

# Projektiranje i konstrukcija led reflektora

---

**Tomurad, Željko**

**Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni**

**2016**

*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:128:235404>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-12**



**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 STROJARSTVA  
SPECIJALISTIČKI STRUČNI STUDIJ STROJARSTVA**

**ŽELJKO TOMURAD**

**PROJEKTIRANJE I KONSTRUKCIJA  
LED REFLEKTORA  
ZAVRŠNI RAD**

**Karlovac, 2016.**

**Karlovac University of Applied Sciences  
Mechanical Engineering Department  
Professional undergraduate study of Mechanical Engineering**

**ŽELJKO TOMURAD**

**CONSTRUCTION PROJECT OF  
LED REFLECTOR SYSTEM  
FINAL PAPER**

**Karlovac, 2016.**

**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU  
ODJEL STROJARSTVA  
SPECIJALISTIČKI STRUČNI STUDIJ STROJARSTVA**

**ŽELJKO TOMURAD**

**PROJEKTIRANJE I KONSTRUKCIJA  
LED REFLEKTORA  
ZAVRŠNI RAD**

Predavač i mentor:  
dr.sc. Vladimir Tudić

**Karlovac, 2016.**



**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 studij: STROJARSTVO

Usmjerenje: PROIZVODNO STROJARSTVO

Karlovac, 23. lipanj 2016.

### **ZADATAK ZAVRŠNOG RADA**

Student: Željko Tumurad

Matični broj: 0111414027

Naslov: **PROJEKTIRANJE I KONSTRUKCIJA LED REFLEKTORA**

Opis zadatka:

Za potrebe završnog rada opisati LED tehnologiju i naznačiti dijelove i elemente od kojih se sastoji LED reflektor. Provesti SWOT analizu LED tehnologije te specifičnosti proizvodnih ciljeva i kvaliteta politike proizvodnje. Naznačiti korištenje certifikata i standarda nužnih za proizvodnju te razraditi segmentaciju tržišta i benchmarking u proizvodnji.

U eksperimentalnom dijelu opisati tehnologiju i konstrukciju izrade jednog tipa LED reflektora. Koristiti stručnu literaturu, tehničke propise, dokumentaciju proizvođača opreme. Kao podlogu za rad koristi slike, sheme i druge dokumente sličnih projektnih zadataka. Redovito održavati konzultacije s mentorom te rad uskladiti s Pravilnikom o pisanju završnih i diplomskih radova Veleučilišta u Karlovcu.

Zadatak zadan:  
23.06.2016.

Rok predaje rada:  
15.12.2016.

Predviđeni datum obrane:  
22.12.2016.

Mentor:  
dr.sc. Vladimir Tudić, v. pred.

Predsjednik Ispitnog povjerenstva  
Tihana Kostadin, mag.ing.str.

## **IZJAVA:**

Izjavljujem da sam završni rad na temu PROJEKTIRANJE I KONSTRUKCIJA LED REFLEKTORA radio samostalno, koristeći se znanjem stečenim tijekom obrazovanja, te uz stručnu pomoć i vođenje mentora dr.sc Vladimira Tudića, i kod eksperimentalnog dijela u pogonu LED Elektronike, Hrvoja Kaluđera, mag.ing., kojima se ovim putem zahvaljujem.

Zahvaljujem se roditeljima i zaručnici Ani koji su mi bili velika podrška, te im se zahvaljujem na razumijevanju, toleranciji i strpljenju.

Željko Tomurad

---

## **SAŽETAK**

Tržište LED rasvjete širi se velikom brzinom, a preduvjeti za konkurentnost su razvoj novih proizvoda i stalna poboljšanja postojećih, što također omogućuje optimizaciju troškova i poboljšanje kvalitete rasvjete u gotovo svim područjima ljudskog djelovanja.

Posebno se to odnosi na cestovnu rasvjetu i rasvjetu radnih mjesta. S druge strane, postojeća vanjska i unutarnja rasvjeta je zastarjela i za današnje uvjete loša, što je prilika za projektiranje i uvođenje novih konstrukcijskih rješenja o kojima će biti riječi u ovom radu.

## **SUMMARY**

LED lighting market is expanding rapidly, and the preconditions for the competitiveness are development of the new products and continuous improvement of existing ones, which also helps optimize costs and improve the quality of lighting in almost all areas of human activity. In particular this applies to road lighting and lighting of work areas.

On the other hand, the existing exterior and interior lighting is outdated and not suitable for today's conditions, which is the opportunity to design and introduce new constructional solutions which will be discussed in this paper.



# SADRŽAJ

1.	UVOD .....	1
1.1.	LED rasvjeta .....	1
1.2.	Zašto LED rasvjeta .....	2
1.3.	Što je LED? .....	2
1.4.	Bitni pojmovi .....	2
1.4.1.	Svjetlosni tok .....	2
1.4.2.	Rasvijetljenost .....	2
1.4.3.	Svjetlosna karakteristika.....	3
1.4.4.	Jakost svjetlosti.....	3
1.4.5.	Temperatura boje.....	3
1.4.6.	Reprodukcija boja.....	4
1.4.7.	Jednolikost rasvjete.....	4
1.4.8.	Efikasnost izvora svjetlosti .....	4
1.4.9.	Dimanje ili prigušivanje svjetla .....	4
1.4.10.	IP zaštita .....	5
2.	TEORETSKI DIO .....	6
2.1.	Povijest LED-a .....	6
2.2.	Kako radi LED.....	6
2.3.	LED Moduli .....	6
2.4.	Prednosti i ograničenja LED-a.....	7
2.4.1.	Prednosti LED-a .....	7
2.4.2.	Ograničenja .....	7
2.5.	Usporedba s ostalim izvorima .....	9
2.6.	SWOT analiza LED rasvjete .....	10
2.7.	LED Elektronika.....	11
2.7.1.	O poduzeću.....	11
2.7.2.	Organizacijska struktura .....	11
2.7.3.	Proizvodni asortiman.....	12
2.8.	Proizvodna strategija.....	15
2.8.1.	Vizija i misija proizvodnje .....	15
2.8.2.	Specifične sposobnosti .....	15
2.9.	Zamjena zastarjele rasvjete novom LED rasvjetom u Vrbovcu .....	18
2.10.	Proizvodni ciljevi.....	19
2.10.1.	Cijena.....	19
2.10.2.	Kvaliteta.....	19
2.10.3.	Isporuka.....	20
2.10.4.	Fleksibilnost.....	20
2.11.	Politika u proizvodnji .....	20

2.11.1.	Kvaliteta.....	20
2.11.2.	Proces .....	21
2.11.3.	Kapacitet.....	22
2.11.4.	Zalihe .....	22
2.11.5.	Paraleleni procesi .....	23
2.12.	Certifikati .....	23
2.13.	Segmentacija tržišta .....	25
2.14.	Benchmarking u proizvodnji.....	26
2.14.1.	Prednosti i nedostaci benchmarkinga .....	29
3.	EKSPERIMENTALNI DIO .....	30
3.1.	Idejno rješenje.....	30
3.2.	Zahtjevi prilikom konstrukcije .....	31
3.2.1.	Kvaliteta.....	31
3.2.2.	Jednostavna izrada .....	31
3.2.3.	Olakšana montaža i zamjena djelova .....	31
3.2.4.	Dostupnost materijala .....	31
3.2.5.	Prihvatljiva cijena .....	31
3.2.6.	Jednostavno korištenje .....	31
3.3.	Dijelovi reflektora .....	32
3.3.1.	Kućište i nosač .....	32
3.3.2.	Led modul.....	33
3.3.3.	Leće.....	34
3.3.4.	Hladnjak.....	36
3.3.5.	Napajanje (driver).....	37
3.4.	Opis tehničko-tehnološkog procesa .....	39
3.4.1.	Probijanje i bušenje .....	39
3.4.2.	Savijanje.....	40
3.4.3.	Zavarivanje .....	40
3.4.4.	Brušenje i poliranje.....	41
3.4.5.	Uprešavanje matice.....	41
3.4.6.	Plastifikacija .....	42
3.4.7.	Glodanje .....	42
3.4.8.	Elektronika.....	42
3.4.9.	Sklapanje u gotov proizvod .....	43
3.4.10.	Testiranje.....	44
3.5.	Gotov proizvod – reflektor PrecisionLuxR (PLR).....	45
4.	ZAKLJUČAK.....	46
5.	LITERATURA.....	47

## POPIS SLIKA

<b>Slika 1</b>	Temperatura boje svjetlosti (CCT).....	3
<b>Slika 2</b>	Indeks vjernosti boja (CRI).....	4
<b>Slika 3</b>	Prikaz organizacijske strukture.....	11
<b>Slika 4</b>	Svjetiljka PrecisionLux1 .....	13
<b>Slika 5</b>	Svjetiljka PrecisionLux3 .....	13
<b>Slika 6</b>	Svjetiljka PrecisionLuxL.....	13
<b>Slika 7</b>	Svjetiljke PrecisionLuxR i PrecisionLuxRQ .....	14
<b>Slika 8</b>	Mjerač brzine vozila, induktivno brojilo prometa, cestovna meteo postaja .....	14
<b>Slika 9</b>	enQMS – sustav za upravljanje redovima čekanja.....	14
<b>Slika 10</b>	Ilustracija bežičnog daljinskog upravljanja pomoću modula PrecisionBee [2] .....	16
<b>Slika 11</b>	Shema sustava PrecisionLeap [2] .....	17
<b>Slika 12</b>	Precision Leap – primjer Grada Vrbovca [8].....	17
<b>Slika 13</b>	Elementi formiranja cijene [2].....	19
<b>Slika 14</b>	Pet faza segmentacije, odabira ciljnog tržišta i pozicioniranja [1] .....	25
<b>Slika 15</b>	Proces benchmarkinga .....	26
<b>Slika 16</b>	Zadani dizajn LED reflektora.....	30
<b>Slika 17</b>	Primjeri prototipova .....	30
<b>Slika 18</b>	Kućište i nosač LED reflektora .....	32
<b>Slika 19</b>	Nosač kućišta .....	32
<b>Slika 20</b>	LED modul.....	33
<b>Slika 21</b>	Površinska (SMT) montaža [17].....	33
<b>Slika 22</b>	LED dioda Nichia NVSL219BT-V1 [14] .....	33
<b>Slika 23</b>	Ledil leća 2X6 [15] .....	34
<b>Slika 24</b>	Svjetlosna distribucija leće [15].....	35
<b>Slika 25</b>	Poprečni presjek hladnjaka Fisher SK510.....	36
<b>Slika 26</b>	Prikaz 3D modela hladnjaka – termalna analiza.....	36
<b>Slika 27</b>	Termalna analiza hladnjaka.....	37
<b>Slika 28</b>	Izrezivanje lima za kućište i probijanje rupa.....	39
<b>Slika 29</b>	Savijanje lima za kućište .....	40
<b>Slika 30</b>	Zavarivanje kućišta .....	40
<b>Slika 31</b>	Brušenje zavara .....	41
<b>Slika 32</b>	Matica za uprešavanje [19] .....	41
<b>Slika 33</b>	Utiskivanje matice u kućište.....	41

<b>Slika 34</b>	Boja RAL7016 antricit siva .....	42
<b>Slika 35</b>	Rezanje pločice za napajanje na CNC-u glodalici.....	42
<b>Slika 36</b>	Mjerenje temperature kućišta .....	44
<b>Slika 37</b>	Reflektor PrecisionLuxR.....	45

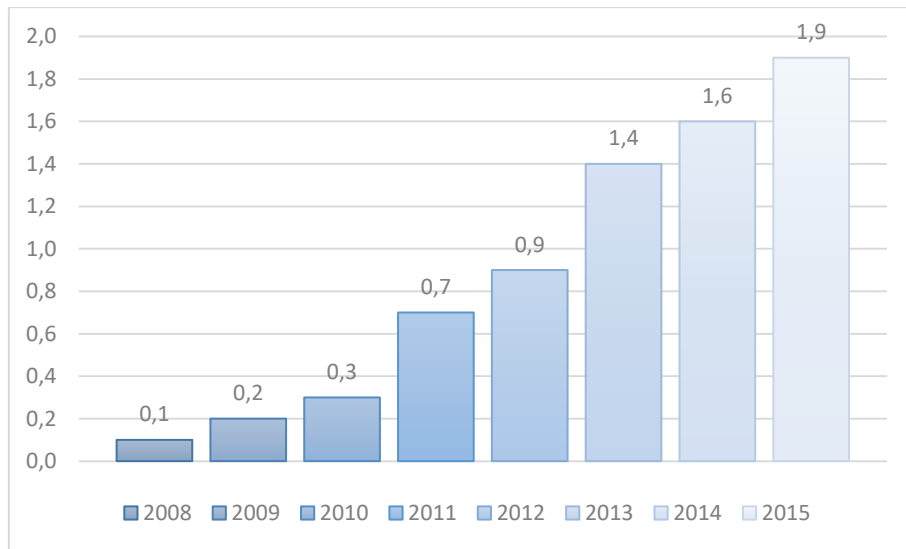
## POPIS TABLICA

<b>Tablica 1</b>	Usporedba cijena žarulja (ekvivalentno žarulji sa žarnom niti snage 60W) [6] .....	9
<b>Tablica 2</b>	Podaci o instaliranoj rasvjeti u Vrbovcu i okolnim mjestima [8] .....	18
<b>Tablica 3</b>	Analiza konkurencije na RH tržištu [2] .....	27
<b>Tablica 4</b>	Analiza konkurencije na tržištu JI Europe [2] .....	27
<b>Tablica 5</b>	Najveći proizvođači komponenti za LED svjetiljke [2] .....	28
<b>Tablica 6</b>	Tehničke karakteristike LED diode[14] .....	34
<b>Tablica 7</b>	Tehničke karakteristike leće [15].....	35
<b>Tablica 8</b>	Karakteristike korištenih napajanja [16] .....	38
<b>Tablica 9</b>	Koraci kronološki poredani u procesu proizvodnje LED rasvjete .....	43

# 1. UVOD

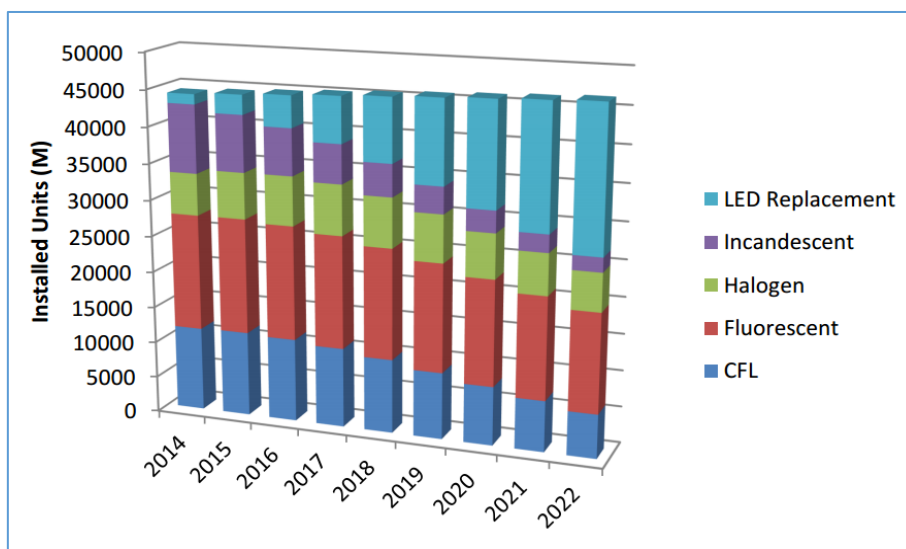
## 1.1. LED rasvjeta

Sektor proizvodnje LED rasvjete jest jedan od najbrže rastućih proizvodnih sektora na svijetu čiji je rast od 2008. do 2015. bio 1.800%, tj. vrijednost prodaje LED lampi se povećala sa 100 milijuna na 1,9 milijardi €, sa značajnom tendencijom rasta.



**Grafikon 1** Prodaja LED lampi 2008.-2015. (u milijardama €) [3]

Do 2020. predviđeno je kako će samo u Europi, poduzeća koja se bave proizvodnjom LED rasvjete ostvariti ukupno 3 milijarde € prihoda. U prilog navedenom dodatno govori projekcija rasta instaliranih svjetiljaka do 2022. godine, a iz koje je vidljiv značajan rast instalacije LED svjetiljaka do 2022. godine.



**Grafikon 2** Predviđeni broj instaliranih svjetiljki do 2022. godine (u milijunima) [4]

Zamjena postojeće, posebice javne rasvjete LED svjetiljkama, značajan je razvojni smjer u svijetu. Dodatno, u RH je zamjena klasičnih svjetiljki LED svjetiljkama tek započela (za sada je zamijenjeno između 5-7% od sveukupnog broja).

