

# Projektiranje energetske učinkovite rasvjete

---

Jurić, Mario

Master's thesis / Diplomski rad

2019

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:200:883891>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-05**

Repository / Repozitorij:

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



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

Sveučilišni studij

**PROJEKTIRANJE ENERGETSKI UČINKOVITE  
RASVJETE**

Diplomski rad

Mario Jurić  
Osijek 2019.

## SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
1.1 Opis zadatka.....	2
2. OPĆENITO O IZVORIMA SVJETLOSTI .....	3
2.1 Haitzov zakon .....	3
2.2 Žarulja sa žarnom niti .....	5
2.3 Halogene žarulje .....	6
2.4 Fluorescentne žarulje .....	6
2.5 Indukcijska rasvjeta .....	8
2.6 Žarulja sa izbojem u plinu (HID).....	8
2.7 Učinkovitost.....	8
2.8 Starenje .....	9
3. PRAKTIČNE KARAKTERISTIKE LED RASVJETE .....	10
3.1 Način upravljanja .....	10
3.2 Napon praga .....	11
3.3 Napon zapiranja .....	12
3.4 Iskoristivost – učinkovitost.....	15
3.5 Optički spektar LED rasvjete.....	18
3.6 Pretjerano vođenje LED rasvjete .....	23
3.7 Ključni parametri priloženih tablica .....	23
3.8 Povezivanje.....	24
3.9 Odstupanje .....	26
3.10 Upravljanje rasvjetom.....	27
3.11 Životni vijek LED rasvjete: Opadanje intenziteta sa povećanjem radnih sati .....	27
4. EKONOMIJA RASVJETE.....	29

4.1 Uloga ekonomske analize u rasvjeti .....	29
4.2 Usporedba troškova sustava rasvjete .....	29
4.3 Trošak rasvjete .....	30
4.4 Jednostavni povrat .....	32
4.5 Stopa povrata .....	33
4.6 Analiza troškova i životnog ciklusa .....	34
5. PRAKTIČNI PRIMJER: RELUX I EKONOMSKI PRORAČUN .....	37
5.1 Modeliranje u programskom paketu Relux .....	37
5.2 EKONOMSKI PRORAČUN .....	41
ZAKLJUČAK .....	54
LITERATURA .....	55
SAŽETAK .....	57
ABSTRACT .....	57
ŽIVOTOPIS .....	58
POPIS SLIKA .....	59
POPIS TABLICA .....	60
PRILOG .....	60
P.5.1. Izvješće programa Relux s vrijednostima rasvijetljenosti za stambeni objekt .....	60

## 1.UVOD

Rasvjeta u moderno dobra predstavlja jedan od primarnih životnih standarda kako bi se osobi omogućilo normalno funkcioniranje u svakodnevnom životu. Ljudske potrebe te životni standardi su se s modernizacijom rasvjete povećali i estetski ugođaj života u kućanstvu postao je jedan od glavnih potreba. Ovaj diplomski rad obrađuje područje projektiranja energetski učinkovite rasvjete te ekonomskog proračuna s usporedbom različitih sustava rasvjete za stambeni prostor. Pri izradi projekta vrlo je bitno obratiti pozornost tijekom izračuna da je projekt u skladu s aktualnim normama i zakonima.

Prvi umjetni izvori svjetlosti bili su vatra, baklje i svijeće. Prve svijeće javljaju se još od 3000. godina prije Krista, te su ih osmislili drevni Egipćani [1]. Koristili su biljna vlakna kao fitilj, dok su se u srednjem vijeku počele koristiti svijeće koje su pravljene od loja ili nekih drugih vrsta životinjskih masti i kasnije čak od pčelinjeg voska [1]. U današnjici se svijeće i dalje koriste, ponajviše u dekorativne svrhe. Prava revolucija dogodila se 1784. godine, kada je švicarski kemičar, po imenu Francois Ami Argand, izumio novu svjetiljku koja je bila daleko učinkovitija od svih do tada poznatih svjetiljki [1]. Argand je koristio šuplji fitilj, čime je omogućio bolji dotok zraka plamenu, što je rezultiralo daleko jačim svjetlom, te je dodao stakleni cilindar koji mu je omogućavao stabilniji plamen [1]. Početkom 20. stoljeća došlo je do pravog razvoja umjetnih svjetlosti te iz godinu u godinu raste broj različitih dostupnih izvora svjetlosti [1]. Tako, nakon žarulje s ugljenom žarnom niti (Edisonova žarulja), 1910. se pojavljuje žarulja s volframovom niti, a već početkom 30-ih godina 20. stoljeća dolazi do pojave živinih žarulja [1]. Već 1939. godine dostupni su i fluorescentni izvori svjetlosti. Volframova halogena žarulja javlja se 50-tih godina 20. stoljeća, dok se metalhalogene i visokotlačne natrijeve žarulje pojavljuju 60-ih godina 20. stoljeća. 1990-tih na tržištu se pojavljuju prve lampe bez elektroda i LED rasvjeta [1].

## **1.1 Opis zadatka**

Zadatak diplomskog rada je bio projektiranje energetski učinkovite rasvjete za stambeni prostor te ekonomska analiza usporedbom isplativosti LED rasvjete sa rasvjetom sa žarnom niti i s fluokompaktnom rasvjetom. Objasniti osnovne pojmove vezane za rasvjetu, poput svjetlotehničkih veličina, različitih tipova rasvjete, usporediti sustave rasvjete s obzirom učinkovitost i ekonomsku analizu isplativosti.

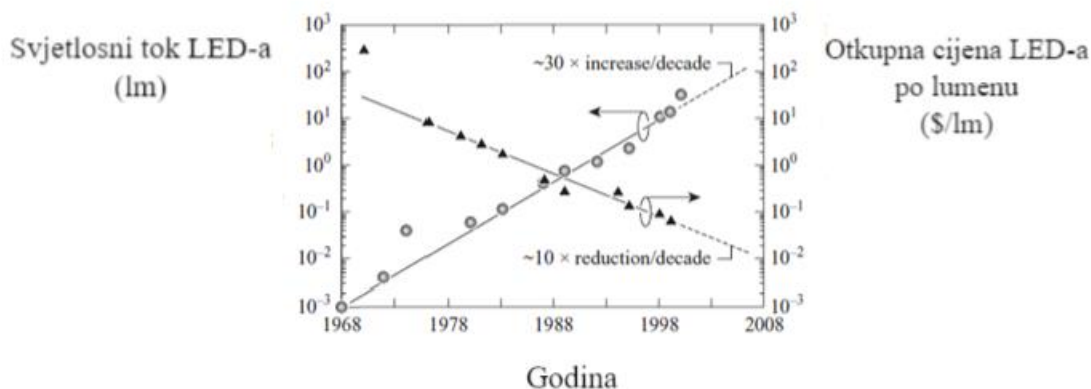
## 2. OPĆENITO O IZVORIMA SVJETLOSTI

### 2.1 Haitzov zakon

Moorov zakon (engl. Moore's law) iz 1965. godine govori o predviđanjima da će se performanse mikroprocesora udvostručiti svake dvije godine. Temelji se na kontinuiranom opažanju koje se ispostavilo iznimno točnim sljedećih 40 godina.

Sličnu prognozu za LED (engl. Light – emitting diode) izradio je Ronald Haitz 2006. godine. Haitzova prognoza temeljena je na mnogo više povijesnih podataka (Slika 2.1.) [2]. Kao što je navedeno, predviđa da će svjetlosni učinak pojedinačnih LED uređaja porasti sa složenom stopom od 35 % godišnje i da se utrošak po lumenu smanjiti 20% godišnje. Trenutni proizvođači su se usmjerili na 3 W zadane maksimalne praktične snage manjih uređaja, iliti moguća naznaka povećanja učinkovitosti za 35 % godišnje [2].

Navedena predviđanja stope povećanja performansi činila bi se nemoguća, ali sa određenim vremenskim periodom su se ispostavile istinitim [2]. Stručnjaci su kontinuiranim praćenjem proračuna kroz nekoliko godina ustanovili da se učinkovitost s vremenom uistinu povećava [2]. Haitzova pretpostavka temeljila se na činjenici da će učinkovitost i lumeni po uređaju i dalje rasti u budućim razdobljima, dok će u neodređenom budućem razdoblju učinkovitost početi odstupati radi temeljnih fizičkih ograničenja.



Slika 2. 1. Haitzov zakon (engl. Haitz's Law) [1].

Po Haitzovom zakonu(engl. Haitz's law), potrebno je u obzir uzeti značenje lumena. Lumeni nisu doslovno mjera svjetlosti, već mjera koliko svjetlosti čovjek vidi golim okom, što ovisi o načinu funkcioniranja oka. Ljudske oči su osobito osjetljive na zelenu svjetlost, odnosno, ako se proizvede 1 W svjetlosti na 555 nm, dobije se 683 lumena [2]. Ne postoji mogući način povećanja toga broja, jer je osjetljivost oka striktno definirana, isto vrijedi i za LED. Kada bi LED dobio 1 W snage, neće doći do rasipanja toplinske energije, ako se snaga u potpunosti pretvori u svjetlost u iznosu od 550 nm(iako ovo nije moguće zbog Drugog zakona termodinamike). Tada je sav iznos toga svijetla jednak je 683 lumena, drugim riječima, učinkovitost je ograničena na 683 lm/W [2].

Zelena svjetlost nije poželjna, već bijela svjetlost, a budući da se bijela svjetlost sastoji od mnogo različitih boja, iznos lumena i učinkovitost mora biti manja od 683 lm/W. Postavlja se pitanje koje je stvarno ograničenje učinkovitosti.

Postoje dva različita ograničenja, sve zavisno o tome kako se bijela svjetlost proizvodi. Bijela svjetlost se može proizvesti izravnim spajanjem svjetla različitih boja ili emitiranjem svjetla niske valne duljine(kao što je plava ili UV) i pomoću fosfora pretvarati u bijelo. Fosforna metoda je ograničena fizičkim ograničenjima učinkovitosti fosfora. Budući da apsorbiraju svjetla niske valne duljine(visoku energiju) i emitiraju svjetlost veće valne duljine(nižu energiju), razlika je u tome što se energija gubi kao toplina. Ovaj događaj je opisan Stokesovim zakonom(engl. Stoke's Law) [2]. Dok je točno ograničenje podložno detaljima(kao što je prihvatljivo CRI svjetlo), fosforne pretvorbe bijele svjetlosti od LED-a su ograničene na oko 238 lm/W [2]. Treba napomenuti da su fluorescentne cijevi također bazirane na fosfornoj pretvorbi, ali počevši od 235 nm, a ne od 435 nm, te je njihova krajnja učinkovitost znatno niža od učinkovitosti LED rasvjete [2]. Iako ima mjesta za napredak, naposljetku će LED biti učinkovitiji od fluorescentnih cijevi [2].

CRI(eng. color rendering index) iliti indeks uzvratu boja, govori o načinu kako dobro izvor svjetla, u odnosu na sunčevu svjetlost, može reproducirati boje. Izravna emisija različitih svjetala u boji može biti učinkovitija jer nema apsorpcije i ponovne emisije, te su sve boje osim zelene potrebne. Za dobivanje prihvatljivog CRI-a, bijelu svjetlost nije moguće izvesti pri učinkovitosti većoj od 350 lm/W [2]. Za nastavak povećanja učinkovitosti moraju se implementirati red – green – blue( RGB) sustavi. Ali ako se 35 % godišnje nastavi povećavati učinkovitost, preostat će samo dvije godine do dostizanja krajnje granice učinkovitosti. Nakon toga se Haitzov zakon i dalje može primijeniti na cijenu po lumenu. Nakon 2015. godine, cijena po lumenu LED žarulje dostigla je cijenu žarulje sa žarnom niti snage 60 W [2]. Na kraju, može se očekivati da će LED dostići

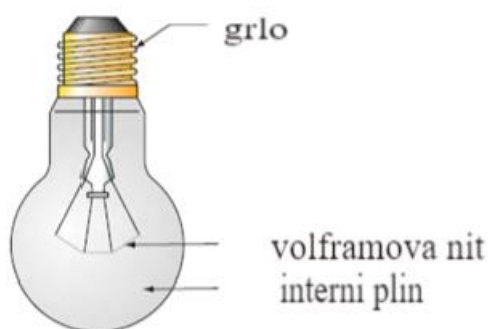


teoretsku granicu učinkovitosti i njihova cijena može u konačnici pasti ispod one žarulje sa žarnom niti [2].

Na kraju nam Haitzova predviđanja govore kako će LED ostati dugoročno te da ništa ne može biti bolje od LED-a, samo jeftinije.

## 2.2 Žarulja sa žarnom niti

Žarulje sa žarnom niti stvaraju svjetlost vođenjem električne energije kroz žicu(nit) pri visokoj temperaturi, emitirajući zračenje unutar vidljivog spektra [3].



Slika 2. 2. Konvencionalna svjetiljka sa žarnom niti [3].

Svjetlosno emitirajuće diode su tek najnovije na dugačkom popisu različitih vrsta svjetlosnih uređaja tj. različitih vrsta izvora svjetla. Ignorirajući doista stare uređaje kao što su svijeće, svi oni koriste električnu energiju iliti struju. Prvi i još uvijek najčešći izvor svjetlost je žarulja sa žarnom niti. Žarulja sa žarnom niti radi na način da zagrijava komad metala, iliti žarnu nit, dok ne zasvijetli. Podešavanjem snage, može se načiniti da svijetli različitim bojama. Tipična žarulja sa žarnom niti radi na oko 2850 K, što rezultira tipičnom žutom bojom. Kada se žarulja priguši, ona prima manje energije. To ne samo da proizvodi manje svjetla, već i smanjuje temperaturu žarne niti. Iz tog razloga prigušene žarulje sa žarnom niti izgledaju crvenkaste boje.

