Primjena LED tehnologije u javnoj rasvjeti velikih gradova

Gavran, Mateo

Undergraduate thesis / Završni rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:200:690821

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek

zir.nsk.hr

Image not found or type unknown

SVEUČILIŠTE JOSIP JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK

Stručni studij

Elektroenergetike

PRIMJENA LED TEHNOLOGIJE U JAVNOJ RASVJETI VELIKIH GRADOVA

ZAVRŠNI RAD

Mateo Gavran

Osijek 2017

SADRŽAJ

1. UVOD 1
2. SVJETLOST 2
2.1 Boje 2
Utjecaj boja izvora svjetlosti na zdravlje čovjeka 3
2.2 Svjetlotehničke veličine 4
Svjetlosni tok 5
Jakost svjetlosti 5
Rasvijetljenost 5
Luminacija 6
3. JAVNA RASVJETA 7
3.1 Elementi javne rasvjete 7
Izvor svjetlosti 7
Kondenzator, prigušnica i starter 8
3.2 Održavanje javne rasvjete 9
3.3 Svjetlotehničke smjernice javnog osvjetljenja 9
Faktori kvalitete 9
3.4 Raspored svjetiljki 10
3.5 Ekonomičnost javne rasvjete 11
3.6 Svjetlosno zagađenje 13
4. PROJEKTIRANJE JAVNE RASVJETE. 15
4.1 Električni proračuni 15
4.2 Svjetlotehnički proračuni 16
4.3 Tehnoekonomski proračuni 17
4.4 Proračun emisije CO_2 18
5. LED DIODE 19
5.1 Kratka povijest LED rasvjete 19
5.2 Konstrukcija 20
5.3 Princip rada LED-a 21
5.4 Prednosti 22
5.5 Nedostaci 23
5.6 Primjena LED tehnologije u javnoj rasvjeti 23
6. ISTRAŽIVANJE 27
6.1 Istraživanje na području Donjih Andrijevaca 27
Tehnoekonomska analiza 28
Analiza zagađenja CO2 Donjih Andrijevaca 33

6.2 Analiza rasvjete na području grada Zagreba. 34
Početna cijena svjetiljki 35
Tehnoekonomska analiza 36
6.3 Kratak osvrt na istraživanje 38
7. ZAKLJUČAK 39
8. LITERATURA 40
Ostali izvori 41
SAŽETAK 42
ABSTRACT 43
ŽIVOTOPIS 44

1. UVOD

Danas ne možemo zamisliti život bez rasvjete, te je rasvjeta jedan od osnovnih uvjeta za život.
U ovom završnom radu fokusiram se na javnu rasvjetu i usporedbi led rasvjete sa drugim oblicima rasvjete.
Električnu rasvjetu možemo definirati kao primjenu svjetlosti koju dobijemo iz električne energije. Sa vremenom se u javnosti povećava svijest o potrošnji energije trošila, pa tako i kod rasvjetnih tijela, gdje je ekonomičnost danas najvažniji faktor, jer što je veći trošak energije, veći su i novčani izdaci.
Isto tako u današnje vrijeme osim navedenog ekonomičnog faktora, povećala se svijest o zagađenju okoliša, tako što se gleda da li proizvod sadrži štetne tvari i može li se sigurno i odgovarajuće odložiti nakon što mu završi životni vijek.
U rasvjeti je najvažnije dobiti što veći faktor svijetlosti za što manje utrošene energije, zbog uštede novca, ali i zbog utjecaja na okoliš.
Znamo da u Republici Hrvatskoj kao i u većini zemalja svijeta, veliki dio električne energije se dobiva iz elektrana koje koriste neobnovljive izvore energije, a takve elektrane su ogromni problem za okoliš zbog ispuštanja prevelike količine stakleničkih plinova, i što je veća potrošnja energije, veća je i potražnja za proizvodnjom iste energije, a samim time je veće zagađenje okoliša.
U ovom završnom dotaknuo sam se i utjecaja LED rasvjete na okoliš.
LED dioda se koristila većinom u signalnim uređajima, a u zadnjih par godina počela se masovno koristiti u rasvjeti prostorija, i čak u javnoj rasvjeti.
LED rasvjeta je danas najisplativija varijanta javne rasvjete, ali ima veću početnu cijenu od drugih načina rasvjete i to je najveći problem.
LED rasvjeta je u početku puno skuplja varijanta rasvjete, ali se početna investicija isplati nakon par godina i nakon isplate početne investicije slijede ogromne uštede u usporedbi sa drugim izvorima svijetlosti.
I zato smatram da bi trebalo mijenjati staru rasvjetu sa modernijom i boljom LED rasvjetom.

2. SVJETLOST

U električnoj rasvjeti emitira se svjetlost pomoću električne energije, a što je to svjetlost?
Svjetlost možemo definirati kao elektromagnetsko zračenje koje je vidljivo ljudskom oku.
Elektromagnetsko zračenje možemo zamisliti kao roj čestica koje nazivamo fotoni.
Foton je elementarna čestica koja nosi određenu količinu energije, u vakuumu se giba brzinom svjetlosti c = 299 792 458 m/s.
Ljudsko oko može u prosjeku vidjeti svjetlost s valnom duljinom u rasponu od 390 do 750 nm.
Valna duljina periodičnog vala je najmanja udaljenost između neke dvije čestice koje titraju u fazi.

Elektromagnetska zračenja razlikuju se međusobno jedino frekvencijom.
Svjetlost nastaje kada se električni naboji kreću u elektromagnetskom polju. Svjetlost koja ima manju energiju ima i manju frekvenciju (učestalost), ali po formuli (2-1) vidimo da će onda valna duljina biti veća, a svjetlost koja ima veću energiju, ima i veću frekvenciju, a manju valnu duljinu. Formula za valnu duljinu glasi:

$$\text{Valna duljina} = \frac{Brzina\ svjetlosti}{frekvencija} \tag{2-1}$$

2.1 Boje.

Ljudsko oko je u stanju da reagira na ograničen raspon valnih duljina, ali zato ljudsko oko raspoznaje i vrlo male razlike unutar toga raspona, a te razlike nazivamo boje.
Boje razlikujemo po valnim duljinama koje možemo vidjeti u tablici 2.1.

Tablica 2.1. *Boje vidljive ljudskom oku i raspon valnih duljina i frekvencijski raspon. [1]*

Boja	**Raspon valnih duljina**	**Frekvencijski raspon**
Crvena	˜625-740 nm	˜480-405 THz
Narančasta	˜590-625 nm	˜510-480 THz
Žuta	˜565-590 nm	˜530-510 THz
Zelena	˜500-565 nm	˜600-530 THz
Cijan	˜485-500 nm	˜620-600 THz
Plava	˜440-485 nm	˜680-620 THz
Ljubičasta	˜380-440 nm	˜790-680 THz

Boje nam se prikazuju u bezbroj različitih oblika i pojava, a prostim okom ih možemo raspoznati barem 2000 različitih nijansi, a kombinacija boja stvara nam cjelovitu sliku i sinergiju prostora.

Utjecaj boja izvora svjetlosti na zdravlje čovjeka

Boje u našem životu imaju vrlo značaju ulogu jer izravno utječu na naše raspoloženje, ugođaj i zdravlje. Doživljavanje boja ovisi o više faktora: vrsti svjetlosti (dnevna ili umjetna, intenzivna ili prigušena), našem raspoloženju, bioritmu, nijansi boje itd.

Danas se najviše priča o problemu plavog svijetla koje izaziva poremećaje u cirkadijskom ritmu[1] ljudi. Plavo svijetlo narušava taj ritam i naše tijelo funkcionira kao po danu.

Izvor plavog svijetla može biti ekran mobitela, računala ili žarulja s temperaturom svjetla iznad 3000 Kº. Dugotrajno narušavanje cirkadijskog ritma dovodi do negativnih efekata na zdravlje, poput povećane sklonosti kardiovaskularnim bolestima, dijabetesu, prekomjernoj težini, nesanici itd. Ljudi koji zagovaraju bijele ili plave umjetne rasvjete temperature svjetla iznad 3000 Kº koriste

se argumentom da takva rasvjeta povećava budnost, a upitno je koliko je ta budnost povećana, a koliko je poništena efektima narušavanja cirkadijskog ritma i pojave nesanice koja se uz nju veže.

[1] Cirkadijski ritam je naš unutarnji sat prema kojemu se ravnaju sva tkiva, organi i žlijezde našega tijela, dakle sav naš metabolizam, a usklađen je s kretanjima Sunca, tj. količini svjetla i tame.
Preuzeto s: http://cali-vitamini.com/tag/cirkadijski-ritam/

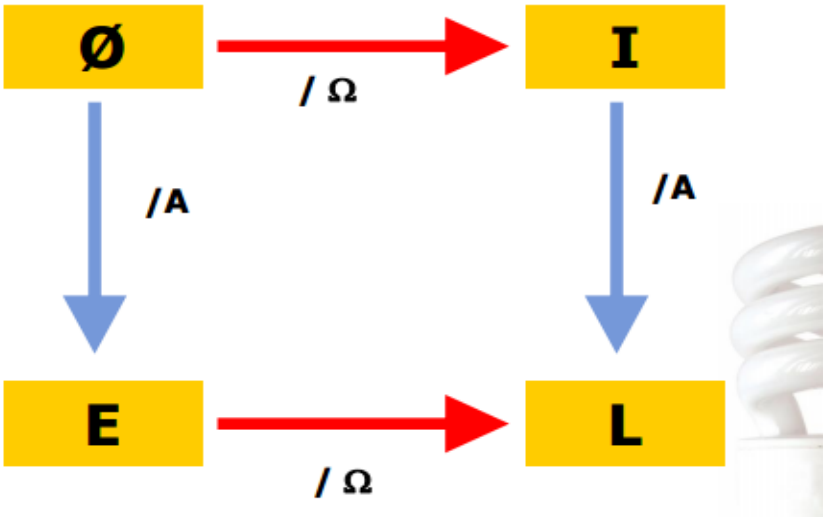
Na slici 2.1 možemo vidjeti spektar boja i uočiti veliku razinu plavog svjetla kod LED žarulje od 4W,



Slika 2.1. *Spektar boja LED žarulje. [2]*

2.2 Svjetlotehničke veličine

Svjetlotehničke veličine su veličine koje vrednuju svjetlost iz perspektive ljudskog oka. Svjetlotehničke veličine su jakost svjetlosti, svjetlosni tok, rasvijetljenost, luminacija.



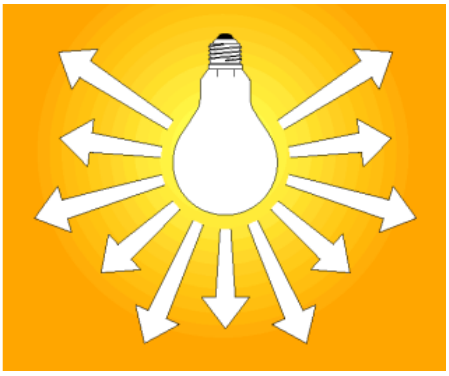
Slika 3.1. *Omjeri svjetlotehničkih veličina [3]*

Na slici 3.1 prikazan je omjer svjetlotehničkih veličina, gdje je Ø - svjetlosni tok, I - jakost svjetlosti, E -rasvijetljenosti, L – luminacija, Ω- je prostorni kut [sr], a A – površina [m^2]

Svjetlosni tok

Svjetlosni tok je snaga zračenja koju emitira izvor svjetla u svim smjerovima.
Jedinica za svjetlosni tok je lumen (lm)

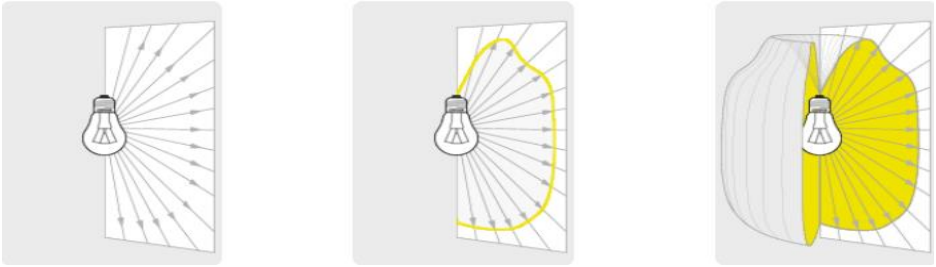
$$Ø[lm] = I[cd] \cdot \Omega[sr] \quad (2\text{-}2)$$



Slika 3.2. *Svjetlosni tok [3]*

Jakost svjetlosti

Jakost svjetlosti je snaga zračena koju emitira izvor svjetlosti u određenom smjeru, i može se predstaviti vektorom. Mjerna jedinica za jakost svjetlosti je candela (cd).



