

Termalni komfor na gradskom trgu građenom u drugoj polovini 20. veka: na primeru Niša i Leskovca

Aleksandra Đukić¹, Jelena Đekić^{2*}, Petar Mitković²

¹Univerzitet u Beogradu, Arhitektonski fakultet, Beograd, Srbija

²Univerzitet u Nišu, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Niš, Srbija
adjkuc@rcub.bg.ac.rs, *jelena_djuric@gmail.com, petar.mitkovic@gaf.ni.ac.rs

Sažetak—Otvoreni javni gradski prostori su veoma značajani jer se na njima odvijaju svakodnevne aktivnosti i ostvaruju socijalni kontakti stanovnika. Intenzitet korišćenja javnih prostora zavisi od kvaliteta, prvenstveno od komfora. Klimatski uslovi i inkluzivni urbani dizajn utiču na mikroklimatske uslove otvorenih prostora-termalni komfor, a samim tim i na intenzitet korišćenja prostora. U radu se vrši analiza uticaja fizičkih osobina trga na termalni komfor i korišćenje prostora. Za potrebe rada analizirana su dva trga, jedan u Nišu i jedan u Leskovcu, izgrađena u drugoj polovini 20. veka. Metode korišćene u radu uključuju: analizu fizičkih karakteristika prostora, opservaciju i anketiranje korisnika prostora i simulaciju termalnog komfora korišćenjem softvera RayMan. Posmatranje aktivnosti u prostoru i anketiranje korisnika prostora vršeno je u toku letnjih meseci 2016. godine. Rezultati istraživanja pokazuju da termalni komfor otvorenih prostora u velikoj meri zavisi od fizičkih karakteristika prostora kao što su: oblik, dimenzije, materijalizacija, prisustvo zelenila, vrste zelenila, visina objekata po obodu i dr.

Ključne riječi— termalni komfor; gradski trg; urbani dizajn; Niš, Leskovac, Srbija.

I. UVOD

Otvoreni prostori imaju veoma značajnu ulogu u održivosti gradova jer oni prihvataju pešački saobraćaj i različite vrste aktivnosti na otvorenom i doprinose životnosti i vitalnosti gradova. Termalni komfor ili udobnost otvorenih prostora podrazumeva „pozitivne emocionalne reakcije na spoljašnje okruženje (šetalište) u različitim situacijama, uključujući fizičke, socijalne i psihološke reakcije“, dok „osećaj i stepen komfora zavise od okruženja, situacije i pojedinca“ [1]. Klima je najuticajniji faktor koji određuje nivo udobnosti ili komfora otvorenih javnih prostora. Odnos između urbanističkih parametara i termičkog komfora pešaka bio je predmet mnogih studija [2]-[4], kao i uticaj strategija urbanog dizajna na količinu primljenog solarnog zračenja i njegov uticaj na toplotni komfor pešaka [5]. Prethodna istraživanja su pokazala da temperatura vazduha ima najveći uticaj na ukupni termalni komfor pešaka [6]. Međutim često se dešava da se u dizajnu novih i renoviranju postojećih javnih površina ne uzimaju u obzir klimatski faktori. Ovakav pristup za rezultat ima stvaranje prostora koji nisu prijatni za boravak i aktivnosti, već se koriste samo kao tranzitne zone.

Gradski trgovi su otvoreni javni prostori okruženi zgradama i drugim objektima. Njihova funkcija je od davnina okupljanje ljudi i „gradski život“ i shodno tome odražavaju

identitet i kulturnu pozadinu gradova. Levi navodi da je glavna razlika između parka i trga to što „na trgu građani nisu povezani sa manifestacijama prirode, već sa srcem urbane kulture, istorije i sećanja“ [7]. Kako se gradovi u fizičkom smislu sastoje od masa i praznina, trgovi imaju značajnu ulogu u kontekstu odnosa izgrađenog i neizgrađenog prostora.

Fizičke karakteristike trga izgrađenog u drugoj polovini 20. veka su: znatno veća površina trga u odnosu na trgove iz prethodnih perioda (i do pet puta veće površine), heterogenost objekata po obodu trga (u smislu vertikalne i horizontalne regulacije, kao i zbijenosti), materijalizacija je često promenjena zbog promene funkcije (pešački trgovi su transformisani ili planirani kao parking prostori, što je rezultovalo upotrebu asfalta kao podloge) i minimalan procenat zelenila (osim u slučaju kada je trg deo parka) (Sl.1).



Sl. 1. Izgled Trga oslobođenja (danas Trg kralja Milana) u Nišu 1980-ih godina

Da bi trgovi ostvarili svoju funkciju - mesto okupljanja i zadržavanja, mikroklimatski uslovi na trgovima moraju biti prihvatljivi za korisnike.

