

# Rasvjeta višenamjenske sportske dvorane

---

**Kraljik, Karlo**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2021**

*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:200:113699>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-12-28**

*Repository / Repozitorij:*

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



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

**Stručni studij**

**RASVJETA VIŠENAMJENSKE SPORTSKE DVORANE**

**Završni rad**

**Karlo Kraljik**

**Osijek, 2021.**

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD.....</b>	<b>1</b>
<b>2. SVJETLOST.....</b>	<b>2</b>
<b>2.1. Izvori svjetlosti .....</b>	<b>2</b>
2.1.1. Umjetni izvori svjetlosti .....	3
2.1.1.1. Izvori sa žarnom niti .....	3
2.1.1.2. Izvori svjetlosti na izboj.....	4
2.1.1.3. LED izvori .....	5
<b>3. SVJETLOTEHNIČKE VELIČINE.....</b>	<b>6</b>
<b>3.1. Svjetlosni tok .....</b>	<b>7</b>
<b>3.2. Jakost svjetlosti .....</b>	<b>7</b>
<b>3.3. Rasvijetljenost .....</b>	<b>8</b>
<b>3.4. Sjajnost.....</b>	<b>8</b>
<b>4. VRSTE RASVJETE .....</b>	<b>9</b>
<b>4.1. Vanjska rasvjeta.....</b>	<b>9</b>
<b>4.2. Unutarnja rasvjeta.....</b>	<b>11</b>
<b>5. RASVJETA SPORTSKIH TERENA.....</b>	<b>12</b>
<b>5.1. Ključni faktori.....</b>	<b>12</b>
<b>5.2. Standardi odigravanja .....</b>	<b>12</b>
<b>5.3. Norme za sportsku rasvjetu .....</b>	<b>13</b>
5.3.1. Nogomet .....	13
5.3.2. Dvoranski nogomet (futsal) .....	14
5.3.3. Atletika .....	14
5.3.4. Tenis .....	15
<b>6. PRAKTIČNI DIO RADA – PROJEKTIRANJE RASVJETE SPORTSKE DVORANE OŠ VIŠNJEVAC.....</b>	<b>16</b>
<b>6.1. Rasvjetno tijelo.....</b>	<b>16</b>
<b>6.2. Simulacija rasvjete sportskog terena .....</b>	<b>17</b>
<b>7. ZAKLJUČAK.....</b>	<b>21</b>
<b>8. LITERATURA.....</b>	<b>22</b>

<i>SAŽETAK</i> .....	23
<i>ABSTRACT</i> .....	23
<i>ŽIVOTOPIS</i> .....	24

## 1. UVOD

Današnji način života općenito iziskuje sve veće standarde, tako je i kvalitetna rasvjeta neophodna za što bolji i ugodniji život. Kako se sve više razvija tehnologija tako se razvija i rasvjeta odnosno rasvjetna tijela što na kraju rezultira uštedom električne energije. Umjetna rasvjeta uzela je maha do te mjere da je život bez nje nezamisliv. Kao što sam naveo na početku svjedoci smo dinamičkog razvoja svjetiljki i žarulja, novi materijali i sustavi donose nam bezbroj mogućnosti za umjetnu rasvjetu između ostalog komfor te brigu za okoliš.

Kako nas sport općenito sve spaja te sam uz njega doživjeli najljepše i najtužnije trenutke, tako je jako bitno da uz male ekrane popratimo svaki detalj na terenu. Tu jako bitnu ulogu ima rasvjeta, radilo se to o npr. vanjskim nogometnim terenima ili dvoranskim sportovima kao što su košarka, rukomet, odbojka itd.

Postoje razlike između vanjskih i unutarnjih rasvjeta. Potrebno je zadovoljiti niz kriterija kako bi sportski tereni, nalazili se oni vani ili unutra bili osvijetljeni na najvećoj razini. Ti kriteriji najviše ovise o svjetlotehničkim veličinama. Također prilikom projektiranja rasvjete treba poštivati norme koje su propisane, kako za rasvjetu sportskih terena tako i za dimenzije tih istih terena uz korištenje prikladnih rasvjetnih tijela.

U ovome završnom radu proći ćemo kroz izvore svijetlosti, norme za osvijetljenje sportskih terena te na kraju prikazati u programu Relux rasvjetu višenamjenske sportske dvorane OŠ Višnjevac.

## 2. SVJETLOST

Svjetlost definiramo kao elektromagnetsko zračenje koje je uočljivo u opsegu duljina od 380 do 780 Nm gdje ga ljudski organ za vid doživljava kao boje [1].

Kao i sva preostala elektromagnetska zračenja, svjetlost ima svoju brzinu koja u vakuumu iznosi:

$$c = 299\,792\,458\text{ m/s}$$

### 2.1. Izvori svjetlosti

Podražajem očnog živca u oku stvara se osjećaj svjetlosti. Fizikalno tijelo od kojega pristižu takvi podražaji zovu se izvori svjetlosti [2].

Izvori svjetlosti su:

- Primarni
  - Sunce, zvijezde, užarene kovine (svijetle sami od sebe)
  - Fosfor, svijetleći kukci (kemijski procesi)
  - Plinovi u svijetlećim cijevima (električna izbijanja)
- Sekundarni
  - Tijela od kojih se svjetlost odbija, npr. Mjesec
- Prirodni
- Umjetni
  - Žarulje
  - Svjetiljke
  - Baklje
  - Led žarulje
  - Laseri

### 2.1.1. Umjetni izvori svjetlosti

Umjetan izvor svjetlosti dobivamo procesom ljudske proizvodnje npr. proizvodnja rasvjetnih tijela ili kao uzrok imaju prirodnu pojavu npr. grom. Postoje dva načina stvaranja umjetne svjetlosti: termičko zračenje (žarulje sa žarnom niti) gdje se prilikom prolaska struje žarna nit grije te stvara svjetlost, te luminiscencija koja nije pokrenuta termičkim zračenjem ili povećanjem temperature nego je posljedica pojavljivanje energije u drugome obliku npr. polarna svjetlost, svjetlost kukaca i morskih životinja na dnu mora.

