

# Faktori kvalitete osvjetljenja javnih prometnica

---

**Klanfar, Matija**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2015**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:306557>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-09-05**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU  
ODJEL SIGURNOSTI I ZAŠTITE  
STRUČNI STUDIJ SIGURNOSTI I ZAŠTITE**

**Matija Klanfar**

**FAKTORI KVALITETE OSVJETLJENJA JAVNIH  
PROMETNICA**

**ZAVRŠNI RAD**

**Mentor:**

**Slaven Lulić, dipl.ing.**

**Karlovac, 2015.**

**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
**ODJEL SIGURNOSTI I ZAŠTITE**

**ZAVRŠNI ZADATAK**

Student: Matija Klanfar

Matični broj: 0415612044

Naslov teme: Faktori kvalitete osvjetljenja javnih prometnica

Opis zadatka:

U završnom radu govoriti će se o faktorima kvalitete osvjetljenja javnih prometnica.

Zadatak zadan:

4/2015

Rok predaje rada:

6/2015

Predviđen datum obrane:

6/2015

Mentor:

Slaven Lulić, dipl. ing.

Predsjednik ispitnog povjerenstva:

Ivan Štedul, prof.

## **SAŽETAK**

Tema završnog rada je javno osvjetljenje koje je neophodno za život i sigurnost stanovništva, kao i za neometano odvijanje prometa noću.

Na početku rada govorimo o javnom osvjetljenju te smjernicama i normama koje se moraju poštivati prilikom postavljanja javne rasvjete.

U nastavku ističemo bitnost faktora kvalitete, zadanih standarda i normativa. Dakako, valja istaknuti i preporuke CIE (International Commission on Illumination) usmjerene ka javnom osvjetljenju, te preporuke CIE za cestovno osvjetljenje.

Naposljetku, spominje se učinkovitost primjene solarne javne rasvjete te sprječavanje širenja svjetlosnog onečišćenja.

## **SUMMARY**

The topic of this thesis is public illumination which is necessary for the life and safety of the population, as well as for the smooth flow of traffic at night.

At the beginning of the thesis we talk about public illumination and principles and standards that have to be followed when setting up public illumination.

Later we emphasize the importance of quality factors, prescribed standards and regulations. We should also emphasize the recommendations of CIE (International Commission on Illumination) about public illumination and road illumination.

Finally, the efficiency of the application of the solar public illumination and prevention of spreading light pollution are mentioned.

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	1
<b>2. JAVNO OSVJETLJENJE</b> .....	2
2.1. SVJETLOTEHNIČKE SMJERNICE JAVNOG OSVJETLJENJA .....	3
<b>3. SVJETLOTEHNIČKI KRITERIJ</b> .....	4
3.1. KRITERIJ KOD PROMETNICA ZA MOTORNI PROMET .....	4
3.2. KRITERIJ KOD PROMETNICA ZA SPORI PROMET .....	6
<b>4. FAKTORI KVALITETE</b> .....	8
4.1. NIVO SJAJNOSTI .....	8
4.2. RAVNOMJERNOST SJAJNOSTI.....	9
4.3. OGRANIČENJE BLJEŠTANJA .....	10
4.4. OPTIČKO VOĐENJE .....	10
4.5. NIVO OSVJETLJENOSTI.....	11
4.6. RAVNOMJERNOST OSVJETLJENOSTI.....	13
<b>5. PREPORUKE ZA JAVNO OSVJETLJENJE</b> .....	14
5.1. PREPORUKE CIE ZA JAVNO OSVJETLJENJE.....	14
5.2. PREPORUKE CIE ZA CESTOVNO OSVJETLJENJE .....	18
<b>6. SOLARNA JAVNA RASVJETA</b> .....	19
<b>7. SVJETLOSNO ONEČIŠĆENJE</b> .....	22
<b>8. ZAKLJUČAK</b> .....	24
<b>9. LITERATURA</b> .....	25

## POPIS PRILOGA

### Popis tablica:

<b>Tablica 1.</b> Faktori kvalitete i odgovarajući svjetlotehnički parametri .....	6
<b>Tablica 2.</b> Razmjeri između srednje osvijetljenosti i srednje sjajnosti kolnika .....	11
<b>Tablica 3.</b> Preporučene minimalne vrijednosti gornjih parametara (ravnornost osvijetljenosti) .....	12
<b>Tablica 4.</b> Svjetlotehnički zahtjevi (EN 13201) postavljeni za motorni promet .....	16
<b>Tablica 5.</b> Svjetlotehnički zahtjevi (EN 13201) postavljeni za spori promet .....	17
<b>Tablica 6.</b> Preporuke CIE za cestovno osvijetljenje .....	18

### Popis slika:

<b>Slika 1.</b> Centralizirani sustav solarne javne rasvjete .....	19
<b>Slika 2.</b> Solarni rasvjetni stup s FN modulom na vrhu stupa .....	20
<b>Slika 3.</b> Primjena solarne javne rasvjete uz prometnicu .....	21
<b>Slika 4.</b> Pravilno postavljanje javne rasvjete .....	21
<b>Slika 5.</b> Svjetlosno onečišćenje .....	22

## 1. UVOD

Zahvaljujući tehnološkim napredcima i evoluciji ideja, čovječanstvo je uspjelo stvoriti umjetni izvor svjetlosti koji se koristi svakodnevno u osvjetljavanju javnih površina. Život bez umjetnog izvora svjetlosti, pogotovu noću, čini se nemoguć. Upravo zbog toga javna rasvjeta uvelike pomaže pri raznim životnim aktivnostima koje se odvijaju noću, a naravno ističe se i kao određeni stupanj sigurnosti kod stanovnika.

Na početku rada opisuje se javno osvetljenje te se daje važnost smjernicama i normama koje se moraju poštivati prilikom postavljanja javne rasvjete. Obuhvaćeni su svjetlotehnički parametri, normativi, standardi i pravila koji se dotiču osvetljenja javnih površina, te prometnica za motorni i spori promet. Navedeni normativi i standardi moraju biti neizostavni u postavljanju kvalitetne javne rasvjete.

