

# JAVNA RASVJETA

---

**Kujundžija, Nikola**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2021**

*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:128:412247>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-23**



**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

Nikola Kujundžija

# **JAVNA RASVJETA**

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2021.

Karlovac University of Applied Sciences  
Safety and Protection Department  
Professional undergraduate study of Safety and Protection

Nikola Kujundžija

# **PUBLIC LIGHTING**

FINAL PAPER

Karlovac, 2021.

Veleučilište u Karlovcu  
Odjel Sigurnosti i zaštite  
Stručni studij sigurnosti i zaštite

Nikola Kujundžija

# **JAVNA RASVJETA**

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Filip Žugčić mag.ing.el

Karlovac, 2021.



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
**KARLOVAC UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES**  
Trg J.J.Strossmayera 9  
HR-47000, Karlovac, Croatia  
Tel. +385 - (0)47 - 843 - 510  
Fax. +385 - (0)47 - 843 - 579



## **VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**

Stručni / specijalistički studij: Stručni studij Sigurnosti i zaštite  
(označiti)

Usmjerenje: Zaštita na radu

Karlovac, 2021.

### **ZADATAK ZAVRŠNOG RADA**

Student: Nikola Kujundžija

Matični broj: 0415617012

Naslov: Javna rasvjeta

Opis zadatka:

Javna rasvjeta je jedan od najbitnijih čimbenika svakog područja koji je naseljen, i jednako tako ima veliki utjecaj na razvoj naselja i područja gradova kako bi se osiguralo stanovništvo prilikom kretanja po noći. Jednako tako, jedna od uloga je osigurati potrebnu vidljivost, a uz to može pridonijeti jako lijepom estetskom dojmu područja koji je osvijetljen. Poblje ćemo objasniti koje su štetnosti iste, kako za ljude, tako i za eko sustav, zatim opisati sustav funkcioniranja javne rasvjete kao i pametne javne rasvjete te zaključiti što će se dogoditi u budućnosti javne rasvjete.

Zadatak zadan:

Rok predaje rada:

Predviđeni datum obrane:

Mentor:

Predsjednik Ispitnog povjerenstva:

Filip Žugčić, mag.ing.el.

## PREDGOVOR

Zahvaljujem svom mentoru mag. ing. el. Filipu Žugčiću koji je pratio cijeli proces nastajanja završnog rada i svojim savjetima usmjeravao me kako da prevladam probleme koji bi se pojavili prilikom izrade samog završnog rada.

Zahvaljujem svojoj obitelji na velikom strpljenju, odricanju i potpori koju su mi pružili tijekom mog studiranja.

Zahvalio bih se svim prijateljima i kolegama koji su na bilo koji način pridonijeli mom uspješnom završetku studija.

## SAŽETAK

Tema ovog završnog rada je javna rasvjeta. Ona je, zbog svoga osvjetljavanja svih javnih površina, ulica i cesta te pješačkih staza jako bitan čimbenik koji pruža osjećaj sigurnosti, olakšanja prilikom kretanja u noćnim satima. Na početku govorim o svjetlosti, vrstama žarulja kao i o tehnologiji osvjetljenja. Zatim prelazim na javnu rasvjetu općenito, njenom održavanju kao i najbitnijim elementima. Također navest ću štetnosti javne rasvjete, kako za ljude tako i za cijeli eko sustav. Spomenut ću i budućnost javne rasvjete, a to su LED diode i pametna javna rasvjeta. Na kraju, zaključujem završni rad sa činjenicama i vlastitim mišljenjem.

**Ključne riječi:** svjetlost, javna rasvjeta, žarulje, LED lampe, pametna javna rasvjeta

## SUMMARY

The topic of the final paper is Public Lighting. Public lighting, due to its role of illuminating public areas, roads and footpaths, is a very important factor in the quality of life as it provides a sense of security and ease of recognition at night. At the beginning I am talking about light, types of light bulbs as well as lighting technology. Then I move on to public lighting in general, its maintenance as well as the most essential elements. I will also list the harmful effects of public lighting, both for humans and for the entire ecosystem. I will also mention the future of public lighting, which are LEDs and smart public lighting. In the end, I conclude the final work with facts and my own opinion.

**KEY WORDS:** light, public lighting, light bulbs, LED lamps, smart public lighting

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	1
<b>2. SVJETLOST</b> .....	2
<b>2.1. Tehnologija osvjetljenja</b> .....	2
<b>2.1.1. Lampe sa žarnom niti</b> .....	3
<b>2.1.2. Izbojni rasvjetni elementi</b> .....	4
<b>2.1.3. Poluvodičke lampe</b> .....	6
<b>3. JAVNA RASVJETA</b> .....	7
<b>3.1. Svrha</b> .....	8
<b>3.2. Elementi javne rasvjete</b> .....	8
<b>3.2.1. Izvor svjetlosti</b> .....	8
<b>3.2.2. Kondenzator, prigušnica i starter</b> .....	9
<b>3.3. Održavanje javne rasvjete</b> .....	10
<b>3.4. Svjetlotehničke smjernice javnog osvjetljenja</b> .....	10
<b>3.5. Raspored svjetiljki</b> .....	11
<b>4. ŠTETNOSTI JAVNE RASVJETE</b> .....	12
<b>4.1. Ugrožavanje ljudskog zdravlja</b> .....	12
<b>4.2. Ugrožavanje eko-sustava</b> .....	12
<b>5. LED DIODE</b> .....	14
<b>5.1. Konstrukcija</b> .....	14
<b>5.2. Prednosti LED-a</b> .....	15
<b>5.3. Nedostaci LED-a</b> .....	16
<b>5.4. Primjena LED tehnologije u javnoj rasvjeti</b> .....	16
<b>6. PAMETNA JAVNA RASVJETA</b> .....	18
<b>6.1. Upravljanje pametnom javnom rasvjetom</b> .....	20
<b>6.2. Sustavi za upravljanje pametne javne rasvjete</b> .....	21
<b>7. PAMETNA JAVNA RASVJETA U HRVATSKOJ</b> .....	23
<b>7.1. Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost</b> .....	23
<b>7.2. ESCO model financiranja</b> .....	24
<b>8. ZAKLJUČAK</b> .....	25
<b>9. LITERATURA</b> .....	26
<b>10. PRILOZI</b> .....	29
<b>10.1. Popis slika</b> .....	29
<b>10.2. Popis Tablica</b> .....	29



## 1.UVOD

Javna rasvjeta je jedan od najbitnijih čimbenika svakog područja koji je naseljen, i jednako tako ima veliki utjecaj na razvoj naselja i područja gradova kako bi se osiguralo stanovništvo prilikom kretanja po noći. Jednako tako, jedna od uloga je osigurati potrebnu vidljivost, a uz to može pridonijeti jako lijepom estetskom dojmu područja koji je osvijetljen.

Javnu ili električnu rasvjetu možemo objasniti kao primjenu svjetlosti koju možemo dobiti iz električne energije. U svijetu se sve više povećava svijest o potrošnji energije trošila stoga je jednaka situacija i sa rasvjetnim tijelima, pa je ekonomičnost ovdje i najvažniji faktor, jer ako su veći troškovi energije, veći su i novčani troškovi.

Osim spomenutih ekonomičnih faktora, u svijetu se povećala i svijest o zagađenju i štetnosti okoliša, te o održivom razvoju jer se gleda sadržava li određeni proizvod nekakve štetne tvari i može li se on sigurno zbrinuti i odložiti nakon njegove uporabe. U spomenutoj rasvjeti vrlo je važno da dobijemo što veći faktor osvijetljenosti za što manje energije kako bi što više uštedili, ali i zbog štetnosti i utjecaja na okoliš.