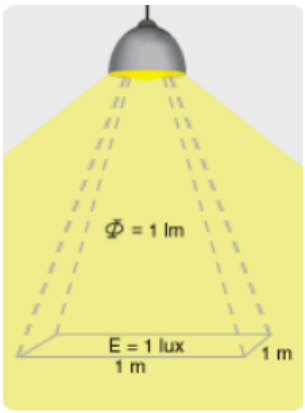
Slika 3.3. *Jakost svjetlosti.[3]*

$$I[cd] = Ø / \Omega \ [lm/sr] \quad (2\text{-}3)$$

Rasvijetljenost

Rasvijetljenost je količina svjetlosnog toka koji pada na neku površinu. Mjerna jedinica je lux (lx).
Rasvijetljenost je računska veličina i ljudsko oko ju ne primjećuje.

$$E = Ø / A \quad (2\text{-}4)$$



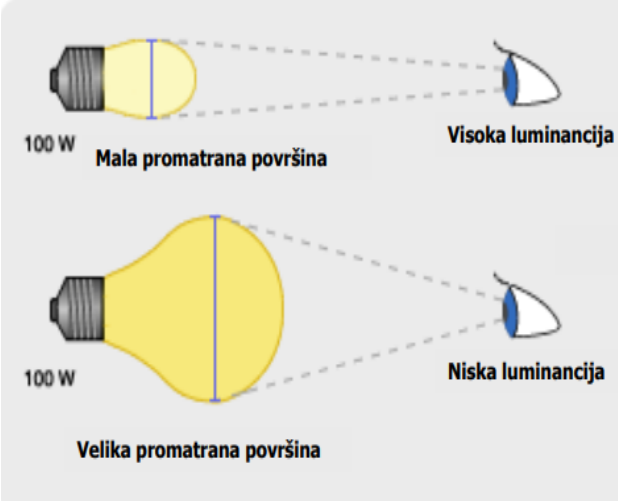
Slika 3.4. *Rasvijetljenost [3]*

Luminacija

Luminacija je sjajnost osvijetljene površine iz percepcije ljudskog oka.

Mjerna jedinica je candela po površini (cd/m^2), a za izvor svjetlosti često se koristi (cd/cm^2).

Ljudsko oko posebno uočava razliku u luminaciji i ovo je jedina svjetlotehnička veličina koje ljudsko oko direktno vidi. [3]



Slika 3.5. *Luminacija [3]*

3. JAVNA RASVJETA

Javna rasvjeta nam koristi za umjetno osvjetljenje javnih prostora, ulica, parkova, a koristi se kada nema dovoljno prirodnog svjetla.

Osnovni zadatak javne rasvjete je da nam osigura siguran promet ljudi i vozila kroz gradske i seoske javne i prometne površine.

Sekundarni zadatak javne rasvjete je da svjetlom istakne ambijent prostora, ali da to ne ugrožava sigurnost prometa, a osim sigurnosti razmatramo i ekonomski aspekt, kao i utjecaj na okoliš.



Slika 4.1. *Javna rasvjeta ceste. [4]*

3.1 Elementi javne rasvjete

Izvor svjetlosti

Postoje dva načina umjetnog svjetla a to su termičko zračenje i luminiscentno zračenje i to je osnovna podjela izvora svjetlosti. Kod termičkog zračenja osnovni princip je prolazak električne struje kroz materijal (npr žarnu nit kod Wolframove žarulje) dok se ona ne zagrije do temperature kod koje dobijemo vidljiv spektar svjetlosti. Kod žarulja na izboj, svjetlost se generira principom luminiscentnog zračenja. Električni izboj u staklenoj cijevi koja je napunjena plinom ili parama ima kretanje elektrona koji se pod djelovanjem magnetskog polja sudaraju s atomima plina i dobivamo vidljivo svjetlo. U javnoj rasvjeti koriste se žarulje na izboj u plinu jer imaju veću iskoristivost od termičkih, ali danas se sve više počinju koristiti LED žarulje koje

spadaju u žarulje sa luminiscentnim zračenjem i koje imaju još veću iskoristivost od drugih žarulja.

Svjetiljke su izvor svjetlosti, skup i jako bitan parametar u javnoj rasvjeti. Kod izabira i postavljanja svjetiljke bitna nam je iskoristivost svjetlosti, bez nepotrebnih gubitaka za smanjenje rasipanja svjetlosti u okolinu za koju nije predviđena svjetlost.

Tablica 4.1. *Izvori svjetlosti u javnoj rasvjeti. [5]*

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

Kondenzator, prigušnica i starter

Svjetiljke kod kojih žarulje koriste prigušnicu za normalno pokretanje i funkciju su potrošači jalove energije. Kod takvih svjetiljki treba imati kondenzator za kompenzaciju jalove snage. Jalova snaga u sustavu javne rasvjete povećava prividnu snagu i time dolazi do zagrijavanja kabela, a sa zagrijavanjem dolazi i do dodatnih gubitaka u sustavu. Žarulje na izboj moraju imati ugrađen starter i prigušnicu, jer ne mogu biti spojene na napon 230 V. Prigušnicu definiramo kao induktivni otpor koji se spaja u seriju sa izvorom svijetla i zapravo je predspojena naprava žarulje. Prigušnica kako što sama riječ kaže prigušuje, tj regulira i stabilizira struju kroz žarulju. Dobar odabir prigušnice smanjuje troškove potrošnje i produžuje radni vijek žarulje

3.2 Održavanje javne rasvjete

Održavanje javne rasvjete je bitno, jer utječe na ukupne troškove javne rasvjete.

Javnu rasvjetu je potrebno održavati i provoditi čišćenje rasvjetnih tijela te periodičku zamjenu žarulja.

Sve to navedeno je trošak, pa posebno se treba posvetiti ekonomičnosti koju možemo postići:

- Odabiranjem svjetiljki koje su zatvorene (na taj način smanjujemo stupanj prljanja unutrašnjosti svjetiljke, a vanjsko čišćenje je jeftinije i puno lakše)
- Regulacijom rasvjete, tako da smanjujemo snagu i s time i svjetlosni tok tijekom određenog vremena, s tim smanjenjem bi postigli duži životni vijek žarulja, a samim time i manje troškove.
- Ili jednostavnom primjenom učinkovitih izvora svjetlosti kao što su npr. LED – diode

3.3 Svjetlotehničke smjernice javnog osvjetljenja

Svjetlotehnički zahtjevi su najbitniji za određivanje kvalitetnog i kvantitativnog nivoa javne rasvjete, te pomoću tih zahtjeva odlučujemo o izboru svjetiljki, izvora svjetlosti, razmještaju svjetiljki.

U svjetlotehničke smjernice ubrajamo:

- Faktore kvalitete
- Svjetlotehničke kriterije
- Preporuke za javno osvjetljenje

Faktori kvalitete

Kod javne rasvjete prometnica glavni uvjeti su vidni, te se temelje na sjajnosti. Te vidne uvjete gledamo iz perspektive vozača. Uvjete kvalitete iz perspektive vozača dijelimo na:

- Nivo sjajnosti: od ogromnog značaja za svjetlosni dojam u prometu. Poželjan je što viši nivo sjajnosti jer utječe na vidljivost i vidni komfor, ali iz ekonomskog razloga se ne koristi visoki nivo. Za vozače je najbolja sjajnost od 2 cd/m^2
- Ravnomjernost sjajnosti: raspodjela sjajnosti po kolniku.

- Ograničeno blještanje: nepoželjno zato što uzrokuje smanjenu vidljivost.
- Optičko vođenje

Dok kod prometa pješaka nam je bitno:

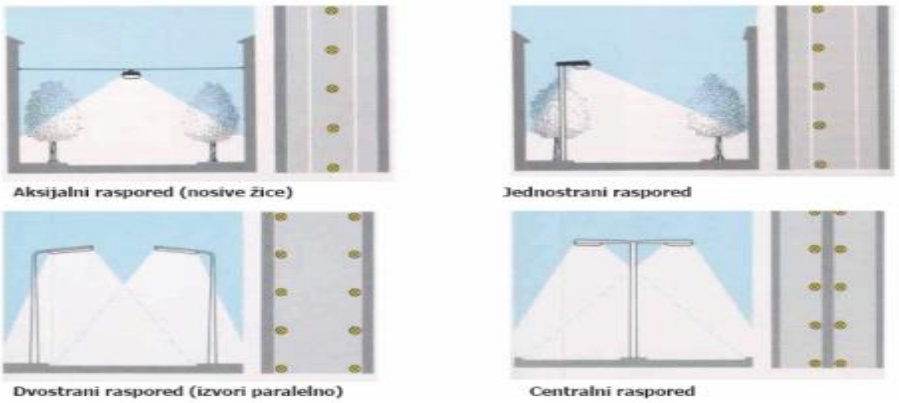
- Nivo osvijetljenosti
- Ravnomjernost osvjetljenja
- Ograničeno blještanje



Slika 4.2. *Lijevo je prikazana rasvjeta za pješake, a desno javna rasvjeta za cestovni promet [6]*

3.4 Raspored svjetiljki

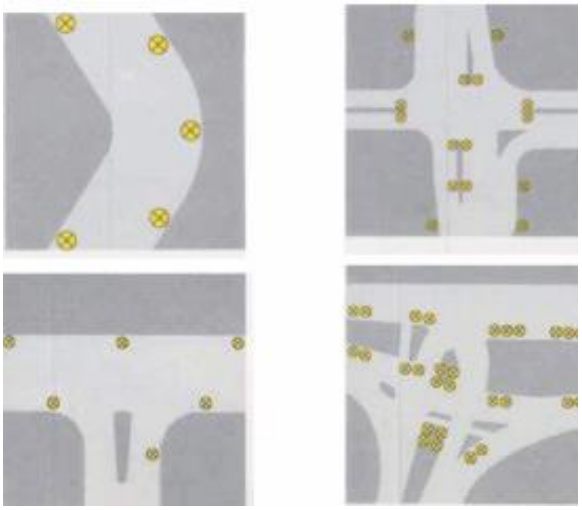
Kada gledamo sa svjetlotehničke strane, bitno nam je kako postavljamo svjetiljke. U cestovnom prometu imamo rasporede svjetiljki koji su prikazani na slici 4.3.



Slika 4.3 *Raspored svjetiljki [7]*

Na slici 4.3 su navedeni rasporedi svjetiljki kod jednostavnih cesta, a kod raskrižja, zavoja, ne možemo napraviti tako jednostavan raspored.

Kod raskrižja moramo postići luminaciju ceste koja je najbolje osvjetljena i koja ulazi u raskrižje. Kod zavoja veliku ulogu ima vizualno vođenje. Svjetiljke se obično stavljaju na vanjsku stranu krivina. Ako su ceste široke i ne može se dovoljno osvijetliti s jedne strane, postavlja se dvostrani raspored.



Slika 4.4 *Primjer rasporeda svjetiljki kod kompliciranijih prometnica.[7]*

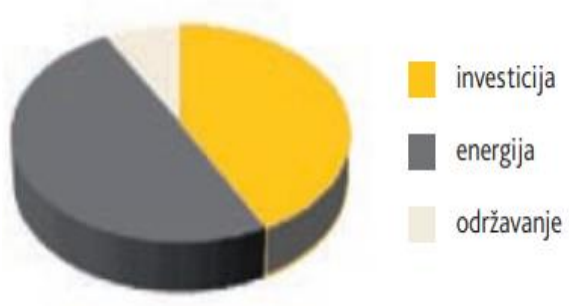
3.5 Ekonomičnost javne rasvjete

Javna rasvjeta zauzima sve veći udio u troškovima gradova i općina. Kad govorimo o troškovima javne rasvjete, govorimo o troškovima izgradnje, upravljanja, održavanja i troškovima električne energije za rasvjetu.