Svaka korisnost za sobom povlači i posljedice. Stoga, javno osvetljenje koje je neophodno za život i funkcionalnost, ukoliko nije postavljeno po svim normativima i pravilima uzrokuje velike posljedice i kao takvo se smatra nekvalitetnim. Svjetlosno onečišćenje je jedno od neželjenih posljedica prekomjernog korištenja svjetlosne energije i smatra velikim problemom, jer je povezano sa samim stanovništvom i ekosustavom. Međutim, neželjene posljedice se mogu spriječiti, a javna rasvjeta neometano koristiti. To je naravno moguće samo ukoliko se prate upute i zadane norme.

## 2. JAVNO OSVJETLJENJE

Javno osvjetljenje kao pojam obuhvaća osvjetljavanje prometnih površina kao i samih prometnica koje su namijenjene prometovanju vozila i pješaka. Stoga u tu vrstu prometnica i prometnih površina ubrajamo sljedeće:

- autoputove, ceste i ulice
- pješačke prijelaze
- pješačke pothodnike
- pješačke zone
- šetališta i pješačke staze
- parkovske staze
- parkirališta

Osnovni zadatak javnog osvjetljenja je pružanje vidnih uvjeta koji omogućavaju siguran i pravilan tok prometa svim sudionicima u prometu (vozačima i pješacima). Međutim, prilikom osvjetljenja prometnica treba ispuniti i zahtjeve za vidnim komforom, koji utječe na smanjenje psihičke napetosti sudionika u prometu. Samim time se sprječava prijevremeno zamaranje, naprezanje i gubitak koncentracije. Samim sprječavanjem navedenih posljedica koje se pojavljuju uslijed ne ispunjavanja određenih uvjeta, stvara se određena sigurnost i umanjuju se posljedice. Također treba napomenuti da su razvojem tehnologije i samog čovječanstva postavljeni određeni kriteriji i zahtjevi koji su sveprisutni u svim sferama života. Tako su određeni i kriteriji vezani uz javno osvjetljenje koje mora poštovati određene zahtjeve suvremenog osvjetljenja.

Razvojem tehnologije i čovječanstva pojavljuju se određeni zahtjevi u društvu i djelatnostima koji su vezani uz tri bitne sfere djelovanja. Prva od njih je vezana uz ekonomičnost sistema. Ekonomičnost sistema usmjerena je na rješavanje problematike vezane uz visoke troškove instalacije i održavanja. Iz toga razloga se nameće korištenje efikasnih tehničkih i tehnoloških rješenja kako bi se isti troškovi smanjili. Nadalje treba spomenuti energetska efikasnost koja zahtjeva korištenje suvremenih svjetlosnih izvora, odnosno upravljanje i nadzor nad sistemom



osvjetljenja. I naravno, kako bismo zaštitili prirodu i sami sebe, ekološka prihvatljivost je jedna od najistaknutijih zahtjeva koja se kao takva nameće. Ekološka prihvatljivost nameće korištenje suvremenih konstrukcija i montažnih sistema svjetiljki kako bi se na taj način minimaliziralo svjetlosno zagađenje.

## **2.1. SVJETLOTEHNIČKE SMJERNICE JAVNOG OSVJETLJENJA**

Svjetlotehnički zahtjevi predstavljaju svojevrsnu osnovu za određivanje kvalitetnog nivoa javnog osvjetljenja. Zbog toga svjetlotehnički zahtjevi uvelike utječu na način rasporeda svjetiljki, izbor svjetiljki, geometriju uređaja osvjetljenja i izvora svjetlosti. Međutim, suvremene standarde i normative utvrđuje CIE - Međunarodna komisija za osvjetljenje i CEN – komitet za Europske standarde. Stoga se u aktualnim projektima vezanim uz javno osvjetljenje ostvaruje ekonomsko-tehnički optimum. Ekonomsko-tehnički optimum temelji se na europskim standardima i normativima.

Trendovi koji se pojavljuju u svim sferama društva nisu ni ovdje izostavljeni. Dostignuća u rasvjetnoj tehnici se sagledavaju i sa ekološkog aspekta, gdje su uspostavljeni bitno drugačiji zahtjevi u odnosu na prošlost. Trenutna rasvjetna tehnika je uvelike efikasnija i bazira se na energetskej uštedi, što proporcionalno umanjuje troškove te svjetlosna zagađenja.

### **3. SVJETLOTEHNIČKI KRITERIJ**

Osnovni zadatak javnog osvjetljenja mora biti omogućavanje takvih vidnih uvjeta, koji će noću omogućiti siguran i pravilan tok prometa. Jasna vidljivost i pri tome vidni komfor mora biti osiguran svim sudionicima prometa (vozačima i pješacima). U javnom osvjetljenju kvalitetne vidne uvjete određuju dva osnovna kriterija, a to su dobra vidljivost i dovoljan vidni komfor. Oba kriterija su iznimno važna za sve sudionike prometa. Međutim vidni uvjeti kod vozača su veći i cjelovitiji od vidnih uvjeta pješaka.

„Vidni uvjeti vožnje su vezani za dinamičko promatranje cjelokupne prometne situacije u kojoj vozač, za vrijeme vožnje, mora identificirati i analizirati svoje vidno polje brzo, precizno i bez zablude.“ Zbog toga javno osvjetljenje mora vozaču osiguravati takvu vidljivost da on na vrijeme uoči tok i granice prometnice, odnosno kolnika i ostalih prometnih površina kao i prometnu signalizaciju. Stoga dobra vidljivost vozaču osigurava pravovremenu reakciju koja će spriječiti neželjene posljedice. Osim dobre vidljivost javno osvjetljenje za zadaću ima ostvarenje određenog vidnog komfora. Vidni komfor smanjuje vozačevu psihičku napetost za vrijeme vožnje i na taj način se sprječava njegov prijevremeni zamor i gubitak koncentracije. S obzirom na usporedbu svjetlotehničkih kriterija za vozače i pješake, prometnice se dijele na dvije osnovne skupine, i to na prometnice za motorni promet i prometnice za spori promet.