Kao u velikoj većini zemalja svijeta tako i u Republici Hrvatskoj ogroman dio električne energije se dobiva iz elektrana koje koriste neobnovljive izvore energije, a one stvaraju jako veliki problem za okoliš zbog toga što ispuštaju velike količine stakleničkih plinova te je zaključak svega da što je veća potrošnja energije veća je i potražnja za proizvodnjom te energije, a uz to je i veće zagađenje okoliša.

## **2. SVJETLOST**

Svjetlost predstavlja svako zračenje koja prouzrokuje neposredno vidljivo zračenje. Svjetlost je, dakle, zračena energija koja kada dođe do čovjekova oka i koja se vidi u vidnom organu i zatim pretvori u vidno opažanje i nekakav osjećaj svjetline. Za svjetlost možemo reći i da je to elektromagnetsko zračenje koje je vidljivo ljudskom oku, a ono može vidjeti u prosjeku svjetlost sa valnom duljinom u rasponu otprilike od 390 do 750 nm.

Dakle, ljudsko oko reagira samo na određeni tj. ograničeni raspon valnih duljina na vidljivu svjetlost. Između ostalog, ono raspoznaje i neke vrlo male razlike unutar raspona. Stoga možemo reći da su boje male frekvencijske razlike u području svjetlosti koja je vidljiva. Plava i ljubičasta svjetlost imaju najkraću valnu duljinu, dok crvena svjetlost ima najdulju. Vidljivo zračenje se ne opaža samo po sjajnosti nego i po bojama. Svako vidljivo zračenje u oku uzbuđi nekakvo osjećanje boja koje nazivamo podražaj boja. [1]

Tijela koja stvaraju svjetlost nazivaju se svjetlosni izvori. Postoje prirodni izvori svjetlosti (zvijezde, Sunce) i umjetni izvori poput žarulje ili svijeće. Svjetlost se rasprostire na sve strane te proizvodi svjetlosne zrake.

### **2.1. Tehnologija osvjetljenja**

Kombinaciju više rasvjetnih tijela nazivamo vanjskom rasvjetom. Dijelovi rasvjetnih tijela su potporna struktura tj. armatura (stupovi i nosači) i lampe koji su izvori svjetla. Kada odabiremo lampe moramo obratiti pozornost na sljedeće faktore: intenzitet svjetlosti, spektar svjetla, karakteristike paljenja, učinkovitost, troškove održavanja, vijek trajanja, utjecaj na okoliš i sl. Postoje dva čimbenika u kontekstu dizajna svjetlosti. Prvi ima naglasak na estetici i trudi se postići da rasvjeta bude lijepa te da se uklapa i danju i noći u okoliš. Drugi se bazira na funkcionalnosti odnosno postiže da površine budu jasno osvijetljene uz što manje štetnih utjecaja. Ciljevi čimbenika su dosta različiti, no međusobno nisu isključeni.

Prema Narisadi i Schreuderu (2004.) rasvjetne elemente možemo podijeliti u tri skupine:

- Žarulje
- Izbojni rasvjetni elementi (fluorescentni i lučni)
- Poluvodički rasvjetni elementi (LED)

Četiri osnovna dijela građe električnih lampi, neovisno o njezinom tipu su:

- Dio koji emitira svjetlo
- Vanjski balon ili omotač – štiti 1.dio
- Potporna struktura na koju je emitirajući dio fiksiran unutar same lampe
- Električni vodovi i kontakti koji služe za povezivanje lampe na izvor struje

Elementi žarulja imaju strukturu niti, a izbojni rasvjetni elementi imaju plinove koji se nalaze unutar zatvorene cijevi. LED rasvjetu karakterizira emisija svjetla koja se događa unutar konstruiranog poluvodičkog kanala. [2] Za lampe kažemo da su to uređaji kod kojih dolazi do pretvaranja električne energije u svjetlosnu energiju. Postoji manji dio energije koji vidimo kao svjetlost, a veliki dio se gubi na nevidljivo zračenje. Sva energija koja je preostala prelazi u toplinu pa se može reći da se na obične žarulje više grijemo nego što se osvjetljavamo.

### **2.1.1. Lampe sa žarnom niti**

Ova vrsta lampi sadrži žarnu nit koja se nalazi unutar staklenog balona. Možemo ih podijeliti u dvije vrste: klasične i halogene lampe. Wolfram je materijal od kojeg je žarna nit napravljena, a do svjetla dolazi zagrijavanjem. Kako je veća temperatura tako je veći i svjetlosni tok.

Metal koji ispari nakon nekog vremena se manifestira kao crni sloj na unutarnjoj stijenci i odmah smanjuje učinkovitost lampe. Prednosti ovakve lampe su: dostupnost, niska cijena, mogućnost prigušenja svjetla, dobro obojenje. [3] A nedostaci su: niska učinkovitost, kratki životni vijek i dosta veliki utrošak energije.

Halogene lampe sa žarnom niti izrađene su kako bi se smanjio problem kratkog životnog vijeka lampi. Nova je konstrukcija lampe i nema staklenog balona nego je sada kvarcni koji je ispunjen plinom pod tlakom većim od atmosferskog. Neke od prednosti su veća učinkovitost, duži vijek trajanja što je zapravo i najvažnija prednost.



Slika 1. Žarulja sa žarnom niti [18]

### 2.1.2. Izbojni rasvjetni elementi

Ovakve vrste lampi rade na principu prolaska struje kroz plin ili paru metala te na taj način nastaje svjetlo. Neke od prednosti su visoka učinkovitost, dug životni vijek i visoka svjetlina. Neki od osnovnih dijelova ovih lampi su: staklena cijev, armatura i električni kontakti. [4]

Neke žarulje također imaju zaštitni omotač ili balon koji štiti cijev koja je zapravo najvažniji dio. Ona je izrađena od kvarca ili stakla, ali u zadnje vrijeme sve češće se koristi aluminijska keramika koja je otporna na visoke temperature, tlakove i kemijsko djelovanje vrućih metalnih para. Tri grupe izbojnih rasvjetnih elemenata:

- Obične izbojne lampe
- Fluorescentne lampe
- Lampe s metalnim halidima

#### Obične izbojne lampe

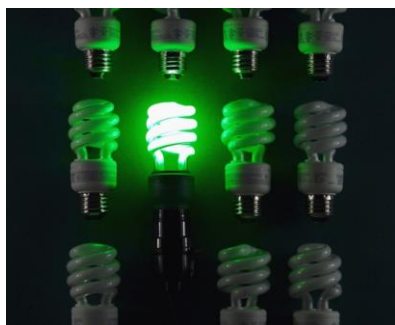
Obične izbojne lampe rade sa različitim plinovima i metalnim parama. Unutar prozirnog balona su vidljivi cijev i plin tijekom gorenja. Danas se najčešće koriste natrijeve lampe pod niskim pritiskom koje se još nazivaju i LPS lampe, postoje i natrijeve lampe pod visokim pritiskom, koje se zovu HPS lampe.

LPS lampe su jedne od najučinkovitijih lampi jer imaju najduži vijek od svih lampi, najmanje troše energije te je moguće paljenje u uvjetima kad su niske temperature. One svijetle žutim svjetlom, a to je njihova i prednost i mana. Jedna od prednosti im je visoka osjetljivost koju pruža oku na tu valnu duljinu.