## 1.2. Zašto LED rasvjeta

Razloga zašto koristiti LED rasvjetu je mnogo – ovo su neki od važnijih:

- smanjeni troškovi održavanja do 90%;
- prosječni vijek trajanja 10-15 godina – 50 puta duže klasičnih žarulja s žarnom niti;
- mala emisija topline – 80% manje od halogenih žarulja;
- svjetlosna efikasnost – garantirani svjetlosni tok od 80-150lm/W, mali udio UV/IR zračenja;
- koristi do 90% manje električne energije;
- emitira manje topline od fluokompaktnih žarulja i žarulja sa žarnom niti [2].

## 1.3. Što je LED?

Svjetleća dioda (en. LED - Light Emiting Diode, često se naziva i LE dioda) je posebna vrsta poluvodičke diode koja emitira svjetlost kada je propusno polarizirana, tj. kada kroz nju teče električna struja. Prilikom direktne rekombinacije para elektron-šupljina, emitira se foton svjetla. Takvu osobinu imaju poluvodiči galijev-arsenid (GaAs), galijev fosfid (GaP) i silicijev karbid (SiC). Ta pojava se naziva elektroluminiscencija. Boja emitiranog svjetla ovisi o poluvodiču, kao i o primjesama u njemu i varira od infracrvenog preko vidljivog do ultraljubičastog dijela spektra [5].

## 1.4. Bitni pojmovi

### 1.4.1. Svjetlosni tok

Svjetlosni tok svjetlosnog izvora je ona količina svjetlosne energije što je promatrani izvor isijava u okolni prostor u jednoj sekundi. To je osnovno svojstvo izvora svjetlosti. Jedinica za mjerenje svjetlosnog toka je lumen [ lm ].

### 1.4.2. Rasvijetljenost

Rasvijetljenost (eng. illumination) nam govori sa koliko je svjetlosti neka površina osvjetljena, a mjeri se u luksima [ lx ]. Svaki je prostor specifičan te zahtijeva različitu rasvijetljenost. Npr. za hodnike je dovoljno imati 100 luksa, dok je za ugodno čitanje potrebno minimalno 500 luksa. Rasvijetljenost se proračunava pomoću profesionalnih kompjuterskih programa izrađenih baš za tu namjenu.

### 1.4.3. Svjetlosna karakteristika

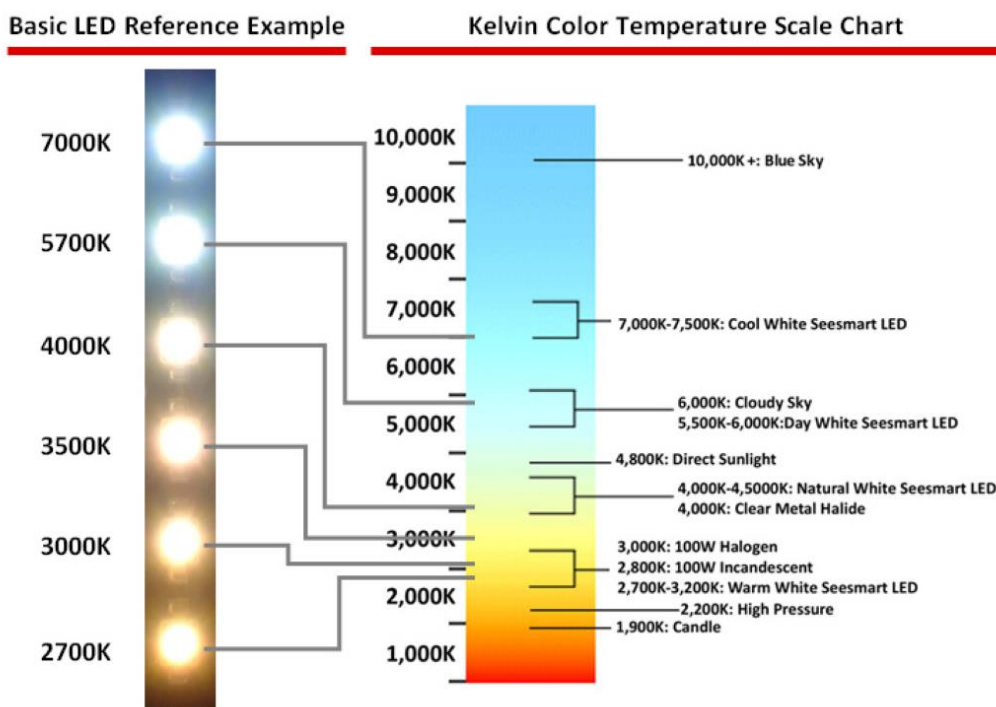
Svjetlosna karakteristika svjetiljke nam pokazuje kako se svjetlost promatrane svjetiljke raspodjeljuje po okolnom prostoru. Često se naziva i izokandelarnim dijagramom. Svjetlosna je karakteristika osnova pri proračunavanju rasvijetljenosti.

### 1.4.4. Jakost svjetlosti

Jakost svjetlosnog izvora  $J$  je gustoća isijavanog svjetlosnog toka u odgovarajućem prostornom kutu. Jedinica za mjerenje je kandela [ cd ].

### 1.4.5. Temperatura boje

Apsolutno crno tijelo zrači svjetlošću određenog intenziteta i valnih duljina ovisno o temperaturi na koju je zagrijano. Sukladno tome, svaki izvor svjetlosti ima svoju temperaturu boje. Npr. kada vidimo da fluorescentna cijev ima temperaturu boje 3500 K, to znači da bi apsolutno crno tijelo trebalo užariti na temperaturu od 3500 K kako bi moglo zračiti svjetlo iste boje kao ta fluorescentna cijev. Postoje tri standardne grupe svjetlosti. 2700 – 3500 Kelvina je topla bijela (eng. warm white), 3500 – 5000 Kelvina je neutralna bijela (eng. natura white) i 5000 – 6000 Kelvina je hladna bijela (eng. cool white). Dakle topla bijela svjetlost je žučkasta, neutralna bijela svjetlost je bijela, a hladna bijela svjetlost je plavkasta. Hladna bijela svjetlost simulira dnevnu svjetlost.

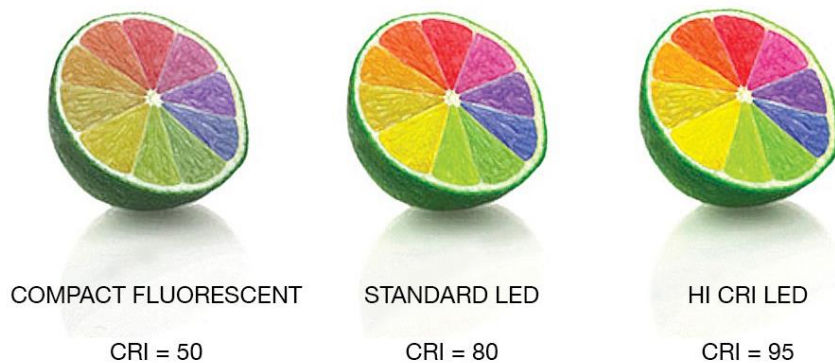


Slika 1 Temperatura boje svjetlosti (CCT)



#### 1.4.6. Reprodukcija boja

Reprodukcija boja (CRI – Color Rendering Index) je pokazatelj kvalitete izvora svjetlosti i govori nam koliko su boje nekog osvijetljenog objekta vjerne bojama koje bi taj objekt imao kada bi ga se osvijetlilo dnevnom svjetlošću. Mjeri na skali od 0 do 100, gdje 100 predstavlja savršeno crno tijelo. Što je CRI faktor izvora viši, to je uzvrat boje tog izvora bolji. LED svjetiljke s CRI ispod 75 nisu preporučljive za unutarnju upotrebu.



**Slika 2** Indeks vjernosti boja (CRI)

#### 1.4.7. Jednolikost rasvjete

Jednolikost rasvjete je bitan faktor rasvijetljenosti budući da velike razlike u sjajnosti mogu uzrokovati nelagodu, oslabljenu vidljivost pa čak i bol u očima. Upravo je zbog toga jednolikost rasvjete jedan od bitnih pokazatelja kvalitete rasvjete.

#### 1.4.8. Efikasnost izvora svjetlosti

Izvori svjetlosti pretvaraju električnu energiju u svjetlosnu energiju. Postoji više osnovnih principa pretvorbe pa se stoga i njihove efikasnosti razlikuju. Tako obične žarulje imaju efikasnost od cca. 12 lm/W, štedne žarulje cca. 60 lm/W, a LED žarulje cca. 95 lm/W.

#### 1.4.9. Dimanje ili prigušivanje svjetla

Dimanje odnosno prigušivanje svjetla je tehnologija kojom se služimo ne bi li postigli adekvatnu razinu svjetlosti. Budući da postoje različiti načini proizvodnje svjetlosti, tako postoji i nekoliko principa kojima se koristimo ne bi li prigušili intenzitet svjetlosti na željenu razinu [9].

#### 1.4.10. IP zaštita

Označavanje:



Prva znamenka – Zaštita od ulaska krutih tvari i prašine

0 – Bez zaštite

1 – Zaštita od ulaska krutog tijela sa promjerom većim od 50 mm

2 – Zaštita od ulaska krutog tijela sa promjerom većim od 12 mm

3 – Zaštita od ulaska krutog tijela sa promjerom većim od 2,5 mm

4 – Zaštita od ulaska krutog tijela sa promjerom većim od 1 mm

5 – Ograničena zaštita od ulaska prašine, veće količine koji bi mogle štetiti radu rasvjetnog tijela ne mogu ući

6 – Potpuna zaštita od ulaska prašine

Druga znamenka – Zaštita od vode i vlage

0 – Bez zaštite

1 – Zaštita od vodenih kapi koje padaju vertikalno

2 – Zaštita od vodenih kapi koje padaju sa maksimalnim nagibom od 15° – blaga kiša

3 – Zaštita od vodenih kapi koje padaju sa maksimalnim nagibom 60° – snažna kiša

4 – Zaštita od prskanja vodom iz svih smjerova – lagano prskanje iz mlaznice

5 – Zaštita od slabih vodenih mlazova iz svih smjerova – snažno prskanje iz mlaznice

6 – Zaštita od jakih valova vode iz svih smjerova – moguće čišćenje rasvjetnog tijela putem snažnog mlaza iz mlaznice

7 – Zaštita prilikom kratkotrajnog uronjavanja u vodu dubine do 50cm – povremeno poplavljivanje

8 – Vodonepropusni uređaji za trajno uranjanje, maksimalna dubina 100 cm – rasvjeta za bazene

## **2. TEORETSKI DIO**

### **2.1. Povijest LED-a**

Najnovija LED tehnologija stara je skoro 50 godina, a izašla je iz istraživačkih laboratorija General Electrica. No, LED tehnologija i nije tako jednostavna pa su u njeno razvijanje vlade SAD-a i Njemačke uložile znatna sredstva. Prva LED svjetla bila su crvena, 1993. pojavila se zelena, a tehnologija bijelog LED svjetla, koje se može koristiti za najšire oblike rasvjete, izašla su iz istraživačkih laboratorija slikovito rečeno jučer.

Kolika je njihova prednost u odnosu na druge načine rasvjete dovoljno govori činjenica da je životni vijek LED rasvjetnih tijela i do 100 000 sati. No, iako su LED svjetla u polovini semafora na prometnicama SAD-a, u poslovnim zgradama, trgovinama uvjeriti građane kako je ta rasvjeta dobra i za njihove domove ipak je malo teže, nego što se pokazalo sa štedljivim fluorescentnim žaruljama [5].

### **2.2. Kako radi LED**

Svjetlosne diode temelje se na poluvodičima koji pretvaraju električnu struju direktno u svjetlost. Samo nekoliko milimetara dugačak, LED je korisna alternativa za klasične izvore svjetla u mnogim područjima opće rasvjete gdje također otvaraju do sada nepoznate mogućnosti i perspektive. LED – dioda koja emitira svjetlo sastoji se od nekoliko slojeva poluvodičkog materijala. Ukoliko je dioda pravilno priključena, svjetlo se proizvodi u jednom od ovih tankih slojeva, u aktivnom sloju. Nasuprot žaruljama sa žarnom niti koje proizvode kontinuirani spektar LED daje samo određene boje, a da bi se npr. dobila bijela svijetlost, fosfor u LED-u se pobuđuje emisijom svjetla plave diode kako bi davao žuto svjetlo. Koncentracija fosfora se prilagođava na tu razinu, da se plavo i žuto svjetlo miješaju da bi se dobila bijela svjetlost sa indeksom uzvrata boje 80 [5].

### **2.3. LED Moduli**

Iako s LED koristi već dugo, zbog malih pojedinačnih snaga, slažu se moduli koji mogu biti vrlo različitog oblika i fleksibilnosti, a ponajprije se koriste u rasvjetljavanju većih površina (npr. fasade, oglasne zone, itd). LED moduli su posebno dizajnirani za reklamnu industriju gdje služe za osvjetljavanje 3D slova (oblika). Koriste se posebne "power " led diode s velikim kutom širenja svjetla (preko 100 stupnjeva) najkvalitetnijih proizvođača na tržištu iznimno jakog intenziteta svjetla [5].

## **2.4. Prednosti i ograničenja LED-a**

### **2.4.1. Prednosti LED-a**

Inovativan LED i LED moduli se sve više koriste u općoj rasvjeti, a u usporedbi sa klasičnim izvorima svjetla imaju značajne prednosti:

- niska potrošnja energije
- visoka iskoristivost u boji
- izuzetno dug vijek trajanja
- izuzetno rijetki prijevremeni kvarovi
- male dimenzije
- pouzdan pogon na niskim temperaturama
- široka paleta boja
- visoka otpornost na udarce i vibracije
- usmjerena karakteristika isijavanja
- bez IR/UV zračenja
- mala snaga
- nisko termičko opterećenje
- usmjerena distribucija svjetla

LED izvori također pružaju mogućnost veoma preciznog usmjerenja svjetlosti (veoma uski snop svjetlosti) na taj način reducirajući nepotrebne gubitke svjetlosti. To predstavlja manje svjetlosno zagađenje, ali ujedno i mogućnost puno efikasnijeg i preciznijeg razmještanja samih svjetiljki [5].

### **2.4.2. Ograničenja**

Najveći nedostatak LED rasvjete je početna cijena. Međutim visoka početna cijena proizvoda se brzo nadoknadi kroz novčanu uštedu u potrošnji električne energije. Vrijeme povrata investicije na unutarnju LED rasvjetu je 8 – 18 mjeseci, kod vanjske rasvjete povrat investicije je 2,5 do 3 godine.

Reprodukcija boje (CRI) nije identična kao kod žarulja sa žarnom niti, koje isijavaju svjetlost poput savršenog crnog tijela, tj. poput Sunca na koje su naše oči naviknute.

LED svjetiljke mogu treperiti. Uzrok treperenja može biti neklvalitetno napajanje ugrađeno u LED svjetiljku. Duže izlaganje treperenju može izazvati glavobolje i umor očiju.

LED svjetiljke su točkasti izvori svjetlosti. Zbog toga direktno gledanje u izvor može biti štetno za oči.

Efikasnost i životni vijek LED-a padaju s višim temperaturama, što ograničava snagu koja može biti korištena, te je stoga bitno imati kvalitetno izvedeno hlađenje LED-ica i tome se pridaje velika pozornost prilikom konstrukcije svjetiljke.







Ovisno o dizajnu LED svjetiljke mogu biti osjetljive na električne udare. To obično nije slučaj kod žarulja sa žarnom niti, ali može biti problem kod LED i štednih žarulja. To se može riješiti korištenjem uređaja za zaštitu od strujnog udara.

Dug životni vijek LED-a je prednost za kupce, ali utječe na proizvođače jer smanjuje potrebu za zamjenom lampi.

Pad efikasnosti - pojam „pad efikasnosti“ se odnosi na smanjenje svjetlosne učinkovitosti LED-a kod povećanja struje za određenu vrijednost – obično za nekoliko desetaka miliampera (mA). Umjesto povećavanja jakosti struje, jačina osvjetljenja se najčešće dobiva kombinacijom više LED-ica. Rješavanje problema pada efikasnosti značilo bi da je žaruljama potrebno manje LED-ica čime bi se smanjila cijena. Uz to što su manje efikasne, LED-ice koje rade na višoj struji stvaraju više topline što smanjuje njihov životni vijek. Zbog povećanog zagrijavanja kod većih struja, snažnije LED-ice rade na samo 350 mA – to je dobar kompromis između dobivene jačine svjetlosnog toka, efikasnosti i dugotrajnosti [6].

