

## ANALIZA SVETLOSNIH KARAKTERISTIKA U EKSPLOATACIONOM VEKU INSTALACIJE OSVETLJENJA

### LIGHTING FEATURES LIFE CYCLE ANALYSIS FOR A LIGHTING SYSTEM

Originalni naučni rad / Original scientific paper

UDK /UDC: 628.971

Rad primljen / Paper received: 4.11.2016

Adresa autora / Author's address:

<sup>1</sup>) University of Belgrade, Faculty of Architecture, Belgrade, Serbia, email: [i.rakonjac@arh.bg.ac.rs](mailto:i.rakonjac@arh.bg.ac.rs)

<sup>2</sup>) Educons University, Faculty of Project and Innovation Management, Belgrade, Serbia

#### Ključne reči

- horizontalna osvetljenost
- urbano kruženje
- struktura prostora
- ambijent

#### Izvod

*U ovom radu je prikazana analiza nivoa horizontalne osvetljenosti otvorenog javnog prostora namenjenog pešacima sa ciljem detektovanja promene svetlotehničkih karakteristika nakon perioda eksploatacije uz redovno održavanje. Kroz uporednu analizu rezultata dobijenih merenjem u realnim uslovima i projektovanih vrednosti, dat je uvid u transformaciju kvaliteta osvetljenja pod uticajem okruženja u eksploatacionom veku instalacije osvetljenja. Težište ovog rada je na oceni starenja svetlosne instalacije i definisanja posledica na ambijentalne vrednosti u odnosu na definisanu izgrađenu strukturu prostora. Istraživanje je sprovedeno na površini otvorenog javnog prostora beogradskog priobalja, u okviru otvorenih stambenih blokova na Dorćolu.*

#### UVOD

Osvetljenje u arhitekturi predstavlja instrument koji usmerava komunikaciju korisnika i prostora s obzirom na to da omogućava transformaciju doživljaja odnosa koji definišu otvoreni javni prostor. Svetlost redefiniše odnose između privatnog i javnog, otvorenog i zatvorenog, punog i praznog, primerenog i neprimerenog, dostupnog i nedostupnog /1/. Takođe, ona utiče kako na pojavnost elemenata okolne strukture koja definiše otvoreni javni prostor, tako i na cenzuru istih. Svetlost poseduje sposobnost da stvori efikasne virtuelne objekte koji ne postoje u toku dana, /2/. Ona doprinosi stvaranju novog registra razumevanja elemenata koji definišu kako sam javni prostor, tako i njegovo okruženje. Imajući u vidu navedeno, težište ovog rada je na ispitivanju uticaja okruženja na kvalitet osvetljenja tokom eksploatacionog veka instalacije osvetljenja – na oceni starenja svetlosne instalacije i definisanja posledica na ambijentalne vrednosti u odnosu na definisanu izgrađenu strukturu prostora. Ispitivanjem svetlotehničkih karakteristika na površini otvorenog javnog prostora namenjenog isključivo pešacima, kroz analizu fizičke i funkcionalne strukture prostora i njegovih okvira, prikazan je uticaj okruženja na kvalitet osvetljenja i ambijentalne vrednosti posmatranog prostora. Kroz uporednu analizu rezultata dobijenih merenjem u realnim uslovima i projektovanih

#### Keywords

- horizontal lighting
- urban environment
- space structure
- ambiance

#### Abstract

*This paper is a review of the analysis of the horizontal lighting level for a pedestrian public space, with an aim to detect changes in the technical lighting features ascertained after the operation period with regular maintenance. Through parallel analysis of results obtained by measuring in real life conditions and projected values, an insight is provided into the lighting quality transformation under the influence of the environment in the lighting system life cycle. The focal point of the analysis is on the assessment of the lighting system aging and on establishing consequences for ambiance values in terms of the pre-set built space structure. Research is conducted in an open space public area of the Belgrade coastline, within the open-formed residential blocks of Dorcol.*

vrednosti, pružen je uvid u transformaciju kvaliteta osvetljenja pod uticajem okruženja u eksploatacionom veku instalacije osvetljenja. Istraživanje je ograničeno na prostorni kontekst javnog prostora beogradskog priobalja, na površinu namenjenu isključivo pešacima u okviru otvorenih stambenih blokova na Dorćolu u beogradskom priobalju.