Osnovna podjela umjetnog izvora svjetlosti:

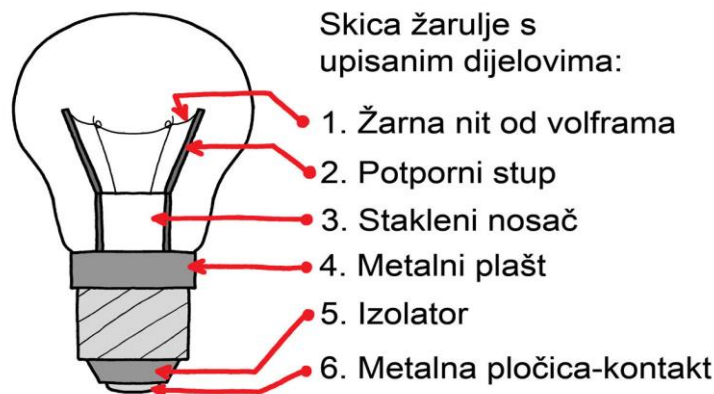
- Izvori sa žarnom niti
- Izvori svjetlosti na izboj
- LED izvori

#### 2.1.1.1. Izvori sa žarnom niti

Kod standardne žarulje sa žarnom niti svjetlo dobivamo tako da struja prolazi žarnom niti od wolframa gdje se razvija toplina od 2600-3000 K i usijava.

Karakteristike žarulje sa žarnom niti: [3]

- Mala svjetlosna iskoristivost
- 5-10 % utrošene energije postaje svjetlost, ostalo toplina
- Radni ciklus do 1000 sati
- Temperatura boje 2600-2800 K
- Smanjena upotreba zbog nedostupnosti



Slika 2.1. Izvor sa žarnom niti [8]

Također pod izvore sa žarnom niti spada halogena žarulja koja koristi princip termičkog zračenja. Zbog dodatka halogenida kao što su klor, jod i brom punjenju od plina, sprječava se tamnjenje stakla a samim time je svjetlosni tok veliki tokom cijelog radnog ciklusa žarulje, zbog čega su dimenzije pravljenja staklenog balona puno manje. Temperatura žarne niti doseže 3000 K dok temperatura balona doseže 250 °C, zato se zbog toga koristi kvarcno staklo koje ujedno štiti od UV zračenja.

Karakteristike halogene žarulje: [3]

- Svjetlost se proizvodi na principu termičkog zračenja
- Koristi se kvarcno staklo
- Radni ciklus trajanja doseže 4000 sati
- Svjetlosni tok neprekidan
- 10 % iskoristivosti
- Male dimenzije

#### **2.1.1.2. Izvori svjetlosti na izboj**

Fluorescentne žarulje pripadaju niskotlačnim izvorima na izboj gdje se svjetlost stvara izbojem u živinim parama, pri tome se generira UV zračenje koje pomoću fosfornog sloja na unutarnjim stijenkama cijevi stvara svijetlost.

Prednosti fluorescentne žarulje: [3]

- veća svjetlosna iskoristivost
- vijek trajanja do 20000 sati
- veliki svjetlosni tok



**Slika 2.2.** Fluorescentna cijev



Fluokompaktne žarulje se po načinu stvaranja svjetlosti ne razlikuju puno od fluorescentnih cijevi. Jedina razlika je u tome što fluokompaktne žarulje imaju kompaktan oblik. Svjetlotehnička svojstva su im ista.

Zamjena su svakoj žarulji sa žarnom niti, ostvaruju uštedu energije do 80 % zbog čega su dobile naziv „štedne žarulje“, također spadaju u A klasu energetske učinkovitosti prema energetske kategorijama. Dok je mana u prošlosti bila prisutnost žive što je ekološki neprihvatljivo, sada u novijim verzijama se izbacila prisutnost žive.



**Slika 2.3.** Fluokompaktna žarulja

### **2.1.1.3. LED izvori**

Svijetleća dioda ili LED su mali poluvodički elektronički elementi koji pretvaraju električni signal u svjetlost. LED izvori gube manje električne energije u odnosu na standardne žarulje sa žarnom niti [3]. Iako su izvori svjetlosti sa žarnom niti te izvori svjetlosti na izbor priznatije i raširene, danas se sve više razvija LED izvor svjetlosti te sve više pronalaze svoje mjesto u domovima.

Karakteristike LED izvora: [3]

- Duži radni ciklus
- Zagrijavanje ne ide u smjeru svjetla
- Nizak napon napajanja
- Manje veličine u odnosu na ostale izvore
- Niski troškovi održavanja

### 3. SVJETLOTEHNIČKE VELIČINE

Svjetlost možemo izraziti pomoću svjetlotehničkih i fizikalnih veličina. U fizikalnom smislu svjetlo se određuje kao transmisija energije po principu valova dok svjetlotehničke veličine svjetlo definiraju na bazi našega vidnog organa, oka.

Temeljne svjetlotehničke vrijednosti: svjetlosni tok, jakost svjetlosti, sjajnost i rasvijetljenost.

**Tablica 3.1.** Osnovne svjetlotehničke veličine

Veličina	Simbol	Formula	Mjerna jedinica
Svjetlosni tok	$\Phi$	$\Phi = I \cdot \Omega$	Lumen (lm)
Jakost svjetlosti	I	$I = \frac{\Phi}{\Omega}$	Kandela (cd)
Rasvijetljenost	E	$E = \frac{\Phi}{A}$	Luks (lx)
Sjajnost (luminacija)	L	$L = \frac{I}{A}$	Kandela po metru kvadratnom (cd/m <sup>2</sup> )

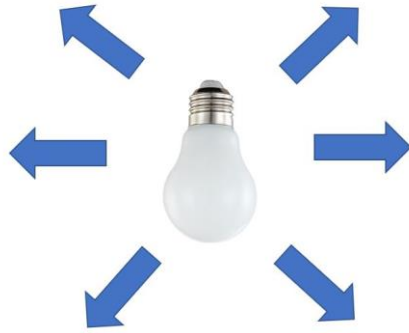
A - Osvjetljena površina (m<sup>2</sup>)

$\Omega$  - Prostorni kut (sr)

Prostorni kut predstavlja fizikalnu veličinu koja opisuje dimenziju vidnog polja iz perspektive neke točke u prostoru, mjerna jedinica je steridijan (sr) [4].

### 3.1. Svjetlosni tok

Svjetlosni tok možemo definirati kao vidljivu svjetlost koju prikazuje izvor svjetla u različitim pravcima te se mjeri u lumenima (lm).



Slika 3.1. Svjetlosni tok

### 3.2. Jakost svjetlosti

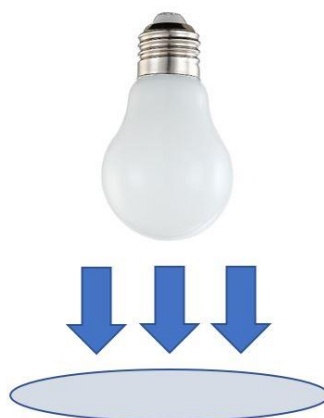
Ovu svjetlotehničku veličinu definiramo kao snagu zračenja koju generator svjetlosti prikazuje u zadanom pravcu [5]. Mjeri se u candela (cd) koja se nalazi u sedam temeljnih SI veličina.