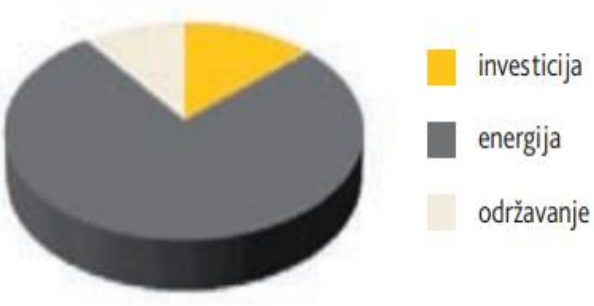
Primjer: Grad je pokrenuo projekt javne rasvjete i planira instalirati 1078 energetski efikasnih svjetiljki. Ako je cijena 3400,00kn po jednoj svjetiljci, troškovi investicije bi iznosili 3665 200,00 kn za izgradnju energetski efikasnih i vrhunskih svjetiljki, ili možemo uzeti najjeftiniju varijantu svjetiljke čija cijena iznosi 800,00 kn po komadu, i kada bi sve najjeftinije svjetiljke postavili, to bi iznosilo 862 400,00 kn. U vremenu početne investicije, gradu bi puno jeftinija varijanta možda bila i privlačnija zbog velike razlike u početnoj cijeni, ali svakako jeftinija i loša rasvjeta nebi bila i isplativija varijanta.

Trošak korištenja vrhunskih cestovnih svjetiljki za održavanje i električnu energiju iznosio bi oko 5 003 284,00 kn /godišnje, dok bi kod vrlo jeftinih svjetiljki trošak bio 5 647 772,00 kn, što je razlika od 644 488,00 kn godišnje. Energetski učinkovite svjetiljke su u početku skuplje za

2 802 800,00 kn, što znači da bi se već nakon malo više od 4 godine isplatila razlika u početnoj investiciji i sve nakon toga vremena bi bila ušteda.

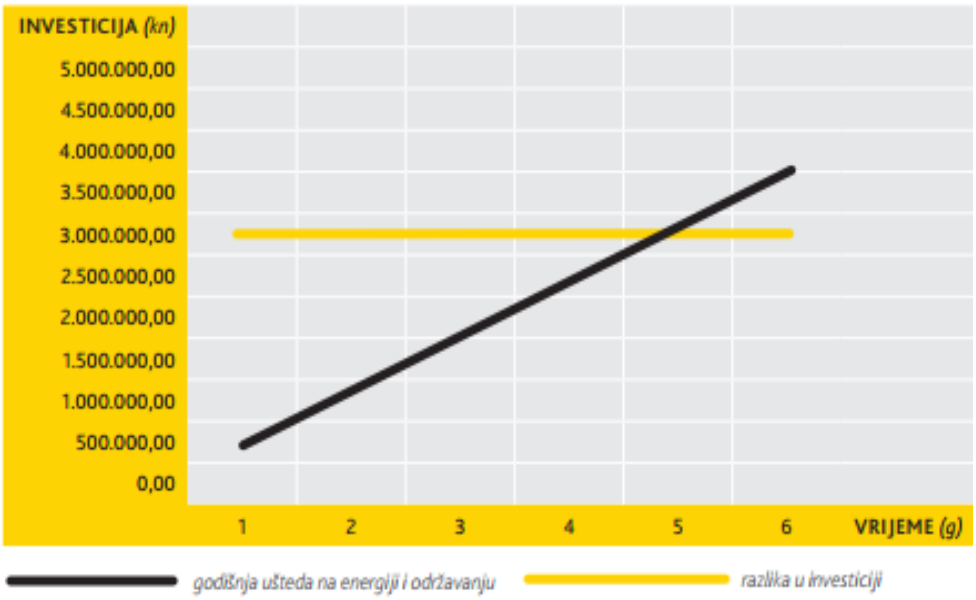


Graf 4.1 *Trošak vrhunskih svjetiljki u prvoj godini. [8]*



Graf 4.2 *Trošak jeftinih svjetiljki u prvoj godini. [8]*

Zbog velike potrošnje energije jeftinijih svjetiljki, a manje potrošnje električne energije skupljih svjetiljki došlo bi do uštede nakon malo više od 4 godine (prikazano u grafu 4.3)



Graf 4.3 *Isplativost ulaganja u energetski učinkovite i skuplje svjetiljke. [8]*

3.6 Svjetlosno zagađenje

Svjetlosno zagađenje je svaka bespotrebna svjetlost koja se emitira u okolinu a koju nije potrebno osvijetliti. Do svjetlosnog zagađenje dolazi zbog uporabe neekoloških i nepravilno postavljenih svjetiljki. Noću se iznad horizonta većih gradova i naselja uzdiže svjetlost javne i druge rasvjete koja je neekološka, štetna i koja beskorisno isijava svijetlost prema nebu. Zbog toga dolazi do preosvjetljenosti noći, nestanka zvijezda.

Rasvjetna tijela možemo podijeliti u dvije skupine a to su: ekološka i neekološka.

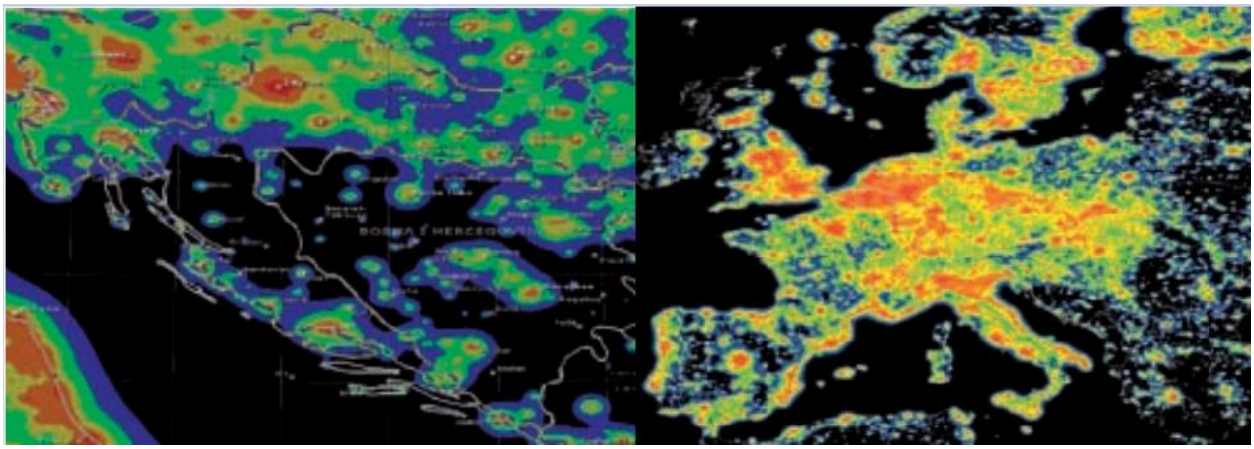
Neekološka su ona rasvjetna tijela koja imaju kuglu, polukuglu ili bilo kakvu izbočinu tj. nemaju ravno staklo koje usmjerava svjetlost u pravom smjeru. Svjetiljke sa ravnim staklom raspršuju svjetlost u samo jednom smjeru, dok one sa zaobljenim staklom raspršuju cijelom svojom površinom, u više smjerova svjetlost se raspršuje prema horizontu i nebu, a upravo takvo raspršivanje svjetlosti izaziva svjetlosno zagađenje.



Slika 4.5 *Pravilno montirana svjetiljka [8]*

Ako je neko rasvjetno tijelo postavljeno pod kutom većim od 5° naspram horizonta, dolazi do bespotrebnog rasipanja svjetlosti prema nebu, a samim time se i električna energija bespotrebno gubi.

Svjetlosno zagađenje utječe na životinjski i biljni svijet tako što im se remeti ritam izmjene dana i noći, odnosno ritam trajanja dana i noći.



Slika 4.6 *Usporedba svjetlosnog zagađenja u Republici Hrvatskoj i Europi* [8]

Na slici 4.6 možemo vidjeti da u RH je najveće zagađenje u području velikih gradova kao što su Zagreb, Rijeka, Split. Uspoređujući svjetlosno zagađenje u RH i Europi možemo uočiti da je puno veće zagađenje u razvijenijim zemljama Europe, zbog većeg broja stanovnika i velikih urbanih naselja, a i zbog veće razvijenosti zemalja.

4. PROJEKTIRANJE JAVNE RASVJETE.

Kod projektiranja javne rasvjete bitni su električni proračuni, svjetlotehnički, tehnoekenomski, emisije štetnog plina CO_2.

4.1 Električni proračuni

Električni proračuni sastoje se od: strujnog opterećenja, padova napona, proračuna struja kratkog spoja. Takve proračune koristimo kod dimenzioniranja duljina kabela, presjeka kabela, osigurača itd.

Strujno opterećenje se računa:

$$\text{In} = \frac{10^3 \cdot Pv}{\sqrt{3} \cdot U \cdot cos\varphi} \tag{4-1}$$

Gdje je:

In - struja kroz kabel [A]

Pv - vršna snaga [W]

U – linijski napon [V]

cos φ – faktor snage

Pad napona se računa:

$$u\% = \frac{10^5 \cdot \sum Pv \cdot I}{K \cdot S \cdot U^2} \tag{4-2}$$

Gdje je:

I – duljina pojedine dionice [m]

S – presjek vodiča [mm^2]

k- specifična vodljivost [Sm/mm^2] ,(za bakar iznosi 57, a za aluminij 36)

Kod proračuna struja kratkog spoja računa se struja jednopolnog i tropolnog kratkog spoja.

Struja jednopolnog kratkog spoja računa se:

$$I_{K1} = \frac{\sqrt{3} \cdot c \cdot U}{Z_1 + Z_2 + Z_3} \tag{4-3}$$

I struja tropolnog kratkog spoja računa se:

$$I_{K3} = \frac{c \cdot U}{\sqrt{3} \cdot Z_1} \quad (4\text{-}4)$$

Gdje je:

c- naponski faktor

Z_1- impedancija petlje kvara direktnog sustava simetričnih komponenti [Ω]

Z_2 – impedancija petlje kvara inverznog sustava simetričnih komponenti [Ω]

Z_3 – impedancija petlje kvara nultog sustava simetričnih komponenti [Ω]

[5]

4.2 Svjetlotehnički proračuni

Kod svjetlotehnički proračuna javne rasvjete koriste se specijalizirani programi kao što su Dialux ili Relux. Kod projektiranja cestovne rasvjete od svjetlotehničkih karakteristika, najbitnija je luminacija. Kriteriji koji se moraju ispoštovati i biti u dopuštenim granicama su: razina i jednolikost luminacije, razina i jednolikost rasvijetljenosti, ograničenje blještanja.

Za rasvjetne sustave definiraju se klase cestovne rasvjete prema značaju prometnica i gustoći prometa, prema normi HR EN 13201.

U mom selu u Brodsko-posavskoj županiji prometnice pripadaju pod klase ME3a i ME4a. ME3a klasa primjenjuje se za glavne i županijske ceste s dvosmjernim prometom i srednjom gustoćom prometa.

Primjer: minimalni zahtjevi za klasu ME3a su:

- Srednja razina luminacije kolnika Lm = 1,00 cd/m^2
- Opća jednolikost luminacije Jl = 40%
- Uzdužna jednolikost luminacije Jl = 40%
- Faktor TI (fiziološko blještanje) TI = 15

Klasa ME4a primjenjuje se za manje lokalne ceste s manjom gustoćom prometa, a od ME3a klase se razlikuje po manjoj luminaciji koja iznosi Lm = 0,75 cd/m^2.

Klase se vrednuju od M1 do M5 (autoceste i brze ceste do male lokalne ceste).

