.

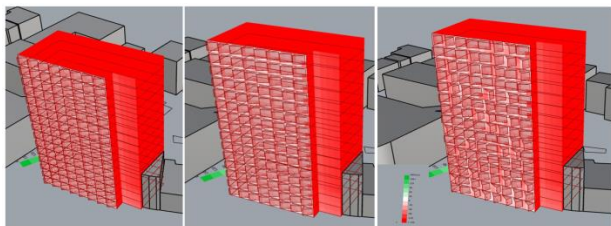
Na osnovu prethodne analize zaključeno je da je najbolji ispušt od 150cm (do te dimenzije može da se ide konzolno), pa se on zadržava, a ugao rotacije se zadržava između 30° i 135° kao i u prethodnoj situaciji. Rezultat ove analize je umanjenje za 127,64kwh/m².

c) Situacija analize preko multiparametarske optimizacije

Na osnovu poslednjih rezultata vidi se da genetski algoritam, Galapagos, daje rešenja koja mogu predstavljati problem sa blokiranjem vizura, te se zbog toga uvodi i to kao parametar. Kao parametar za vizure se stavlja da zrak Sunca dopire do sredine zapremine erкера. Na taj način će uvek prostoriji biti svetla, a Sunce ne mora da ima direktan kontakt sa prozorom, tj. omogućava se da on ostane u senci.

Rezultat ove analize je umanjenje za 129,5 kwh/m². Na osnovu rezultata primeti se da je rezultat solarne iradijacije lošiji po vrednosti u odnosu na situaciju b, ali u koliko se uzme u obzir da je ovaj primer i optimizovan na vizure, ta razlika u vrednosti je razumljiva i opravdana. Ovde se javlja parametar maksimizacije broja upada sunčevih zraka do sredine zapremine erкера i pored do sad rađene analize.

Na osnovu obrazloženog dolazi se do tri različita rešenja. Kod rešenja a) dobija se potpuno ujednačena fasada. Njegova vrednost je ispitivana samo na određene uglove, te bi se očitavanjem najviše puta ponovljenog ugla rezultata iz rešenja b) moglo dobiti bolje optimizovano rešenje. U rešenju b) se primeti prilično ujednačena fasada, sa sitnim izmenama u uglovima pojedinih erkera kako bi se dobio optimalni rezultat. Ovo rešenje fasade nije potpuno ujednačeno sa izgledom erkera, ali sa etetske strane je prihvatljivo i nudi najbolje rešenje sa aspekta solarne iradijacije, što je i bio cilj ovog projekta. Rešenje c) je najneujednačenije rešenje, ima najlošiju vrednost solarne iradijacije, ali svakako poboljšanu u odnosu na početno rešenje. Ono nudi opciju koja rezultira poboljšanjem kvaliteta boravka u tom prostoru putem vizura što nijedno prethodno rešenje ne pruža.



Slika 3. Rešenja a), b) i c) redom

3. PROVERA OBJEKTA NA TERMALNI KOMFOR

Nakon dobijanja rezultata za različite scenarije optimizacije sa aspekta solarne iradijacije sledeći korak je proveriti ta rešenja na termalni komfor u toku cele godine. Najbolji način za proveru termalnog komfora predstavlja provera preko UTCI (UniversalThermalClimateIndex). Ova vrednost se izražava u °C i predstavlja temperaturu koju ljudsko telo doživljava u svom okruženju, bez obzira na stvarnu temperaturu u tom prostoru. Prilikom razmatranja i formiranja ove temperature u proračun se uzima vrednost solarne iradijacije, relativna vlažnost prostora i provetrenost prostora i ubacuje ih u simulator ljudskog metabolizma koji tako daje temperaturnu vrednost termalne senzacije čoveka.

Dakle, faktor koji u velikoj meri utiče na termalnu senzaciju čoveka je solarna iradijacija, a to je vrednost koja se optimizovala u ovom radu, i na osnovu toga trebalo bi da se formiraju zadovoljavajući rezultati.

Mora se uzeti u obzir da metabolizam svakog čoveka drugačije reaguje na termalne uslove, i da istu vrednost UTCI određeni pojedinci mogu da smatraju ugodnom, a drugi neugodnom. Prosečna vrednost koja se uzima u ovom slučaju kao ugodna, odnosno kada pojedinac ne doživljava termalni stres, jeste kada je UTCI između 9 °C i 26 °C.

Ova vrednost se izražava u °C i predstavlja temperaturu koju ljudsko telo doživljava u svom okruženju, bez obzira na stvarnu temperaturu u tom prostoru. Prilikom razmatranja i formiranja ove temperature u proračun se uzima vrednost solarne iradijacije, relativna vlažnost prostora i provetrenost prostora i ubacuje ih u simulator ljudskog metabolizma koji tako daje temperaturnu vrednost termalne senzacije čoveka.