Slika 3.2. Jakost svjetlosti

### 3.3. Rasvjetljenost

Svjetlotehnička veličina koju definiramo kao količinu svjetlosnog toka koji iz nekoga izvora pada na neku površinu, mjeri se u luks (lx) [6]. Na primjer, ako je jedan metar kvadratni osvjetljen svjetlosnim tokom jednog lumena tada je rasvjetljenost jedan lux.



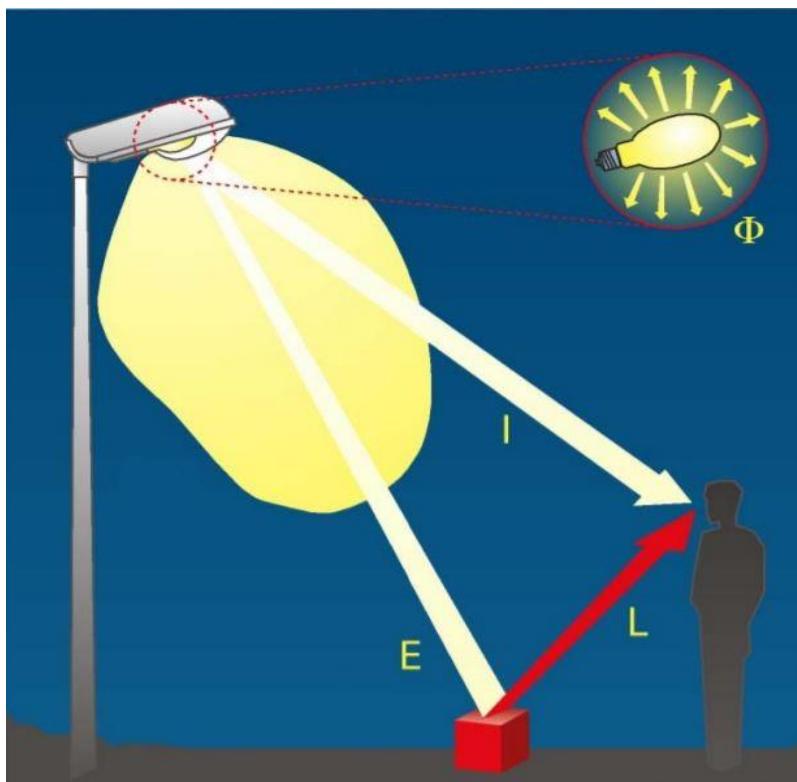
Slika 3.3. Rasvjetljenost

Tablica 3.2. Primjer rasvjetljenosti [6]

Primjer	Rasvjetljenost (lx)
Rasvjeta operacijskog stola	20000 – 120000
Sunčan ljetni dan	60000 – 100000
Oblačan ljetni dan	20000
Oblačan zimski dan	3000
Dobro rasvjetljeno radno mjesto	500 – 750
Pješačka zona	5 – 100
Noć s punim mjesecom	0,25
Noć s mladim mjesecom	0,01

### 3.4. Sjajnost

Sjajnost se mjeri na osvjetljenoj površini vidljivo ljudskom oku, mjerna jedinica za sjajnost je candela po metru kvadratnom ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ). Sjajnost predstavlja utjecaj svjetlosti na oko i uzima se za planiranje rasvjete.



Slika 3.4. Odnos svjetlotehničkih veličina [9]

## 4. VRSTE RASVJETE

Kao što smo spomenuli na početku današnji život je teško zamisliti bez rasvjete, bilo to u domu ili na putu do posla, treninga itd., zato je potrebna rasvjeta u zatvorenim prostorima i vani (ceste, parkovi, stadioni, kolnici itd.). Na tragu toga postoje dvije vrste rasvjete, to su unutarnja i vanjska rasvjeta.

### 4.1. Vanjska rasvjeta

Vanjska rasvjeta dijeli se na:

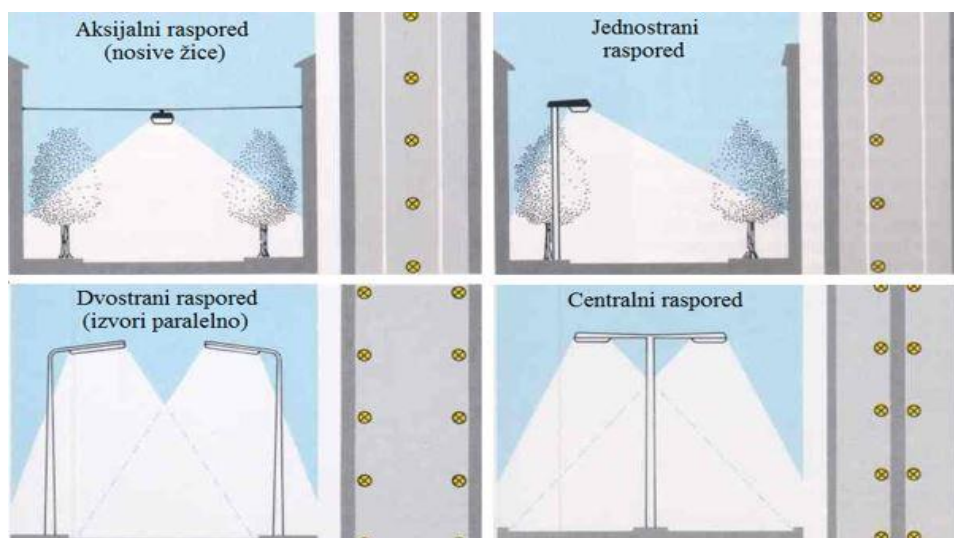
- Cestovna - Rasvjeta prometnica
- Urbana – Rasvjeta pješačkih zoni, trgova
- Reflektorska – Rasvjeta posebnih objekata

Osnovne uloge vanjske rasvjete: [6]

- Smanjivanje broja nesreća te povećanje sigurnosti na prometnicama
- Povećavanje zaštite i sigurnosti ljudi i objekata
- Omogućavanje pravovremenih opasnosti
- Daje nam odabir dobrog puta
- Govori nam kakva je vrijednost objekta te stvara urbani ugođaj
- Bitna stavka u kvaliteti življenja

Važan segment vanjske rasvjete je raspored svjetiljki za prometnice, to su:

- Aksijalni raspored
- Jednostrani raspored
- Dvostrani raspored
- Centralni raspored



**Slika 4.1.** Razmještaj svjetiljki u vanjskoj rasvjeti [6]

## 4.2. Unutarnja rasvjeta

Prilikom projektiranja unutarnje rasvjete moraju biti ispunjeni određeni zahtjevi: [6]

- Namjena objekta govori kolika je jačina i stil rasvjete
- Specifikacija objekta propisuje način ugradnje
- Količina rasvijetljenosti ( $E_m$ )

Bliještanje cijelog sustava određuje se s UGR (eng. Unified Glare Rating) tehnikom koja računa utjecaj svih svjetiljaka i luminaciju površine [6].