#### OSVETLJENJE U OKVIRU OTVORENOG JAVNOG PROSTORA

Osvetljenje u otvorenom javnom prostoru za cilj ima da omogući prijatan ambijent i željeni vizuelni doživljaj; da pruži sigurnost, bezbednost, ali i da naglasi estetske vrednosti prostora, /3/. Kvalitet vizuelnih informacija je od velikog značaja za doživljaj prostora od strane korisnika. Osvetljenje može omogućiti željenu prezentaciju karakteristika prostora i stvaranje adekvatne slike mesta.

Otvoreni javni prostori namenjeni pešacima predstavljaju mesta na kojima se odvija javni život grada. Ovaj vid saobraćaja sugeriše: sporije kretanje, zastajanje, okupljanje i zadržavanje, komunikaciju i interakciju korisnika među sobom ali i sa okruženjem. Imajući u vidu navedeno, osvetljenje treba da zadovolji potrebe korisnika koje se odnose na: osećaj sigurnosti i bezbednosti; mogućnost prepoznavanja lica i predmeta; mogućnost obavljanja predviđenih aktivnosti u okviru prostora; ostvarivanja ugodnog osećaja i prijatne atmosfere; mogućnost orijentacije u prostoru;

moćnost doživljaja estetskih i ambijentalnih vrednosti prostora, /4/. Sa ciljem jasnog definisanja parametara koji su relevantni za osvetljenje u okviru otvorenih javnih prostora, neophodno je uzeti u obzir važeće standarde i preporuke za projektovanje osvetljenja u okviru složenih urbanih odnosa grada. Ovo istraživanje se oslanja na preporuke za projektovanje osvetljenja u okviru otvorenih javnih prostora prema IESNA (*Illuminating Engineering Society of North America*) /5/, CIE (*International Commission of Illumination*) /6/ i CEN (*European Committee for Standardization*) /7/.

#### Standardi i preporuke za projektovanje osvetljenja

Standardi i preporuke za projektovanje osvetljenja u okviru otvorenih javnih prostora na kojem su glavni učesnici saobraćaja pešaci, definišu zahteve koji u težište postavljaju ispunjavanje funkcionalnih zahteva osvetljenja – postizanje adekvatne vidljivosti u skladu sa potrebama korisnika, kao i ispunjavanje zahteva u vezi sa bezbednošću i sigurnošću korisnika u okviru otvorenog javnog prostora. Ovi zahtevi se ostvaruju postizanjem adekvatnog nivoa osvetljenosti u skladu sa namenom prostora i frekvencijom pešaka u noćnim satima – definisane su tri kategorije: veoma aktivan (komercijalna zona), srednje aktivan (intermedijalna zona) i slabo aktivan prostor (stambena zona) /5/. Uticaj okruženja, odnosno, osvetljenja okolnih oblasti posmatranih javnih prostora, sveden je na tri kategorije u odnosu na sjajnost okruženja – velika, srednja, mala /6/; ili u zavisnosti od nivoa urbaniteta područja – ruralna oblast, urbana oblast, centar grada /7/.

Projektovanje osvetljenja u okviru otvorenih javnih prostora oslanja se na parametre koji su definisani prema preporukama, kako za različite klase saobraćajnica, tako i za različite vrste situacija osvetljenja koje definišu odabir svetlotehničke klase. Svetlotehničke klase predstavljaju definisane skupove parametra koji se temelje na vrsti prisutnog saobraćaja u prostoru, brzine kretanja učesnika, ali i grubo definisane osnovne namene prostora.

Tabela 1. Pregled preporučenih vrednosti nivoa osvetljenosti pešačkih područja – javni prostor otvorenih stambenih blokova na Dorćolu

Osvetljenost	min. horizontalna	srednja horizontalna	maks. horizontalna	ravnomerna
IESNA (2000)	nije definisana	2 lx	nije definisana	10:1
CIE 115-2010	0,4 lx	2 lx	nije definisana	nije definisana
EN 13201	0,6 lx	3 lx	nije definisana	nije definisana

Prema definisanim smernicama za projektovanje područja namenjenih pešacima, javni prostor otvorenih stambenih blokova na Dorćolu predstavlja stambenu zonu prema IESNA priručniku. Površinu javnog prostora odlikuje veoma mala brzina kretanja, mala gustina pešačkog saobraćaja, bez prisustva parkiranih vozila, dok je sjajnost okruženja mala, što ovaj prostor smešta u svetlotehničku klasu P6 po CIE 115-2010 standardima. Prema preporukama definisanim standardom EN 13201, ova zona pripada svetlotehničkoj klasi E1, odnosno klasi S5 koju definišu parametri koji se odnose na protok pešaka, rizik od kriminala i karakterističnu sjajnost okruženja koja se ostvaruje u urbanoj

oblasti. U skladu sa pomenutim standardima, u tabeli 1 dat je prikaz preporučenih vrednosti nivoa horizontalne osvetljenosti za posmatrani otvoreni javni prostor.