HPS lampe jednako tako imaju slične prednosti kao i LPS lampe, a njihova mana je ta što imaju crveno – žuto svjetlo.

### Fluorescentne lampe

Fluorescentne lampe se razlikuju jer imaju fluorescentni premaz sa unutarnje strane kroz kojeg se ne vidi unutrašnjost. Ovdje spadaju i živine lampe koje imaju visoki tlak i one se koriste npr. za osvjjetljenje stadiona. Glavna uloga toga premaza je poboljšati efikasnost kvalitete boje svjetla tako što se dodaje više crvene boje. Danas su one gotovo svugdje zamijenjene sa HPS lampama jer imaju velike količine žive u sebi i proizvode nepovoljne boje svjetla. Ove lampe su zabranjene na području zemalja EU. U unutarnjoj rasvjeti koriste se često fluorescentne cijevi koje proizvode ultraljubičasto zračenje, a rade uz pomoć živinih para pod niskim tlakom. Za njih je također potreban premaz kako bi se lakše dobio vidljiv spektar. Prednost ovakvih lampi je što rade pod niskim tlakom, slične su kao i gore navedene, a mane su im to što imaju relativno malu osvjjetljenost, mali svjetlosni tok i sl. [5]



Slika 2. Fluorescentna žarulja[19]

## Lampe s metalnim halidima

Osnovno obilježje ovih lampi je to što su živine pare pod visokim tlakom unutar balona koji je proziran. Cijev koja se unutra nalazi izrađena je od kvarca ili aluminijske keramike. Osim žive, u njoj se nalaze i halidni dodaci nekih metala koji su jako rijetki. Nedostatak nekih valnih duljina za posljedicu ima neugodnu obojenost koja nastaje u ranijoj izvedbi. Stoga, kako bi povećali učinkovitost, dodajemo metal. Prednost lampi sa metalnim halidima jesu učinkovitost, veliki svjetlosni tok, visoka osvjetljenost te činjenica kako dobro prikazuje boju osvjetljenosti nekog predmeta.

### **2.1.3. Poluvodičke lampe**

Ova generacija poluvodičkih lampi dosta se razlikuje od prošlih generacija po mnogo čemu. Ove lampe stvaraju svjetlosni tok električne struje kroz svjetlosnu diodu odnosno LED diodu. U vanjskoj rasvjeti one se ne koriste često, jedino u prometu za potrebe signaliziranja, ali se jednako tako sve više počinje primjenjivati jer na tržište dolaze novi pa ujedno i efikasniji i povoljniji modeli LED lampi. [6]



Slika 3. LED žarulja [20]

### 3. JAVNA RASVJETA

Od najranijeg vijeka ljudi su smišljali kako osvijetliti ulice, trgove i staze kada nestane prirodna rasvjeta, i kada nastupi potpuni mrak. Naši stari su to rješavali u skladu sa svojim mogućnostima, dakle, snalazili su se kako su znali. Postavljali su upaljene baklje na zidove i trgove u najvažnijim dijelovima grada, te ondje gdje su živjeli vladari njihova grada i uvaženi ljudi.

Stoga možemo zaključiti da je javna rasvjeta u prošlom vremenu bila rezervirana samo za određene ljude, ljude koji su bili na vlasti u državi. Kada se otkrila izmjenična struja, počela se koristiti i javna rasvjeta koja je onda bila dostupna svima, a ne samo određenim ljudima. [7] Stupovi koji su postali sastavni dio grada, ulica, trgova i slično omogućili su osvjetljenje svakog dana. S vremenom se izgradila velika mreža javne rasvjete kakvu poznajemo i danas, ujedno se stvorio i veliki broj potrošača električne energije, a sve zato da bi se ljudima omogućio lakši, ugodniji i sigurniji život noću.

Izgradnju i održavanje javne rasvjete regulira Zakon o komunalnom gospodarstvu NN 36/95, 70/97, 128/99, 57/00, 129/00, 59/01, 26/03, 82/04, 110/04, 178/04, 38/09, 79/09, 153/09, 49/11, 84/11, 90/11, 144/12, 94/13, 153/13, 147/14 i 36/15. U Republici Hrvatskoj izgradnja i održavanje javne rasvjete je u nadležnosti općina i gradova. Uvidom u proračune gradova možemo dobiti jasnu sliku o cijeni korištenja javne rasvjete. [8]



Slika 4. Javna rasvjeta ceste [21]

### **3.1. Svrha**

Vanjsku rasvjetu možemo definirati kao fiksnu umjetnu rasvjetu, a za cilj ima osvijetliti sva otvorena područja kako bi se poboljšala vizualna sposobnost te kako bi se ljudima olakšale njihove aktivnosti i povećala aktivnost tj. učinkovitost tijekom dana, ali i noći. Često se koristi u estetsku svrhu odnosno radi uljepšavanja gradova. Određene građevine, spomenici i slično bolje se ističu noću, a raspodjela boja omogućava da objekti izgledaju sasvim drugačije nego preko dana. To je posao dizajnera svjetla. Cilj takvog osvijetljenja je prikazati dobre strane nekog objekta ili građevine, većinom u svrhu turizma. Kako bi se izbjeglo rasipanje energije, treba usmjeriti i uvažiti neke tehničke odrednice i smjernice.

Međutim, javna rasvjeta se jako malo koristi kako bi se osvijetlile određene građevine, mjesta i slično nego je prvenstveno osvijetljenje trgova, ulica i mjesta odvija radi sigurnosti. Smatra se da dobra ulična rasvjeta smanjuje stopu kriminala. Osnovni zahtjevi osvijetljenja na ulicama, trgovima i mjestima su pružiti sigurno kretanje te osigurati dobru orijentaciju pješacima i vozačima u prometu. Trgovi su najčešće jako velika i prometna mjesta te se stoga koristi visokokvalitetna rasvjeta koja je dosta jaka. Javna rasvjeta koja se koristi za osvijetljavanje povijesnih spomenika, fontana, parkova je opravdana, ujedno i korisna, no mora se obratiti pozornost na vrstu rasvjete i lokaciju na kojoj se objekt nalazi. [9] Rasvjeta u prometu spada pod funkcionalnu rasvjetu što nam pruža jednaku aktivnost danju i noću, a na to možemo gledati kao važnu prednost našeg društva.

### **3.2. Elementi javne rasvjete**

#### **3.2.1. Izvor svjetlosti**

Poznajemo dva načina proizvodnje umjetnog svjetla, a to su termičko zračenje i luminiscentno zračenje. Osnovni princip termičkog zračenja je da struja prolazi kroz materijal dok se ona ne zagrije do temperature kod koje dobijemo jasno vidljiv spektar svjetlosti. Svjetlost se generira kod žarulja na izboj, na principu luminiscentnog zračenja. U staklenoj cijevi koja je napunjena ili plinom ili parama jasno je vidljivo kretanje elektrona koji se sudaraju pod djelovanjem magnetskog polja.



Danas se sve više počinju koristiti svjetiljke LED žarulje jer imaju veću iskoristivost i uz to pripadaju luminiscentnom zračenju, te time imaju još veću iskoristivost od ostalih žarulja.

Svjetiljke su jako bitan, skup i važan izvor svjetlosti i parametar javne rasvjete. Kod odabira postavljanja svjetiljki bitna nam je iskoristivost svjetlosti, bez nepotrebnih gubitaka za smanjenje rasipanja svjetlosti u okolinu.