UGR se dobiva korištenjem iduće formule:

$$UGR = 8 \cdot \log \left( \frac{0,25}{L_b} \cdot \sum \frac{L^2 \cdot \omega}{p^2} \right)$$

$L_B$  – Sjajnost pozadine

$L$  – Sjajnost svjetiljske u smjeru promatrača

$\omega$  – Prostorni kut promatrača

$p$  – Guth indeks

Najveća količina za sve postojeće varijante promatrača i svjetiljke se gleda kao UGR vrijednost objekta (10- bez bliještanja i 30- naglašeno psihološko bliještanje) [7].

Također unutarnju rasvjetu možemo podijeliti na stambenu, hotelsku, bolničku, evakuacijsku te industrijsku rasvjetu, kao i na rasvjetu sportskih objekata i trgovina odnosno trgovačkih centara.

## **5. RASVJETA SPORTSKIH TERENA**

Primarni zadatak rasvjete namijenjene za sportske terene i događaje je da pruži dobar pregled sudionicima te gledateljima. Sportovi se mogu igrati u vanjskim ili unutarnjim objektima. Vanjski sportski objekti se kreću od velikih multifunkcionalnih stadiona do omanjih lokalnih terena. Unutarnji sportski objekti mogu biti višefunkcionalne sportske dvorane. Sportovi poput nogometa, rukometa i košarke donose veliku zaradu dok su neki sportovi rekreativni. Zarada najviše ovisi o prodaji TV prava od kojih imaju velike udjele u zaradi. U takvim slučajevima rasvjeta također mora ispunjavati sve uvijete televizijskog prijenosa kako bi gledatelji putem televizije mogli popratiti svaki detalj utakmice [7].

### **5.1. Ključni faktori**

Tokom praćenja sportskih aktivnosti, bilo to uživo ili preko televizije smjer promatranja može biti gledanje uvis kod sportova kao što su badminton pa sve do gledanja prema dolje npr. biljar te praćenje svega onoga između, kao kod nogometa. Usprkos tome dizajneri rasvjete imaju ciljeve koji su svuda isti, a oni su: [7]

- Osiguravanje jasne vidljivosti gledateljima i igračima
- Osiguravanje odigravanja sportskih događaja po noći
- Osiguravanje sigurne okoline za gledatelje i igrače
- Osiguravanje vizualne udobnosti za gledatelje i igrače

### **5.2. Standardi odigravanja**

Svaki sport se može igrati na različitim razinama, od kompletnog profesionalizma do amaterskog izdanja. Korištenje amaterske izvedbe rasvjete unutar objekta za profesionalce je loše kao korištenje amaterskih objekata za profesionalce. Na tragu toga sportska rasvjeta je podijeljena u tri razreda prema razini profesionalnosti igrača.



Razred sportske rasvjete prema profesionalnosti igrača:

Razred rasvjete 1

- Međunarodna i državna natjecanja
- Značajno veliki broj gledatelja sa velike udaljenosti
- Treninzi pod najvišim nadgledanjem

Razred rasvjete 2

- Natjecanja srednje kategorije (glavna lokalna i regionalna natjecanja)
- Srednji broj gledatelja na srednjoj udaljenosti
- Treninzi pod višim nadgledanjem

Razred rasvjete 3

- Natjecanja niže kategorije (mali lokalni klubovi)
- Jako mala ili nikakva gledanost
- Osnovni treninzi, školska ili rekreacijska natjecanja

Jako bitan faktor kod razreda rasvjete je udaljenost od koje gledatelji prate sportske manifestacije, što je gledatelj na većoj udaljenosti i što su detalji bitniji to se uzima veći razred rasvjete [7].

## **5.3. Norme za sportsku rasvjetu**

### **5.3.1. Nogomet**

Natjecanja velikih važnosti (npr. Svjetska i europska prvenstva, Liga prvaka itd.) norme donose UEFA i FIFA, dok niže razine natjecanja spadaju pod televizijsku grupu B. Cilj je pružanje najbolje rasvijetljenosti uz dobru vidljivost igrača bez sjena i odsjaja. Rasvjeta se na nogometnim stadionima može stavljati na visoke stupove ili na najviše točke gledališta [7].

**Tablica 5.1.** Propisi za rasvjetu u nogometu [7]

Razred	Horizontalna rasvijetljenost (lx)	Koeficijent ujednačenosti	Bliještanje	Reprodukcija boje
1	500	0.7	50	60
2	200	0.6	50	60
3	75	0.5	55	20

### 5.3.2. Dvoranski nogomet (futsal)

U dvoranskom nogometu morate biti u mogućnosti pratiti kretnju lopte i ostalih igrača. Ovaj sport se najčešće igra u višenamjenskim dvoranama. Rasvjeta se najčešće nalazi na stropovima dvorane kako bi pružala nepromjenjivu rasvijetljenost [7].

**Tablica 5.2.** Propisi za rasvjetu dvorskog nogometa [7]

Razred	Horizontalna rasvijetljenost (lx)	Koeficijent ujednačenosti	Reprodukcija boje
1	750	0.7	60
2	500	0.7	60
3	200	0.5	20

### 5.3.3. Atletika

Natjecanja u atletici se mogu održavati na stadionima ili u dvoranama. Rasvjeta na otvorenom i u dvorani mora zadovoljiti igranje na samom igralištu i stazi. U atletskim disciplinama kao što je bacanje koplja, diska i kladiva jako je bitno da se pruža čista i jasna uočljivost bačenog predmeta [7].

**Tablica 5.3.** Propisi za rasvjetu atletskih manifestacija u dvoranama [7]

Razred	Horizontalna rasvijetljenost (lx)	Koeficijent ujednačenosti	Reprodukcija boje
1	500	0.7	60
2	300	0.6	60
3	200	0.5	20

#### 5.3.4. Tenis

Glavni vizualni zahtjevi u tenisu su da oba igrača, sudac i gledatelji vide loptu i teren jasno i bez ikakvih poteškoća. Let lopte u dvoranama će biti lakše uočen ako lopta leti iznad tamnih površina. Strop iznad terena mora biti produžen 3 metra iza osnovne linije (linija za serviranje), te taj prostor iza osnovne linije ne treba biti osvijetljen, ili ne jako osvijetljen. Rasvjetna tijela u dvoranama za tenis postavljaju se paralelno sa bočnim linijama terena [7].

