

# Proračun i mjerenje rasvjete

---

**Simetić, Ivan**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2022**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Pula / Sveučilište Jurja Dobrile u Puli**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:137:540755>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-04**



*Repository / Repozitorij:*

[Digital Repository Juraj Dobrila University of Pula](#)



Sveučilište Jurja Dobrile u Puli  
Tehnički fakultet u Puli



**Ivan Simetić**

**Proračun i mjerenje rasvjete**

Završni rad

Pula, srpanj, 2022.

Sveučilište Jurja Dobrile u Puli  
Tehnički fakultet u Puli



**Ivan Simetić**

**Proračun i mjerenje rasvjete**

Završni rad

**JMB: 0303090621, redovan student**

**Studijski smjer: Proizvodno strojarstvo**

**Predmet: Zaštita na radu**

**Znanstveno područje: Tehničke znanosti**

**Znanstveno polje: Strojarstvo**

**Znanstvena grana: Proizvodno strojarstvo**

**Mentor: pred. Aleksandar Kršulja**

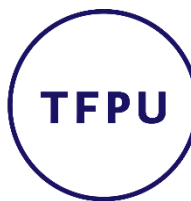
Pula, srpanj, 2022.

## **ZAHVALA**

*Prvenstveno bi se zahvalio mentoru Aleksandru Kršulji dipl. ing. stroj na konstantnim odgovorima, strpljenju kod odgovaranja na bilo kakav moj upit i velikoj podršci tokom pisanja završnog rada. Također zahvalio bi se voditelju studija doc. Dr. sc. Marku Kršulji na podršci tokom cijelog studija. Zahvalio bi se svojim roditeljima, prijateljima i kolegama na podršci tokom studija.*

Aleksandar Kršulja  
(Ime i prezime nastavnika)

\_\_\_\_\_ Zaštita na radu (187199)



Tehnički fakultet u Puli

**Sveučilište Jurja Dobrile u Puli**

**TEHNIČKI FAKULTET U PULI**

**ZADATAK TEME ZAVRŠNOGA RADA**

**Pristupniku/ci**

Ivan Simetić

**MBS: 0303090621**

**Studentu/ci stručnog studija Tehničkog fakulteta u Puli izdaje se zadatak za završni rad – tema završnog rada pod nazivom:**

**Proračun i mjerenje rasvjete**

**Sadržaj zadatka: Izvršiti ispitivanje rasvjete u radnom okolišu sukladno Zakonu o zaštiti na radu, normi „Unutrašnji radni prostori HRN EN 12464-1:2021. Dobivene rezultate usporediti s važećim propisanim normativima i standardima u Republici Hrvatskoj. U slučaju odstupanja od propisa, koje mjere treba poduzeti naspram građevine i opreme, a koje mjere prema radnicima. Opisati funkcioniranje vida te donijeti preporuke i proračun za ispravno postavljanje rasvjete.**

Rad obraditi sukladno odredbama Pravilnika o završnom radu Sveučilišta u Puli.

**Redovni ili izvanredni, proizvodno strojarstvo**

*(izvanredni, proizvodno strojarstvo)*

**Datum: 1.04.2022**

**Potpis nastavnika** \_\_\_\_\_

**Potpis nastavnika** \_\_\_\_\_



## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, dolje potpisani \_\_Ivan Simetić\_\_ kandidat za prvostupnika proizvodnog strojarstva ovime izjavljujem da je ovaj Završni rad rezultat isključivo mogega vlastitog rada, da se temelji na mojim istraživanjima te da se oslanja na objavljenu literaturu kao što to pokazuju korištene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da niti jedan dio Završnog rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz kojega necitiranog rada, te da ikoji dio rada krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za koji drugi rad pri bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili radnoj ustanovi.

Student

---

U Puli, \_\_8.7., 2022\_ godine



IZJAVA  
o korištenju autorskog djela

Ja, \_\_Ivan Simetić\_\_ dajem odobrenje Sveučilištu Jurja Dobrile u Puli, kao nositelju prava iskorištavanja, da moj završni rad pod nazivom „\_Proračun i mjerenje rasvjete\_“ koristi na način da gore navedeno autorsko djelo, kao cjeloviti tekst trajno objavi u javnoj internetskoj bazi Sveučilišne knjižnice Sveučilišta Jurja Dobrile u Puli te kopira u javnu internetsku bazu završnih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice (stavljanje na raspolaganje javnosti), sve u skladu s Zakonom o autorskom pravu i drugim srodnim pravima i dobrom akademskom praksom, a radi promicanja otvorenoga, slobodnoga pristupa znanstvenim informacijama.

Za korištenje autorskog djela na gore navedeni način ne potražujem naknadu.

U Puli, \_\_8.07.2022\_\_ (datum)

Student

---

## Sadržaj

1. Uvod.....	1
1.1. Hipoteza i predmet istraživanja .....	1
1.2. Cilj istraživanja .....	1
1.3. Znanstvena metoda istraživanja .....	1
1.4. Problem istraživanja.....	2
1.5. Konceptija rada .....	3
2. Zakonske obveze .....	4
3. Svjetlost.....	5
3.1. Gama zračenje.....	5
3.2. Rendgensko zračenje .....	6
3.3. Ultraljubičasto zračenje .....	7
3.4. Infracrveno zračenje.....	8
3.5. Mikrovalovi .....	8
3.6. Radiovalovi .....	9
4. Struktura oka i osnove vida .....	9
4.1. Ljudsko oko.....	9
4.1.1. Bjeloočnica .....	10
4.1.2. Rožnica.....	10
4.1.3. Zjenica .....	10
4.1.4. Leća.....	11
4.1.5. Šarenica .....	12
4.1.6. Mrežnica .....	12
4.1.7. Žuta pjega.....	13
4.1.8. Očni živac .....	13
4.2. Osnove vida .....	14
5. Izvori svjetlosti .....	14
5.1. Prirodna rasvjeta .....	15
5.2. Umjetna rasvjeta .....	15
5.2.1. Osnovni zahtjevi umjetne rasvjete .....	16
5.2.2. Žarulje s žarnom niti .....	16
5.2.3. Halogena žarulja.....	17
5.2.4. LED žarulja (dioda).....	18
5.2.5. Vrste unutarnje umjetne rasvjete .....	18
5.2.6. Vanjska rasvjeta .....	19
6. Mjerni instrument fotometar (Luks metar).....	20



7. Norme rasvjete .....	21
7.1. Norme nužne rasvjete .....	23
7.2. Opis nužne rasvjete .....	23
7.3. Parametri rasvjete prema normama HRN EN-12464-1 I 2. 2021.....	24
7.3.1. Nivo osvjetljenosti .....	24
7.3.2. Ravnomjernost osvjetljenosti .....	25
7.3.3. Bliještanje .....	25
7.3.4. Smjer upada svjetlosti.....	26
7.3.5. Boja svjetla .....	27
8. Primjer mjerenja rasvjete radnog prostora (uredski prostor- rad na računalu) .....	29
9. Proračun unutarnje rasvjete .....	38
9.1. Proračun rasvjete .....	39
9.2. Proračun i projektiranje rasvjete u Relux desktop-u .....	42
10. Zaključak.....	48
11. Literatura.....	49
Popis tablica .....	51
Popis slika .....	52

## 1. Uvod

### 1.1. Hipoteza i predmet istraživanja

U ovom radu objekt ispitivanja je Tehnički fakultet u Puli. U radu se ispituje problem rasvjete u uredima i učionicama tehničkog fakulteta u Puli, sukladno zakonu o zaštiti na radu, u skladu s normom HRN EN 12464-1:2021 te Pravilnikom o sigurnosti i zaštiti zdravlja pri radu s računalom (NN br.69/05). Hipoteza u obzir uzima stanje rasvjete u Tehničkom fakultetu na ispitivanim radnim mjestima.

H: Rasvjeta u Tehničkom fakultetu na ispitivanim radnim mjestima u skladu je sa Zakonom HRN EN 12464-1:2021.

Predmet ispitivanja su radna mjesta koja se nalaze u prostorijama Tehničkog fakulteta u Puli, ispitivat će se prostorije smještene na prvom katu zgrade. Ured dekana, Predavaonice (1.2, 1.3 i 1.14), te ured fakulteta prirodnih znanosti, ured tajništva i ured dekanice. Uvjeti će se kontrolirati pomoću mjernog uređaja UT382 (luks metar). Ovisno o dobivenim rezultatima dati će se preporuka za poboljšanje rasvjete.

### 1.2. Cilj istraživanja

Za svaki cilj polazišna točka su zakonski okviri koji definiraju standarde prirodne i umjetne rasvjete, zaštita prirode i čovjekovog zdravlja i učinkovito upravljanje energijom.

Ciljevi rada:

- ispitati radni okoliš,
- ukazati na opasnosti za vid radnika,
- predložiti mjere za poboljšanje uvjeta rada radnika,
- ispitivanje politike zdravstvenog pregleda u tvrtki,
- ukazati na važnost primjene zaštite na radu prilikom izvođenja poslova s povećanom opasnošću.

### 1.3. Znanstvena metoda istraživanja

Metode upotrijebljene za izradu završnog rada su sljedeće:

- Metoda mjerenja (mjerenje osvjetljenosti za koju je potrebno znati mjernu jedinicu), autor će mjeriti osvjetljenost mjernim uređajem (luks metrom).
- Metoda promatranja (dobiveni podatci se očitavaju i evidentiraju), na lokaciji mjerenja autor će promatrati uvjete osvjetljenosti.

- Eksperimentalna metoda (Mjerenje realnih pojava koje imaju za cilj otkriti nepoznate činjenice, svojstva, pojave), autor će mjeriti i evidentirati podatke .
- Matematička metoda (Primjena matematičkih relacija, simbola i operacija), autor će usporediti podatke dobivene mjerenjem s onim podacima zadanim zakonom.
- Metode analize (rašćlanjivanje cjeline na dijelove), autor će donijeti jasan stav o hipotezi.
- Metoda deskripcije (prigodno opisivanje i pojašnjavanje obilježja predmeta i procesa), autor će donijeti zaključak o stanju u objektu ispitivanja.

#### 1.4. Problem istraživanja

U Republici Hrvatskoj postoji nekoliko zakona i pravilnika sa kojima je prethodno određeno, a i kojima je svrha odrediti obveze i odgovornosti.

Glavni zakon je *Zakon o zaštiti na radu br. 71/14., 118/14. i 154/14.* Navedeni zakon propisuje *Pravilnik o zaštiti na radu za mjesta rada br. 71/14, 118/14, 94/18 i 96/18.* obvezuje na poslodavca da mora osigurati :

- Prvenstveno prirodno osvjetljenje, odnosno opskrbiti prostoriju umjetnom rasvjetom koja je primjerena zahtjevima za sigurnost i zaštitu zdravlja radnika.
- Osvjetljenje na mjestu rada u skladu s važećim normama.
- Otvore za dovod prirodnog svjetla koji moraju biti ravnomjerno raspoređene tako da osiguravaju ravnomjerno osvjetljenje svih dijelova radne prostorije.
- Ukupna rasprostranjenost otvora za dovod prirodnog svjetla mora iznositi najmanje 1/8 (jedna osmina) površine poda radne prostorije.
- Otvore za dovod prirodne rasvjete treba rasporediti tako da se spriječi direktno upadanje sunčeve svjetlosti na radnu površinu.
- U slučaju da se otvori za dovod prirodne rasvjete ne mogu postaviti na način da se spriječi direktni upad sučeve svjetlosti, potrebno je ugraditi sredstva za zasjenjivanje kao što su: zastori, zavjese, nadstrešnice...
- U slučaju da postoji mjesto rada na kojem nije moguće ili nije dozvoljeno prirodno osvjetljenje, potrebno je ugraditi umjetno osvjetljenje u skladu s tehnološkim procesom.
- Instalacije rasvjete na mjestima rada ne smiju ugrožavati radnike te ih se mora postaviti na adekvatan način.

Također, područje zaštite radne okoline propisuje i Zakon o zaštiti od svjetlosnog onečišćenja. Ovim se zakonom uređuje zaštita od svjetlosnog onečišćenja odnosno načela zaštite, subjekti koji provode zaštitu, načini rasvjetljavanja, ograničenja u svezi sa svjetlosnim onečišćenjem, gradnja, održavanje u rekonstrukcije rasvjete, mjere zaštite od svjetlosnog onečišćenja te druga pitanja u svezi s tim zakonom.

### 1.5. Konceptija rada

Rad je sastavljen od devet tematskih cjelina. U prvom djelu (uvodu) postavljeni su objekt, problem i predmet istraživanja te hipoteza. Zatim, navedeni su ciljevi rada i znanstvene metode istraživanja koje su korištene. U drugom dijelu objašnjene su zakonske obveze koje određuju obveze i odgovornosti. Nakon toga, prikazane su osnove svjetlosti te vrste valova koje postoje. U četvrtom dijelu prezentirana je struktura oka i osnovni faktori vida, također su objašnjene u kratko osnove vida. U petom dijelu su izvori svjetlosti i njihova podjela, a šesti dio prikazuje mjerni instrument korišten za svrhe ovog rada i njegove specifikacije. U sedmom dijelu se nalaze norme i pobliže su opisane, te su prikazani važni parametri istih. Osmi i deveti dijelovi su praktični dio rada gdje se pokazuju i opisuju primjer mjerenja rasvjete u radnom prostoru, donošenje prijedloga za poboljšanje na temelju dobivenih rezultata mjerenja i primjeri proračuna i projektiranja rasvjete.

## 2. Zakonske obveze

U ovome radu ispitati će se radni okoliš unutar Tehničkog fakulteta u Puli prema normi HRN EN 12464-1:2021. Uvjeti postavljeni zakonom će se kontrolirati pomoću mjernog uređaja UT382 (Luks metar). Ovisno o rezultatima dati će se preporuke za poboljšanje rasvjete.

Glavna točka u obrazloženju zadane teme su zakonski okviri koji definiraju standardne prirodne i umjetne rasvjete, zaštita prirode i čovjekovog zdravlja i učinkovito upravljanje energijom.

U Republici Hrvatskoj postoji nekoliko zakona i pravilnika sa kojima je prethodno određeno, a i kojima je svrha odrediti obveze i odgovornosti.

Glavni zakon je Zakon o zaštiti na radu br. 71/14, 118/14 i 154/14. Navedeni zakon propisuje Pravilnik o zaštiti na radu za mjesta rada br. 71/14, 118/14, 94/18 i 96/18. obvezuje na poslodavca da mora osigurati :

- Prvenstveno prirodno osvjetljenje, odnosno opskrbiti prostoriju umjetnom rasvjetom koja je primjerena zahtjevima za sigurnost i zaštitu zdravlja radnika.
- Osvjetljenje na mjestu rada u skladu s važećim normama.
- Otvore za dovod prirodnog svjetla koji moraju biti ravnomjerno raspoređene tako da osiguravaju ravnomjerno osvjetljenje svih dijelova radne prostorije.
- Ukupna rasprostranjenost otvora za dovod prirodnog svjetla mora iznositi najmanje 1/8 (jedna osmina) površine poda radne prostorije.
- Otvore za dovod prirodne rasvjete treba rasporediti tako da se spriječi direktno upadanje sunčeve svjetlosti na radnu površinu.
- U slučaju da se otvori za dovod prirodne rasvjete ne mogu postaviti na način da se spriječi direktni upad sučeve svjetlosti, potrebno je ugraditi sredstva za zasjenjivanje kao što su: zastori, zavjese, nadstrešnice...
- U slučaju da postoji mjesto rada na kojem nije moguće ili nije dozvoljeno prirodno osvjetljenje, potrebno je ugraditi umjetno osvjetljenje u skladu s tehnološkim procesom.
- Instalacije rasvjete na mjestima rada ne smiju ugrožavati radnike te ih se mora postaviti na adekvatan način.