Tablica 1. Izvori svjetlosti u javnoj rasvjeti [22]

<i>Vrste izvora</i>	<i>Svjetlosni tok</i> <i>[lm]</i>	<i>Iskoristivost</i> <i>[lm/W]</i>	<i>Temperatura Svjetla (K)</i>	<i>Odziv boje</i> <i>Ra</i>	<i>Snaga</i> <i>(W)</i>
<i>Niskotlačni natrijev</i>	1800-32500	100-203	1700	-	18-180
<i>Visokotlačni natrijev</i>	1300-90000	50-130	2000-2500	10-80	35-1000
<i>Metalhalogeni</i>	5300-220000	75-140	3000-5600	65-95	70-2000
<i>LED</i>	10-170	>110	3000-8000	>90	0.1-3

### 3.2.2. Kondenzator, prigušnica i starter

Potrošači jalove energije su svjetiljke kod kojih žarulje koriste prigušnicu za normalno pokretanje i funkciju. Treba imati kondenzator za kompenzaciju jalove snage takvih svjetiljki. Jalova snaga je ta koja povećava prividnu snagu, a time i struju i time dolazi do zagrijavanja kabela, pa automatski dolazi do dodatnih gubitaka u sustavu. Na napon od 230V ne mogu biti spojene žarulje koje nemaju ugrađen starter i prigušnicu. Za prigušnicu kažemo da je to induktivitet koji se spaja u seriju i zapravo je predspojna naprava žarulje. Ona prigušuje odnosno regulira i stabilizira struju kroz žarulju. Dobar odabir prigušnice smanjuje troškove potrošnje i produžuje radni vijek žarulje.

### **3.3. Održavanje javne rasvjete**

Održavanje javne rasvjete je jako bitno jer utječe na ukupne troškove javne rasvjete. Nju je potrebno održavati redovito i čistiti te obavljati periodičnu zamjenu rasvjetnih tijela. Sve je to trošak, ali ekonomičnost možemo postići:

- Odabirom svjetiljki koje su zatvorene (vanjsko čišćenje je puno lakše i jeftinije)
- Regulacijom rasvjete, smanjujemo snagu ujedno i svjetlosni tok tijekom određenog razdoblja, a samim time bismo postigli duži životni vijek žarulja i manje troškove
- Jednostavnom primjenom učinkovitijih izvora svjetlosti – LED žarulje

### **3.4. Svjetlotehničke smjernice javnog osvjetljenja**

Svjetlotehnički zahtjevi su jako važni za određivanje kvalitativnog i kvantitativnog nivoa javne rasvjete i uz pomoć njih odlučujemo o izboru svjetiljki, njihovom razmještaju i sjajnosti. U svjetlotehničke smjernice možemo ubrajati:

- Faktore kvalitete
- Svjetlotehničke kriterije
- Preporuke za javno osvjetljenje

#### Faktori kvalitete

Kod javne rasvjete prometnica, njihovi glavni uvjeti su vidni i temelje se na sjajnosti. Vidni uvjeti se gledaju iz perspektive vozača. Uvjete dijelimo na:

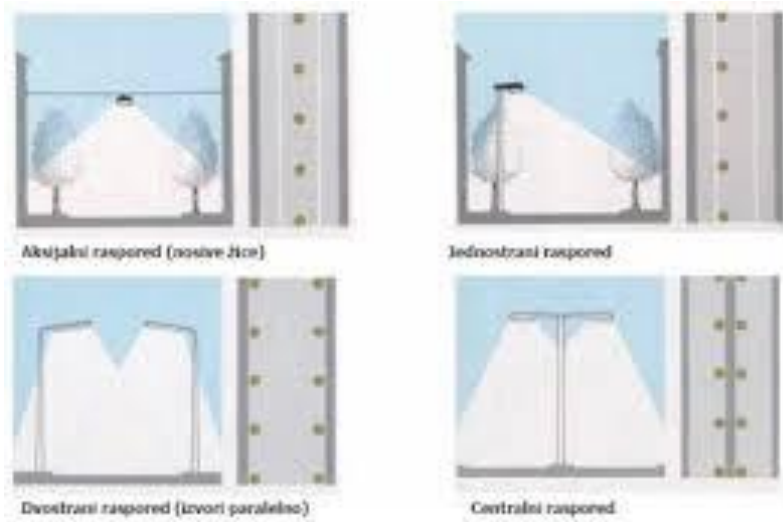
- Nivo sjajnosti: veliki značaj za svjetlosni dojam u pokretu. Poželjan je što veći nivo sjajnosti jer utječe na vidni komfor i radi ekonomskog razloga.
- Ravnomjernost sjajnosti: raspodjela sjajnosti po cijelom kolniku.
- Ograničeno bliještanje: ono je nepoželjno jer uzrokuje smanjenu vidljivost
- Optičko vođenje

Dok kod prometa pješaka nam je bitno:

- Nivo osvjetljenosti
- Ravnomjernost osvjetljenja
- Ograničeno bliještanje

### 3.5. Raspored svjetiljki

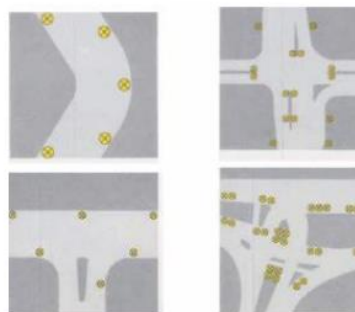
Kada gledamo sa neke svjetlotehničke strane jako je bitno kako su svjetiljke postavljene. U cestovnom prometu je to prikazano kao na slici 5.



Slika 5. Raspored svjetiljki [23]

Na slici vidimo raspored svjetiljki kod jednostavnih prometnica odnosno cesta dok kod raskrižja ili zavoja to ne može biti tako jednostavno.

Kod raskrižja, mora se postići luminacija ceste koja je jako dobro osvijetljena i koja ulazi u samo raskrižje. Vizualno vođenje ima veliku ulogu kod zavoja jer se svjetiljke najčešće stavljaju na vanjsku stranu krivine. Dvostrani raspored se postavlja ako su ceste jako široke i ne može se dovoljno osvijetliti sa jedne strane. [10]



Slika 6. Primjer rasporeda svjetiljki kod kompliciranih prometnica [24]

## **4. ŠTETNOSTI JAVNE RASVJETE**

### **4.1. Ugrožavanje ljudskog zdravlja**

Sve više pažnje se pridaje utjecaju svjetla koji je neželjen na ljudsko zdravlje jer sva istraživanja pokazuju da umjetna rasvjeta štetno djeluje na čovjeka i njegovo zdravlje. Svjetiljke koje nisu izričito postavljene prema dolje djeluju jako štetno, a neki od štetnih utjecaja su: poremećaj sna, životnog ritma, alergijski i hormonalni poremećaji. Sve navedeno uzrokuje razna oboljenja koja za posljedicu ponekad imaju i tumor. Istraživanja su jednako tako pokazala da neželjena svjetla povećavaju opasnost od nastanka tumora za 0,16%. također, blještavilo koje nastaje jako je štetno za ljudsko oko. [11]

### **4.2. Ugrožavanje eko-sustava**

Svaka nepotrebna zraka umjetnog svjetla može štetno djelovati i za eko sustav. Svjetlosno zagađenje je uzročnik poremećaja dana i noći. To najviše pogađa noćne životinje jer im je poremećen temeljni faktor za preživljavanje u prirodi od rada, hranjenja do odmora i spavanja, jer im se sredina mijenja te se oni tome ne mogu prilagoditi stoga umiru, a s vremenom dolazi do nestanka pojedinih vrsta životinja. Noćnim životinjama se skraćuje vrijeme koje one provode u lovu i hranjenju, dok se dnevnim životinjama skraćuje odmor.