**Tablica 5.4.** Propisi za rasvjetu tenisa u dvoranama [7]

Razred	Horizontalna rasvijetljenost (lx)	Koeficijent ujednačenosti	Reprodukcija boje
1	750	0.7	60
2	500	0.7	60
3	300	0.5	20

## 6. PRAKTIČNI DIO RADA – PROJEKTIRANJE RASVJETE SPORTSKE DVORANE OŠ VIŠNJEVAC

Praktični dio završnoga rada bio je odabrati jednu višenamjensku sportsku dvoranu u gradu i okolici te projektirati i napraviti simulaciju rasvjete u programskom paketu Relux, dvorana koja je odabrana nalazi se u sklopu Osnovne škole Višnjevac. Praktični dio rada fokusirat će se na sportski teren i sportski teren uz dodatak tribina, te će u sklopu toga biti prikazani grafički i brojni prikazi rasvijetljenosti, 3D prikaz terena, prikaz pseudo boja i korištena rasvjetna tijela.

### 6.1. Rasvjetno tijelo

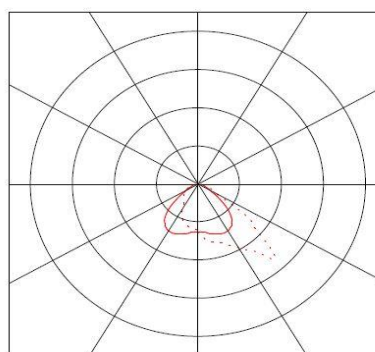
Rasvjetno tijelo koje sam koristio u projektiranju sportske dvorane je svjetiljka Philips Lighting, BVP130 1 xLED210-4S/740 OFA 52. Za rasvjetu samo površine sportskog terena korišteno je 50 komada ove svjetiljke.

Tablica 6.1. Osnovni podaci o svjetiljci

Philips Lighting, BVP130 1 xLED210-4S/740 OFA 52	
Snaga	162 W
Svjetlosni tok	21000 lm
Dimenzije	486mm x 388mm x 67mm
Komada	50