#### EKSPERIMENTALNO ISTRAŽIVANJE U REALNIM USLOVIMA

Na odabranom prostoru sprovedeno je eksperimentalno istraživanje koje će dati uvid u uticaj okruženja na kvalitet osvetljenja nakon eksploatacionog perioda instalacije osvetljenja uz redovno održavanje.

Eksperimentalno istraživanje u realnim uslovima vrši se kroz ispitivanje kvaliteta osvetljenja u okviru prostora u odnosu na osobenosti okoline. Osnovni parametar za detektovanje uticaja okruženja na instalaciju osvetljenja nakon perioda eksploatacije predstavlja nivo osvetljenosti prostora. Kroz analizu karakteristika prostora – primenjenih materijala i boja, dispozicije elemenata u prostoru, ispitan je uticaj osvetljenja na arhitektonske vrednosti prostora. Analiza estetskih zahteva koje nameće okruženje – usklađenost svetiljke sa prostornim kontekstom u kojem se nalazi, kao i naglašavanje pozicija i/ili elementa okruženja, takođe su predmet ispitivanja sa ciljem definisanja uticaja okruženja na promenu svetlotehničkih karakteristika u eksploatacionom veku instalacije osvetljenja uz redovno održavanje.

Imajući u vidu navedeno, parametri kvaliteta osvetljenja relevantni za otvorene javne prostore grada predstavljaju predmet za analizu, a to su: dispozicija svetiljki u okviru prostora; odabir svetiljke; odabir izvora svetlosti; boja svetlosti; svetlosno zagađenje (direktno i reflektovano blještanje); upotrebljeni materijali i boje u prostoru; naglašavanje ključnih pozicija ili elemenata prostora; nivo osvetljenosti; ravnomernost osvetljenosti i modelovanje lica i predmeta /4/.

#### Karakteristike prostora

Javni prostor otvorenih stambenih blokova na Dorćolu u neposrednoj blizini reke, obuhvata površinu neizgrađenog, uređenog otvorenog javnog prostora namenjenog rekreaciji i boravku stanovnika objekata u okviru blokova. Osnovna funkcija ovog prostora je da omogući pristup stambenim objektima što je postignuto izdignutim platoom u odnosu na saobraćajnicu. Prostor je namenjen isključivo pešacima i čine ga travnjaci i ozelenjene površine, drvoredi, dečija igrališta, popločani delovi opremljeni mobilijarom za sedenje, dok su glavne komunikacijske trase popločane behatomom.

#### Naglašavanje ključnih pozicija ili elemenata prostora

Specifičnost ovog prostora predstavlja jasna delineacija privatnog (stana) i javnog (otvorenog prostora). Ova rigidna podela čini izgrađenu strukturu veoma nefleksibilnom, iako postoji veliki broj prodora koji povezuju otvorene prostore različitih namena. Prodori koji se javljaju u vidu pasaža nisu posebno naglašeni osvetljenjem.

Imajući u vidu da ove blokove čine tipski stambeni objekti, izgrađene strukture ne odlikuje prisustvo prepoznatljivih elemenata. Dispozicija svetiljki duž centralne staze akcentuje primarnu trasu korisnika koja povezuje ovaj prostor sa rekom (sl. 1).



Slika 1. Javni prostor otvorenih stambenih blokova na Dorćolu – dan (levo); noć (desno).

*Dispozicija svetiljki u okviru prostora*

Polozicija svetiljki u okviru prostora analizira se sa aspekta aktivnosti korisnika u prostoru, ali i geometrije površine prostora namenjenog pešacima. U slučaju predmetnog prostora, dispozicija svetiljki uslovljena je definisanim pešačkim trasama (sl. 2). Osvetljenja centralnih staza omogućavaju dvostrano pozicionirane svetiljke na rastojanjima koja variraju od 18 do 20 m. Distanca između svetiljki, pored dominantnih pravaca kretanja, može usloviti i moguća visina montaže, kao i zahtevi za održavanjem, što je u velikoj meri određeno fizičkom i funkcionalnom strukturom prostora.



