

# Učinkovitost različitih izvora svjetlosti

---

**Bošnjak, Petar**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2016**

*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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:200:620335>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-18**

*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I INFORMACIJSKIH  
TEHNOLOGIJA**

**Sveučilišni preddiplomski studij**

# **UČINKOVITOST RAZLIČITIH IZVORA SVJETLOSTI**

**Završni rad**

**Petar Bošnjak**

**Osijek, 2016.**

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA  
I INFORMATIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK

Obrazac Z1P - Obrazac za ocjenu završnog rada na preddiplomskom sveučilišnom studiju

Osijek, 03.10.2016.

Odboru za završne i diplomske ispite

**Prijedlog ocjene završnog rada**

<b>Ime i prezime studenta:</b>	Petar Bošnjak
<b>Studij, smjer:</b>	Preddiplomski sveučilišni studij Računarstvo
<b>Mat. br. studenta, godina upisa:</b>	2888, 17.10.2014.
<b>OIB studenta:</b>	33329530628
<b>Mentor:</b>	Doc.dr.sc. Zvonimir Klaić
<b>Sumentor:</b>	
<b>Naslov završnog rada:</b>	Učinkovitost različitih izvora svjetlosti
<b>Znanstvena grana rada:</b>	<b>Elektroenergetika (zn. polje elektrotehnika)</b>
<b>Predložena ocjena završnog rada:</b>	Izvrstan (5)
<b>Kratko obrazloženje ocjene prema Kriterijima za ocjenjivanje završnih i diplomskih radova:</b>	Primjena znanja stečenih na fakultetu: 3 Postignuti rezultati u odnosu na složenost zadatka: 2 Jasnoća pismenog izražavanja: 3 Razina samostalnosti: 3
<b>Datum prijedloga ocjene mentora:</b>	03.10.2016.
<b>Datum potvrde ocjene Odbora:</b>	05.10.2016.
Potpis mentora za predaju konačne verzije rada u Studentsku službu pri završetku studija:	Potpis:
	Datum:

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA  
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK**IZJAVA O ORIGINALNOSTI RADA**

Osijek, 05.10.2016.

Ime i prezime studenta:

Petar Bošnjak

Studij:

Preddiplomski sveučilišni studij Računarstvo

Mat. br. studenta, godina upisa:

2888, 17.10.2014.

Ephorus podudaranje [%]:

2 %

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom: **Učinkovitost različitih izvora svjetlosti**

izrađen pod vodstvom mentora Doc.dr.sc. Zvonimir Klaić

i sumentora

moj vlastiti rad i prema mom najboljem znanju ne sadrži prethodno objavljene ili neobjavljene pisane materijale drugih osoba, osim onih koji su izričito priznati navođenjem literature i drugih izvora informacija.  
Izjavljujem da je intelektualni sadržaj navedenog rada proizvod mog vlastitog rada, osim u onom dijelu za koji mi je bila potrebna pomoć mentora, sumentora i drugih osoba, a što je izričito navedeno u radu.

Potpis studenta:

## Sadržaj

1. UVOD .....	1
2. NORMATIVI I DIZAJN UČIONICE .....	2
2.1. Projektiranje učionice unutar programskog paketa <i>Relux</i> .....	3
3. IZVORI SVJETLA .....	7
3.1. Svjetiljka sa žaruljom sa žarnom niti.....	7
3.2. Halogena svjetiljka .....	8
3.3. Svjetiljka sa štednom žaruljom.....	9
3.4. LED svjetiljke.....	10
4. SVJETLOTEHNIČKI IZRAČUN .....	12
4.1. Svjetiljka sa žaruljom sa žarnom niti.....	12
4.2. Halogena svjetiljka .....	14
4.3. Svjetiljka sa štednom žaruljom.....	15
4.4. LED svjetiljka 7 W .....	18
4.5. LED svjetiljka 10 W .....	20
5. USPOREDBA REZULTATA .....	22
5.1. Tablična usporedba rezultata .....	22
5.2. Grafička usporedba rezultata .....	24
6. ZAKLJUČAK .....	26
LITERATURA .....	27
SAŽETAK.....	28
SUMMARY .....	29
ŽIVOTOPIS .....	30

## 1. UVOD

Ovaj rad služi za konkretnu usporedbu različitih izvora svjetlosti i njihove isplative primjene. Uzimale su se u obzir 5 najčešće korištenih svjetiljki te njihova prosječna potrošnja i cijena u Republici Hrvatskoj.

Sam izračun i projektiranje izvodit će se u programskom sučelju *Relux*, točnije, njegovom podprogramu *ReluxPro*.

Izvedba ovog rada provodi se na primjeru učionice do 36 učenika. Takav primjer nam omogućuje optimalan prostor za točno mjerenje rasvjetljenosti prostora, te dobar omjer količine potrebnih žarulja i dnevnu potrošnju.

Cilj ovog rada jest ustanoviti koji je izvor najisplativiji ukoliko se koristi veliki broj žarulja kroz dugi period vremena.

## 2. NORMATIVI I DIZAJN UČIONICE

Prije projektiranja prostorije za svjetlotehnički izračun, moramo se upoznati sa određenim zahtjevima za projektiranje unutarnje rasvjete. Trenutno je u Hrvatskoj prihvaćena norma HRN EN 12464-1 koja se odnosi na rasvjetu unutarnjih prostora.

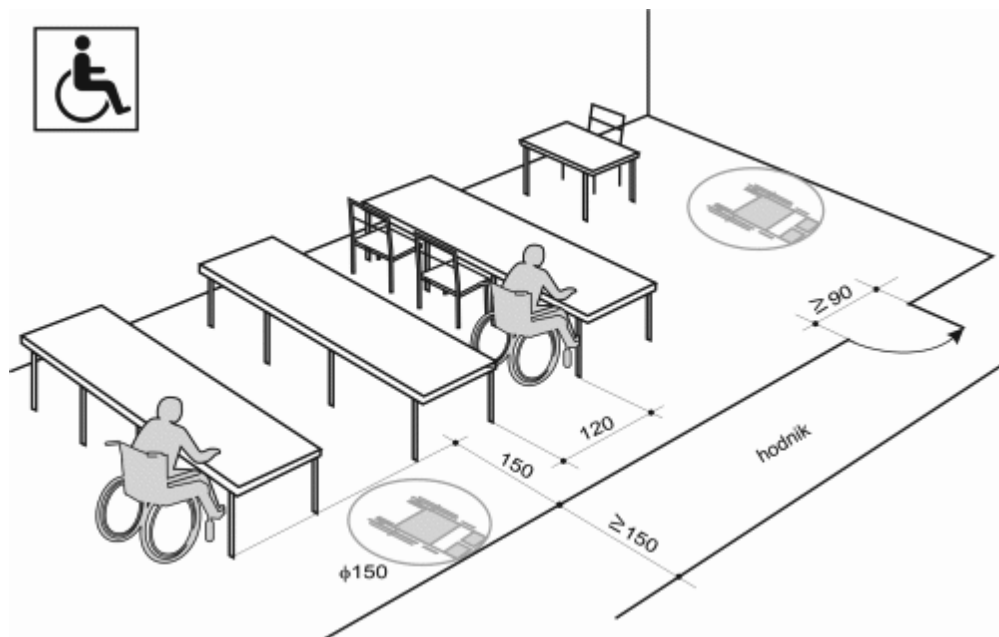
Podaci se mogu iščitati iz slike 2.1. Kao što se vidi, potrebna razina rasvijetljenosti ( $E_m$ ) u prostorijama za obuku jest 300 lx.

Informacije o namjeni prostorije			
Vrsta prostorije	Opis	$E_m$ [lx]	UGR
Otvoreni projektni ured	Rad na računalu	300	19
	Većinom rad sa papirima ali i računalni rad	500	19
Zatvoreni projektni ured		500/750	19
Mali ured	Rad na računalu	300	19
	Većinom rad sa papirima ali i računalni rad	500	19
Grafička radionica		300	19
Prostorije za prijem		300/500	19
Izvršni ured		300/500	19
Prostorije za sastanke	Normalni sastanci	300	19
	Sastanci gdje se intenzivnije čita	500	19
<b>Prostorije za obuku</b>	<b>Prezentiranje i pisanje bilješki</b>	<b>300</b>	<b>19</b>
	Detaljno proučavanje i pisanje	500	19
Fotokopirnice	Oprema za fotokopiranje	300	22
	Uspoređivanje, uvezivanje, predaja	300	22

Sl. 2.1. HRN EN 12464-1 norme [1].