Srbija pripada podregiji jugoistočne Evrope gde se predviđa veće povećanje temperature u poređenju sa globalnim nivoom. Istraživanja su pokazala da je u prošlom veku i u Srbiji došlo do povećanja temperature i da je u poslednje dve decenije bilo 14 godina sa temperaturama iznad normalnih zabeleženih u periodu od 1960. do 1985. godine. Tri godine su označene kao izrazito toplije, dok je godina 2000. bila je najtoplija u prethodnom veku. Do kraja 21. veka taj porast će biti od 2,2 do 5,1 °C, posebno tokom letnjih

meseci [8], [9]. Prema projekcijama Climate Central-a gradovi sa najvišim predviđenim povećanjem temperature do 2100. su Beograd, Sofija i Skoplje [10]. Stoga je neophodno analizirati postojeće stanje i mogućnosti unapređenja javnih otvorenih prostora, kako bi se oni učinili prijatnijim za boravak u uslovima sve izraženijih klimatskih promena.

Rad se bavi analizom termalnog komfora dva trga izgrađena u drugoj polovini 20. veka, od kojih se jedan nalazi u Nišu, a drugi u Leskovcu. Rad se sastoji od tri dela: analiza fizičkih karakteristika trgova, posmatranje aktivnosti i anketiranje korisnika prostora i simulacija toplotnog komfora.

II. METODOLOGIJA

Ranija istraživanja su pokazala da je temperatura vazduha najuticajniji faktor kada se radi o termalnom komforu otvorenih prostora [11], [12]. Takođe je utvrđeno da je temperatura vazduha iznad travnatih površina niža od temperature iznad popločanih površina, kao i da postoji primetna razlika u temperaturi iznad različitih popločanja. Pored toga, zasenčenje od okolnih objekata i drveća igra značajnu ulogu u poboljšanju mikroklimatskih uslova otvorenih prostora [11], [13]. U letnjim mesecima kada su temperature vazduha više i osunčanost veća, ljudi radije borave u hladu nego na suncu [14], [15]. Odnos dimenzija trga i okolnih objekata, kao i prisustvo visokog zelenila, određuju zasenčenost trga, što je naročito bitno u letnjem periodu kada se otvoreni prostori intenzivno koriste, a vrednosti temperature vazduha i osunčanosti su najviše.

Prvi deo istraživanja obuhvata analizu fizičkih karakteristika dva izabrana trga kao što su: oblik i dimenzije trga, položaj i visina okolnih objekata, prisustvo visokog zelenila i prisustvo travnatih i vodenih površina na trgu.

Parametri koji utiču na termalni komfor mogu se podeliti na objektivna i subjektivna [16]. Klimatski, psihološki (termoregulacija) i lični parametri su objektivni, dok druga grupa psiholoških parametara (preferencija, tolerancija, prihvatljivost, motivacija i adaptacija) spada u subjektivne parametre. Korisnici prostora biraju prostore koji su udobniji za boravak, ali se i prilagođavaju toplotnim uslovima izborom aktivnosti, odeće i sl.

U drugom delu istraživanja fokus je na ličnim parametrima (starost, pol, nivo odeće, aktivnosti korisnika i pozicija na trgu, konzumiranje pića i izlaganje suncu) i subjektivnom doživljaju termalnog komfora. Posmatranje i ispitivanje korisnika vršeno je u julu 2016. godine na izabranim trgovima u Nišu i Leskovcu. Korisnici su ispitivani na odabranim tačkama sa različitim materijalizacijom i različitim stepenom izloženosti suncu i hladu i vegetaciji. Uputnik je obuhvatao šest pitanja vezanih za: starost, pol, toplotni komfor u senci i na suncu, toplotni komfor u različitim tačkama trga. Ispitanicima su ponuđena tri moguća odgovora na skali toplotne senzacije: topli i neprijatni, topli i blago neprijatni i udobni. Istraživanje je takođe obuhvatilo i posmatranje korisnika u pogledu: nivoa odeće, analize potrošnje pića i nivoa aktivnosti korisnika (stajanje, lagano hodanje, umereno hodanje i brzo hodanje).