Slika 2. Javni prostor otvorenih stambenih blokova na Dorćolu – situacioni plan – dispozicija svetiljki, odabir karakterističnog segmenta otvorenog javnog prostora

*Odabir svetiljke*

Ovaj parametar se odnosi na uočavanje karakteristika odabranih svetiljki u okviru prostora – njihovih estetskih vrednosti, ali i načina montaže i odabira vrste protektora koji utiče na raspodelu svetlosnog fluksa. Takođe, tip odabrane svetiljke analiziran je sa aspekta zahteva boja i reprodukcije boja izvora svetlosti, ali i sa aspekta ograničenja blještanja i postizanja adekvatne ravnomernosti osvetljenosti – što je utvrđeno merenjem nivoa horizontalne osvetljenosti.

Instaliranu svetiljku čine: kućište od livene aluminijumske legure, protektor i poklopac od polikarbonata. Protektor ujedno predstavlja i difuzor, s obzirom na to da je mlečno-beli. Svojom formom, svetiljka je poluzasenjena i smeštena na dvosegmentni čelični stub visine 4 m, dok je žična tačka na visini od 4,2 m. Završna obrada same svetiljke je crna boja, dok je stub svetlo-sive boje. Svojim izgledom, svetilj-

ka je nenametljiva i ne narušava ambijent otvorenog javnog prostora.

*Izvor svetlosti*

Instalirani izvor svetlosti je natrijum visokog pritiska, nazivne snage 100 W, toplo bele temperature boje koja iznosi približno 2000 K. Osvetljenost dominantnih pešačkih pravaca je postignuta instaliranim svetiljkama. U prostoru nema dodatnih efekata koje pruža svetlost u boji, dok toplobela svetlost primenjenog izvora stvara prijatan ambijent.

*Svetlosno zagađenje (direktno i reflektovano blještanje)*

Ova pojava se javlja kao posledica velikog kontrasta ili loše raspodele sjajnosti u prostoru. Direktno blještanje je efekat koji se javlja prilikom pojave svetlosti koja se kreće direktno od izvora ka oku, dok je pojava reflektovanog blještanja posledica odbijene svetlosti o površine elemenata u prostoru. Ova pojava je merljiva na nivou utiska posmatrača, stoga su njene vrednosti opisno predstavljene. Imajući u vidu da je instalirana svetiljka poluzasenjena i da sadrži protektor koji je ujedno i difuzor, direktno blještanje je svedeno na minimum. Pojava reflektovanog blještanja je eliminisana, kako formom svetiljke, tako i materijalizacijom pešačkih trasa (s obzirom na to da behaton ploče poseduju nizak stepen refleksije (0,20)).

*Nivo osvetljenosti*

Prilikom merenja nivoa osvetljenosti kao uzorak odabran je segment otvorenog javnog prostora koji obuhvata plato sa kojeg se pristupa objektima stanovanja. Merenja na reprezentativnom uzorku vrše se luksmetrom Konica Minolta koji ima mogućnost merenja osvetljenosti u veoma širokom opsegu 0,1–99990 lx.

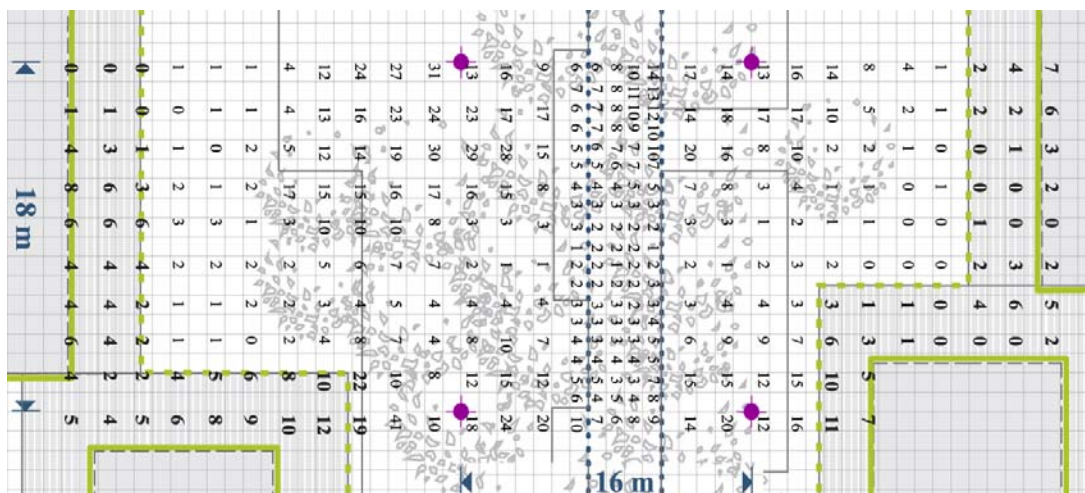
Nivo tla predstavlja referentnu površinu na kojoj se vrši beleženje vrednosti nivoa horizontalne osvetljenosti prostora. Od izuzetnog je značaja da referentna površina ne sme biti pokrivena opremom ili drugim elementima u prostoru. Kada su u pitanju oblasti nepravilnog oblika ili oblasti u kojima dominiraju aktivnosti pešaka, tačke vrednovanja predstavljaju čvorove kvadratne mreže, /8/. Merene vrednosti nivoa horizontalne osvetljenosti beležene su u tačkama vrednovanja na rastojanju od 1 m na dominantnim pešačkim trasama, dok su na ostatku površine vrednosti beležene na rastojanju od 2 m (sl. 3).