4.3 Tehnoekonomski proračuni

Cilj ovog proračuna je odrediti troškove rasvjete i odrediti najefikasniji sustav javne rasvjete.

Troškove javne rasvjete dijelimo na početne troškove (materijal, oprema, radovi itd.) i troškove vođenja sustava (potrošnja električne energije, održavanje).

Kod podataka svjetiljke najbitniji faktor (zbog potrošnje) nam je snaga svjetiljke.

Ukupnu instaliranu snagu računamo:

$$P_{inst} = \sum_{i=1}^{N} Pi \cdot n \ [kW] \tag{4-5}$$

Gdje je:

P_{inst} – ukupna instalirana snaga rasvjetnih tijela

Pi – instalirana snaga pojedinačne žarulje

n – ukupan broj žarulja određene snage

N – broj različitih tipova žarulja prema instaliranoj snazi

Potrošnja električne energije računa se:

$$W = P_{inst} \cdot t \ [kWh] \tag{4-6}$$

Gdje je:

W – potrošnja električne energije

t – vrijeme rada javne rasvjete

Potrošnju električne energije u kunama računamo slijedećom formulom:

$$W_{kn} = W \cdot c \ [\text{kn}] \tag{4-7}$$

Gdje je:

W_{kn} – potrošnja električne energije javne rasvjete u kn

c – cijena električne energije u kn/kWh

4.4 Proračun emisije CO_2

Ovaj proračun nam govori o štetnosti sustava javne rasvjete na okoliš (atmosferu).

Veća potrošnja električne energije dovodi i do veće emisije štetnog plina CO_2.

$$E_{CO2} = W \cdot f\ (T\ CO_2) \tag{4-8}$$

Gdje je:

W- potrošnja električne energije javne rasvjete (MWh)

f- faktor emisije koji za javnu rasvjetu iznosi 0,77 (t CO_2/MWh) [2]

[2] Izvor: https://www.researchgate.net/publication/309946589_PROJEKTIRANJE_ENERGETSKI_EFIKASNE_JAVNE_RASVJETE

5. LED DIODE

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

Pretvorba električne energije u svjetlosnu naziva se elektroluminiscencija.

LED dioda je posebna vrsta dioda i ona emitira svjetlost samo kada je propusno polarizirana, odnosno kada kroz nju prolazi struja.

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



Slika 5.1 *Simbol LED diode.[9]*

5.1 Kratka povijest LED rasvjete

LED dioda je izumljena 1962 godine i izumio ju je Nick Holonyak iz tvrtke General Electric.

Prva komercijalna proizvodnja je počela 1967 godine u SAD-u (Monstanto company) i to su bile male LED diode koje su se koristile kao indikatori.

1976. godine nakon otkrića visoko sjajne LED diode koju je izumio T.P.Pearsall, počinje njihova primjena u telekomunikacijama i signalizaciji.

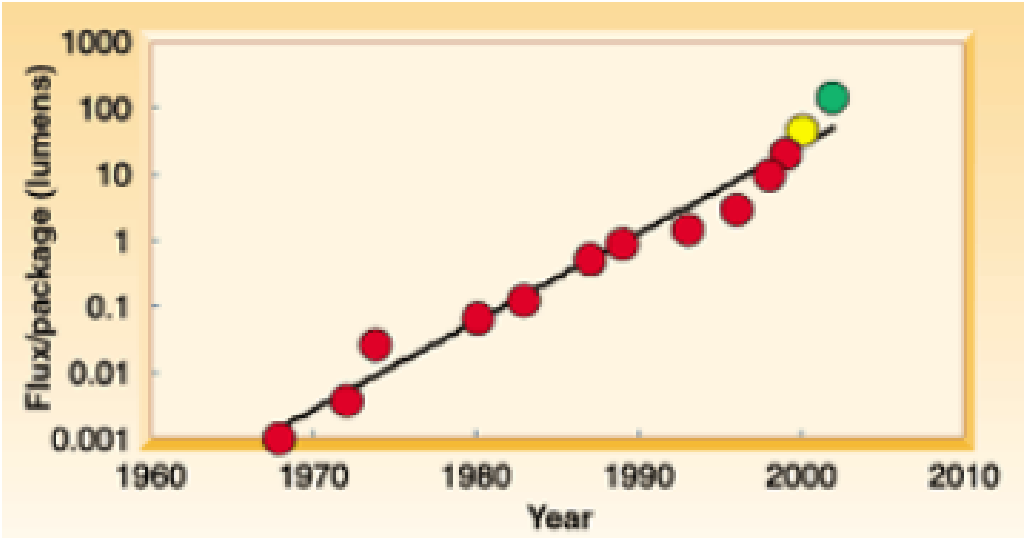
1970. godine tvrtka Fairchild Electronics uspijeva proizvesti prvu LED ispod proizvodne cijene od 5 centa, a prve LED koje su proizvedene nekoliko godina ranije su koštale preko 200$

Kako je vrijeme prolazili razvija se tehnologija, pa tako se razvila i LED tehnologija, te je rastao svjetlosni tok emitirane svjetlosti, odnosno njihova učinkovitost (lm/W).

O LED-u se sve više počelo razmišljati kao o izvoru svjetlosti, te je 1995. godine Shuji Nakamura (Nichia Corporation), projektirao prvi bijeli visoko sjajni LED.

LED tehnologija se brzo razvijala, te je američki znanstvenik Heitz otkrio linearnost između vremena i eksponencijalnog povećanja svjetlosnog toka i po njemu je nazvan tzv. Haitzov zakon.

Zakon govori o tome da se svake dekade troškovi izrade LED-a po lumenu svjetlosnog toka smanji 10 puta, dok se količina svjetlosnog toka povećava 20 puta po wattu utrošene snage.

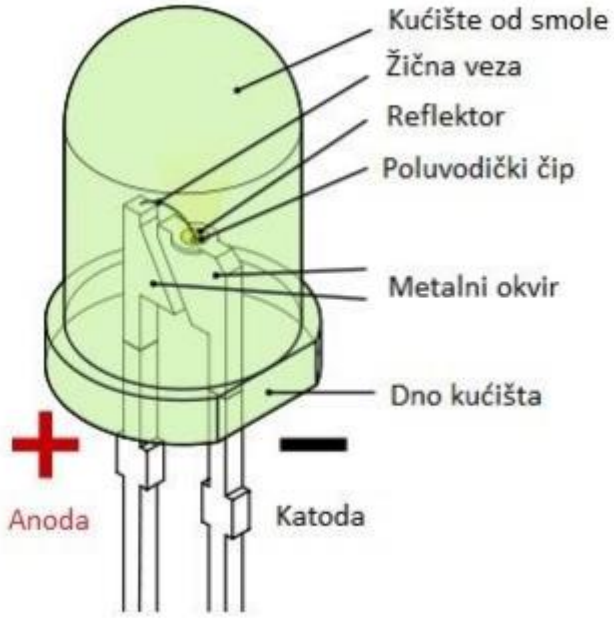


Slika 5.2 *Razvoj LED-a [10]*

5.2 Konstrukcija

Glavni dijelovi klasične svjetleće diode koja se koristi kao indikator su:

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



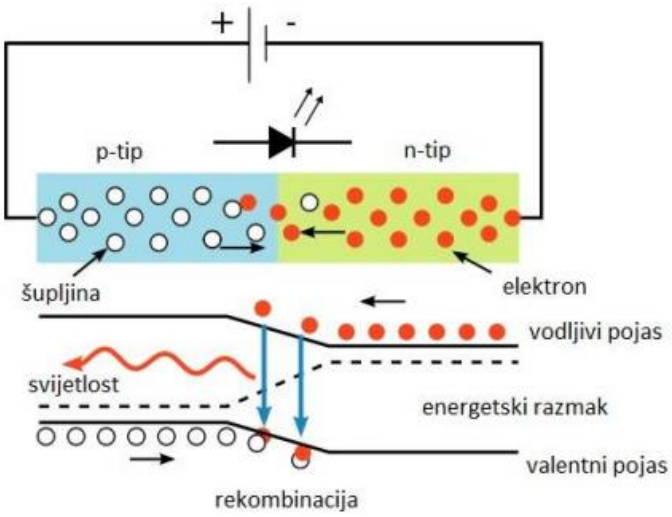
Slika 5.2 *elementi LED diode[11]*

Dioda ima dva vodiča, a to su anoda i katoda. Anoda je spojena na pozitivnu stranu strujnog kruga, a katoda je na negativnu stranu. Prema slici 5.2 vidimo da je dno kućišta s jedne strane ravno, dok je s ostalih strana zaobljen. Ravni dio dna kućišta je na strani gdje se nalazi katoda. Ako diodu spojimo tako što spojimo anodu na negativnu stranu, a katodu na pozitivnu stranu, dioda neće funkcionirati. Na prošireni dio katode smješten je sloj poluvodiča, tj. poluvodički čip. Poluvodički čip je povezan s anodom putem žičane veze. Metalni okvir sastoji se od nakovnja i klina. Oblik metalnog okvira ispunjava dvije zadaće: osim što pomoću njega možemo isto raspoznati vodiče, također drži okvir na mjestu dok se cijela dioda zatvara u epoksidnu smolu. Povrh poluvodičkog čipa smješten je reflektor koji omogućuje bolje isijavanje fotona. Kućište je često iste boje kao i emitirana svjetlost same diode.

5.3 Princip rada LED-a

Kao i kod standardne diode, LED dioda ima poluvodički materijal (poluvodički čip) koji je dotiran određenim primjesama kako bi bio stvoren p – n spoj. Sa p označavamo anodu, a sa n katodu.

Dovođenjem električne energije na diodu izazivamo kretanje elektrona između anode i katode. Elektroni popunjavaju šupljine i kada elektron popuni šupljinu pada na nižu energetsku razinu i s time kao rezultat se dobije oslobađanje energije u obliku fotona.



Slika 5.3 *Princip rada LED diode[11]*

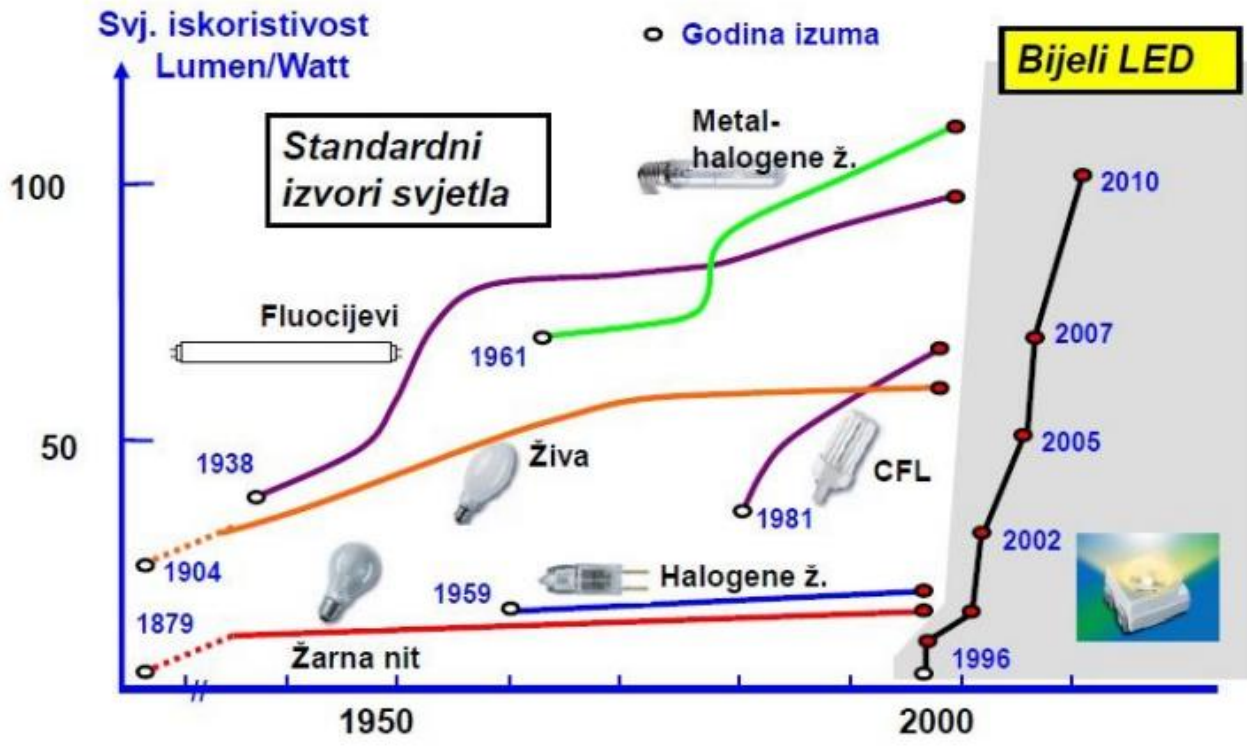
Valna duljina svjetlosti ovisi o razmaku vodljivog i valentnog pojasa materijala.