#### **3.1. KRITERIJ KOD PROMETNICA ZA MOTORNI PROMET**

Prometnice za motorni promet moraju ispunjavati određene kriterije da bi se smatrale sigurnima za prometovanje. Jedan od tih kriterija je i kvaliteta osvjetljenja prometnice, koja uvelike pomaže u vidljivosti, vidnom komforu i sigurnosti vozača. U skupinu prometnica za motorni promet ubrajaju se:

- autoputevi
- brze ceste
- magistralne ceste

- regionalne ceste
- lokalne ceste
- kružne ceste
- zaobilaznice
- primarne gradske ceste
- sekundarne gradske ceste
- ceste u gradskim središtima
- ceste u trgovačkim i poslovnim središtima
- sabirne ceste

Navedene prometnice su u osnovi podijeljene na ceste za motorni promet i ceste za miješani promet. Ceste za motorni promet namijenjene su isključivo za prometovanje motornih vozila. Ceste za miješani promet namijenjene su za prometovanje motornih vozila i ostalih sudionika u prometu, poput pješaka i biciklista.

Kod jedne i druge vrste prometnica svjetlotehnički kriterij se temelji na motornom prometu. Iz tog razloga javno osvjetljenje te skupine prometnica mora ostvariti razinu vidnog komfora koja će omogućiti brz, siguran i pravilan tok prometovanja. Također je bitna stavka ostvarivanje povoljnih uvjeta za vožnju. Vidne uvjete koje javno osvjetljenje mora osigurati za motorni promet temelji se na dva osnovna kriterija, a to su kriterij vidljivosti i kriterij vidnog komfora. Prometnicama za motorni promet podjednako su važna i značajna oba kriterija vezana za vidne uvjete. Međutim, svjetlotehničke zahtjeve osvjetljenja prometnica za motorni promet definiraju faktori kvalitete poput nivoa sjajnosti, ravnomjernosti sjajnosti, ograničenja blještanja te optičkog vođenja. Parametri koji po preporuci CIE označuju nabrojene faktore kvalitete za uvjete vidljivosti i vidnog komfora, prikazani su u Tablici 1.

Tablica 1. Faktori kvalitete i odgovarajući svjetlotehnički parametri

FAKTORI KVALITETE	SVJETLOTEHNIČKI PARAMETRI ZA:	
	VIDLJIVOST	VIDNI KOMFOR
NIVO SJAJNOSTI	Srednja sjajnost $\bar{L}$	Srednja sjajnost $\bar{L}$
RAVNOMJERNOST SJAJNOSTI	Opća ravnomjernost sjajnosti $U_0$	Uzdužna ravnomjernost sjajnosti $U_l$
OGRANIČENJE BLJEŠTANJA	Relativni porast praga $TI$	Indeks bliještanja G

### 3.2. KRITERIJ KOD PROMETNICA ZA SPORI PROMET

Kao i kod prometnica namijenjenih za motorni promet, određene kriterije vezane uz vidni komfor moraju sadržavati i prometnice za spori promet. U skupinu prometnica za spori promet ubrajaju se:

- sporedne ceste i ulice u stambenim četvrtima
- sporedne gradske ceste i ulice
- industrijske ceste
- parkirališta
- pothodnici za pješake
- pješačke zone
- pješački putevi i staze
- šetališta
- parkovske staze
- biciklističke staze

Skupinu prometnica za spori promet označavamo po tome što su namijenjene isključivo pješacima i sporom prometu, odnosno biciklistima. Kod takve skupine prometnica vidni uvjeti javnog osvjetljenja moraju biti takvi da omogućuju sigurno kretanje pješaka i sporih vozila. Svjetlotehnički kriteriji po tom pitanju se ne temelje na vidnim uvjetima vožnje, nego na vidnim uvjetima pješaka. Stoga kriterij je vezan za dovoljnu vidljivost, a ne za vidni komfor koji je poželjan, ali nije primaran.

Stoga se kriterij kod prometa za spori promet vidno razlikuje od kriterija postavljenih za motorni promet. Naglasak kriterija za spori promet se temelji na dovoljnoj vidljivosti, ali naravno uz primjenu određenih normi koje zadovoljavaju javnu rasvjetu za spori promet kao takvu.

Kriterij vidljivosti kod sporog prometa se temelji na vidnim zahtjevima pješaka i to na vidnim funkcijama kontrastne osjetljivosti i oštine vida. Kod prometnica za spori promet kriterij vidljivosti nije povezan sa brzinom raspoznavanja kontrasta i oblika objekata. Stoga položaj promatrača i polje promatranja nisu definirani jer se vidno polje promatrača u sporom prometu često mijenja.

Svjetlotehnički zahtjevi za spori promet su znatno manji u usporedbi sa zahtjevima za motorni promet i ne temelje se na sjajnosti. Stoga je dovoljno da se javno osvjetljenje tih prometnica vrjednuje na osnovi osvjetljenosti. Kriteriji kvalitete javnog osvjetljenja za spori promet definiraju se prema faktorima kvalitete:

- nivoa osvjetljenosti
- ravnomjernosti osvjetljenosti
- ograničenju blještanja.

## 4. FAKTORI KVALITETE

Vidni uvjeti vozača određuju kriterij kvalitete osvjetljenja kod prometnica za motorni promet, a temelje se na sjajnosti. Stoga javno osvjetljenje za prometnice motornog prometa označuju sljedeći faktori kvalitete:

- nivo sjajnosti
- ravnomjernost sjajnosti
- ograničenje bliještanja
- optičko vođenje

Dakako, valja napomenuti kako kod prometnica za spori promet kriteriji kvalitete proizlaze iz vidnih uvjeta pješaka i temelje se na osvjetljenosti. Stoga javno osvjetljenje za prometnice sporog prometa označuju sljedeći faktori kvalitete:

- nivo osvjetljenosti
- ravnomjernost osvjetljenosti
- ograničenje bliještanja

### 4.1. NIVO SJAJNOSTI

Nivo sjajnosti se smatra kao osnovni faktor osvjetljenja prometnica. Sa svjetlotehničkog stajališta izrazito je značajan što veći nivo sjajnosti, zbog toga što vidljivost i vidni komfor ovise o tom faktoru kvalitete. Stoga povećanjem nivoa sjajnosti paralelno rastu kontrastna osjetljivost, brzina raspoznavanja kontrasta i oblika te oštrina vida, koje daju značaj kriteriju dobre vidljivosti. Na prometnicama koje su namijenjene za automobilski promet, isključivo na autocestama i brzim cestama, za dobru vidljivost u uvjetima vožnje potreban je nivo sjajnosti od 2 cd/m<sup>2</sup>. Na prometnicama koje imaju umanjeni promet dozvoljen je niži nivo sjajnosti od 0,5 i 2 cd/m<sup>2</sup>. Dakako niži nivo osvjetljenosti ovisi o gustoći i brzini prometa i dakako o složenosti cestovnog sistema.