## 2.5. Usporedba s ostalim izvorima

Tablica 1 Usporedba cijena žarulja (ekvivalentno žarulji sa žarnom niti snage 60W) [6]

	Standardna (žarna nit)	Halogena žarulja	Štedna žarulja	LED (Cree)	LED (Philips)	LED (LEDNovation)
Tip žarulje						
Cijena	4 kn	15 kn	25 kn	100 kn	60 kn	220 kn
Snaga (W)	60	35	14	9.5	6	9.4
Svjetlosni tok (lm)	860	860	775	800	806	810
Efikasnost (lm/W)	14.3	24.6	55.4	84	134.3	86.2
Temperatura boje svjetlosti (CCT)	2700	2900	2700	2700	2700	2700
Indeks vjernosti boja (CRI)	100	100	82	80	80	94
Životni vijek (sati)	1,000	4,000	10,000	25,000	15,000	50,000
Životni vijek (godine) za 6 sati/dan	0.46	1.8	4.6	11.4	6.8	22.8
KWh struje potrošeno u 50.000 sati	3000	1750	700	475	300	470
Trošak struje (oko 0.88 kn po KWh)	2640	1540	616	418	264	414
Žarulja potrebno za radni vijek od 50.000 sati	50	13	5	2	4	1
Trošak kupnje žarulje za 50.000 radnih sati	200	195	125	200	240	220
Ukupan trošak za 50.000 sati (kn)	2840	1735	811	618	504	634

## 2.6. SWOT analiza LED rasvjete

U tekstu koji slijedi biti će naznačeni:

### Snage (S)

- Nova, inovativna tehnologija
- Tehnologija koja još uvijek napreduje
- Energetski učinkovit dizajn
- Koristi manje energije od klasičnih izvora
- Povratak ulaganja tokom vremena
- Širok spektar boja
- Duži životni vijek od klasičnih izvora
- Dobra kombinacija sa solarnim izvorima energije

### Slabosti (W)

- Tehnologija je daleko od savršene
- Malen udio na tržištu
- Visoka početna cijena LED rasvjete zahtjeva dodatnu edukaciju potencijalnih kupaca u dugoročnu isplativost

### Prilike (O)

- Zakonske regulative i poticaji
- Konkurentske tehnologije su zastarjele
- Rast cijene električne energije
- Sve veća potražnja za razvojem LED rasvjete na globalnoj razini
- Stalni razvoj tehnologije pridonosi razvoju LED rasvjete
- Razvoj inovativnih rješenja u sektoru rasvjete
- Značajna ulaganja u infrastrukturu (npr. izgradnja velikog broja autocesta i cesta u HR i okolnim zemljama; urbane rekonstrukcije; izgradnja novih turističkih kapaciteta)
- Potreba za zamjenom postojećih dotrajalih rasvjetnih tijela u gradovima
- Puno jednostavnije i jeftinije održavanje pridonosi zainteresiranosti kupaca
- Olakšan izvoz na tržište EU uslijed ulaska u istu
- Niske ulazne barijere za ulazak na nova tržišta
- Diversifikacija poslovanja kroz razvoj novih proizvoda i usluga (npr. tunelska LED rasvjeta)
- Potpore za financiranje razvoja poslovanja – nacionalni i EU fondovi

### Prijetnje (T)

- Klasični izvori još uvijek jeftiniji
- Nove tehnologije/inovacije
- Otpor ljudi prema novim tehnologijama
- Nepovoljna ekonomska situacija – podložnost recesijskim utjecajima
- Birokratizirani postupci javne nabave koji traju predugo
- Buduća konkurentna poduzeća (velika zainteresiranost za razvoj LED rasvjete)
- Nesigurna i nestabilna porezna politika
- Ulazak na tržište konkurenata koji nisu fokusirani na kvalitetu nego niske cijene
- Oscilacije cijena materijala i energenata

## 2.7. LED Elektronika

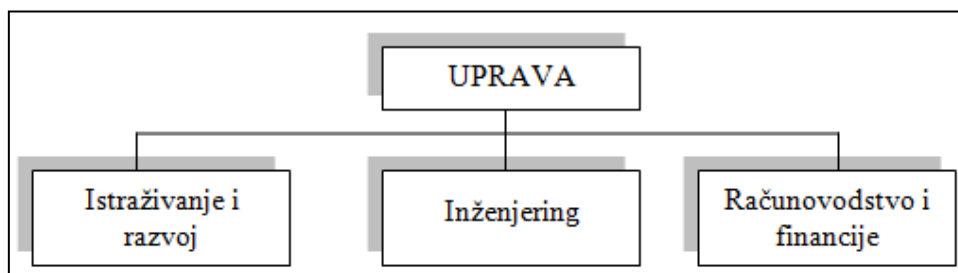
### 2.7.1. O poduzeću

Pošto će se u ovom radu obrađivati tijek projektiranja i konstrukcije LED reflektora za LED Elektroniku u nastavku slijedi nekoliko riječi o tvrtki.

LED Elektronika društvo s ograničenom odgovornošću za elektroniku (u nastavku Društvo), jedan od vodećih domaćih proizvođača rasvjetne opreme sa svjetlećim diodama (LED), nastala je 2011. godine pripojenjem društva ZG-LAMPA društvu TEB Elektronika d.o.o., zbog postizanja zajedničkih interesa u razvoju LED cestovne rasvjete s daljinskim upravljanjem.

Glavna djelatnost LED Elektronike je razvoj, projektiranje, proizvodnja, ugradnja i održavanje sustava LED rasvjete, cestovne elektronike i telematike. Razvojnim projektima želi se kreirati nova generacija proizvoda i usluga prilagođenih autonomnom radu, visoke razine mobilnosti (cilj je osigurati neovisnost o izvoru napajanja električnom energijom putem žičanih vodova, prilagođenost bežičnom prijenosu podataka širokopojasnim mrežama, te fleksibilnost u pogledu odabira komponenti ugrađene opreme).

### 2.7.2. Organizacijska struktura [2]



Slika 3 Prikaz organizacijske strukture

Uprava: Uz odgovornosti definirane Zakonom o trgovačkim društvima, Uprava je zadužena za strateško usmjeravanje poslovanja – definiranje poslovnih politika, dugoročno planiranje, tehnološku opremljenost i razvoj, operativno vođenje te donošenje ključnih odluka za poslovanje (npr. odlučivanje o bitnim financijskim, prodajnim i razvojnim segmentima, stvaranje partnerstava, usmjeravanja u vertikalne marketinške segmente te odobravanja razvoja tehnologija na kojima će se temeljiti budući rast i razvoj).

Istraživanje i razvoj (I&R): Ključan dio poduzeća, zadužen za razvoj inovativnih, praktičnih i tržišno orijentiranih rješenja. Bavi se istraživanjem, praćenjem novih tehnoloških trendova te daje prijedloge za razvoj i tehnološko unaprjeđenje proizvoda. Na taj se način osigurava kontinuirana primjena novih i unaprjeđenje postojećih tehnologija. Također, zadužen je i za izradu marketinških materijala (službene web stranice, društvene mreže, partnerske mreže, mediji i dr.). U sklopu I&R djeluju grupe: (a) razvoj elektronike, (b) design i konstrukcija proizvoda te (c) softverski inženjering.



Inženjering: Konstitutivni segment poduzeća s najvišim stupnjem poslovne, kadrovske i organizacijske osposobljenosti za nastup na tržištu. Većina poslova poduzeća su projektnog karaktera, stoga je inženjering segment najznačajniji dio realizacije istih. Unutar istoga objedinjeni su svi glavni poslovni procesi poduzeća – prodaja, nabava, ugovaranje, realizacija projekata/ugovora (što obuhvaća proizvodnju ormara elektroopreme, sistemski inženjering i integraciju, montažu i puštanje u pogon, izradu i naplatu situacija). U sklopu inženjeringa djeluju grupe:

(a) Proizvodnja, montaža i servis → Većinski udio proizvodnih kapaciteta je proizvodnja LED cestovnih svjetiljaka serije PrecisionLux. Uz navedeno, proizvodi se i ostala elektronička oprema; hardverske komponente koje se ugrađuju u gotove sustave; elektro-razvodni ormari za rasvjetu, niskonaponske mreže, automatiku i druge sustave; obavlja se servis i popravak elektroničkih modula i uređaja. Kad količine svjetiljki narastu na više od 10.000 komada, proizvodnja i servis će se izdvojiti iz Inženjeringa u poseban organizacijski segment.

(b) Prodaja → Prodaja, zbog veličine poduzeća, trenutno ne funkcionira kao specijalizirana grupa nego je sačinjavaju inženjeri koji sudjeluju na izradi određene ponude prema vrsti opreme/radova koja se nudi. Budući da je prodaja i ugovaranje novih poslova temelj opstanka i razvoja, u procesu prodaje sudjeluju svi segmenti poduzeća. Glavne odgovornosti prodaje su plasman proizvoda i usluga na domaćem/inozemnom tržištu, suradnja s postojećim klijentima na širenju postojećih poslova i pridobivanju novih klijenata. Osim klasične izravne ponude, prodaja se bavi i podugovaranjem poslova za veće domaće i inozemne tvrtke.

(c) Sistemski inženjering i integracija → Izrada projekata automatike, upravljanja i elektroinstalacija, razvoj PLC i SCADA softverskih aplikacija, vođenje projekata, naručivanje opreme, podugovaranje kooperanatskih usluga i dr. predstavlja najkompleksniji dio realizacije projekata, te u njemu uz inženjere iz Inženjeringa sudjeluju i inženjeri iz I&R Centra.

### **2.7.3. Proizvodni asortiman**

Prodajni program LED Elektronike sastoji se od niza elektroničkih uređaja i programske podrške. Karakteristike proizvoda prate viziju poduzeća glede performansi, fleksibilnosti, kvalitete i ekonomske prihvatljivosti. Kontinuirani razvoj i optimizacija omogućavaju da ponuda proizvoda ostane u tehnološkom vrhu uz cjenovnu konkurentnost.

Proizvodni asortiman sastoji se od tri glavna proizvodna programa:

- 1) Led rasvjeta – Društvo je razvilo i certificiralo grupu visoko kvalitetnih LED svjetiljaka pod imenom PrecisionLux™, koje rasponom snaga i veličina pokrivaju situacije od najzahtjevnijih autocesta i gradskih avenija do sporednih cesta, staza i parkova.

PrecisionLux1 serija LED svjetiljaka namijenjena je rasvjetljavanju rezidencijalnih urbanih naselja, ruralnih naselja i prometnica manje gustoće prometa. S rasponom snage 20W – 60W zamjenjuje HPS svjetiljke snage 70W - 150W i starije instalacije snage 250W.



**Slika 4** *Svjetiljka PrecisionLux1*

PrecisionLux3 serija LED svjetiljaka namijenjena je rasvjetljavanju prometnica i ulica srednje i velike gustoće prometa. S rasponom snage 60W – 200W zamjenjuje HPS svjetiljke snage 250W – 400W.



**Slika 5** *Svjetiljka PrecisionLux3*

Starogradska LED svjetiljka namijenjena za gradske jezgre i područja gdje je potrebno očuvati arhaični identitet građevina i ne narušiti izgled modernim rješenjima. S rasponom snage do 100W.



**Slika 6** *Svjetiljka PrecisionLuxL*

Reflektorska LED rasvjeta namijenjena za dvorane i industrijske pogone, te vanjsko osvjetljavanje građevina. Povećana efikasnost i visoko precizna optika osigurava optimalnu horizontalnu rasvijetljenost uz minimum uložene energije. S rasponom snage od 20W - 60W za PrecisionLuxR te snagom od 80W - 200W za PrecisionLuxRQ modele.



**Slika 7** Svjetiljke PrecisionLuxR i PrecisionLuxRQ

- 2) Cestovna infrastruktura – Društvo se bavi razvojem i izradom komplementarnih stavki vezanih uz promet odnosno cestovnu infrastrukturu (promjenjiva prometna signalizacija, mjeraci brzine vozila, cestovne meteo postaje, induktivna brojila prometa).



**Slika 8** Mjerač brzine vozila, induktivno brojilo prometa, cestovna meteo postaja

- 3) Softver – LED Elektronika se bavi svim slojevima životnog ciklusa softverskih i hardverskih informacijskih sustava (sustavi automatike i daljinskog upravljanja, elektronički moduli/kontroleri za upravljanje javnom rasvjetom):

- Istraživanje i razvoj – u području informacijskih i komunikacijskih tehnologija
- Design – dizajn proizvoda informacijsko-komunikacijskih tehnologija
- Projektiranje – projektiranje informacijskih sustava i baza podataka
- Održavanje



**Slika 9** enQMS – sustav za upravljanje redovima čekanja

## 2.8. Proizvodna strategija

Za kvalitetno upravljanje nužna je strategija koja ima najmanje četiri sastavne komponente:

- vizija i misija
- specifične sposobnosti
- ciljevi
- politika

Te četiri komponente pomažu definirati koje bi ciljeve proizvodnja trebala ostvariti i na koji način. Rezultat je strategija koja bi trebala pomoći u donošenju odluka u svim fazama proizvodnje.

### 2.8.1. Vizija i misija proizvodnje [7]

Vizija – stvaranje inovativnih proizvoda zasnovanih na razvoju novih komponenti sustava, te stvaranje prepoznatljive tvrtke (lokalno i regionalno) na području cestovne LED rasvjete.

Misija – kroz razvojne projekte kreirati novu generacija proizvoda i usluga prilagođenih autonomnom radu neovisnih o lokalnoj infrastrukturi (lokalnom izvoru napajanja električnom energijom), prilagođenih bežičnom prijenosu podataka širokopojsnim mrežama te fleksibilnih u pogledu odabira komponenti ugrađene opreme.

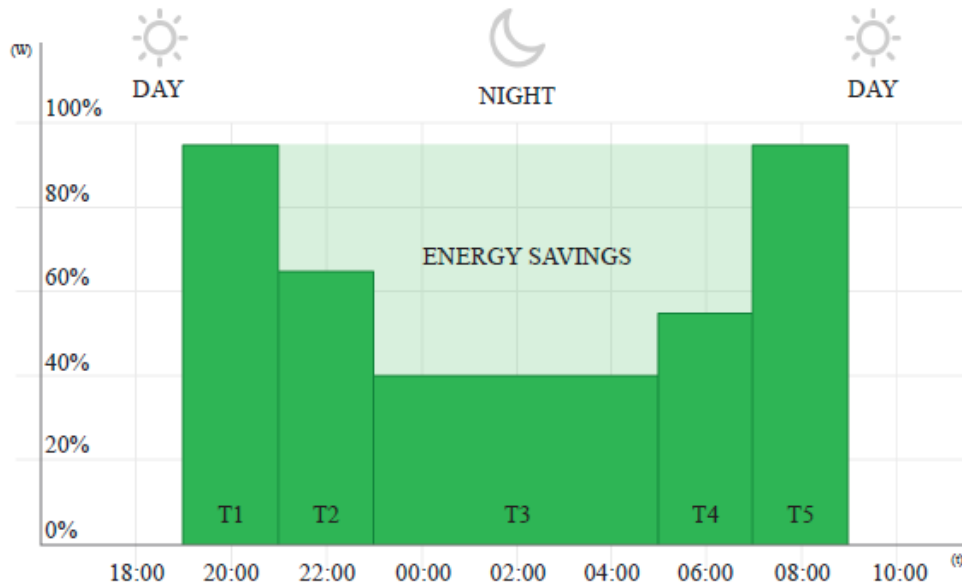
### 2.8.2. Specifične sposobnosti

Do sada ostvareni uspjeh primarno je temeljen na tehničkim karakteristikama LED svjetiljki koje se, u odnosu spram konkurencije, razlikuju po tri ključna kriterija:

- kvaliteta dioda
- kvaliteta termičkog dizajna (način hlađenja dioda)
- mogućnost upravljanja svjetiljkom

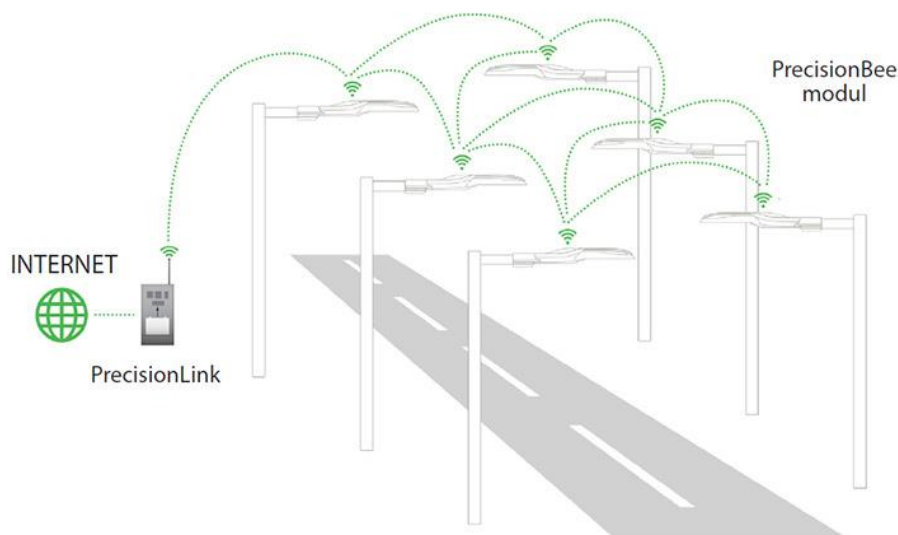
Vodeći svjetski proizvođači LED rasvjete (Philips, Schreder, Osram, itd.) proizvode kvalitetne LED svjetiljke po cijeni višoj cca. 60% od proizvoda LED Elektronike. Nadalje, proizvođači LED Elektronike uspijevaju biti konkurentni cijenom spram svih uvoznih svjetiljki (neovisno o proizvođaču), istodobno zadržavajući kvalitetu i standarde koje su postavili vodeći svjetski proizvođači.