U tabeli 2 predstavljene su vrednosti nivoa horizontalne osvetljenosti, utvrđene merenjem na karakterističnom segmentu površine otvorenog javnog prostora. U ovom prostoru ističu se tri zone: zona 1 - pešačka staza kao glavni komunikacijski tok i veza naselja sa rekomb; zona 2 - prilazi ulazima u objekte i zona 3 – kontakt površine otvorenog javnog prostora sa stambenim objektima.

Tabela 2. Izmerene vrednosti nivoa horizontalne osvetljenosti

Osvetljenost	minimalna horizontalna	srednja horizontalna	maksimalna horizontalna	ravnomerna
zona 1	1 lx	4,98 lx	14 lx	5:1
zona 2	0 lx	8,31 lx	41 lx	8:1
zona 3	0 lx	4,13 lx	19 lx	4:1





Slika 3. Izmerene vrednosti nivoa horizontalne osvetljenosti

Zona 1 – trasa primarne pešačke staze: nivo horizontalne osvetljenosti pešačke komunikacije u skladu je sa preporučenim s minimalne i srednje horizontalne osvetljenosti definisanim svim referentnim standardima za projektovanje osvetljenja otvorenih javnih prostora. Ravnomernost osvetljenosti u zoni pešačke trase takođe je u skladu sa preporukama.

Zona 2 – zona prilaza objektima: ovom zonom obuhvaćene su pozicije prilaza ulazima stambenih objekata, kao i ozelenjene površine koje pored niskog dekorativnog zelenila sadrže i veliki broj stabala visokog drveća. Nivoi minimalne i srednje horizontalne osvetljenosti u skladu su sa vrednostima koje su definisane referentnim standardima. Imajući u vidu da zelenilo u ovoj zoni stvara veliki broj senki, razlike u nivou horizontalne osvetljenosti u pojedinim mernim tačkama su velike, međutim to nije značajno uticalo na ravnomernost osvetljenosti. Ravnomernost osvetljenosti od 8:1 zadovoljava preporukama definisan odnos od 10:1, koji je predviđen za stambene zone.

Zona 3 – kontaktna zona otvorenog javnog prostora i okružujućih objekata: Nivo osvetljenosti u ovoj zoni takođe zadovoljava preporučene vrednosti koje se odnose na minimalnu i srednju horizontalnu osvetljenost. U ovom području, jedine osvetljene pozicije predstavljaju ulazi u objekte. Iako su primetne velike razlike u nivou osvetljenosti u ovoj zoni, ravnomernost osvetljenosti je u skladu sa preporučenim vrednostima.

*Modelovanje lica i predmeta*

Ovaj parametar kvaliteta osvetljenja predstavlja karakteristiku svetlosti da prikaže trodimenzionalnost elemenata u prostoru, kao i njihovu teksturu što se postiže adekvatnim senkama. Osnovni značaj ovog parametra osvetljenja ogleda se u formiranju doživljaja bezbednog prostora. Bezbednost se može definisati kao oslobodenost opasnosti, dok se sigurnost smatra odsustvom brige korisnika za svojom bezbednosti u prostoru i smatra se psihološkom verzijom bezbednosti, /5/. Posmatrani prostor ostavlja utisak bezbednog i sigurnog ambijenta za korisnike. Adekvatan nivo osvetljenosti i ravnomernost osvetljenosti koja omogućava adaptaciju oka na promene osvetljenosti u prostoru, obezbeđuju prepoznavanje lica i elemenata u prostoru.

**PROJEKTOVANE VREDNOSTI PROSTORA**

U procesu projektovanja osvetljenja, fotometrijski proračun formira se na osnovu ključnih svojstava prostora i planiranih svetiljki i izvora, u skladu sa preporukama i smernicama za projektovanje osvetljenja. Ova simulacija sprovedena je u programskom paketu DIALUX.