Nivo sjajnosti usmjeren je poglavito na kolnik, odnosno na dio prometnice koji je za vozača najvažniji. Svjetlotehnički parametar usmjeren ka nivou sjajnosti naziva se „srednja sjajnost kolnika“. Srednja sjajnost kolnika definirana je kao „srednja pogonska vrijednost sjajnosti na površini suhog kolnika“. Stoga srednja sjajnost ovisi o fotometrijskim karakteristikama predviđene svjetiljke, geometriji uređaja osvjetljenja, refleksnim svojstvima površine kolnika i položaju promatrača.

#### **4.2. RAVNOMJERNOST SJAJNOSTI**

Ravnomjernost sjajnosti temelji se na raspodjeli sjajnosti na kolniku. Prema tom faktoru kvalitete vrjednuje se samo osvjetljenje prometnica za motorni promet. Ravnomjerna raspodjela sjajnosti utječe na vidljivost i vidni komfor, odnosno na dvije osnovne komponente vidnih uvjeta. Zbog toga je bitna što bolja raspodijeljenost sjajnosti, kako bi se zadovoljili dobri vidni uvjeti. Međutim, ravnomjernost sjajnosti može se poboljšati isključivo smanjenjem razmaka između svjetiljki ili posebnim optičkim sistemom u svjetiljkama. Stoga je ravnomjernost sjajnosti neizbježno povezan s povećanjem investicijskih troškova.

Ravnomjernost sjajnosti odnosi se isključivo na kolnik, koji je za vozače najvažniji dio prometnice i koji iziskuje kvalitetu svih vidnih uvjeta koji moraju biti zadovoljeni. Ravnomjernost sjajnosti ovisi o:

- fotometrijskim karakteristikama svjetiljke
- geometriji uređaja osvjetljenja
- refleksnim svojstvima površine kolnika
- položaju promatrača
- atmosferskim uvjetima

Međutim, ravnomjernost sjajnosti po preporukama CIE ovisi o općoj ravnomjernosti sjajnosti i uzdužnoj ravnomjernosti sjajnosti. Opća ravnomjernost sjajnosti izričito je bitna za dobru vidljivost i definirana je razmjerom između minimalne sjajnosti u polju vrednovanja i srednje sjajnosti u polju vrednovanja,

odnosno  $U_0 = L_{\min} / L$ . Uzdužna ravnomjernost sjajnosti je značajna za kvalitetu vidnog komfora te ne utječe na vidljivost. Uzdužna ravnomjernost sjajnosti definirana je razmjerom između minimalne sjajnosti na simetralnoj osi prometne trake i maksimalne sjajnosti na simetralnoj osi prometne trake, odnosno  $U_1 = L_{\min} / L_{\max}$ .

### **4.3. OGRANIČENJE BLJEŠTANJA**

U javnom osvjetljenju jedna od nepoželjnih pojava je blještanje, jer uzrokuje vidnu nelagodu i smanjuje vidljivost sudionicima prometa. Na taj način se neugodno djeluje na vidne uvjete. Zbog toga je ograničenje blještanja izuzetno važan faktor pri postizanju kvalitete javnog osvjetljenja. Posljedice koje uzrokuju blještanje razlikuju dvije osnovne vrste blještanja, psihološko blještanje i fiziološko blještanje.

Psihološko blještanje ima utjecaj na vidni komfor sudionika u prometu. Smanjuje se vozačeva koncentracija i komfor, ali se ne utječe na kvalitetu vidljivosti. Fiziološko blještanje ima neposredan utjecaj na vidljivost, zbog toga što smanjuje vidnu sposobnost svim sudionicima u prometu. Stoga se ta vrsta blještanja treba ograničiti u cjelokupnom javnom osvjetljenju. Kriteriji koji su u doticaju sa fiziološkim blještanjem su puno stroži od kriterija koji vrijede kod osvjetljenja prometnica sporog prometa.

### **4.4. OPTIČKO VOĐENJE**

Veliku ulogu u jasnoj vidljivosti i brznoj reakciji sudionika u prometu ima optičko vođenje, odnosno faktor kvalitete koji osigurava brzo i jasno razaznavanje. To se odnosi isključivo na tok prometnice, tok zavoja i svih moguće opasnih prometnih trasi (prijelazi, odvojeci, križanja) te udaljenosti koju određuje maksimalno dopuštena brzina vožnje. Stoga se taj faktor kvalitete odnosi samo na osvjetljavanje prometnica za motorni promet. Prilikom izrade projekta cestovnog osvjetljenja, vezano uz optičko vođenje, potrebno je uzeti u obzir sljedeće kriterije:

- svjetiljke je potrebno postaviti na vanjski rub kolnika



- na prometnicama odvojenih kolnika svjetiljke je potrebno postaviti na nevozno područje, odnosno između dva kolnika
- pri usmjeravanju kod prometnica na određenim dionicama potrebno je jasno istaknuti svjetiljke, odnosno predvidjeti različite izvore svjetlosti kako raznolikost boja svjetlosnih izvora ne bi djelovale kao putokazi. Primjer su autoputevi gdje je česta svjetlosna signalizacija.