Lokalno upravljanje putem PrecisionDimm modula - dinamička regulacija intenziteta svjetlosnog toka LED svjetiljke ovisno o vremenskom dijelu noći (grafikon 3).



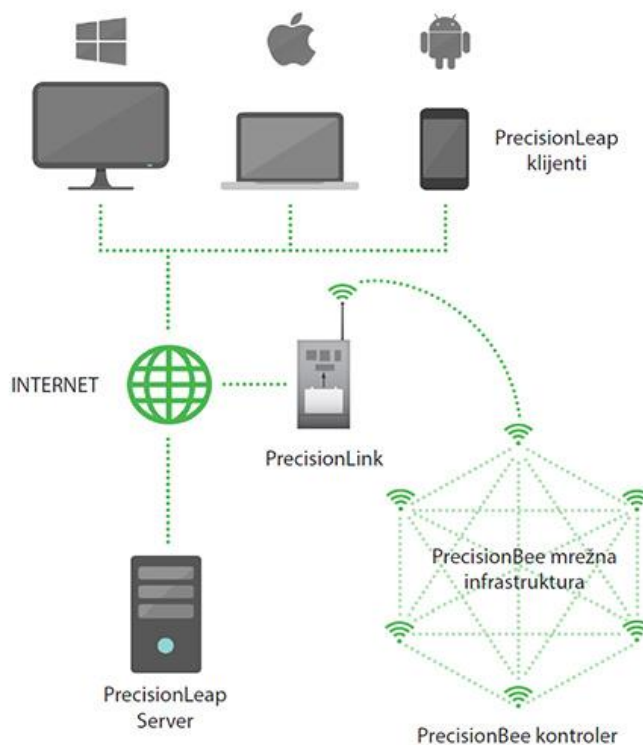
**Grafikon 3** Dinamička regulacija intenziteta svjetlosnog toka [2]

PrecisionBee kontroler - upravljivost i osmotrivost svjetiljki ostvaruje se ugradnjom kontrolera PrecisionBee koji omogućava bežičnu daljinsku komunikaciju sa svjetiljkom (slika 10), čime je rasvjetu moguće upravljati i nadzirati iz udaljenog operatorskog centra. To se postiže integracijom hardverske infrastrukture PrecisionLux sa softverskom platformom PrecisionLeap.



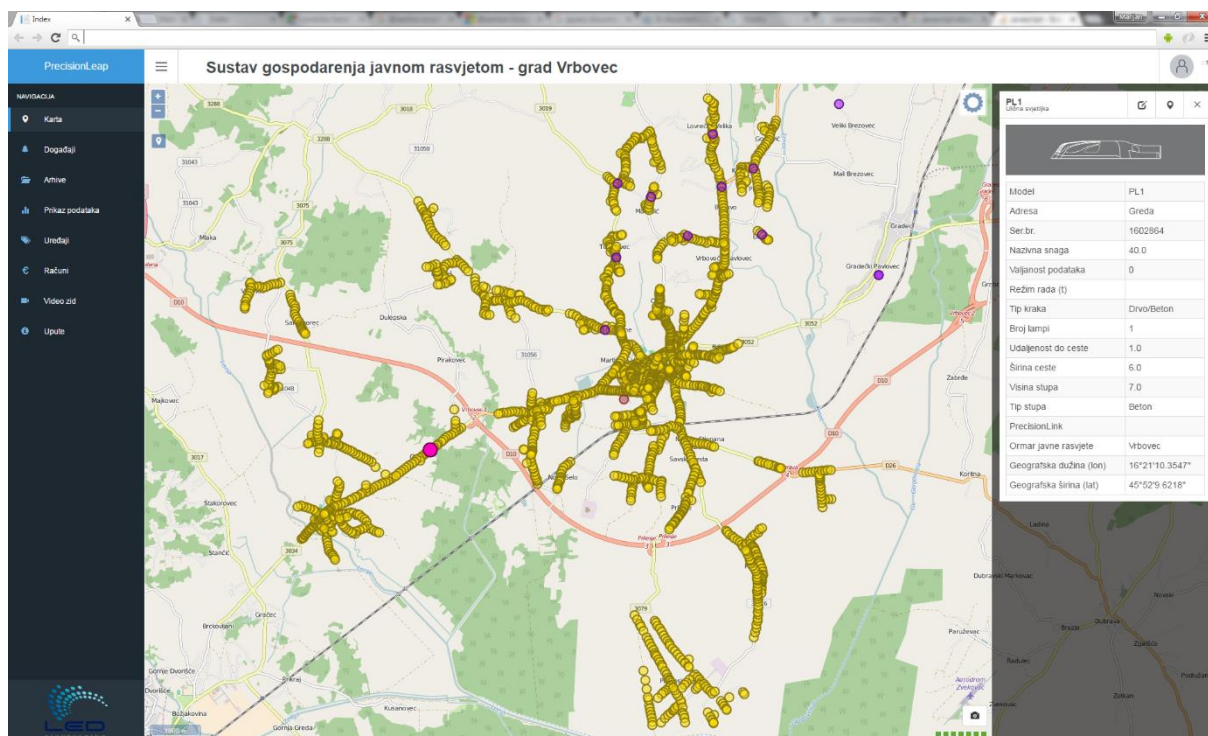
**Slika 10** Ilustracija bežičnog daljinskog upravljanja pomoću modula PrecisionBee [2]

Pomoću aplikacije PrecisionLeap korisnik dobiva uvid u trenutno stanje svake pojedine svjetiljke na terenu (kvar, status rada), može pratiti trenutnu potrošnju, računati kumulativnu ili projiciranu potrošnju rasvjete i daljinski upravljati radom pojedine svjetiljke ili cijele grupe svjetiljki jednostavno, klikom miša. Isto tako, moguće je i daljinski postavljati režim rada, paliti ili gasiti svjetiljke ili daljinski konfigurirati upravljački modul.



**Slika 11** Shema sustava PrecisionLeap [2]

Integracijom sa sustavom PrecisionLeap svjetiljke PrecisonLux LED dobivaju dodanu vrijednost i postaju dijelom 'žive' infrastukture lokalnih jedinica, upravljanje javnom rasvjetom postaje jednostavno, a održavanje jeftinije bez potrebe za redovitim obilascima.



**Slika 12** Precision Leap – primjer Grada Vrbovca [8]

## 2.9. Zamjena zastarjele rasvjete novom LED rasvjetom u Vrbovcu [8]

Na primjeru zamjene zastarjele i neefikasne javne rasvjete novim LED svjetiljkama u Gradu Vrbovcu možemo vidjeti kolika je ušteda u praksi.

U sklopu projekta 'Energetska usluga - provedba projekta energetske učinkovitosti u Gradu Vrbovcu', tvrtka LED Elektronika, jedan od vodećih hrvatskih proizvođača rasvjetne opreme temeljene na svjetlećim diodama (LED), uspješno je zamijenila oko 2200 postojećih, zastarjelih i neekoloških rasvjetnih tijela s malom učinkovitošću i kratkim vijekom trajanja novim, visokoučinkovitim rasvjetnim tijelima. Pri tome je ugrađena najnovija generacija svjetiljki sa svjetlećim diodama (LED) iz serije PrecisionLux koje su u cijelosti proizvedene u pogonu LED Elektronike u Ivanić Gradu. Svjetiljke se odlikuju velikom učinkovitošću i visokom kvalitetom izrade, ali i preciznom optikom koja u potpunosti usmjerava proizvedeni svjetlosni tok, optimalno osvjetljavajući zadane poligone, bez emisije u gornju hemisferu (ULOR = 0%).

Zamjenom starih rasvjetnih tijela izravno je smanjena potrošnja električne energije, a time su i troškovi za naručitelja, Grad Vrbovec, sniženi za 85% u odnosu na postojeće stanje, uz zadovoljavanje svih svjetlotehničkih zahtjeva sukladno odredbama normi niza HRN EN 13 201 (tablica 2). U svjetiljkama su ugrađeni upravljački kontroleri PrecisionDimm koji, ovisno o trajanju uključenosti i dijelu noći, upravljaju intenzitetom svjetla reducirajući ga u onim dijelovima noći kada je promet rjeđi, a potreba za javnom rasvjetom manja. Ta mjera ne narušava kvalitetu rasvjete, a značajno smanjuje potrošnju pa je naručitelju povećala uštede za dodatnih 25%.

**Tablica 2** Podaci o instaliranoj rasvjeti u Vrbovcu i okolnim mjestima [8]

Parametri	Postojeće stanje	Projektirano stanje	Izvedeno stanje
broj instaliranih svjetiljki	2247	2211	2211
instalirana snaga, kW	352	96,04 (73%)	71 (80%)
godišnja potrošnja električne energije, kW h	1 433 400	295 300 (80%)	218 300 (85%)
godišnji troškovi za električnu energiju, HRK (*)	802 700	165 300	122 250
godišnji troškovi za održavanje, HRK	250 000	12 000	12 000
ukupni godišnji troškovi, HRK	1 066 250	190 000 (82%)	147 250 (86%)
cijena investicije, HRK		6 500 000	5 970 000
jednostavno razdoblje povrata investicije, godina		7,36	6,5

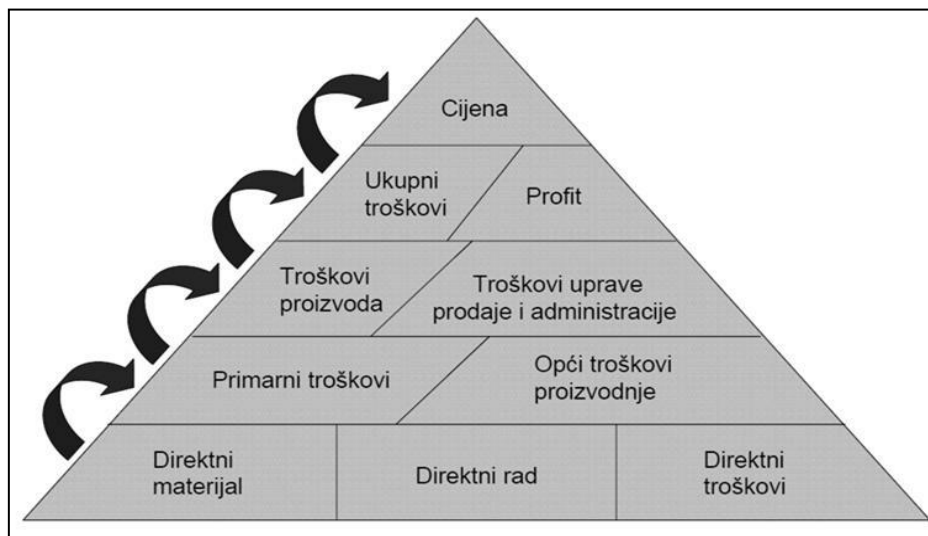
(\*) Cijena 1 kW h iznosi 0,56 HRK (bez PDV-a i troška mjerne usluge).

## 2.10. Proizvodni ciljevi

Moguće je djelovanje u smjeru četiri cilja – cijena, kvaliteta, rokovi isporuke i fleksibilnost. Svaki od ovih ciljeva zahtjeva određene akcije u cilju njihovog postizanja, a u isto vrijeme svi ciljevi proizvodnje su povezani. Ako naglasak stavimo na poboljšanje kvalitete, također postizemo i smanjenje troškova, poboljšanje strukture vremena i povećanu fleksibilnost.

### 2.10.1. Cijena

Uz kvalitetu, drugi ključan parametar jest cijena. Prodajna cijena proizvoda se temelji na izračunu proračuna troškova i kalkulaciji cijena prema ukupnim troškovima proizvodnje za svaki pojedinačni proizvod koji se proizvodi. Ista može dodatno biti određena u pregovorima s potencijalnim kupcima s kojim se sklapaju dugoročni ugovori. Isto tako, analiziraju se prodajne cijene konkurenata, a kako bi se prilikom određivanja finalne cijene izbjegla mogućnost formiranja nekonkurentne cijene. Isto tako, prilikom formiranja cijena firma se ne vodi politikom najnižih cijena, već je naglasak na boljoj usluzi, većem broju djelatnika, većoj educiranosti djelatnika o proizvodima, kao i dostavi proizvoda na „kućnu“ adresu. Prodajna politika se bazira na kontinuiranoj i konstantnoj komunikaciji s klijentima i pružanjem podrške kako bi isti bili zadovoljni.



Slika 13 Elementi formiranja cijene [2]

### 2.10.2. Kvaliteta

Povjerenje i zadovoljstvo sve zahtjevnijih kupaca izravno ovisi o kvaliteti, cijeni i rokovima isporuke proizvoda. Preko 60% kupaca su dugogodišnji kupci koji su upravo zbog opipljivih dokaza – brzine dostave i kvalitete cjenovno prihvatljivih proizvoda prepoznali LED Elektroniku kao „partnera“.

Postotak škarta je ispod 1% što je pokazatelj kvalitete proizvoda i čime se direktno smanjuju broj reklamacija i troškovi popravka.



### **2.10.3. Isporuca**

Sve se isporuke vrše iz skladišta koje je u sklopu proizvodnog pogona. Isporuke su česte i u manjim količinama, 100 do 300 komada lampi, s obzirom da se radi o maloserijskoj ručnoj proizvodnji.

### **2.10.4. Fleksibilnost**

Kako bi se osnažila tržišna pozicija i osigurali preduvjeti za rast, Društvo planira proširiti i produbiti asortiman, primarno kroz razvoj/unaprjeđenje proizvoda. Usmjerenost ka inovacijama, istraživanju i razvoju, a sve kako bi steklo konkurentsku prednost na temelju čega se gradi rast i razvoj poslovanja. Ovisno o tehničkoj i softverskoj složenosti, ali i kooperantima, vrijeme potrebno za uvođenje novog proizvoda može biti od 2 do 6 mjeseci.

Jedna od niša budućeg rasta jest razvoj cestovne rasvjete – konkretno, tržište tunelske rasvjete koja je najvećim dijelom pokrivena visokotlačnim natrijskim lampama. Budući da su tuneli najveći potrošači električne energije na autocestama, uvođenje LED rasvjete može donijeti značajne uštede.

Proizvodni kapaciteti su dovedeni do gornje granice iskoristivosti te je nužno uložiti u nove strojeve, opremu i alate kako bi proizvodnja mogla nastaviti organski rasti. Povećanje i jačanje kapaciteta je temelj za razvoj novih, kvalitetnih i cjenovno prihvatljivih proizvoda.

## **2.11. Politika u proizvodnji**

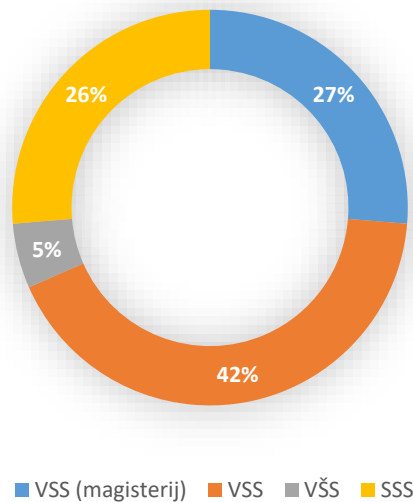
### **2.11.1. Kvaliteta**

#### **1) Pristup**

Sve ulazne komponente – kućišta, napajanja, LED moduli, hladnjaci - se prije montaže vizualno pregledavaju. Nakon završetka montaže provodi se validacijsko testiranje proizvoda. Reflektori se puštaju da rade 8 sati tijekom kojih im se mjeri temperatura kućišta u više kontrolnih točaka kako bi se provjerila kvaliteta montaže mjerenjem termalne vodljivosti cjelokupne svjetiljke.

#### **2) Obuka**

U poduzeću je 5 zaposlenika s visokom stručnom spremom (magisterij), 8 zaposlenika sa visokom stručnom spremom, jedan zaposlenik sa višom stručnom spremom i 5 zaposlenika sa srednjom stručnom spremom.



**Grafikon 4** *Stručna struktura postojećih radnih mjesta*

Zaposlenicima se nastoji pružiti mogućnosti daljnjeg obrazovanja, te napredovanja u karijeri. Kontinuirano se nastoji osigurati ugodna radna atmosfera u kojoj će svi pružiti svoj maksimum u obavljanju svakodnevnih poslova.