U svijetu životinja, zbog svjetlosnog zagađenja, dolazi do stradavanja kukaca koji se nalaze blizu rasvjetnih tijela jer ih svjetlo privlači. Upravo to dovodi do egzistiranja pojedinih vrsta uslijed produženog dana te doseljavaju netipične vrste. Npr. krijesnicama je narušen njihov prirodni mehanizam parenja stoga one mijenjaju svoje boravište ili izumiru na nekim mjestima.

Što se tiče ptica, najviše ih strada upravo zbog svjetlosnog zagađenja, ali ne toliko kao zbog ostalih ekoloških katastrofa. One se prestaju gnijezditi u područjima koja su rasvijetljena jer ih javna rasvjeta zaslijepljuje te se sudaraju s građevinama i preprekama kao što su tornjevi, stabla i dalekovodi. Ptice selice tako često gube orijentaciju, a zbog hormonskih poremećaja počinju se gnijezditi u jesen što rezultira manjoj mogućnosti preživljavanja mladih.

Ribe gube orijentir i neke genetske navike i odseljavaju u druge dijelove mora. Nekim ribama ciklus je vezan uz dijelove obale pa čak i uz utjecaj Mjeseca, a zbog svjetlosnog zagađenja nestaje prirodna mjesečina i dolazi do umjetne. Mlade morske kornjače se jednako tako orijentiraju po Mjesecu i ako se u blizini nalazi javna rasvjeta one se kreću prema njoj i na kraju završavaju kao plijen grabežljivcima.

Što se tiče biljaka, kod nekih dolazi do neprirodnog oprašivanja. Istraživanja su pokazala da u parkovima gdje je javna rasvjeta dosta intenzivna, u zimu, drveće na sebi još uvijek ima lišće dok je ostatak stabala koji su udaljeniji, bez lišća.

Vodene biljke u nekim slučajevima doživljavaju hiperprodukciju tijekom produženog procesa fotosinteze. [12]

## 5. LED DIODE

LED dioda je poluvodički element koji pretvara elektronički signal u svjetlosni.

Ta pretvorba električne energije u svjetlosnu naziva se elektroluminiscencija.

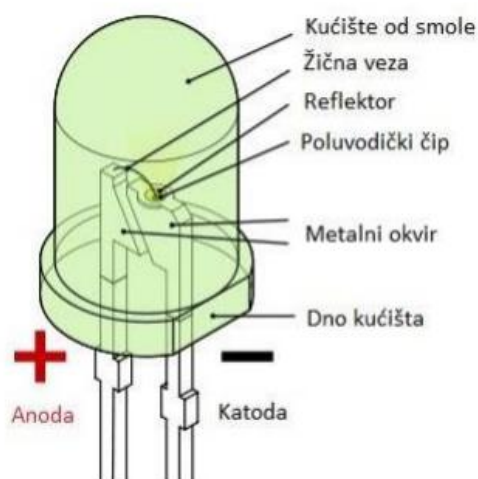
LED dioda je, dakle, posebna vrsta dioda i ona kao takva emitira svjetlost samo kada je propusno polarizirana, točnije kada kroz nju prolazi struja.

LED se koristi kao indikator u mnogim drugim uređajima, a danas se koristi u vanjskoj i unutarnjoj rasvjeti.

### 5.1. Konstrukcija

Glavni dijelovi diode koja se koristi kao indikator:

- Anoda
- Katoda
- Poluvodički čip
- Žičana veza
- Reflektor
- Metalni okvir
- Kućište od smole



Slika 7. Elementi LED diode [25]

Anoda i katoda su dva vodiča diode. Katoda je spojena na negativnu stranu strujnog kruga, a anoda je spojena na pozitivnu stranu. Na slici iznad možemo vidjeti da je dno kućišta s jedne strane ravno, a s ostalih strana zaobljeno. Tamo gdje se nalazi katoda nalazi se ravni dio dna kućišta. Dioda neće funkcionirati ako anodu spojimo na negativnu stranu, a katodu na pozitivnu. Na prošireni dio katode smješten je poluvodički čip koji se još naziva i sloj poluvodiča. On je povezan sa anodom putem žičane veze. [13] Nakovanj i klin su sastavni dijelovi metalnog okvira. Njegov oblik ima dvije zadaće: uz pomoć njega možemo dobro raspoznati vodiče, uz to on drži okvir na mjestu dok se dioda zatvara. Iznad poluvodičkog čipa nalazi se reflektor koji omogućava isijavanje fotona. Kućište je najčešće iste boje kao i emitirana svjetlost te diode.

## 5.2. Prednosti LED-a

- LED žarulja troši 50 puta manje snage kada ju uspoređujemo sa klasičnim žaruljama, a upola manje kada ju uspoređujemo sa fluorescentnom. Manja snaga znači manja potrošnja električne energije
- One traju 133 puta duže nego klasična žarulja
- One traju 10 puta duže nego fluorescentna žarulja
- Puno su izdržljivije nego klasična žarulja
- LED nije osjetljiv na hladnoću, pa podnosi niske temperature
- LED ne zagrijava prostoriju, samo ju osvjetljava
- U LED žaruljama nema štetnih sastojaka koje bi bile opasne po čovjeka
- Ako manje trošimo, manje zagađujemo okoliš

### 5.3. Nedostaci LED-a

- Velika početna cijena u usporedbi sa nekim drugim žaruljama.
- LED se spaja na propisani napon i struju, a to se može postići kada se spoji predotpor ili korištenjem regulacijskog napajanja
- LED ima veće količine plavog svjetla.
- O temperaturi okoline ovise radne karakteristike.

### 5.4. Primjena LED tehnologije u javnoj rasvjeti

LED tehnologija se prvi puta pojavila 1990. godine u prometnim znakovima i putokazima.

LED svjetiljke koje danas koristimo sve više zamjenjuju i u budućnosti će potpuno izbaciti svjetiljke koje su bazirane na živi i natriju. One pružaju velike uštede u potrošnji električne energije, a i puno duže traju od običnih žarulja. Na slici 8. je prikazana LED žarulja koja se koristi za javnu rasvjetu te koja traje 111 lumena po wattu i traje duže od 60000 h.



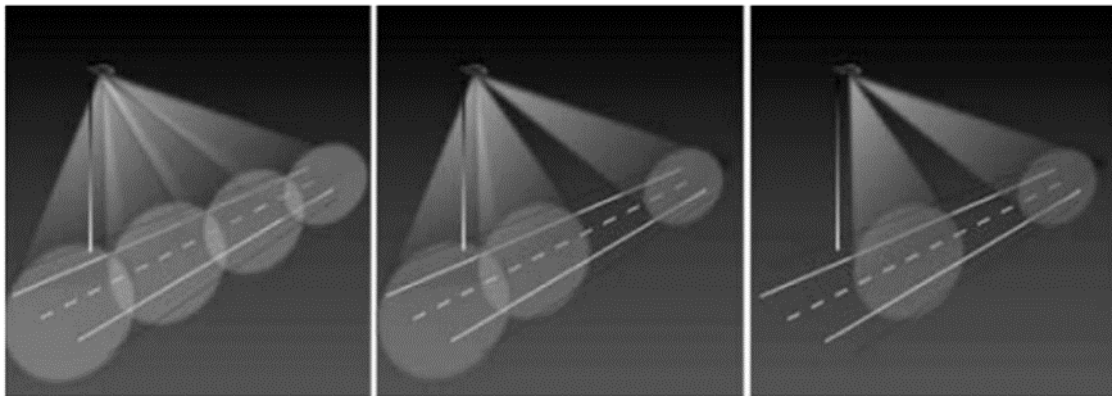
Slika 8. Philips Speed Star svjetiljka za javnu rasvjetu [26]



LED žarulje koje se koriste za javnu rasvjetu imaju optiku koja se može izvesti na dva načina, a oni su prikazani na sljedećim slikama.