Staklena ljuska u žarulji sa žarnom niti koristi se za održavanje dijela vakuuma koji sprječava oksidaciju i neuspjeh rada žarne niti. Postojalo je nekoliko istraživanja o izmjeni smjese preostalog plina u ljuski kako bi se poboljšao radni vijek žarulje.

Žarulja sa žarnom niti se poprilično zagrijava. Radna temperatura žarulje od 40 W na površini iznosi 120 °C, iz tog razloga treba pričekati prilikom isključenja žarulje kako bi se žarulja dotakla

[2]. Klasičan kvar žarulje sa žarnom niti je da se žarna nit slomi, što se obično događa nakon 1000 radnih sati. Preveliki broj uključivanja i isključivanja žarulje sa žarnom niti može izazvati kvar, ali u tipičnom načinu rada to nije glavni uzrok kvara.

Sa stajališta sigurnosti, ako je žarulja sa žarnom niti odvojena iz utičnice bez prekida sklopke, može doći do udara struje. Opasno je za život, te dok je uključena može doći i do opekline, ako ju pokušamo dotaknuti. Možemo reći da su žarulje sa žarnom niti „zastarjele“ te da ima učinkovitijih vrsta uređaja za rasvjetu.

### 2.3 Halogene žarulje

Halogene žarulje su također žarulje sa žarnom niti. Razlika između halogenih i žarulja sa žarnom niti je što halogene sadrže malu količinu halogena. Halogen čini da žarna nit izgara intenzivnije te time malo povećava učinkovitost žarulje. Također se povećava CCT koji bude izraženiji nego kod žarulje sa žarnom niti. CCT(engl. Correlated Color Temperature) ili boja svjetla je termin kojim se označava boja nekog izvora svjetlosti te se izražava se u jedinici Kelvin. Dodatna korisnost halogene žarulje je što produljuje vijek trajanja žarne niti [2].

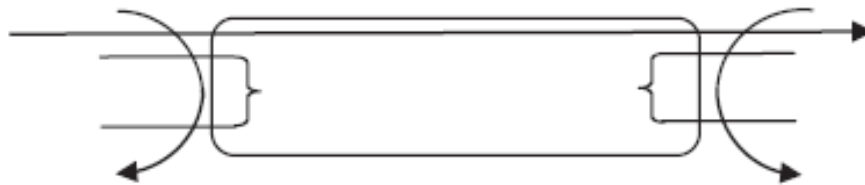


Slika 2. 3. Halogena žarulja [3].

### 2.4 Fluorescentne žarulje

Fluorescentne žarulje su najčešće korištene žarulje na izboj. Postoje različite verzije oblika i veličina fluorescentnih žarulja te dolaze u različitim bojama [4]. Izvorni oblik žarulje je dugačka ravna cijev, dok noviji oblici svjetiljke, poznati kao kompaktne fluorescentne svjetiljke, imaju savijenu cijev od žarulje na način da proizvode manje svjetlosne izvore [4].

Fluorescentne žarulje rade potpuno drugačije nego žarulje sa žarnom niti, jer imaju djelomični vakuum unutar staklene cijevi, a u cijevi se nalazi određena količina živine pare. Kada se žarna nit zagrije unutar žarulje, ona emitira elektrone. Elektroni ioniziraju živu, tvoreći luk od plazme oko 1100 K. Živa emitira UV svjetlost kako bi se vratila u normalno stanje. UV svjetlo pogađa fosfor na staklu cijevi. To je bijela prevlaka na plamenicima. Fosfor upija UV svjetlost te emitira vidljivu svjetlost, što i predstavlja izlaznu svjetlost iz žarulje. Fosfor je pomno osmišljen kako bi se proizvela samo željena svjetlost te je često mješavina od različitih fosfora [2].



Slika 2. 4. Struje u fluorescentnoj žarulji [2]

Za pokretanje ovog kompliciranog uređaja potreban je sklop pod nazivom prigušnica (balast). Na slici 2.4. prigušnica je spojena na izmjenični kabel kao ulaz. Na svom izlazu tipična žarulja s prigušnicom ima dva para žica, svaki par grije jednu od dvije žarulje. Osim toga, struja teče od jednog para naspram drugom. Ovo strujanje struje proizvodi plazma luk.

Fluorescentne cijevi se baziraju na principu rada koji je znatno hladniji nego kod žarulje sa žarnom niti. Tipična površinska temperatura je oko 40 °C te time ih lako možemo dodirnuti te odvajati tokom rada. Iz tog razloga, imaju obično sustav za električnu blokadu. Ako cijev nije prisutna, prigušnica je općenito dizajnirana da se isključi kako bi izbjegli udar struje prilikom dodirivanja utičnice.

Fluorescentne cijevi imaju različite nedostatke. Najčešći kvar je lom. To se u praksi događa nakon 10 000 radnih sati, iliti 10 puta više nego kao kod žarulje sa žarnom niti. Zbog toga što metal od žarne niti radi pri tolikoj temperaturi, metal postepeno izgara, čime ga slabi. Također svako uključenje fluorescentne rasvjete izaziva zagrijavanje te pali metal. Taj materijal prilikom pregrijavanja pada na staklo te time uzrokuje crnilo u starim cijevima.

## 2.5 Indukcijska rasvjeta

Indukcijska rasvjeta je vrsta fluorescentne rasvjete koja je dizajnirana da prevlada ograničenja životnog vijeka žarulja u normalnoj fluorescentnoj rasvjeti. Indukcijska rasvjeta ne koristi žarne niti. Energija se unosi u plazmu kroz transformator. U tom slučaju, prigušnica (balast) je primar transformatora, a luk od plazme je opterećenje na sekundaru. Spajanje primara i sekundara je preko zraka, te prigušnica mora biti blizu žarulje.

Indukcijske lampe imaju nazivni vijek trajanja od 100 000 sati. Budući da nema žarne niti, životni vijek se određuje vakuumskom brtvom na žarulji i vremenom da prigušnica oslabi. To predstavlja veliku prednost, ali glavni nedostatak je izloženost zračenju do 13,6 MHz iz tih sustava [2].

## 2.6 Žarulja sa izbojem u plinu (HID)

Žarulje sa izbojem u plinu su u osnovi slične fluorescentnim svjetiljkama. Glavna razlika je da umjesto stvaranja UV svjetla i pretvaranja ga u vidljivo, ove svjetiljke s plinskim izbojem emitiraju vidljivu svjetlost izravno, npr. natrijeva svjetla koriste natrij umjesto žive.

Natrij emitira žuto svjetlo, koje često primjećujemo na parkiralištima. Pojam „HID“ obuhvaća sve svjetiljke koje se razlikuju u materijalu koji se koristi za stvaranje svjetlosti, kao što su metal halogene, natrijeve te ksenon [2].

Budući da u ovim žaruljama postoji jedan manje korak pretvorbe, HID žarulje su obično učinkovitije od standardnih fluorescentnih cijevi. Mogu biti 100 lm/W naspram 60 lm/W za fluorescentne cijevi [2]. Kao i kod svih rasvjeta postoji omjer kvalitete svjetlosti i cijene. Što je veća učinkovitost to je veća cijena. Također postizanje višeg CRI-a smanjuje životni vijek žarulja, time povećavajući troškove.

## 2.7 Učinkovitost

Možda najbitnija karakteristika svjetlosnih izvora je učinkovitost, odnosno djelotvornost, drugim riječima, koliko svjetla proizvode uz koliko uložene energije. U ovom slučaju su žarulje sa žarnom niti na zadnjem mjestu. U osnovni se mogu smatrati velikim otpornicima, npr. žarulja od 60 W proizvodi 830 lumena što je samo 14 lm/W [2]. Žarulje veće snage imaju neznatno veću efikasnost. Kod žarulje sa žarnom niti pri dnevnoj svjetlosti učinkovitost je gora jer samo tri

četvrtine učinkovitosti ulazi u obzir. Iz razloga što se jedna četvrtina svjetlosti namjerno apsorbira na staklu kako bi promijenila boju.

Fluorescentne cijevi imaju znatno veću učinkovitost. Cijev T8 veličine 120 cm proizvodi 2700 lumena za 32 W, te mu učinkovitost iznosi 84 lm/W, ali priključenjem prigušnice, ulazna snaga je zapravo 36 W, tako da je učinkovitost ovog fluorescentnog sustava 75 lm/W [2]. Kod kompaktnih fluorescentnih svjetiljki je niža, oko 60 lm/W [2].

## 2.8 Starenje

Zamjenom jedne od višestrukih žarulja sa žarnom niti, postaje očito da su starije žarulje sa žarnom niti postale tamnije tokom vremena. Isto vrijedi za fluorescentne i LED. Razlike između njih su u tome koliko dugo ovo starenje traje i što se događa na kraju životnog vijeka žarulje.

Kada proizvođač žarulja sa žarnom niti tvrdi da je njezin vijek trajanja 1000 sati, to predstavlja prosječno vrijeme žarulje, ili drugim riječima to je također vrijeme kada žarulja poprimi 70 % početne rasvijetljenosti. U industriji rasvjete, kada žarulja dođe do 70% rasvijetljenosti, dolazi do očitog smanjenja svjetla, te postaje primjetno tamnija.

Fluorescentne cijevi su složenije od žarulja sa žarnom niti i njihov životni vijek je također složeniji. Budući da životni vijek fluorescentnih žarulja ovisi o ciklusu uključivanja/isključivanja, njihov prosječni vijek trajanja ovisi o njihovim naznakama za upotrebu. Može se dogoditi da nedavno smanjenje u navodnom vijeku trajanja fluorescentnih cijevi (sa 10 000 sati na 8 000) nije povezano sa promjenama dizajna za svrhu smanjenja troškova, već unaprijed određenim naznakama, tj. uputama za primjenu. Fluorescentnu cijev postavljena na krug detektora pokreta, potencijalno bi skratila njezin životni vijek u odnosu na žarulju sa žarnom niti radi broja uključivanja.

Ova raznolikost u upotrebi uzrokuje više širenja u životnom vijeku fluorescentnih cijevi nego kod žarulja sa žarnom niti, ali to je još izraženije za LED. Otkad su poluvodiči, LED imaju iznimno dug životni vijek, vjerojatno stotina tisuća sati, ali oni se prigušuju poprilično ranije nego li se to dogodi. Dobar dio, ako je dobro dizajniran može dostići i do 50 000 radnih sati, sve dok ne postigne 70 % rasvijetljenosti. Za razliku od žarulja sa žarnom niti, LED ostaju u radnom tijeku nakon što dostignu 70 % osvjetljenosti, iako to nije preporučeno. Kao oprez, možemo naglasiti da još nije došlo do naznaka životnog vijeka LED-a jer im je popriličan broj radnih sati koje mogu dostići.

### 3. PRAKTIČNE KARAKTERISTIKE LED RASVJETE

#### 3.1 Način upravljanja

Svjetleće diode su poluvodički uređaji koji emitiraju svjetlo na temelju pojave elektroluminiscencije na području p-n spoja pri rekombinaciji pozitivnih i negativnih čestica (protona i elektrona) [5]. 1962. godine su se u elektronici počele koristiti crvene LED, ali danas postoje svjetleće diode u različitim bojama [5]. Bijela svjetlost se može s LED proizvesti na više načina, dok se u javnoj rasvjeti uglavnom koriste dva načina. Korištenjem plave LED s fluorescentnim premazom, što je najčešći način, i miješanjem svijetla plave, crvene i zelene LED, a taj se način uglavnom koristi u aplikacijama gdje se želi ostvariti mogućnost mijenjanja boja svjetla [5].

Činjenica je da su LED strujni, a ne naponski uređaji. Otpor je proporcionalan s naponom i strujom. Postavljanjem napona naspram otpornika, određena struja će poteći. Prema Ohmovom zakonu, struja će biti,  $I = \frac{V}{R}$  [2]. Udvostručavanjem napona, struja će se udvostručiti. Također, prolaskom struje kroz otpornik, na njemu će se pojaviti napon. Ponovno, Ohmovim zakonom, ovaj napon biti će struja pomnoženo sa otporom,  $V = I \times R$ , ali kod dioda Ohmov zakon se ne primjenjuje [2]. Napon i struja nisu proporcionalni. Zapravo, oni su više eksponencijalno povezani. Specifično, struja ima mogućnost modeliranja (3-1) [2]:

$$I(V_f) = I_0 e^{k \cdot V_f} \quad (3-1)$$

- Dok njegov inverzni oblik modelira napon kroz njega (3-2) [2]:

$$V_f(I) = \frac{1}{k} * \ln\left(\frac{I}{I_0}\right) \quad (3-2)$$

U ovim jednadžbama,  $V_f$  je napon iz anode u katodu diode,  $I$  je struja kroz diodu, a  $k$  i  $I_0$  su konstante [2]. Kao tipične vrijednosti za bijele LED (na sobnoj temperaturi), je iznos od  $I_0 = 3.2 \mu A$  i  $k = 3.64/V$  [2]. Ove vrijednosti su stvarne vrijednosti za komercijalne dostupne uređaje [2].

Struja kroz diodu snažno ovisi o naponu. Korištenjem tipičnih vrijednosti za bijele LED kao što je gore navedeno, dobivanjem 2,80 V kroz diodu potrebno je provest 85 mA struje [2]. Dodavanjem samo četvrtine volta, na 3,05 V, struju udvostručuje na iznos od 212 mA [2]. Još

jedna četvrtina volti, do 3,30 V, ponovno više nego udvostruči struju na 527 mA [2]. Drugim riječima, nije razumno pokušavati kontrolirati rad diode kontroliranjem napona. S gledišta druge jednadžbe, provođenjem 100 mA struje kroz diodu, napon praga iznosit će 2,843 V [2]. Udvostručavanje struje dodavanjem 100 mA povećava napon za samo 191 mV, tj. manje od 7 % [2].