### 3) Dobavljači

Društvo, u pojedinim dijelovima proizvodnog procesa, koristi usluge vanjskih dobavljača jer interno ne raspolaže potrebnom opremom odnosno nema dostatan proizvodni kapacitet. Društvo kontinuirano održava dobre poslovne odnose s ključnim dobavljačima, ali pritom nastoji diversificirati opskrbu sirovinama i materijalima u proizvodnji kontinuiranim uspostavljanje odnosa s novim potencijalnim dobavljačima.

Kod odabira dobavljača bitno je da može zadovoljiti tražene tehničke specifikacije te ponuditi dobar omjer cijene i kvalitete.

Strateška odrednica kojom se Društvo vodi prilikom poslovanja na tržištu nabave materijala te poluproizvoda (inputa u proizvodnji) jest načelo/princip da za svaku vrstu materijala i poluproizvoda u svakom trenutku na raspolaganju treba imati najmanje dva provjerena dobavljača. Na taj način se znatno umanjuje rizik od zaustavljanja proizvodnog procesa zbog nedostatka potrebnog inputa u datom trenutku.

## 2.11.2. Proces

### 1) Raspon procesa - Proizvesti ili kupiti

Većinu djelova koji se ugrađuju u finalni proizvod proizvode kooperanti, dok se napajanja i sitna spojna tehnika kupuju. Pošto se uglavnom radi o maloserijskoj ili srednjeserijskoj proizvodnji, razvoj i ulaganje u vlastiti proizvodni pogon, koji zahtjeva skupe strojeve i prostor, nije isplativo.

Dizajn proizvoda i softverska rješenja su vlastita proizvodnja Društva s obzirom da nije potrebno ulagati u strojeve nego je dovoljno imati računalo i educiranu radnu snagu iz područja konstrukcije i informatike.

#### 2) Automatizacija - Ručna ili strojna izrada

Većina djelova se izrađuje strojno, koji se zatim ručno sklapaju u proizvodnom pogonu. Kako bi sve teklo glatko bez zastoja u sklapanju bitno je da svaki dio posla koji prethodi bude odrađen bez greške. Npr. mali pomak u položaju rupa na kućištu može drastično usporiti proizvodnju pošto je greške potrebno ispravljati kako bi se moglo nastaviti sklapanje.

### **2.11.3. Kapacitet**

#### 1) Veličina kapaciteta

Društvo može proizvesti do najviše 3.000 LED svjetiljki, 30 meteo postaja, 20 svjetlosno promjenjivih znakova i pokazivača brzine te 30 komada brojila prometa. Kako raste potražnja za LED rasvjetom, rastu i zahtjevi na proizvodne kapacitete koji su unatoč organizaciji i visokom stupnju praćenja proizvodnog ciklusa ograničeni ručnim načinom proizvodnje.

#### 2) Investicija

Pošto se radi o srednje velikom poduzeću, nisu moguće kontinuirane investicije, već one ovise isključivo o opsegu dobivenih poslova. Prilikom proizvodnje veće serije radi se kalkulacija isplativosti te se prema tome odlučuje da li će se investirati u nabavu određenog stroja ili alata koji je već u datom trenutku nužan za daljnju proizvodnju ili će se dio proizvodnje prepustiti kooperantima.

### **2.11.4. Zalihe**

#### 1) Količina

Količina zaliha direktno ovise o skladišnom prostoru. Kako proizvodnja zauzima najveći dio prostora svaka dodatna paleta zauzima dragocjeni prostor što ometa rad i usporava proizvodnju. Stoga je bitno da roba bude isporučena u što je moguće kraćem roku nakon silaska s „proizvodne trake“. Svi veći djelovi se naručuju točno na broj, dok se jedino sitni inventar poput vijaka, matica, konektora uzima u većim količinama.

#### 2) Distribucija

Skladište se nalazi u sklopu proizvodnog pogona gdje dolazi sav materijal i djelovi, a izlazi gotov proizvod. Manji dio je smješten u I&R Centru za potrebe razvoja i testiranja.

#### 3) Kontrolni sustavi

U svakom trenutku je važno znati stanje u skladištu te se inventura provodi jednom tjedno. Svaki, pa i najmanji dio koji nedostaje može znatno usporiti ili čak i zaustaviti proizvodnju, te je iz tog razloga uvijek bitno da se vodi briga o količini materijala i djelova uzimajući u obzir vremena isporuke dobavljača.

### **2.11.5. Paralelni procesi**

Paralelni procesi koji se moraju događati:

- Konstantna poboljšanja
- Ulaganje u opremu i tehnologiju
- Bolja organizacijska rješenja
- Bolja komunikacija među ljudima

### **2.12. Certifikati**

S ciljem uspješnog djelovanja na tržištu, Društvo je uspješno implementiralo/uvelo sljedeće certifikate:

#### 1) ISO 9001 - Sustav upravljanja kvalitetom [10]

ISO 9001 je međunarodna norma koja definira zahtjeve koje organizacija mora ispunjavati kako bi mogla obavljati svoju djelatnost u skladu sa zahtjevima kupaca i relevantnim propisima. Primjenjiva je na sve vrste organizacija: profitne i neprofitne, proizvodne i uslužne, male i velike.

Dokumenti i aktivnosti koje organizacija provodi u skladu s normom zajednički se nazivaju sustav upravljanja kvalitetom. Sustav upravljanja kvalitetom obuhvaća sljedeće aktivnosti unutar organizacije:

- planiranje i održavanje samog sustava
- upravljanje resursima (ljudski resursi, infrastruktura)
- planiranje, ugovaranje i prodaja
- projektiranje i razvoj
- nabava
- proizvodnja i pružanje usluga
- mjerenja, analiza i poboljšanja procesa i sustava.

#### 2) ISO 14001 - Upravljanje okolišem [10]

ISO 14001 je međunarodna norma koja postavlja zahtjeve za planiranje, uspostavu, primjenu i nadzor sustava upravljanjem okolišem.

Sustav upravljanjem okolišem obuhvaća:

- utvrđivanje svih načina na koje organizacija utječe na okoliš
- utvrđivanje svih zahtjeva vezanih uz očuvanje okoliša koje pred organizaciju postavljaju relevantni propisi
- utvrđivanje procesa utjecaja na okoliš, resurse, odgovornosti i ovlaštenja za njihovo provođenje
- postavljanje ciljeva vezanih uz očuvanje okoliša, praćenje ostvarenja ciljeva i kontinuirano poboljšavanje sustava upravljanja okolišem.

Sukladnost normi organizacija dokazuje dokumentiranjem i primjenom sustava upravljanja okolišem. Sukladnost normi potvrđuju ovlaštene organizacije kroz proces certifikacije.

3) ENEC certifikat za LED javnu rasvjetu PrecisionLux1, PrecisionLux2 i PrecisionLux3 [12]

ENEC je jedinstven dobrovoljni europski znak, koga članice certifikacijskog sporazuma (grupa ENEC) dodjeljuju u skladu s posebnim međusobnim dogovorom. Upotrebljava se za električne svjetiljke i pribor za svjetiljke (npr. prigušnice, kućišta, starteri,...), sklopke za aparate, opremu informacijske tehnologije te sigurnost izolacijskih transformatora. Znak na uređajima omogućava dobaviteljima pristup tržištima svih država koje su članice Europske unije, članice Europskoga udruženja za slobodnu trgovinu (EFTA) ili države pristupnice u EU.

4) CE (LVD, EMC) [13]

CE (LVD direktiva za niskonaponsku opremu i EMC direktiva za elektromagnetsku kompatibilnost) oznaka je skraćenica od "Conformité Européenne" (engl. European Conformity) i predstavlja oznaku proizvođača da je proizvod sukladan sa smjernicama EU i odgovarajućim Europskim normama na koje se pozivaju smjernice.

5) RoHS – atest da svjetiljke ne sadrže štetne sastojke [11]

RoHS (Restriction of use of certain Hazardous Substances in Electrical and Electronic Equipment) je odredba za ograničavanje upotrebe određenih štetnih materijala (olovo, živa, šesterovalentni kadmij, krom i 2 bromid otporan na vatru PBB & PBDE) za električne i elektroničke komponente. RoHS odredba povezana je s WEE (Waste Electrical and Electronic Equipment) odredbom.

RoHS sukladan proizvod je onaj proizvod koji ne sadrži niti jednu od zabranjenih tvari u koncentracijama koje prelaze najveće dozvoljene veličine npr. 0,1% za težinu za olovo (Pb), živu (Hg), šesterovalentni krom (CR[VI]) i 2-bromne usporivače gorenja (PBB i PBDE) i 0,001% za kadmij (Cd) u homogenim materijalima. RoHS mora biti razmatrana u preklopu s WEE odredbom. Cilj obje odredbe je unapređivanje zaštite okoliša u svim fazama korištenja proizvoda

6) ANSI C136.31 – otpornost na dugotrajno izlaganje vibracijama (naleti vjetra)

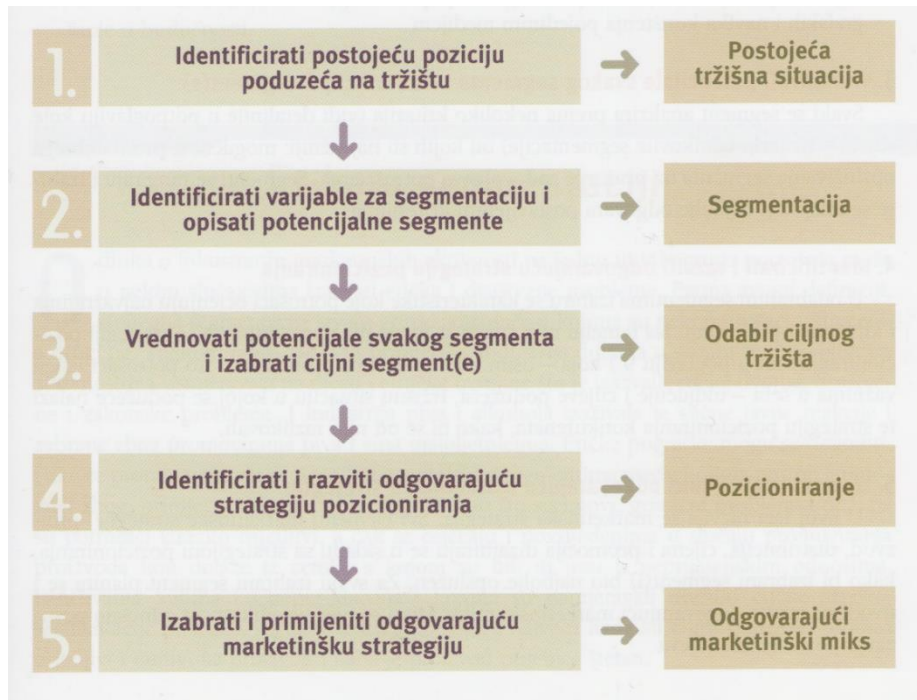
7) Zaštita industrijskog dizajna PrecisionLux1, PrecisionLux2, PrecisionLux3

S ciljem daljnje potvrde kvalitete, jačanja tržišne pozicije i stvaranja uvjeta za ulazak na nova tržišta, Društvo planira uvesti dva dodatna certifikata (BS OHSAS 18001 - Sustav upravljanja zaštitom zdravlja i sigurnošću na radu i ISO 27001 - Sustav upravljanja sigurnošću informacija), te sukladno potrebama i zahtjevima s tržišta dodatno certificirati proizvode. S obzirom da se svi dijelovi (koje je moguće) proizvode u suradnji sa domaćim tvrtkama (za seriju PrecisionLux), Društvo je zatražilo i pravo korištenja znaka "Hrvatska kvaliteta" i "Izvorno hrvatsko".

## 2.13. Segmentacija tržišta

Potrošači se razlikuju po svojim potrebama i željama, kao i prema svojim kupovnim navikama, te je jednostavno postalo nemoguće zadovoljiti potrebe svih na isti način.

Kritična točka za svako poduzeće je pronaći odgovarajući plan za segmentaciju koji će omogućiti odabir ciljnog tržišta, pozicioniranje proizvoda i uspješno formuliranje marketinške strategije i programa.



Slika 14 Pet faza segmentacije, odabira ciljnog tržišta i pozicioniranja [1]

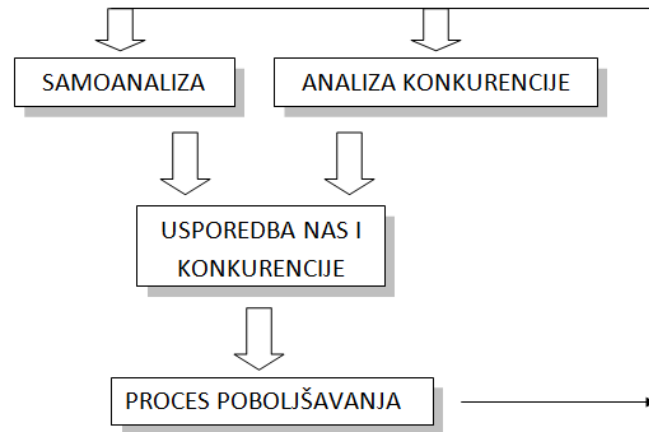
Ciljano tržište - gradovi, općine, sela/naselja, prirodni rezervati, javne ustanove, javna i/ili privatna poduzeća, trgovački centri, garaže, itd.

Geografski, ciljana tržišta LED Elektronike su:

- 1) domaće – 90,7% (u ukupnim prihodima 2015.)
  - a) javni sektor – 26,63%
  - b) privatni sektor – 70,73%
- 2) inozemna – 9,3% (u ukupnim prihodima 2015.) [2]

## 2.14. Benchmarking u proizvodnji

Da bi se mogao započeti proces benchmarkinga najprije treba steći spoznaje o vlastitom poduzeću i procesima koji vladaju u njemu. Tek kada se posjeduju te informacije, moguće je praviti objektivne usporedbe sa drugima.

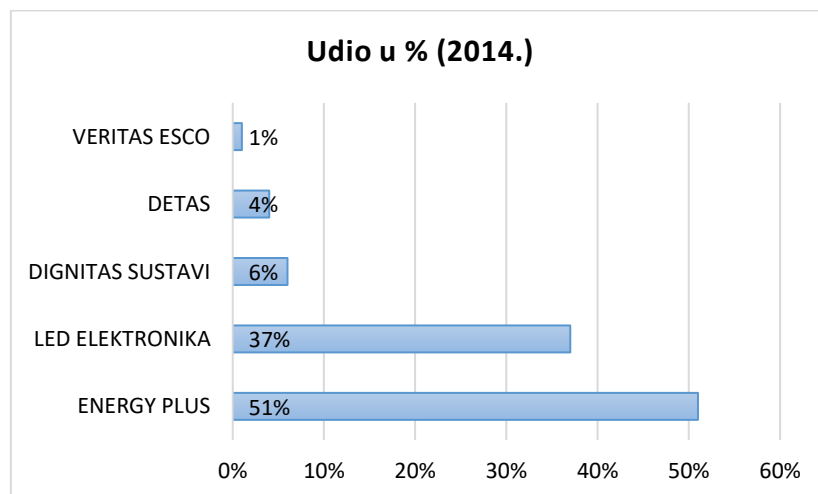


Slika 15 Proces benchmarkinga

Analiza konkurencije – u sektoru LED rasvjete LED Elektronika djeluje na domaćem tržištu. Iako je riječ o relativno novom sektoru čiji je rast krenuo 2009. godine, konkurencija je razvijena i na zavidnom nivou - pogotovo na EU razini (kao ciljanom tržištu).

Analizom konkurencije na domaćem tržištu, prema dostupnim podacima za 2014., dolazimo do sljedećih zaključaka:

- detektirana su 44 društva, od kojih se 5 bavi proizvodnjom LED rasvjete
- ostala društva se bave veleprodajom i maloprodajom tj. uvozom
- više od 50% tržišta zauzima poduzeće ENERGY PLUS d.o.o., dok LED Elektronika ima udio od 37%



Grafikon 5 Konkurencija LED Elektronike na tržištu RH (2014.) [2]

Vidljivo iz gore navedenog, LED Elektronika na tržištu RH, kao primarnom tržištu, zauzima tržišni udio od 37%.