Razina rasvijetljenosti predstavlja omjer minimalne i prosječne razine rasvijetljenosti.

Kako bi se postigao što reprezentativniji rezultat pri izračunu isplativosti određenog izvora svjetlosti odabrana je učionica srednje veličine, primjerena srednjim i osnovnoškolskim ustanovama, kapaciteta do 36 učenika. Prema članku 21, pravilnika o pristupačnosti građevina osobama s inaviditetom i smanjenom pokretljivošću, potrebno je osigurati minimalno 150 cm prostora između stupaca klupa i 120 cm između svakoga reda [2].



Sl. 2.2. Dimenzije učionice za osobe s posebnim potrebama [3].

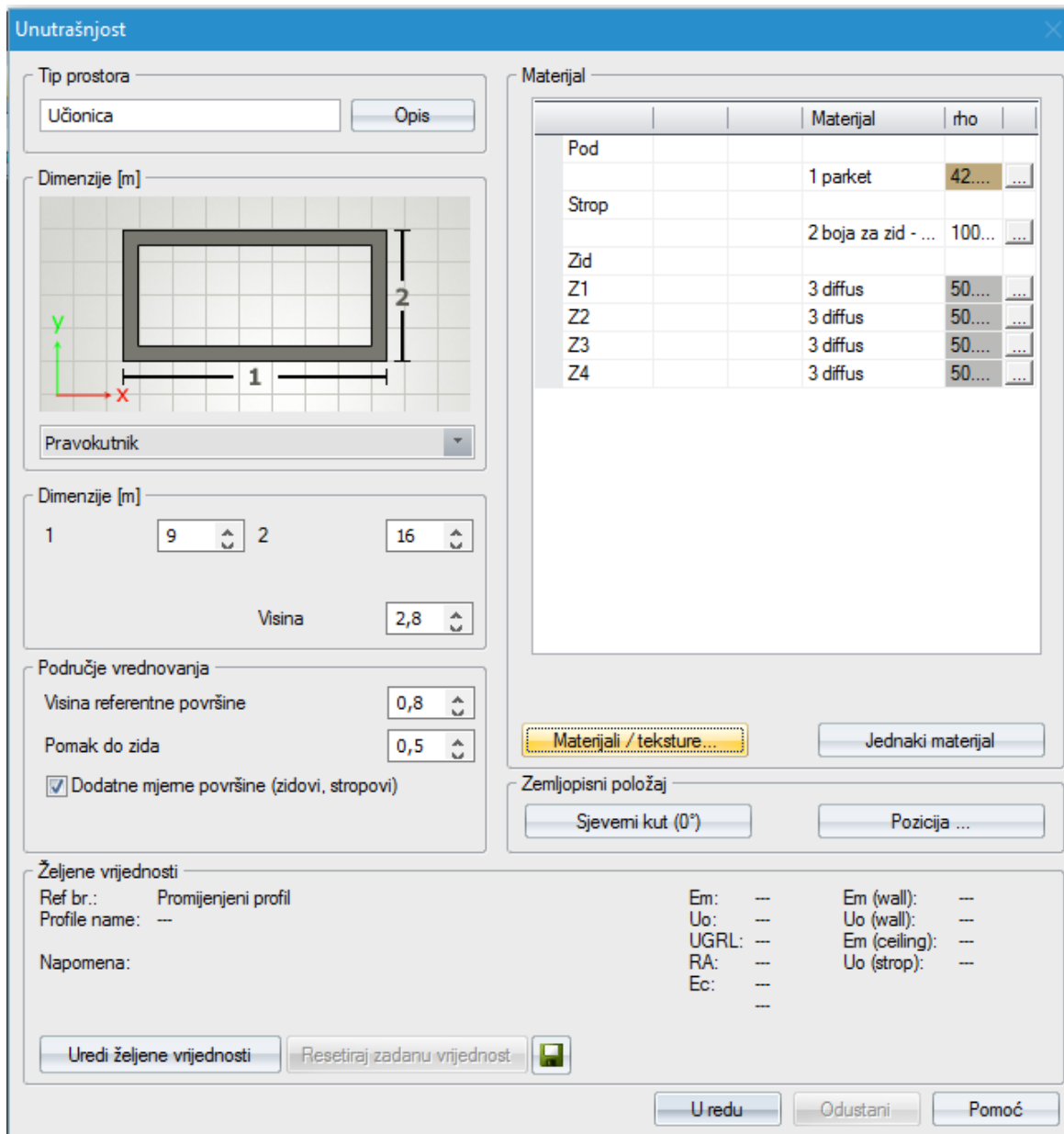
Kada se uračuna širina i dužina osamnaest učeničkih i jedne profesorske klupe, te uzmemo u obzir 0,5 m okolne površine gdje koeficijent jednolike rasvijetljenosti ne prelazi omjer 0,7, dimenzije učionice su 16x9 metara.

## 2.1. Projektiranje učionice unutar programskog paketa *Relux*

Nakon što je pokrenut programski paket *Relux* bit će ponuđeno otvaranje novog projekta, pri čemu se bira *Unutrašnjost*. Nakon što budu uneseni neki osnovni podaci o samom projektu otvorit će se



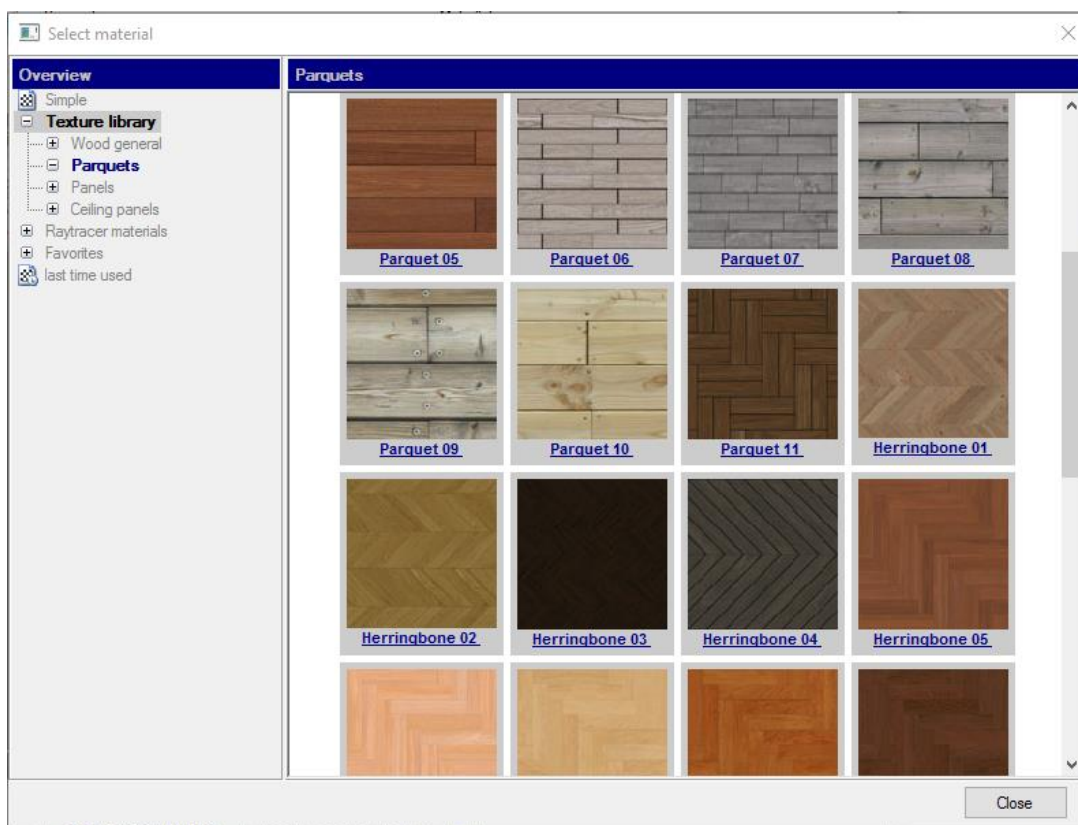
prozor gdje trebaju biti uneseni podaci o dimenzijama prostora, području vrednovanja te materijalima.