#### 4.5. NIVO OSVJETLJENOSTI

Osvjetljenost je kao svjetlotehnička veličina ovisna o samoj jakosti svjetiljke. Zbog toga je nivo osvjetljenosti prometnice značajan samo za skupinu prometnica kod kojih su svjetlotehnički zahtjevi manji. Ti zahtjevi su vezani isključivo uz vidljivost, što znači da je taj faktor kvalitete značajan samo za osvjetljenje prometnice za spori promet. Svjetlotehnički parametar koji označava nivo osvjetljenosti naziva se „srednja vrijednost“.

Tablica 2. Razmjeri između srednje osvjetljenosti i srednje sjajnosti kolnika

SVJETILJKA		$\bar{E}/L$ [lx * (cd/m <sup>2</sup> ) <sup>-1</sup> ]	
Tip prekrivenosti	Raspodjela svjetlosne jačine	Kolnik	
		taman	svijetao
Prekrivena svjetiljka	Duboko zračenje	24	12
	Široko zračenje	16	8
Poluprekrivena svjetiljka	Duboko zračenje	18	9
	Široko zračenje	12	6
Neprekrivena svjetiljka	-	12	6

Tablica 3. Preporučene minimalne vrijednosti gornjih parametara (ravnornost osvjetljenosti)

VRSTA PROMETNICE	POVRŠINSKI SLOJ PROMETNICE	NIVO OSVJETLJENOSTI	RAVNORNOST OSVJETLJENOSTI	
		Pogonska srednja horizontalna osvjetljenost (lx)	Razmjer ravnornosti	Razmjer ravnornosti
Sporedne ceste i ulice u stambenim četvrtima	svijetao	3-6*	0,25	-
	Taman	6-12*		
Sporedne gradske ceste i ulice	svijetao	3-6*	0,25	-
	taman	6-12*		
Industrijske ceste	svijetao	6	0,25	-
	taman	12		
Parkirališta	-	10-20	0,33	-
Biciklističke staze	svijetao	6	0,25	-
	taman	12		
Parkovske staze i putovi	-	1**	-	-
Pješačke staze	-	1**	-	-
Nadzemne pješačke zone	-	1**	-	-
Podzemne pješačke zone	-	120	-	0,33
Pješački pothodnici	-	60-120	-	0,33
Pješački prijelazi	-	-	-	-

\*Vrijednosti srednjih osvjetljenosti određene su na prethodnoj tablici i proizlaze iz srednje sjajnosti od 0,5 cd/m<sup>2</sup>

\*\* Orijentacijska minimalna vrijednost za vrlo tamnu okolinu. Za svjetliju okolinu treba navedenu vrijednost odgovarajuće povišiti i prilagoditi sjajnosti (osvjetljenosti) okoline prometnice ili prometne površine.

#### 4.6. RAVNOMJERNOST OSVJETLJENOSTI

Ravnomjernost osvjetljenosti predstavlja faktor kvalitete javnog osvjetljenja za skupine prometnica koje svjetlotehnički kriterij vrjednuje na osnovi osvjetljenosti. Stoga ravnomjernost osvjetljenosti označuju 2 svjetlotehnička parametra:

$$E_{\min}/\bar{E} \quad \text{i} \quad E_{\min}/E_{\max}$$

Parametar ( $E_{\min}/\bar{E}$ ) je definiran količinom između minimalne i srednje horizontalne osvjetljenosti na površini prometnice. Dok je parametar ( $E_{\min}/E_{\max}$ ) definiran količinom između minimalne i maksimalne horizontalne osvjetljenosti na površini prometnice. Preporučene minimalne vrijednosti gornjih parametara vidljive su u Tablici 2.

## **5. PREPORUKE ZA JAVNO OSVJETLJENJE**

Preporuke za javno osvjetljenje definiraju svjetlotehničke zahtjeve u kvantitativnom obliku. Naime, u njima su dane preporučene brojčane vrijednosti faktora kvalitete osvjetljenja koji određuju kvantitativan i kvalitativan nivo javnog osvjetljenja. Na osnovu njih se brojčano mogu vrjednovati neki uređaji osvjetljenja. Međutim, cjelokupno javno osvjetljenje se može podijeliti u 2 osnovne skupine:

- Osvjetljenje prometnica za motorni promet
- Osvjetljenje prometnica za spori promet

U prvoj skupini svjetlotehnički kriteriji proizlaze iz samih vidnih uvjeta vozača, te se temelje na sjajnosti. U drugoj skupini svjetlotehnički kriteriji proizlaze iz vidnih uvjeta pješaka, stoga imaju manje zahtjeve. Kod obe skupine javnog osvjetljenja uočavamo jasnu razliku između svjetlotehničkih kriterija i faktora kvalitete. Stoga se i preporuke za osvjetljenje prometnica za motorni promet bitno razlikuju od preporuka za osvjetljenje prometnica sporog prometa.

Kod osvjetljenja prometnica motornog prometa kvantitativno možemo vrjednovati sljedeće faktore kvalitete osvjetljenja:

- Nivo sjajnosti
- Ravnomjernost sjajnosti
- Ograničenje bliještanja

Prethodno nabrojeni faktori se mogu brojčano vrjednovati pomoću odgovarajućih svjetlotehničkih parametara.

### **5.1. PREPORUKE CIE ZA JAVNO OSVJETLJENJE**

CIE (International Commission on Illumination) je međunarodna komisija koja se bavi svjetlom, osvjetljenjem, bojom i kolornim prostorima. CIE je osnovana 1931. godine, a sjedište joj je u Beču. Trenutno CIE ima sedam odjeljenja koja se bave različitim aspektima osvjetljenja, a ta odjeljenja su:

- Vidljivost i boja
- Mjerenje svjetla i zračenja
- Unutarnje osvjetljenje i oblikovanje unutarnjeg osvjetljenja
- Osvjetljenje i signalizacija u transportu
- Vanjsko osvjetljenje i duge primjene
- Fotobiologija i fotokemija
- Tehnologija slike

Sama organizacija Međunarodne komisije za osvjetljenje je značajna zbog toga što utvrđuje suvremene standarde i normative u području rasvjete. U aktualnim projektima javnog osvjetljenja se tako ostvaruje ekonomsko-tehnički optimum temeljen na europskim standardima i normativima. Dostignuća i promjena trendova u rasvjetnoj tehnici su tretirana i sa ekološkog aspekta. Razvojem se postiže veliko smanjenje eksploatacijskih troškova te svjetlosna zagađenja.