Na slici 5.3 možemo vidjeti između vodljivog i valentnog pojasa postoji energetski razmak, energetski razmak kod poluvodičkih materijala može biti direktan i indirektan. Kod LED se koriste materijali s direktnim energetskim razmakom jer kod direktnog energetskog razmaka dođe do vidljive emisije svijetla.

5.4 Prednosti

- LED u usporedbi s klasičnom žaruljom troši 50 puta manje snage, a polovicu snage u usporedbi s fluorescentnom. Manja snaga = manja potrošnja električne energije.
- LED žarulje traju 10 puta duže nego fluorescentna žarulja i 133 puta duže od obične žarulje.
- Izdržljivije su u odnosu na druge žarulje i ne oštećuju se tako lako.
- LED nije osjetljiv na hladnoću.
- Ne povećavaju zagrijavanje prostora kao npr. žarulje sa žarnom niti.
- Nema štetnih sastojaka za čovjeka i prirodu, kao npr. živine žarulje.
- Manja potrošnja znači i manje zagađenje, jer je potrebna manja proizvodnja električne energije.

.



Slika 5.4 *Usporedba efikasnosti LED rasvjete sa drugim oblicima rasvjete [11]*

5.5 Nedostaci

- Velika početna cijena u usporedbi sa drugim žaruljama.
- LED mora raditi na strogo određenom naponu i struji, što se može postići spajanjem predotpora ili kod LED dioda velikih snaga korištenjem regulacijskog napajanja.
- LED veće količina plavog svijetla s obzirom na druge izvore svijetlosti.
- Radne karakteristike ovise o temperaturi okoline.

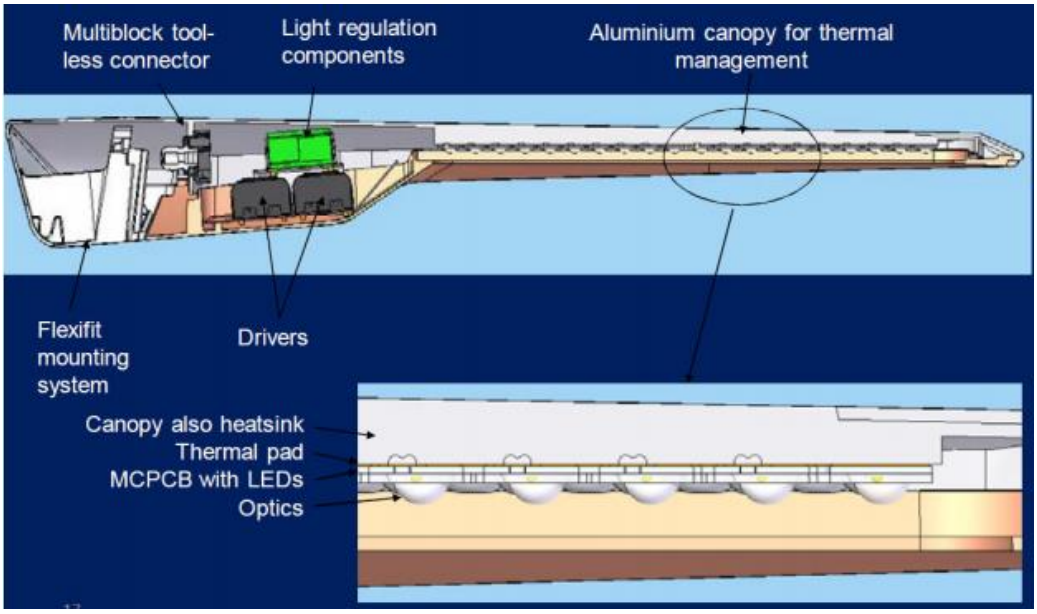
5.6 Primjena LED tehnologije u javnoj rasvjeti

Led tehnologija se počela koristiti 1990 godine u prometnim znakovima i putokazima.

Današnje LED svjetiljke sve više zamjenjuju i u budućnosti će potpuno izbaciti svjetiljke bazirane na živi i natriju. LED svjetiljke pružaju velike uštede u potrošnji električne energije i održavanju, jer traju duže od ostalih svjetiljki. Na slici 5.3 prikazana je LED svjetiljka za javnu rasvjetu koja daje 111 lumena po wattu i traje duže od 60000 h.



Slika. 5.5 *Philips SpeedStar svjetiljka za javnu rasvjetu[13]*



Slika. 5.6 *Philips SpeedStar svjetiljka za javnu rasvjetu (dijelovi)[10]*

Modul s optikom ima na sebi skupinu LED dioda. Modul se usmjerava u pravcima u kojima želimo osvjetljenje.

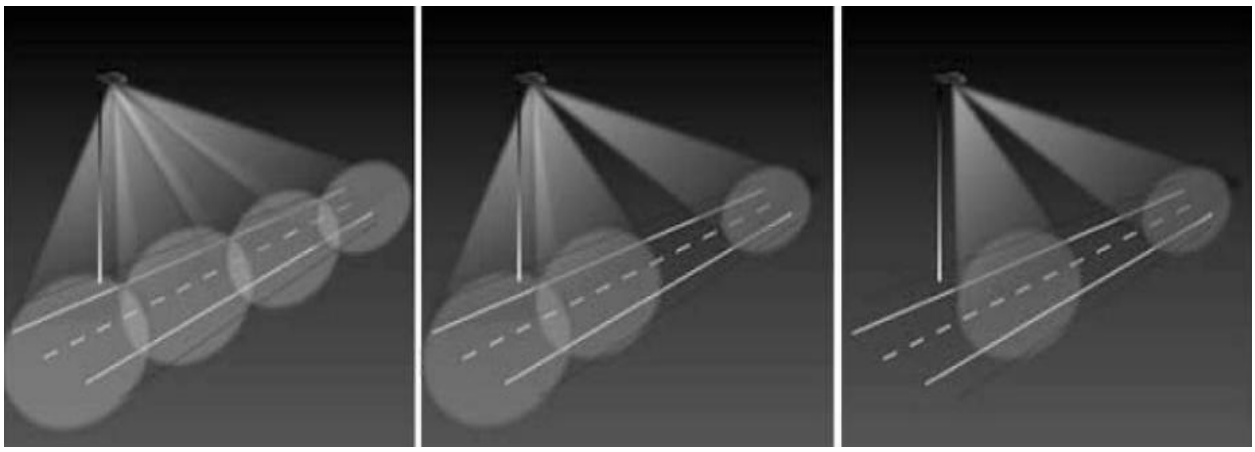


Slika 5.7 *Modul[10]*

LED svjetiljke za javnu rasvjetu imaju optiku koja se može izvesti na dva načina koji su prikazani na slijedećoj stranici.

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

Svaki modul je namješten tako da osvjetljava jedan dio ceste. I kada dođe do kvara na jednom od modula, dolazi do toga da jedan dio ceste bude u mraku (dio ceste koji je bio osvjetljen od tog modula).



Slika 5.8 *LED rasvjeta prilikom kvara pojedinih modula (kada svaki modul osvjetljava jedan dio ceste).[10]*

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



Slika 5.9 *LED rasvjeta prilikom kvara pojedinih modula (kada svaki modul osvjetljava cijelu površinu pokrivenosti svjetiljke).*

Izvor:[10]

6. ISTRAŽIVANJE

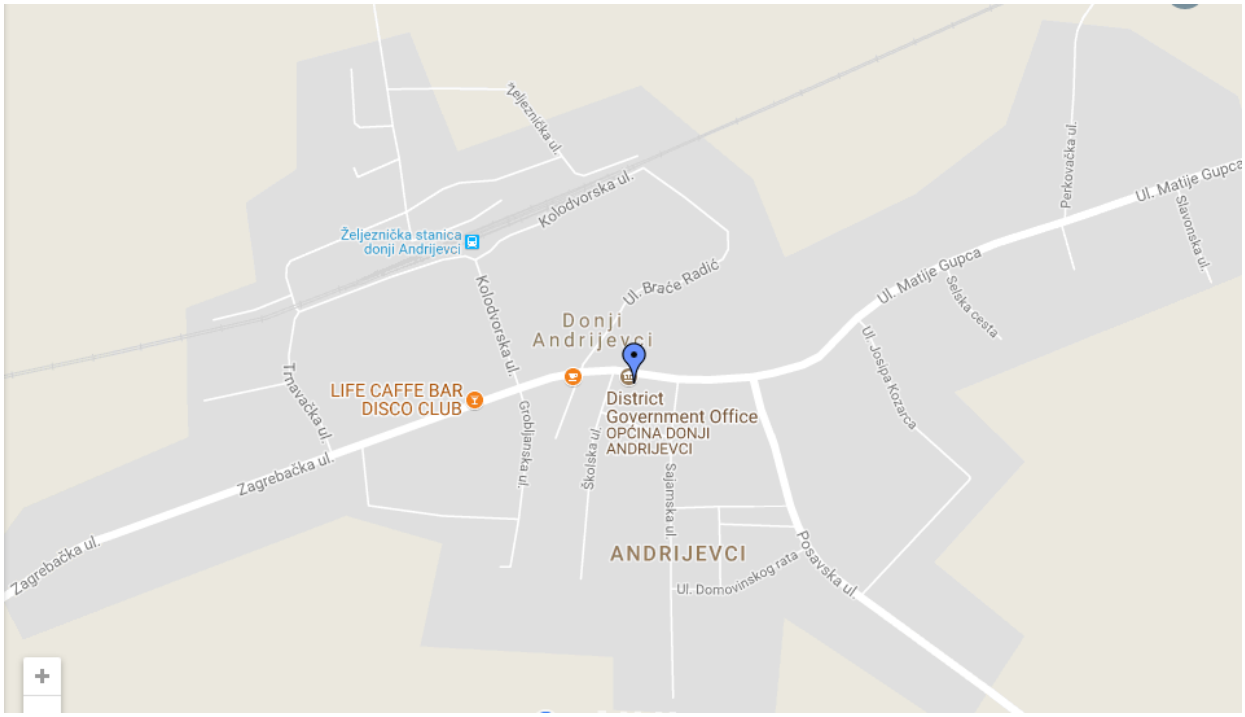
U ovom poglavlju ću napraviti dva istraživanja, a to su: na području gdje živim (Donji Andrijevci) i na području velikog grada tj. Zagreba. U istraživanju na području gdje živim ću pomoću podataka koje sam prikupio iz Općine napraviti tehnoekonomsku analizu potrošnje rasvjete prije i poslije zamjene postojećih svjetiljki sa LED svjetiljkama i zagađenje CO2 prije i poslije zamjene s LED svjetiljkama.

U istraživanju na području Zagreba ću na temelju dostupnih podataka prikazati razlike u početnoj cijeni trenutnih svjetiljki sa LED svjetiljkama, te tehnoekonomsku analizu pomoću koje ću vidjeti nakon koliko vremena se razlika u početnoj investiciji isplati.