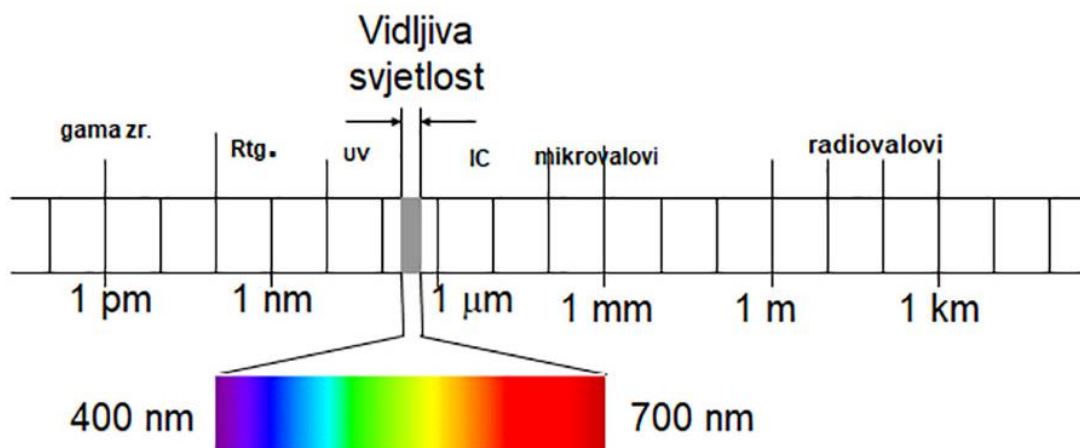
Zbog sve većih problema smanjenja vidne percepcije i bolesti vida zaposlenika ukazala se potreba za stvaranjem prethodno navedenih zakonskih okvira. Ciljevi Zakona o zaštiti na radu, Pravilnika o zaštiti na radu za radna mjesta i Zakon o zaštiti od svjetlosnog onečišćenja

su zaštititi ljude i okoliš od svjetlosnog onečišćenja čime se postiže očuvanje zdravlja ljudi, očuvanje kakvoće okoliša te racionalno korištenje prirodnih dobara i energije na najekonomičniji način. Svi ti ciljevi skupa čine osnove uvjete održivog razvoja i zdravog života.

### 3. Svjetlost

Svjetlost je dio elektromagnetskog spektra koje je oko sposobno percipirati. Raspon valne dužine svjetlosti koje osoba može vidjeti je između 380 i 780 nm(nanometar). Ako se na svjetlost gleda opširnije postoje još ultraljubičasto i infracrveno zračenje. Na slici 1. se vidi razlaganje svjetlosti i vidi se da ljubičasta boja ima najmanju, a crvena boja ima najveću valnu duljinu. Također, kad se gleda prema manjim valnim duljinama dolazi do pojave ultraljubičastog zračenja(UV), Rendgenskog zračenja (X-zrake) i gama zračenja, a prema većim valnim duljinama dolazi do infracrvenog zračenja (IC), mikrovalova i radiovalova.

**Slika 1. Razlaganje svjetlosti**



Izvor: (Električna rasvjeta, 2015.)

#### 3.1. Gama zračenje

Frekvencija ovog zračenja je veća od 1020 Hz (Herc), tako da je energija ovog zračenja veća od 100 keV (elektronvolt) i ima valnu duljinu manju od  $3 \times 10^{-13}m$ , odnosno mnogo manju od promjera atoma.

Glavne karakteristike gama zračenja su:

- To su čestice koje ne miruju jer se gibaju brzinom svjetlosti
- Nemaju električni naboj, jer ih električna i magnetska polja ne odbijaju
- Imaju vrlo ionizirajuće snage, gama zrake radona mogu proći kroz 15 cm čelika

- Valovi su poput svjetlosti, ali su mnogo energičniji od rendgenskih zraka

Jedno je od najopasnijih zračenja za ljude, kao što su i sva ostala ionizirajuća zračenja. Opasnost je u tome da su gama zračenja visokoenergetski valovi koji nepovratno mogu oštetiti i promijeniti molekule, uzrokujući genetske mutacije, pa čak i smrt. Ionizirajuće zračenje koristi se za postizanje sterilizacije materijala poput, medicinske i sanitarne opreme, za dekontaminaciju hrane, sirovina i industrijskih proizvoda. To se izvodi u specijaliziranoj sobi za „ozračivanje“ ovisno o situaciji i vremenskom periodu. Prva komercijalna primjena ionizirajuće energije počela je još ranih 1960-ih.

### 3.2. Rendgensko zračenje

Rendgensko zračenje je snop zraka koji može prolaziti kroz ljudsko tijelo, a ne može se vidjeti ni osjetiti. Frekvencija ovog zračenja je od  $3 \times 10^{16} \text{ Hz}$  do od  $3 \times 10^{19} \text{ Hz}$  i ima valnu duljinu od 0,01 do 10 nm(nanometar). Razlika između rendgenskog zračenja i gama zračenja se može uspostaviti prema valnoj duljini ili izvoru zračenja. Smatra se da je rendgensko zračenje, zračenje koje emitiraju elektroni, a gama zračenje, zračenje koje emitira atomska jezgra. Njemački znanstvenik Wilhelm Röntgen prvi je studirao x-zrake (1895) ali nije bio prva osoba koja ih je promatrala. Nazvao je svjetlo „X- zračenje“ kako bi se naznačilo da je to bio nepoznati tip. X- zrake kreću se od 100 eV do 100 keV (ispod 0,2-0,1 nm valne duljine).

Postoje tvrde i meke x- zrake, tvrde su one koje se kreću s energijama fotona većim od 5-10 keV, a meke su one s nižom energijom. Tvrde rendgenske zrake imaju dovoljnu energiju da mogu prodirati tvari, dok se meke rendgenske zrake apsorbiraju u zraku ili prodiru u vodu dubine do 1 mikrometar. Danas je x-zračenje poznato zbog njegove uporabe u medicini, za dobivanje medicinskih slika(Slika2). U dijagnostičkoj medicini x-zračenje se koristi za dobivanje slika kostiju. Također se x-zračenje koristi za promatranje unutarnjih organa(dijaskopija), pomoću kojeg se vide organi u pokretu i može se dijagnosticirati problem ili bolest. X- zrake su oblik ionizirajućeg zračenja koje može razbiti kemijske veze i atome ionizirajućeg zračenja. Vrlo je poznato da x-zračenje može uzrokovati genetsku štetu koja može dovesti do raka i raznih problema s razvojem.

**Slika 2. Primjer korištenja rendgenskih zraka u medicini**

Izvor: <https://radiopaedia.org/cases/normal-chest-child>

**3.3. Ultraljubičasto zračenje**

Ultraljubičasto zračenje obuhvaća elektromagnetsko zračenje čije su valne duljine manje od onih koje ima vidljiva svjetlost, a veće od onih koje imaju meke X-zrake. Može se podijeliti na blisko (valne duljine 380-200nm) i ekstremno (valne duljine 200-100nm).

Zauzima 10% sunčevog zračenja i dijeli se na UVA(dugovalno), UVB(srednjevalno) i UVC(kratkovalno). Ozonski omotač Zemlje zaustavlja 99% Sunčevog ultraljubičastog zračenja, sve ostalo otpada na UVA ili dugovalno zračenje. Ultraljubičasto zračenje ima važnu ulogu u stvaranju vitamina D, koji je potreban za održavanje ravnoteže kalcija u organizmu, te samim time i za zdravlje zuba i kostiju. UV zračenje izaziva akutno oštećenje kože, koje se pokazuje u obliku opekline(Slika 3.), što može uzrokovati rak kože, degeneraciju kože i njezino starenje.

**Slika 3. Primjer oštećenja kože zbog izlagana UV zrakama**

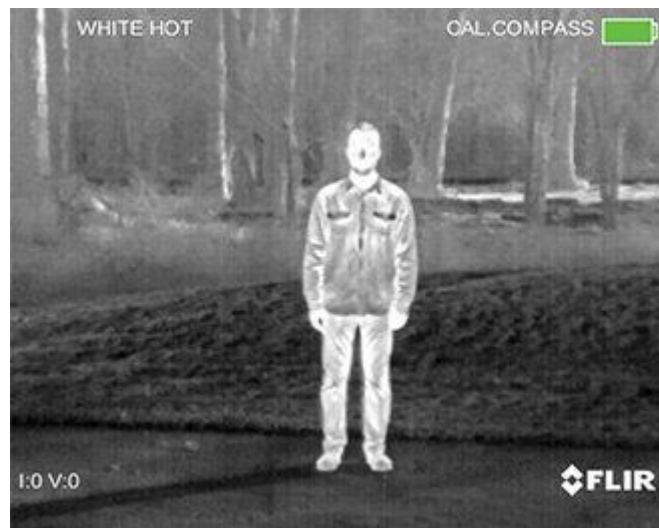
Izvor: <https://ohioline.osu.edu/factsheet/cdfs-199>



### 3.4. Infracrveno zračenje

Infracrveno zračenje je zračenje valne duljine otprilike između 0,8 mikrometara i nekoliko stotina mikrometara. Za ljudsko oko je nevidljivo ali može se osjetiti na u obliku osjećaja topline na koži. Nastaje sudarom čestica kod pravocrtnog gibanja, vibracijom kristalne rešetke čvrstih tijela itd. Karakteriziraju ga infracrvene zrake koje se nazivaju i toplinske zrake. Za razliku od rendgenskog ili ultraljubičastog zračenja, infracrvene zrake štite kožu te nemaju negativnog učinka na organizam. Infracrvena toplina je nužna za zdravlje svih živih bića. Vrlo je ugodna, opušta mišiće i tetive, uklanja bol, oživljava kožu, utječe na regulaciju krvnog tlaka, potiče metabolizam i aktivira imunološki sistem. Infracrveno zračenje počelo se primjenjivati nakon drugog svjetskog rata u svrhu noćnog snimanja. Infracrvena kamera ima sposobnost davanja monokromatske slike, prve takve kamere bile su jednostavne sa jednim senzorom koji je pratio valnu duljinu infracrvenog zračenja. Topli predmeti se na takvoj kameri ističu u odnosu na hladnu pozadinu, kao što je prikazano na slici 4.. Iz ovog se razloga infracrveno zračenje koristilo u vojne svrhe jer toplokrvna bića postaju lako vidljiva u okolišu.

**Slika 4. Prikaz čovjeka kroz infracrvenu kameru**



Izvor: <https://www.quora.com/Why-do-military-IR-cameras-have-a-black-hot-contrast-mode-and-a-white-hot-Why-isnt-there-just-one-mode>

### 3.5. Mikrovalovi

Mikrovalovi su elektromagnetski valovi koji pripadaju dijelu valnih duljina od 0,3 m do 0,1 mm. Frekvencije na kojima titraju su slične onima od atoma i u rasponu su od 1 GHz do

300 GHz. U usporedbi s radiovalovima, imaju malu valnu duljinu. Primjenjuju se u mikrovalnim pećnicama, radarima, komunikacijskim satelitima i mobilnoj telefoniji. Zbog razloga što ne mogu izvršiti ionizaciju, može pokrenuti slobodne elektrizirane čestice i polarizirane čestice, niti ne mogu razbiti molekule i samim time promijeniti sastav medija kroz koji prolaze. Svrstavaju se u ne ionizirajuće elektromagnetsko zračenje.

### 3.6. Radiovalovi

Radiovalovi pripadaju dijelu valnih duljina većoj od 0,1 mm, dakle većoj od infracrvenog zračenja. Njihova frekvencija je između 3 KHz i 300 GHz i mogu se proizvesti protjecanjem izmjenične struje kroz antenu. Energija radiovalova u odašiljačima je vrlo jaka te zbog toga se njihovi dijelovi mogu vrlo brzo zagrijati i uzrokovati ozljede poput opekline. Unatoč tome, nema dokaza da su štetni za zdravlje i okoliš.

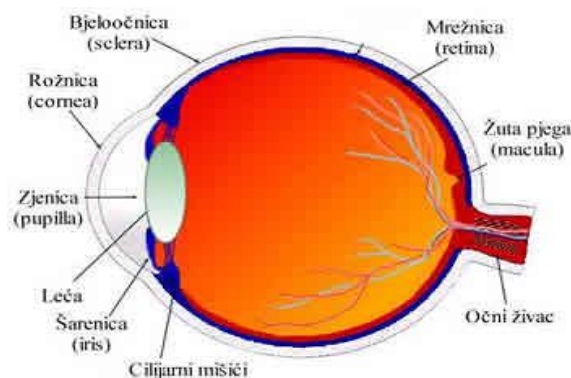
## 4. Struktura oka i osnove vida

### 4.1. Ljudsko oko

Ljudsko oko je predstavljeno kao najsloženiji organ u organizmu. Preko 80% podražaja okoline dolazi putem osjetila vida. Osjetilo vida pruža percepciju svjetla, razlikovanje boja i percepciju dubine. Omogućuje nam kretanje i komunikaciju sa svijetom oko nas, kao što su učenje, uživanje i druge aktivnosti. U ljudskoj povijesti oko je bilo glavni instrument koji se koristio za istraživanje svemira i okoliša. Posebnom istraživanju oka se posvetila grana fizike poznata kao, optika.

Struktura oka, prikazana na slici 2., sastoji se od: bjeloočnice, rožnice, zjenice, leće, šarenice, cilijarnog mišića, mrežnice, žute pjege i očnog živca.

**Slika 5. Struktura oka**



Izvor: <https://www.adrialece.hr/rjecnik/anatomija-oka.html>

#### 4.1.1. Bjeloočnica

Bjeloočnica se poznaje kao „bijeli“ dio oka. Ona je čvrsta, neprozirna ovojnica oka koja ima funkciju zaštitnog sloja koji štiti unutrašnji dio oka. Na nju su spojeni mišići koji omogućavaju pokretanje oka i zauzima 80% ljudskog oka. Ima oblik kuglice koja završava na kraju gdje se umjesto nje nalazi rožnica te zajedno s njom tvori cjelokupnu očnu jabučicu. Njezina primarna i glavna funkcija je održavanje očnog tlaka.

#### 4.1.2. Rožnica

Rožnica je prozirna struktura vanjske očne ovojnice i nalazi se na prednjem dijelu očne jabučice. Ona čini glavni refrakcijski sustav oka u kojem se lomi svjetlo kad ulazi u oko. Zbog mogućnosti propuštanja svjetlosti ne sadrži krvne žile. Može se opisati kao optička leća koja se sastoji od prednje ispupčene leće i stražnje konkavne leće. Bogata je živcima te je iz toga razloga najosjetljiviji dio tijela te pri samom dodiru uzrokuje refleksno zatvaranje oka kako bi se spriječila oštećenja.

#### 4.1.3. Zjenica

Zjenica ili pupila je otvor koji se nalazi u središtu šarenice oka. Njezina glavna svrha je kontroliranje količine svjetlosti koja ulazi u oko. Tu kontrolu postiže pomoću dva mišića, sfinktera i dilatatora koji imaju suprotne uloge. Sfinkter sužava zjenicu i tako smanjuje količinu svjetlosti koja ulazi, a dilatator širi zjenicu i povećava količinu prolaska svjetlosti.

**Slika 6. Prikaz zjenice u mraku**



Izvor: izrada autora

Ukoliko se oko nalazi u prostoru ili okolini u kojoj nije prisutna velika količina svjetla, zjenica je raširenija kao što je prikazano na slici 6.

U slučaju da se oko nalazi u prostoru ili okolini koja ima veliki nivo osvijetljenosti dolazi do sužavanja zjenice kako bi se količina svjetlosti koja ulazi u oko smanjila.

**Slika 7. Prikaz zjenice po danu**

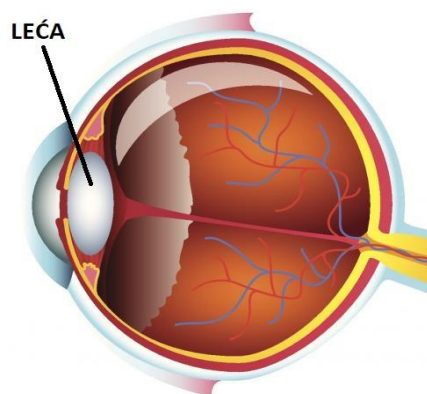


Izvor: izrada autora

#### 4.1.4. Leća

Leća je prozirna, eliptična i bikonveksna struktura (obje površine su ispupčene prema vani) koja se nalazi iza šarenice. Uloga leće je mijenjanje njezine debljine ovisno o udaljenosti promatranog predmeta kako bi se slika izoštrila. Starenjem postaje manje elastična te se iz tog razloga razvijaju bolesti oka ili dioptrijske korekcije.