Pešački toplotni komfor se može razumeti i izračunavanjem fiziološki ekvivalentne temperature (PET) pomoću modela RaiMan [17], [18]. Ovaj model izračunava PET na osnovu šest parametara datih za određeno vreme i lokaciju. Parametri uključuju četiri meteorološka i dva termofiziološka parametra: temperatura vazduha (°C), srednja temperatura vazduha (°C), brzina vetra (ms⁻¹), relativna vlažnost vazduha (%), toplotna otpornost odeće (Clo) i nivo aktivnosti ljudi (V) [18]. Vrednosti prikazane u Tabeli I predstavljaju normalnu osobu koja hoda u letnjoj odeći u simuliranom javnom prostoru. Na osnovu unetih podataka program izračunava parametre prostora koji uključuju: stvarno globalno zračenje, stvarno direktno zračenje, stvarno difuzno zračenje, temperaturu površine, temperaturu vazduha, srednju izračenu temperaturu površine; i parametre koji se odnose na termalni komfor korisnika kao što su: fiziološki ekvivalentna temperatura (PET), standardna efektivna temperatura (SET) i predviđena srednja vrednost (PMV indeks). Vrednosti za PET se kreću od <4°C - veoma hladno, do >40°C - veoma vruće. Neutralnim, toplotno udobnim se smatraju vrednosti od 18-23°C. Simulacija toplotnog komfora i procena varijantnih rešenja već se primenjuje u novim projektima dizajna otvorenih javnih prostora u zemljama sa mediteranskom klimom (Grčka) i korisnici prostora uočavaju efekte ovakvog dizajna [19].

Simulacija termalnog komfora vršena je za dve tačke na Trgu kralja Milana i dve tačke na trgu u Leskovcu. Na Trgu kralja Milana, simulacija je izvršena za tačku koja se nalazi u središtu gradskog trga i izložena je sunčevom zračenju skoro tokom čitavog dana, dok je druga tačka smeštena ispod krošnje drveta i zasenčena od 08:00 do 16:00. Na trgu u Leskovcu tačke su izabrane tako da se jedna nalazi na glavnoj pešačkoj komunikaciji kroz parkovski deo (zelenu površinu u levom delu trga) dok se druga tačka nalazi na popločanoj površini, na parking u ispred nekadašnje robne kuće „Beograd“.

TABELA I. VREDNOSTI KORIŠĆENE ZA SIMULACIJU TERMALNOG KOMFORA [18]

| | |
|-----------------------------------|--|
| Aktivnost | 80 W (hodanje) |
| Lični podaci | 1.75m (visina), 75 kg, 35 godina, muškarac |
| Izolacija (odeća) | 0.5 Clo (letnja odeća) |
| Koeficijent emisije ljudskog tela | Standardna vrednost 0.97 |

III. PRIKAZ POSMATRANOG PODRUČJA

Grad Niš se nalazi u Niškoj kotlini, na 43° 19' severne geografske širine i 21° 54' istočne geografske dužine. Centar grada nalazi se na 194 m nadmorske visine. Niš ima umerenu kontinentalnu klimu sa srednjom godišnjom temperaturom od 11,4 °C. Najtopliji mesec je jul, sa srednjom temperaturom od 21,3 °C, a najhladniji je januar sa srednjom temperaturom od 0,2 °C. Grad Niš je treći po veličini grad u Srbiji i regionalni centar južne Srbije. Njegova važnost dodatno se povećava razvojem međunarodnog aerodroma čestim međunarodnim letovima, što doprinosi povećanom broju posetilaca i turista. Leskovac se nalazi na 42°52' severne geografske širine i

21°57' istočne geografske dužine, u središtu leskovačke kotline, dugačke 50 i široke 45 km, koju uokviruju planine Babička gora (1,095 m), Seličevica (903 m) i Kruševica (913 m). Na zapadnom obodu kotline su planine Radan (1,409 m) i Pasjača, a na jugu Čemernik (1,638 m) i Kukavica. Topografski, grad Leskovac karakteriše ravničarski teren koji blago pada ka severoistoku. Nadmorska visina kotline kreće se od 210 do 240 m, a grad leži na oko 230 m n.v. Klima Leskovca je umereno-kontinentalna, karakterišu je umereno topla leta i umereno hladne zime, kao i dva prelazna perioda, proleće i jesen. Prosečna godišnja osunčanost za područje Leskovca iznosi 2,084h, pri čemu je maksimalna osunčanost u julu oko 313 sati, a najmanja osunčanost je u decembru oko 54h.

IV. REZULTATI

A. Poređenje fizičkih karakteristika

Trg u Leskovcu i trg u Nišu sagrađeni su u istom periodu, 1960-ih godina. Oba trga su pravilnog oblika, površine oko 0.9 ha. U Tabeli II dat je uporedni prikaz fizičkih karakteristika ova dva trga.