Tablica 4. Svjetlotehnički zahtjevi (EN 13201) postavljeni za motorni promet

<b>SVJETLOTEHNIČKI ZAHTJEVI PREMA EN 13201</b>					
<b>KLASA</b>	<b>OPSEG PRIMJENE</b>				
	<b>SVI PUTEVI</b>	<b>SVI PUTEVI</b>	<b>PUTEVI S MALIM BROJEM KRIŽANJA</b>	<b>SVI PUTEVI</b>	<b>PUTEVI S PJEŠAČKIM STAZAMA</b>
	<b>L<sub>sr</sub> (cd/m<sup>2</sup>)</b>	<b>U<sub>0</sub> (min)</b>	<b>U<sub>1</sub> (min)</b>	<b>TI (%) max početno</b>	<b>SR Min</b>
<b>ME1</b>	2,0	0,4	0,7	10	0,5
<b>ME2</b>	1,5	0,4	0,7	10	0,5
<b>ME3a</b>	1,0	0,4	0,7	15	0,5
<b>Me3b</b>			0,6		
<b>Me3c</b>			0,5		
<b>ME4a</b>	0,75	0,4	0,6	15	0,5
<b>ME4b</b>			0,5		
<b>ME5</b>	0,5	0,35	0,4	15	0,5
<b>ME6</b>	0,3	0,35	0,4	15	-

U prethodno navedenoj tablici su prikazani svjetlotehnički zahtjevi koji su usmjereni prema prometnicama za motorni promet. Stoga valja pojasniti ME klase koje se u normativima na taj način obznajuju.

- ME1 – autoput i brze ceste
- ME2 – glavne ceste
- ME3a, ME3b i ME3c – važnije prometnice i gradske ulice
- ME4a i ME4b – sporedne ceste i gradske ulice
- ME5 – sabirne ulice
- ME6 – stambene ulice

Tablica 5. Svjetlotehnički zahtjevi (EN 13201) postavljeni za spori promet

<b>SVJETLOTEHNIČKI ZAHTJEVI PREMA EN 13201</b>			
<b>SVJETLOTEH. KLASE</b>	<b><math>E_{sr}</math> Minimalno pogonsko</b>	<b><math>E_{min}(Ix)</math> pogonsko</b>	<b>Opis puta</b>
<b>S1</b>	15	5	Ulice s atraktivnim stambenim i drugim sadržajima Potrebno raspoznavanje lica, detalja puta i okoline
<b>S2</b>	10	3	Veliki broj pješaka ili biciklista u noćnim satima Potrebno raspoznavanje lica, detalja puta i okoline
<b>S3</b>	7,5	1,5	Umjeren broj pješaka ili biciklista u noćnim satima Potrebno uočavanje lica i puta
<b>S4</b>	5	1	Malobrojni pješaci ili biciklisti u noćnim satima Potrebno uočavanje lica i puta
<b>S5</b>	3	0,6	Malobrojni pješaci ili biciklisti u noćnim satima Važno je sačuvati arhitektonski karakter ambijenta
<b>S6</b>	2	0,6	Jako mali broj pješaka ili biciklista u noćnim satima Važno je sačuvati arhitektonski karakter ambijenta
<b>S7</b>	-	-	Putevi na kojima se zahtjeva samo vizualno vođenje koje potječe od direktne svjetlosti svjetiljke

## 5.2. PREPORUKE CIE ZA CESTOVNO OSVJETLJENJE

Svjetlotehnički parametri kojima se vrjednuju faktori kvalitete cestovnog osvjetljenja po preporuci CIE:

- Pogonska srednja sjajnost suhog kolnika u polju vrjednovanja (dio kolnika između 2 susjedne svjetiljke)
- Minimalna opća ravnomjernost sjajnosti ( $U_{0min}$ ) u polju vrjednovanja
- Minimalna uzdužna ravnomjernost sjajnosti ( $U_{lmin}$ ) na simetralnoj osi svakog voznog traka u polju vrjednovanja
- Minimalni indeks blještanja ( $G_{min}$ )
- Maksimalni relativni porast praga ( $TI_{max}$ )

Preporučene vrijednosti svjetlotehničkih parametara koji su nabrojani dane su u sljedećoj tablici.

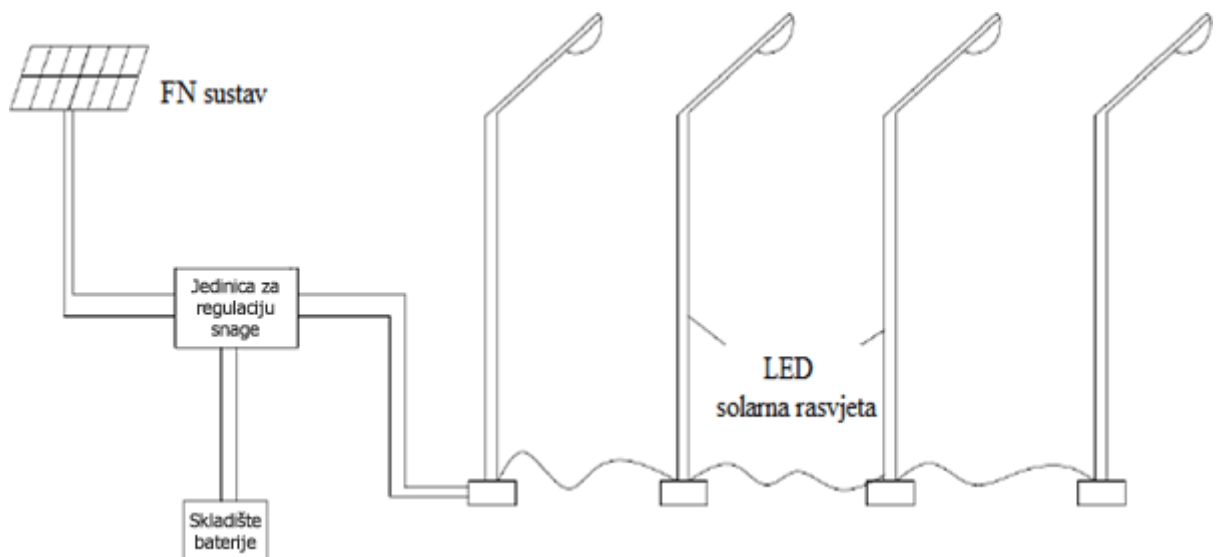
Tablica 6. Preporuke CIE za cestovno osvjetljenje