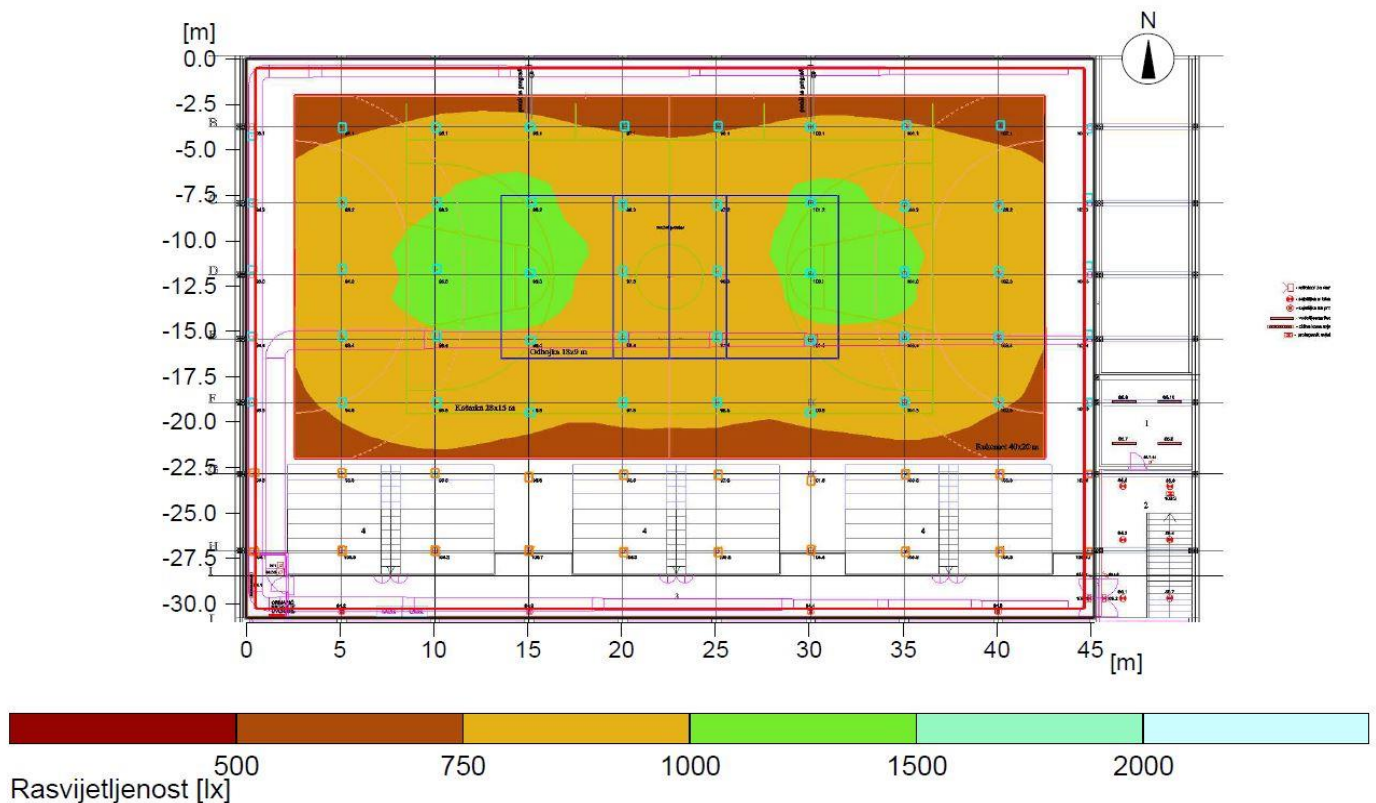
Slika 6.1. Korištena svjetiljka Philips



Slika 6.2. Fotometrički podaci svjetiljke

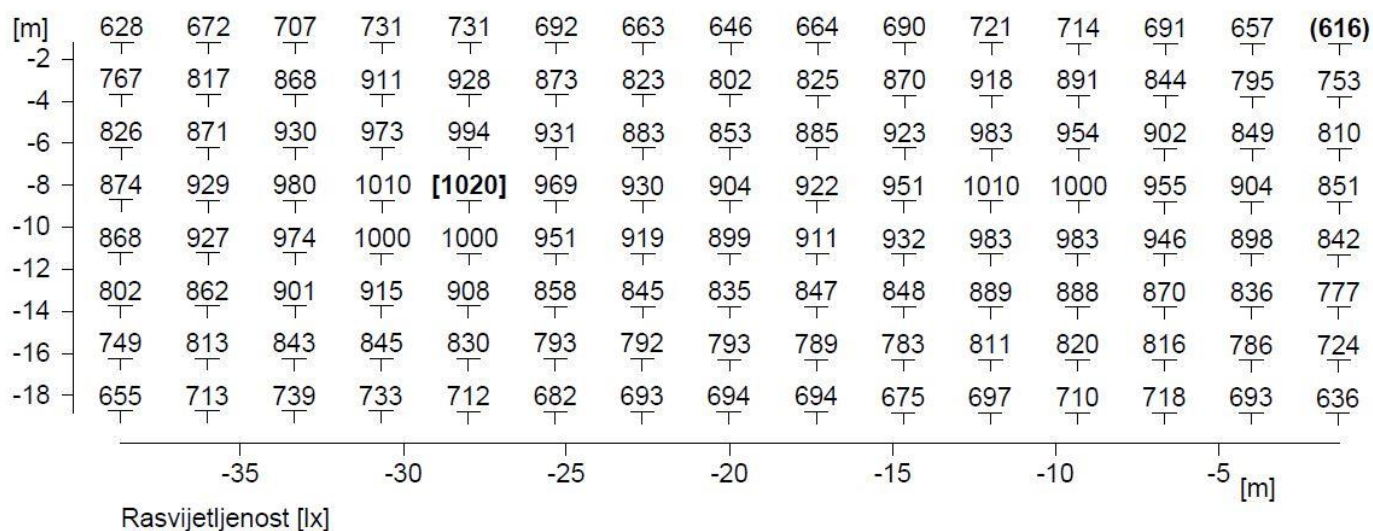
## 6.2. Simulacija rasvjete sportskog terena

Provedena je simulacija rasvjete u programskom paketu Relux, simulacija je napravljena u granicama sportskog terena koji je dimenzije 40x20m, te simulacija cijelog terena uz tribine. Na terenu tih dimenzija može se odigravati natjecanja u 4 sporta: rukomet (40x20m), dvoranski nogomet (40x20m), košarka (28x15m) i odbojka (18x9m). Sportska dvorana spada u razred rasvjete 2 gdje se održavaju natjecanja srednje kategorije, glavna lokalna i regionalna natjecanja. Prema tome razredu rasvjete rasvijetljenost se kreće od 500 lx do 750 lx ovisno o sportu. Svjetiljke su postavljene na 9.50 m visine na već postojeće noseće grede koje su postavljen prije 10 godina. Visina mjerne površine za sportske terene je 0.00 m. Iznad sportskog terena je postavljeno 50 svjetiljki uz dodatnih 20 svjetiljki slabije snage i manjeg svjetlosnog toka, koje su smještene na istočnom dijelu dvorane gdje se nalazi mala tribina.



Slika 6.3. Grafički prikaz rasvijetljenosti sportskog terena

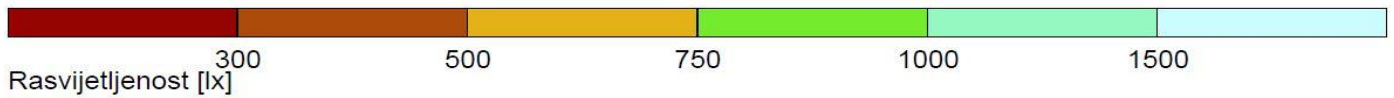
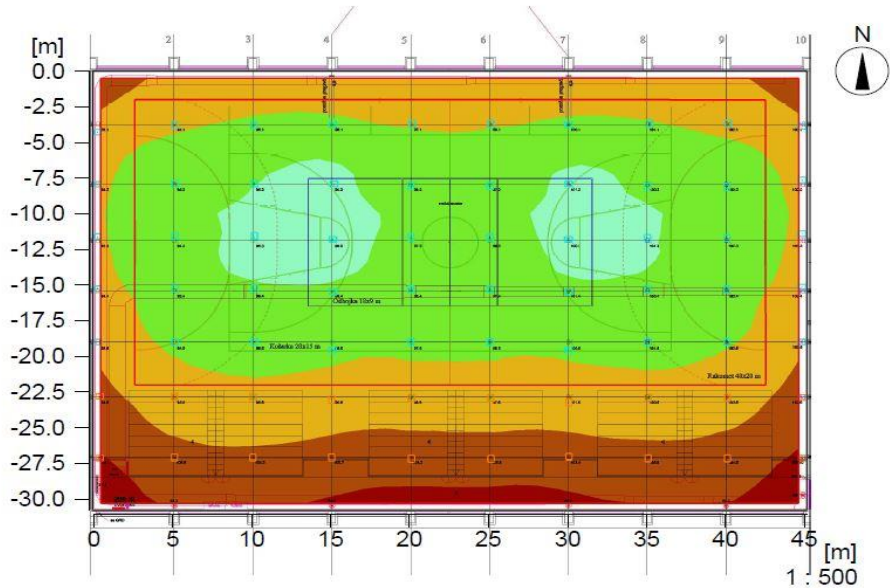
Iz prethodne slike možemo vidjeti da je najveća rasvjetljenost na sredini terena, razlog tome je utjecaj svjetiljki sa svih strana dok je najmanja rasvjetljenost ispod 750 lx u kutevima terena i blizu aut linija. Teren je većim dijelom obuhvaćen rasvjetljenosti od 750 lx do 1000 lx što odgovara razredu rasvjete 2, dok manji dio oko sredine terena prelazi 1000 lx rasvjetljenosti.