Trg u Leskovcu

Trg u Leskovcu je originalno izgrađen krajem 1960-ih godina, nakon transformacije tradicionalnog planiranja u principe modernog urbanizma. Tokom narednih 50 godina trg je bio predmet brojnih prilagođavanja i promena funkcije i materijalizacije. Lokacija je narušena neplaniranim intervencijama, nedostatkom održavanja i velikim parking prostorom (Sl. 2). Predmetni trg predstavlja centar Leskovca-fokus svih događaja i susreta, ali ovako uređen prostor nije pogodan za okupljanje ljudi, kulturne manifestacije i sl. što je osnovna funkcija trga.



Sl. 2. Trg – centralna zona u Leskovcu

Severna granica trga je Bulevar oslobođenja. Dijagonalna ulica, koja je presećala područje, 1983. godine je pretvorena u pešačku trasu. Trg je skoro kvadratnog oblika (odnos stranica 1:1.2) uglavnom okružen zgradama koje su izgrađene u modernističkom stilu pre šest decenija. Sa istočne strane to su zgrada nekadašnje robne kuće „Beograd“, poslovni centar i zgrada Sindikata spratnosti P+3 do P+4, dok se sa zapadne strane nalazi poslovna zgrada spratnosti P+1 i hotel spratnosti P+3. Objekti niže spratnosti na istočnoj i zapadnoj strani trga, stvaraju kraće senke i nedovoljnu zasenčenost trga, naročito njegovog centralnog dela, u letnjim mesecima. Sa južne strane trg se oslanja na gradski park.

Površina trga iznosi oko 0.9 ha, od čega zelene površine zauzimaju 0.36 ha (oko 40% površine trga), parking prostor 0.26 ha, a ostatak prostora čine pešačke staze. Pešačke staze popločane su granitnim kockama dok su trotoari popločani behaton pločama. Zelena površina nalazi se na levoj polovini trga, dok na prostoru parkinga nema zelenih površina i visokog zelenila. Visoko zelenilo prisutno je u jugozapadnom delu zelene površine, po južnom obodu trga u okviru parka koji se nadovezuje na trg i u vidu drvoreda duž Bulevara oslobođenja.

TABELA II. UPOREDNI PRIKAZ FIZIČKIH KARAKTERISTIKA TRGOVA

| | Trg u Leskovcu | Trg kralja Milana u Nišu |
|----------------------------|---------------------------------|--------------------------|
| Površina (ha) | ~0.9 | ~0.9 |
| Odnos dimenzija trga | 1:1.2 | 1:2 |
| Udeo zelenih površina (%) | 40 | 30 |
| Materijalizacija | Asfalt, granitne kocke, behaton | Granitne ploče, behaton |
| Spratnost okolnih objekata | P+3 – P+4 | P+1 – P+16 |

Trg kralja Milana u Nišu

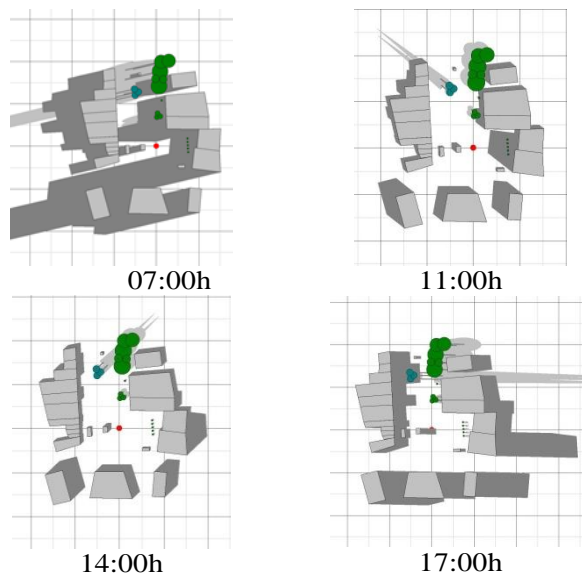
Današnji oblik Trg kralja Milana je počeo da dobija nakon oslobođenja od Turaka 1878. Tada se počinje sa gradnjom spratnih kuća na zapadnoj strani trga, koje su očuvane do danas i zaštićene kao spomenik kulture (Grupa zgrada koje čine nedeljivu celinu na Trgu Oslobođenja, potes od ugla sa Ul. Stanka Paunovića do Keja Živote Đošića). Istočna strana trga rekonstruisana je posle Drugog svetskog rata, 1959-60. godine, kada je uklonjen ostatak starog niza niskih zanatskih radnji i kafana, a potom izgrađen hotel Ambasador i zgrada restorana Central. 1990. godine raspisan je konkurs za uređenje Trga oslobođenja (Trg kralja Milana) i Pobedine ulice. Prva faza izgradnje završena je 1995. godine na osnovu prvonagrađenog rešenja Branislava Jovina i Siniše Temerinskog. Nakon rekonstrukcije 1995. godine Trg kralja Milana dobija potpuno popločan južni deo namenjen pešacima a zadržava se zelena površina prema severu. Kasnijim izmenama, parking na zapadnoj strani (Sl. 3) se ukida i takođe pretvara u pešačku površinu.