**Slika 8. Prikaz položaja leće u oku**



Izvor: obrada autora

Dioptrijska jedinica za mjerenje jakosti loma zraka svjetlosti, odnosno refrakcije. Ona

predstavlja refrakcijsku grešku oka, tj. nemogućnost oka da izoštri vid. U oku bez dioptrije (zdravo oko) ulazak svjetlosnih zraka usmjeren je na mrežnicu pomoću rožnice i leće te se nakon toga stvara slika koja se prenosi u mozak. Kad oko ne lomi svjetlost na ispravan način dolazi do takozvane refrakcijske greške koja se javlja u vidu zamućene slike. Glavni tipovi refrakcijskih grešaka su kratkovidnost (miopija), dalekovidnost (hipermetropija), astigmatizam (cilindri) i staračka dalekovidnost (presbiopija).

#### 4.1.5. Šarenica

Šarenica je obojeni dio zjenice oko oka. To je ravna struktura, od kojih je svaka šarenica jedinstvena po boji, uzorku i strukturi. Šarenice se mogu identificirati kao što se mogu identificirati i otisci prsta. Boja se šarenice mijenja u prvih nekoliko godina života i uglavnom prestaje do desete godine. Boja ovisi o količini pigmenta sadržanog u šarenici. Promjer otvora šarenice varira od 2 do 8 mm, ovisno o intenzitetu svjetlosti.

**Slika 9. Prikaz šarenice**



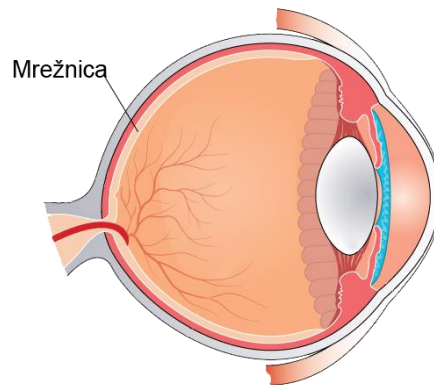
Izvor: izrada autora

#### 4.1.6. Mrežnica

Mrežnica je membrana, vrlo osjetljiva na svjetlost koja se nalazi s unutrašnje strane oka. Nalazi se na stražnjoj strani očne jabučice i najvažniji je dio. Uloga mrežnice je pretvaranje svjetlosnih signala u električne impulse, koji zatim prolaze kroz optički živac te naposljetku stižu u mozak. To je moguće jer je struktura mrežnice vrlo složena i precizna, tj. U njoj postoje različite vrste stanica od kojih su najpoznatije štapičaste i stožaste stanice. Mrežnica je podijeljena na periferna i središnja područja koja omogućuju različite vidne funkcije kao na primjer, detaljan središnji vid, percepcija boja, vid kod prigušenog svjetla i periferni vid.

Njezina debljina iznosi od 0,1 do 0,25 mm. Na slici 10. prikazan je položaj mrežnice.

**Slika 10. Prikaz mrežnice u oku**



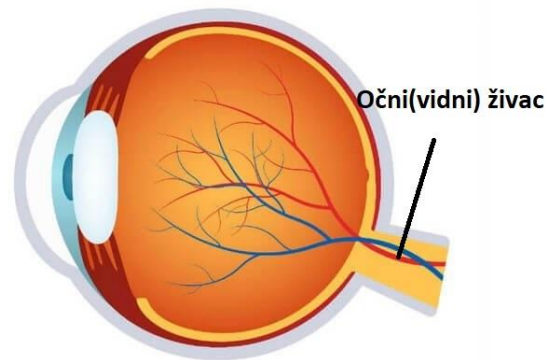
Izvor: [https://diagnostika-clarus.si/aktualno/23/anatomija\\_ocesa/](https://diagnostika-clarus.si/aktualno/23/anatomija_ocesa/)

#### 4.1.7. Žuta pjega

Žuta pjega je najvažniji dio oka gdje se formira središnji dio slike koju gledamo. Ključ je za stvaranje perifernog vida, prepoznavanje boja i percepcije različitih svjetlosnih uvjeta. Blago je ovalno područje koje se nalazi na mrežnici i veličine je oko 5,5 mm. Nalazi se između glavnih grana arterije i vene i sastavljena je od deset složenih slojeva stanica i njihovih veza. Uzroci oštećenja su različiti ali uglavnom su uzrokovani oksidacijom koja nastaje kao posljedica slabe cirkulacije i ishranjenosti makule. Oštećenje se razvija lako i bezbolno, a ukazuje se traženjem jačeg svjetla prilikom čitanja, teškom snalažljivošću u slabije osvijetljenim prostorijama i mučenjem vida.

#### 4.1.8. Očni živac

Očni ili vidni živac (slika 11.) je snop živčanih vlakana koji se sastoji od više od milijun vlakana. Nalazi se na stražnjem dijelu oka i sastoji se od živčanih stanica. Živčani signali putuju duž optičkog živca i šalju vizualne informacije u mozak. Glavna uloga vidnog živca je prijenos vizualnih informacija od mrežnice do mozga u obliku električnih impulsa. Zaslužan je za primanje svih vrsta vizualnih informacija. Omogućuje percepciju svjetline, boje i kontrasta. Također je zaslužan za svjetlosni refleks i refleks akomodacije. To su refleksi neurološke prirode. Svjetlosni refleks omogućuje da se zjenice oba oka sužavaju kad do njih dopre svjetlost, a refleks akomodacije omogućuje oku da prilagodi izoštrenost slike izbočenjem očne leće.

**Slika 11. Prikaz očnog(vidnog) živca**

Izvor: obrada autora

## 4.2. Osnove vida

Da bismo mogli vidjeti, moramo imati svjetlo. Iako ne poznajemo sve različite funkcije svjetlosti, znamo kako svjetlost putuje. Može se skretati, reflektirati, savijati ili upijati ovisno o različitim medijima na koje dolazi. Vid počinje kad se svjetlosna zraka odbija od objekta i prolazi kroz optički sustav oka te reflektira i fokusira u točku vidne oštine. Oštrina je temeljni pokazatelj funkcionalnosti oka, to je sposobnost vida da jasno vidi dvije odvojene točke. Označava funkciju oka da bez ili pomoću vidnih naočala i kontaktnih leća percipira sliku. Ako je vidna oštrina uredna označava se s 1,0 ili 100%. Uvjet za dobru vidnu oštrinu je da je žarište slike na foveji zdrave žute pjege, te da su zdravi živčani putevi do mozga. Foveja je točka koja se nalazi u središtu žute pjege, na tom području su najgušći čunjići i ta točka je odgovorna za centralnu vidnu oštrinu. Ta točka mora biti na mrežnici kao preduvjet dobrome vidu. Svjetlost u oko ulazi kroz rožnicu, čija je količina kontrolirana zjenicom. Fokusira se na mrežnici koja reagira na dolazeće svjetlo i šalje svjetlosne podražaje putem vidnog živca do mozga gdje se ispravlja te se stvara konačna slika.

## 5. Izvori svjetlosti

Glavna podjela izvora svjetlosti:

- Prirodna rasvjeta(dijeli se na primarne i sekundarne)
- Umjetna rasvjeta(umjetni izvor svjetlosti)

## 5.1. Prirodna rasvjeta

Primarni izvori svjetlosti još se nazivaju i termički izvori svjetlosti i kod njih postoji 3 načina emitiranja:

- Pomoću uporabe električne energije gdje se tijelo zagrijava do točke usijavanja, te kao rezultat tog usijavanja nastaje svjetlo. (Grijači, sijalice, užarene podloge itd.)
- Korištenjem toplinske energije gdje se stvara toplina i kao posljedica se stvara svjetlost (mnoge vrste goriva).
- Nuklearne reakcije, atomsko zračenje (Sunce).

U sekundarne izvore svjetlosti pripadaju sva tijela koja svjetlost odbijaju od svojih površina, npr. Mjesec koji odbija sunčevu svjetlost te kao posljedica toga „svijetli“ i zrcali tu svjetlost prema Zemlji.(slika12.)

**Slika 12. Prikaz odbijanja svjetlosti od mjeseca prema Zemlji**



Izvor: obrada autora

## 5.2. Umjetna rasvjeta

Umjetna rasvjeta je svjetlost koja je nastala od strane umjetnih izvora svjetlosti i za razliku od prirodne svjetlosti sadrži vrlo malo infracrvenog i ultraljubičastog zračenja, a u nekim slučajevima nema nikakvog zračenja (LED žarulje). Koristi se u svrhu osvjjetljavanja unutarnjih i vanjskih prostora. Dostupna je u različitim veličinama, oblicima, bojama i



intenzitetima. Umjetna rasvjeta je vrlo korisna u svakodnevnom životu kad nam prirodna rasvjeta nije dovoljna ili je skroz nema. U današnjici većina tehnologije se oslanja na umjetnu rasvjetu (Pametni telefoni, računala, televizori...).

### 5.2.1. Osnovni zahtjevi umjetne rasvjete

Osnovni zahtjevi za pravilnu upotrebu umjetne rasvjete su sljedeći:

- Mora pružati odgovarajuću razinu osvjetljenja kako bi omogućila ugodnu radnu atmosferu i samim time spriječila nastanak bilo kakvih nesreća ili ozljeda
- Mora biti ugodna za čovjekovo psihičko stanje (Ne smije biti pre jaka, šteti)
- Treba ispunjavati zahtjeve energetske učinkovitosti
- U radnom prostoru treba vladati što ravnomjernija raspodjela osvijetljenosti
- Treba izbjegavati odsjaj i sjene kako bi se spriječila nelagoda i umor u očima
- Potrebno je osigurati prikladno mjesto za postavljanje rasvjete

### 5.2.2. Žarulje s žarnom niti

Žarulja s žarnom niti (slika 13.) je uređaj koji pretvara električnu energiju u svjetlosnu. Princip rada je da struja teče kroz tanku nit napravljenu od Volframa i zagrijava ju na temperaturu sve od 2600 do 3000 K (Kelvina). Nakon toga žarna nit zrači energijom koja je u obliku vidljive svjetlosti i toplinskog zračenja. To zračenje je unutar granica vidljivog spektra. Mogu biti različitih oblika i veličina ali oko žarne niti se treba nalaziti zrakoprazni prostor kako bi se spriječilo njezino izgaranje. Efikasnost takvih izvora je smanjena zbog potrošnje velikog dijela snage u obliku toplinskog zračenja. Ovakva žarulja se najčešće koristila u kućanstvima i u prenosivim svjetiljkama ali od prvog rujna 2012. godine u Europskoj uniji se zabranila proizvodnja žarulja. Trgovine su smjele prodavati tek one preostale zalihe. Glavni nedostatak ovakve žarulje je bila niska energetska učinkovitost.

**Slika 13. Prikaz žarulje s žarnom niti**

Izvor: <https://www.svijet-svjetiljki.hr>

### 5.2.3. Halogena žarulja

Halogene žarulje su slične žaruljama s žarnom niti ali one za svoj rad koriste princip termičkog zračenja kako bi se generirala svjetlost (slika 14.). Cijevi ovakvih žarulja su ispunjene halogenim plinom (klor, brom, jod i fluor). Kad se električna struja pokrene, volfram koji se nalazi na žarnoj niti isparava i odlazi na stjenku cijevi, gdje se pod utjecajem visoke temperature  $< 1400\text{ }^{\circ}\text{C}$  spaja s halogenim plinovima. Strujanje vodi ovakav spoj prema žarnoj niti, gdje se pod utjecajem temperature  $> 1400\text{ }^{\circ}\text{C}$  razgrađuje, a volfram se ponovo vraća u nit. Kod ovog procesa temperature dosežu do  $3000\text{ }^{\circ}\text{C}$  pa se iz tog razloga koriste specijalna stakla od kvarca koja zadržavaju UV zračenja.

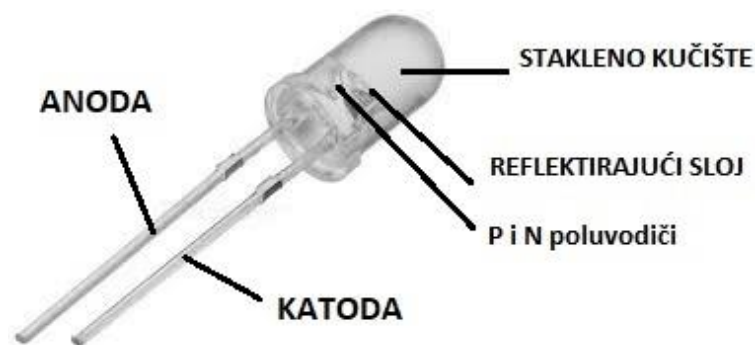
**Slika 14. Prikaz industrijske halogene žarulje**

Izvor: <https://www.svijet-svjetiljki.hr>

#### 5.2.4. LED žarulja (dioda)

LED žarulje(diode) su diode koje emitiraju svjetlost, to su posebni poluvodički elementi dizajnirani da emitiraju svjetlost određene valne duljine i specifične boje. LED diode, koje se sastoje od pozitivne(anode) i negativne(katode) elektrode(slika 15.), proizvode svjetlost elektroluminiscencijom u poluvodičkom materijalu, što znači da se svjetlost javlja kad struja prolazi kroz poluvodički materijal.

**Slika 15. Prikaz LED diode**



Izvor: izrada autora

Neki od poluvodičkih materijala korištenih u LED diodama su germanij i silicij. Kad kroz njih prođe električna struja ili električno polje dolazi do emitiranja fotona odnosno svjetlosti. LED žarulje(diode) emitiraju bijelo svjetlo koje se nalazi u vrlo uskom području valnih duljina te je iz tih razloga vrlo zahtjevno napraviti kvalitetnu žarulju koja će emitirati svjetlo svih valnih duljina. Ovakva tehnologija je i dalje u razvoju i teži poboljšanju i nadograđivanju, ali se sve više koristi u današnjici zbog svoje visoke svjetlosne učinkovitosti.

#### 5.2.5. Vrste unutarnje umjetne rasvjete

Izbor vrste umjetne rasvjete ovisi o vrsti prostora koja se osvjetljava(Hodnik, Radionica, Operacijska sala...). Razne namjene prostora poput „odmora“ ili „rada“ zahtijevaju i razne načine, vrste i intenzitete osvjetljenosti. Iz tog razloga se funkcije osvjetljenja moraju podudarati s zahtjevima prostorije.

Kad je u pitanju rasvjeta postoje tri osnovne vrste umjetne rasvjete, svaka sa svojom određenom funkcijom:

- Opća ili ambijentalna rasvjeta (unutarnja ili vanjska)
- Rasvjeta kod obavljanja određenih poslova

- Naglašena rasvjeta

Vrste rasvjete koje mogu biti u upotrebi su:

- Luster
- LED rasvjeta (ugradbena)
- Stolna rasvjeta
- Podna rasvjeta
- Zidna ili stropna rasvjeta

Ambijentalna rasvjeta može se koristiti u zatvorenim prostorijama kod odmaranja, rasvjeta kod obavljanja određenih poslova može biti različita ovisno o poslu koji se obavlja. Naglašena rasvjeta se koristi kako bi se istaknuo neki detalj ili objekt koji se inače ne bi primijetio, služi isključivo u estetske svrhe.

Prema emisiji svjetlosti rasvjeta se može podijeliti u tri kategorije:

- Direktna rasvjeta
- Indirektna rasvjeta
- Direktno/indirektna rasvjeta (kombinacija prvih dviju načina rasvjete)

Direktna ili izravna rasvjeta gotovo svu svoju svjetlost emitira prema jednoj površini ili prostoru, ovisno o namjeni. Vrlo je korisna ali kod nje postoji opasnost od izravnog odsjaja ili vrlo uočljivih sjena.

Indirektna rasvjeta svu svoju svjetlost distribuira na okolne zidove i stropove te na taj način osvjetljava prostoriju. U većini slučajeva pruža vrlo ugodnu osvjetljenost ali prostor koji je pod utjecajem tog svijetla izgleda „ravniji“.

Direktno/indirektna rasvjeta emitira svjetlost u oba smjera što ju naspram prijašnje dvije vrste rasvjete čini najviše energetske učinkovitu od svih.

#### 5.2.6. Vanjska rasvjeta

Vanjska rasvjetu moguće je razvrstati u tri kategorije ovisno o lokaciji:

1. Rasvjeta puteva(ceste, kružni tokovi)
2. Rasvjeta trgova i trotoara
3. Reflektorska rasvjeta(Fasade)

Osnovna uloga ovakve rasvjete je smanjenje broja nesreća, osiguranje bolje vidljivosti

a samim time i veće sigurnosti u vožnji cestama, zaštita ljudi i objekata. Također, rasvjeta može biti odličan pomoćnik prilikom orijentacije u šetnji ili upravljanju vozilom. Vanjska rasvjeta ima veliku ulogu u stvaranju atmosfere i stvara rezidencijalnu vrijednost, te je važan element u kvaliteti ljudskog života.