Proračun se vrši za karakteristični segment prostora – proračunsko polje. Proračunsko polje za formiranje fotometrijskog proračuna predstavlja karakteristični segment na kojem je vršeno merenje nivoa horizontalne osvetljenosti u realnim uslovima. Parametri koji se uzimaju u obzir prilikom izrade fotometrijskog proračuna za otvoreni javni prostor namenjen pešačkom saobraćaju su:

- karakteristike prostora – geometrija i dimenzije otvorenog javnog prostora: u odnosu na dominantne pravce kretanja korisnika, posmatrani prostor je linearni;
- dispozicija svetiljki u prostoru koja podrazumeva poziciju u odnosu na površinu otvorenog javnog prostora: dvostrani naspramni, kao i međusobno rastojanje između svetiljki: 18 m / 16 m.
- visina montaže svetiljke: 4 m;
- izvor svetlosti: NaVP 100W;
- karakteristike primenjene svetiljke i izvora prikazane su na sl. 4, dok su na sl. 5 prikazani dijagrami distribucije svetlosti svetiljke.

Na sl. 6 dat je prikaz fotometrijskog proračuna za karakteristični segment javnog prostora otvorenih stambenih blokova na Dorćolu, dok su u tabeli 3 predstavljene proračunom dobijene vrednosti nivoa horizontalne osvetljenosti.

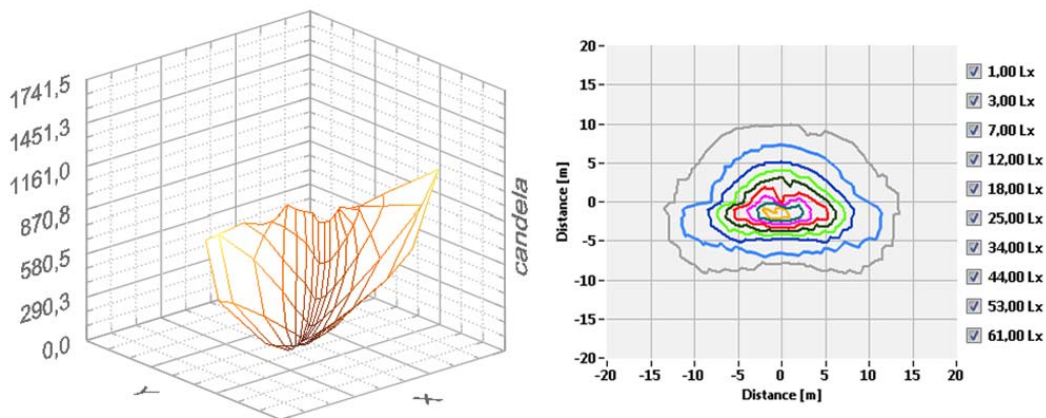


Slika 4. Karakteristike primenjene svetiljke sa primenjenim izvorom

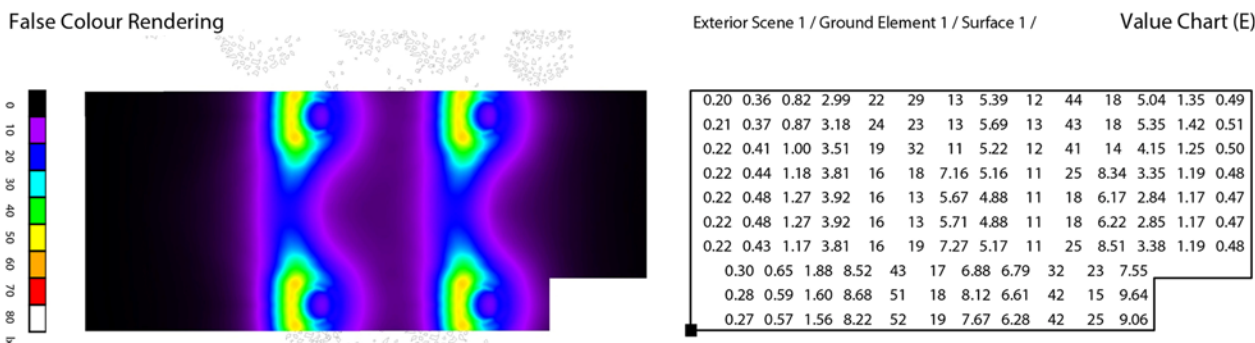
Standardima definisane vrednosti za nivoe minimalne i srednje horizontalne osvetljenosti, u skladu sa odgovarajućom svetlotehničkom klasom (tabela 1), predstavljaju kontrolni faktor pri formiranju fotometrijskog proračuna za posmatrani segment otvorenog javnog prostora. U skladu sa