Sl. 3. Trg kralja Milana u Nišu

Trg ima oblik latiničnog slova L. Južna granica trga je ulica Vožda Karađorđa-glavni saobraćajni pravac u gradu i nekadašnja robna kuća Beograd. Sa istočne strane se nalazi hotel Ambassador spratnosti P+16 i zgrade javne namene spratnosti P+2 do P+4. Zapadnu granicu trga čini niz zgrada spratnosti P+1 do P+4+Pk. Površina trga iznosi oko 0.9 ha i može se podeliti na dva dela- južni i severni. Južni deo trga sa fontanom i spomenikom, oslanja se na ulicu Vožda Karađorđa i u potpunosti je popločan granitnim pločama prema rešenju iz konkursa. Prema severu se nadovezuje drugi deo trga sa centralno postavljenom zelenom površinom, bočnim pešačkim stazama i zelenom površinom ispred objekata na istočnoj granici trga. Ovaj deo trga izveden je 2009. godine kao druga faza izgradnje prema konkursnom rešenju. Umesto granitnih, primenjene su betonske (behaton) ploče na način koji dopunjuje boje i geometriju ranije izvedenog dela. Zelene površine zauzimaju oko 0.25 ha površine trga, dok je ostala površina trga popločana.

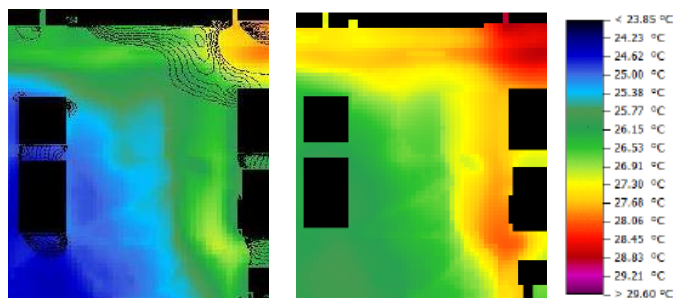
Objekti veće spratnosti i visoko zelenilo nalaze se na istočnoj strani trga i obezbeđuju zasenčenost trga u prepodnevni satima. Na zapadnoj strani trga nalaze se objekti niže spratnosti koji uslovljavaju kraće senke i nedovoljnu zasenčenost trga u popodnevni satima (Sl. 4). Pored toga, u južnom delu trga objekti su postavljeni po kraćim stranama tako da središnji deo trga u popodnevni satima ostaje u potpunosti izložen suncu. Na ovom delu trga nema zelenih površina i visokog zelenila, a popločanje je od mermernih ploča koje su se pokazale kao jedan od najtoplijih materijala u letnjim mesecima [20]. U severnom, izduženom delu trga, objekti su postavljeni po dužoj strani i obezbeđuju dobru zasenčenost pešačkih prostora. Pored toga, velika zelena površina i visoko zelenilo utiču na snižavanje temperature vazduha i poboljšanje mikroklimatskih uslova.



Sl. 4. Projekcija senki na Trgu kralja Milana u 7h, 11h, 14h i 17h

B. Rezultati simulacije

Simulacija termalnog komfora na Trgu kralja Milana vršena je za dve tačke. Jedna tačka se nalazi u središnjem delu trga i izložena suncu u toku celog dana, a druga je na zelenoj površini i u hladu u toku celog dana. Rezultati simulacije pokazuju značajnu razliku u fiziološki ekvivalentnoj temperaturi (PET) za nezasećene i zasećene prostore. Iako vrednosti PET za obe tačke premašuju 41 °C (ekstremni toplotni stres) u periodu od 11:00 do 17:00, vrednosti PET za zasećenu površinu su oko 5-10 °C niže od vrednosti za osunčanu površinu.