Kod projektiranja cestovne rasvjete, najvažniji faktor je bliještanje. Svjetlost koja dolazi iz izvora se reflektira od površine ceste i dolazi do oka promatrača (pješač, vozač). Smetnja kao bliještanje može izazvati vidnu nelagodu i zamor oka ako duže utječe na promatrača. Kontrast ima jako veliku važnost u projektiranju vanjske rasvjete, potrebno je osigurati nužnu boju i svjetlinu kako bi se omogućilo što lakše uočavanje objekata. Nivo osvjetljenosti ne smije biti pre jak kako bi se smanjilo bliještanje i rasvjeta mora biti raspoređena što ravnomjernije kako bi se zaobišlo postojanje sjena ili tamnih područja koje mogu sadržavati opasnosti koje u tom slučaju ne bi bile uočljive. Izvori svjetla se uz cestu postavljaju tako da prate tok ceste kako bi u slučaju vožnje omogućili vozaču da „prati“ tok svjetla. Ta primjena rasvjete je najkorisnija kod zavoja jer „navodi“ vozača u pravom smjeru. Za raskrižja se mora postići nivo osvjetljenja isti kao kod ceste koja je najbolje osvjetljena kako ne bi došlo do naglog prijelaza iz jednog u drugi nivo osvjetljenosti.

Reflektorska rasvjeta ima ulogu podizanja nivoa osvjetljenosti ulica ali prva i najvažnija uloga je estetička. Kod odabira reflektorske rasvjete zgrada u obzir se treba uzeti i svjetlosni utjecaj okoline.

## **6. Mjerni instrument fotometar (Luks metar)**

Za mjerenje svjetlosti koristi se uređaj pod nazivom Luks metar ili fotometar. Redovno se koristi prilikom utvrđivanja nivoa ili intenziteta svjetlosti kako bi se utvrdili i osigurali sigurni i optimalni uvjeti za kvalitetno osvjetljenje i rad.

Princip rada ovog uređaja je da uspoređuje, osvjetljenost neke površine čiji je izvor svjetlosti poznat, sa osvjetljenošću koja proizlazi iz nekog nepoznatog izvora. Slika 16. prikazuje mjerni uređaj korišten za istraživanje.

**Slika 16. Prikaz Luks metra (UT382)**

Izvor: izrada autora

U današnje vrijeme primjenjuju se fotometri(luks metri) koji u sebi imaju fotoćelije osjetljive na zračenje. Kako bi mjerenja bila što točnija i pouzdanija potrebno je znati ovisnost fotoćelije o valnoj duljini zračenja.

Specifikacije Luks metra (UT382) korištenog za svrhe rada su sljedeće:

- ½ bitni prikaz, najviše 1999 bitova
- Prikaz izvan raspona „(L)“
- Vrsta senzora: digitalni vidljivi svjetlosni senzor
- Učestalost uzrokovanja: 100puta/s
- Izvor napajanja: jedna 1604A 6F22 9V baterija
- Dugovječnost baterije: 200 sati za običnu alkalnu bateriju
- Dimenzije: 195mm x 45mm x 26 mm
- Težina: oko 185g (uključujući bateriju)

## 7. Norme rasvjete

Rasvjeta u skladu s normama treba ispunjavati uvjete vezane za jakost i ravnomjernu raspodjelu osvijetljenja. U skladu s Europskom Unijom, 2021. godine prihvaćene su dvije norme za rasvjetu radnih mjesta: HRN EN- 12462-1 i HRN EN- 12462-2. Norma HRN EN- 12462-1 odnosi se na rasvjetu unutrašnjih dijelova radnih prostora, dok je Norma HRN EN-12462-2 namijenjena za rasvjetu vanjskih radnih prostora.

U nastavku je naveden sažetak Norme HRN EN- 12462-1, koji je gotovo identičan Normi HRN EN- 12462-2:

*„Ova Europska norma propisuje zahtjeve glede rasvjete unutrašnjih radnih prostora koji moraju udovoljavati potrebama vizualnih udobnosti i obavljanja vizualnih zadataka. Obuhvaćeni su svi vizualni zadatci, uključivo rad s računalnim zaslonima. Iako zahtjevi u svezi rasvjete, određeni u ovoj normi, općenito uzevši udovoljavaju zahtjevima sigurnosti, ova norma ne sadrži zahtjeve u odnosu na rasvjetu u pogledu zdravlja i sigurnosti radnika na radu i ne ulazi u područje primjene članka 137. ugovora Europske unije. Zahtjevi u odnosu na rasvjetu u pogledu sigurnosti i zdravlja radnika mogu biti sadržani u smjernicama temeljnim članku 137. Europske unije, u nacionalnim zahtjevima za provedbu tih smjernica, ili u drugim nacionalnim pravnim odredbama zemalja članica. Namjena ove norme nije pružanje određenih rješenja, ni ograničavanje slobode pronalaženja novih tehnika ili materijala. Ona se ne primjenjuje na vanjske radne prostore, ni na podzemne kopove.“*

Osnovni parametri rasvjete prema normama HRN EN-12462-1 i 2. 2021. godine su sljedeći:

- Nivo osvijetljenosti
- Ravnomjernost osvijetljenosti
- Bliještanje
- Smjer upada svjetlosti
- Boja svjetlosti

Neki od zahtjeva prema normama HRN EN-12462-1. i 2. koje govore kolika razina osvijetljenosti izražena u luksima(lx) mora biti ostvarena u određenim prostorijama i ustanovama su:

1. Općenito:

- Sobe za odmor- 200 lx
- Hodnici- 200 lx
- Spremišta- 100/200 lx
- Sanitarni prostori- 200 lx
- Uredi- 500 lx

2. Školske zgrade:

- Učionice- 300 lx
- Predavaonice- 500 lx

- Školska ploča- 500 lx
- Ulazni holovi- 200 lx
- Stubišta- 150 lx
- Knjižnica(zona čitanja)- 500 lx

### 3. Zdravstvene ustanove

- Čekaonice- 200 lx
- Koridori(tijekom dana)- 150 lx
- Koridori(tijekom noći)- 50 lx
- Dnevne sobe- 200 lx
- Uredi za osoblje- 500 lx
- Pretrage i tretmani- 1000lx
- Operacijska dvorana- 1000lx
- Zona operacije(tjelesna šupljina)- Em 10000 do 100000 lx

## 7.1. Norme nužne rasvjete

Norme koje vladaju za nužnu rasvjetu su sljedeće:

- HRN IEC 60598-2-22- Svjetiljke za sigurnosnu rasvjetu
- EN 1838- Primjena rasvjete - Nužna rasvjeta
- EN 50172- Sustavi rasvjete za slučaj panike
- ISO 3864-1- Grafički simboli - Boje i znakovi sigurnosti

## 7.2. Opis nužne rasvjete

Nužna rasvjeta je rasvjeta koja je potrebna u slučaju zastoja ili kvara glavne rasvjete tj, glavnog izvora energije.

Podjela nužne rasvjete prema EN 1838 Normi:

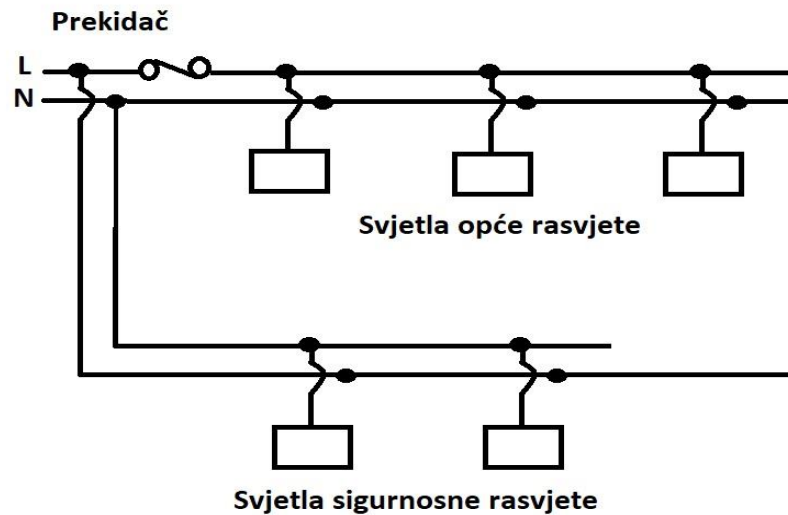
- Pomoćna rasvjeta: nema nikakvu sigurnosnu ulogu već služi da se u slučaju prekida elektroopskrbe, nastavi normalna funkcija rasvjete i omogući neprekidno pružanje osvjjetljenja.
- Sigurnosna rasvjeta: namjena sigurnosne rasvjete je sigurno napuštanje objekta ili nekog djela koji je zbog nekih okolnosti ugrožen(Poplava, požar, potres itd.).

Sigurnosna rasvjeta se postavlja na hodnike, raskrižja hodnika, izlaze/ulaze, stepeništa, blizu aparata za dojavu i gašenje požara, dizala...Ona se spaja na strujni krug opće rasvjete prije



prekidača jer na taj način kvar osigurača neće utjecati na nju. Na slici 17. prikazana je shema spajanja sigurnosne rasvjete u strujni krug.

**Slika 17. Shema spajanja sigurnosne rasvjete u strujni krug**



Izvor: izrada autora

Sigurnosna rasvjeta se još može razgranati u tri kategorije:

- Sigurnosna rasvjeta putova evakuacije
- Anti panična rasvjeta
- Sigurnosna rasvjeta za posebno opasna mjesta

Rasvjeta putova evakuacija omogućuje siguran izlaz iz objekata ili djela zahvaćenih nesrećom te pomaže kod uočavanja sigurnosne opreme. Anti panična rasvjeta služi za omogućavanje sigurnog dolaska do početka puta evakuacije, a sigurnosna rasvjeta posebno opasnih mjesta naglašava i sprječava pristup tim mjestima u slučaju evakuacije.

### 7.3. Parametri rasvjete prema normama HRN EN-12464-1 I 2. 2021.

#### 7.3.1. Nivo osvjetljenosti

Nivo osvjetljenosti je mjerilo za količinu svjetla koja pada na neku površinu. Jedinica za osvjetljenost je luks (lx). Luks je računaska veličina koju naše oko ne može percipirati. Jakost rasvjete od 1 lx ima ta površina od 1m<sup>2</sup> ako na nju pada svjetlosni tok od 1lm(lumen).

Formula glasi:

$$1lx = 1 \frac{lumen}{metar^2} = 1 \frac{lm}{m^2}$$

Kod obavljanja nekog posla i vidnih zadataka potreban je određeni nivo osvjetljenosti. Minimalni nivo osvjetljenosti za prepoznavanje i raspoznavanje ljudskog lica iznosi 10 lx (vertikalno) i 20 lx (horizontalno). Optimalni nivo osvjetljenosti u radnim prostorijama iznosi između 1500 i 2000 lx. Uz takav nivo osvjetljenosti postiže se optimalna produktivnost i dobra koncentracija uz najmanje pojavljivanje znakova umora. U radnim prostorijama postoje 3 glavna područja nivoa osvjetljenosti, a to su:

- Hodnici i prostorije koji su rijetko u upotrebi (20-200 lx)
- Radionice (opće osvjetljenje, 200-2000 lx)
- Prostorije i radni prostori za vrlo delikatni rad (Kirurške ordinacije, 2000-20000lx)

### 7.3.2. Ravnomjernost osvjetljenosti

Zbog smanjenja zamora i vidnih sposobnosti u prostorijama ne smije postojati pre velika razlika u osvjetljenosti. Ravnomjernost se definira kao omjer najslabije osvjetljene točke u prostoriji ( $E_{min}$ ) i srednje vrijednosti osvjetljenosti prostorije ( $E_{sr}$ ):

**Tablica 1. Ravnomjernost osvjetljenosti**

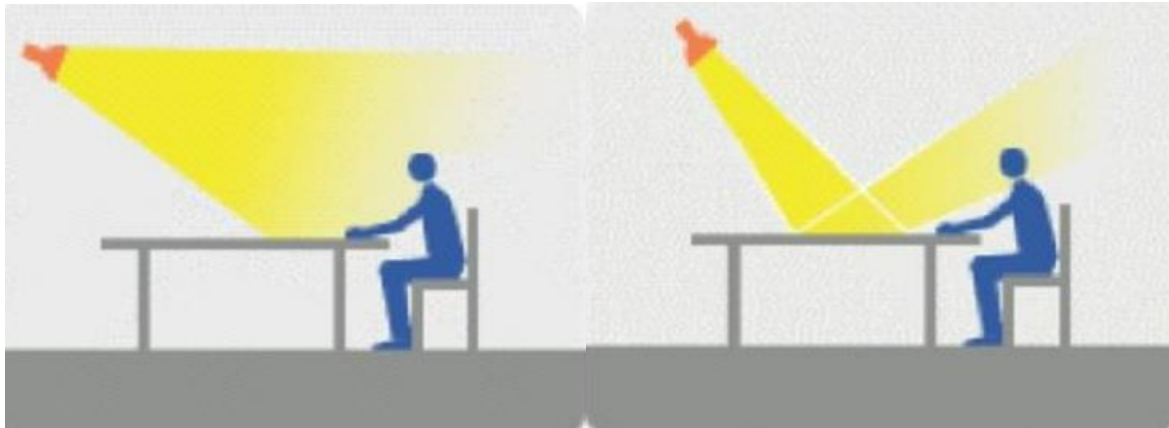
VIDNI ZAHTJEV	RAVNOMJERNOST OSVIJETLJENOSTI ( $E_{min}:E_{sr}$ )
Vrlo mali	1:6 ili 1:3
Mali	1:3
Srednji	1:2.5
Veliki, Vrlo veliki, Vanredno veliki	1:1.5

Izvor: Električna rasvjeta (2015.), prezentacija

### 7.3.3. Bliještanje

Bliještanje je uzročnik smanjenja vidnih sposobnosti, kod dužeg izlaganja izaziva psihičku neudobnost, zamor te samim time smanjuje radnu sposobnost. Na slici 18. prikazane su vrste bliještanja, koje mogu biti direktne i indirektno/reflektivne.

**Slika 18. Prikaz direktnog bliještanja(lijevo) i prikaz indirektnog/reflektivnog bliještanja(desno)**



Izvor: Električna rasvjeta (2015.), prezentacija

Direktno bliještanje nastaje kad je sjajnost izvora svjetla veća od sjajnosti(osvijetljena) prostorije i ovisi o:

- Jakosti izvora svjetla (Svjetiljke, lampe)
- Boji svjetla i površini svjetla
- Položaju svjetla u odnosu na vidno polje

Kako bi se uklonilo ili suzbilo direktno bliještanje potrebno je ograničiti sjajnost izvora svjetla te paziti na njegov položaj u prostoriji s obzirom na vidno polje.

Indirektno ili reflektivno bliještanje nastaje refleksijom svjetla na površinama zrcalnih karakteristika. Smjer gledanja se ne smije poklopiti sa smjerom odbijanja svjetlosti od površine. Ovakvo bliještanje se može korigirati matiranjem površina koje zrcale svjetlost u smjeru gledanja i promjenom položaja izvora svjetlosti.

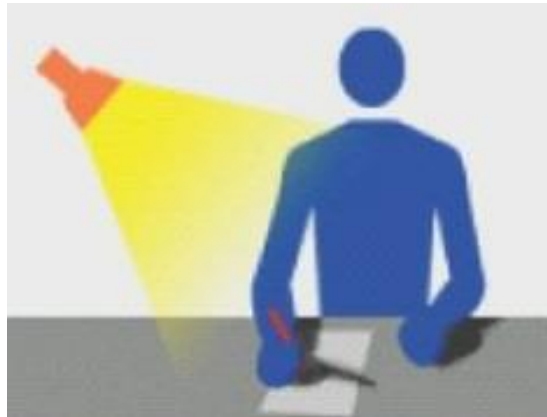
#### 7.3.4. Smjer upada svjetlosti

Kako bi se mogli raspoznavati predmeti u prostoru, izgled njihovih površina i oblika potrebno je osigurati kvalitetan i pravilan smjer upada svjetlosti. U slučaju da postoji indirektni upad svjetla, dolazi do otežanog raspoznavanja plastičnosti objekata i soba može poprimiti strukturno siromašan izgled. Do vizualne obmane dolazi u slučaju kad je smjer upada svjetla iz neprirodnog kuta. Sjene su vrlo poželjne u rasvjeti te tvrdoće sjena u prostoriji moraju biti male tj. ne pre tamne, a prijelazi sjena mekani.