Sl. 2.3. Podaci o unutrašnjosti prostora u programu *Relux*

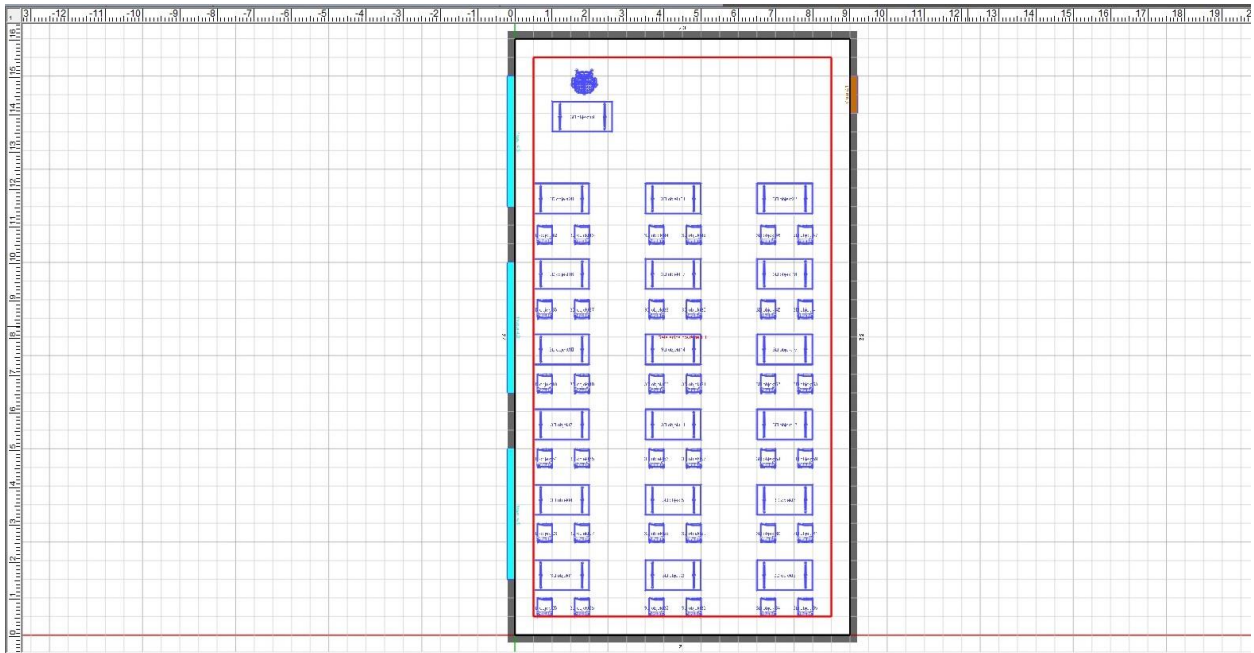
Za visinu referentne površine, tj. površine na kojoj se mjeri rasvijetljenost sustava, stavlja se visina radnog stola, odnosno 0,8 m. Radi optimalnosti, kao materijal za zidove i strop, odabire se bijela

boja, dok se za pod odabire parket *Herringbone 02*, najbliži standarnom parketu koji se koristi u praksi, čiju teksturu možemo vidjeti na slici 2.4 [4].



**Sl. 2.4. Tekstura parketa u *Relux* programu.**

Pritiskom na *U redu* dolazi se do gotovog tlocrta sobe u kojem se trebaju postaviti vrata, prozori te 3D objekti. Odabirom opcije *Dodaj/Elementi prostora/Vrata...* dodaju se vrata za zid 4, dok se na zid 2 postavljaju 3 prozora dimenzija 3,5x1,5 m. Ostale karakteristike se zadržavaju i ne mijenjaju. Nakon toga potrebno je postaviti stolice i stolove odabirom *Dodaj/3D objekti / namještaj/table ili chair*. Konačni izgleda učionice izgleda kao na slici 2.5.



**Sl. 2.5. Tlocrt učionice u *Relux* programu**

Referentna površina udaljena 0,5 m od zida označena je crvenim pravokutnikom. Potrebno je sve površine koje je potrebno rasvijetliti postaviti unutar te površine.

### **3. IZVORI SVJETLA**

Za izvore svjetla u učionici odabrano je pet različitih svjetiljki:

- Svjetiljka sa žaruljom sa žarnom niti
- Halogena svjetiljka
- Svjetiljka sa štednom žaruljom
- LED svjetiljka (7W)
- LED svjetiljka (10W)

#### **3.1. Svjetiljka sa žaruljom sa žarnom niti**

Žarulja sa žarnom niti jedan je od važnijih izuma u ljudskoj povijesti. Radi na principu zagrijavanja žarne niti, najčešće izrađene od volframa zbog njegovog visokog tališta, pretvarajući električnu energiju u toplinsku.

Manjim se dijelom električna energija emitira u vidljivu svjetlost, dok većim (85% do 95%) u toplinu te infracrveno i ultraljubičasto zračenje [5].

U ovom radu korištena je svjetiljka Ridi HRL 300 SM/150-E27 koja sadrži žarulju sa žarnom niti snage 60 W i svjetlosnog toka 610 lm [6]. Svjetiljka je viseća te se montira na visinu od 2,3 m.



**Sl. 3.1. Svjetiljka Ridi HRL.**

### **3.2. Halogena svjetiljka**

Halogena žarulja je napredniji oblik žarulje sa žarnom niti. Žarulja se puni plinovitim halogenom koji omogućuje volframu isparenom iz žarne niti da se vraća na nit i ne zadržava na stijenci što omogućuje veću trajnost žarulje [5].

Visoka temperatura isijavanja daje sjajno bijelo svjetlo, a svjetlosna iskoristivost je do 25 lm/W. Oko 10% električne energije pretvara se u svjetlost. Vijek trajanja žarulje je do 4000 h [7].

U ovom radu korištena je Occhio Piu piano halogen svjetiljka snage 48 W i svjetlosnog toka 740 lm. Svjetiljka se montira na strop i može se vidjeti na slici 3.2. [8].



**Sl. 3.2. Svjetiljka Occio Piu.**

### **3.3. Svjetiljka sa štednom žaruljom**

Fluorescentne žarulje pripadaju grupi niskotlačnih izvora na izboj. Svjetlost se generira izbojem u živinim parama visoke luminoznosti pri čemu se stvara uglavnom ultraljubičasto zračenje koje se fosforim slojem na unutrašnjoj stijenci cijevi pretvara u vidljivo svjetlo [9].

Štedne žarulje (fluokompaktne žarulje) su zapravo savinute niskotlačne fluorescentne cijevi u kojima se svjetlost generira principom fotoluminiscencije.

Temperatura boje svjetla je kao i kod fluorescentnih cijevi moguće kontrolirati fosforim omotačem. Proizvode se u snagama 3-70 W. Svjetlosna iskoristivost je velika (70-100 lm/W), kao i vijek trajanja (do 15000 h). Stoga je njihova uporaba raširena.

Gotovo 80% manja potrošnja energije nego kod standardnih žarulja (štedne žarulje)

U ovom radu korištena je Regiolux DESD 195+DES-BR TC-DEL svjetiljka snage 13 W i 900 lm toka [10].



**Sl. 3.3. Svjetiljka Regiolux DESD.**

### **3.4. LED svjetiljke**

LED dioda je glavni elektonički element LED žarulja. Služi pretvaranju električnog signala u optički. LED žarulje imaju do 85% veću učinkovitost od žarulja sa žarnom niti, te ne emitiraju toliko topline. Isto tako ne sadrže opasne materijale, poput žive u fluorescentnoj rasvjeti.

U pravilu im je životni vijek do 50 puta veći od obične žarulje, što ih čini puno isplativijim izvorom svjetlosti.

U ovom radu korištene su dvije vrste LED svjetiljki:

- Brumberg R3001 7 W/416 lm [11]
- Brumberg 12106 10 W/ 783 lm [12]



**Sl. 3.4. Svjetiljka Brumberg R3001 7 W/416 lm.**



**Sl. 3.5.Svjetiljka Brumberg 12106 10 W/ 783 lm.**



## 4. SVJETLOTEHNIČKI IZRAČUN

Odabirom opcije *EasyLux postupak* sa alatne trake započinje se sa svjetlotehničkim izračunom. Za potrebe ovoga rada, iz padajućeg izbornika za faktor održavanja odabire se *Čist prostor, 3-godišnji interval održavanja*, pri čemu se sam faktor održavanja korigira na vrijednost 0,67. Način montaže ovisit će o samom izgledu svjetiljke. Kako je u normativu navedeno, potrebna razina rasvjetljenosti ( $E_m$ ), koju je potrebno postići izračunom, iznosi 300 lx.