Slika 6.4. Brojčani prikaz rasvjetljenosti

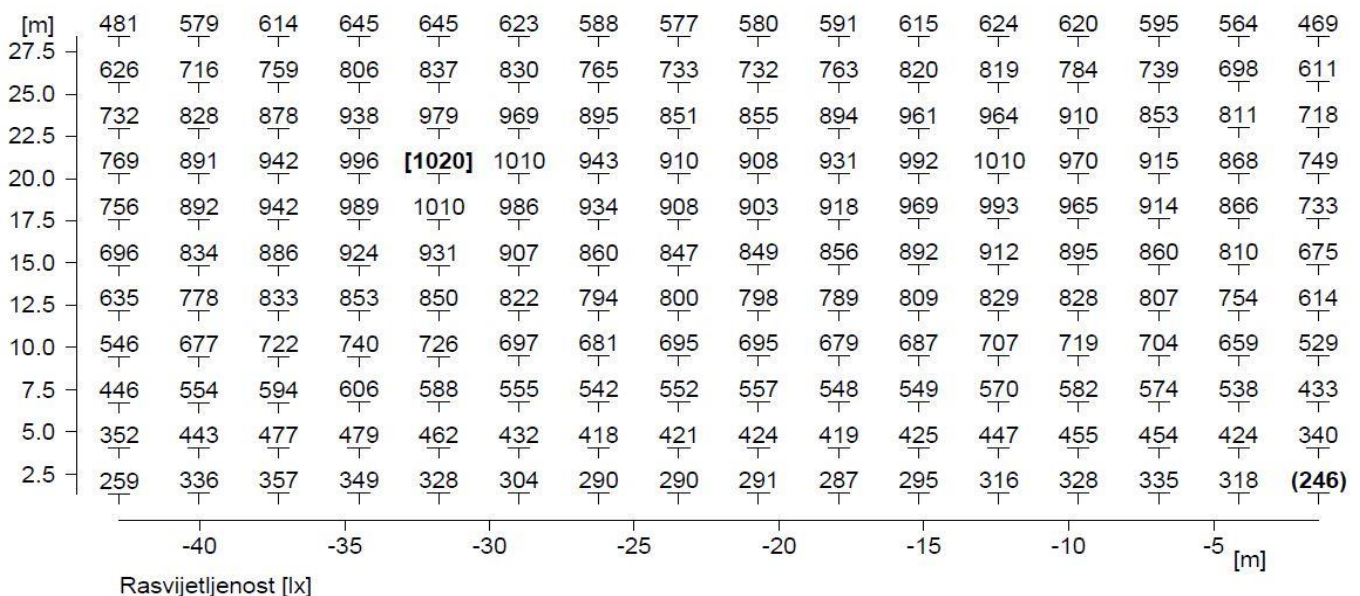
Tablica 6.2. Pregled rezultata

Sportska dvorana	
Visina mjerne površine	0.00 m
Visina svjetiljke	9.50 m
Ukupni svjetlosni tok svih žarulja	1 370 000 lm
Ukupna snaga	10500 W
Ukupna snaga po površini	7.55 W/ m <sup>2</sup>
Srednja rasvjetljenost ( $E_{sr}$ )	834 lx
Minimalna rasvjetljenost ( $E_{min}$ )	616 lx
Maksimalna rasvjetljenost ( $E_{max}$ )	1020 lx



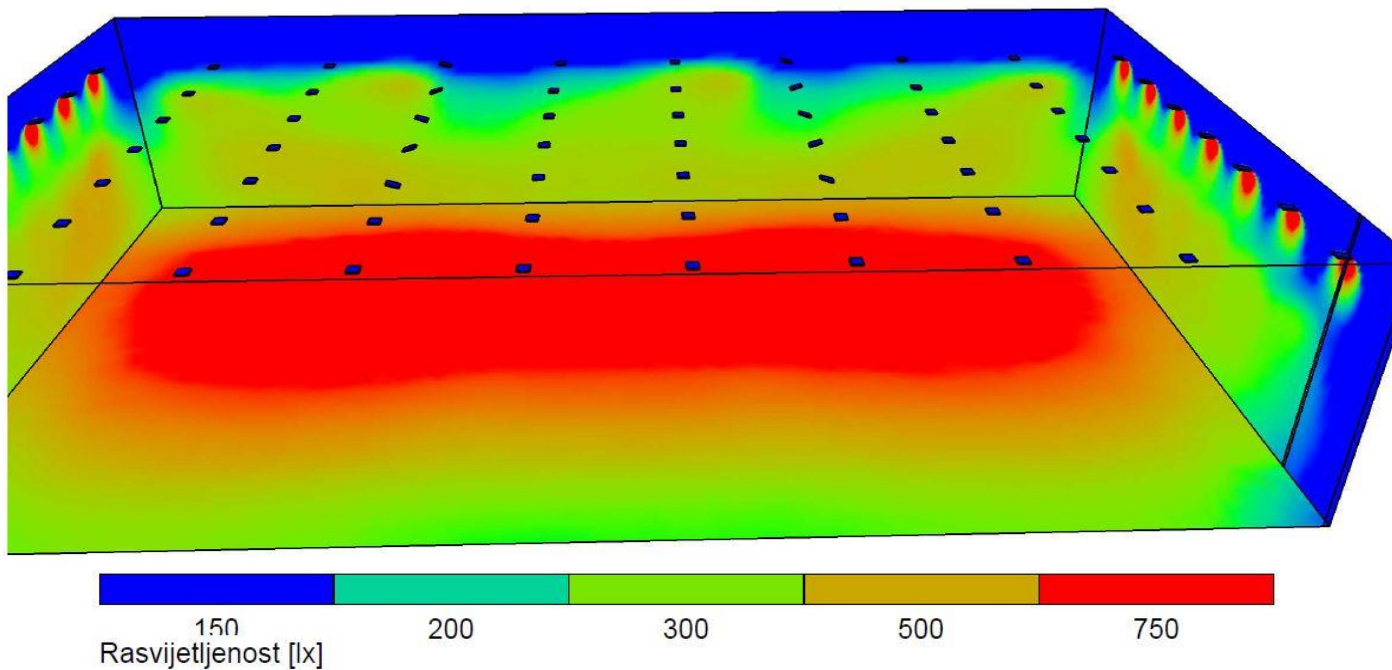
Slika 6.5. Grafički prikaz rasvijetljenosti cijeloga terena uz tribine

Iz priložene fotografije vidimo da je i dalje najveća rasvijetljenost na sredini terena gdje prelazi 1000 lx točnije najveća rasvijetljenost 1020 lx, dok je najmanja rasvijetljenost 246 lx i nalazi se u samome kutu dvorane gdje se nalaze gledatelji tako da ne narušava pregled igre samim natjecateljima na terenu, dok je srednja rasvijetljenost 697 lx.



Slika 6.6. Brojčani prikaz rasvijetljenosti cijeloga terena uz tribine





**Slika 6.7.** 3D prikaz rasvjetljenosti cijele dvorane

Iz 3D prikaza možemo vidjeti kako su svjetiljke na sredini dvorane malo nagnute radi toga što su već postavljene na postojeće grede pa se moralo prilagođavati kako bi se ispunili svi uvjeti za razred rasvjete 2. Također iz ovoga prikaza jedino možemo vidjeti kako je na stropu rasvjetljenost ispod 200 lx.



## 7. ZAKLJUČAK

Svjetlost je jedna od osnovnih stvari u našem životu dok su rasvjetna tijela, umjetna svjetlost stvari bez kojih ne možemo zamisliti današnji moderan život. Projektiranje i poznavanje osnovnih svjetlotehničkih veličina važno je za pravilno izvođenje rasvjete.