pomenutim, može se zaključiti da dobijene vrednosti nivoa srednje horizontalne osvetljenosti na površini otvorenog javnog prostora zadovoljavaju standardima preporučene minimalne vrednosti. Međutim, minimalna horizontalna osvetljenost ne zadovoljava vrednosti preporučene CIE 115-2010 (odstupanje od 0,26 lx) i EN 13201 (odstupanje od 0,46 lx) standardima. Takođe, i ravnomernost osvetlje-

nosi u velikoj meri odstupa od preporučenog odnosa (10:1). Na sl. 6, kroz prikaz distribucije nivoa horizontalne osvetljenosti, može se primetiti da je površina primarne pešačke komunikacije osvetljena u skladu sa važećim propisima, dok se značajan pad nivoa horizontalne osvetljenosti javlja u kontaktnoj zoni objekata i otvorenog javnog prostora (sl. 7).



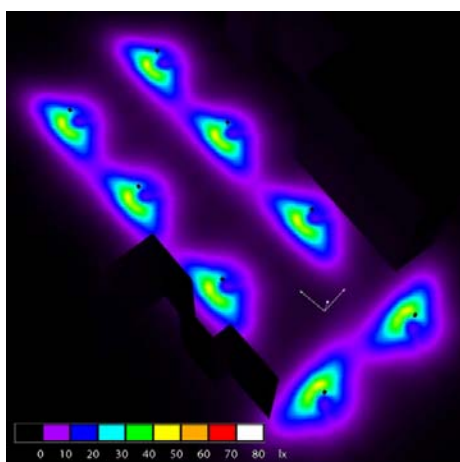
Slika 5. Karakteristike primenjene svetiljke sa primenjenim izvorom



Slika 6. Projektovane vrednosti nivoa horizontalne osvetljenosti

Tabela 3. Vrednosti nivoa horizontalne osvetljenosti dobijene fotometrijskim proračunom za karakteristični segment

minimalna	srednja	maksimalna	ravnomerna
0,14 lx	9,49 lx	55 lx	1:335 / (0,003)



Slika 7. Projektovane vrednosti nivoa horizontalne osvetljenosti – prostorna distribucija svetlosti u okviru javnog prostora posmatranog platoa

### ANALIZA UTICAJA OKRUŽENJA NA VREDNOSTI NIVOVA HORIZONTALNE OSVETLJENOSTI PROSTORA

Uticaj okruženja na kvalitet osvetljenje otvorenog javnog prostora predstavljen je kroz razlike u vrednostima nivoa horizontalne osvetljenosti koje su zabeležene merenjem u realnim uslovima i onim dobijenih fotometrijskim proračunom. U cilju relevantnosti vrednosti koje se porede, karakterističan segment prostora na kojem je vršeno merenje nivoa horizontalne osvetljenosti u realnim uslovima predstavljao je i proračunsko polje na kojem je izvedena simulacija nivoa horizontalne osvetljenosti. Vrednosti dobijene fotometrijskim proračunom predstavljaju projektovanu raspodelu nivoa horizontalne osvetljenosti na osnovu karakteristika primenjenih svetiljki u odnosu na njihovu dispoziciju u okviru prostora. Imajući u vidu navedeno, pomenute razlike u nivoima osvetljenosti prikazuju način na koji okružujuća struktura utiče na promenu nivoa osvetljenosti u okviru otvorenog javnog prostora u toku eksploatacionog veka. U tabeli 4 dat je prikaz rezultata istraživanja.

Rezultati ispitivanja pokazali su da je uticaj okruženja na starenje instalacije osvetljenja za referentne parametre kvaliteta osvetljenja zanemarljiv. Razlike u minimalnoj

(manje od 1 lx) i srednjoj horizontalnoj osvetljenosti (od 2,41 lx) imaju zanemarljiv uticaj na osvetljenost prostora. Kada je reč o maksimalnom nivou osvetljenosti, vrednosti dobijene simulacijom su više za 14 lx u odnosu na vrednosti u realnim uslovima, što se može odraziti na osećaj sigurnosti korisnika u prostoru. Imajući u vidu da otvoreni javni prostor odlikuje prisustvo dekorativnog zelenila, kao i prisustvo drvoreda koji markiraju dominantne trase korisnika, u prostoru se javljaju dinamične senke koje u realnim uslovima doprinose smanjenju nivoa osvetljenosti. Važno je naglasiti da se ova vrsta uticaja okruženja ne uzima u obzir prilikom izrade fotometrijskog proračuna.