Na slikama su prikazani primjer lošeg i dobrog smjera upada svjetlosti prilikom rada. Slika 19. prikazuje stvaranje sjene u radnom području osobe koja nikako nije poželjna jer stvara

smetnje prilikom izvršavanja radnih zadataka.

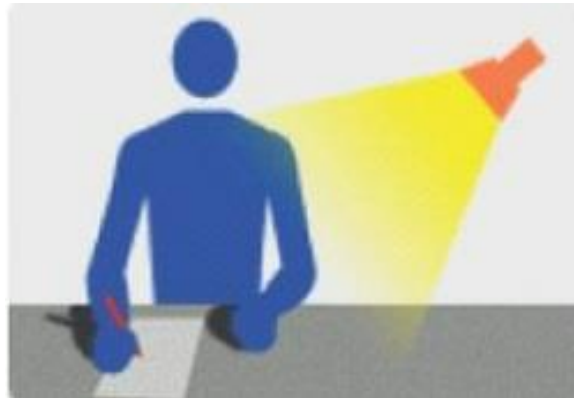
**Slika 19. Prikaz lošeg smjera upada svjetlosti prilikom rada**



Izvor: Električna rasvjeta (2015.), prezentacija

Kako bi se osigurao rad bez smetnji i s prigodnijim upadom svjetla, potrebno je pozicionirati izvor svjetla poput primjera prikazanog na slici 20.

**Slika 20. Primjer dobrog smjera upada svjetlosti prilikom rada**



Izvor: Električna rasvjeta (2015.), prezentacija

### 7.3.5. Boja svjetla

Boja svjetla nekog izvora svjetlosti opisuje temperaturu boje. Jedinica za temperaturu je Kelvin(K) i ona je parametar koji daje do znanja emitira li izvor toplu ili hladnu boju. Što je vrijednost u Kelvinima niža to je bijela svjetlost toplija (od 2700K), a što je vrijednost viša, to svjetlo djeluje hladnije(od 5300K).

U današnje vrijeme priča se kako LED žarulje, za razliku od žarulja sa žarnom niti, nose puno nedostataka. Najprije, da LED žarulje emitiraju samo bijelu svjetlost koja je previše

svijetla, neudobna i blještava. No, LED žarulje dolaze u svim bojama.

Više je uvjeta koji utječu na boju koja vlada u prostoru, a neki od glavnih su (Električna rasvjeta, 2015.) :

- Boja izvora svjetlosti
- Boja prostorije
- Boja predmeta u prostoriji
- Nivo osvijetljenosti

Boju svjetlosti izvora moguće je određivati na dva načina: Trihromatskim koordinatama i temperaturom boje.

Najčešće se koristi temperatura boje i dijeli se na tri skupine (Električna rasvjeta, 2015.):

- Tople boje
- Bijele boje
- Boje dnevne svjetlosti

Za tople boje ili tople izvore svjetlosti, karakteristična temperatura boje je 3000K(kelvina). U ovoj kategoriji ukazuju se narančasti i crveni tonovi. Izvori koji daju ovu boju su (Električna rasvjeta, 2015.):

- Žarulje (2200 do 2900K)
- Halogene žarulje(3000K)
- Fluorescentne cijevi(2900K)- tople bijele boje

Kod skupine izvora svjetlosti bijele boje prevladava temperatura boje 4000K. Ovakvi izvori daju neutralnu boju i tu spadaju:

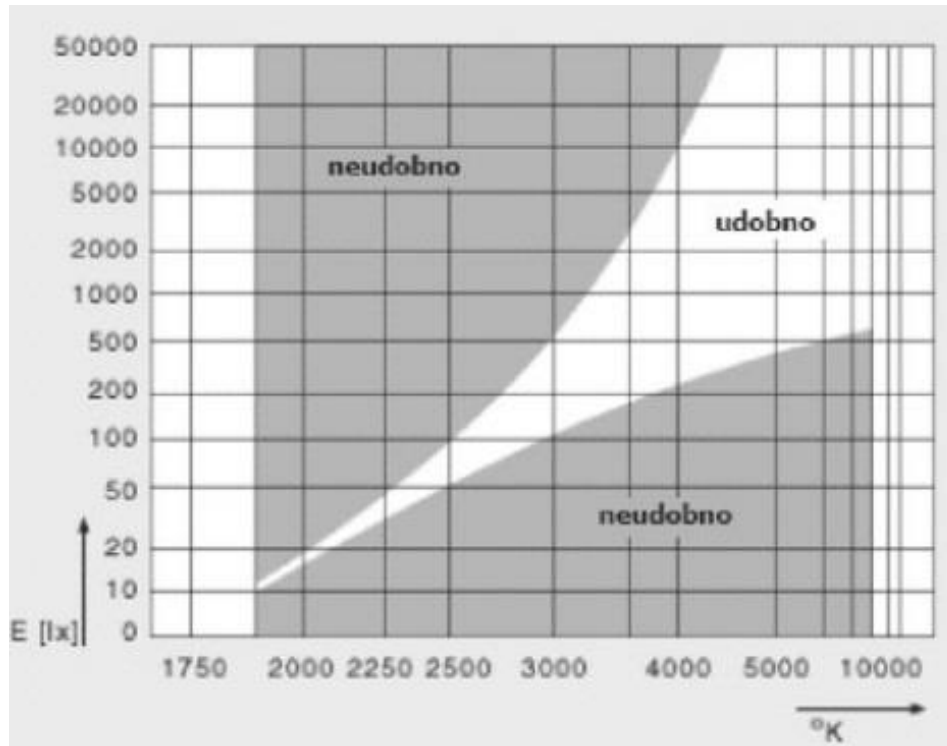
- Fluorescentne cijevi (svijetlo bijele i bijele boje, 3500K- 4500K)
- Visokotlačne metal-halogene sijalice(4000K)

Temperaturom boje oko 6000K karakteriziraju se izvori dnevne boje svjetlosti. Koriste se u prostorijama gdje vladaju visoki nivoi osvijetljenosti i u tu kategoriju se svrstavaju:

- Fluorescentne cijevi (dnevne boje, 6500K)
- Visokotlačne metal-halogene sijalice(6000K)
- Ksenon sijalice(6300K)

U slučaju da je nivo osvijetljenosti nizak potrebne su toplije boje svjetlosti, a kad su nivoi osvijetljenosti visoki potrebnije su bijele boje i boje dnevne svjetlosti. Ovisnost boje svjetlosti o nivou svjetlosti prikazuje Kruithof-ov dijagram (Slika 21.)

**Slika 21. Kruithof-ov dijagram ( $E[lx]$ -razina osvijetljenosti,  $^{\circ}K$ -temperatura boje)**



Izvor: Električna rasvjeta (2015.), prezentacija

Kruithof-ov dijagram pokazuje koje vrijednosti osvijetljenosti daju udobnost pri određenim temperaturama. Područje označeno s „ugodno“ je točno to područje na koje se cilja prilikom zahtjeva kod osvijetljenosti. Temperaturom se zadaje atmosfera prostora pa se za ugodniju atmosferu koriste toplije temperature boja koje odgovaraju višim nivoima osvijetljenosti.

## **8. Primjer mjerenja rasvjete radnog prostora (uredski prostor-rad na računalu)**

Komponente računala je potrebno na radnom mjestu adekvatno pozicionirati uzevši u obzir sve uvjete mikroklima (svjetlost, vlaga zraka, strujanje zraka, buka). U ovom radu pažnja se posvećuje osvijetljenju. Svu periferiju računala potrebno je postaviti na taj način da je u potpunosti moguć rad samo s prirodnim osvijetljenjem tako da je ono dovoljne jakosti i da je

ravnomjerno raspoređeno po radnom prostoru. U slučajevima kad to nije u potpunosti moguće iz razloga da se poslovi obavljaju u vrijeme nedovoljne prirodne rasvjete ili prirodna rasvjeta nije uvijek dovoljne jakosti, postavlja se umjetna rasvjeta.

Umjetna rasvjeta mora biti adekvatne jakosti ovisno o vrsti posla koji se obavlja i mora biti bez titranja i bliještanja. U sljedećem djelu rada prikazan je praktični dio rada, a to je ispitivanje svjetlosti u uredskom prostoru i predavaonicama u kojim se obavljaju administrativni poslovi i odvija nastava.

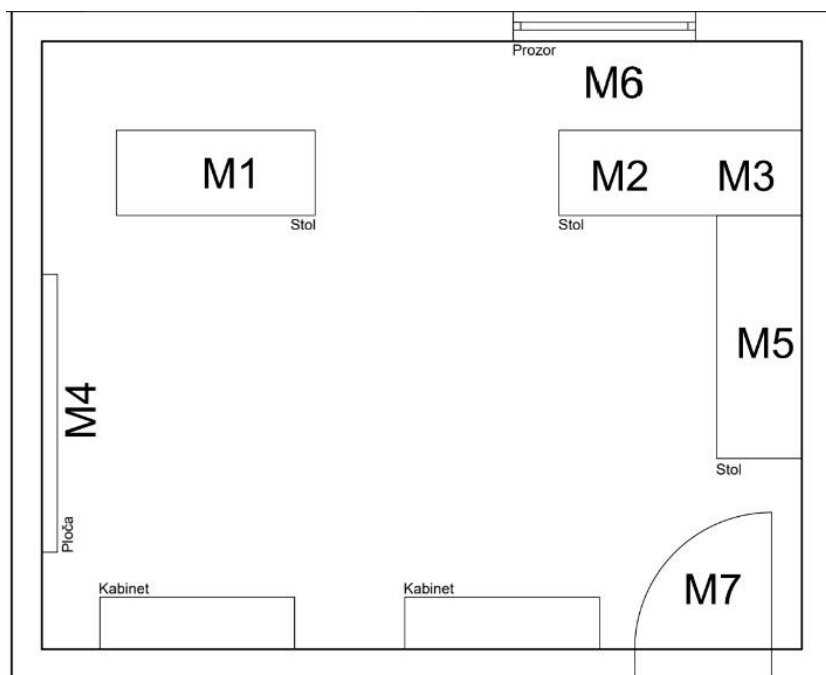
- Norma po čijoj su se zahtjevima radila mjerenja je Svjetlo i Rasvjeta- Rasvjeta radnih mjesta- 1.dio Unutrašnji radni prostori HRN EN 12464-1:2021.
- Za ispitivanje je korištena sljedeća oprema: Luks metar „UT382“
- Uvjeti u prostoru: podovi u uredu su ravni i neoštećeni, a rasvjeta je prirodna i opća.
- Mjerna metoda kod mjerenja osvijetljenosti:
  - Mjerenje je izvršeno u horizontalnoj ravnini  $h=0,85m$  od poda tj. na radnoj površini (Uredskom stolu za računalo i stolovima za pisanje i rad tijekom nastave)
  - Mjerenje je izvršeno u doba dana

Rezultati mjerenja i skice predavaonica i uredskih prostora prikazani su u nastavku:

**Tablica 2. Rezultati mjerenja rasvjete uredskog prostora-Ured 1 Dekan**

Redni broj	Mjerno mjesto- mjesto rada	Izmjerena osvijetljenost	Minimalna zahtijevana horizontalna osvijetljenost sukladno(HRN EN 12464- 1)	Zadovoljava
		Eizm/lx	Emin/lx	
<b>Ured 1 Dekan</b>				
<b>M1</b>	Uredski stol s računalom	563	500	DA
<b>M2</b>	Uredski stol	627	500	DA
<b>M3</b>	Uredski stol	730	500	DA
<b>M4</b>	Ploča	655	500	DA
<b>M5</b>	Uredski stol	750	500	DA
<b>M6</b>	Prozor	850	500	DA
<b>M7</b>	Ulaz/Izlaz	557	500	DA

Izvor: izrada autora

**Slika 22. Skica- Ured 1, dekan**

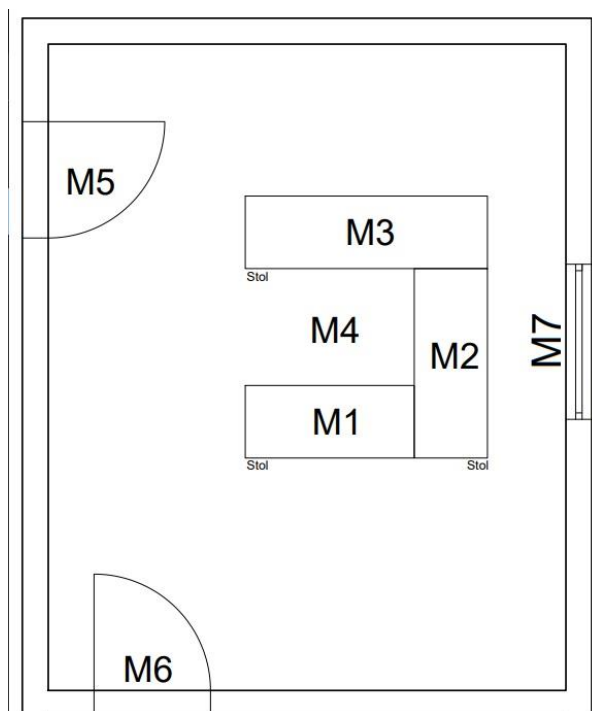
Izvor: izrada autora

**Tablica 3. Rezultati mjerenja rasvjete uredskog prostora-Ured 2 Fakultet prirodnih znanosti**

Redni broj	Mjerno mjesto- mjesto rada	Izmjerena osvijetljenost	Minimalna zahtijevana horizontalna osvijetljenost sukladno(HRN EN 12464- 1)	Zadovoljava
		<b>Eizm/lx</b>	<b>Emin/lx</b>	
<b>Ured 2 Fakultet prirodnih znanosti</b>				
<b>M1</b>	Uredski stol s računalom	763	500	DA
<b>M2</b>	Uredski stol s računalom	731	500	DA
<b>M3</b>	Uredski stol s računalom	742	500	DA
<b>M4</b>	Pod	638	500	DA
<b>M5</b>	Ulaz/Izlaz	591	500	DA
<b>M6</b>	Ulaz/Izlaz	540	500	DA
<b>M7</b>	Prozor	524	500	DA

Izvor: izrada autora



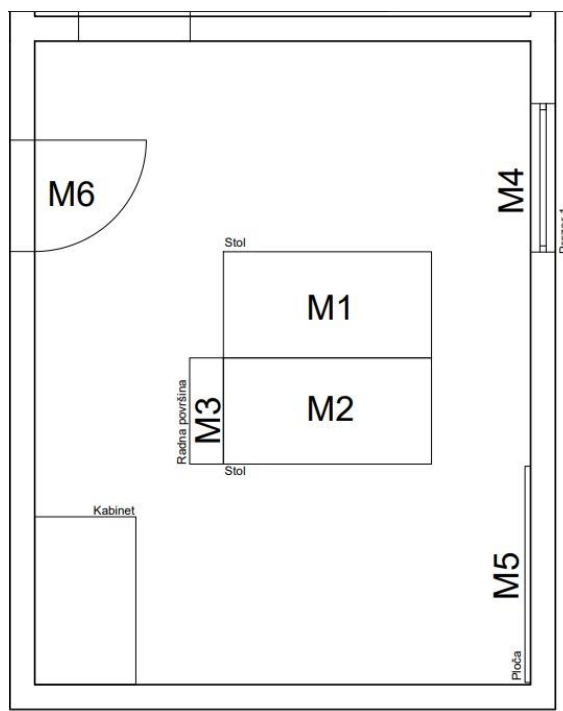
**Slika 23. Skica- Ured 2(Fakultet prirodnih znanosti)**