Svjete h. klasa ceste	NAZIV CESTE	OKOLINA CESTE	NIVO SJAJNOSTI	RAVNOMJERNOST SJAJNOSTI		OGRANIČENJE BLJEŠTANJA	
			Pogonska srednja sjajnost suhog kolnika	Minimalna opća ravnomjer. ( $U_{0min}$ )	Minimalna uzdužna ravnomjer. ( $U_{lmin}$ )	Minimalni indeks blještanja ( $G_{min}$ )	Max. relativni porast praga ( $TI_{max}$ (%))
A	Autoput	Proizvoljna	2	0,4	0,7	6	5
B	Brza cesta	Svijetla Tamna	2 1	0,4	0,7	5 6	10 5
C	Glavna cesta	Svijetla Tamna	2 1	0,4	0,5	5 6	10 10
D	Gradska cesta	Svijetla	2	0,4	0,5	4	20
E	Sabirna cesta	Svijetla Tamna	1 0,5	0,4 0,3	0,5	4 5	20 10



## 6. SOLARNA JAVNA RASVJETA

Međutim, sukladno razvojem tehnologije i sveukupnog stila života mijenjaju se trendovi u svim sferama života. Isto tako se mijenjaju trendovi koji su usmjereni na javnu rasvjetu, odnosno javno osvjetljenje. Sukladno pomicanju granica ekonomičnosti, energetske efikasnosti i ekološke prihvatljivosti pomiču se tehnološki kriteriji izvedbe i postavljanja javne rasvjete. Pomicanjem granica i samim razvojem tehnologije dolazimo do javne rasvjete koja funkcioniра na principu solarne energije. Osnovni princip rada solarne rasvjete temelji se na fotonaponskim FN modulom. FN modul se nalazi na vrhu stupa te pretvara sunčevo zračenje u električnu energiju. Električna energija dobivena iz sunčevog zračenja se akumulira u baterije. Samo akumuliranje električne energije se elektronički nadzire preko regulatora koji održava napone punjenja akumulatora, dakako u dozvoljenim granicama. Isto tako regulator štiti baterije od oštećenja koja može uzrokovati over-charge. Kako ne bi došlo do neželjenih posljedica, odnosno over-chargea, kada se baterije napune regulator automatski prekida daljnje punjenje.



Slika 1. Centralizirani sustav solarne javne rasvjete

Solarna javna rasvjeta se pokazuje kao isplativo, ekonomično i trajno rješenje u situacijama gdje je investicija za postavljanje električne energije preskupa ili je teren nepristupačan za postavljanje kabela ili elektrifikacijskih stupova. Također princip osvjetljavanja prometnica, parkirališta, šetnica, parkova i drugih javnih površina predstavljaju područja na kojima je moguća realizacija postavljanja sustava solarne javne rasvjete zbog jednostavnosti postavljanja i dugoročne ekonomske isplativosti. Cjelokupni proces postavljanja klasične ulične rasvjete iziskuje velike troškove i smatra se ekonomski neisplativom. Sami proces postavljanja zahtjeva kopanje, asfaltiranje, duljine kablova i dalekovoda. Instalacija ulične rasvjete nema takvih problema zato jer je jednostavna i brza. Zbog autonomnosti solarnoj rasvjeti ne smeta prekid u radu elektronske mreže, te je i tim situacijama potpuno funkcionalna.

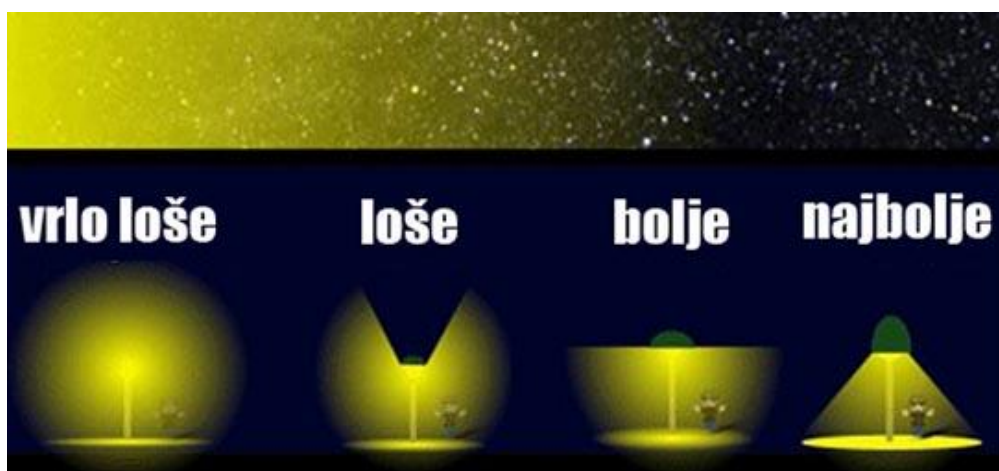


Slika 2. Solarni rasvjetni stup s FN modulom na vrhu stupa



Slika 3. Primjena solarne javne rasvjete uz prometnicu

Prateći trendove i uporabom solarne energije za pretvorbu električne uvelike se zadovoljava ekonomičnost sistema, energetska efikasnost te ekološka prihvatljivost. Ekološka prihvatljivost i njezini kriteriji za uspostavljanje sistema mora biti na razini. Samim ekološkim kriterijima pomičemo granice i na taj način djelujemo na očuvanje samog ekosistema, koji u protivnom snosi dugoročne posljedice koje su ponekada i nevidljive.