Tabela 4. Prikaz uticaja okruženja na vrednosti nivoa horizontalne osvetljenosti prostora dobijenih za karakteristični segment

metod dobijanja rezultata	minimalna horizontalna osvetljenost	srednja horizontalna osvetljenost	maksimalna horizontalna osvetljenost
merenje u realnim uslovima	1 lx	7,08 lx	41 lx
projektovane vrednosti	0,14 lx	9,49 lx	55 lx
uticaj okruženja	0,86 lx	2,41 lx	14 lx

## ZAKLJUČAK

Ispitivanjem svetlotehničkih karakteristika na površini otvorenog javnog prostora namenjenog isključivo pešacima, kroz analizu fizičke i funkcionalne strukture prostora i njegovih okvira, pružen je uvid u uticaj okruženja na kvalitet osvetljenja i ambijentalne vrednosti posmatranog prostora. Može se doneti zaključak da uticaj nefleksibilnosti i diskontinualnosti okružujuće strukture može stvoriti pojavu mračnih zona u području kontakta objekata i površine otvorenog javnog prostora. Takođe, prisustvo niskog dekorativnog i visokog zelenila može uticati na distribuciju svetlosti u okviru prostora. Imajući u vidu navedene osobenosti posmatranog prostora, kao rezultate eksperimentalnog istraživanja, donosi se zaključak da se uticaj okružujuće strukture može ispoljiti isključivo na smanjenje projektovanih vrednosti horizontalne osvetljenosti. Takođe, može se izneti zaključak da adekvatno projektovano osvetljenje u odnosu na karakteristike i zahteve prostora, uz redovno održavanje, može dovesti do toga da proces starenja instalacije osvetljenja ne narušava ambijentalne vrednosti prostora.

Prilikom projektovanja osvetljenja, odabir svetiljke bi trebalo izvršiti prema tehničkim karakteristikama, ali i nameni prostora, kao i u odnosu na osobenosti koje uzimaju u obzir bezbednost, mogućnosti održavanja i eksploataciju, /9/. Značajno je odgovoriti i na estetske zahteve, kako kroz oblikovno rešenje, tako i kroz pomenute tehničke karakteristike. Hijerarhija osvetljenih delova prostora veoma je značajna za formiranje slike mesta i očuvanje ambijentalnih vrednosti prostora. Uspešno osvetljenje bi trebalo da sadrži veliki broj slojeva osvetljenja koje pruža, kako minimalnu osvetljenost ambijenata sa naglašavanjem rizika i omogućavanje orijentacije u prostoru, tako i isticanje arhitektonskih vrednosti, kako bi se eliminisali mogući uticaji okruženja na kvalitet osvetljenja u eksploatacionom periodu.

## LITERATURA

- Djokić, V., Rakonjac, I., *Analysis of the way and surroundings in which lighting forms architectural ambience within public open space: Case study of the Skadarlija pedestrian zone in Belgrade*, Proc. 12<sup>th</sup> Int. Conf. – Standardization, Prototypes and Quality: A Means of Balkan Countries' Collaboration, 2015, pp.119-126.
- Shchepetkov, N.I. (2010), *Light and city: What is initial for an architect and for architecture?* Light & Engng., Moscow, 18 (1): 75.
- Lighting Research Center. *Outdoor Lighting: A Short Guide to Applications, Objectives and Considerations*. New York, Vol. 6, Issue 1, January 2009.
- Rakonjac, I.M., Doctoral dissertation. University of Belgrade, Faculty of Architecture, 2016, p.83.
- Illuminating Engineering Society of North America. *The IESNA Lighting Handbook*, 9<sup>th</sup> Ed., IESNA, New York, 2000.
- CEN. *Road lighting*. EN 13201. Brussels, November 2003.
- CIE. *Lighting of Roads for Motor and Pedestrian Traffic*. CIE Publication 115-2010.
- Rakonjac, I., Rakonjac, I., Kirin, S., Spasojević-Brkić, V., Sedmak, A. (2011), *Risk analysis by key-coefficient assessment - public lighting project example*, Technics Technologies Education Management - TTEM, 6 (4): 1016-1023.
- Kostić, M.B., *Osvetljenje puteva*. Minel-Schreder, Beograd, 2006, p.51.