U tom smislu može se reći da je dioda, a posebno LED, strujni uređaj, a ne naponski. U prvoj aproksimaciji praktičnog inženjeringa napon praga je uvijek isti, bez obzira koliko je struje provedeno kroz nju, stoga performanse uređaja ovise o količini struje koja je provedena kroz uređaj.

Također u istoj aproksimaciji vidljivo je da je snaga diode određena strujom. Optički izlaz LED-a izražen je u lumenima/vatima. Nakon određenog iznosa lumena, poznat je iznos wata, te dobivene informacije određuju iznos struje. Napajanja za LED su tipično dizajnirana da ih se pokreće konstantnom strujom.

### **3.2 Napon praga**

Za jednostavne procjene, napon praga diode je konstantan. Iako se napon praga donekle mijenja sa strujom, postavlja se pitanje kako se različite diode mogu uspoređivati.

Postoje obične silikonske diode koje se koriste kao ispravljačke diode. One imaju tipični  $V_f$  s rasponom od 500 mV za male – signalne diode do 1,2 V za velike ispravljačke diode (Schottky diode su drugačiji tip uređaja) [2]. Ove brojke su neka vrsta praktičnog vodiča za performanse diode. Za određenu količinu struje, kod dioda s manjim iznosom napona praga, doći će do slabijeg rasipanja snage. Prema autorima Ron i Carol Lenk [2] postavlja se pitanje zašto se ne koriste diode sa najnižim naponom praga. Niži napon praga obično i predstavlja veći uređaj.

Ako je poželjno imati 500 mA struje kroz diodu, te ako je rasipanje snage tijekom provođenja najbitnija stavka, može se dobiti informacija u bazi podataka i sastaviti popis dioda jakosti 1 A i vidjeti koja ima najniži napon praga na 500 mA [2]. Na ovoj razini aproksimacije lakše je gledati napon koraka na nazivnoj struji od 1 A. To je način na koji proizvođači i distributeri imaju svoje postavljene online baze podataka.

Napon praga također ovisi o temperaturi odumiranja i to ovisi o tome koliko je kućište veliko. Ista dioda u većem kućištu ostati će hladnija, a time i veći napon praga. Isto tako, može se koliko toliko dobiti niži napon koraka korištenjem diode više nazivne struje. Na primjer, dioda snage 3 W ocijenjena je istim naponom praga kao i dioda snage 1 W, ali pri snazi od 1 W dioda će imati niži napon koraka [2].

Ista načela vrijede i za LED. Za bijele i plave LED, tipični napon praga varira oko 3,1 V do 3,8 V [2]. Žute LED su nešto veće vrijednosti, dok su crvene LED niže, oko 2,2 V [2]. Zapravo je lakše uspoređivati napon koraka LED nego običnih dioda [2]. To je industrijski standard za izvješćivanje  $V_f$  pri struji od 350 mA, čak i za uređaje koji mogu nositi 1 A [2].

Treba imati na umu da je temeljni razlog što LED imaju mnogo viši napon praga nego silikonske diode je što nisu izrađene od silikona. Njihov pojasni razmak je različit od silikonskog razmaka, to je način na koji proizvode svjetlost. Razlog što je takav raspon napona za bijele LED je da postoji niz različitih poluvodiča koji se sada koriste u industriji. Svaki ima svoj pojasni razmak. Jedan od glavnih područja istraživanja za sve LED proizvođače je kako smanjiti napon koraka uređaja. Smanjivanjem bi se povećala izlazna svjetlost LED po watu.

### 3.3 Napon zapiranja

Sve diode će provoditi struju kada se napon primjeni od anode do katode. Isto tako će provoditi struju ako se dovoljno napona primjeni od katode do anode – bilo to namjerno ili ne. Zener ili diode sa tunelskim efektom (tunnel dioda) spadaju u namjernu kategoriju: ovaj način provođenja je njihov glavni način rada. Moguće je odabrati jednu od navedenih metoda na temelju napona na kojem želimo da proces provođenja nastupi. Proizvođači drže toleranciju na ovom naponu do 5 %, ili čak i više [2].

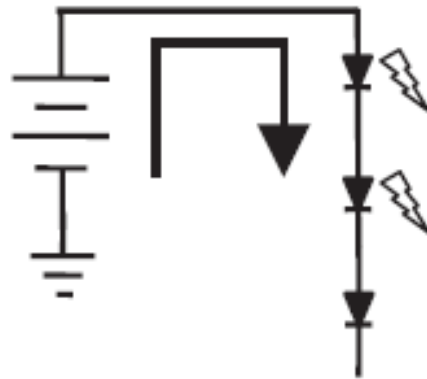
Ispravljačke diode i LED spadaju u nenamjernu kategoriju. Ponašaju li se u obrnutom smjeru, postoji velika mogućnost da se slome. S ispravljačkim diodama postoji jednostavno rješenje. Povratni napon praga je jedan od parametara koji se odabire pri odabiru diode. 200 V, 400 V i 600 V su vrlo uobičajene i jeftine, te imaju i druge slične karakteristike. Dođe li do kvara diode, diodu treba samo zamijeniti višim naponskim dijelom [2].

Nažalost kod LED dolazi do većih komplikacija. Većina LED ima napon zapiranja samo 5 V. Ovaj vrlo nizak napon može predstavljati ozbiljan problem u praksi. Čak i uz nekolicinu LED u seriji,



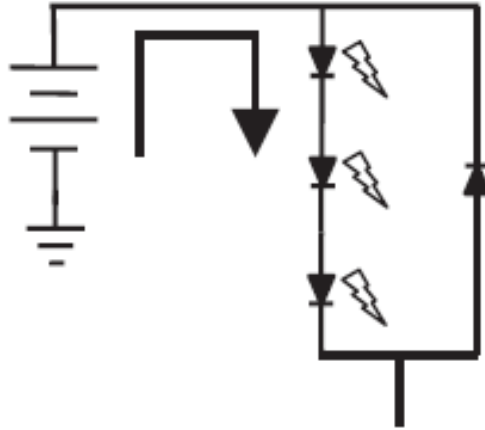
napon zapiranja je i dalje nekoliko desetaka volti. Bilo koji problem ili šum u kontrolnoj petlji napajanja, ili problem u izmjeničnom naponskom izvoru, može biti dovoljno da nakratko izazove kvar [2]. Diode se mogu razbiti u mikro sekundama pod pravim uvjetima.

Jedno moguće rješenje je postavljanje obične ispravljačke diode u seriju s LED, kao u slici 3.1. [2]. Time se sprječava bilo kakva povratna struja koja može proći kroz LED. Nažalost, ona također troši snagu kada LED rade u normalnom stanju. Pokrećemo li LED na 400 mA, napon praga od blokirajuće diode (Zener diode) iznosa oko 1 V će trošiti oko 400 mW snage kontinuirano [2]. Činjenica je da je ovo neprihvatljivo visoko, bilo sa toplinskog faktora ili faktora učinkovitosti.



Slika 3. 1. Obična ispravljačka diode u seriji sa LED [2]

S termičke strane, rješavanje viška topline od 400 mW koje nam ne doprinosi većinu vremena, moglo bi predstavljati problem. Za učinkovitost na malim izvorima svjetlosti, 400 mW može biti značajan dio ukupne snage uređaja [2].



Slika 3. 2. Dioda u anti – paraleli s LED [2]

Drugi izbor je staviti diodu u anti – paralelu s LED, kao što je prikazano na slici 3.2. [2]. U ovom primjeru, ako bi nastupio napon od katode do anode od LED, napon praga diode iznosio bi oko 1 V [2]. Ovaj način je potpuno siguran za LED, te također ne dolazi do rasipanja snage u normalnom radu, kao kod diode kada pri naponu zapiranja LED provodi normalno.

Budući da su poluvodiči, sve LED imaju zadanu apsolutnu maksimalnu struju od strane proizvođača, to su obično 700 mA ili 1 A, ali postoje i druge vrijednosti [2]. Kod normalnih dioda, poznato je, da je trenutna ocjena stvarna vrijednost potrebna za rad u stabilnom stanju, npr. 1N4973 je 1 A diode, ali može podnijeti 30 A pri 8,3 ms [2]. Kod LED sve zavisi o proizvođaču te o tipu LED-a.

Neke bijele LED mogu raditi iznad svoje nazivne struje na duži period. Kada su kod LED-a fosfori zasićeni, svjetlost počinje plaviti, ukoliko to ne ometa čovjeka, mogu podnijeti poprilično veće vrijednosti struje. Novije generacija LED imaju mnogo više žica kako bi bolje vodili veće iznose struje. Stvarno pitanje koje se nameće kod LED je da li mogu podnijeti visoke vrijednosti struje bez da izgore ili zadobiju crne mrlje. Visoke vrijednosti struje loše su za učinkovitost stoga nisu poželjne, dok su određene oscilacije prihvatljive.

### 3.4 Iskoristivost – učinkovitost

Iskoristivost se općenito odnosi na električnu pretvorbu. Unosom određene količine energije u napajanje, dobiva se određena manja količina na izlazu. Električna iskoristivost je definirana kao izlazna snaga podijeljena s ulaznom snagom. Obično se izražava kao postotak. Budući da uvijek ima nekih gubitaka, taj je broj uvijek manji od 100, ali ne i manji od nule [2].

Kod LED je proces da unosimo snagu, ali ono što želimo na izlazu nije snaga, već svjetlost, te time možemo svjetlost, baš kao i struju, mjeriti u vatima. Npr. izlaz svjetlosti iz tamno plavih LED se mjeri u vatima. Iskoristivost je tada jednostavna. To je izlazna snaga u vatima podijeljena ulaznom snagom u vatima. Primjerice prema [2], LXML – PR01 – 0275 tvrtke Lumileds je nebesko plava LED (455 nm). Ima optičku izlaznu snagu od 275 mW, te ulaznu snagu od  $350 \text{ mA} \times 3,15 \text{ V} = 1,103 \text{ W}$ . Njegova iskoristivost je tada  $0,275 \text{ W} / 1,103 = 24,9 \%$ .

Vidljivost oka je slaba pri 455 nm, te vrijednosti takvog svjetla nisu iskoristive [2]. Stoga ima smisla specificirati rezultat u vatima. Ostale boje, uključujući bijelu, su različite. Npr. u prometu, htjeli bismo znati koliko se intenzivno čine žuta, crvena i zelena ljudima. Slično tome, za žarulje koje koriste bijele LED, želimo znati koliko intenzitet utječe na ljude, ne koliko optičke snage izlazi, te za ove LED koje nisu plave boje, ne koriste se wati, već lumeni. Stoga iskoristivost također nije ispravan termin, već učinkovitost.

Učinkovitost bijelih i drugih LED mjeri se u lumenima po watu (lm/W). Vrhunac ljudskog oka je u zelenom dijelu vidljivog spektra. Drugim riječima, npr. za crvene i zelene LED s istim efektom, crvena mora emitirati mnogo više svjetla od zelenog. Stoga nije moguće uspoređivati izravno dvije različite LED svjetlosti osnovno po učinkovitosti, jedino ako su iste boje. Čak dvije vrlo slične boje, recimo zelenkasto žute i žućkasto zelene, nisu izravno usporedive.

Dodatno, LED ne emitiraju konkretno jednu valnu duljinu, one nisu laseri. Prema [2], npr. Lumiledsova LXML – PM01 – 0040, zelena LED, ima dominantnu valnu duljinu koja se specificira između 520 nm i 550 nm. Osim toga, spektralna polovica je širine 30 nm [2]. Drugim riječima, svjetlo je negdje između 490 nm i 580 nm [2]. Ljudsko oko doseže vrhunac na 555 nm, te će učinkovitost tih uređaja široko varirati. Oni su slični čak i u smislu optičke snage [2].

Bijela svjetlost je po definiciji mješavina svih vidljivih svjetlosti. Kao što je već opisano, bijele LED su napravljene dodavanjem dvije ili tri različite boje zajedno. Dakle, učinkovitost takvog

uređaja ovisi o točnoj mješavini boja, o točnoj rasvijetljenosti svake boje u mješavini, te gdje se točno svaka boja u spektru emitira.

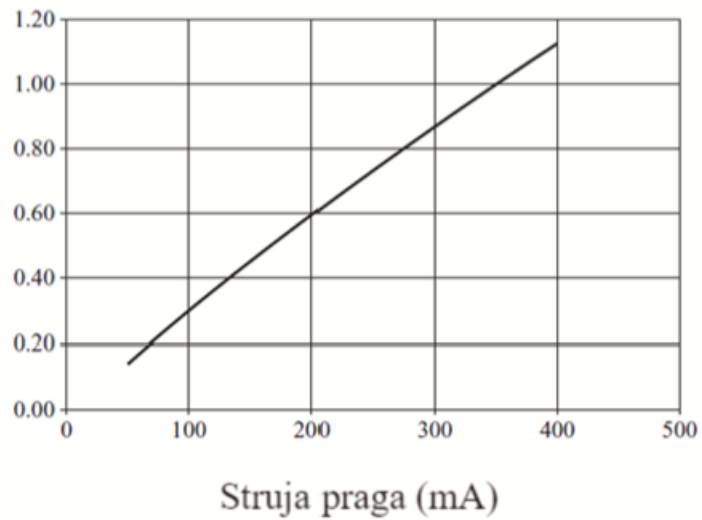
Konačno, dobavljači bijelih LED smatraju učinkovitost glavnim parametrom oko kojeg se natječu. Drugim riječima, imaju tendenciju „igranja“ sa spektralnim sastavom bijelih LED. Pomicanje bliže zelenoj boji povećava učinkovitost, tako da se pomicanjem CCT sa 2750 K na 2900 K, dobiva povoljniji broj [2].