Izvor: izrada autora

**Tablica 4. Rezultati mjerenja rasvjete uredskog prostora-Ured 3 Dekanica**

Redni broj	Mjerno mjesto- mjesto rada	Izmjerena osvijetljenost	Minimalna zahtijevana horizontalna osvijetljenost sukladno(HRN EN 12464-1)	Zadovoljava
		<b>Eizm/lx</b>	<b>Emin/lx</b>	
<b>Ured 3 Dekanica</b>				
<b>M1</b>	Uredski stol s računalom	1100	500	DA
<b>M2</b>	Uredski stol s računalom	1260	500	DA
<b>M3</b>	Pomoćni stolić/Ormarić	1230	500	DA
<b>M4</b>	Prozor	598	500	DA
<b>M5</b>	Ploča	905	500	DA
<b>M6</b>	Ulaz/Izlaz	750	500	DA

Izvor: izrada autora

**Slika 24. Skica- Ured 3, dekanica**

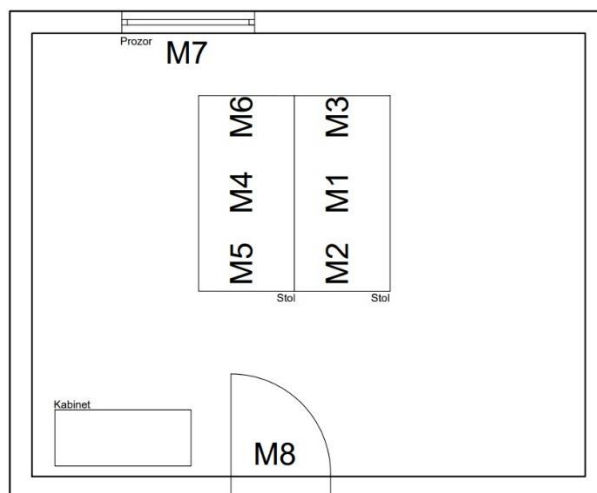
Izvor: izrada autora

**Tablica 5. Rezultati mjerenja rasvjete uredskog prostora-Ured 4 Tajništvo**

Redni broj	Mjerno mjesto- mjesto rada	Izmjerena osvijetljenost	Minimalna zahtijevana horizontalna osvijetljenost sukladno(HRN EN 12464- 1)	Zadovoljava
		<b>Eizm/lx</b>	<b>Emin/lx</b>	
<b>Ured 4 Tajništvo</b>				
<b>M1</b>	Uredski stol s računalom (sredina)	432	500	NE
<b>M2</b>	Uredski stol s računalom (lijevo)	450	500	NE
<b>M3</b>	Uredski stol s računalom(desno)	440	500	NE
<b>M4</b>	Uredski stol s računalom(sredina)	417	500	NE
<b>M5</b>	Uredski stol s računalom (desno)	443	500	NE
<b>M6</b>	Uredski stol s računalom (lijevo)	432	500	NE
<b>M7</b>	Prozor	493	500	NE
<b>M8</b>	Ulaz/Izlaz	250	500	NE

Izvor: izrada autora

**Slika 25. Skica- Ured 4, Tajništvo**



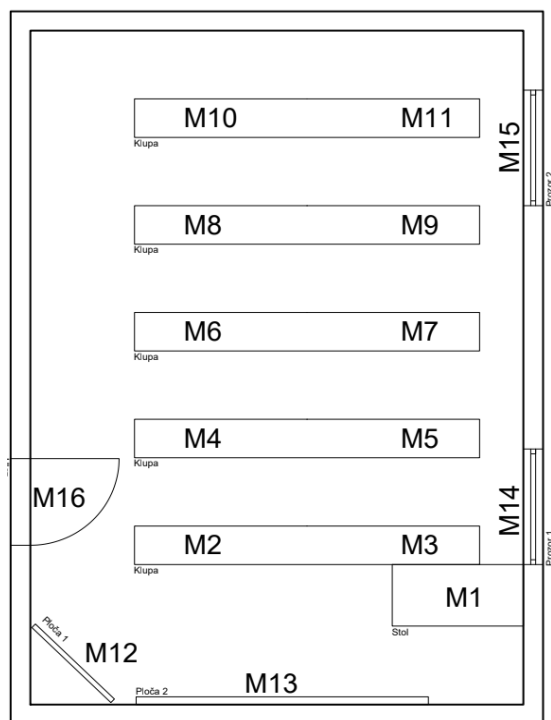
Izvor: izrada autora

**Tablica 6. Rezultati mjerenja rasvjete predavaonice-Predavaonica 1.2**

Redni broj	Mjerno mjesto- mjesto rada	Izmjerena	Minimalna zahtijevana	Zadovoljava
		osvjetljenost	horizontalna osvjetljenost sukladno(HRN EN 12464- 1)	
		Eizm/lx	Emin/lx	
<b>Predavaonica 1.2</b>				
<b>M1</b>	Stol s računalnom	760	500	DA
<b>M2</b>	Klupa(desno)	868	500	DA
<b>M3</b>	Klupa(lijevo)	757	500	DA
<b>M4</b>	Klupa(desno)	728	500	DA
<b>M5</b>	Klupa(lijevo)	684	500	DA
<b>M6</b>	Klupa(desno)	736	500	DA
<b>M7</b>	Klupa(lijevo)	712	500	DA
<b>M8</b>	Klupa(desno)	779	500	DA
<b>M9</b>	Klupa(lijevo)	630	500	DA
<b>M10</b>	Klupa(desno)	730	500	DA
<b>M11</b>	Klupa(lijevo)	790	500	DA
<b>M12</b>	Ploča 1	530	500	DA
<b>M13</b>	Ploča 2	505	500	DA
<b>M14</b>	Prozor 1	808	500	DA
<b>M15</b>	Prozor 2	829	500	DA
<b>M16</b>	Ulaz/Izlaz	615	500	DA

Izvor: izrada autora

Slika 26. Skica- Predavaonica 1.2



Izvor: izrada autora

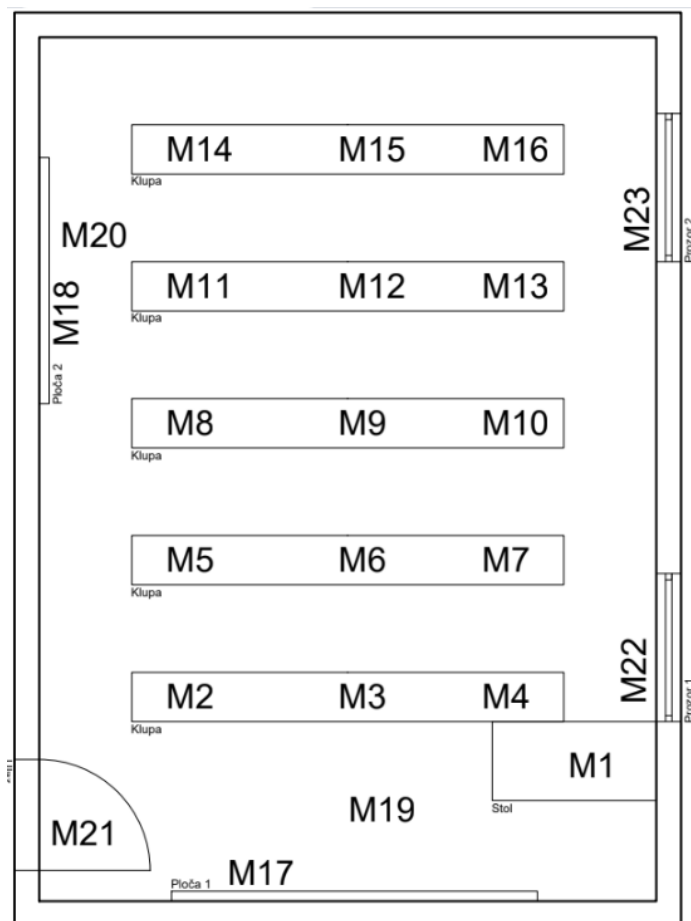
Tablica 7. Rezultati mjerenja rasvjete predavaonice-Predavaonica 1.3

Redni broj	Mjerno mjesto- mjesto rada	Izmjerena osvjetljenost	Minimalna zahtijevana horizontalna osvjetljenost sukladno(HRN EN 12464-1)	Zadovoljava
		Eizm/lx	Emin/lx	
<b>Predavaonica 1.3</b>				
<b>M1</b>	Stol s računalom	680	500	DA
<b>M2</b>	Klupa(lijevo)	852	500	DA
<b>M3</b>	Klupa(sredina)	906	500	DA
<b>M4</b>	Klupa(desno)	880	500	DA
<b>M5</b>	Klupa(lijevo)	920	500	DA
<b>M6</b>	Klupa(sredina)	866	500	DA
<b>M7</b>	Klupa(desno)	842	500	DA
<b>M8</b>	Klupa(lijevo)	900	500	DA
<b>M9</b>	Klupa(sredina)	860	500	DA
<b>M10</b>	Klupa(desno)	826	500	DA
<b>M11</b>	Klupa(lijevo)	880	500	DA
<b>M12</b>	Klupa(sredina)	853	500	DA
<b>M13</b>	Klupa(desno)	845	500	DA

<b>M14</b>	Klupa(lijevo)	858	500	DA
<b>M15</b>	Klupa(sredina)	800	500	DA
<b>M16</b>	Klupa(desno)	811	500	DA
<b>M17</b>	Ploča 1	520	500	DA
<b>M18</b>	Ploča 2	515	500	DA
<b>M19</b>	Pod 1	502	500	DA
<b>M20</b>	Pod 2	580	500	DA
<b>M21</b>	Ulaz/Izlaz	772	500	DA
<b>M22</b>	Prozor 1	800	500	DA
<b>M23</b>	Prozor 2	811	500	DA

Izvor: izrada autora

**Slika 27. Skica- Predavaonica 1.3**

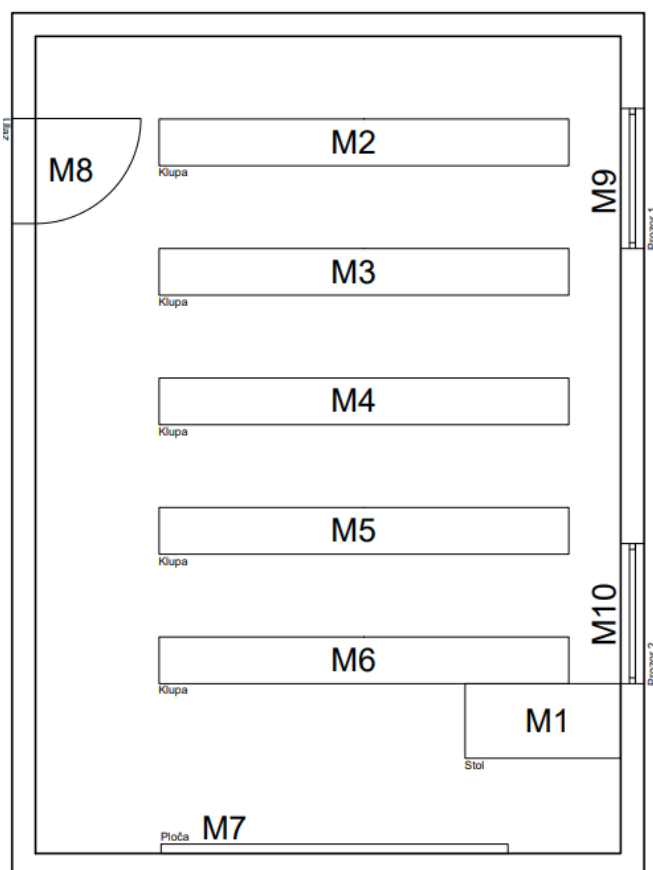


Izvor: izrada autora

**Tablica 8. Rezultati mjerenja rasvjete predavaonice-Predavaonica 1.14**

Redni broj	Mjerno mjesto-Mjesto rada	Izmjerena osvjetljenost	Minimalna zahtijevana horizontalna osvjetljenost sukladno(HRN EN 12464-1)	Zadovoljava
		Eizm/lx	Emin/lx	
<b>Predavaonica 1.14</b>				
<b>M1</b>	Stol s računalnom	515	500	DA
<b>M2</b>	Klupa	698	500	DA
<b>M3</b>	Klupa	745	500	DA
<b>M4</b>	Klupa	751	500	DA
<b>M5</b>	Klupa	790	500	DA
<b>M6</b>	Klupa	782	500	DA
<b>M7</b>	Ploča	506	500	DA
<b>M8</b>	Ulaz/Izlaz	520	500	DA
<b>M9</b>	Prozor 1	770	500	DA
<b>M10</b>	Prozor 2	753	500	DA

Izvor: izrada autora

**Slika 28. Skica- Predavaonica 1.14**

Izvor: izrada autora

Nakon postupka mjerenja može se zaključiti da su izmjerene horizontalne razine osvjetljenja u prostorijama i prostorima na mjestu rada su niže od minimalnih zahtijevanih na sljedećim radnim mjestima:

- Ured 4 Tajništvo

Na ostalim mjernim mjestima navedenim u tablici, izmjerene horizontalne razine osvjetljenosti u prostorijama i prostorima na mjestima rada više su od minimalnih zahtijevanih te zadovoljavaju norme.

### **Prijedlozi poboljšanja:**

Na mjernim mjestima gdje izmjerene horizontalne razine svjetlosti ne zadovoljavaju norme potrebno je dati prijedloge za poboljšanje. Primjer jednog od poboljšanja bi bilo spuštanje stropne rasvjete u uredu kako bi se približio izvor svjetlosti a samim time i povećala osvjetljenost. Drugi primjer načina poboljšanja bi bio, postavljanje stolnih lampi kao dodatnog izvora svjetlosti. Za svrhe rada, na mjernom mjestu „M1“ u „Ured 4- tajništvo“ postavljena je LED stolna lampa marke „Laroa Eglo“ (Prirodno bijela boja, Svjetlosna snaga-550lm, temperatura boje-4000K). Na mjernom mjestu „M1“ izmjerena osvjetljenost se poboljšala s „432lx“ na „926lx“ i ta je vrijednost osvjetljenja nakon toga zadovoljavala minimalnu vrijednost zadanu normom.

## **9. Proračun unutarnje rasvjete**

Kada je u pitanju projektiranje unutarnje rasvjete u obzir se moraju uzeti uvjeti u prostoriji, vrsta posla koji se obavlja i kolika je potrebna razina osvjetljenja u prostoriji. Prilikom projektiranja koriste se suvremeni alati za izradu proračuna rasvjete, također potrebno je paziti i uvažiti sve europske norme i preporuke za rasvjetu. Na kraju proračuna dolazi se do informacije koliko će rasvjetnih tijela biti potrebno za najveću energetska učinkovitost, a i samu rasvjetu.

Koraci koji su važni kod projektiranja rasvjete su određivanje načina osvjetljenja, izbor rasvjete, izračun parametara i prilagodba dizajna.

Projektiranjem rasvjete potrebno je znati zahtjev zadatka, na kakvu se atmosferu cilja, smjer svjetlosti, utjecaj dnevne (prirodne) svjetlosti, refleksiju površina u prostoriji i njezin oblik.

Za odabir izvora svjetlosti potrebno je biti upućen u sljedeće parametre:

- Ulazna snaga

- Efikasnost
- Životni vijek
- Dimenzije
- Karakteristike boja
- Električne karakteristike
- Kompatibilnost

### 9.1. Proračun rasvjete

Nakon određivanja svih zahtjeva projektiranja rasvjete potrebno je napraviti proračun unutarnje rasvjete. Proračun razine osvjetljenja je najvažniji kod projektiranja rasvjete. Postavlja se pitanje koliki je broj izvora svjetlosti potreban da bi se postigao željeni nivo osvjetljenosti.

U današnjici većinu ručnih metoda proračuna zamijenili su računalni. Za potrebe ovog rada pokazat će se primjer proračuna Lumen metodom. Ova metoda je najjednostavnija metoda za izračun osvjetljenosti u prostoru i za izračun potrebnog broja izvora svjetlosti.

Za proračun broja rasvjetnih tijela koristeći Lumen metodu potrebne su informacije o prostoriji kao što su namjena sobe, dimenzija (duljina, širina, visina), faktor prostora, faktor korisnosti prostora, faktori refleksije i visina radne površine ( najčešće 0,85 m ).

Faktor refleksije površina ovisi o boji i vrsti materijala kao što je prikazano u sljedećoj tablici:

**Tablica 9. Faktor refleksije i ovisnosti boje površine**

Boja radne površine	Faktor refleksije
Bijela ili jako svijetla	0,7
Svijetla	0,5
Tamna	0,3
Jako tamna	0,1

Izvor: Električna rasvjeta (2015.), prezentacija

Također je potrebno poznavati informacije o izvoru svjetlosti koja se može izabrati po želji , za primjer proračuna u radu se uzima sljedeći izvor svjetlosti: LED nadgradni panel OREGA LED.