Sva tri dobijena rešenja su testirana na termalni komfor u toku cele godine, svaki dan u periodu između 7h i 20h,

kao u periodu korišćenja objekta, a zatim je na osnovu svih rezultata UTCI u toku cele godine formirana vrednost prosečne temperature unutar prostora. Vršeno je i ispitivanje da li je temperatura u zoni komfora, odnosno između 9 °C i 26 °C i izvučena je prosečna vrednost i za te rezultate, gde je 0 vrednost rezultata u koliko ne ispunjava uslove a 1 ukoliko ispunjava.

Prosečna vrednost temperature u toku cele godine koja iznosi oko 10 °C za sva tri rešenja može se smatrati pogodnom jer ulazi u okvir vrednosti koje se smatraju ugodnim. Na osnovu druge kolone tabele 2, vidi da za više od pola godine rezultati UTCI daju temperature koja ne izazivaju termalni stres, i to bez uključivanja ikakvih ventilacionih sistema za grejanje i hlađenje prostora.

Tabela 2. Rezultati ispitivanja termalnog komfora

	prosečna vrednost UTCI u toku cele godine u °C	prosečna vrednost da li je UTCI između 9 i 26 °C
a) situacija kada svi erkera imaju iste karakteristike	10,1256	0,6080
b) Situacija kada erkera imaju različite karakteristike	10,1044	0,6075
c) Situacija analize preko multiparametarske optimizacije	10,1403	0,6074

4. MATERIJALIZACIJA

S obzirom na rezultate solarne iradijacije, gde vidi se da je fasada orijentisana na jug i izložena pretežno uticajima "negativnog" letnjeg sunca, potreban je materijal sa visokom termalnom inercijom, kako bi enterijer ostao hladinji duži period. Najbolje bi bilo upotrebiti beton, zbog svoje široke primene, lake ugradnje i zbog toga što je veštački materijal pa mu se svojstva mogu lakše korigovati. Iz istog razloga najbolje je upotrebiti ga i za izradu erkera/shadera, jer su one konstrukcije koje bi visile konzolno u odnosu na fasadu, pa se preporučuje korekcija svojstava betona kako bi njihova težina bila što manja. Kao dodatak ovoj materijalizaciji preporučuje se primena solarno reflektivne farbe i upotreba boja koje ne privlače toplotu, pa je ideja da fasada bude bele boje.

Ključnu ulogu igra i odabir materijala za staklene površi. Ovo su najkritičnija mesta na fasadi za prenos toplote, te se prilikom postavljanja staklenih površina predlaže i primena glaziranja i korišćenja specijalnih izolacionih premaza. Postavljanje erkera/shadera koji su rotirani tako da najbolje blokiraju Sunce i njegovo zračenje u toku cele godine, predstavlja ujedno i najbolje moguće mesto za postavljanje solarnih panela koji će upijati svu solarnu iradijaciju i pretvarati je u električnu energiju koju će ovaj objekat moći da koristi. Ukoliko se gornja površina erkera/shadera ne iskoristi za postavljanje solarnih panela, moguća je primena postavljanja neprohodnih zelenih površina, jer biljke i njihovo zemljište imaju izuzetne termoizolacione sposobnosti. Predlog izgleda fasade prikazan je u slici 4.



Slika 4. Konačno rešenje fasade Radinčkog univerziteta

5. ZAKLJUČAK

Arhitektura danas se menja u skladu sa potrebama korisnika, a u današnjem vremenu nalazimo na dosta neadekvatnih rešenja. Ubacivanjem optimizacije u sam proces dizajniranja fasade, a ne u naknadne popravke postojećeg rešenja donosi nam znatno veće mogućnosti i bolje rezultate.

Formirana je optimizovana fasada iz aspekta solarne iradijacije sa više rešenja od kojih je izabrano najbolje za datu lokaciju i uslove okruženja. Sama solarna iradijacija je značajan faktor za formiranje unutrašnjeg termalnog komfora objekta, te optimizacijom fasade iz aspekta solarne iradijacije optimizujemo i sam termalni komfor, što je vidno i preko rezultata. Dakle, finalni rezultat je fasada sa formiranim erkerima, gde je svaki okrenut pod optimalnim uglom za svoj položaj tako da zadovoljava uslove solarne iradijacije fasade i otvara vizure.

Takva fasada poboljšava unutrašnji termalni komfor koji omogućava boravak u prostoru bez termalnog stresa i korišćenja dodatnih sistema ventilacije za period koji obuhvata više od pola godine. Primenom adekvatnih materijala i postavljanja solarnih panela može se dodatno povećati ušteda energije.

6. LITERATURA

- [1] Bajšanski Ivana, "Algotizam za poboljšanje termalnog komfora u urbanoj sredini", Novi Sad, 2016.
- [2] <https://www.solarnipaneli.org/2010/09/iradijacija-i-insolacija/> (pristupljeno u aprilu 2019.)
- [3] <https://www.archdaily.com/908320/how-to-design-for-optimal-thermal-comfort-and-why-it-matters> (pristupljeno u junu 2019.)

Kratka biografija:



Jelena Panić rođena je u Novom Sadu 1994. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Digitalne tehnike, dizajn i produkcija odbranila je je 2020.god. kontakt: jelena.panic@hotmail.co.uk