**Tablica 3** Analiza konkurencije na RH tržištu [2]

	Osnovne informacije	Asortiman u području LED rasvjete
<b>ENERGY PLUS d.o.o.</b>	Najveći proizvođač LED rasvjete u RH. Dobitnik HUP-ove nagrade za primjer dobre prakse (DOP-a). Tri proizvodna sektora: LED rasvjeta, industrijski strojevi, OIE.	Industrijska E+ HB380 rasvjeta; E+ LINE IPS linijska LED rasvjeta; E+ TUBE IPS linijska LED rasvjeta; E+ DISC stropna LED rasvjeta; E+ DOVE ulična LED rasvjeta; Nosači svjetiljki
<b>DIGNITAS SUSTAVI d.o.o.</b>	Proizvodnja elektroničkih sustava s primjenom u energetici i automatici, s naglaskom na LED rasvjete.	LED Indoor - FLAT 22; LED Reflector FLAT 12; LED Magnetic4; LED flat 120
<b>DETAS d.o.o.</b>	DETAS je vodeći svjetski brend u električkoj opremi za industrijsku automatizaciju. Od 1998. (brend DPOWER) - proizvodnja uličnih LED znakova i sigurnosnih uređaja. Od 2008. (brend DLEDS) - proizvodnja LED uličnih svjetiljki, te svjetiljki za garaže, parkirališta, nadstrešnice i industriju.	Ulična LED rasvjeta Unutarnja LED rasvjeta Vanjska dekorativna LED rasvjeta
<b>VERITAS ESCO d.o.o.</b>	Proizvodnja ulične LED rasvjete.	Ulična LED rasvjeta

Analizom konkurencije na tržištu jugoistočne Europe, prema dostupnim podacima za 2014., dolazimo do sljedećih zaključaka:

- najveći i najmnogobrojniji proizvođači na području JI Europe dolaze iz Bugarske
- od zemalja u bližem okruženju jedino Slovenija ima razvijen sektor proizvodnje LED rasvjete

**Tablica 4** Analiza konkurencije na tržištu JI Europe [2]

	Naziv tvrtke	Proizvodni asortiman
<b>BUGARSKA</b>	COMET ELETRONICS	Integrirani krugovi, diode, optoelektronika, pametne kartice, komunikacijski moduli, internetski priključci, otpornici, kondenzatori, oscilatori, senzori, feritne jezgre i zavojnice, transformatori, baterije, elektronički sklopovi, mjerna oprema, itd..
	Denima 2001	Ulična rasvjeta, industrijska rasvjeta, unutarnja rasvjeta, LED rasvjeta.
	IKIS SL	Lampe (uredske, zidne, stolne).
	INCOTEX	Proizvodi za emitiranja svjetla diode (LED) čipovi i lampe, te proizvodnja energetski učinkovitih LED svjetiljki.
	EURO PRODUCT d. o. o.	Garažna vrata, LED rasvjeta, industrijska vrata, inox ograde, staklene ograde, kovana bravarija, žičani ogradni paneli.
<b>GRČKA</b>	ELECTROSYNTHESES	LED proizvodi (unutarnji i vanjski), fontane svjetlosti; LED svjetiljke; LED svjetla; Snaga supplies- LED upravljački programi, kontrolori; Kućište za svjetla; itd..
	AKRIPHOS	Proizvodnja građevinske rasvjete u zgradama, poslovnim prostorima, hotelima i brodovima.
	GALLIS S.A	Tri grupe proizvoda: profesionalna rasvjeta, ukrasna rasvjeta, Grčki asortiman
	OLYMPIA ELECTRONICS	Rasvjeta za hitne slučajeve, Sustavi za dojavu požara, Sustav za otkrivanje prisutnosti plina, Protuprovalni alarmni sustavi, Elektronički termostati, Morski proizvodi, Električni zamke za insekte, Hotelski pristup - kartice prekidači.



<b>RUMUNJSKA</b>	SC ELECTROMAX SRL	Vanjski proizvodi s LED diodama, arhitektonska svjetla s LED diodama, projektori s LED diodama, unutarnja svjetla s LED diodama, signalizacija i znakovi, posebna svjetla za rudnike, itd..
	ELBA	Fluorescentni proizvodi, vanjske dekorativne svjetiljke, reflektori, svjetiljke za posebno okruženja (opasnost od eksplozije, nužna rasvjeta, prometna svjetla), automobilska rasvjetna tijela, itd..
	LUXTEN LIGHTING	Vanjska i unutarnja LED rasvjeta, solarni rasvjetni stupovi s LED tehnologijom, itd..
	AVOLUX Europe	LED žarulje, vanjski i podvodni arhitektonski LED Reflektori, ulična rasvjeta, stropna svjetla, LED upravljački programi i kontrola.
<b>SLOVENIJA</b>	BBELEKTRONIK SLOVENIA	LED trake, LED stropna svjetla i spot-svjetiljke, LED svjetiljke za opću rasvjetu, LED žarulje za razne lampe, Fluo-LED svjetiljke, LED viseće ploče, LED paneli za spuštene stropove, LED ulične svjetiljke za javnu rasvjetu i LED svjetiljke za tunele.
	INTRA LIGHTING D.O.O.	Proizvodi arhitekturnih rasvjetnih tijela i svjetlosnih sustava prvenstveno za: poslovne i javne prostore, trgovine i trgovačke centre, hotele i prostore namijenjene zabavi.
<b>TURSKA</b>	BAHAR AYDINLATMA	Unutarnja i vanjska rasvjeta; stolne, podne i stropne svjetiljke.
	AVOLUX LIGHTING - MURAT LIGHTING	Unutarnja i vanjska rasvjeta.
	CARISA LED AYDINLATMA	Proizvodi visoke tehnologije i ukrasna LED rasvjeta rješenja s Cree LED diodama - LED svjetla za bazene, LEDA rasvjeta pribora, itd..
	ALKALED LIGHTING SYSTEMS	Reflektori, svjetiljke, LED cijevi, podvodna LED rasvjeta, LED fleksibilne trake, dekorativni LED namještaj, dekorativna zidna oprema.

Analizom konkurencije na svjetskom tržištu, prema dostupnim podacima za 2014., dolazimo do sljedećih zaključaka:

- 10 najvećih kompanija je u 2014. imalo tržišni udio od 72% u sektoru proizvodnje LED čipova
- Najveći proizvođač, Nichia, je imala prihode veće od 2 milijarde dolara
- Kompanije Samsung, LG i Seoul pokazuju važnost LED rasvjete u sektoru televizora i monitora

**Tablica 5** Najveći proizvođači komponenti za LED svjetiljke [2]

	<b>Proizvođač</b>	<b>Zemlja</b>
<b>1</b>	Nichia	Japan
<b>2</b>	Osram Opto	Njemačka
<b>3</b>	Samsung Electronics	Južna Koreja
<b>4</b>	Seoul Semiconductor	Južna Koreja
<b>5</b>	Lumileds	USA
<b>6</b>	Cree	USA
<b>7</b>	LG Innotek	Južna Koreja
<b>8</b>	Everlight	Tajvan
<b>9</b>	Toyoda Gosei	Japan
<b>10</b>	MLS	Kina

Postupak benchmarkinga u sebi uključuje:

- usporedbu poduzeća sa najboljima, ne ograničavajući se na istu djelatnost ili zemlju u kojoj se obavlja djelatnost
- usporedbu aktivnosti poduzeća s ekvivalentnim aktivnostima drugih tvrtki, sa svrhom identificiranja najboljih među njima
- uspoređivanje proizvoda/usluga poduzeća sa proizvodima/uslugama konkurenata koji imaju najbolje rezultate
- usporedbu tehničkih rješenja da bi se odabrala najbolja moguće tehnička rješenja za specifičnu primjenu
- primjenu najbolje definiranog poslovnog procesa
- planiranje budućeg razvoja i prilagođavanje trendovima
- ispunjavanje i premašivanje očekivanja potrošača

Osim što povećava vrijednost za potrošače, benchmarking ju istovremeno pruža i zaposlenicima poduzeća. U želji za postizanjem izvrsnosti, stvara se ozračje kontinuiranog učenja i postavljanja izazova, što donosi i bolje ozračje među zaposlenicima.

Prije benchmarkinga:

- neinventivnost
- jedno rješenje problema
- fokus na interno
- cilj postavljen u prošlosti
- nerazumijevanje potrebe tržišta
- interni prioritet
- "dobri smo"
- rukovođenje po iskustvu

Poslije benchmarkinga:

- iskorištavanje dobrih ideja
- više opcija za rješavanje problema
- fokus na eksterno
- cilj bolje poslovanje
- razumijevanje potrebe tržišta
- prioritet potrošač
- "trebamo biti bolji"
- rukovođenje po činjenicama

### **2.14.1. Prednosti i nedostaci benchmarkinga**

Prednosti benchmarkinga:

- unapređenje kvalitete proizvoda i usluga
- unapređenje poslovnih procesa
- snižavanje troškova
- povećanje zadovoljstva kupaca
- nove poslovne mogućnosti
- postizanje maksimuma
- povećanje kreativnosti
- unapređenje kvalitete organizacije
- povećanje profita

Nedostaci benchmarkinga:

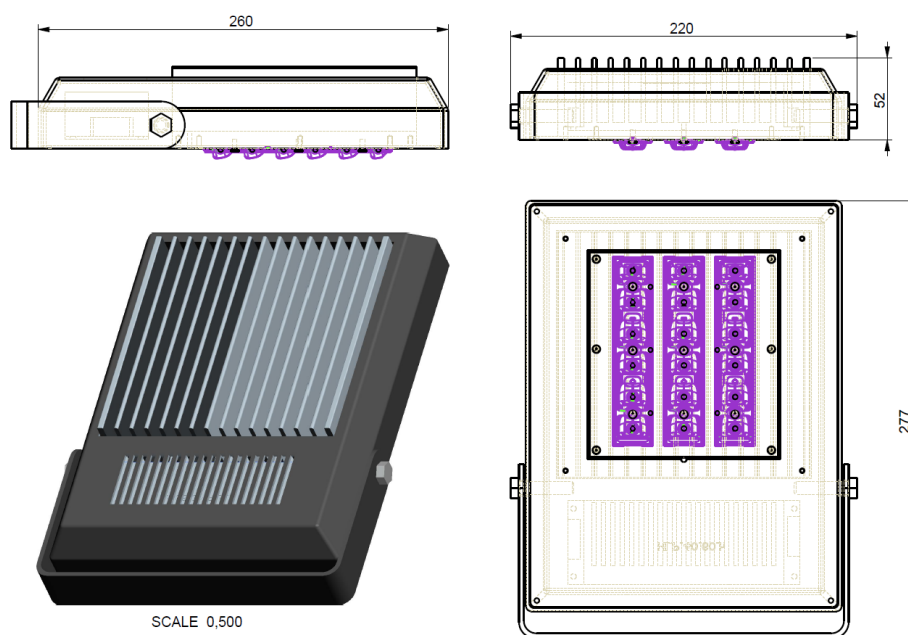
- visoki financijski troškovi
- otpor zaposlenih prema promjenama
- problem pri pronalasku podataka o konkurenciji
- pitanje etičnosti benchmarkinga

Možemo primijetiti da je lista prednosti uvelike veća od nedostataka, što je dokaz da je benchmarking neizostavan te moćan alat razvoja (uz uvjet da se provodi na ispravan način).

### 3. EKSPERIMENTALNI DIO

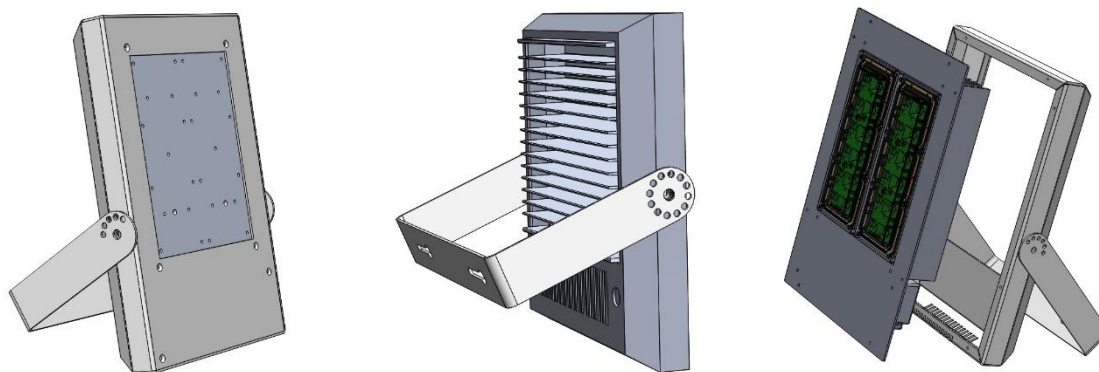
#### 3.1. Idejno rješenje

Vodeći se smjericama i ciljevima o kojima je bilo riječi u teoretskom dijelu rada, pristupilo se analizi stanja i problema postojećeg konstrukcijskog rješenja reflektora prikazanog na slici 16, koji je u to vrijeme postojao samo kao prototip, a sve u svrhu njegovog poboljšanja. U daljnjem djelu rada biti će prikazana projektna i konstrukcijska rješenja koja su dovela do konačnog proizvoda i popunjavanja proizvodnog asortimana LED Elektronike.



**Slika 16** Zadani dizajn LED reflektora

Promjene se mogu primjetiti u funkcionalnosti i jednostavnosti reflektora, od kućišta do LED modula. Naglasak je stavljen na jednostavnost izrade, čime se direktno smanjuje cijena, te što lakše i jednostavnije sastavljanje i ugradnja modula kako bi se smanjilo vrijeme izrade i isporuke. Na slici 17 mogu se vidjeti neki od prototipova reflektora.



**Slika 17** Primjeri prototipova

## **3.2. Zahtjevi prilikom konstrukcije**

### **3.2.1. Kvaliteta**

Za svaki proizvod je važno da bude kvalitetan. Kao mali proizvođač LED Elektronika teško može konkurirati jeftinijim svjetiljkama većih proizvođača. Zato je naglasak stavljen na kvalitetu i dugotrajnost.

### **3.2.2. Jednostavna izrada**

Kod konstrukcije reflektora prva stvar s kojom se konstruktor susreće je dizajn koji mora biti prilagođen proizvođaču i mogućnostima strojeva koje posjeduje. Stoga je bitno biti upoznat sa strojevima svih kooperanata i upućen u njihove proizvodne procese. Jednostavna (ili zahtjevna i komplicirana) konstrukcija izravno utječu na vrijeme izrade i cijenu.

### **3.2.3. Olakšana montaža i zamjena dijelova**

Sklapanje samog proizvoda može oduzeti mnogo vremena ako je konstrukcija loše zamišljena jer svaki nedostupan dio usporava cijeli proces. Svi dijelovi moraju biti lako dohvatljivi, što je važno i prilikom servisa, pogotovo ako se zamjena vrši na terenu.

### **3.2.4. Dostupnost materijala**

Kašnjenja u proizvodnji, pa čak i zastoje, mogu se dogoditi ako nedostaju dijelovi potrebni za sklapanje reflektora. U svakom trenutku se mora voditi računa da ima dovoljno materijala kako bi proizvodnja i sklapanje mogli neometano teći. To znači kontinuirani i pravovremeni kontakt s kooperantima, te planiranje nabave unaprijed.

### **3.2.5. Prihvatljiva cijena**

Cijena komponenata ne mora biti najniža, nego se gleda najbolji omjer uloženog i dobivenog. Koriste se kvalitetne Nichia LED diode, Meanwell napajanja, Fisher hladnjaci, dok se sve ostale komponente izrađene u LED Elektronici ili kooperantskim tvrtkama provjeravaju i zahtijeva se visoka preciznost izrade i kvaliteta.

### **3.2.6. Jednostavno korištenje**

Kada reflektor u konačnici dođe do kupca on mora biti prilagođen njegovim potrebama i jednostavan za korištenje. Podešavanje nagiba je izvedeno da se može izvesti bez korištenja alata pošto su korišteni vijci sa zadebljanom glavom radi lakšeg zavrtnja rukom.

### 3.3. Dijelovi reflektora

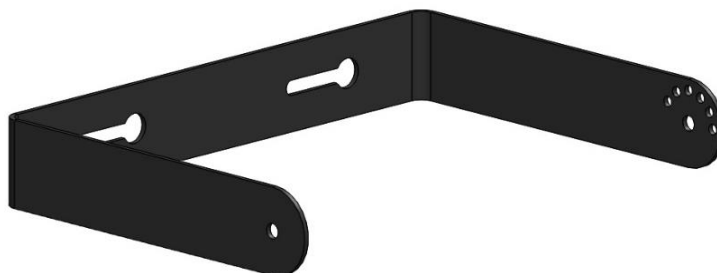
#### 3.3.1. Kućište i nosač

Kućište, prikazano na slici 18, se izrađuje od aluminijske debljine 2 mm iz dva dijela - prednje ploče i okvira - koji se zatim zavare po rubovima. Na dnu kućišta se nalaze rešetke kroz koje može otjecati tekućina. Rupe za montažu hladnjaka i napajanja na kućište su upuštene – u tu svrhu koriste se samouvezni vijci za lim DIN 7982 s upuštenom glavom.



Slika 18 Kućište i nosač LED reflektora

U bočne stranice kućišta su uprešane matice M8 za montažu nosača s M8 imbus vijcima DIN 912, te jedna matica M5 za podešavanje nagiba kućišta nakon montaže na nosač preko M5 imbus vijka DIN 912. Nosač se izrađuje od aluminijske debljine 3 mm radi veće čvrstoće.