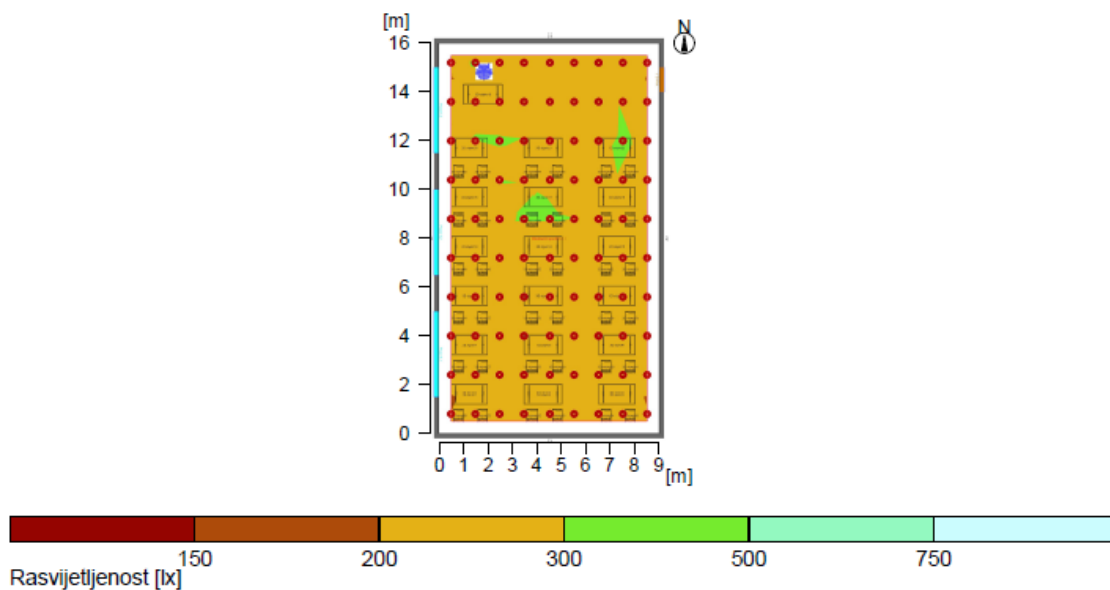
### 4.1. Svjetiljka sa žaruljom sa žarnom niti

Na slici 4.1. može se vidjeti EULUMDAT dijagram koji pokazuje širenje intenziteta svjetlosti kod pojedine svjetiljke [13].

The screenshot shows the 'EasyLux (brzi izračun)' software interface. On the left, the 'Tip svjetiljke' section is set to 'HRL (HRL 300 SM/150-E27 1x60W)'. Below this, technical specifications are listed: 'Ridi HRL 300 SM/150-E27 HRL', '1xIAA-Ø60/c 60 W', '610 lm', and '300 mm x 407 mm'. A beam spread diagram is visible. The 'Faktor održavanja' is set to 0,67, and the 'Čisti prostor, 3-godišnji interval održavanja' is selected. The 'Način montaže' is 'Slobodna montaža' with a height of 2,3 m, resulting in a light source height of 1,96 m. The 'Broj svjetiljki' is set to 10 x 9. The 'Rasvjetljenost' is set to 300 lx. The 'Rezultat' at the bottom left shows '300 lx ~ 85 (84.5) svjetiljki'. On the right, the 'Raspored svjetiljki' section shows three layout options. The 'Usmjerenje glavnih osi' is set to 'C 90'. The 'Broj svjetiljki' is confirmed as 10 x 9. A large diagram shows a grid of light fixtures (blue squares) on a floor plan (red outline). The 'Rezultat' at the bottom right shows '90 svjetiljki, Esr = 263 lx, Emin/Esr = 1:1.2 (0.84), P = 62.50 W/m2'. The interface includes a progress bar at 100% and buttons for 'Pomoć', 'U redu', and 'Odustani'.

Sl. 4.1. Svjetlotehnički izračun svjetiljke sa žarnom niti.

Nakon što se brzi izračun rasvijetljenosti pokrene, treba pričekati nekoliko minuta za rezultate. Iz rezultata možemo iščitati da nam je bilo potrebno 90 svjetiljki kako bi postigli željenu rasvijetljenost prostora.



#### Općenito

Upotrijebljeni računski algoritam  
 Visina svjetiljke  
 Faktor održavanja

Svjetiljke s dir./indirektnom raspodjelom  
 2.30 m  
 0.67

Ukupni svjetlosni tok svih žarulja  
 Ukupna snaga  
 Ukupna snaga po površini (144.00 m<sup>2</sup>)

54900 lm  
 9000.0 W  
 62.50 W/m<sup>2</sup> (23.80 W/m<sup>2</sup>/100lx)

#### Područje vrednovanja 1

#### Referentna površina 1.1

Horizontalno  
 Eavg 263 lx  
 Emin 220 lx  
 Emin/Eavg (Uo) 0.84  
 Emin/Emaks (Ud) 0.71  
 UGR (12.0H 8.0H) <=11.6  
 Pozicija 0.80 m

#### Glavne površine

	Eavg	Uo
Mp 1.5 (Strop)	82 lx	0.68
Mp 1.1 (Zid)	85 lx	0.58
Mp 1.2 (Zid)	97 lx	0.48
Mp 1.3 (Zid)	94 lx	0.55
Mp 1.4 (Zid)	93 lx	0.51

Sl. 4.2. Rezultati izračuna svjetiljke sa žarnom niti.

Prema slici 4.2. vidimo da nam konačni rezultat ne dostiže željenih 300 lx, tek 263 lx srednje vrijednosti, što nije dovoljno dobar rezultat.

## 4.2. Halogena svjetiljka

Kod halogene svjetiljke potrebno je 156 svjetiljki kako bi dosegli željene rezultate. Po slici 4.4. može se vidjeti da je rezultat zadovoljavajuć, sa 292 lx srednje vrijednosti.

The screenshot shows the EasyLux software interface for lighting calculation. The window title is "EasyLux (brzi izračun)".

**Tip svjetiljke:** Più | Halo (Più piano halogen+B 1x48W). A "Katalog" button is visible.

**Ochio:** Più piano halogen, Più | Halo. Technical specifications: 1xHSG-Ø14/c G9 48 W, 740 lm, 110 mm x 0.0 mm. A beam spread diagram is shown.

**Faktor održavanja:** 0,67. Maintenance schedule: Čisti prostor, 3-godišnji interval održavanja. Reference: EN12464....

**Način montaže:** Montaža na strop. Light source height: Visina izvora svjetlosti = 2.8 m.

**Broj svjetiljki:** 13 x 12. Target illuminance: 300 lx. Selected option: Rasvjetljenost.

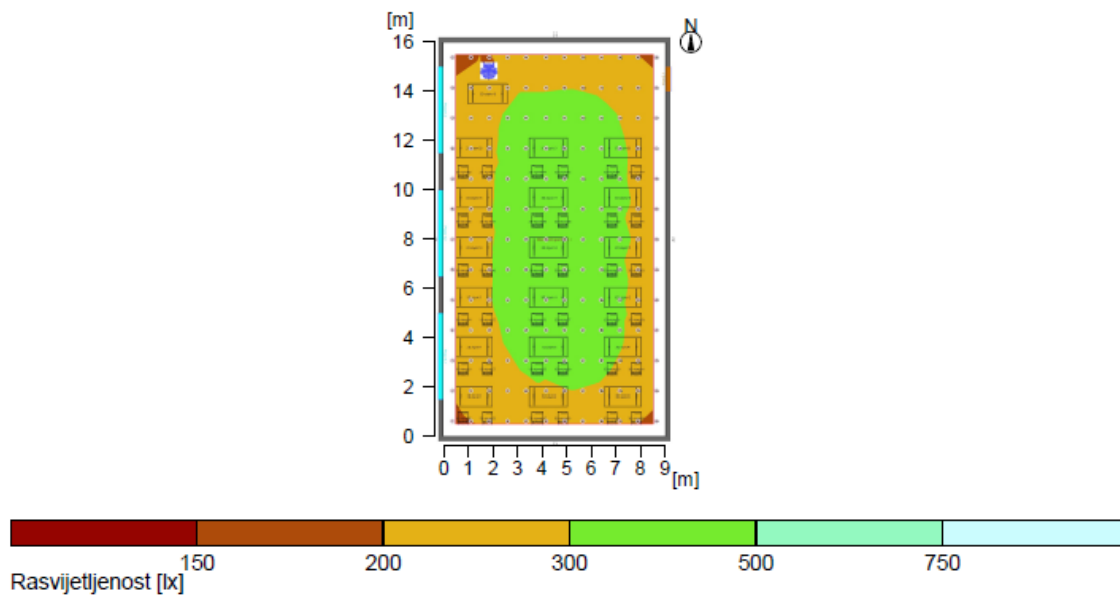
**Rezultat:** 300 lx ≈ 146 (145.9) svjetiljki.