Sl. 5. Simulacija temperature na trgu u Leskovcu u 12h i 14h

Simulacija termalnog komfora za trg u Leskovcu daje slične rezultate. Na slici 5 prikazana je simulacija temperature vazduha na trgu u Leskovcu u 12h i 14h (mesec jul 2016.). Temperatura je prikazana bojom, od plave (najniža temperatura) do crvene (najviša temperatura). Razlika u temperaturi između donjeg levog ugla (ozelenjen deo trga) i gornjeg desnog ugla (popločan deo trga) uočljiva je u oba slučaja i dostiže 3°C. Dobijene vrednosti fiziološki ekvivalentne temperature (PET) slične su vrednostima dobijenim za Trg kralja Milana u Nišu. U najtoplijem periodu u toku dana PET vrednosti su više od 40 °C (ekstremni toplotni stres), ali variraju u zavisnosti od zasenčenosti površine - zasećene površine imaju znatno niže vrednosti

PET od osunčanih. Ovi rezultati pokazuju da su zasenčene površine prijatnije za boravak od nezasenčenih površina.

C. Rezultati ankete

Identifikovani tipovi korisnika na trgu u Nišu bili su: deca (do 15 godina starosti), adolescenti (15-25), odrasli (25-65) i stariji / penzioneri (više od 65 godina). Prema istraživanju, bilo je: 10% dece, 22% adolescenata, 43% odraslih i 25% penzionera. Prve dve grupe tolerisale su veću temperaturu na trgu, dok su se odrasli žalili na toplotne uslove, a stariji su tvrdili da nisu u stanju da se suoče sa termičkim uslovima. Tokom ankete, na trgu je bilo 62% žena i 38% muškaraca. Prema rezultatima, žene su se osećale hladnije od muškaraca. Ispitanicima su ponuđena tri moguća odgovora na skali toplotne senzacije: vruće i neudobno, toplo i blago neprijatno i udobno. 54% muškaraca se osećalo vruće i neudobno, 37% toplo i blago neprijatno i 9% udobno. Istovremeno, 49% žena se osećalo vruće i neudobno, 40% toplo i blago neprijatno i 11% udobno. Što se tiče položaja korisnika na trgu, ispitanici su mogli osetiti razliku između popločanih delova trga i travnatih površina ili delova pored reke Nišave. Pored toga delovi trga koji su bili u hladu bili su udobniji od onih koji su bili više izloženi suncu. 75% ispitanika izjavilo je da se osećaju udobnije u hladovini, dok se 15% oseća neprijatno kako na suncu, tako i u senci. Nije bilo značajnih razlika u nivou odeće među korisnicima, iako je primećeno da su stariji uglavnom nosili više odeće i obično nosili cipele umesto sandala. Većina korisnika prve tri grupe (do 65 godina) nosili su bluže sa kratkim rukavima ili bluže bez rukava, kratke pantalone, suknje, haljine, sandale ili patike, dok je 45% grupe starijih nosilo košulje sa dugim rukavima i bluže, haljine, pantalone, prsluke i cipele. Na trgu je prepoznato nekoliko vrsta aktivnosti korisnika: stajanje, polako hodanje, umereno hodanje i brzo hodanje. Samo 6% korisnika je stajalo u hladovini, niko nije stajao na suncu, 20% je hodalo polako, 60% je hodalo umereno, a 14% je brzo hodalo. Većina ljudi koji su hodali umereno pripadali grupi odraslih.

Kao i u slučaju trga u Nišu, identifikovani tipovi korisnika na trgu u Leskovcu bili su: deca (do 15 godina starosti), adolescenti (15-25), odrasli (25-65) i stariji / penzioneri (više od 65 godina); i to: 8% dece, 20% adolescenata, 42% odraslih i 30% penzionera. Deca i adolescenti su tolerisali veću temperaturu na trgu, 60% odraslih se žalilo na toplotne uslove, dok su stariji tvrdili da nisu u stanju da se suoče sa termičkim uslovima. Tokom ankete, na trgu je bilo 56% žena i 44% muškaraca. Prema rezultatima, žene su se uglavnom osećale isto kao i muškaraci. 40% muškaraca se osećalo vruće i neudobno, 36% toplo i blago neprijatno i 24% udobno. Istovremeno, 45% žena se osećalo vruće i neudobno, 40% toplo i blago neprijatno i 15% udobno. Što se tiče nivoa odeće nije bilo značajnih razlika među korisnicima, iako je primećeno da su stariji uglavnom nosili više odeće. 40% grupe starijih nosilo je košulje sa dugim rukavima i bluže, haljine, pantalone, prsluke i cipele, dok su korisnici prve tri grupe (do 65 godina) uglavnom nosili bluže sa kratkim rukavima ili bluže bez rukava, kratke pantalone, suknje, haljine, sandale ili patike. Rezultati su skoro identični sa rezultatima ispitivanja na trgu u Nišu i kada se radi o položaju korisnika na trgu. Ispitanici su mogli osetiti razliku između popločanih delova trga u odnosu na deo trga koji zapravo predstavlja parkovsku

površinu (travnata površina sa visokim rastinjem). Pored toga 80% ispitanika izjavilo je da se osećaju udobnije u hladovini, dok se 10% oseća neprijatno kako na suncu, tako i u senci. Na trgu je prepoznato nekoliko vrsta aktivnosti korisnika: stajanje, polako hodanje, umereno hodanje i brzo hodanje. 10% korisnika je stajalo (najčešće u parkovskom delu) u hladovini, niko nije stajao na suncu, 16% je hodalo polako, 52% je hodalo umereno, a 22% je brzo hodalo. Većina ljudi koji su hodali umereno pripadali grupi odraslih.