**Tablica 10. Karakteristike izvora svjetlosti - nadgradni panel OREGA LED**

Materijal	Metal
Boja	Bijela
Grlo	Integrirani LED model
Broj žarulja	1
Temperatura svjetlosti	Dnevna bijela
Temperatura kromatičnosti	4000 K
Ulazna snaga	40 W
Maksimalna ulazna snaga	40 W
Ukupni svjetlosni tok	3400 lm
Ukupna ulazna snaga svjetiljke	40 W
Prosječni životni vijek	20000 h
Kut zračenja	120 stupnjeva
Širina	300 mm
Dužina	1200 mm
Visina	38 mm

Izvor: <https://www.svijet-svjetiljki.hr>

Na posljertku potrebni su faktor planiranja i održavanja (u načelu se uzima 1,25) i ukupni svjetlosni tok svih izvora u nekom prostoru.

### **Primjer proračuna**

Za proračun broja izvora svjetlosti uredskog prostora potrebni su sljedeći parametri: duljina prostora  $a=10$  m, širina prostora  $b=8$  m, visina prostora  $h=3,5$  m. Refleksija ploha u prostoru je poznata i iznosi:  $P(\text{stropa})=0,8$ ,  $P(\text{zidova})=0,5$  i  $P(\text{radne površine})=0,1$ .

Potrebno je postići osvijetljenost od 500 lx. Za izvor svjetlosti odabrana je svjetiljka „OREGA LED,, 40 W, temperature boje 4000 K i svjetlosni, tokom od 3400 Lm.

Značenje simbola:

- $a$  – duljina prostorije
- $b$  – širina prostorije
- $h$  – visina prostorije
- $\phi$  – ukupni svjetlosni tok svih izvora
- $f$  – (faktor planiranja) – obično se uzima 1,25

- $E$  – normom određena minimalna srednja rasvijetljenost
- $A$  – površina rasvijetljenog prostora
- $\eta_s$  – pogonska korisnost svjetiljke ( iz kataloga )
- $n_p$  – faktor korisnosti prostora
- $n$  – broj izvora svjetlosti
- $\Phi_i$  - svjetlosni tok samo jednog rasvjetnog tijela
- $k$  – faktor prostora
- $P_{stropa, zida, radne plohe}$  – faktor refleksije
- $hk$  – udaljenost svjetiljke od radne površine
- $0,85 m$  – najčešća visina radne površine

Zadano:

$$a=10 \text{ m}$$

$$b=8 \text{ m}$$

$$h=3,5 \text{ m}$$

$$P_{stropa} = 0,8$$

$$P_{zida} = 0,5$$

$$P_{radne plohe} = 0,1$$

$$E=500 \text{ lx}$$

$$f = 1,25$$

$$n_p = 0,91$$

$$\eta_s = 0,9$$

Formule za izračun:

$$\Phi = \frac{f \times E \times A}{n_p \times \eta_s}$$

$$n = \frac{\Phi}{\Phi_i}$$

$$k = \frac{a \times b}{(a + b) \times hk}$$

$$A = a \times b = 10 \times 8 = 80 \text{ m}^2$$

$$hk = h - 0,85 = 2,65 \text{ m}$$

$$k = \frac{a \times b}{(a + b) \times hk} = \frac{10 \times 8}{(10 + 8) \times 2,65} = 1,67 \approx 1,7$$

$$\phi = \frac{f \times E \times A}{n_p \times \eta_s} = \frac{1,25 \times 500 \times 80}{0,91 \times 0,9} = 61050 \text{ Lm}$$

$$\phi_i = 3400 \text{ Lm (iz kataloga)}$$

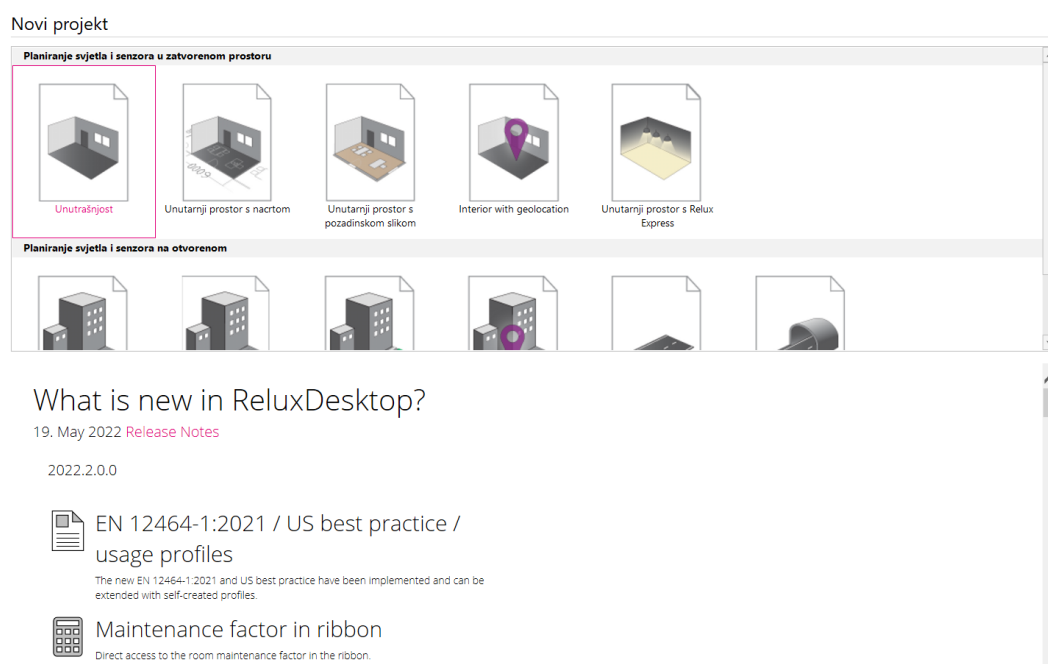
$$n = \frac{\phi}{\phi_i} = \frac{61050}{3400} = 17,9 \approx 18 \text{ svjetiljka}$$

Za rasvjetu u prostoriji prema normi HRN EN12464-1 2021 potrebno je 18 svjetiljki kako bi se zadovoljio nivo rasvjete u zadanoj prostoriji.

## 9.2. Proračun i projektiranje rasvjete u Relux desktop-u

Proračun i projektiranje rasvjete može se napraviti u puno različitih Software-a, kao npr. Relux Desktop, Vivaldi, Calculux. U nastavku je prikazan proračun rasvjete u Relux Desktop-u.

**Slika 29. Odabir načina planiranja rasvjete**



Izvor: izrada autora

Na slici 29. prikazani su mogući načini planiranja svjetla u zatvorenom prostoru. Za svrhe ovog rada odabrana je opcija „Unutrašnjost“.

**Slika 30. Sučelje dimenzija i karakteristika**

	Materijal	rho
Pod	1 floor	20
Strop	2 ceiling	70
Zid		
Z1	3 wall	50
Z2	3 wall	50
Z3	3 wall	50
Z4	3 wall	50

Željene vrijednosti

Ref br.:  
Profile name:  
Napomena:

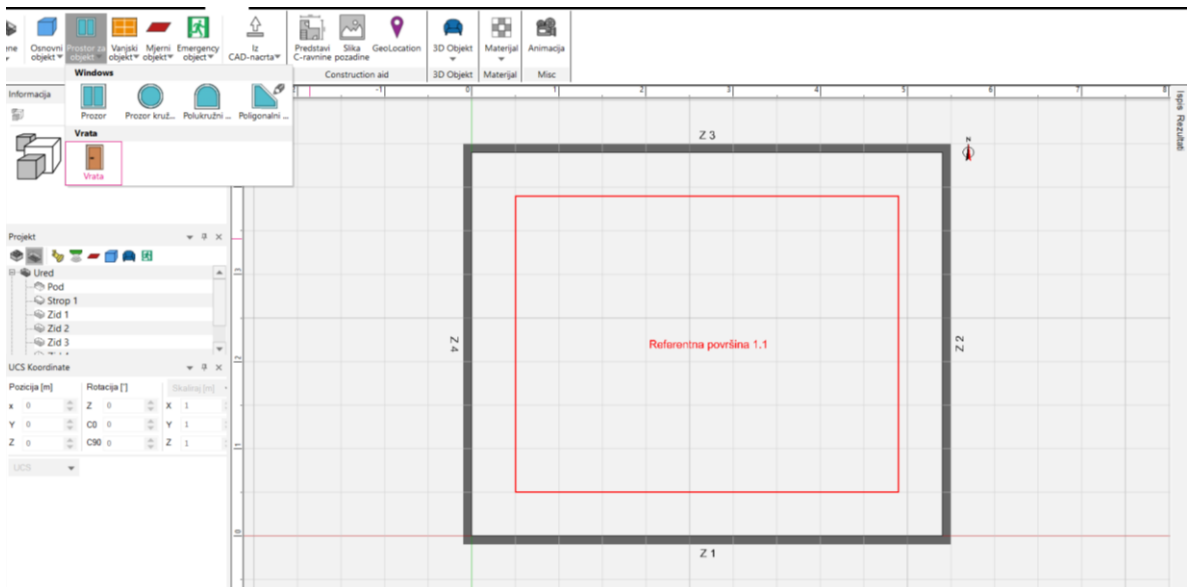
Em: Em (wall): ---  
Uo: Uo (wall): ---  
UGRL: Em (ceiling): ---  
RA: Uo (strop): ---  
Ec:

Uredi željene vrijednosti    Resetiraj zadane vrijednosti

U redu    Odustani

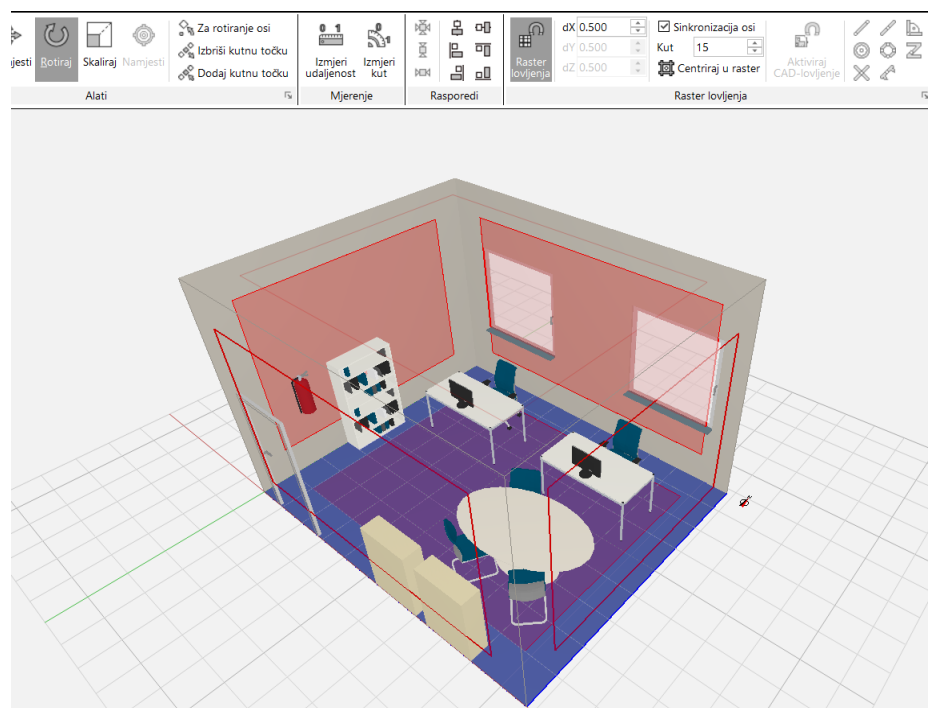
Izvor: izrada autora

Nakon odabira opcije „Unutrašnjost“ otvara se sučelje u kojem je potrebno unijeti dimenzije i karakteristike prostora (slika 30.). Za svrhu rada odabrane su svjetle dimenzije prostora 5,0x4,0 m s debljinom zidova od 20cm i svjetlom visinom kata od 3,5 m. Za boju zidova i stropa je izabrana bijela boja, a za pod je odabrana tamno-plava boja.

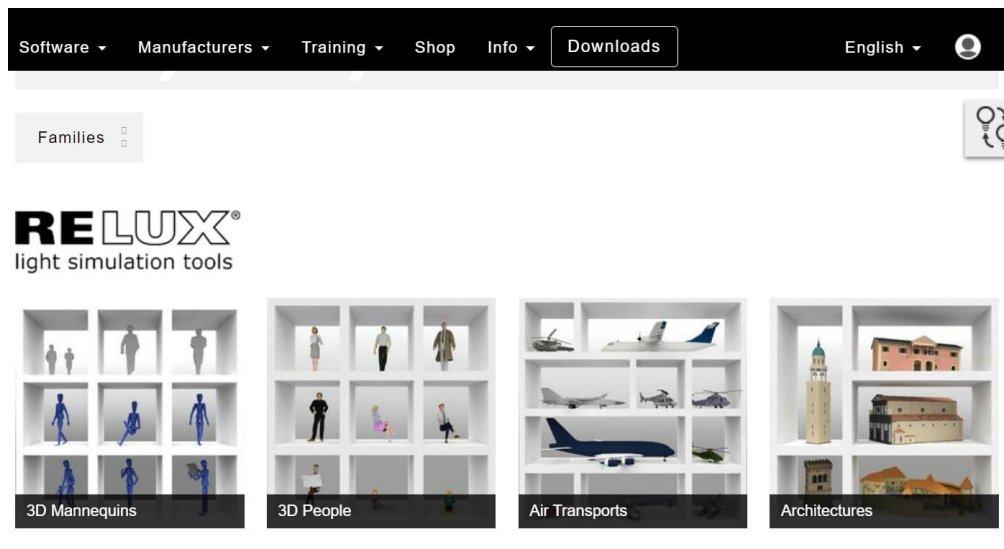
**Slika 31. Radno sučelje**

Izvor: izrada autora

Nakon unesenih dimenzija otvara se radno sučelje u koje se odabiru objekti koje je potrebno staviti u prostoriju (Prozori, vrata, stolovi, stolice, radne površine s računalom). Prikaz prostorije s objektima je prikazan na slici 32.

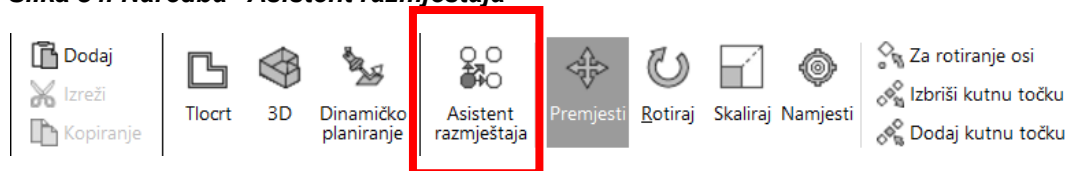
**Slika 32. 3D prikaz prostorije s objektima**

Izvor: izrada autora

**Slika 33. RELUX-ova internetska baza 3D objekata**

Izvor: izrada autora

U izborniku na internetskoj stranici moguć je odabir raznih 3D objekata (slika 33.). Za primjer proračuna u ovom radu simulira se izgled uredskog prostora. Najvažniji dio ovog proračuna je odabir rasvjetnih tijela koji se također nalaze na internetskoj stranici u izborniku. Rasvjetna tijela se dodaju u sučelju pomoću naredbe „proizvodi“ te je nakon toga moguće napraviti proračun rasvjete. Rasvjeta se po prostoriji može rasporediti ručno ili korištenjem naredbe „Asistenta razmještaja“ (slika 34.) koji automatski rasvjetu raspoređuje po zadanom prostoru i zadanim parametrima.