1.) Izvor svjetla je ploča koja ima ugrađene LED module

Svaki taj modul je namješten kako bi pravilno osvjetljavao svaki dio ceste. Kada bi došlo do kvara na jednom od tih modula, samo jedan dio ceste bi bio u mraku.



Slika 9. LED rasvjeta prilikom kvara pojedinih modula (kada svaki modul osvjetljava jedan dio ceste).[27]

2.) Izvor svjetla je ploča koja ima ugrađene LED module koji su namješteni tako da osvjetljavaju cijelu površinu.



Slika 10. LED rasvjeta prilikom kvara pojedinih modula (kada svaki modul osvjetljava cijelu površinu pokrivenosti svjetiljke).[28]

## 6. PAMETNA JAVNA RASVJETA

Danas sve više gradova počinje koristiti urbanistički način razvoja grada te samim time stječe naziv pametnog grada. Povećanje ugodnosti, standarda života preko naprednih informatičkih tehnologija su neki od ciljeva ovog sustava. Takve i slične tehnologije donose jako puno prednosti i poboljšanja javnih usluga, između ostaloga parking i prijevoz, javna rasvjeta održavanje prometnica i javnih površina, odvoz otpada i slično. Na taj način podaci koji se prikupe mogu se koristiti za povećanje transparentnosti i slično.

Zatim, jako važna stavka u svemu ovome je komponentna i sustav javne rasvjete. Korištenjem navedenih tehnologija, pametni gradovi nastoje poboljšati neku kvalitetu svih ubranih usluga a samim time i njihovu energetska učinkovitost. Povećanjem postotka urbanizacije i ekonomije, javna rasvjeta postaje ključan čimbenik tog pametnog grada. Stoga možemo reći da se pametna javna rasvjeta koristi kroz nekakav napredan nadzor i automatski se potrošnja energije smanjuje, a povećava se sigurnost i smanjuju troškovi samog održavanja. [14]

Svjetiljke se mogu koristiti za različite svrhe, a to su:

- električne reklame;
- digitalizirani prometni znakovi;
- stanica za napajanje električnih vozila (automobila i bicikala);
- senzori za praćenje prometa
- brojač prometa;
- zvučnici;
- senzori kvalitete zraka;
- dekorativna rasvjeta;
- prikaz razine vode;
- Push-to-talk usluga;
- Wi-Fi i mobilna mreža itd.



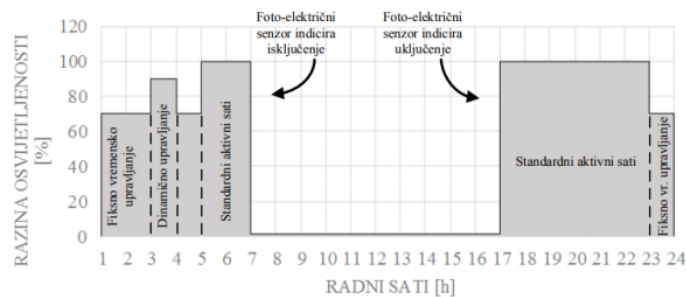
Slika 11. Višenamjenski stup javne rasvjete [29]

Stoga možemo reći da javna rasvjeta primarno služi za rasvjetu ulica, trgova, cesta i slično no činjenica je ta da je ona potpuno neiskorištena tijekom dana. Smatra se da je potrebno omogućiti da se svjetiljkama upravlja 24 sata dnevno te da se one mogu spojiti i povezati na središnji sustav kojim se upravlja. Kako bi ta javna rasvjeta bila učinkovita, preporučuje se korištenje energetskih učinkovitih izvora svjetla, a to je prelazak na LED rasvjetu i tehnologiju kako bi prvenstveno izbjegli svjetlosno zagađenje, zatim kako bi mogli učinkovito upravljati javnom rasvjetom, pratiti troškove i potrošnju iste, kao i njezino redovito održavanje.

## 6.1. Upravljanje pametnom javnom rasvjetom

Ako je infrastruktura javne rasvjete dobro postavljena moguće ju je iskoristiti za mnogo stvari. Jedna od tih je upravo instalacija za senzore i detektore za pješake. Kako se u večernjim satima promet smanjuje nije potrebno rasvjetljivati ulice maksimalnom svjetlinom. Stoga možemo reći da rasvjetna tijela postaju glavni izvori svjetlosti te omogućavaju optimizaciju svakog rasvjetnog tijela.

Razina osvjetljenosti je fleksibilna te može kombinirati događaje uključjenja. Neki od njih su vrijeme izlaska sunca, intenzitet svjetlosti i slično. Na slici 12. možemo vidjeti primjer profila javne rasvjete za 24 sata.

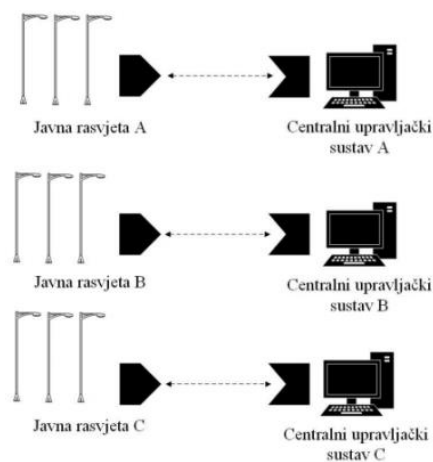


Slika 12. Primjer operativnog profila javne rasvjete za 24 sata [30]

Ovaj profil temeljen je na vremenskim periodima koji se ne mijenjaju i koji se odnose na unaprijed određeni raspored i na periode koji su također fiksni, a temelji se na onim promjenama koje se događaju u prometu. [15] kako bi pametna javna rasvjeta dobro funkcionirala potrebno je imati specijalizirano sučelje za kontrolu, nadzor i upravljanje. S tim se može povezati mrežni kontrolor podataka sa svim rasvjetnim tijelima koji se nalaze na tom području.