**Raspored svjetiljki:** Shows a grid of light fixture icons. Orientation controls for main axes are set to 90°.

**Rezultat (bottom right):** 156 svjetiljki, E<sub>sr</sub> = 292 lx, E<sub>min</sub>/E<sub>sr</sub> = 1:1.35 (0.74), P = 52.00 W/m<sup>2</sup>.

Buttons: Pomoć, U redu, Odustani. Progress bar: 100 %.

Sl. 4.3. Svjetlotehnički izračun halogene svjetiljke.



#### Općenito

Upotrijebljeni računski algoritam

Svjetiljke s dir.-/indirektnom raspodjelom

Visina svjetiljke

2.80 m

Faktor održavanja

0.67

Ukupni svjetlosni tok svih žarulja

115440 lm

Ukupna snaga

7488.0 W

Ukupna snaga po površini (144.00 m<sup>2</sup>)

52.00 W/m<sup>2</sup> (17.83 W/m<sup>2</sup>/100lx)

#### Područje vrednovanja 1

#### Referentna površina 1.1

Horizontalno

Eavg 292 lx

Emin 216 lx

Emin/Eavg (U<sub>0</sub>) 0.74

Emin/Emaks (U<sub>d</sub>) 0.65

UGR (10.0H 5.6H) <=23.9

Pozicija 0.80 m

#### Glavne površine

	Eavg	U <sub>0</sub>
Mp 1.5 (Strop)	97 lx	0.76
Mp 1.1 (Zid)	155 lx	0.63
Mp 1.2 (Zid)	166 lx	0.71
Mp 1.3 (Zid)	161 lx	0.73
Mp 1.4 (Zid)	162 lx	0.67

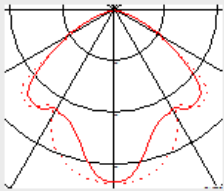
Sl. 4.4. Rezultati izračuna halogene svjetiljke.

### 4.3.Svjetiljka sa štednom žaruljom

Sa 81 svjetiljkom sa štednom žaruljom dobiven je zadovoljavajući rezultat. Uzimajući u obzir činjenicu da je iskorišteno samo 1134 W snage, potrošnja je višestruko puta manja.

Tip svjetiljke  
 DESD 195+DES-BR TC-DEL - Spiegel-Reflektor hochglä Katalog

Regiolux  
 1x13W EVG vw  
 (36921134170+36991000100)  
 DESD 195+DES-BR TC-DEL -  
 Spiegel-Reflektor hochglänzend mit  
 Abdeckrahmen | Mirror reflector, highly  
 specular, with cover frame



1xFSQH 13 W  
 900 lm  
 243 mm x 0.0 mm

Faktor održavanja

Čisti prostor, 3-godišnji interval održavanja EN12464...

Način montaže  
 Slobodna montaža


Montažna visina  m  
 Visina izvora svjetlosti = 2.8 m

Broj svjetiljki


Rasvjetljenost  lx

**Rezultat: 300 lx  $\approx$  73 (72.3) svjetiljki**

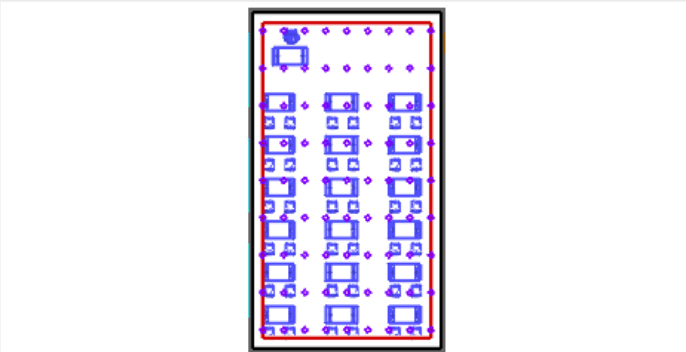
Raspored svjetiljki



Usmjerenje glavnih osi



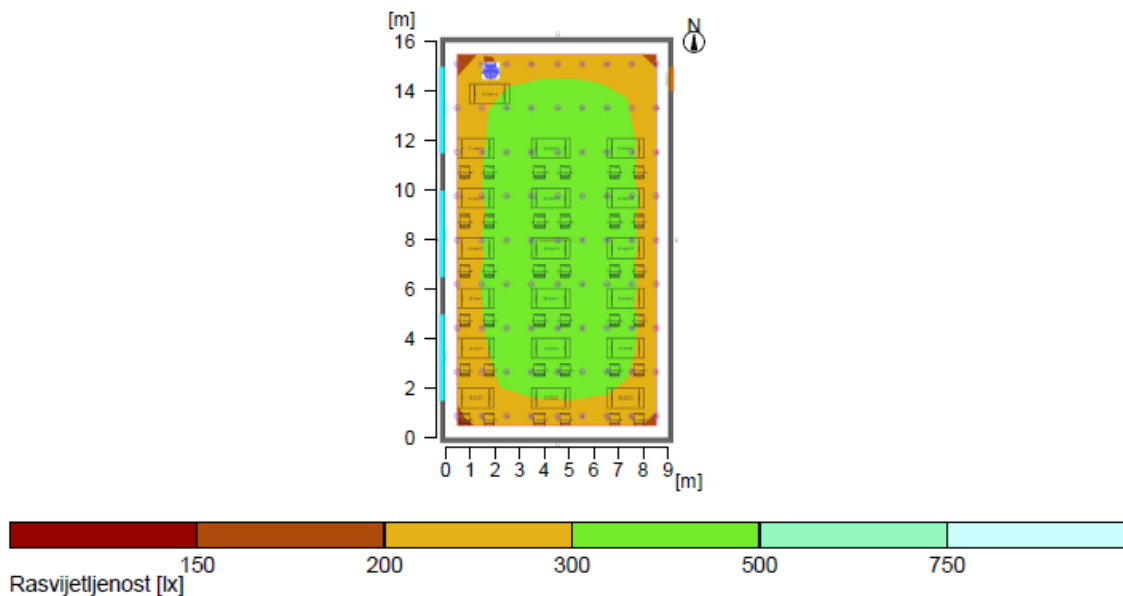
Broj svjetiljki  x



**Rezultat: 81 svjetiljki, E<sub>sr</sub> = 307 lx, E<sub>min</sub>/E<sub>sr</sub> = 1:1.38 (0.72), P = 7.88 W/m<sup>2</sup>**

Pomoć  % U redu Odustani

Sl. 4.5. Svjetlotehnički izračun svjetiljke sa štednom žaruljom.