Na početku je potrebno raspoznavati pojmove vanjska i unutarnja rasvjeta te rasvjetna tijela koja su pogodna za koju vrstu. U svakoj vrsti rasvjete postoje rasvjetna tijela koja su pogodna odnosno iznimno štedljiva za današnje okvire te naravno ona koja su zastarjela i koja nisu učinkovita. Projektiranje i postavljanje rasvjete nije jednostavno kako se na prvu čini, tu ima jako puno faktora na koje se treba paziti bilo to od rasporeda rasvjetnih tijela, objekta u kojem se postavlja rasvjeta, količina rasvijetljenosti itd.

Pažnja ovoga završnog rada je usmjerena na sportske terene i njihovu rasvjetu, odnosno norme i zahtjeve koji su potrebni da bi sportaši na terenu tako i gledatelji mogli uživati u svakome trenutku. Za početak razlikuju se vanjski tereni na otvorenom i dvorane, za jedno i drugo postoji različita rasvjetna tijela i norme koje se trebaju ispuniti. Bila natjecanja na otvorenom ili zatvorenom prostoru ključni faktori kao što je osiguravanje jasne vidljivosti sportašima i gledateljima, osiguravanje odigravanja po noći te osiguravanje vizualne udobnosti moraju biti ispunjeni. Također postoje razredi rasvjete sportskih terena prema kojima projektiramo potrebnu dvoranu ili teren na otvorenom. Postoje tri razreda rasvjete sportskog terena, počevši od međunarodnih pa sve do školskih i lokalnih natjecanja. Svaki razred rasvjete je propisan određenom rasvijetljenošću, koeficijentom ujednačenosti te reprodukcijom boje.

Praktični dio rada je napravljen u programskom paketu Relux koji je jedan od korištenijih programa za projektiranje rasvjete. Simulirali smo rasvjetu posebno sportskoga terena te uz dodatak tribina. Bila je potrebno dosta prilagođavanja jer se rasvjeta stavljala na već postavljene konstrukcijske grede. Kako dvorana OŠ Višnjevac spada u razred rasvjete 2, poduzete su sve mjere i poštovani svi zahtjevi da se rasvijetljenost i ostali faktori prilagode tome razredu.

## 8. LITERATURA

- [1] Warbletoncouncil edukativni portal, dostupno na: <https://bs.warbletoncouncil.org/fuentes-de-luz-9222> ; datum pristupanja stranici: 25.01.2021.
- [2] Velimir Kruz: "Tehnička fizika za tehničke škole", "Školska knjiga" Zagreb, 1969.
- [3] Korak u prostor, profesionalni magazin za dekor, arhitekturu i energetske učinkovitost, dostupno na: <https://korak.com.hr/generiranje-i-izvori-svjetlosti/> ; datum pristupanja stranici: 25.01.2021.
- [4] Korak u prostor, profesionalni magazin za dekor, arhitekturu i energetske učinkovitost, dostupno na: <https://korak.com.hr/korak-051-svjetlost-1-dio-svjetlotehnicke-velicine-mjerne-jedinice-vrste-rasvjetnih-tijela/> ; datum pristupanja stranici: 22.01.2021.
- [5] Area Lighting Croatia: <http://alg.hr/arhiva/3253> ; datum pristupanja stranici: 26.01.2021.
- [6] Doc.dr.sc. Zvonimir Klaić, dipl.ing.el., Danijel Topić, dipl.ing.el.: Materijali s predavanja; Električne instalacije i rasvjeta; Električna rasvjeta; Fakultet elektrotehnike i računarstva Osijek
- [7] „The SSL Lighting Handbook” P. Boyce, P. Raynham, The Society of Light and Lighting, UK 2009.
- [8] Slika 2.1. – Fizika za 8. razred OŠ; Đerek Bosiljko, Ivković Sandra, Kukuruzović Ana-Marija, Takač Danijela: [https://edutorij.e-skole.hr/share/proxy/alfresco-noauth/edutorij/api/proxy-guest/a743968a-901e-4aa4-9117-d7d5dedac0d5/html/1158\\_Ucinci\\_elektricne\\_struje.html](https://edutorij.e-skole.hr/share/proxy/alfresco-noauth/edutorij/api/proxy-guest/a743968a-901e-4aa4-9117-d7d5dedac0d5/html/1158_Ucinci_elektricne_struje.html) ; datum pristupanja stranici: 24.01.2021.
- [9] Slika 3.4. – Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, 2016.godina, Materijali s predavanja

## SAŽETAK

U ovome završnome radu objašnjene su neke osnovne stvari kod poznavanja rasvjete, od svjetlotehničkih veličina pa do ključnih stvari kod projektiranja unutarnje i vanjske rasvjete. Sve je to bio uvod za glavnu stvar ovoga završnog rada a to je rasvjeta višenamjenske sportske dvorane odnosno sportskih terena općenito, tu su objašnjene ključne figure kod gledanja sportskih događaja pa sve do razreda rasvjete i gdje koja dvorana pripada. Simulacija rasvjete je napravljena u programu Relux. Simulirana je rasvjeta sportskog terena te sportskog terena uz dodatak tribina.

**Ključne riječi:** rasvjeta, svjetlotehničke veličine, sport, unutarnja rasvjeta, sportski teren

## ABSTRACT

In this undergraduate thesis it is explained some basics about illumination. Starting from luminous measurements to some key point about designing indoor and outdoor lighting. All that knowledge was introduction for the main theme about this undergraduate thesis and that is multifunctional sports hall lighting and sports fields in general, in this they are explained some key figure about watching sport manifestation to lighting recommendations. Light simulation has been made in Relux. It is light simulation for indoor field, and indoor field with tribune

**Keywords:** lighting, luminous measurements, sports, indoor lighting, sports field

## **ŽIVOTOPIS**

Karlo Kraljik je rođen u Osijeku 22. studenoga. 1999. godine. S odličnim uspjehom završava Osnovnu Školu u Višnjevcu 2014. godine. Nakon završetka osnovnoškolskog obrazovanja edukativni put nastavlja u Elektrotehničkoj i prometnoj školi Osijek, koju i završava 2018. godine sa zvanjem, Tehničar za računalstvo uz odličan uspjeh.

Iste godine upisuje stručni studij elektrotehnike smjer elektroenergetika na Fakultetu elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija u Osijeku. Prilikom odabira izbornih predmeta te uz zanimanje za obavezne predmete pažnju daje projektiranju rasvjete te sve vezano uz rasvjetu.