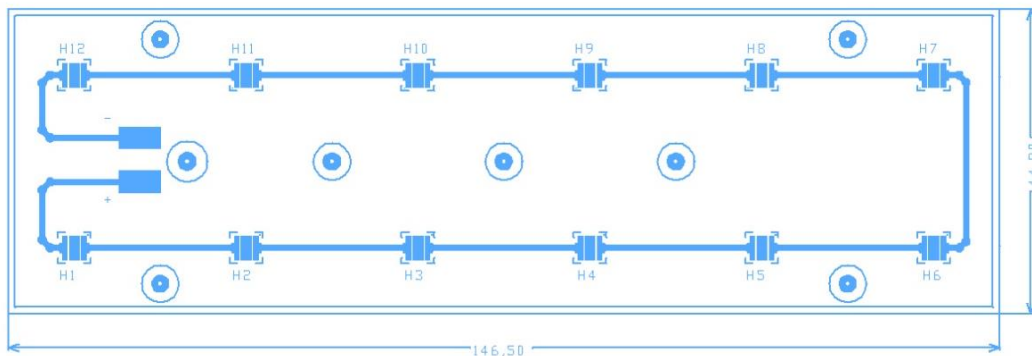


Slika 19 Nosač kućišta

### 3.3.2. Led modul

#### 1) Dizajn led modula

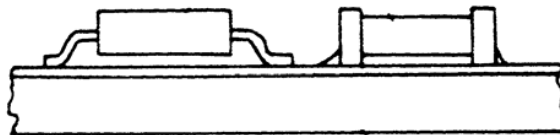
Za konstrukciju LED modula (raspored vodova, položaj LED-ica, rupa) koristi se program Altium Designer. Na slici 20 prikazan je izgled LED modula. LED modul se montira direktno na hladnjak sa samoureznim vijcima za lim DIN 7981 s ravnom glavom, a dimenzioniran je tako da stane pod IP leću koja ga prekriva i također se pričvršćuje na hladnjak.



Slika 20 LED modul

#### 2) LED diode

LED diode se leme na LED modul tehnologijom površinske montaže (engl. surface mounting technology - SMT). Za SMT je karakteristično da se komponente i njihovi izvodi nalaze s iste strane tiskane pločice [17].



Slika 21 Površinska (SMT) montaža [17]

S obzirom na izvedbu kućišta korištene diode spadaju u skupinu komponenti za površinsku montažu (surface-mount devices - SMD). Na LED modul se leme Nichia-ine LED diode – model NVSL219BT-V1 (slika 21). Podaci o diodi su prikazani u tablici 6.



Slika 22 LED dioda Nichia NVSL219BT-V1 [14]

**Tablica 6** Tehničke karakteristike LED diode[14]

Product Type		NVSL219B-V1			
Size	LxWxH (mm)	3.5x3.5x2.0			
Color temperature	Typ.(K)	4000	3500		
Luminous Intensity	Typ. (cd)	75	71	56	54
Luminous Flux	Typ. (lm)	297	262	205	200
Ra	Min.	70	80	90	90
R9	Min.		0	50	80
V <sub>F</sub>	Typ. (V)	2.98			
	Max.(V)	3.3			
Directivity(2θ ½)	(degree)	130			
I <sub>F</sub>	(mA)	700			
Thermal resistance(R <sub>θJS</sub> )	(°C/W)	6			

### 3.3.3. Leće

Svjetlosni tok je precizno kontroliran lećama, kojima su istovremeno postignuti vrlo precizno usmjeravanje svjetla u željenu distribuciju i meka granica (prijelaz) između osvijetljenog i neosvijetljenog područja.



**Slika 23** Ledil leća 2X6 [15]

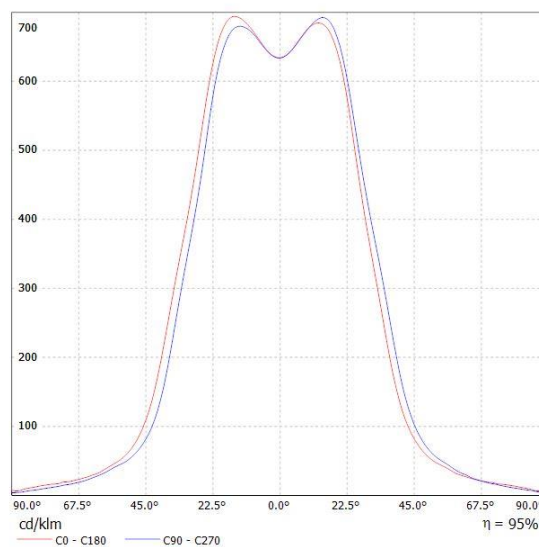
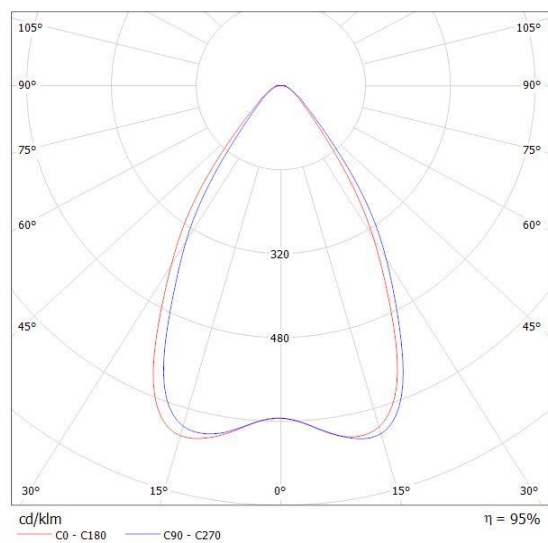
**Tablica 7 Tehničke karakteristike leće [15]**

DETAILS	
<b>Product Number</b>	CS14130_HB-IP-2X6-W
<b>Family</b>	High Bay
<b>Type</b>	Assembly
<b>LED</b>	XP-L
<b>Color</b>	White
<b>Diameter</b>	173 + 71.4 mm
<b>Height</b>	11.4 mm
<b>Style</b>	Rectang, Multiple
<b>Optic Material</b>	PMMA
<b>Fastening</b>	Screw, Pin
<b>ROHS compliant</b>	yes

Svjetlosna distribucija koju leća daje prikazana je na slici 24, u polarnom i kartezijevom koordinatnom sustavu. Kut pod kojim leća raspršuje svjetlo može se dobiti ako se u polarnom koordinatnom sustavu od izvora svjetla do sredine krivulje sa svake strane povuku linije – kut između tih linija je kut pod kojim pada svjetlost.

Luminaire: LEDiL Oy CS14130\_HB-IP-2X6-W\_(XP-L)  
Lamps: 1 x CREE\_XP-L\_2x6\_(XPLAWT-0-7A3-U50-0H-0001)\_1253.88lm@250mA\_P=8.22317W\_J=249.8mA

Luminaire: LEDiL Oy CS14130\_HB-IP-2X6-W\_(XP-L)  
Lamps: 1 x CREE\_XP-L\_2x6\_(XPLAWT-0-7A3-U50-0H-0001)\_1253.88lm@250mA\_P=8.22317W\_J=249.8mA



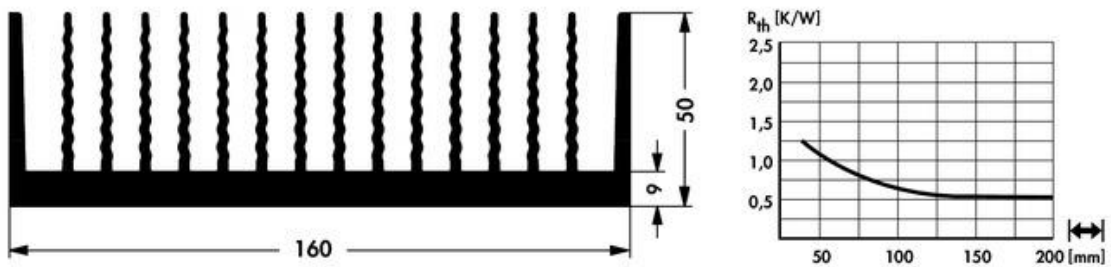
**Slika 24 Svjetlosna distribucija leće [15]**



### 3.3.4. Hladnjak

#### 1) Odabir hladnjaka

Prilikom odabira hladnjaka najvažniji faktor je njegov toplinski otpor. Što je toplinski otpor manji to je bolje hlađenje. Rebra hladnjaka također igraju ulogu u toplinskoj karakteristici hladnjaka, a kao što je vidljivo iz slike 25, za hlađenje LED modula odabran je Fischer-ov hladnjak - model SK510 - s valovitim rebri radi što veće rashladne površine. Materijal hladnjaka je legura aluminija EN AW 6060 – T66.

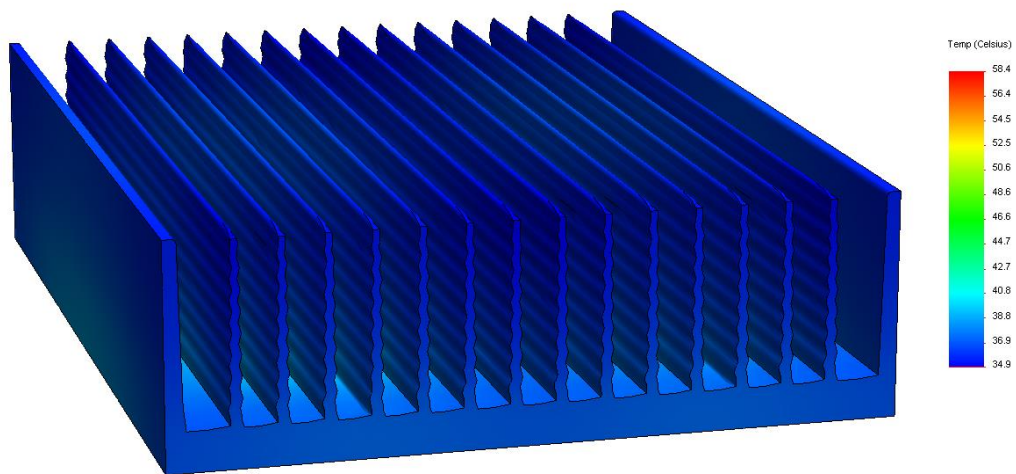


Slika 25 Poprečni presjek hladnjaka Fisher SK510

#### 2) Termalna analiza

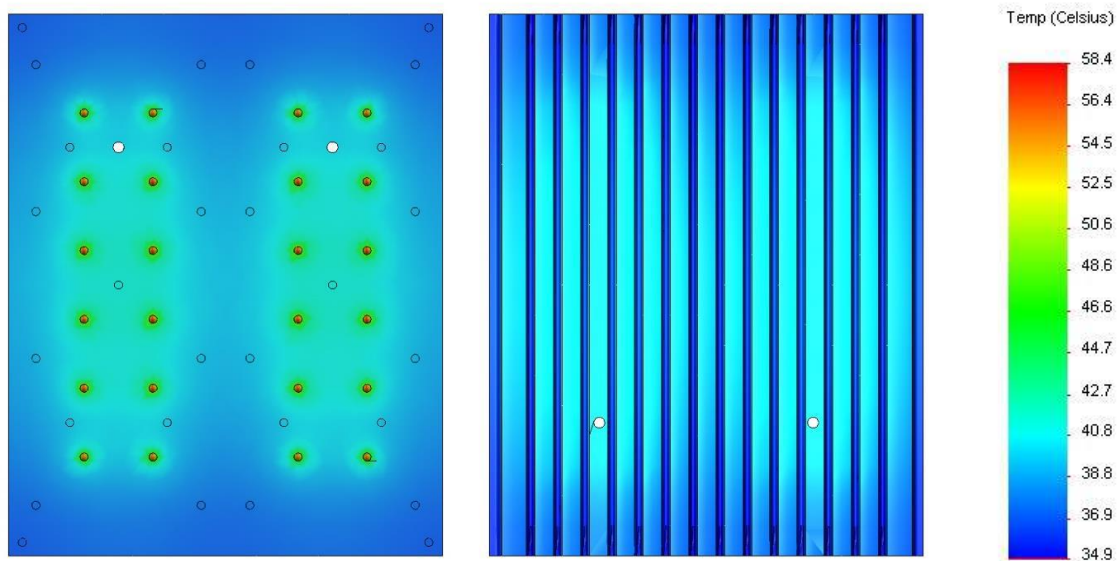
Kompjuterskom simulacijom u SolidWorks-u – programu za 3D modeliranje, u kojem je izrađen i model hladnjaka (slika 26), dobivena je termalna analiza hladnjaka. Iako simulacija ne može dati 100% točan rezultat, može nam pokazati približno stanje, što može biti smjernica za daljnje biranje hladnjaka. U ovom slučaju simulacija je pokazala da hladnjak dovoljno dobro hladi LED modul i da nema potrebe za traženjem novog hladnjaka.

Model name: 3d\_SK510 thermal sim  
Study name: Study1  
Plot type: Thermal Thermal  
Time step: 1



Slika 26 Prikaz 3D modela hladnjaka – termalna analiza

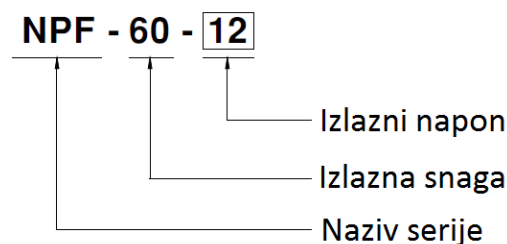
Najviša temperatura je na samim LED diodama i ona iznosi oko 58 °C, dok na rebrima hladnjaka pada na 35 °C što je vidljivo iz slike 27.



Slika 27 Termalna analiza hladnjaka




### 3.3.5. Napajanje (driver)

Napajanja se biraju prema namjeni reflektora. Nakon svjetlotehničkih proračuna i simulacije odabire se tip napajanja, snaga i napon. Za LED reflektor će se koristiti Meanwell napajanja, modeli NPF-60D, HLP-60H, HLG-60H. Oznake na napajanjima predstavljaju:



Ovisno o tome da li se napajanje koristi vani ili u zatvorenom prostoru bira se napajanje koje je otvoreno poput HLP ili vodonepropusno (NPF ili HLG). U slučaju viših temperatura, ako se reflektor nalazi nad izvorom topline, potrebno je birati napajanje s aluminijskim kućištem (HLG). Nadalje, bitno je i da li napajanja podržavaju prigušivanje (dimming), tj. regulaciju intenziteta svjetlosnog toka, a tu funkciju podržavaju napajanja HLP i HLG. Karakteristike korištenih napajanja su date u tablici 8.

**Tablica 8** Karakteristike korištenih napajanja [16]

Tip napajanja	Karakteristike
<p style="text-align: center;"><b>NPF-60D</b></p> 	<p>■ <b>Features</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Universal AC input / Full range (up to 305VAC)</li> <li>• Built-in active PFC function</li> <li>• High efficiency up to 90%</li> <li>• Protections: Short circuit / Over current / Over voltage / Over temperature</li> <li>• Cooling by free air convection</li> <li>• Fully isolated plastic case</li> <li>• Fully encapsulated with IP67 level</li> <li>• Class II power unit, no FG</li> <li>• Class 2 power unit</li> <li>• Suitable for dry / damp / wet locations</li> <li>• No load power consumption &lt; 0.15W</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>HLP-60H</b></p> 	<p>■ <b>Features :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Universal AC input / Full range (up to 305VAC)</li> <li>• Built-in active PFC function</li> <li>• Protections: Short circuit / Over current / Over voltage / Over temperature</li> <li>• Cooling by free air convection</li> <li>• Output constant current level adjustable</li> <li>• Class 2 power unit</li> <li>• Three in one dimming function (1~10Vdc or PWM signal or resistance)</li> <li>• Suitable for built in LED lighting system</li> <li>• Suitable for dry / damp locations</li> <li>• 100% full load burn-in test</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>HLG-60H</b></p> 	<p>■ <b>Features :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Universal AC input / Full range (up to 305VAC)</li> <li>• Built-in active PFC function</li> <li>• Protections: Short circuit / Over current / Over voltage / Over temperature</li> <li>• Cooling by free air convection</li> <li>• OCP point adjustable through output cable or internal potentiometer</li> <li>• IP67 / IP65 design for indoor or outdoor installations</li> <li>• Class 2 power unit</li> <li>• Three in one dimming function (1~10Vdc or PWM signal or resistance)</li> <li>• Suitable for LED lighting and moving sign applications</li> <li>• Compliance to worldwide safety regulations for lighting</li> <li>• Suitable for dry / damp / wet location</li> </ul>

### 3.4. Opis tehničko-tehnološkog procesa

Proizvodnja LED svjetiljaka, ali i drugih proizvoda iz proizvodnog asortimana Društva, dijeli se na sljedeće faze, odnosno korake:

1. proizvodnja aluminijskih kućišta;
2. proizvodnja mehaničkih dijelova (izrezivanje i bušenje hladnjaka);
3. proizvodnja elektroničkih i napajajućih modula (sastavljanje i lemljenje);
4. proizvodnja LED modula (sastavljanje i lemljenje);
5. priprema kablova i kabljskih setova;
6. sastavljanje komponenata, odnosno modula u finalni proizvod;
7. ispitivanje kvalitete.