V. DISKUSIJA I ZAKLJUČAK

Rezultati simulacije pokazuju da termalni komfor u velikoj meri zavisi od zasenčenosti površine. Vrednosti fiziološki ekvivalentne temperature (PET) za zasenčeni prostor znatno niže od vrednosti za nezasenčeni prostor. To znači da su zasenčeni prostori komforniji za boravak u toku leta, što su pokazala i ranija istraživanja. Slične rezultate dalo je i posmatranje aktivnosti korisnika i anketiranje. U letnjem periodu na trgu se zadržava veoma mali procenat ljudi (6%, odn. 10%) i to isključivo na mestima koja su u senci, dok većina prolazi trgovom bez zadržavanja. Takođe, uočena je razlika u termalnom komforu kod korisnika u zavisnosti od materijalizacije partera i prisutnosti visokog rastinja (što je takođe utvrđeno u predhodnim istraživanjima). Iako je temperatura vazduha bila gotovo ista, primećeno je da se korisnici osećaju prijatnije u prostorima koji tangiraju park ili u samom parku, što može da ukazuje na psihološke efekte zelenila na korisnike i na njihov termalni komfor.

Upoređivanjem fizičkih karakteristika dva trga može se zaključiti da oblik i dimenzije trga, orijentacija trga i visina okolnih objekata imaju značajnu ulogu u unapređenju toplotnog komfora otvorenog prostora. Trgovi koji imaju izdužen oblik sa objektima po dužim stranama, imaju bolju zasenčenost. Kod prostora kod kojih su objekti postavljeni po kraćim stranama, kao što južni deo Trga kralja Milana u Nišu, centralni deo trga ostaje nezasenčen skoro u toku celog dana. Analiza senki na Trgu kralja Milana u Nišu pokazuje da visoki objekti na istočnoj strani trga obezbeđuju zasenčenost u prepodnevni satima, dok niski objekti sa zapadne strane ne obezbeđuju dovoljnu zasenčenost prostora u popodnevni satima kada su temperature vazduha više i nezasenčen prostor neprijatan za boravak.

Termalni komfor trgova može se unaprediti podizanjem visine okolnih objekata (kada je to moguće) i natkrivanjem delova trga kako bi se dobila bolja zasenčenost u letnjim mesecima. Pored toga preporučuje se zamena postojećeg popločanja novim „hladnijim“ materijalima, povećanje udela zelenih površina, postavljanje vodenih ogledala u prostoru i sadnja visokog zelenila koje ima višestruku ulogu u poboljšanju termalnog komfora (senčenje, hlađenje putem evapotranspiracije, psihološki efekti).

ZAHVALNICA

Rad je realizovan u okviru istraživačkog projekta: „Prostorni, ekološki, energetski i društveni aspekti razvoja naselja i klimatske promene – međusobni uticaji“ (TP36035), PP 1: „Promena klime kao činilac prostornog razvoja naselja, prirodnog predela i pejzaža“, finansiranog od strane