#### Općenito

Upotrijebljeni računski algoritam

Svjetiljke s dir.-/indirektnom raspodjelom

Visina svjetiljke

2.80 m

Faktor održavanja

0.67

Ukupni svjetlosni tok svih žarulja

72900 lm

Ukupna snaga

1134.0 W

Ukupna snaga po površini (144.00 m<sup>2</sup>)

7.88 W/m<sup>2</sup> (2.57 W/m<sup>2</sup>/100lx)

#### Područje vrednovanja 1

#### Referentna površina 1.1

	Horizontalno
Eavg	307 lx
Emin	222 lx
Emin/Eav (Uo)	0.72
Emin/Emaks (Ud)	0.63
UGR (5.6H 10.0H)	<=21.2
Pozicija	0.80 m

#### Glavne površine

	Eavg	Uo
Mp 1.5 (Strop)	100 lx	0.76
Mp 1.1 (Zid)	162 lx	0.65
Mp 1.2 (Zid)	167 lx	0.70
Mp 1.3 (Zid)	168 lx	0.73
Mp 1.4 (Zid)	165 lx	0.66

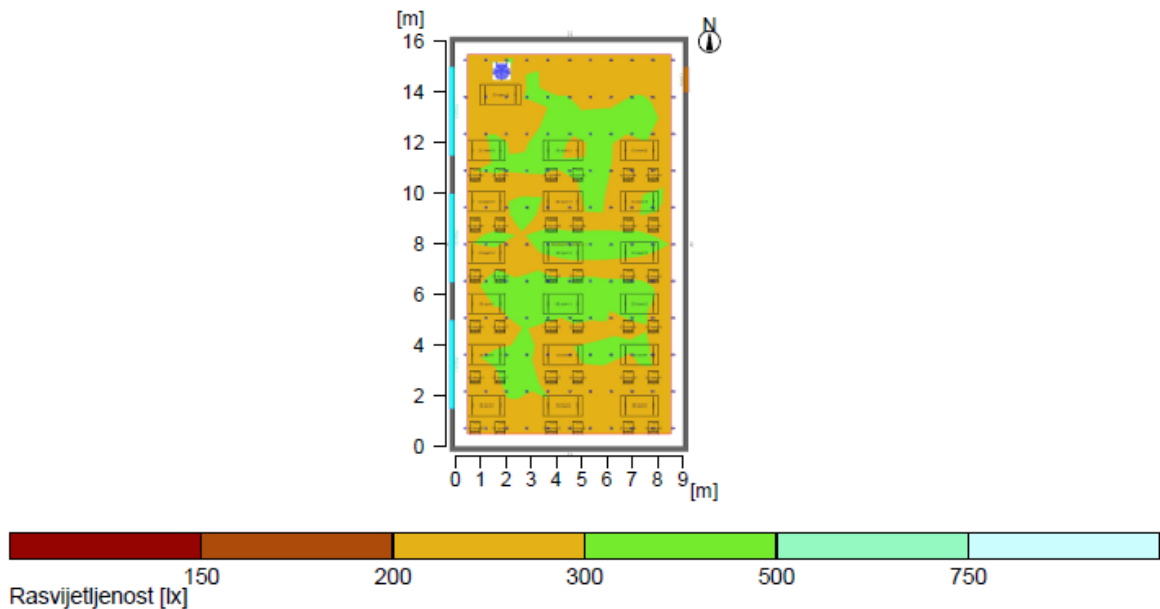
Sl. 4.6. Rezultati izračuna svjetiljke sa štednom žaruljom.

## 4.4. LED svjetiljka 7 W

Uz očekivanu manju instaliranu snagu nego štedne žarulje i 121 svjetiljku dobiveni su prosječni rezultati rasvjetljenosti kod LED žarulje od 7 W.

The screenshot shows the 'EasyLux (brzi izračun)' software window. On the left, the 'Tip svjetiljke' section is set to 'LED Deckeneinbaustrahler (R3001+R3701 1x7W)'. The selected fixture is 'BRUMBERG R3001 LED Deckeneinbaustrahler', with specifications: '1xLED R3701NW6 60° 7 W', '416 lm', and '80 mm x 65 mm'. A beam spread diagram is shown. Below this, the 'Faktor održavanja' is 0,67, and the 'Način montaže' is 'Montaža na strop'. The light source height is 2,77 m. At the bottom left, the calculation mode is set to 'Rasvjetljenost' with a value of 300 lx. The result at the bottom left is 'Rezultat: 300 lx ~ = 113 (112.3) svjetiljki'. On the right, the 'Raspored svjetiljki' section shows three fixture layout icons. The 'Usmjerenje glavnih osi' is set to 'C 90'. The 'Broj svjetiljki' is set to 11 x 11. A large diagram shows a 11x11 grid of fixtures on a ceiling. The result at the bottom right is 'Rezultat: 121 svjetiljki, E<sub>sr</sub> = 290 lx, E<sub>min</sub>/E<sub>sr</sub> = 1:1.2 (0.84), P = 5.88 W/m<sup>2</sup>'. The software interface includes a 'Pomoć' button, a progress bar at 100%, and 'U redu' and 'Odustani' buttons.

Sl. 4.7. Svjetlotehnički izračun LED svjetiljke (7 W).



#### Općenito

Upotrijebljeni računski algoritam Svjetiljke s dir.-/indirektnom raspodjelom  
 Visina svjetiljke 2.80 m  
 Faktor održavanja 0.67

Ukupni svjetlosni tok svih žarulja 50336 lm  
 Ukupna snaga 847.0 W  
 Ukupna snaga po površini (144.00 m<sup>2</sup>) 5.88 W/m<sup>2</sup> (2.03 W/m<sup>2</sup>/100lx)

#### Područje vrednovanja 1

#### Referentna površina 1.1

Horizontalno  
 Eavg 290 lx  
 Emin 242 lx  
 Emin/Eav (Uo) 0.84  
 Emin/Emaks (Ud) 0.70  
 UGR (5.7H 10.2H) <=12.3  
 Pozicija 0.80 m

#### Glavne površine

	Eavg	Uo
Mp 1.5 (Strop)	90 lx	0.71
Mp 1.1 (Zid)	87 lx	0.66
Mp 1.2 (Zid)	99 lx	0.58
Mp 1.3 (Zid)	94 lx	0.61
Mp 1.4 (Zid)	99 lx	0.62

**Sl. 4.8. Rezultati izračuna LED svjetiljke (7 W).**

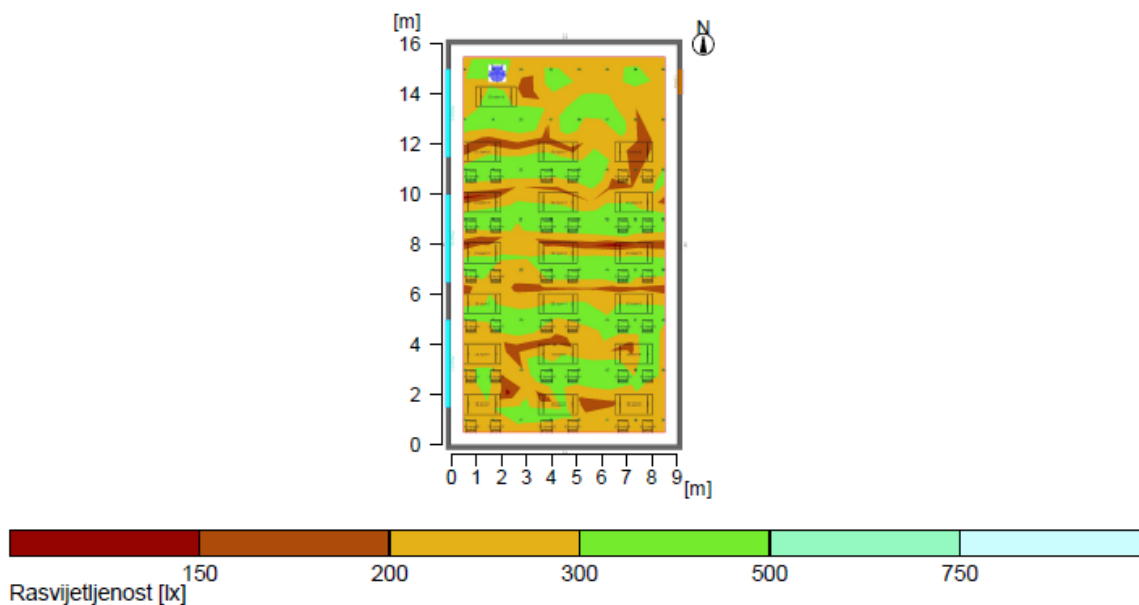


## 4.5. LED svjetiljka 10 W

Uz vrlo malu količinu instalirane snage i osjetno manju količinu svjetiljki dobiven je neobično ispodprosječan rezultat rasvjetljenosti koji se može vidjeti na slici 4.10.