6.1 Istraživanje na području Donjih Andrijevaca

Zbog nemogućnosti prikupljanja detaljnijih podataka za javnu rasvjetu nekih velikih gradova, prikupio sam podatke o javnoj rasvjeti sela Donji Andrijevci

U selu Donji Andrijevci nalaze se 304 svjetiljke, i pretežno dominiraju VTFE (visokotlačne živine) svjetiljke od 125 W i VTNa (visokotlačne natrijeve) od 250 W. U ovom istraživanju ću napraviti tehnoekonomsku analizu, analizu zagađenja postojeće rasvjete i usporedbu kada bi se postojeća rasvjeta zamijenila sa LED rasvjetom.



Slika 6.1 *Karta područja istraživanja[16]*

Tablica 6.1 *Sustav rasvjete Donjih Andrijevaca*

Redni broj	Tip žarulje	Snaga žarulje [W]	[3]Gubitci predspojene naprave [W]	Broj svjetiljki	Ukupna snaga [KW]	Udio u snazi [%]
1.	Visokotlačna natrijeva (VTNa)	150,00	25,00	35	6,13	11,63
2.	Visokotlačna natrijeva (VTNa)	250,00	25,00	88	24,20	45,94
3.	Visokotlačna živina (VTFE)	125,00	25,00	111	16,65	31,61
4.	LED	40,00	2,10	13	0,55	1,04
5.	LED	80,00	4,20	40	3,37	6,39
6.	LED	100,00	5,20	17	1,79	3,39
UKUPNO:				304	52,68	100%

Cilj ovog istraživanja mi je usporediti i dokazati koliko je moguće uštedjeti prelaskom sa zastarjelih oblika rasvjete na energetski efikasnije LED svjetiljke.

Tehnoekonomska analiza

Ulična rasvjeta na području Donjih Andrijevaca je većinom energetski neefikasna i čak 36% rasvjete čine zastarjele živine OGŽK svjetiljke prikazane na slici 6.2, koje su stare 40 i više godina.



Slika 6.2 *OGŽK živina svjetiljka*

[3] Gubitci predspojene naprave nisu korišteni u proračunu.

Od postojeće LED rasvjete promijenio bih LED rasvjetu snage od 80 W i 100 W i postavio bi LED rasvjetu manje snage, zbog mogućih ušteda, jer nije potrebna tolika snaga za male lokalne ceste.

Za male lokalne ceste je dovoljna LED rasvjeta snage 40 W.

Javna rasvjeta u cijelom naselju radi prosječno 4100 h godišnje.

Potrošnja trenutne rasvjete na županijskoj cesti:

U tablici 6.2 nalaze se podaci rasvjete županijske ceste koji su korišteni u proračunu.

Od svjetiljki u tablici 6.2 svih 88 svjetiljki su energetski neefikasne i potrebna je zamjena sa efikasnim LED svjetiljkama.

Županijska cesta pripada klasi ME3a.

Tablica 6.2 *Rasvjete županijske ceste*

Tip svjetiljki	**Broj svjetiljki**	**Snaga [W]**	**Ukupna instalirana snaga ($P_{inst,županijske\ ceste}$) [W]**
Visokotlačna natrijeva (VTNa)	88	250 W	22000 W

Prema formuli (4-6) računam potrošnju električne energije u (kWh), a prema formuli (4-7) računam potrošnju električne energije u kunama.

Vrijeme rada rasvjete je t = 4100 h u godini, a cijena kWh je c = 0,87 kn [4]

$$W_{županijske\ cestee} = P_{inst,županijske\ ceste} \cdot t = 22 \cdot 4100 = 90200\ \text{kWh}$$

$$W_{kn,županijske\ ceste} = W_{županijske\ ceste} \cdot c = 90200 \cdot 0.87 = 78474\ \text{kn}$$

Potrošnja rasvjete županijske ceste nakon zamjene postojećih svjetiljki sa LED svjetiljkama:

[4] Preuzeto s http://www.rezije.hr/rezije/struja-menu/352-hep

LED svjetiljke snage 80 W.

$$P_{inst,županijske\ ceste,LED} = 88 \cdot 80 = 7040\ W = 7{,}04\ kW$$

$$W_{županijske\ ceste,LED} = P_{inst,županijske\ ceste,LED} \cdot t = 7{,}04 \cdot 4100 = 28864\ kWh$$

$$W_{kn,županijske\ ceste,LED} = W_{županijske\ ceste,LED} \cdot c = 28864 \cdot 0.87 = 25111{,}68\ kn$$

Potrošnja trenutne rasvjete lokalnih cesta:

U tablici 6.3 nalaze se podaci rasvjete lokalnih cesta koji su korišteni u proračunu.

Preporuka je zamjena postojećih rasvjetnih tijela sa LED rasvjetom snage 40 – 60 W. Postojeće LED svjetiljke od 80 i 100 W su prevelike snage za male lokalne ceste.

Lokalne ceste pripadaju klasi ME4a.

Tablica 6.3 *Rasvjeta lokalnih cesta*

Tip svjetiljki	**Broj svjetiljki**	**Snaga [W]**	**Instalirana snaga [kW]**
Visokotlačna natrijeva (VTNa)	35	150 W	5250 W
Visokotlačna živina (VTFE)	111	125 W	13875 W
LED	40	80 W	3200 W
LED	17	100 W	1700 W
LED [5]	13	40 W	520 W
UKUPNO [6] ($P_{ukp,inst,lokalnih\ cesta}$)			24025 W

[5] LED svjetiljke obojane zeleno u tablici su energetski efikasne LED svjetiljke kojima nije potrebna zamjena i njihovi podaci nisu korišteni u proračunu.
[6] Bez LED svjetiljki iz zelenog reda.

t = 4100 h, c = 0,87 kn

Kada ukupnu instaliranu snagu pretvorimo u kW dobijemo:

$$P_{ukp,inst,lokalnih\ cesta=}24{,}03\ kW$$

$$W_{lokalnih\ cesta} = P_{ukp,inst,lokalnih\ cesta} \cdot t = 24{,}03 \cdot 4100 = 98523\ kWh$$

$$W_{kn,lokalnih\ cesta} = W_{lokanih\ cesta} \cdot c = 98523 \cdot 0{,}87 = 85715{,}01\ kn$$

Potrošnja rasvjete lokalnih cesta nakon zamjene postojećih svjetiljki sa LED svjetiljkama:

Ukupan broj svjetiljki kod lokalnih cesta koje bi se trebale promijeniti radi uštede je 203, a za lokalne ceste je preporučena snaga LED svjetiljki od 40 W do 60 W, odabrana je sredina tj.50 W LED svjetiljka.

$$P_{inst,LED,50W} = 203 \cdot 50 = 10150\ W = 10{,}15\ kW$$

$$W_{lokalnih\ cesta,LED,50W} = P_{inst,LED,50W} \cdot t = 10{,}15 \cdot 4100 = 41615\ kWh$$

$$W_{kn,lokalnih\ cesta,LED} = W_{lokanih\ cesta,LED,50W} \cdot c = 41615 \cdot 0{,}87 = 36205{,}05\ kn$$

Ukupna potrošnja trenutne rasvjete i potrošnja nakon zamjene sa LED rasvjetom:

Trenutna potrošnja rasvjete:

$$W_{ukup} = W_{županijske\ cestee} + W_{,lokalnih\ cesta} = 90200 + 98523 = 188723\ kWh$$

$$W_{kn,UKUPNO} = W_{kn,županijske\ ceste} + W_{kn,lokalnih\ cesta} = 78474 + 85715{,}01 = 164189\ kn$$

Potrošnja nakon zamjene s LED rasvjetom:

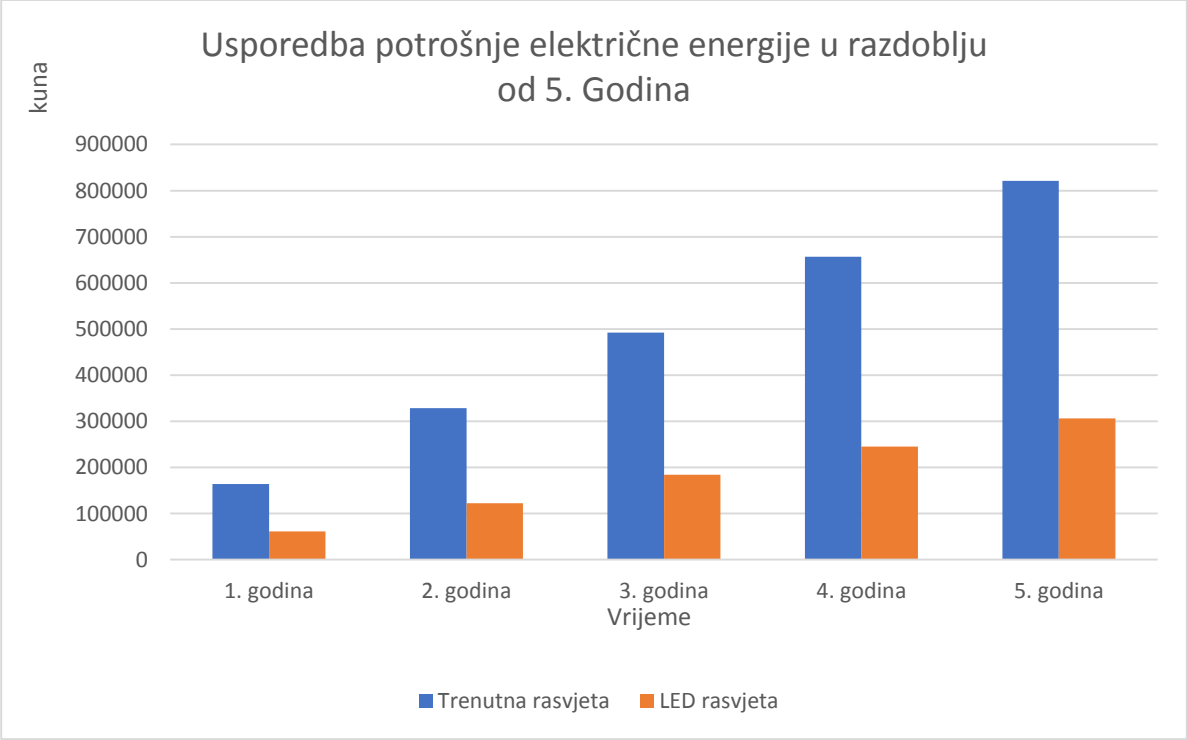
$$W_{LED.ukup} = W_{županijske\ ceste,LED} + W_{lokalnih\ cesta,LED,50W} = 28864 + 41615 = 70479\ kWh$$

$$W_{kn,LED,UKUPNO} = W_{kn,županijske\ ceste,LED} + W_{kn,lokalnih\ cesta,LED} = 25111{,}68 + 36205{,}05$$

$$W_{kn,LED,UKUPNO} = 61316.73\ kn$$

Tablica 6.4 *Usporedba potrošnje trenutne rasvjete sa LED rasvjetom.*

	Potrošnja rasvjete u kWh	**Potrošnja rasvjete u kunama**
Potrošnja el. energije trenutne neefikasne rasvjete	188723 kWh	164189 kn
Potrošnja el. energije nakon zamjene postojeće rasvjete sa LED rasvjetom	70479 kWh	61316. 73 kn
UŠTEDA (godišnja)		102872. 27 kn



Graf 6.1 *Usporedba potrošnje trenutne rasvjete i LED rasvjete*

U grafu 6.1 možemo vidjeti koliko su velike uštede LED rasvjete, s tim da u proračunu nisu korišteni gubici predspojene naprave koji su kod LED rasvjete manji nego kod ostalih tipova rasvjete, što znači da su uštede još veće.

Analiza zagađenja CO2 Donjih Andrijevaca

Ova analiza je bitan parametar i govori nam o količini zagađenja okoliša (atmosfere).

Što je veći utrošak energije, veća je i potrošnja energije, a samim time veća je i proizvodnja energije koju u Republici Hrvatskoj velikim dijelom dobivamo iz neobnovljivih izvora energije, a u takvoj proizvodnji veliko je zagađenje stakleničkim plinovima.

U ovoj analizi koristit ću formulu (4-8) za proračun.