**Slika 34. Naredba "Asistent razmještaja"**

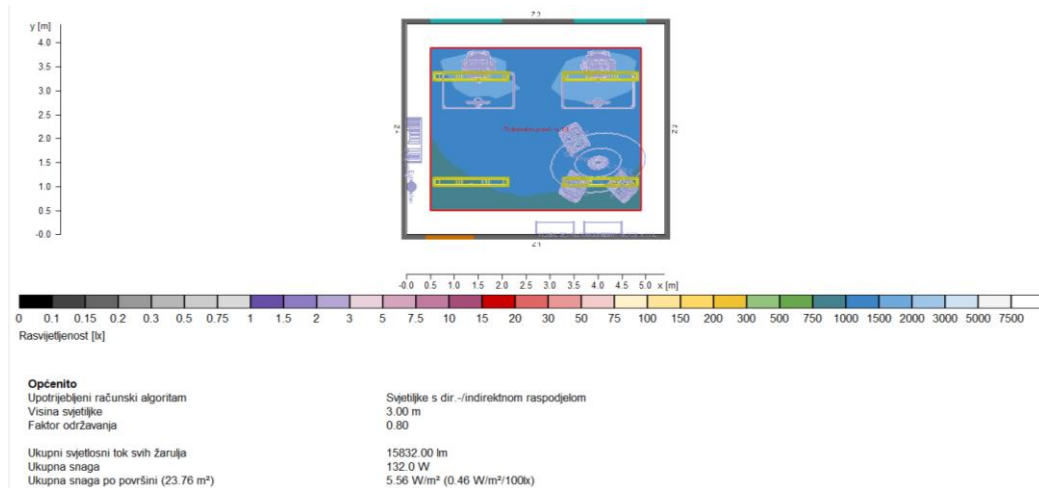
Izvor: izrada autora

Nakon dodavanja svih željenih objekata i rasvjete, program je spreman za odrađivanje proračuna. Proračun se izvodi klikom na „Izvedi Relux proračun“ (slika 35.) koji se nalazi na početku proračuna. Prije proračuna za svrhe rada odabrana je opcija proračuna u sučelju pod nazivom „Umjetno i dnevno svjetlo“ jer se pokušava simulirati što realnije stanje rasvjete.

**Slika 35. Naredbe za izvođenje proračuna**

Izvor: izrada autora

Rezultati „Relux izračuna-a“ su prikazani na sljedećim slikama gdje je pomoću skala boja radi lakše vizualizacije prikazana disperzija svjetlosti po jačini (lx).

**Slika 36. Rezultati RELUX izračuna**

Izvor: izrada autora

Na posljetku moguće je i prostoriju vizualizirati u 3D prikazu (slika 37.) korištenjem naredbe „3D sjajnost“ gdje se vidi raspodjela svjetla u 3D-u.

**Slika 37. Vizualizacija rasvjete u prostoriji – kut 1**



Izvor: izrada autora

**Slika 38. Vizualizacija rasvjete u prostoriji – kut 2**



Izvor: izrada autora

Za prethodno spomenute parametre i dimenzije prostorije, prema normi HRN EN 12464-1:2021 potrebna su 4 rasvjetna tijela marke „3D Filippi Travetta LED DI 2MG“ kako bi rasvjeta u prostoriji bila zadovoljavajuća. Program Relux Desktop vrlo je interesantan i jednostavan za korištenje i u vrlo kratkom vremenu se mogu dobiti rezultati proračuna koji bi se inače morali računati ručno.



## 10. Zaključak

U ovome radu ispitana je problematika rasvjete Tehničkog fakulteta u Puli sukladno zakonu o zaštiti na radu, u skladu s normom HRN EN 12464-1:2021 te Pravilnikom o zaštiti na radu radnika izloženih statodinamičkim, psihofiziološkim i drugim naporima na radu (NN BR 71/14, 118/14, 94/18 i 96/18). Mjerenje je obavljeno s mjernim instrumentom UT382 u radnim prostorijama fakulteta. U radu se još osim ispitane problematike rasvjete Tehničkog fakulteta u Puli nalaze i informacije od svjetlu, rasvjeti, mjernom instrumentu, normama i načinima proračuna rasvjete.

Nakon mjerenja i evidencije podataka dolazi se do zaključka da je rasvjeta zadovoljavajuća u svim prostorijama osim u prostoriji „Ured 4- Tajništvo“ gdje je rasvjeta niža od normirane. Rasvjeta u uredima bi trebala biti najmanje 500 lx i te se vrijednosti mogu ostvariti primjenom prijedloga poboljšanja kako bi se stvorila ugodna radna atmosfera. Loša osvjetljenost prostorije dovodi do naprezanja očiju, zamora i lošijeg obavljanja radnih zadataka.

Prilikom odabira rasvjete najvažnije je izabrati i ako je moguće koristiti što više prirodnih izvora svjetlosti s prirodnom bojom svjetla, a u slučaju da to nije moguće potrebno je osigurati umjetnu rasvjetu koja je u skladu s najnovijim normama i Pravilnicima o zaštiti na radu.

Zakon o zaštiti na radu, Pravilnik o zaštiti na radu za radna mjesta i norme obvezuju poslodavca da rasvjeta radnog mjesta bude pravilno projektirana, održavana i izabrana kako bi se stvorili radni uvjeti koji zadovoljavaju norme i pravilnike. Zaštita i zdravlje glavni je cilj pravilnog projektiranja rasvjete.

## 11. Literatura

### Knjige:

Kacian, N. (2000.). *Osnove sigurnosti*. Zagreb: IPROZ.

*Priručnik stručnjaka za zaštitu na radu*. (2004.). Zagreb: IPZOR.

### Pravilnici i norme:

Narodne Novine. (n.d.). Pravilnik o ispitivanju radnog okoliša. *Narodne novine broj 16/16*.

Narodne novine. (n.d.) (Pravilnik o zaštiti na radu radnika izloženih statodinamičkim, psihofiziološkim i drugim naporima na radu (NN BR 71/14, 118/14, 94/18 i 96/18))

Narodne Novine. (n.d.). Pravilnik o zaštiti na radu za mjesta rada broj 71/14, 118/14, 94/18 i 96/18

Narodne novine. (n.d.). Zakon o zaštiti na radu. *Narodne novine broj 71/14, 118/14*.

HRN EN 12464-1. (2021). *Svjetlo i rasvjeta - Rasvjeta radnih mjesta*.

(HRN IEC 60598-2-22- Svjetiljke za sigurnosnu rasvjetu)  
(EN 1838- Primjena rasvjete - Nužna rasvjeta)  
(EN 50172- Sustavi rasvjete za slučaj panike )  
(ISO 3864-1- Grafički simboli - Boje i znakovi sigurnosti )

### Prezentacije:

*Električna rasvjeta*. (2015.). Dohvaćeno iz  
<https://cupdf.com/document/elektroinst3.html>

### Program:

(Relux Informatik, n.d.)- <https://reluxnet.relux.com/en/relux-desktop.html>

### Ostali izvori:

Chapagain, N. P. (2014). *Researchgate*. Dohvaćeno iz Radio wave communication system and mobile phone:  
[https://www.researchgate.net/publication/322602642\\_Radio\\_wave\\_communication\\_system\\_and\\_mobile\\_phone](https://www.researchgate.net/publication/322602642_Radio_wave_communication_system_and_mobile_phone)

Edutorij. (n.d.). *Razlaganje svjetlosti*. Dohvaćeno iz Edutorij: <https://edutorij.e-skole.hr/share/proxy/alfresco-noauth/edutorij/api/proxy-guest/1d895338-6c52-4d7e-a2f2-5df65634fbaf/razlaganje-svjetlosti.html>

*Električna rasvjeta*. (2015.). Dohvaćeno iz  
<https://cupdf.com/document/elektroinst3.html>

EN 1838- Primjena rasvjete - Nužna rasvjeta. (n.d.).

- EN 50172- Sustavi rasvjete za slučaj panike . (n.d.).
- Helmenstine, A. M. (n.d.). *X Ray definicija i svojstva (X zračenje)*. Dohvaćeno iz EFerrit: <https://hr.eferrit.com/x-ray-definicija-i-svojstva-x-zracenje/>
- HRN EN 12464-1. (2021). *Svjetlo i rasvjeta - Rasvjeta radnih mjesta*.
- HRN IEC 60598-2-22- Svjetiljke za sigurnosnu rasvjetu. (n.d.).
- ISO 3864-1- Grafički simboli - Boje i znakovi sigurnosti . (n.d.).
- Kacian, N. (2000.). *Osnove sigurnosti*. Zagreb: IPROZ.
- Meteorologija. (n.d.). *Gama zrake*. Dohvaćeno iz Meteorologija en Red: <https://www.meteorologiaenred.com/bs/gama-zrake.html>
- Milanović, Z., & Milić, S. R. (2021). *Infrared sensors in special purpose technical assets*. Dohvaćeno iz Researchgate: [https://www.researchgate.net/publication/357650737\\_Infrared\\_sensors\\_in\\_special\\_purpose\\_technical\\_assets](https://www.researchgate.net/publication/357650737_Infrared_sensors_in_special_purpose_technical_assets)
- Narodne Novine. (n.d.). Pravilnik o ispitivanju radnog okoliša. *Narodne novine broj 16/16*.
- Narodne Novine. (n.d.). Pravilnik o zaštiti na radu radnika izloženih statodinamičkim, psihofiziološkim i drugim naporima na radu. *Narodne novine broj 71/14, 118/14, 94/18 i 96/18*.
- Narodne Novine. (n.d.). Pravilnik o zaštiti na radu za mjesta rada. *Narodne novine broj 71/14, 118/14, 94/18 i 96/18*.
- Narodne novine. (n.d.). Zakon o zaštiti na radu. *Narodne novine broj 71/14, 118/14*.
- Optometrija. (2022.). *Optometrija*. Dohvaćeno iz Anatomija oka, dijelovi oka – definicija i funkcija: <https://www.optometrija.net/anatomija-oka/anatomija-oka/>
- Pravilnik o zaštiti na radu radnika izloženih statodinamičkim, psihofiziološkim i drugim naporima na radu (NN BR 71/14, 118/14, 94/18 i 96/18). (n.d.). Narodne novine .
- Preventa. (2016.). Upute za provednu radnog postupka u skladu s pravilima zaštite na radu pri uredskim poslovima i radu s računalima. Varaždin.
- Primorac, Z. (n.d.). Osnove sigurnosne rasvjete, prezentacija.
- Priručnik stručnjaka za zaštitu na radu*. (2004.). Zagreb: IPZOR.
- Relux Informatik. (n.d.). *ReluxDesktop – Professional Lighting Design*. Dohvaćeno iz <https://reluxnet.relux.com/en/relux-desktop.html>
- Sudharshan, K. (2016.). *Researchgate*. Dohvaćeno iz Adverse Effects of Microwaves: [https://www.researchgate.net/publication/301516381\\_Adverse\\_Effects\\_of\\_Microwaves](https://www.researchgate.net/publication/301516381_Adverse_Effects_of_Microwaves)
- Svijet svjetiljki*. (n.d.). Dohvaćeno iz <https://www.svijet-svjetiljki.hr>
- Vulevic, B. (2015.). *IZVORI ULTRALJUBIČASTOG ZRAČENJA I ZAŠTITA*. Dohvaćeno iz Researchgate: [https://www.researchgate.net/publication/277720422\\_IZVORI\\_ULTRALJUBIC\\_ASTOG\\_ZRACENJA\\_I\\_ZASTITA](https://www.researchgate.net/publication/277720422_IZVORI_ULTRALJUBIC_ASTOG_ZRACENJA_I_ZASTITA)
- Zumtobel. (2018). *The Lighting Handbook*. Austrija.

## Popis tablica

Tablica 1. Ravnomjernost osvjetljenosti.....	25
Tablica 2. Rezultati mjerenja rasvjete uredskog prostora-Ured 1 Dekan.....	30
Tablica 3. Rezultati mjerenja rasvjete uredskog prostora-Ured 2 Fakultet prirodnih znanosti .....	31
Tablica 4. Rezultati mjerenja rasvjete uredskog prostora-Ured 3 Dekanica .....	32
Tablica 5. Rezultati mjerenja rasvjete uredskog prostora-Ured 4 Tajništvo.....	33
Tablica 6. Rezultati mjerenja rasvjete predavaonice-Predavaonica 1.2 .....	34
Tablica 7. Rezultati mjerenja rasvjete predavaonice-Predavaonica 1.3 .....	35
Tablica 8. Rezultati mjerenja rasvjete predavaonice-Predavaonica 1.14 .....	37

## Popis slika

Slika 1. Razlaganje svjetlosti .....	5
Slika 2. Primjer korištenja rendgenskih zraka u medicini .....	7
Slika 3. Primjer oštećenja kože zbog izlagana UV zrakama .....	7
Slika 4. Prikaz čovjeka kroz infracrvenu kameru .....	8
Slika 5. Struktura oka .....	9
Slika 6. Prikaz zjenice u mraku .....	10
Slika 7. Prikaz zjenice po danu .....	11
Slika 8. Prikaz položaja leće u oku .....	11
Slika 9. Prikaz šarenice .....	12
Slika 10. Prikaz mrežnice u oku .....	13
Slika 11. Prikaz očnog(vidnog) živca .....	14
Slika 12. Prikaz odbijanja svjetlosti od mjeseca prema Zemlji .....	15
Slika 13. Prikaz žarulje s žarnom niti .....	17
Slika 14. Prikaz industrijske halogene žarulje .....	17
Slika 15. Prikaz LED diode .....	18
Slika 16. Prikaz Luks metra (UT382) .....	21
Slika 17. Shema spajanja sigurnosne rasvjete u strujni krug .....	24
Slika 18. Prikaz direktnog bliještanja(lijevo) i prikaz indirektnog/reflektivnog bliještanja(desno) .....	26
Slika 19. Prikaz lošeg smjera upada svjetlosti prilikom rada .....	27
Slika 20. Primjer dobrog smjera upada svjetlosti prilikom rada .....	27
Slika 21. Kruithof-ov dijagram (E[lx]-razina osvjetljenosti, °K-temperatura boje) .....	29
Slika 22. Skica- Ured 1, dekan .....	31
Slika 23. Skica- Ured 2(Fakultet prirodnih znanosti) .....	32
Slika 24. Skica- Ured 3, dekanica .....	33
Slika 25. Skica- Ured 4, Tajništvo .....	34
Slika 26. Skica- Predavaonica 1.2 .....	35
Slika 27. Skica- Predavaonica 1.3 .....	36
Slika 28. Skica- Predavaonica 1.14 .....	37
Slika 29. Odabir načina planiranja rasvjete .....	42
Slika 30. Sučelje dimenzija i karakteristika .....	43
Slika 31. Radno sučelje .....	44

---

Slika 32. 3D prikaz prostorije s objektima .....	44
Slika 33. RELUX-ova internetska baza 3D objekata.....	45
Slika 34. Naredba "Asistent razmještaja" .....	45
Slika 35. Naredbe za izvođenje proračuna .....	46
Slika 36. Rezultati RELUX izračuna .....	46
Slika 37. Vizualiziranje rasvjete u prostoriji – kut 1 .....	47
Slika 38. Vizualiziranje rasvjete u prostoriji – kut 2 .....	47

## Sažetak

Cilj ovog rada bio je objasniti pojmove svjetlosti, rasvjete i približe prikazati norme koje se koriste U Republici Hrvatskoj za rasvjetu te pokazati primjer proračuna rasvjete. U radu su prikazani i uspoređeni rezultati dobiveni mjerenjem rasvjete u Tehničkom fakultetu u Puli s vrijednostima zadanim normom. Nakon mjerenja, evidentirani rezultati dobiveni za „Ured 4-tajništvo“ nisu zadovoljavali normu HRN 12464-1:2021, te se na temelju njih dao prijedlog za poboljšanje kako se ne bi nastavio rad u uvjetima di osvjetljenje ne zadovoljava normu i može uzrokovati nepotreban stres, umor i utjecati na psihičko i fizičko zdravlje. Također, u radu se prikazuju ručni i računalni primjer proračuna. Računalni primjer proračuna prikazuje kako je lagano koristiti takav tip programa za proračun rasvjete i na brz i jednostavan način dolazi se do rezultata proračuna.

## Summary

The goal of this paper was to describe and explain concepts of light, lighting and to closely show the standards used for lighting in the Republic of Croatia and aswell to show an example of a lighting estimate. The paper presents and compares the results obtained by measuring lighting at the Technical Faculty in Pula with the values set by the norm. After the measurements, the recorded results obtained for "Office 4 - secretariat" did not meet the HRN 12464-1:2021 norm, and based on them, a proposal for improvement was made in order not to continue working in conditions where the lighting does not meet the norm and may cause unnecessary stress , fatigue and affect mental and physical health. Also, the paper presents a manual and computerized lighting calculation example. The computer calculation example shows how easy it is to use this type of lighting calculation program, and the results of the calculation are done and shown in a quick and simple way.