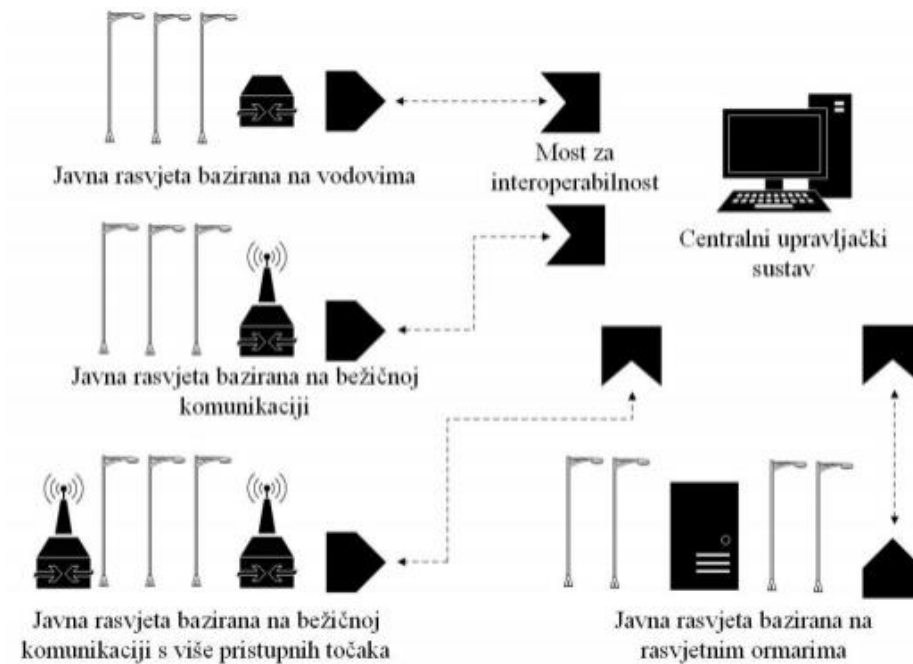
## 6.2. Sustavi za upravljanje pametne javne rasvjete

Kako bi pratili i upravljali javnu rasvjetu možemo upotrebljavati razna softverska i hardverska rješenja koja su ponuđena od različitih proizvođača javne rasvjete. S tim možemo imati problem jer se u jednom gradu može dogoditi da svaka mreža ima različitog proizvođača. Onda dispečeri i osobe koje održavaju javnu rasvjetu moraju raditi nimalo lagan posao, a to je rad sa nekoliko različitih programskih sučelja. Ako dođe do takvog problema, potrebno je za svako područje imati zaseban centralni upravljački sustav.



Slika 13. Različita područja javne rasvjete sa zasebnim centralnim upravljačkim sustavima [31]

Kako bi bila moguća kompatibilnost između sustava i javne rasvjete potrebno je imati poseban protokol koji ima mnogo interoperabilnih mostova što može smanjiti broj CMS-ova na jedan. Ovakva vrsta tehnologije može povezivati i pretvarati različite protokole javne rasvjete na zajednički protokol kao što nam prikazuje slika 14.



Slika 14. Kompatibilnost između različitih sustava javne rasvjete sa centralnim upravljačkim sustavom [32]

Ovakav način upravljanja može podržavati sve vrste mreža javne rasvjete te je automatski moguće jednostavno i lako upravljati sa mrežom javne rasvjete. Kako je dovoljan samo jedan centralni upravljački sustav, tako su i smanjeni troškovi i omogućene velike uštede.

## **7. PAMETNA JAVNA RASVJETA U HRVATSKOJ**

### **7.1. Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost**

Podaci Fonda za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost pokazuju kako 3% ukupne potrošnje energije u Republici Hrvatskoj odlazi upravo na javnu rasvjetu. Podaci jednako tako govore da je dovoljno smanjiti intenzitet javne rasvjete kako bi uštedjeli do 50% energije, a kada bi ugradili sustav za daljinsko upravljanje smanjili bi se i troškovi održavanja. Neke od važnijih i osnovnih preporuka su upotreba LED tehnologije jer su one energetske učinkovitije. [16]

Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost je financirao:

- energetske preglede;
- projektne dokumentacije s troškovnikom opreme i radova (za izgradnju nove javne rasvjete ili proširenje već postojeće);
- demontažu neučinkovite i ekološki neprihvatljive opreme;
- nabavu i ugradnju odgovarajuće opreme i materijala;
- rasvjetna tijela (svjetiljke) u zasjenjenoj izvedbi sa svom potrebnom opremom;
- izvore svjetlosti (visokotlačne natrijeve žarulje);
- sustav upravljanja javnom rasvjetom (cjelonoćno ili polunoćno paljenje i gašenje, prepulovljivanje izvora svjetlosti, smanjivanje i povećavanje intenziteta svjetla...) sa svom potrebnom opremom;
- sustave za nezavisno mjerenje utroška električne energije sa potrebnom opremom;
- samostojeće razdjelne ormariće itd

Jednako tako, Fond je sufinancirao 310 projekata koji su vezani za energetske učinkovitost sustava javne rasvjete. Vrijednost tih svih projekata je bila viša od 257 milijuna kuna, a upravo Fond je isplatio više od 123 milijuna kuna. S tim svim projektima uštedeno je oko 23 milijuna kuna i smanjena je emisija ugljikova dioksida.

## 7.2. ESCO model financiranja

HEP ESCO ili popularnije Čuvar noćnog neba je tvrtka koja je u vlasništvu HEP-a koji razvija i provodi energetske učinkovitosti. To su tvrtke koje pružaju usluge u energetici s otplatom kroz uštede. Stoga možemo reći da te tvrtke provode razne razvoje i financiranje različitih projekata, a kroz navedene uštede ostvaruju se povrati na investicije. ESCO model je u RH financirao javnu rasvjetu u 10 gradova koje su iznosile oko 43 milijuna kuna, a godišnja ušteda je bila oko 4 milijuna kuna. Kao što je gore navedeno smanjuje se i emisija ugljikova dioksida, a u tih 10 godina smanjeno je oko 2 mil.kg. Neki od gradova koji imaju ovaj model: Čakovec, Novigrad, Duga Resa, Jastrebarsko, Karlovac, Pula, Solin, Varaždin. [17]



## 8. ZAKLJUČAK

Zaključujem ovaj završni rad sa činjenicom kako je javna rasvjeta veliki potrošač električne energije, i sa zamjenom starih izvora energije sa LED rasvjetom moguće su velike uštede.

U RH veliki dio električne energije dobivamo iz neobnovljivih izvora energije pa stoga možemo reći da LED rasvjeta smanjuje zagađenje okoliša.

LED rasvjeta je također i sigurna prilikom njezinog odlaganja nakon uporabe jer ona ne sadrži nikakve štetne tvari, a pojedine komponente se mogu i reciklirati.

One su jednako tako dugotrajnije od običnih žarulja te ih je puno lakše održavati. Glavna mana ovakve rasvjete je što je njihova početna cijena puno veća od običnih žarulja, ali nakon određenog vremena se to isplati, s obzirom da LED žarulje puno duže traju.

Na kraju, moje mišljenje je kako bi se javna rasvjeta u svim gradovima i općinama u RH trebala zamijeniti LED rasvjetom, prvenstveno jer je učinkovitija, jeftinija i samim time efikasnija.