Analiza zagađenja trenutne rasvjete:

W=188723 kWh = 188.72 MWh, f = 0.77 [t CO_2/MWh]

$$E_{CO2} = W \cdot f\ (t\ CO_2)$$

$$E_{CO2} = 188.72 \cdot 0.77$$

$$E_{CO2} = 145.32\ t\ CO_2$$

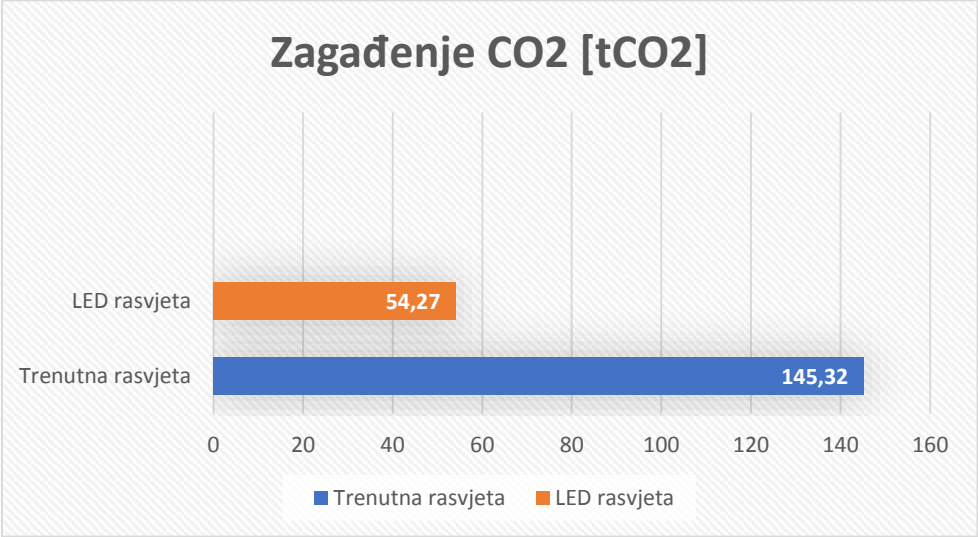
Analiza zagađenja LED rasvjete:

W= 70479 kWh =70.48 MWh, f = 0.77 [t CO_2/MWh]

$$E_{CO2} = W \cdot f\ (t\ CO_2)$$

$$E_{CO2} = 70.48 \cdot 0.77$$

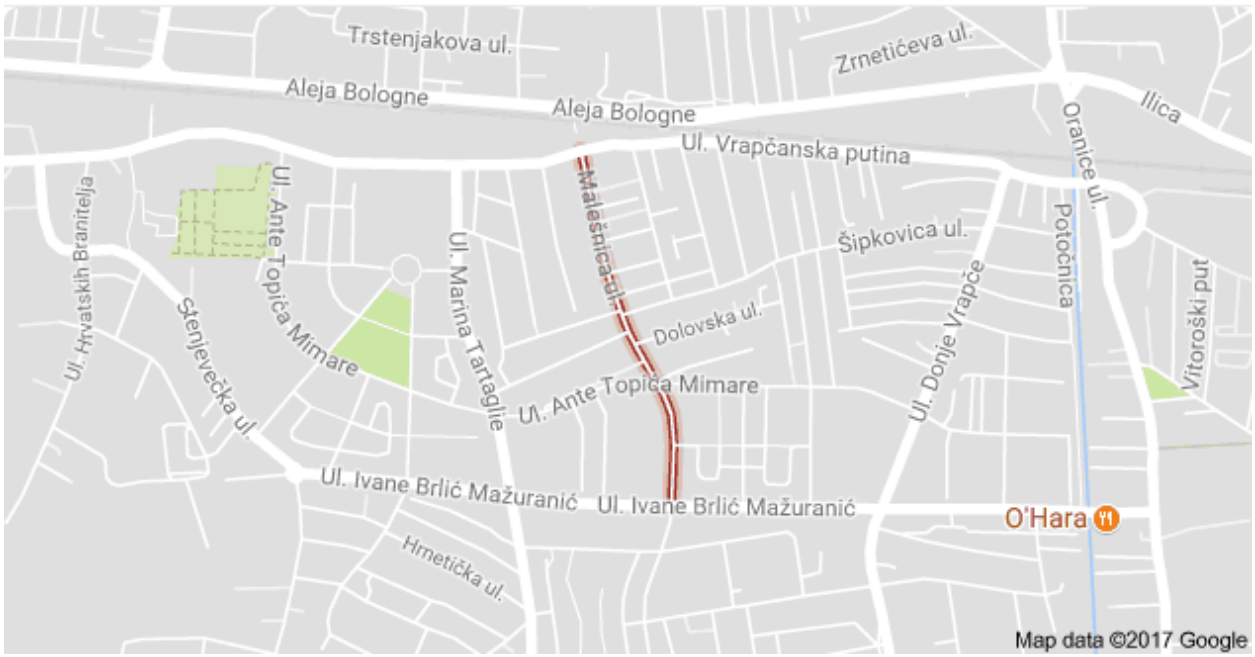
$$E_{CO2} = 54.27\ t\ CO_2$$



Graf 6.2 *Usporedba zagađenja trenutne i LED rasvjete*

6.2 Analiza rasvjete na području grada Zagreba.

U ovoj analizi promatrao sam grad Zagreb, tj. točnije područje Malešnice prikazano na slici 6.2.



Slika 6.2 *Karta područja istraživanja (Zagreb-Malešnica)[16]*

Zbog nemogućnosti prikupljanja točnog broja svjetiljki aproksimirat ću broj svjetiljki na 800 kako bi mogao napraviti tehnoekonomsku analizu i vidjeti nakon kojeg vremenskog roka će se početna investicija svjetiljki isplatiti. Na području Malešnice većinom se koristi rasvjeta izvedena visokotlačnim natrijevim svjetiljkama jačine 150 W, zbog nemogućnosti prikupljanja detaljnijih podataka o točnijem broju, snazi i tipu svjetiljki koristit ću podatke koji su prikazani u tablici 6.5

Tablica 6.5 *Sustav rasvjete Malešnice*

Tip svjetiljki	**Broj svjetiljki**	**Snaga [W]**	**Ukupna instalirana snaga (P_{inst}) [W]**
Visokotlačna natrijeva (VTNa)	800	150 W	120000 W

Početna cijena svjetiljki

Natrijeva svjetiljka- oko 3000 kn (ovisi o proizvođaču).

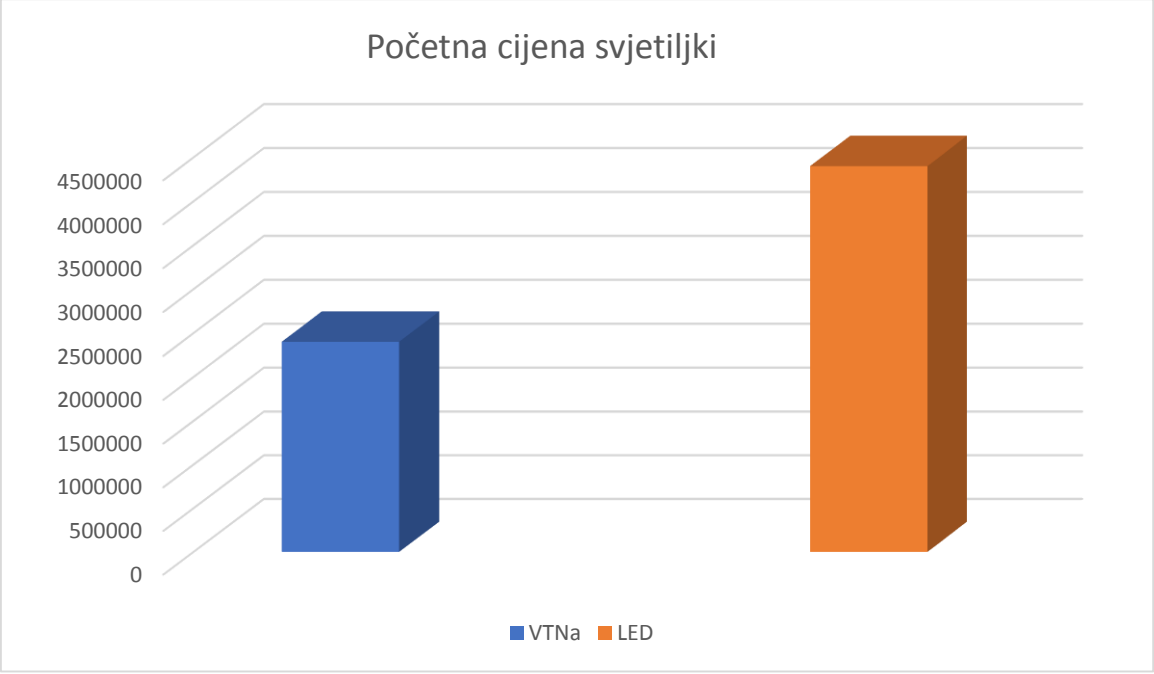
LED svjetiljka- oko 5500 kn. [14]

Množeći broj svjetiljki sa cijenom dobijemo podatke o ukupnoj cijeni, kao što su prikazani u tablici 6.6

Tablica 6.6 *Početna cijena svjetiljki*

Tip svjetiljki	Broj svjetiljki	Početna investicija jedne svjetiljke	Ukupna cijena
Visokotlačna natrijeva (VTNa)	800	3000 kn	2,400,000 kn
LED	800	5500 kn	4,400,000 kn

Na grafu 6.3 vidimo razliku u početnoj cijeni visokotlačne natrijeve i LED svjetiljke koja iznosi 2 milijuna kuna.



Graf 6.3 *Razlika u početnoj cijeni VTNa i LED svjetiljke*

Tehnoekonomska analiza

Ukupna instalirana snaga trenutne rasvjete je P_{inst} =120 kW, vrijeme rada pretpostavimo da je isto kao u prvom istraživanju, a to je t = 4100 h, cijena kWh je c = 0.87 kn.

Prema formuli 4-6 računamo potrošnju električne energije u kWh u razdoblju od jedne godine.

$$W = P_{inst} \cdot t = 120 \cdot 4100 = 492000\ kWh$$

Prema formuli 4-7 računamo potrošnju električne energije u kunama.

$$Wkn = W \cdot c = 492000 \cdot 0.87 = 398520\ kn$$

Ako zamijenimo postojeće svjetiljke sa LED žaruljama 80 W dobijemo slijedeće rezultate:

Instalirana snaga LED žarulja je $P_{inst,LED}$ = 64 kW (Umnožak snage jedne svjetiljke za ukupnim brojem.)

$$W = P_{inst,LED} \cdot t = 80 \cdot 4100 = 328000\ kWh$$

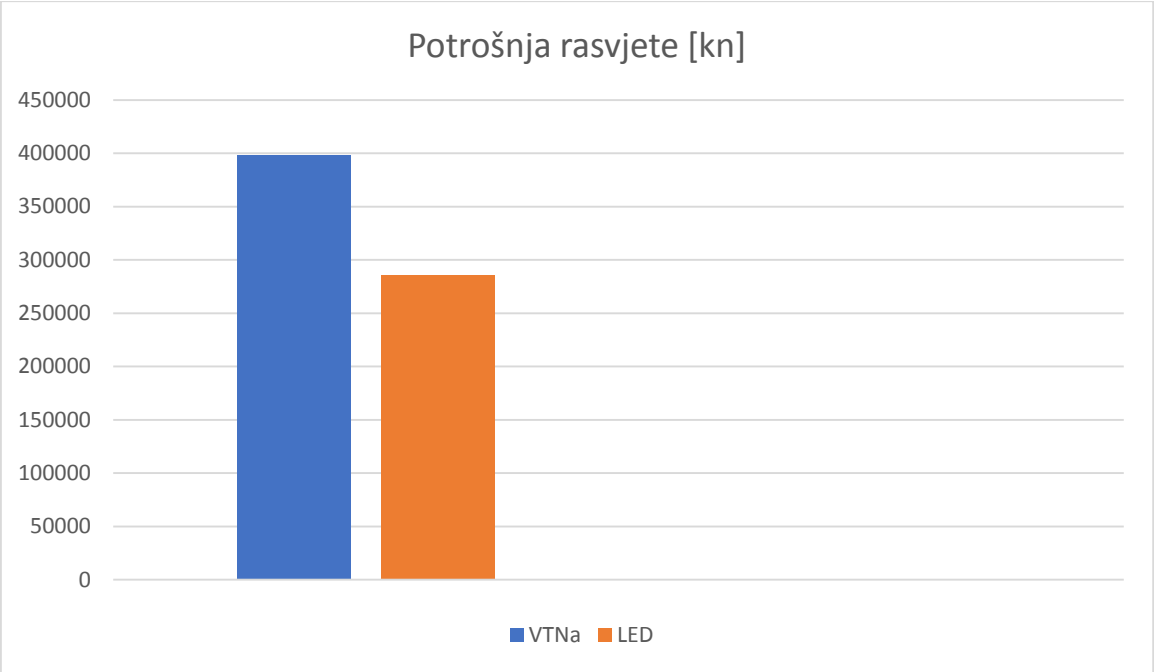
$$Wkn = W \cdot c = 328000 \cdot 0.87 = 285360\ kn$$

U tablici 6.7 možemo vidjeti rezultate ukupne uštede.