The screenshot shows the 'EasyLux (brzi izračun)' software window. On the left, the 'Tip svjetiljke' is set to 'LED Deckeneinbastrahler (12106)'. The selected fixture is 'BRUMBERG 12106 LED Deckeneinbastrahler', with specifications: '1xLED 10 W', '784 lm', and '82 mm x 10 mm'. A beam spread diagram is shown. Below this, the 'Faktor održavanja' is 0,67, and the 'Način montaže' is 'Montaža na strop'. The light source height is 2.79 m. At the bottom left, the 'Rezultat' is '300 lx ~ 60 (60.0) svjetiljki'. On the right, the 'Raspored svjetiljki' shows a grid of 8x8 fixtures. The 'Usmjerenje glavnih osi' is set to 'C 90'. The 'Broj svjetiljki' is 8 x 8. The main calculation area shows a grid of 64 fixtures. The 'Rezultat' is '64 svjetiljki, E<sub>sr</sub> = 278 lx, E<sub>min</sub>/E<sub>sr</sub> = 1:2.15 (0.46), P = 4.44 W/m<sup>2</sup>'. The interface includes a 'Pomoć' button, a progress bar at 100%, and 'U redu' and 'Odustani' buttons.

Sl. 4.9. Svjetlotehnički izračun LED svjetiljke (10 W).



#### Općenito

Upotrijebljeni računski algoritam

Visina svjetiljke

Faktor održavanja

Svjetiljke s dir.-/indirektnom raspodjelom

2.80 m

0.67

Ukupni svjetlosni tok svih žarulja

Ukupna snaga

Ukupna snaga po površini (144.00 m<sup>2</sup>)

50176 lm

640.0 W

4.44 W/m<sup>2</sup> (1.60 W/m<sup>2</sup>/100lx)

#### Područje vrednovanja 1

Eavg

Emin

Emin/Eavg (Uo)

Emin/Emaks (Ud)

UGR (5.6H 10.0H)

Pozicija

#### Referentna površina 1.1

Horizontalno

278 lx

129 lx

0.46

0.36

<=10.8

0.80 m

#### Glavne površine

Mp 1.5 (Strop)

Mp 1.1 (Zid)

Mp 1.2 (Zid)

Mp 1.3 (Zid)

Mp 1.4 (Zid)

Eavg

83 lx

73 lx

91 lx

81 lx

88 lx

Uo

0.72

0.74

0.62

0.63

0.63

Sl. 4.10. Rezultati izračuna LED svjetiljke (10 W).

## 5. USPOREDBA REZULTATA

### 5.1. Tablična usporedba rezultata

Usporedba rezultata prikazana je u tablici 5.1. Stupci u tablici su sljedeći:

- Ukupna potrošnja (izražena u kWh):

$$E_{(kWh)} = P_{(W)} \cdot t_{(h)} / 1000 \quad (5-1)$$

- Instalirana snaga (izražena u W)
- Očekivani vijek trajanja (izražen u h)
- Broj komada svjetiljki
- Prosječna cijena u Republici Hrvatskoj
- Kvaliteta rasvjetljenosti: na ljestvici od 1 do 5, gdje je 1 vrlo loše osvijetljeno, a 5 savršeno osvijetljeno.

**Tab. 5.1. Tablična usporedba rezultata**

Naziv	Instalirana snaga (W)	Očekivani vijek trajanja (h)	Kvaliteta rasvijetljenosti	Broj komada	Prosječna cijena (kn)
Svjetiljka sa žarnom niti	9000	1000	2	90	7
Halogena svjetiljka	7488	3000	4	156	17
Štedna svjetiljka	1134	10000	4	81	32
LED svjetiljka 7 W	847	45000	3	121	20
LED svjetiljka 10 W	640	25000	3	64	30

## 5.2. Grafička usporedba rezultata

Smisao grafičke usporedbe rezultata jest usporedba različitih izvora svjetlosti kroz različite vremenske intervale. S obzirom na veliku razliku u očekivanom vijeku trajanja pojedinih svjetiljki te količinu potrošnje cilj nam je vidjeti kolika je razlika u troškovima nakon dugog perioda vremena.

Razmatrani periodi vremena prikazani su na grafikonu 5.1. na osi X, dok je potrošnja prikazana na osi Y.

Korištena formula kojom se došlo do rezultata glasi:

$$C_t = E \cdot C_{hep} + m \cdot n \cdot C_s \quad (5-2)$$

Gdje su:

- $C_t$  – Potrošnja u određenom intervalu vremen
- $E$  – Ukupna potrošnja u kWh
- $C_{hep}$  - Cijena tarifnog modela u HEP-u, koja iznosi 0,575 kn/kWh [14]
- $m$  – Koliko su puta svjetiljke morale biti zamijenjene
- $n$  – Broj svjetiljki
- $C_s$  - Prosječna cijena svjetiljke

Ukoliko se u jednadžbu (5-2) uvrsti jednadžba (5-1) dobije se:

$$C_t = \left( P \cdot \frac{t}{1000} \right) \cdot C_{hep} + m \cdot n \cdot C_s \quad (5-3)$$

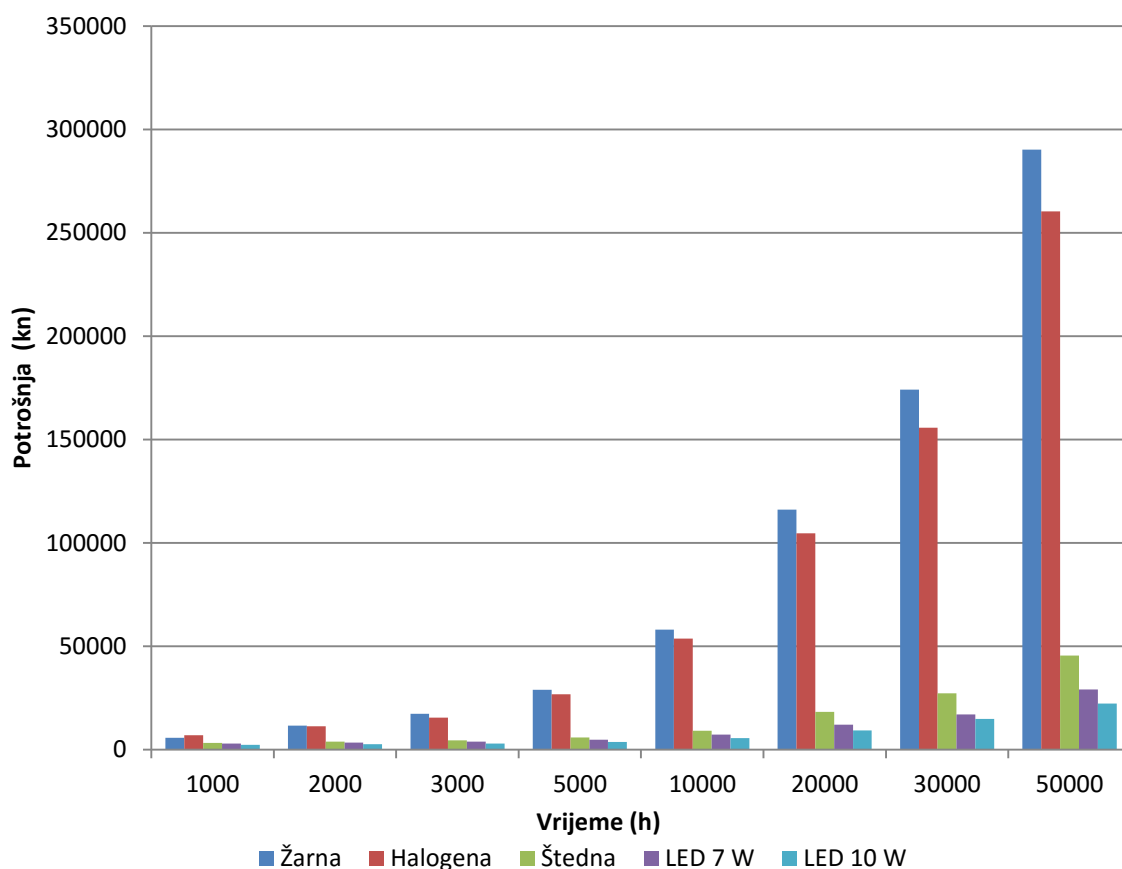
Nadalje, za halogenu svjetiljku nakon perioda od 20000 h morali bi investirati:

$$C_t = \left( 7488 \cdot \frac{20000}{1000} \right) \cdot 0,575 + 7 \cdot 156 \cdot 17 = 104676 \text{ kn}$$

**Tab. 5.2. Tablična usporedba cijene ovisno o vremenu**

Naziv / Vrijeme (h)	1000	2000	3000	5000	10000	20000	30000	50000
Svjetiljka sa žarnom niti	5805	11610	17415	29025	58050	116100	174150	290250
Halogena svjetiljka	6957,6	11263,2	15568,8	26832	53664	104676	155688	260364
Štedna svjetiljka	3244,05	3896,1	4548,15	5852,25	9112,5	18225	27337,5	45562,5
LED svjetiljka 7 W	2907,025	3394,05	3881,075	4855,125	7290,25	12160,5	17030,75	29191,25
LED svjetiljka 10 W	2288	2656	3024	3760	5600	9280	14880	22240

U tablici 5.2. je cjelovit prikaz cijene  $C_t$  za sve svjetiljke u svim odabranim vremenskim intervalima. Cijene su izražene u kunama.