Učinkovitost se mjeri na nominalnoj struji, tipično 350 mA [2]. Promjena struje, prouzrokuje i promjenu učinkovitosti. Stoga su korisne tehničke tablice. Povećavanjem struje, učinkovitost počinje značajno opadati. Dakle, prioritet je učinkovitost. Pokretanje LED na višim nominalnim strujama proizvodi i veće vrijednosti nominalne svjetlosti, ali učinkovitost pada.

Prema [2], Lumileds LXML – PWW1 - 0060 ima zajamčenu minimalnu snagu od 60 lumena na 350 mA (na 25 °C). Za određivanje učinkovitosti, potrebna je i veličina snage, a ne samo struje. U podatkovnom listu se može utvrditi nominalni napon uređaja na 350 mA (pri 25 °C) je 3,15 V [2]. Stoga je njegova nominalna učinkovitost  $60 \text{ lm} / (350 \text{ mA} \times 3,15 \text{ V}) = 54,4 \text{ lm/W}$  [1]. Treba imati na umu da učinkovitost nije 60 lm/W jer pojedini prodavači pokušavaju „prodati“ proizvod i time zbunjuju kupce miješanjem lumena i lumena po vat [2].

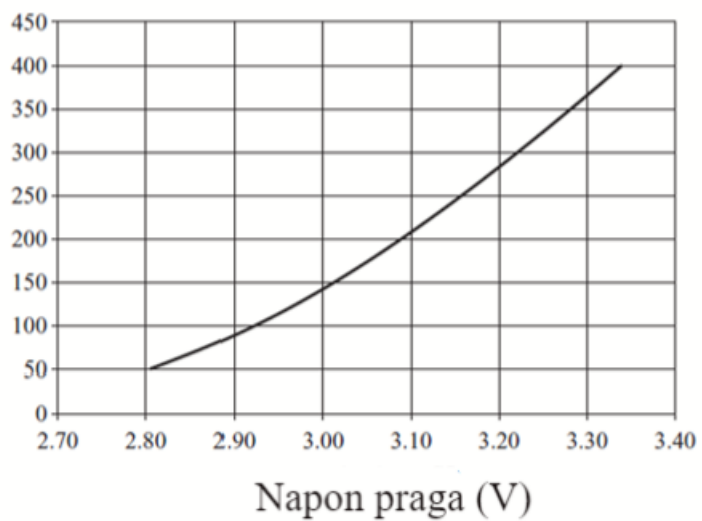
Sljedeće je postupak provjere kako se učinkovitost mijenja sa strujom koju povlači dioda. Iz slike 3.3. [2] „Relativni svjetlosni tok“ može se zaključiti: „Svjetlosni izlaz povećava iznos i učinkovitost.“, ali to je netočno na dvije razine. Učinkovitost ne ovisi samo o izlazu svjetlosti, već i o struji koju vuče dioda i naponu praga. Povećanjem toka, struja koju vuče dioda se također povećava (Slika 3.4.) [2]. Učinkovitost kao funkcija struje koju vuče dioda nije prikazana u podatkovnoj tablici.

Svjetlosni tok  
prema normi

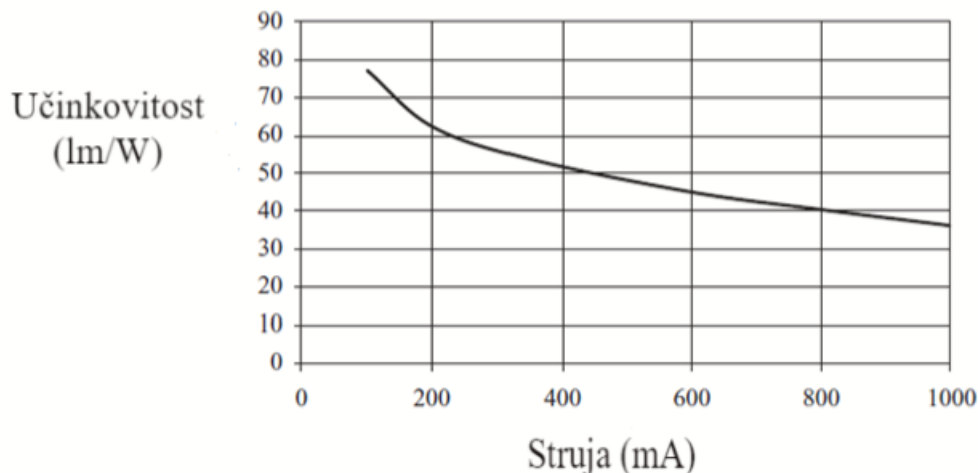


Slika 3. 3. Izlazna svjetlost kao funkcija struje [2].

Struja praga  
(mA)



Slika 3. 4. Napon praga kao funkcija struje [2].



Slika 3. 5. Učinkovitost naspram struje koju provodi dioda [2].

Korišteni su podatci u dvjema slikama dobivenim iz podatkovnih tablica za izgradnju krivulja učinkovitosti u odnosu na struju koju provodi dioda (Slika 3.5.) [2]. Treba napomenuti da iznad nominalne struje koju vuče dioda, učinkovitost LED-a počinje se pomalo smanjivati. Npr., prema [2] pretpostavimo da želimo dobiti 100 lumena. Na 350 mA trebamo  $100 \text{ lm} / (54,4 \text{ lm/W}) = 1,84 \text{ W}$  [2]. Također istu stvar možemo postići pokretanjem dviju LED-a na otprilike oko 350 mA [2]. Pretpostavimo da isti postupak postignut sa jednim uređajem. Budući da trebamo nešto više od 700 mA, učinkovitost je smanjena na 42 Lm/W – pri kojoj nam je potrebno  $100 \text{ lm} / (42 \text{ lm/W}) = 2,38 \text{ W}$  [2]. Koristimo poprilično više snage (29 % više) kako bi bila dobivena ista svjetlosna snaga [2]. Iako s druge strane, cijena jednog LED uređaja je niža od dva. Navedena stavka je jedan od glavnih kompromisa s kojima se inženjeri uvijek suočavaju.

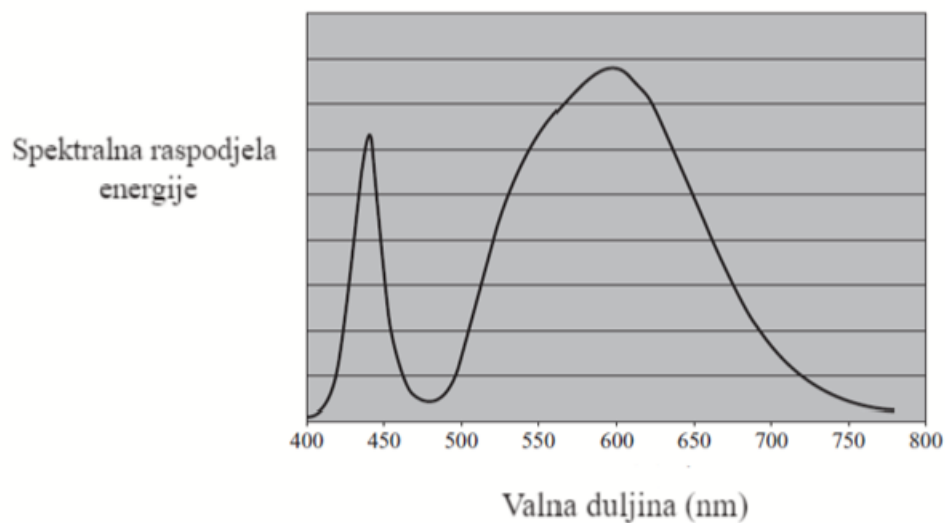
### 3.5 Optički spektar LED rasvjete

Zračenja valne duljine između 380 nm (ultraljubičasto) i 780 nm (infracrveno) pretvara u svjetlost [4]. Izvan navedenog dometa oko ne vidi [4]. Svi izvori svjetlosti imaju svoje zračenje ili mješavinu istih unutar navedenih ograničenja [4].

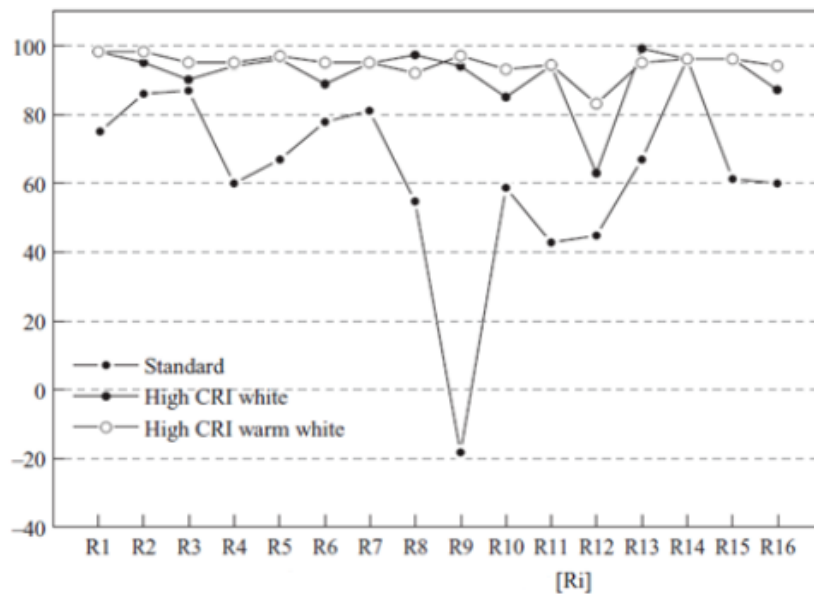
Budući da je glavni cilj LED proizvoditi svjetlost, optički spektar je jedan od ključnih parametara. Proučavanjem tipične spektralne krivulje za toplo – bijeli LED, prikazanom na slici 3.6. [2],

moguće je vidjeti da je duž x-osi valna duljina u [nm], a duž y-osi je relativna spektralna snaga. Treba napomenuti kako proizvođač ne označava jedinice na y-osi. Dok većina krivulje nalikuje krivulji ljudskog oka, jedan dio je potpuno drugačiji. U plavom području je veliki šiljak te je podrijetlo šiljka očito. To je prirodna emisija svjetlosti prozirnog dijela LED iliti kocke, te šiljak predstavlja dio emisije koji neće biti pretvaran od strane fosfora. Ovaj proces ne šteti boji LED-a, zbog toga što ljudi vide vrlo loše pri plavoj boji. Navedeno predstavlja samo jedno od područja u kojima se LED performanse mogu poboljšati. Pretvaranjem plave svjetlosti u korisniji dio spektra bi poboljšalo te povećalo učinkovitost.

Drugo je što je na krivulji(slika 3.6.) [2] prikazano kako brzo usporava na crvenom dijelu. Dobivanjem malo više crvene boje u tom području je razlika između 2800 K i 3500 K CCT. Štoviše, još važnije to je razlika između crvenkastih predmeta koji izgledaju smeđe naspram crvene boje. Drugim riječima ovaj dio krivulje govori kako će crvenkasto crveni predmeti izgledati. Najveća prepreka za LED proizvođače je stvaranje dubokih crvenih fosfora. Iz tog razloga mnoge sadašnje bijele LED imaju loš CRI. Pogoršavaju se u crvenim bojama(slika 3.7.) [2].



Slika 3. 6. Izlazna svjetlost je funkcija valne duljine [2].



Slika 3. 7. Mnoge LED diode imaju loš R9; special color rendering index, CRI(Ri) [2].

R9 je jedan od brojeva od Ri koji se odnosi na uzorke testnih boja, što je jedan od rezultata u proširenom CRI-u. R9 opisuje specifičnu sposobnost svjetla da precizno proizvodi crvenu boju određenog predmeta. R9 se općenito smatra dodatkom indeksa prikazivanja boje pri ocjeni visokog CRI izvora svjetlosti.

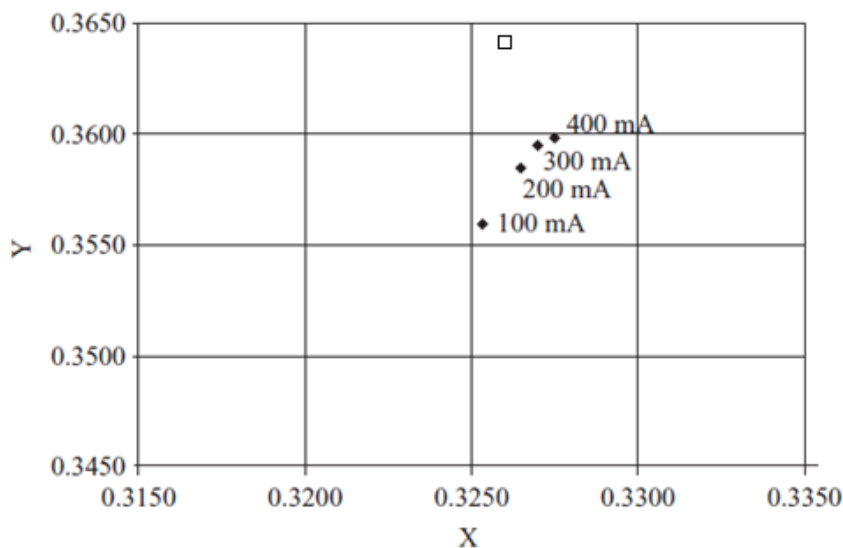
Optički spektar LED govori sve o njihovoj rasvijetljenosti. Ne postoji praktični način sagledavanja spektra i odlučivanja da li je određena boja adekvatna za određenu aplikaciju. Stoga se određuje skup brojeva koji karakteriziraju važne značajke spektra. To su brojevi kao što su CCT, CRI i (x, y), te kao što je navedeno imaju pluseve i minuse [2]. CCT pruža informaciju koliko je svjetlo „hladno“, najznačajnije kod bijele svjetlosti. CRI pruža informaciju kako se boje dobro reproduciraju od strane svjetlosti – do te mjere da je spektar crno tijelo. Različiti karakteristični brojevi su korisni zbog toga što pružaju ideju kako svjetlost ustvari izgleda, ali glavni razlog je zbog toga što su korisni za proizvođače LED te što ih mogu okarakterizirati.