Tablica 6.7 *Godišnja ušteda prelaskom na LED rasvjetu.*

Tip svjetiljke	Potrošnja [kWh]	Potrošnja [kn]
VTNa	492000 kWh	398520 kn
LED	328000 kWh	285360 kn
Ukupna ušteda:		113160 kn

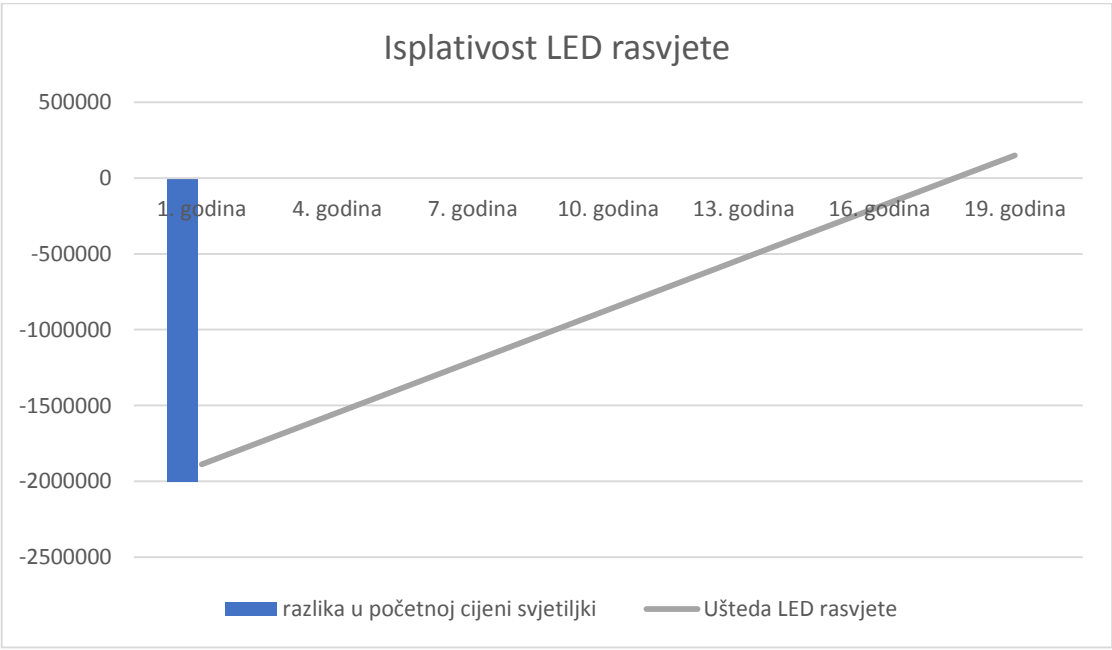
Na grafu 6.4 vidimo usporedbu potrošnje trenutne manje efikasne natrijeve rasvjete i LED rasvjete.



Graf 6.4 *Potrošnja rasvjete*

Veliki problem je početna cijena LED rasvjete koja je velika. U ovom slučaju u Zagrebu na području Malešnice razlika u početnoj cijeni je 2 milijuna kuna.

Na grafu 6.5 na slijedećoj stranici možemo vidjeti kada će u ovom slučaju uštede prestići razliku u početnoj investiciji.



Graf 6.5 *Isplativost LED rasvjete*

Prema grafu 6.5 vidimo da će u ovom slučaju LED rasvjeta prestići razliku u početnoj cijeni i to za nešto manje od 18 godina.

6.3 Kratak osvrt na istraživanje

Veliki nedostatak za LED rasvjetu je velika početna cijena.

Kao što možemo vidjeti u drugom istraživanju da je razlika u početnoj cijeni čak dva milijuna kuna. Naravno u korist LED rasvjete trebamo uzeti u obzir da LED rasvjeta ima duži vijek trajanja od ostalih svjetiljki, te se tu nalaze uštede u ukupnim troškovima, te za puno manje snage možemo dobiti bolje svjetlotehničke karakteristike i uštediti na troškovima električne energije.

Smatram da će s vremenom i LED svjetiljke pojeftiniti i da će se još više isplatiti.

7. ZAKLJUČAK

Javna rasvjeta je veliki potrošač električne energije, i zamjenom starih izvora električne energije s LED rasvjetom moguće su velike uštede

U Republici Hrvatskoj veliki dio električne energije dobivamo iz neobnovljivih i po okoliš štetnih izvora energije, pa zamjena starih izvora svijetlosti sa efikasnijim LED svjetiljkama smanjuje zagađenje okoliša.

LED rasvjeta je sigurna prilikom odlaganja nakon uporabe, ne sadrži nikakve otrovne tvari (kao npr. živine svjetiljke).

LED svjetiljke nije potrebno puno održavati i dugotrajnije su od ostalih izvora svjetlosti.

Najveći problem kod prelaska sa zastarjelih oblika rasvjete na LED rasvjetu je početna cijena LED rasvjete. Početna investicija kod LED rasvjete je puno veća nego kod drugih oblika rasvjete, ali nakon određenog vremena početna investicija se isplati, te dolazi do ušteda zbog manjih troškova održavanja i manje potrošnje.

Nakon istraživanja i svih prednosti LED rasvjete, mogu samo zaključiti da bi se sva zastarjela i neefikasna rasvjeta velikih gradova morala promijeniti sa efikasnom LED rasvjetom.

8. LITERATURA

[1] Wikipedia, *Boja.* (8.6.2017)

URL:https://hr.wikipedia.org/wiki/Boja

[2] V.Vrhovac, Ekološka rasvjeta, *Opasnosti plavog svijetla*, 5.11.2014.(1.8.2017)

URL:http://www.ekorasvjeta.net/javna-rasvjeta/opasnosti-plavog-svjetla/

[3] Prof.dr.sc. S.Krajcar, A.Šribar, dipl.ing. OSRAM d.o.o, L.Lugarid, dipl.ing.

,*Svjetlotehničke veličine i jedinice*, prezentacija. (20.5.2017)

URL: http://www.ieee.hr/_download/repository/Predavanje2%5B3%5D.pdf

[4] I.Novokmet, Moj Osijek, *Javna rasvjeta*,3.2.2015.(10.7.2017)

URL:http://www.mojosijek.hr/tag/javna-rasvjeta

[5] Dr.sc. I.Ramljak, dipl.inž.el., Dr.sc.Dr.Bago dipl.inž.el, *Projektiranje energetski efikasne javne rasvjete*, JP Elektroprivreda HZ-HB d.d. Mostar, Direkcija za razvoj, 2016. (10.6.2017)

URL:https://www.researchgate.net/publication/309946589_PROJEKTIRANJE_ENERGETSKI_EFIKASNE_JAVNE_RASVJETE

[6] Mihić M, *Faktori kvalitete javne rasvjete i industrijskih postrojenja*, Završni rad, Veleučilište u Karlovcu Odjel sigurnosti i zaštite, 2016 (30.6.2017)

URL:https://dr.nsk.hr/islandora/object/vuka%3A417/datastream/PDF/view

[7] *Električna rasvjeta.* (10.7.2017)

URL:http://www.sau.ac.me/ARHEM/ELEKTROINST3.pdf

[8] Regionalna energetska agencija sjeverozapadne Hrvatske, *Suvremena energetski učinkovita javna rasvjeta.*(10.7.2017)

URL:http://www.regea.org/assets/files/objavilismo/rasvjeta_final.pdf

[9] Peter J. Vis, *Diode symbol. (10.6.2017)*

URL:http://www.petervis.com/electronics/diode_symbol/diode_symbol.htmlw

[10] Mr.sc. D. Petranović, dipl.ing.el, *LED rasvjeta,* XI Seminar stručnog usavršavanja ovlaštenih inženjera elektrotehnike u graditeljstvu Zagreb, 11. i 12. studeni 2011. (20.8.2017)

URL: http://seminar.tvz.hr/materijali/materijali11/11E03.pdf

[11] Perčić R, *Uporaba LED u komunikacijskim sustavima*, Diplomski rad, Pomorski fakultet Rijeka, 2013.(22.5.2017)

URL: http://www.pfri.uniri.hr/knjiznica/NG-dipl.EITP/208-2014.pdf

[12] Petranović D, *Utjecaj led rasvjete na distribucijskuu mrežu*, Institut za elektroprivredu i energetiku d.d., Zagreb, 2012. (20.8.2017)

URL: http://www.ho-cired.hr/3savjetovanje/SO1-06.pdf

[13] Philips Road and urban lightning (25.8.2017)

URL:http://www.lighting.philips.com/main/prof/outdoor-luminaires/road-and-urban-lighting/road-and-urban-luminaires/speedstar#p-image-2

[14] V.Vrhovac, Ekološka rasvjeta, *Javna rasvjeta u Velikoj Gorici*, 9.8.2014. (21.8.2017)

URL:http://www.ekorasvjeta.net/svjetlosno_oneciscenje/javna-rasvjeta-u-velikog-gorici-2/

Ostali izvori

[15] Za istraživanje javne rasvjete Donjih Andrijevaca podatke o snagama svjetiljki i podatke o klasi cesta sam dobio iz ureda načelnika općine Donji Andrijevci.

[16] Google maps

Donji Andrijevci

URL:https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=1ug7YkEAxPGackXbO6g8V0f4nD34&hl=en_US&ll=45.18715431598176%2C18.29945167130279&z=18

Zagreb-Malešnica

URL:https://www.google.hr/maps/place/Malešnica+ul.,+10000,+Zagreb/@45.809143469,15.8945817z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x4765d1146368004d:0x671ec89c577f3973!8m2!3d45.8091434!4d15.8967756

SAŽETAK

Cilj ovog završnog rada je pokazati značaj javne rasvjete i njegov utjecaj na čovjeka, okoliš i potrošnju električne energije.

U završnom sam istražio i pokazao karakteristike korištenja LED rasvjete.

Cilj mi je bio dočarati kakvo je trenutno neefikasno stanje javne rasvjete, i kako je moguće doći do ušteda prelaskom na LED rasvjetu.

Ključne riječi: LED javna rasvjeta, LED diode, potrošnja električne energije javne rasvjete.

ABSTRACT

The aim of this paper is to show the importance of public lighting and its impact on man, the environment and consumption of electricity.

In this work I investigated and demonstrated the characteristics of using LED lighting.

My aim was to point out how the current state of public lighting is ineffective, and how savings can be gained by switching to LED lighting.

Key words: LED public lightning, LED diodes, electricity consumption of public lighting.

ŽIVOTOPIS

Mateo Gavran rođen je 09.02.1996. u Slavonskom Brodu i trenutno živi u Donjim Andrijevcima. Pohađao je osnovnu školu "Viktor Car Emin" u Donjim Andrijevcima, te upisao Tehničku školu Slavonski Brod, smjer "Računalni tehničar u strojarstvu". Nakon završene srednje škole upisuje stručni studij elektroenergetike na Fakultetu elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija u Osijeku.