Gore navedeni koraci se u poslovnoj praksi odvijaju na sljedeći način - aluminijsko kućište LED reflektora se izrađuje strojnim savijanjem prethodno izrezane i pobušene ploče, nakon čega ga je potrebno plastificirati tehnikom elektrostatskog nanošenja boje kako bi se dodatno zaštitilo. Kućište se zatim dovozi u proizvodni pogon gdje se radi montaža sitnog materijala. Cjelokupni proces plastifikacije, uključujući transport od limarske radionice do lakirnice i od lakirnice do proizvodnog pogona traje u prosjeku dva radna dana.

#### 3.4.1. Probijanje i bušenje

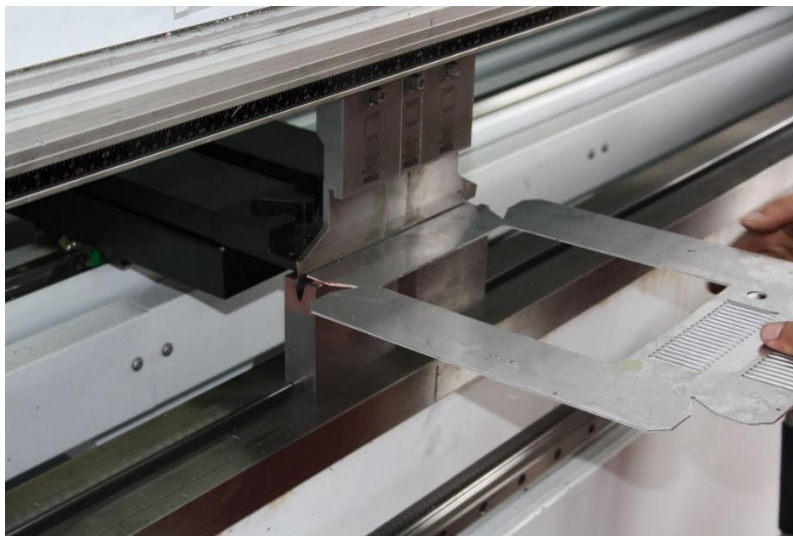
Izrezivanje lima se vrši na CNC probijačici Trumpf Trumatic 500 sa slike 28. Stroj može raditi brzinom od 90 m/min s preciznošću od 0,1 mm, što je za izradu kućišta i nosača LED reflektora dovoljno precizno.



Slika 28 Izrezivanje lima za kućište i probijanje rupa

### 3.4.2. Savijanje

Izrezani lim za kućište i nosač se nakon izrezivanja savija na savijačici Trumpf TruBend 3100. Prilikom konstrukcije uvijek treba voditi računa o mogućnosti stroja na kojem će se izrađivati dio. Stoga se prilikom konstrukcije dosta pažnje posvetilo tom segmentu, kako bi se kućište moglo izraditi samo savijanjem bez dodatnog zavarivanja limova koji se ne mogu savinuti ili bi smetali kod savijanja.



Slika 29 Savijanje lima za kućište

### 3.4.3. Zavarivanje

Nakon savijanja kućišta slijedi zavarivanje svih rubova (slika 30). Zavarivanje se vrši ručno, a zbog specifičnosti posla, zavarivači ne mogu dugo raditi u komadu te im je potreban odmor zbog zamora očiju. Iz tog razloga bitno je da ima što manje zavarivanja – zbog vremena i povećanja cijene proizvoda – u ovom slučaju kućišta LED reflektora.



Slika 30 Zavarivanje kućišta

### 3.4.4. Brušenje i poliranje

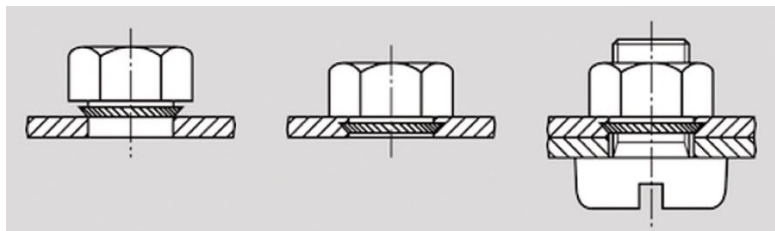
Nakon zavarivanja površina lima na mjestima zavora je hrapava i neravna. Brušenjem se mjesta zavora poravnaju, nakon čega se poliranjem dobije dovoljno glatka površina na kojoj se ne primjećuje zavor.



Slika 31 Brušenje zavora

### 3.4.5. Uprešavanje matice

Za olakšanu montažu nosača na kućište, u kućište se sa svake strane uprešavaju posebne M8 matice za uprešavanje te dodatna M5 matica koja služi za podešavanje nagiba kućišta. Na slici 32 je prikazan presjek uprešane matice dok je postupak uprešavanja vidljiv na slici 33.



Slika 32 Matica za uprešavanje [19]



Slika 33 Utiskivanje matice u kućište

### 3.4.6. Plastifikacija

Gotovo kućište se nosi na elektrostatsku plastifikaciju. To je metoda površinske zaštite metala od korozije. Zasniva se na površinskom nanošenju praha, te polimerizaciji praha na određenoj temperaturi. Plastificirani sloj, osim šta je odlična zaštita od korozije, otporan je na toplinu i abraziju. Plastifikacija omogućava i neograničen izbor boja i različite površinske strukture. Boja kućišta je antracit siva oznake RAL7016 - RAL je međunarodno priznata karta boja [18].



Slika 34 Boja RAL7016 antracit siva

### 3.4.7. Glodanje

Uslugu izrezivanja te bušenja PVC pločica za napajački modul korištenjem CNC stroja obavlja vanjski kooperant. Osim izrezivanja PVC pločica, u istoj tvrtki se buše i hladnjaci. Izrezivanje i bušenje se vrši na ISEL Flexmatic CNC glodalici (slika 35).



Slika 35 Rezanje pločice za napajanje na CNC-u glodalici

### 3.4.8. Elektronika

Proizvodnja elektroničkih i napajajkih modula te LED modula započinje nabavkom elektroničkih komponenata i izradom elektroničkih pločica kod vanjskog kooperanta sukladno zadanim nacrtima i dizajnu. Potom je komponente i elektroničke pločice potrebno odnijeti na lemljenje kod drugog kooperanta. Nakon provedenog postupka lemljenja upravljački, napajajki i LED moduli prevoze se u proizvodni pogon LED Elektronike gdje se vrši ugradnja u LED reflektor.

### 3.4.9. Sklapanje u gotov proizvod

U niže navedenoj tablici, sumiran je cjelokupni proizvodni proces koji se odvija unutar proizvodnog pogona LED Elektronike.

**Tablica 9** Koraci kronološki poredani u procesu proizvodnje LED rasvjete

KORAK	PROCEDURA	VRSTA PROCEDURE
1.	<b>Ulazna inspekcija i testiranje</b>	VALIDACIJA
1.1.	Vizualni pregled kućišta	
1.2.	Vizualni pregled napajanja	
1.3.	Vizualni pregled LED modula	
1.4.	Vizualni pregled hladnjaka	
2.	<b>Priprema napajačkog modula (PS modul)</b>	PROIZVODNJA
2.1.	Montiranje na PVC podlošku	
2.2.	Kabliranje (napajanje)	
2.3.	Podešavanje snage napajanja	
3.	<b>Priprema LED modula</b>	
3.1.	Montaža leća na LED modul	
3.2.	Montaža LED modula na hladnjak	
4.	<b>Ugradnja modula</b>	
4.1.	Ugradnja PS modula i spajanje uzemljenja	
4.2.	Ugradnja hladnjaka s LED modulom i spajanje NN žica PS	
5.	<b>Produkcijska inspekcija i testovi</b>	VALIDACIJA
5.1.	Test montaže LED modula	
5.2.	Test montaže hladnjaka	
5.3.	Test montaže napajačkog modula	
5.4.	Test rada napajačkog modula	
5.5.	Test rada LED modula	
5.6.	Testni rad reflektora	
6.	<b>Rutinski testovi</b>	
6.1.	Test neprekinutosti uzemljenja	
6.2.	Test otpora izolacije	
7.	<b>PVT/periodički testovi</b>	
7.1.	Test toplinske vodljivosti	
8.	<b>Završna montaža</b>	PROIZVODNJA
8.1.	Montaža nosača kućišta	
8.2.	Labeliranje proizvoda	
9.	<b>Generalni vizualni test</b>	VALIDACIJA
10.	<b>Izvješće o proizvodnji</b>	



### 3.4.10. Testiranje

Nakon završetka montaže provodi se validacijsko testiranje proizvoda. Reflektori se puštaju da rade 8 sati tijekom kojih im se mjeri temperatura kućišta u više kontrolnih točaka kako bi se provjerila kvaliteta montaže mjerenjem termalne vodljivosti cjelokupne svjetiljke. Mjerenje temperature može se vidjeti na slici 36. Ukoliko uspješno prođe test (nema zamjetnog pregrijavanja niti odstupanja od propisanih vrijednosti temperature) reflektor se "labelira", odnosno označava pripadajućom naljepnicom, te stavlja na lager ili priprema za isporuku. Prilikom termalnog testa vizualnim se putem provjerava i kvaliteta svjetlosnog toka reflektora te korištenjem mjerne opreme ispituju električke karakteristike reflektora kako bi se osigurala visoka kvaliteta finalnog proizvoda.



Slika 36 Mjerenje temperature kućišta

### 3.5. Gotov proizvod – reflektor PrecisionLuxR (PLR)

Završni proizvod, prikazan na slici 37, je reflektor velikog raspona snage – 20W do 70W s mogućnošću regulacije intenziteta, te smanjene potrošnje električne energije uz odličnu rasvjetljenost u odnosu na konvencionalnu rasvjetu. U slučaju potrebe za većom snagom, moguće je spajanje dva reflektora u jedan, uz montažu na prošireni nosač. Topla temperatura boje i precizna distribucija svjetla, te životni vijek od preko 60000 sati u stvarnim uvjetima čine ovaj reflektor prikladnim za osvjetljavanje vanjskih i/ili unutarnjih prostora. Reflektor je 100% ekološki prihvatljiv i ne sadrži štetne materijale. Više o karakteristikama reflektora može se pročitati u prilogu 1.



**Slika 37** Reflektor PrecisionLuxR

## 4. ZAKLJUČAK

U ovom su radu, kroz opise i predodžbe cijelog proizvodnog procesa i projektiranja reflektora, ispunjeni svi zahtjevi koji su bili postavljeni u zadatku završnog rada, te se na kraju može doći do sljedećeg zaključka - suvremena rasvjetna tehnologija koja nam danas stoji na raspolaganju zajedno s preciznim sustavima za regulaciju i nadzor rasvjete omogućuje ostvarivanje velikih ušteda u potrošnji energije i na održavanju, pri čemu se poboljšavaju svjetlotehnički uvjeti, dok se istodobno smanjuje emisija stakleničkih plinova. Kroz ovaj rad pokazano je da su prilikom projektiranja i konstrukcije LED reflektora važni svi segmenti – od istraživanja tržišta, uspoređivanja s konkurencijom, SWOT analize do konstrukcijskih rješenja ugrađenih u završni proizvod. Iako postoje ograničenja – visoka cijena, pad efikasnosti kroz vrijeme, CRI manji nego kod žarulje sa žarnom niti, potrebno hlađenje LED dioda, itd., prednosti LED rasvjete (niska potrošnja, dug vijek trajanja, usmjerena distribucija svjetla, itd.) uvelike nadmašuju nedostatke te čine LED rasvjetu poželjnom za vanjsku i unutarnju primjenu. Iako je reflektor uvršten u proizvodni asortiman LED Elektronike kao gotov proizvod, sigurno ima još mjesta za promjene i poboljšanja, najviše kroz nove tehnologije, kvalitetnije module i nova konstrukcijska rješenja koja će se s vremenom sigurno primjenjivati. Ovaj rad je nastao iz potrebe za novim proizvodom koji će se predstaviti potencijalnim kupcima zainteresiranim za LED rasvjetu, uzimajući u obzir postojeću konkurenciju i ciljno tržište. Da je cijeli projekt uspješan potvrđuju i već pristigle narudžbe te planiranje početka proizvodnje reflektora.

## 5. LITERATURA

- [1] Nataša Renko, Strategije marketinga, Zagreb 2009.
- [2] Interna literatura LED Elektronike
- [3] European Lamp Companies Federation, <http://bit.ly/29mu3jj>, 06.12.2016.
- [4] PennWell, Philip Smallwood, <http://bit.ly/29ioKQm>, 06.12.2016.
- [5] <http://www.gradimo.hr/clanak/led-ndash-svjetlo-buducnosti/24040>, 13.11.2016.
- [6] [https://en.wikipedia.org/wiki/LED\\_lamp](https://en.wikipedia.org/wiki/LED_lamp), 20.11.2016
- [7] <http://led-elektronika.hr/o-nama/>, 13.11.2016.
- [8] <http://www.energetika-net.com/specijali/projekt-prica/vrbovec-ima-novu-javnu-rasvjetu-23597>, 12.11.2016.
- [9] <http://www.telektra.hr/site/mala-skola-rasvjete>, 07.12.2016.
- [10] <http://www.kagor.hr/hr/usluge/implementacija-iso-standarda/>, 07.12.2016.
- [11] <http://bifix.hr/bifix/mala-skola/rohs-wee-odredba/>, 07.12.2016.
- [12] [http://www.siq.hr/sigurnost\\_i\\_elektromagnetika/medunarodna\\_certifikacija/](http://www.siq.hr/sigurnost_i_elektromagnetika/medunarodna_certifikacija/), 08.12.2016.
- [13] <https://www.tuv-nord.com/hr/certifikacija-proizvoda/ce-oznaka-472.htm>, 08.12.2016.
- [14] [http://www.nichia.co.jp/en/product/led\\_product\\_data.html?type=%27NVSL219B-V1%27](http://www.nichia.co.jp/en/product/led_product_data.html?type=%27NVSL219B-V1%27), 08.12.2016.
- [15] Ledil, Inc., <https://goo.gl/7lbjkD>, 08.12.2016.
- [16] <http://www.meanwell.com/productSeries.aspx?i=24&c=6#tag-6-24>, 08.12.2016.
- [17] [https://www.fer.unizg.hr/download/repository/Tehnologija\\_povrsinke\\_montaze.pdf](https://www.fer.unizg.hr/download/repository/Tehnologija_povrsinke_montaze.pdf), 09.12.2016.
- [18] <http://www.mihokovic.hr/plastifikacija-i-bojanje-metala.aspx>, 09.12.2016.
- [19] [https://webshop.schachermayer.com/cat/pictures/derivates/5/103/349/DV005-anwb\\_kalei\\_setzmuttern\\_0.jpg](https://webshop.schachermayer.com/cat/pictures/derivates/5/103/349/DV005-anwb_kalei_setzmuttern_0.jpg), 12.12.2016.

## Prilog 1. Tehnički list reflektora PrecisionLuxR

### PrecisionLuxR

- Visokoprecizna optika kombinacijom više tipova leća
- Smanjena potrošnja uz odličnu rasvjetljenost u odnosu na konvencionalnu rasvjetu
- Veliki raspon snaga uz mogućnost regulacije intenziteta
- Topla temperatura boje uz fleksibilnu i izrazito preciznu distribuciju svjetla
- Životni vijek preko 60.000 sati u stvarnim radnim uvjetima
- 100% ekološki prihvatljiva, ne sadrži štetne materijale
- Jednostavna plug&play modularna izvedba



	LE-RS-20	LE-RS-30	LE-RS-50	LE-RS-70
<b>Električne karakteristike</b>				
Napon napajanja (V)	100 – 250 V AC, 50Hz			
Ukupna snaga (W)	20	30	50	70
Efikasnost AC/DC napajanja	> 90 %			
Faktor snage	> 0,95			
<b>Svjetlotehničke karakteristike</b>				
Efikasnost svjetiljke (lm/W) min	100	98	96	95
Svjetlosni tok (lm) min	2000	2940	4800	6650
Indeks vjernosti boja (CRI)	> 80 (ovisno o boji svjetlosti)			
Temperatura boje svjetlosti (CCT)	2700 K - 5500 K			
Svjetlosna distribucija	asimetrična, po izboru			
Trajnost LED izvora (L70 B10)	> 60 000 sati rada u realnim uvjetima			
Temperaturno područje rada	-30 °C do +45 °C			
<b>Mehaničke karakteristike</b>				
IP	IP66			
IK	IK09			
Zaštitni poklopac	polikarbonat 4 mm			
Masa	3 kg	3 kg	3,5 kg	3,5 kg
Kućšte	alumijske ploče			