Unatoč ograničenjima karakterističnih brojeva, oni mogu varirati. Varijacije ne trebaju predstavljati iznenađenje. Provođenjem prevelike struje u bijelu LED, svijetlit će plavo. Fosfor je zasićen i plava svjetlost će nastati iz LED-a jer nije došlo do pretvorbe. Općenito, fosfori su komplicirane molekule, i koliko učinkovito će uhvatiti te pretvoriti plavo svjetlo ovisi do neke



mjere o struji koja teče kroz diodu. RGB LED diode su još osjetljivije što se tiče struje, jer njihova učinkovitost varira sa strujom.

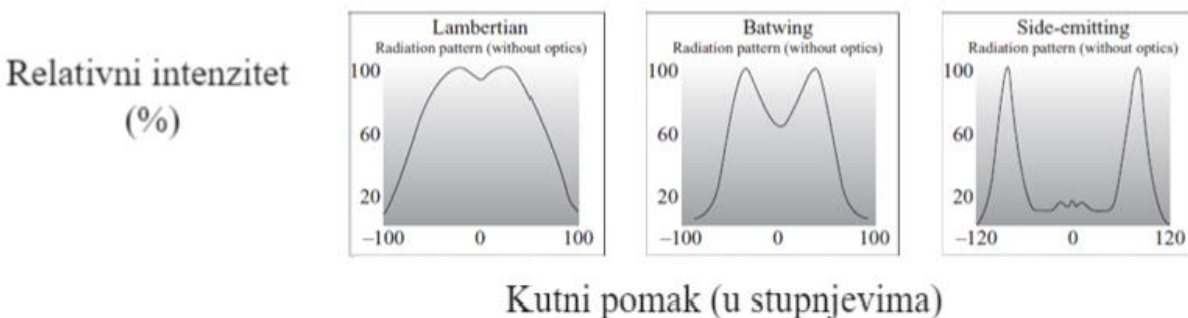
Koordinate boja bijelih LED variraju s strujom koja teče kroz diodu (slika 3.8.) [2]. Kako se struja koja teče kroz diodu povećava, povećavaju se i  $x$  i  $y$  (400 mA je maksimalna nazivna struja koja teče kroz diodu za ovaj uređaj) [2]. Navedeno odstupanje iako nije veliko, dovoljno je za promjenu izgleda LED-a. Čak i uz navedene informacije, koordinate  $x$  i  $y$  nisu dovoljne kako bi se definirao izgled. Većina proizvođača ne navodi toliku količinu informacija, stoga treba izgraditi te izmjeriti sustav kako bi se došlo do informacije kako će svjetlost izgledati.



Slika 3. 8.  $(x, y)$  kao funkcija za struju, gdje je  $x$  – struja praga i  $y$  – koordinate kromatičnosti. [2]

Koordinate kromatičnosti su najbolja procjena raspona boja i pogodnosti LED-a za određeni zaslon, jer će biti razlike u boji između dva susjedna modula. Jedna optička karakteristika koju treba uzeti u obzir je kut. Svjetlo ne izlazi na stražnji dio LED-a jer je smještena na osnovicu kućišta [2]. Kod nekih LED, svjetlost se emitira kao i što očekujemo, s prednje strane kocke. Iako se druga svjetla emitiraju okomito na kocku. Svjetlost emitirana sa strane prozirnog djela LED (kocke) obično prolazi kroz određenu optiku u kućištu, što podalje modificira svjetlosnu distribuciju [2]. Dobiveni rezultat je da svjetlost na izlazu nije istog intenziteta pri svakom kutu; u određenim smjerovima ima više svjetlosti nego u drugim.

Postoje tri poznate distribucije svjetlosti za LED: Lamberova distribucija(eng. Lambertian), distribucija u obliku šišmiša(engl. Batwing) i distribucija postrance(engl. side – emitting). Glavna razlika je jasno prikazana na slici 3.9. [2]. Lamberova distribucija je primarno usmjeren ka svjetlosti prema naprijed. Distribucija u obliku šišmiša je također usmjeren prema naprijed, ali sa naglim propadanjem u sredini [2]. Konačno, kao što i iz imena možemo zaključiti, kod distribucija postrance za LED, većina svjetlosti izlazi sa strana, te vrlo malo prema naprijed [2].



Slika 3. 9. Dostupni su različiti izvori svjetlosti na izlazu [2].

Većina proizvođača naglašavaju mogući uzorak zračenja, bez mnogo objašnjavanja što on zapravo znači. Iako, postoje barem dva važna mjerila kutne emisije svjetlosti. Lumileds navodi kut gledanja te kut uključenja. Kut uključenja je vjerojatno važniji od dvoje navedenih, te je i također bitan za proizvođače kada specificiraju kut emisija svjetlosti. Kut uključenja je kut u kojem se 90 % svjetlosti i emitira [2]. Drugim riječima ako kut od LED ne naiđe na ništa do navedenog kuta, onda će 90 % svjetlosti emitirano sa strane LED pobjeći iz uređaja. Lumileds definira ovaj kut kao „ukupni kut“, s time da njihova zadana specifikacija od 160° varira do  $\pm 80^\circ$  [2]. Za druge proizvođače 120° je češće u upotrebi te je navedeni kut i najvjerojatnije i ukupni kut [2].

Kut gledanja je kut gdje je svjetlost na pola intenziteta nego što je pri maksimumu („kut snopa svjetlosti“). Za većinu aplikacija ovaj broj je manje važan. Kut gledanja pruža iste informacije kao i krivulja emisije, ili drugim riječima, kut pod kojim je relativni intenzitet na pola vrijednosti. Kut uključenja govori koliko je ukupne krivulje uključeno – to je integral područja ispod krivulje. Dođe li do slučaja da je kut iz kojeg je povučena svjetlost imalo manji od kuta uključenja, potrebno je pogledati krivulju emisije kako bi se razumjelo koliko svjetlosti povlači, te ako je veći dobiveno je više od 90 % svjetlosti [2]

### 3.6 Pretjerano vođenje LED rasvjete

Prethodno je napomenuto kako pretjerano vođenje LED pri većim nazivnim strujama nego što je predviđeno za određene uređaje dovodi do promjena boja. Dodatno, dolazi do porasta temperature LED radi više nazivne struje, te i uz manji dodatni faktor napona praga koji raste radi dodatne struje. S porastom temperature, skraćuje se vijek trajanja LED. S obzirom na sve negativne faktore, postavlja se pitanje potrebe pretjeranog LED vođenja.

Prema [2], glavni razlog je većinom trošak (iako veličina može također biti faktor). Pet LED košta 25 % više nego četiri diode, ali ako vodimo LED 25 % više, moguće je uštedjeti za tu dodatnu LED. Promjene boja uobičajeno nisu toliko bitne za današnje tržište, stoga se opet sve svodi na temperaturu LED. Poželjno je, ako je moguće postići odgovarajuću temperaturu kocke ili temperaturu kućišta koja pruža prigodni životni vijek. Sve dok apsolutna maksimalna struja uređaja nije prekoračena, navedeni čimbenik će predstavljati jedan od bitnijih čimbenika [2].

Dođe li do prekoračenja apsolutnog maksimuma struje uređaja dodavanjem navedenih 25 %, tada je potrebno konzultirati se sa dobavljačem. Dobavljač ima mogućnost poručiti dali postoji mogućnost da zajamčena izvedba određenog uređaja neće biti izvediva, a određenim proučavanjem je moguće otkriti koji će dio LED-a prvi zakazati. Postoje različite vrste zakazivanja, kao što su potpuna zakazivanja ili zakazivanja gdje određeni dijelovi ne ispunjavaju više vlastite specifikacije. Pronalaženje dozvoljenog apsolutnog maksimuma struje, omogućuje malo prostora za prekoračenja čak i ove ocjene.

### 3.7 Ključni parametri priloženih tablica

Kod LED nikada nije u pitanju samo jedan parametar kako bi bila opisana njegova primjena za određenu aplikaciju, te su LED duboko ugrađene u analogni svijet. Postoji nekoliko desetina parametara koji su važni i nijedan uređaj neće izravno ispuniti sve zadane kriterije.

Prema [2] prvi kriterij je odabrati CCT (iliti boju, ako ne pravimo izvor bijele svjetlosti). S navedenim kriterijem eliminiraju se barem 2/3 izbora. CRI je manje važan jer većina uređaja ima sličan CRI, osim ako nije poželjno dobiti neobično visok CRI [2].

Sljedeći kriterij je učinkovitost pri radnoj temperaturi. Potrebno je naglasiti da temperatura ne bi trebala biti na 25 °C kao što proizvođači navode, jer se kod različitih uređaja optički se izlazi mijenjaju različito pri određenim temperaturama. Umnoškom izlaza svjetlosti pri 25 °C sa

smanjenjem svjetlosti na 85 °C (što obično predstavlja dobru polaznu točku), te podjelom sa strujom naponom praga, ponovno se kompenzira temperatura (3-3) [2]:

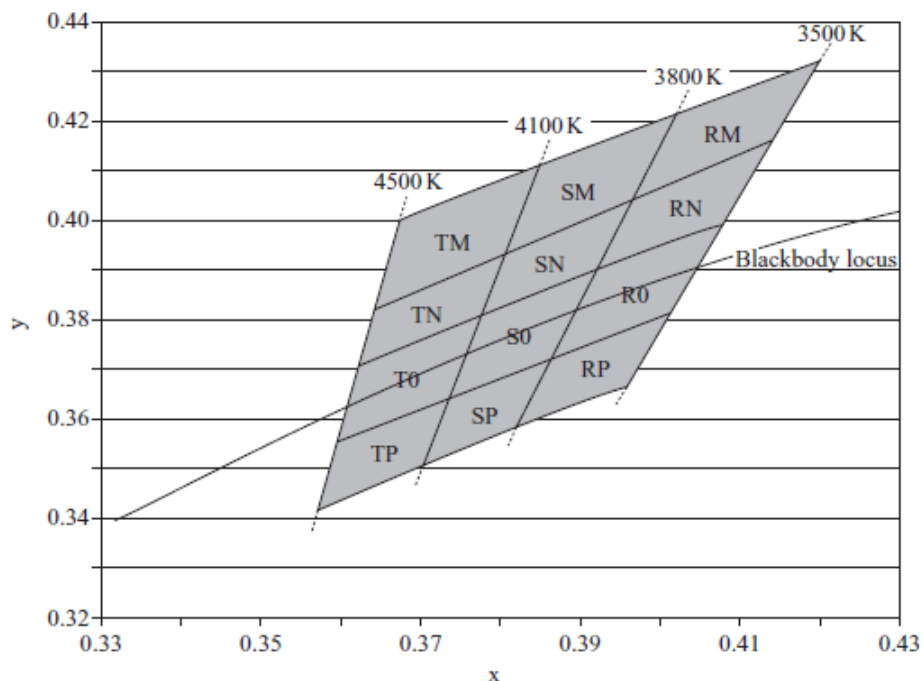
$$\eta(85^{\circ}\text{C}) = \frac{\text{Lumen}(25^{\circ}\text{C}) * \text{RelativnaSvjetlost}(85^{\circ}\text{C}/25^{\circ}\text{C})}{\text{Struja} * V_f * \text{Relativan } V_f(85^{\circ}\text{C}/25^{\circ}\text{C})} \quad (3-3)$$

Uobičajeno, ali ne i uvijek, povećanjem učinkovitosti uređaja povećavaju se i troškovi investicije.

### 3.8 Povezivanje

Primjećivanjem koliko varijacije u nekim od navedenih parametara utječu na izvedbu, proizvođači nude povezivanje. Povezivanje znači da proizvođači nude iste dijelove za uređaje, ali sa različitim ključnim parametrima. Kupac odabire koji mu je parametar potreban, te se time omogućuje određeni stupanj kontrole nad parametrima. Parametri su uobičajeno poprilično široko definirani. Sastavni dio razloga povezivanja je što je teško kontrolirati parametre u različitim proizvodnim serijama, drugim riječima, proizvođači žele osigurati prodaju svih proizvodnih jedinica.

Primjerice prema [2], svi proizvođači nude CCT povezivanje. „Neutralno – bijelo“ na Lumileds listi podataka, vidljivo je da je CCT između 3500 K i 4500 K. To je toliko širok spektar da su povezani svi dijelovi koji su dostupni. Slika 3.10. prikazuje navedeni „neutralno – bijeli“ prostor povezan. Postoje ograničenja na x i y osi, što rezultira sa 12 različitih boja [2].



Slika 3. 10. Neutralno – bijela povezana struktura. [2]

Postoji više načina povezivanja iznad Planckove linije, nego ispod. Četiri načina povezivanja proširuju Planckovu liniju: pola ih se nalazi iznad, a pola ispod linije [2]. Za LED to znači da se mogu povezivati i da su u mogućnosti proizvoditi zelenkaste i crvenkaste bijele svjetlosti. Treba napomenuti da je ovo ANSI standard(ANSI C78 .377), te time nije problem s Lumiledsom, već svi dobavljači na ovaj način određuju proces povezivanja [2].