**Graf. 5.1. Grafička usporedba rezultata**

## 6. ZAKLJUČAK

Cilj ovoga rada bio je napraviti usporedni test različitih izvora svjetlosti te na temelju toga zaključiti o tome koji je najisplativiji za širu primjenu. Uspoređeni su u odnosu na prosječnu cijenu, instaliranu snagu, očekivani vijek trajanja, kvalitetu rasvjetljenosti i cijenu kroz određene vremenske intervale.

Što se tiče prosječne cijene žarulja, žarulja sa žarnom niti je još uvijek najjeftinija, no pad cijene LED žarulja u proteklih par godina sve više ide u korist LED žaruljama, uzimajući u obzir njihov višestuko duži vijek trajanja i iznimno nižu potrošnju, posebice u odnosu na halogenu žarulju i žarulju sa žarnom niti.

Halogena žarulja, s druge strane, često je dobivala najbolje rezultate u kvaliteti rasvjetljenosti prostora. Bolji rezultati kod ostalih svjetiljki mogu se dobiti postavljanjem više granice za rasvjetljenost (500 lx).

Osvrćući se na tablicu 5.2. i grafikon 5.1. jasno je vidljivo kako su LED svjetiljke najisplativiji izvor svjetlosti trenutno. Pogotovo kada se uzima u obzir vremenski interval od 20000, 30000 h i više. Štedne svjetiljke su jedine koje im mogu parirati, što cijenom, što potrošnjom. U testovima je često dobivana nešto bolja razina rasvjetljenosti kod štednih svjetiljki u odnosu na LED. Ali uzimajući u obzir njihovu moguću štetu prema okolišu LED svjetiljke opet izlaze kao pobjednik.

## LITERATURA

- [1] <http://31.45.242.218/HZN/Todb.nsf/cd07510acb630f47c1256d2c006ec863/740155da980326c9c12579ac002d4929?OpenDocument&AutoFramed> (pristupio 25.9.2016.)
- [2] <http://www.propisi.hr/print.php?id=5806> (pristupio 14.6.2016)
- [3] [http://www.propisi.hr/files/file/IVANA%20-%20PROPISI%20II/185\\_301%20slikovni%20prikaz\\_.pdf](http://www.propisi.hr/files/file/IVANA%20-%20PROPISI%20II/185_301%20slikovni%20prikaz_.pdf) (pristupio 10.9.2016)
- [4] Z. Klaić, Z. Kraus, M. Vukobratović, Projektiranje rasvjete, laboratorijske vježbe iz električnih instalacija i rasvjete.
- [5] <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=67644>(pristupio 12.9.2016)
- [6] [http://reluxnet.relux.com/en/search/datasheet/ridi/rid\\_hrl/rid\\_hrl\\_300\\_sm\\_150-e27\\_96b4/1/1002606/1-100-60-710- -ww2900k- .html](http://reluxnet.relux.com/en/search/datasheet/ridi/rid_hrl/rid_hrl_300_sm_150-e27_96b4/1/1002606/1-100-60-710- -ww2900k- .html) (pristupio 14.6.2016)
- [7] [https://hr.wikipedia.org/wiki/Umjetni\\_izvori\\_svjetla](https://hr.wikipedia.org/wiki/Umjetni_izvori_svjetla) (pristupio 10.9.2016)
- [8] [http://reluxnet.relux.com/en/search/datasheet/occhio/occ\\_piu\\_halo\\_c738/occ\\_piu\\_piano\\_halogen/2/1001464/2-50-48-740- -3000-ww2800k-qt14clearg948w9303000k50.html](http://reluxnet.relux.com/en/search/datasheet/occhio/occ_piu_halo_c738/occ_piu_piano_halogen/2/1001464/2-50-48-740- -3000-ww2800k-qt14clearg948w9303000k50.html) (pristupio 14.6.2016)
- [9] [https://www.fer.unizg.hr/download/repository/MAPE\\_Priprema\\_za\\_2\\_labos\\_2014.pdf](https://www.fer.unizg.hr/download/repository/MAPE_Priprema_za_2_labos_2014.pdf) (pristupio 25.9.2016.)
- [10] [https://reluxnet.relux.com/en/search/luminaires/regiolux/rgl\\_desd\\_195\\_des-br\\_d1ca3af3c51275ea/HR/#art=rgl\\_1x18w evg vw\\_36\\_6e165702f0a60a0c&var=1&lamp=5-700-18-1200- -10000-nw4000k- &config=1000283](http://reluxnet.relux.com/en/search/luminaires/regiolux/rgl_desd_195_des-br_d1ca3af3c51275ea/HR/#art=rgl_1x18w evg vw_36_6e165702f0a60a0c&var=1&lamp=5-700-18-1200- -10000-nw4000k- &config=1000283) (pristupio 14.6.2016)
- [11] [https://reluxnet.relux.com/en/search/datasheet/brumberg/brb\\_led\\_deckeneinbaustrahler/brb\\_r3001/27/1001179/13-20100-7-269-60-0-3000k- .html](https://reluxnet.relux.com/en/search/datasheet/brumberg/brb_led_deckeneinbaustrahler/brb_r3001/27/1001179/13-20100-7-269-60-0-3000k- .html) (pristupio 14.6.2016)
- [12] [https://reluxnet.relux.com/en/search/datasheet/brumberg/brb\\_led\\_deckeneinbaustrahler/brb\\_12106/1/1000163/13-1012- -1- -0-3000k- .html](https://reluxnet.relux.com/en/search/datasheet/brumberg/brb_led_deckeneinbaustrahler/brb_12106/1/1000163/13-1012- -1- -0-3000k- .html) (pristupio 14.6.2016)
- [13] <https://en.wikipedia.org/wiki/EULUMDAT> (pristupio 25.9.2016.)
- [14] <http://hepi.hep.hr/default.aspx?id=8> (pristupio 20.9.2016.)



## SAŽETAK

Cilj ovoga rada bio je napraviti usporedni test različitih izvora svjetlosti te na temelju toga zaključiti o tome koji je najisplativiji za širu primjenu. Za potrebe ovoga rada korišten je programski paket *Relux* koji na vrlo jednostavan i intuitivan način pruža mogućnosti za svjetlotehnički izračun bilo kakvog prostora. Pri odabiru prostorije bilo je bitno odabrati dovoljno veliku prostoriju kako bi količina korištenih svjetiljki bila dovoljno velika za prikazati razliku u isplativosti. Korišteno je 5 različitih vrsta izvora, svjetiljke sa žarnom niti, halogene, štedne i LED svjetiljke od 7 i 10 W. Niska potrošnja, dugi vijek trajanja i sve manja cijena razlog su zašto su LED svjetiljke trenutno najisplativiji izvor svjetlosti.

## **SUMMARY**

### **Effectiveness of various light sources**

The aim of this study was to make a comparative test of different light sources, and based on that to conclude which one is the most profitable for wider application. For the purpose of this study software package Relux was used, a program that, in a very simple and intuitive way, provides the means for light planning and light building. It was important to choose a sufficiently large area for this project, so that the amount of lamps used was large enough to show the difference in cost-effectiveness. 5 different types of sources were used, incandescent lamps, halogen, energy saving and LED 7 W and 10 W lamps. Low power consumption, long service life and decreasing prices are the reason why LED lamps are currently the most cost effective source of light.

## **ŽIVOTOPIS**

Petar Bošnjak, rođen u Osijeku 31.12.1990., s prebivalištem u Osijeku, student je Fakulteta elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija u Osijeku. Pohađao je OŠ Dobriša Cesačić i Isusovačku klasičnu gimnaziju u Osijeku. U slobodno vrijeme bavi se web programiranjem, te posjeduje MCP Exam 361: Software Development Fundamentals certifikat. Od stranih jezika koristi se engleskim jezikom u govoru i pisanju.