## 9. LITERATURA

- [1] "Hrvatska enciklopedija", Leksikografski zavod Miroslav Krleža; Svjetlost - <https://hr.wikipedia.org/wiki/Svjetlost>, pristupljeno: 15.01.2021.
- [2] „Parada Creativa“, Tehnologija osvjetljenja, 2017. - <https://paradacreativa.es/hr/luminotecnia/>, pristupljeno: 15.01.2021.
- [3] Lampe sa žarnom niti - [https://hr.wikipedia.org/wiki/Elektri%C4%8Dna\\_%C5%BEarulja](https://hr.wikipedia.org/wiki/Elektri%C4%8Dna_%C5%BEarulja), pristupljeno: 15.01.2021.
- [4] Motika D., Cincar N., Popović B.: Električno osvjetljenje i njihov značaj [http://www.bas.gov.ba/images/upload/glasnik/clanak1\\_1\\_2\\_15.pdf](http://www.bas.gov.ba/images/upload/glasnik/clanak1_1_2_15.pdf), pristupljeno: 19.01.2021.
- [5] "Hrvatska enciklopedija", Leksikografski zavod Miroslav Krleža: Fluorescentne žarulje, 2019. [https://hr.wikipedia.org/wiki/Fluorescentna\\_cijev](https://hr.wikipedia.org/wiki/Fluorescentna_cijev), pristupljeno: 19.01.2021.
- [6] Poluvodičke lampe, IDEAL LED trgovina, - <https://led-zarulje.com/>, pristupljeno: 19.01.2021.
- [7] Javna rasvjeta - S. Horvatić: Javna rasvjeta, Završni rad, Veleučilište u Šibeniku, Šibenik, 2015, dostupno na: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:143:404627>, pristupljeno: 23.01.2021.
- [8] Zakon HR, Zakon o komunalnom gospodarstvu - <https://www.zakon.hr/z/319/Zakon-o-komunalnom-gospodarstvu>, pristupljeno: 23.01.2021.
- [9] Vanjska rasvjeta, trgovina rasvjete- <https://volino.hr/rasvjeta/vanjska-rasvjeta.html>, pristupljeno: 23.01.2021.
- [10] Telekom: Rasvjetni sistemi, projektiranje javne rasvjete - <http://www.telektra.hr/site/vanjska-rasvjeta/>, pristupljeno: 24.01.2021.
- [11] Ekorasvjeta: Svjetlosno onečišćenje – Mračna strana svjetla, dostupno na: <http://www.ekorasvjeta.net/ekosustav/utjecaj-led-rasvjete-u-parku-borovje/>, 24.01.2021.

[12] R. Skansi: Svjetlozagađenje – ekonomski i ekološki problem, INTERLIGHT d.o.o.,

[https://www.lightpollution.org/files/clanci/ranko\\_skansi/SVJETLOZAGADENJE\\_by\\_R\\_anko%20Skansi.pdf](https://www.lightpollution.org/files/clanci/ranko_skansi/SVJETLOZAGADENJE_by_R_anko%20Skansi.pdf), pristupljeno: 25.01.2021.

[13] M. Gavran: Primjena LED tehnologije u javnoj rasvjeti velikih gradova, Završni rad, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek, <https://repozitorij.etfos.hr/islandora/object/etfos:1499/preview>, pristupljeno: 26.01.2021.

[14] Pametna javna rasvjeta [https://www.fzoeu.hr/hr/energetska\\_ucinkovitost/javna\\_rasvjeta/](https://www.fzoeu.hr/hr/energetska_ucinkovitost/javna_rasvjeta/), pristupljeno: 28.01.2021.

[15] Paponja, I., „Pametna javna rasvjeta“, završni rad, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija, Osijek, (2019.), <https://repozitorij.etfos.hr/islandora/object/etfos%3A2134/datastream/PDF/view>, pristupljeno: 01.02.2021.

[16] Fond za zaštitu okoliša - <https://www.fzoeu.hr/>, pristupljeno: 02.02.2021.

[17] ESCO model financiranja, Ljubomir Perušić, 2019. - <https://ruralnirazvoj.hr/financiranje-projekata-energetske-ucinkovitosti-esco-model/>, pristupljeno: 03.02.2021.

[18] Slika 1. Žarulja sa žarnom niti <https://termometal.hr/zarulje-grupa-539>, pristupljeno: 04.02.2021.

[19] Slika 2. Fluorescentna žarulja: <https://hr.prodaja2021.com/category?name=fluorescentne%20%C5%BEarulje>, pristupljeno: 04.02.2021.

[20] Slika 3. LED žarulja <https://www.wowshop.hr/ostalo/prodaja-led.html>, pristupljeno: 04.02.2021.

[21] Slika 4. Javna rasvjeta ceste <https://www.prometna-signalizacija.com/oprema-cesta/cestovna-rasvjeta/>, pristupljeno: 05.02.2021.

[22] Tablica 1. Izvori svjetlosti u javnoj rasvjeti <https://images.app.goo.gl/hUbpj76WvEstpfgQA>, pristupljeno: 05.02.2021.

[23] Slika 5. Raspored svjetiljki <https://images.app.goo.gl/y1YeZiMAKCmDem1c7>, pristupljeno: 05.02.2021.

[24] Slika 6. Primjer rasporeda svjetiljki kod kompliciranih prometnica: <https://images.app.goo.gl/h2KFksUDbjoM8ofF6>, pristupljeno: 06.02.2021.

[25] Slika 7. Elementi LED diode: <https://images.app.goo.gl/Hj7rbVY2LF6ST8V66>, pristupljeno: 06.02.2021.

[26] Slika 8. Philips Speed Star svjetiljka za javnu rasvjetu: <https://images.app.goo.gl/AX4EyHkoE1HkeQQX8>, pristupljeno: 06.02.2021.

[27] Slika 9. LED rasvjeta prilikom kvara pojedinih modula (kada svaki modul osvjetljava jedan dio ceste): <https://images.app.goo.gl/282qmmYE6ELWZiAFA>, pristupljeno: 06.02.2021.

[28] Slika 10. LED rasvjeta prilikom kvara pojedinih modula (kada svaki modul osvjetljava cijelu površinu pokrivenosti svjetiljke): <https://images.app.goo.gl/41qnh9sJBk8z919e8>, pristupljeno: 06.02.2021.

[29] Slika 11. Višenamjenski stup javne rasvjete: <https://images.app.goo.gl/Rdp39zvmnPxKqoD7>, pristupljeno: 07.02.2021.

[30] Slika 12. Primjer operativnog profila javne rasvjete za 24 sata: <https://images.app.goo.gl/2osNVHonsK4si66F8>, pristupljeno: 07.02.2021.

[31] Slika 13. Različita područja javne rasvjete sa zasebnim centralnim upravljačkim sustavima: <https://images.app.goo.gl/fmzKTK32Rcjm98Zn9>, pristupljeno: 08.02.2021.

[32] Slika 14. Kompatibilnost između različitih sustava javne rasvjete sa centralnim upravljačkim sustavom: <https://images.app.goo.gl/qcXDf54iXqG4UUgk7>, pristupljeno: 06.02.2021.

## 10. PRILOZI

### 10.1. Popis slika

Slika 1. Žarulja sa žarnom niti (18).....	4
Slika 2. Fluorescentna žarulja (19).....	5
Slika 3. LED žarulja (19).....	6
Slika 4. Javna rasvjeta ceste (20).....	7
Slika 5. Rasporedsvjetiljki (21).....	11
Slika 6. Primjer rasporeda svjetiljki kod kompliciranih prometnica (23).....	11
Slika 7. Elementi LED diode (24).....	14
Slika 8. Philips Speed Star svjetiljka za javnu rasvjetu (25).....	16
Slika 9. LED rasvjeta prilikom kvara pojedinih modula (26).....	17
Slika 10. LED rasvjeta prilikom kvara pojedinih modula (27).....	17
Slika 11. Višenamjenski stup javne rasvjete (28).....	19
Slika 12. Primjer operativnog profila javne rasvjete za 24 sata (29).....	20
Slika 13. Različita područja javne rasvjete sa zasebnim centralnim upravljačkim sustavima (30).....	21
Slika 14. Kompatibilnost između različitih sustava javne rasvjete sa centralnim upravljačkim sustavom (31).....	22

### 10.2. Popis Tablica

Tablica 1. Izvori svjetlosti u javnoj rasvjeti (22).....	9
--	---