Treba napomenuti da čak i samo jednim načinom povezivanja može biti različitih varijacija u bojama koje se dobivaju povezivanjem, iz razloga što iz samo jedne(x, y) koordinate povezivanje nije izvedivo. Postavlja se pitanje da li ova varijacija jedinice prema jedinici vidljiva od strane kupca. Proizvođači smatraju da razlika u boji nije vidljiva kupcima. Međutim, autori [2] smatraju da je varijacija vidljiva, barem određenom postotku stanovništva jer ne vide svi istu boju, te su neki više osjetljivi na varijacije od drugih. Sa strane ovog stajališta može se reći da se određeni proizvođači referiraju na znatno manji postotak stanovništva. Ova činjenica je više bitna sa strane marketinga.

Moguće je primijetiti da je u procesu povezivanja boja došlo do određenih „trikova“. Određeni proizvođači navode sve načine povezivanja, ali nije moguće kupiti samo jedan. Primjerice, mogu zahtijevati od kupca da prihvate bilo koji od četiri ili čak šest načina povezivanja boja. Svaki puta kada kupac zaprimi pošiljku, način povezivanja će biti označen, ali moguće je zaprimiti i načine

povezivanja koji nisu potrebni. Potrebno je porazgovarati s dobavljačem koji načini povezivanja su nam zapravo potrebni te koje će poslati, naspram onih što se nalaze u tablici podataka.

Ostali parametri povezivanja mogu uključiti napon praga i rasvijetljenost. Rasvijetljenost je uvijek povezana jer diktira cijenu. Drugim riječima, što je veća rasvijetljenost, to je veća cijena. Može se pokazati isplativije kupiti uređaj sa manjim povezivanjem rasvijetljenosti, nego sa manjim naponom praga. Sa strane učinkovitosti, ako učinkovitost predstavlja primarni interes, svjetlost na izlazu te snaga na ulazu jednako su važni. Također se treba informirati kod dobavljača vezano za strukturu cijena.

### **3.9 Odstupanje**

Prijašnjim navođenjem određen je uređaj ili dio uređaja prema količini lumena na izlazu, prema boji, prema cijeni te prema naponu praga. Sada se promatra tablica sa podacima kako bi se minimalizirala učinkovitost pri struji kojoj se vrši upravljanje, te provjeriti koliko LED-a je potrebno. Navedene specifikacije nisu dovoljni, jer postoji specifikacija unutar tablica sa informacijama koja nam može predstavljati problem i koju je lako propustiti.

Navedena skrivena prijetnja se naziva odstupanje mjerenja na izlazu svjetlosti. Svi dijelovi imaju odstupanje na izlazu svjetlosti ili na učinkovitost, te je navedena činjenica uračunata putem određivanja izlaza svjetlosti uređaja pri minimalnoj zajamčenoj rasvijetljenosti na izlazu LED-a. Može se javiti problem što proizvođači ne garantiraju minimalni izlaz svjetlosti točnošću mjerenja. Navedena točnost se većinom navodi kao  $\pm 7\%$  ili  $\pm 10\%$ , drugim riječima odstupanje lumena na izlazu nije od 90 – 100 lumena već od 81 do 110 lumena [2].

Činjenica je da kad god su autori mjerili lumene od strane raznih proizvođača LED koristeći vlastitu kalibriranu opremu, dijelovi su se nalazili uvijek na dnu kocke te na dnu odstupanja mjerenja. Dio koji bi trebao uobičajeno pružati 95 lumena te minimum od 90 lumena, ipak pruža iznos gotovo uvijek 81 lumena [2]. Kada bi se javio problem s odstupanjem prilikom optičkog mjerenja, svakako bi bila očekivana distribucija svjetlosti. Sa stajališta marketinga, s obzirom da je iznos lumena poprilično bitan faktor, potrebno je preispitati istinitost zadanih vrijednosti. Drugim riječima, ako je potrebna zajamčenost rasvijetljenosti uređaja, tada je potrebno uzeti u obzir točnost mjerenja.

### 3.10 Upravljanje rasvjetom

Dodatna mogućnost dizajniranja rasvjete je izrada sučelja za regulaciju rasvjete. Navedeni sustav je zahtjevan s aspekta vremena i novca radi implementacije u hardveru i u softveru. Potreban je primjerice prilikom velikih instalacija unutar većih objekata kao što su stambene zgrade, gdje je potreban središnji nadzor i gdje je potrebno isključiti svjetlo npr. nakon 22:00h i uključiti nakon 06:00h ujutro. Time nema potrebe za osobom koja će se kontinuirano kretati uokolo te uključivati i isključivati rasvjetu svakog dana.

### 3.11 Životni vijek LED rasvjete: Opadanje intenziteta sa povećanjem radnih sati

U prijašnjim se poglavljima govorilo o temperaturnim učincima koje je lako i brzo mjeriti u laboratoriju, sada je riječ o dugotrajnim toplinskim učincima. Kao što je definirano za LED, smatra se da ima vijek trajanja jednak vremenu koje je potrebna da polovica svjetiljki dođe do 70 % svoje iskoristivosti [2].

Poteškoće koje se javljaju prilikom određivanja životnog vijeka LED-a je prikupljanje podataka jer je potrebno npr. 50 000 sati iliti 8 godina neprekidnog praćenja rada žarulja. S novim generacijama LED-a, koje izlaze svakih šest mjeseci, gotovo je nemoguće odrediti životni vijek. Stoga se mjerenje životnog vijeka pretvorilo u ekstrapolaciju iz kratkoročnih vremenskih podataka.

Općenito se očekuje starenje na logaritamskoj vremenskoj skali. Dođe li do smanjivanja parametara za 5 u 1000 sati, očekuje se da će se u sljedećih 9000 sati smanjiti narednih 5 %. Ovaj navedeni primjer se naziva Arrhenius-ov zakon i odnosi se na mehanizme koje stare sami od sebe, dok kod LED možemo navesti primjere kao što su kućište i fosfor [2]. Tako da za određeni uređaj ima nekoliko različitih vremenskih logaritamskih konstanti vezano za starenje.

Kao za primjer može se uzeti svjetlosna žarulja. Određene LED imaju svjetlosne krivulje koje pokazuju početni porast svjetlosne snage u izlazu svjetlosti pri konstantnoj struji i temperaturi tijekom prvih 1000 sati rada. Navedeno ne predstavlja samo mjerenje s mogućnošću pogreške, već neke žarulje koje je Odjel za okoliš(engl. Department of Environment, DOE) testirao postale su svjetlije unutar prvih 1000 radnih sati [2]. Nakon navedenog perioda započelo je njihovo očekivano opadanje.

Za drugi primjer, proizvođači su utvrdili dva različita slučaja [2]. Tijekom prvih 1000 sati, svjetlost se smanjivala relativno brzo. Nakon toga ubrzanje se smanjilo, te se proces smanjivanja svjetlosti odvijao vrlo sporo. Možemo se zaključiti da su različiti razlozi starenja međusobno povezani i navedena interakcija je razlog zbog kojeg nam se ovaj problem otežava.

Zaključak je bio da ne postoji općeniti način procjene životnog vijeka pri 70 % učinkovitosti, te je jedini način da se sazna vijek trajanja dugoročnim mjerenjima [2].

Postoji dodatna komplikacija u određivanju vremena L70/B50. Definicija kao što je prijašnje navedeno, govori da ja to vrijeme u kojem je pola izmjenjenih svjetlećih dioda doseglo 70 % njihove početne vrijednosti svjetla na izlazu. Može se reći da ne postoji specifikacija od standardnog odstupanja. Npr. da 48 % od zadanog primjera zakaže nakon početnih 2000 sati, te tada nema nikakvih odstupanja sljedećih 48 000 sati. Od standarda L70/B50 vrijeme je 50 000 sati, ali se čini netočnim [2]. S obzirom da nitko ne zna kako točno odrediti vrijeme sa zadanim podacima, to nije trenutni problem, ali mogao bi jednog dana postati.



## **4. EKONOMIJA RASVJETE**

### **4.1 Uloga ekonomske analize u rasvjeti**

Rasvjeta mora biti u skladu sa potrebama korisnika uključujući i ekonomske potrebe, time se misli na proces tijekom odlučivanja kada su sustavi rasvjete dizajniraju te kupuju. Glavnim ekonomskim pitanjima vrlo često se uzima u obzir estetika i vizualna pitanja. Stručnjaci za rasvjetu teže sastaviti popis kriterija i potreba koje smatraju bitnim i ključnim, te zatim započinju postupak identifikacije prioriteta i najbitnije, prilagođavanje zadanom budžetu [6].

Umjesto da ekonomsku analizu uzimamo kao osnovu estetske analize i dizajna, trebali bi je promatrati kao okvir u kojemu možemo pravilno uzeti u obzir sve potrebe raznih klijenata. Npr. previd radnika donosi smanjenu produktivnost te s time dolazi i ekonomska posljedica. Odluka kako bi se rasvjeta poboljšala temelji se na ekonomskim potrebama vlasnika. Kada rasvjeta poslovnog objekta ne upotpuni arhitekturu prostora, vrijednost najma ne uspije ostvariti zadani potencijal, te s time opet dolazimo do činjenice da se poboljšanje rasvjete temelji na ekonomskoj odluci.

Sveobuhvatna ekonomska analiza rasvjete za nove ili postojeće sustave trebala bi [6]:

- usporediti alternativne sustave,
- procijeniti tehnike održavanja i procedure,
- procijeniti tehnologije i strategije energetskog menadžmenta,
- odrediti utjecaj rasvjete na ostale sustave rasvjete,
- isplanirati budžet,
- pojednostaviti karakteristike sustava rasvjete u mjeri s troškovima,
- utvrditi korist rasvjete u odnosu na trošak (analiza troškova i korisnosti).

### **4.2 Usporedba troškova sustava rasvjete**

Tijekom godina predloženo je nekolicina tehnika i analiza za usporedbu troškova jednog sustava rasvjete s drugim. Navedene metode možemo svrstati u dvije kategorije: metode prvog i drugog reda analize troška. Razlika između metoda prvog i metoda drugog reda je ta što metode prvog reda ne uzimaju u obzir vremensku vrijednost novca. Izraz vremenska vrijednost novca

odnosi se na činjenicu da jedna kuna nije ekvivalent obećanju da će imati istu vrijednost u određeno vrijeme u određenoj budućnosti.

Metode prvog reda [6]:

- Trošak rasvjete
- Jednostavni povrat
- Stopa povrata

Metode drugog reda [6]:

- Analiza troškova i životnog ciklusa
- Omjer investicija štednje
- Interna stopa povrata

### 4.3 Trošak rasvjete

Najjednostavnija ekonomska analiza sastoji se od jednog pravila: inicijalni troškovi se uspoređuju te se odabiru oni koji su najniži [6]. Primjerice prema [6] ako žaruljica A košta 1,2 \$, a žaruljica B košta 1 \$, lampica B se odabire. Također ako su žaruljice identične u performansama, tada će navedena analiza biti dovoljna, ali ako žaruljica A proizvede 1000 lumena (lm), a žaruljica B 800 lumena, tada možemo na temelju usporedbe cijene po lumenu izabrati žaruljicu A [6]. S druge strane, žaruljica A može imati životni vijek trajanja od 1000 h usporedbeno sa 1100 h žaruljice B, stoga bi bilo potrebno dodatno preciziranje proračuna [6].

Troškovi i korisnost moraju biti dio analize kako bi dobili smislene rezultate. Proces dobivanja željene rasvjete uključuje raspodjelu troška na nekolicinu proizvoda i usluga (npr. lampice, svjetiljke, žice te usluge kao što su radnici i struja). Navedeno je prepoznato rano u povijesti električne rasvjete, a osnovne mjere vrijednosti rasvjete razvijene su na temelju cijene po jedinici isporučene svjetlosti [6]. Drugim riječima to je tradicionalna „cijena svjetlosti“ te bi logično bila izražena u centu po satu lumena [6]. Stoga što je cijena lumena po satu od tipičnog sustava rasvjete vrlo mala, koristi se jedinica cent po milijun lumena sati [6].

Trošak rasvjete se može izraziti sljedećim izrazom (4-1) [6]:

$$U = \frac{10}{Q} \left( \frac{P+h}{L} + WR \right) \quad (4-1)$$

Gdje je [6]:

$U$  = jedinični trošak svjetla za svjetiljku (\$/10<sup>6</sup> lm×h),

$Q$  = iznos svjetlosnog toka (u lumenima),

$P$  = cijena svjetiljke (u centima),

$h$  = cijena zamjene jedne svjetiljke (u centima),

$L$  = prosječni radni vijek svjetiljke (u tisućama radnih sati),

$W$  = ulazna snaga po svjetiljci (svjetiljke i gubitci) (u watima),

$R$  = trošak energije (u cent/kWh).

Trošak rasvjete se računa umnoškom prosječnog iznosa na izlazu svjetlosti u lumenima sa vijekom trajanja svjetiljke i dijeljenjem dobivenih rezultata na ukupne troškove posjedovanja i poslovanja za isto vremensko razdoblje [6]. Jednadžba 4.1. [6] prikazuje nam najjednostavniju formulaciju. Metoda cijene rasvjete može se koristiti za usporedbu dviju konkurentnih svjetiljki za uporabu u istom sustavu rasvjete ili za procjenu, npr. da li je kompaktna fluorescentna svjetiljka alternativno rješenje za postojeću žarulju sa žarnom niti.