Slika 4. Pravilno postavljanje javne rasvjete

## 7. SVJETLOSNO ONEČIŠĆENJE

Svjetlosno onečišćenje opisujemo kao popratnu pojavu industrijske civilizacije, neadekvatnog planiranja te nedostatka stručnosti. Problem prekomjerne rasvjete također je ekonomske prirode, jer se proizvedena energija troši u prekomjernim količinama, odnosno više nego je potrebno.

Umjetna noćna rasvjeta do služi kao mjera za sigurnost putnika, odnosno stanovnika. Postoje različite potrebe pa tako mala sela, neki manji gradovi i mjesta nemaju jednake potrebe za noćnom rasvjetom kao što to imaju velegradovi. Također i slabo prometne ceste koje služe za prometovanje isključivo motornih vozila, slabije su osvijetljene nego primjerice pješačke zone i pješački prijelazi. Izvori svjetlosnog onečišćenja su:

- nezasjenjene svjetiljke,
- nepropisno ugrađene svjetiljke,
- osvijetljeni reklamni panoi



Slika 5. Svjetlosno onečišćenje

Jedna od svakako nepoželjnih posljedica prouzročenih svjetlosnim onečišćenjem je širenje emisije ugljikovog dioksida što šteti okolišu. Svjetlosno onečišćenje isto tako prijete i opstancima nekih vrsta u pojedinim ekosustavima, zbog toga što ih svjetlosno onečišćenje ometa u raspoznavanju dana i noći. Remećenje prirodnog tijeka ekosustava ima velike posljedice zato što pojedine vrste postoje upravo zbog svog prirodnog ciklusa i instinkta. Stoga prekomjerno javno osvjetljenje, odnosno svjetlosno onečišćenje remeti život noćnim životinjama. Kukci se u noćnim satima, privučeni umjetnom rasvjetom, skupljaju oko ulične rasvjete i ošamućeni padaju na tlo. Posljedica okupljanja kukaca oko ulične rasvjete je porast broja crnih udovica koje se njima hrane. Zbog promjena ciklusa dan – noć pojedine vrste kao mravi počinju raditi noću te se ptice ranije gnijezde. Svakako valja naglasiti kako su šišmiši, noćni kukci i većina ptica izrazito osjetljivi na noćnu rasvjetu, te se na taj način remeti i njihov prirodni ciklus življenja.

Naravno, umjetna rasvjeta nepovoljno utječe i na čovjeka, što je posebno zabrinjavajuća činjenica. Pretjeranom umjetnom rasvjetom se remeti san, stvaraju se hormonalni poremećaji i stres. Studije pokazuju povezanost umjetne rasvjete i raka, kao i izazivanja privremenog slabljenja vida. “Žarulje velike jakosti više pridonose `svjetlosnom zagađenju okoliša`, za koje je studija pokazala da je kancerogeno zagađenje” primjećuje profesor Abraham Haim koji je upravljao studijom.

„Prijašnje studije u kojima je profesor Haim sudjelovao na Sveučilištu Haifa pokazale su da ljudi koji žive u područjima s većim noćnim osvjetljenjem imaju veću vjerojatnost dobivanja raka prostate kod muškaraca i raka dojke kod žena. Istraživačka hipoteza bila je da LAN šteti proizvodnji melatonina, hormona koji proizvodi epifiza (pinealna žlijezda) tijekom noćnog dijela 24-satnog ciklusa i koji je povezan s cikličkom dnevnom i noćnom aktivnosti i sezonalnosti tijela. Ako taj hormon zataji, raste mogućnost dobivanja raka.“

## 8. ZAKLJUČAK

Javna rasvjeta, zbog svoje uloge osvjetljavanja javnih površina, prometnica i pješačkih staza, čini neizostavan faktor kvalitete života te pruža osjećaj sigurnosti i lakoću raspoznavanja u noćnim satima.

Naravno, javna rasvjeta ovisi o svojoj kvaliteti i funkcionalnosti. Stoga zaključujemo da javna rasvjeta ima dvojaku funkciju. Primarno javna rasvjeta osigurava sigurni promet osoba i vozila noću kroz naseljene i nenaseljene javnoprometne površine. Sekundarno da svjetlom istakne ambijentnost prostora, ali naravno na način da ne naštetiti sigurnosti prometa i da ne uzrokuje svjetlosno onečišćenje.

Nestručnim planiranjem i postavljanjem javne rasvjete dolazi do neželjenih posljedica poput svjetlosnog onečišćenja i problema ekonomske prirode. Praćenjem zadanih normi, pravila i standarda pri postavljanju i korištenju javne rasvjete, neželjene posljedice se mogu spriječiti ili u velikoj mjeri umanjiti.

Javna rasvjeta čini neizostavan dio naše svakodnevice, ali je potrebno njezino distribuiranje na funkcionalan i ekonomsko-ekološki prihvatljiv način.

## 9. LITERATURA

[1] PODLIPNIK, P., A. ČOP (1978): Svjetlotehnički priručnik, Elektrokovina, Maribor, str. 121-136.

[2] DIMIĆ, G. L. (1972): Osvjetljenje 1, Građevinska knjiga Beograd, Beograd, 331 str.

[3] KULIŠIĆ P., V. LOPAC (2003): Elektromagnetske pojave i struktura tvari, Školska knjiga, Zagreb, 510 str.

[4] VAN BOMMEL, W. (2015): Road lighting, Springer International Publishing Switzerland, 318. str

[5] ŽUNIĆ, N. (2006): Trendovi u javnom osvjetljenju [online]. Brčko. Dostupno na: <http://www.conramdoo.com/download/TRENDOVI%20U%20JAVNOM%20OSVJETLJENJU.pdf>

[6] PENIĆ, B. (2014): „Kako bi naši gradovi izgledali da nema zagađenja svjetlom?“ <http://znanost.geek.hr/clanak/kako-bi-nasi-gradovi-izgledali-da-nema-zagadenja-svjetlom/>

[7] ANONYMOUS: Solarna javna rasvjeta, 01.06.2015., [http://www.solarprojekt.hr/index-solarna\\_javna\\_rasvjeta.html](http://www.solarprojekt.hr/index-solarna_javna_rasvjeta.html)