LITERATURA

- [1] L. Ovstedal, E. Ryeng, "Understanding pedestrian comfort in European cities: How to improve walking conditions," In European Transport Conference, Cambridge, UK, 2002.
- [2] G.S. Golany, "Urban design morphology and thermal performance," *Atmospheric Environment*, vol. 30, no. 3, pp. 455-465, 1996.
- [3] H. Sanaieian, M. Tenpierik, K. Van den Linden, F. M. Seraj, S. M. M. Shemrani, "Review of the impact of urban block form on thermal performance, solar access and ventilation," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 38, pp. 551-560, 2014.
- [4] E. Jamei, P. Rajagopalan, "Urban growth and pedestrian thermal comfort," In ASA2015: Living and learning: research for a better built environment: Proceedings of the 49th International conference of the Architectural Science Association, University of Melbourne, 2015, pp. 907-918.
- [5] M. Santamouris, ed., *Energy and climate in the urban built environment*, Routledge, 2013.
- [6] T. Stathopoulos, H. Wu, J. Zacharias, "Outdoor human comfort in an urban climate," *Building and Environment*, vol. 39, no. 3, pp. 297-305, 2004.
- [7] B Levy, "Urban Square as the Place of History, Memory, Identity," In : D. Drazic, S. Radisic, M. Simu (eds), *Memory of the City*, Kulturklammer, Belgrade, 2012, pp. 156-173.
- [8] B. Karadžić, A. Mijović, (eds.), *Environment in Serbia: an indicator – based review*, Belgrade, Serbian Environmental Protection Agency, 2007, pp. 45-55.
- [9] A. Djukic, A. Stupar, "Suočavanje sa klimatskim promenama: od evropskih strategija do lokalne realnosti/Facing the Climate Changes: From European Strategies to Local Reality," *Arhitektura i urbanizam*, vol. 32, pp. 35-48, 2011.
- [10] B. Kahn, "This Is How Climate Change Will Shift the World's Cities," *Climate Central*. July 5, 2017
http://www.climatecentral.org/news/global-cities-climate-change-21584?utm_content=buffer12da8&utm_medium=social&utm_source=twitter.com&utm_campaign=buffer (accessed August 1, 2017).
- [11] S. Yilmaz, S. Toy, H. Yilmaz, "Human Thermal Comfort over the Different Land Surfaces during Summer in the City of Erzurum, Turkey," *Atmosfera*, vol. 20, no. 3, pp. 289-297, 2007.
- [12] M. Romero, "Arquitectura Bioclimatica do Espaco Publico", UnB, Brasilia, 2001.
- [13] M. Nikolopoulou, S. Lykoudis, "Thermal comfort in outdoor urban spaces: Analysis across different European countries," *Building and Environment*, vol. 41, pp. 1455-1470, 2006.
- [14] L.Chen, E. Ng, "Outdoor thermal comfort and outdoor activities: A review of research in the past decade," *Cities*, vol. 29, pp. 118-125, 2012.
- [15] A. Djukic, M. Vukmirovic, S. Stankovic, "Principles of climate sensitive urban design analysis in identification of suitable urban design proposals. Case study: Central zone of Leskovac competition," *Energy and Buildings*, vol. 115, pp. 23-35, 2016.
- [16] B. Taylor, P. Guthrie, "The first line of defence: Passive design at an urban scale," In *Proceedings of Conference: Air Conditioning and the Low Carbon Cooling Challenge*, Cumberland Lodge, Windsor, UK, 2008, pp. 27-29.
- [17] A. Matzarakis, F. Rutz, H. Mayer, "Modeling the thermal bioclimate in urban areas with the RayMan Model," *PLEA 2006 - 23rd Conference on Passive and Low Energy Architecture*. Geneva, 2006.
- [18] M. Taleghani, D. Sailor, G.A. Ban-Weiss, "Micrometeorological simulations to predict the impacts of heat mitigation strategies on pedestrian thermal comfort in a Los Angeles neighborhood," *Environmental Research Letters*, vol. 11, no. 2, 2016, 024003.
- [19] M. Tsitoura, M. Michailidou, T.Tsoutsos, "A bioclimatic outdoor design tool in urban open space design," *Energy and Buildings*, vol.153, pp. 368-381, 2017.
- [20] J.Đekić, P.Đekić, M.Dinić-Branković, M.Mitković, "Influence of different pavement materials on warming up of pedestrian areas in summer season," 3rd International Academic Conference on Places and Technologies, University of Belgrade – Faculty of Architecture, Belgrade, 14-15. April 2016, pp. 175-182.

ABSTRACT

Urban public open spaces are very important because everyday activities and social contacts of the inhabitants take place there. The intensity of use of public spaces depends on their quality, primarily on thermal comfort. Climatic conditions and inclusive urban design affect the microclimate conditions of open space - thermal comfort, and therefore the intensity of space use. The research analyzes the influence of physical properties of city square on thermal comfort and the use of space. For the purpose of the paper two city squares in Niš and Leskovac built in the second half of the 20th century, were analyzed. The research methods include: analysis of physical properties of the space, observation and direct survey of space users, and simulation of thermal comfort using RayMan software. Observation of the activities in the area and users survey was carried out during the summer months of 2016. The results of the research show that thermal comfort of open spaces depends to a large extent on the physical properties of the space, such as: shape, dimensions, materialization, presence and types of greenery, height of surrounding objects, etc.

THERMAL COMFORT OF THE CITY SQUARE BUILT IN THE SECOND HALF OF THE 20TH CENTURY: CASE STUDIES OF NIŠ AND LESKOVAC

Aleksandra Đukić
Jelena Đekić
Petar Mitković