Treba imati na umu da jednadžba ne sadrži informacije o rasvjetnom tijelu u kojem je smještena svjetiljka [6]. Treba brinuti o proširenju njegove uporabe na izbore između sustava koji sadrže različita rasvjetna tijela. Npr. proizvođač uvede novu vrstu svjetiljke koja je učinkovita zamjena za metal halogenu svjetiljku. Koristeći jednadžbu 4.1. [6] dva puta, jednom za metal halogenu svjetiljku te drugi put za novo uvedenu svjetiljku, mogli bi otprilike utvrditi troškove proizvodnje jednog milijuna sati od dvije svjetiljke pojedinačno. Međutim, ako se svjetiljke značajno razlikuju u fizičkim karakteristikama kao što su veličina, oblik i radna temperatura, rasvjetna tijela koja ih smještaju, mogu se također znatno razlikovati s obzirom na učinkovitost, zahtjeve čišćenja, intenzitet ili troškove održavanja [6]. Svaki od navedenih pokazatelja mogu utjecati na trošak posjedovanja navedenog sustava rasvjete.

Dodatna slabost metode troška rasvjete je činjenica da ne uzima u obzir vremensku vrijednost novca [6]. Međutim, kada je životni vijek projekta kratak (recimo dvije godine ili manje), kao što je kod sezonskih ili drugih privremenih rasvjeta, kamatne stope imaju neznatan utjecaj na analizu, te metoda koja ih ne uzima u obzir, može i dalje biti korisna. Također, ako su kamatne stope vrlo

niske ili ih uzimamo u obzir odvojeno, zanemarivanje vremenske vrijednosti možda bi bilo i prikladno [6].

#### 4.4 Jednostavni povrat

Jednostavni povrat je metoda prvog reda koja je uobičajeno korištena u industriji rasvjete za uspoređivanje i procjenu određenog projekta rasvjete. Jednostavni povrat nam pruža informacije o količini vremena potrebnom da bi investicija bila financijski isplativa. Definiira se omjerom uložene investicije ili početnog troška sustava sa godišnjim novčanim tokom ili uštedom kojeg sustav stvara. Jednostavni povrat se formulira na sljedeći način [6]:

$$P = \frac{I}{A} \quad (4-2)$$

Gdje je u (4-2):

$P$  = povratni period (u godinama),

$I$  = uloženi kapital (u dolarima),

$A$  = uloženi godišnji novčani tok.

Prema [6], postoje dvije moguće usporedbe sustava rasvjete: usporedba predloženog sustava koji će zamijeniti već postojeći ili usporedba dizajnerskih alternativa za prostor koji nema već postojeći sustav. Prvobitno navedeni princip usporedbe najčešće je korišten koncept u rasvjeti.

Nameću se pitanja što se tiče želje za zamjenom postojećih sustava rasvjete sa novim tehnologijama. Hoće li sustav tokom vremena ispuniti očekivanja i isplatiti sam sebe i koliko će trajati vremenski period do zadanog cilja, najčešće su postavljena pitanja. Npr. vlasnik poslovnog objekta može procijeniti da će uvođenjem modificiranog sustava rasvjete uštedjeti približno 2000 \$ na troškove energije godišnje [6]. Uloženi kapital povezan sa kupovinom navedenog sustava rasvjete možemo procijeniti na 11 000 \$ [6]. Time bi jednostavni povrat bio [6]:

$$P = 11000 \$ / 2000 \$ = 5,5 \text{ god} \quad (4-3)$$

Pobornici metode jednostavnog povrata navode da je jednostavan za upotrebu i omogućava jednostavan način određivanja profitabilnosti predloženog prijedloga. Zapravo je metoda procjene

rizika iliti matrica profitabilnosti, što možemo vidjeti iz pitanja na koje nam metoda odgovara. Ne odgovara nam na pitanje, da li je određena investicija profitabilna, već nam daje odgovore osobi koja je nesigurna o budućnosti projekta i nada se da će što prije nadoknaditi ulaganje. Stoga ako je povratak investicije primarna briga, tada nema razloga uopće ulaganja izvršiti.

Dodatni problem sa navedenom metodom što ne uzima u obzir što se događa nakon što se investicija isplatila natrag ulagaču. Npr. prema [6], ako ušteda sustava A ( koji ima kraći povrat od sustava B) naglo opadne nakon svake godine nakon povrata, a ušteda sustava B ostaje stalna i stabilna, tada nas je metoda navela na krivi izbor. Sličan je slučaj ako sustavi imaju različite duljine ekonomskog života, stoga metoda nije prikladna kada alternativna rješenja imaju neujednačene novčane tokove [6].

Kao što je sa svim metodama prvog reda, jednostavni povrat ne uzima u obzir vremensku vrijednost novca. Stoga, kao i kod metoda troška rasvjete, jednostavni povrat je najprikladnija za kratkoročne projekte čije kamatne stope imaju nisku stopu važnosti. Metoda jednostavnog povrata može biti korisna kao početno sučelje metodama za projekte dužeg vijeka trajanja, drugim riječima, ako se sustav isplati unutar određenog kratkog vremenskog perioda (tipično unutar jedne ili dvije godine), tada možemo reći da će sustav najvjerojatnije biti isplativ i nije potrebna druga dodatna analiza. Ukoliko projekt ne prođe ovakav način testiranja, ne bi trebao biti odbačen jer može s vremenom postati profitabilan i trebalo bi ga podvrgnuti dodatnim analizama koje se temelje na metodama drugog reda [6].

## 4.5 Stopa povrata

Stopa povrata je recipročna jednostavnom povratu [6]:

$$ROR = \frac{A}{I} \quad (4-4)$$

Gdje je u (4-4):

$ROR$  = stopa povrata

$A$  = uloženi godišnji novčani tok,

$I$  = uloženi kapital.

Drugim riječima, prema [6], ako sustav rasvjete uštedi 20 000 \$ godišnje te zahtijeva početnu investiciju od 100 000 \$, njegova stopa povrata iznosi 20 000 \$/100 000 \$, iliti 20 %, što predstavlja period povrata početne investicije od 5 godina [6]. Prednosti i nedostaci navedene metode su identični kao kod metode jednostavnog povrata. Metodu je jednostavno za primijeniti i razumjeti, ali se metoda ne može baviti neujednačenim tokovima štednje ili životnim vijekom [6].

## 4.6 Analiza troškova i životnog ciklusa

Metode prvog reda su privlačne sa strane jednostavnosti, ali mogu dovesti do ozbiljnih pogrešaka te se općenito ne preporučuju za veće ili složenije projekte. Od navedenih metoda drugog reda, metoda analiza troškova i životnog ciklusa (eng. Lifecycle cost-benefit analysis ili ti LCCBA) odobrena je sa strane stručnjaka svih strana industrije [6]. Stoga je ovdje LCCBA predstavljena kao ekonomska metoda analize koju preporučuje IESNA [6].

LCCBA koristi diferencijalni trošak za izravnu usporedbu razmatranih sustava. Kao i kod svih metoda drugog reda, razmatra se vremenska vrijednost novca. Pregled navedene metode kako bi usporedili nove sustave rasvjete, prikazan je formulom (4-1) [6]. Formulom se uspoređuju dva alternativna sustava rasvjete (sustav 1 i sustav 2) [6]. Za oba sustava treba pretpostaviti da pružaju jednake koristi ili da udovoljavaju svim funkcionalnim zahtjevima te da bilo koje prednosti koje sustav osigurava nemaju ekonomsku vrijednost za vlasnika [6]. Metoda se lako širi koristeći isti format ako je potrebna usporedba dodatnih opcija.

Prvi korak LCCBA procesa je korištenje formule 1 za svaki sustav koji se uzima u obzir [6]. S obzirom da početni troškovi i troškovi održavanja nastupaju u različitim vremenima, ne možemo ih izravno uspoređivati. Tada je drugi korak uvođenje svih izraza u njihovo ekvivalentno vrijeme koje nam omogućuje usporedbu. Sljedeće jednadžbe uzimaju u obzir vremensku vrijednost novca.

Neto sadašnja vrijednost izračunava se [6]:

$$P = F \times \frac{1}{(1+i)^y} \quad (4-5)$$

Gdje je u (4-5):

$P$  = sadašnja vrijednost, ili ekvivalentna vrijednost u sadašnjosti (u dolarima),

$F$  = vrijednost u budućnosti ili iznos u budućnosti (u dolarima),

$y$  = broj godina,

$i$  = kamatna stopa kao decimalni dio (5 % jednako je 0,05).

Neto sadašnje vrijednosti pronalazi vrijednost  $P$ , koja je ekvivalent, tj. jednaka vrijednosti u budućnosti  $F$ . Drugim riječima voljni smo podjednako biti plaćeni  $P$  dolara danas kao i  $F$  dolara za  $y$  godina u budućnosti.

Ravnomjerni faktor sadašnje vrijednosti određuje se sljedećom jednadžbom [6]:

$$P = A \times \frac{(1+i)^y - 1}{i(1+i)^y} \quad (4-6)$$

Gdje je u (4-6):

$P$  = sadašnja vrijednost ili iznos koji trenutno vrijedi (u dolarima),

$A$  = iznos godišnje isplate (u dolarima),

$y$  = broj godina,

$i$  = kamatna stopa kao decimalni dio.

Navedena jednadžba pretvara tok jednakih godišnjih iznosa u jedinstvenu sadašnju vrijednost. Nema razlike u trošku između godišnjih plaćanja  $A$  dolara za sljedećih nekoliko godina  $y$  i plaćanja  $P$  dolara danas.

Ujednačeni faktor povrata kapitala je [6]:

$$A = P \times \frac{i(1+i)^y}{(1+i)^y - 1} \quad (4-7)$$

Gdje je u (4-7):

$A$  = iznos godišnje isplate (u dolarima),

$P$  = sadašnja vrijednost ili iznos koji trenutno vrijedi (u dolarima),

$y$  = broj godina,

$i$  = kamatna stopa kao decimalni broj.

Recipročni izraz ravnomjernog faktora sadašnje vrijednosti, ujednačeni faktor kapitala, godišnji je iznos koji je ujednačenim tokom ekvivalent  $P$  dolara danas [6].

Navedene jednadžbe nam govore da jedna kuna (dolar) danas nije jednake vrijednosti za godinu dana. Iz primjera [6], 100 \$ koji ima godišnju kamatu od 5 % možemo vidjeti da je na kraju jedne godine iznos porastao sa 100 \$ na 105 \$. Iz navedenoga možemo reći da su današnjih 100 \$ ekvivalent 105 \$ nakon godinu dana (4-8) [6]:

$$P = F \times \frac{1}{(1+i)^y} \quad (4-8)$$

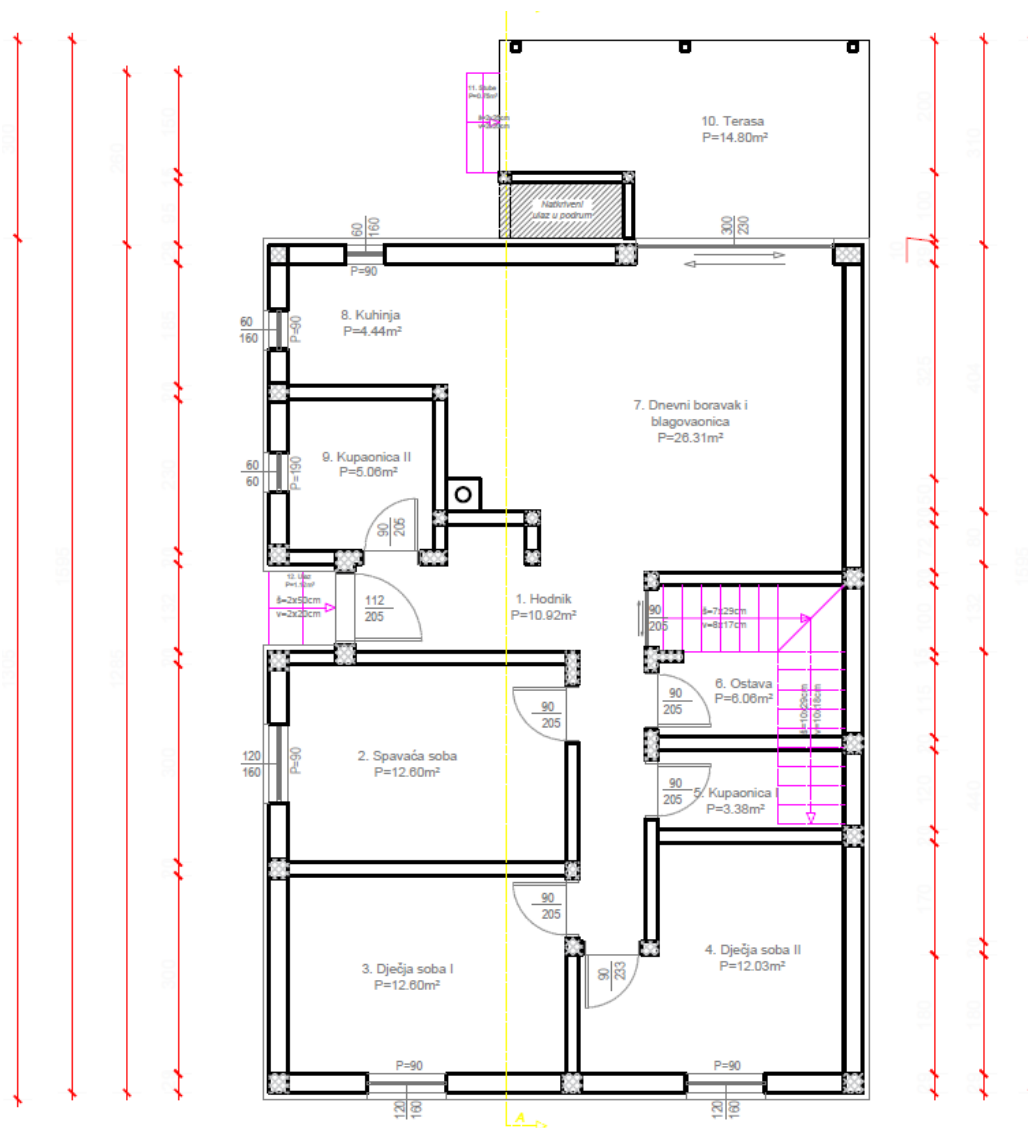
$$100 \$ = 105 \$ \times \frac{1}{(1+0,05)^1} \quad (4-9)$$



## 5. PRAKTIČNI PRIMJER: RELUX I EKONOMSKI PRORAČUN

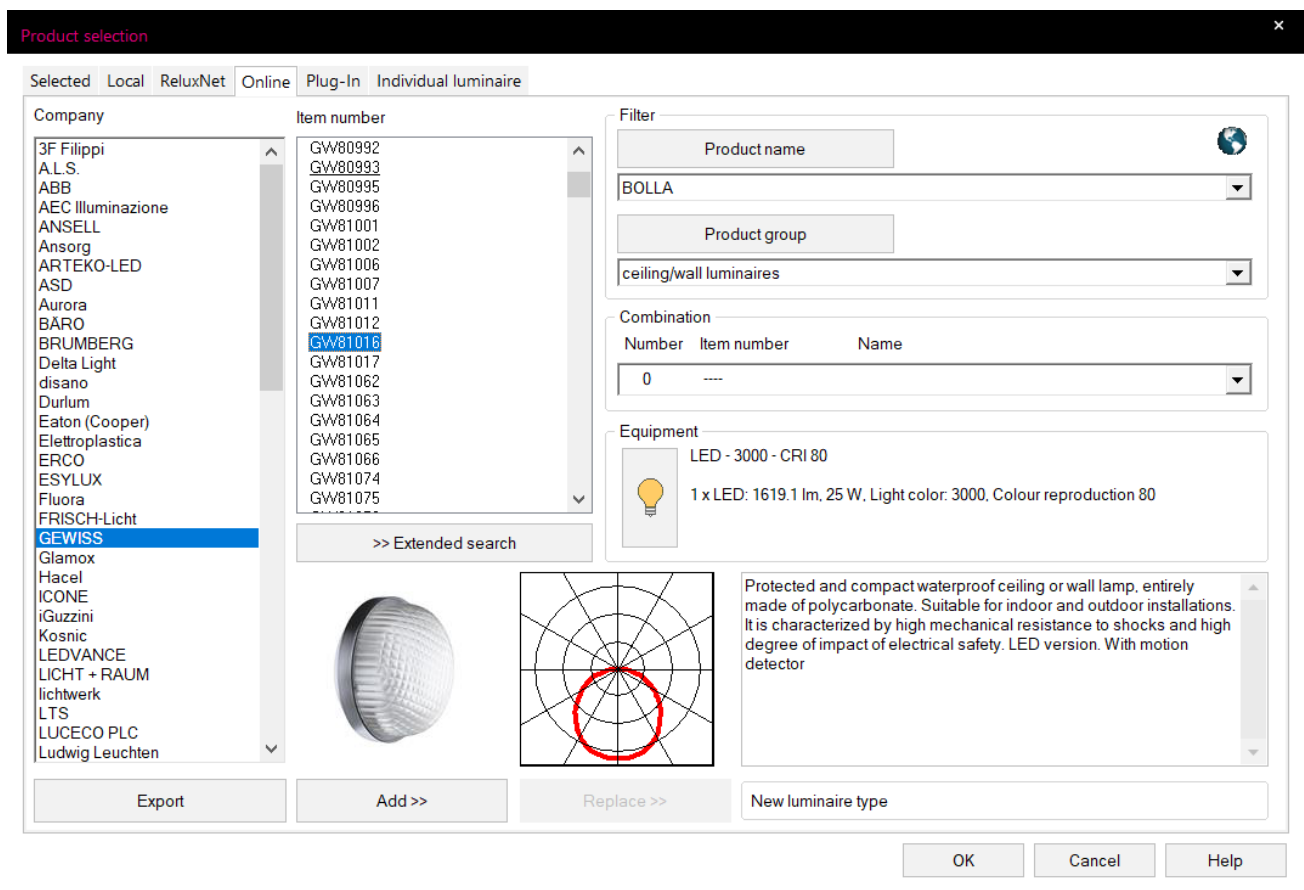
### 5.1 Modeliranje u programskom paketu Relux

U ovom diplomskom radu zadatak je bio projektirati rasvjetu za stambeni objekt u programskom paketu Relux. Slika 5.1. prikazuje tlocrt stambenog objekta u kojem smo projektirali rasvjetu, raspored prostorija unutar te izvan domaćinstva koje su bile u planu projektiranja energetske učinkovite rasvjete.



Slika 5. 1. Tlocrt stambenog objekta

RELUX Informatik AG je švicarska tvrtka koja je u vlasništvu programskog paketa Relux, koja se specijalizirala u području razvoja softvera za planiranje rasvjete uz korisnički pristupačno računalno sučelje. Postavljanjem rasvjetnih tijela, a ima popriličan izbor rasvjetnih tijela, mogao se odrediti alfanumerički i grafički izračun za određeni prostor [7]. Slika 5.2. prikazuje nam izgled prozora koji se nalazi unutar programskog paketa Relux prilikom odabira rasvjetnih tijela. Slika 5.1. koja nam prikazuje tlocrt stambenog objekta napravljena je u programskom paketu AutoCAD te smo pomoću navedenog tlocrta projektirali rasvjetu postavljanjem rasvjetnih tijela prosječne vrijednosti rasvijetljenosti 300 luxa za terasu i 360 luxa za unutarnji dio stambenog objekta. Nema točno određena norma što se tiče rasvijetljenosti kućanstva te je iz tog razloga proizvoljno odabran iznos luxa. Jedna norma se koristila što se tiče kućanstva, a to je norma 12464-1. Relux automatski prepoznaje normu te nam udaljava traku za proračun rasvjete od zida za 0.5 m automatski, kao što je propisano po normi.



Slika 5. 2. Primjer rasvjete u prozoru programa Relux

U diplomskom radu se uspoređivala LED rasvjeta naspram rasvjete sa žarnom niti i fluokompaktne rasvjete unutar i izvan kućanstva. U sljedećim tablicama su navedeni tipovi rasvjete za određeni dio kućanstva:

**Tablica 5. 1 Podaci o svjetiljkama za terasu**

	<b>Terasa</b>		
	<b>Vrsta rasvjete</b>		
	<b>LED</b>	<b>RASVJETA S ŽARNOM NITI</b>	<b>FLUOKOMPAKTNA RASVJEA</b>
<b>Proizvod</b>	Osram	Gewiss	Gewiss
<b>Naziv svjetiljke</b>	PUNCTOLED SPOT	BOLLA	CLICK 21
<b>Izvor svjetlosti</b>	27 W/ 3100 lm/ 3000 K	100 W/ 1380 lm / 2700 K	51 W/ 4800 lm / 3000 K

**Tablica 5. 2 Podaci o svjetiljkama za ostatak kućanstva**

	<b>Kuhinja, Dnevni boravak, Kupaonica I i II, Hodnik, Spavaća, Dječja Soba I i II, Ostava</b>		
	<b>Vrsta rasvjete</b>		
	<b>LED</b>	<b>RASVJETA S ŽARNOM NITI</b>	<b>FLUOKOMPAKTNA RASVJEA</b>
<b>Proizvod</b>	Osram	Gewiss	Securlite
<b>Naziv svjetiljke</b>	PUNCTOLED COB	TONDA ES	SOFFITE
<b>Izvor svjetlosti</b>	4 W/ 360 lm/ 2700 K	40 W/ 430 lm / 2700 K	14 W/ 1200 lm / 2700 K

Točka 5., članka 5. Zakona o zaštiti od svjetlosnog onečišćenja nam govori da je ekološki prihvatljiva svjetiljka ona koja zadovoljava potrebe za umjetnom rasvijetljenošću pojedine građevine, objekta ili površine čija je emisija svjetlosti u skladu s uvjetima zaštite od svjetlosnog onečišćenja propisanim ovim Zakonom i pravilnikom iz članka 9. ovoga Zakona i čiji udio svjetlosnog toka iznad horizontalne ravnine mora biti 0,0 %, uz maksimalnu koreliranu temperaturu boje do najviše 3000 K, osim kada se svjetiljke koriste u slučaju dekorativne i krajobrazne rasvjete kada udio svjetlosnog toka iznad horizontalne ravnine može biti veći od 0,0 %, ali svjetlosni tok ne smije izlaziti iz gabarita osvjetljavanja i koja ima ugrađen takav izvor

svjetlosti koji ne sadrži elemente žive u bilo kojem obliku [8]. Stoga smo uzeli adekvatnu rasvjetu prilikom projektiranja u Reluxu.

U sljedećoj tablici se nalaze podaci o rasvjeti:

**Tablica 5. 3 Podaci o rasvjeti**

Prostor	Vrsta rasvjete	Količina	Snaga (W)	Lumeni (lm)	Prosječna količina luxa po prostoriji Em(lx)
<b>Terasa</b>	LED	3	81	9300	300
	Žarna nit	30	3000	41400	292
	Fluokompaktna	4	408	38400	295
<b>Kuhinja</b>	LED	5	22.5	1800	377
	Žarna nit	15	600	6450	343
	Fluokompaktna	9	162	10800	354
<b>Dnevni boravak</b>	LED	19	85.5	6840	353
	Žarna nit	40	1600	17200	333
	Fluokompaktna	20	90	7200	351
<b>Kupaonica I</b>	LED	4	18	1440	377
	Žarna nit	12	480	5160	354
	Fluokompaktna	8	136	9600	388
<b>Kupaonica II</b>	LED	4	18	1440	362
	Žarna nit	13	520	5590	359
	Fluokompaktna	8	136	9600	367
<b>Hodnik</b>	LED	8	36	2880	348
	Žarna nit	19	760	8170	363
	Fluokompaktna	21	357	25200	354
<b>Dječja soba I</b>	LED	11	49.5	3960	376
	Žarna nit	26	1040	11180	357
	Fluokompaktna	14	238	16800	372
<b>Dječja soba II</b>	LED	10	45	3600	354
	Žarna nit	26	1040	11180	353
	Fluokompaktna	14	238	16800	366
<b>Ostava</b>	LED	4	18	1440	362
	Žarna nit	12	480	5160	358
	Fluokompaktna	7	119	8400	343
<b>Spavaća soba</b>	LED	11	49.5	3960	376
	Žarna nit	27	1080	11610	362
	Fluokompaktna	14	238	16800	376

U prilogu P5.1. nalaze se sva izvješća proračuna rasvjetljenosti za stambeni objekt, te detalji o tipu svjetiljki koji je korišten.

## 5.2 EKONOMSKI PRORAČUN

Podaci dobiveni iz programskog paketa Relux dalje su korišteni za ekonomski proračun energetski učinkovite rasvjete, radi usporedbe LED, žarulje sa žarnom niti i fluokompaktne žarulje. Prvi korak predstavlja metoda cijene rasvjete (4-1) [6] koja se može koristiti za usporedbu dviju konkurentnih svjetiljki te za uporabu u istom sustavu rasvjete, tj. za procjenu alternativnog rješenja za već postojeću rasvjetu. Treba napomenuti da se u ovom diplomskom radu uzeo najgori mogući scenarij, a to je taj da će rasvjeta raditi cijelu noć kroz godinu uz cijenu 1 kn po kWh i to kroz promatrani period od godinu dana po noći. Broj sati u godini iznosi 8760 h, ali se uzeo proizvoljni iznos od 4500 h kao iznos radnih sati u godini po noći. U formulama gdje je navedena cijena po centima ili dolarima, uzimala se cijena po kunama i korišteni su podaci o rasvjeti iz tablice 5.3.. Cijenu rasvjete smo odredili tako što smo ukupnu količinu rasvjete korištene za određeni dio stambenog prostora pomnožili sa cijenom jednog rasvjetnog tijela.

Troškovi rasvjete za LED, Osram PUNCTOLED SPOT 27 W, za terasu prema (4-1) [6]:

$$U = \frac{10}{Q} \left( \frac{P+h}{L} + WR \right) = \frac{10}{9300} \left( \frac{1305+150}{4500} + 81 \times 0,081 \right) = \quad (5-1)$$

$$U = 7,403 \times 10^{-3} \left[ \text{kn}/10^6 \text{lm} \times \text{h} \right]$$

Gdje je u (5-1):

$U$  = jedinični trošak svjetla za svjetiljku ( $\text{kn}/10^6 \text{lm} \times \text{h}$ ),

$Q$  = iznos svjetlosnog toka svjetiljke (u lumenima),

$P$  = cijena svjetiljke (kn), [9]

$h$  = cijena zamijene jedne svjetiljke (u kn),

$L$  = iznos radnih sati svjetiljke (u tisućama radnih sati),

$W$  = ulazna snaga po svjetiljci (svjetiljke i gubitci)(u watima),

$R$  = trošak energije (u kn/kWh).

Troškovi rasvjete za svjetiljku sa žarnom niti, Osram PUNCTOLED SPOT 27 W [10], za terasu:

$$U = \frac{10}{Q} \left( \frac{P+h}{L} + WR \right) = \frac{10}{41400} \left( \frac{4260+150}{4500} + 3000 \times 3 \right) =$$
$$U = 2,17 \left[ \text{kn}/10^6 \text{lm} \times \text{h} \right] \quad (5-2)$$

Troškovi rasvjete za fluokompaktnu žarulju, Gewiss, CLICK 21 [11], za terasu:

$$U = \frac{10}{Q} \left( \frac{P+h}{L} + WR \right) = \frac{10}{38400} \left( \frac{1272+150}{4500} + 408 \times 0,41 \right) =$$
$$U = 0,044 \left[ \text{kn}/10^6 \text{lm} \times \text{h} \right] \quad (5-3)$$

Troškovi rasvjete za LED , Osram, PUNCTOLED COB [12], za kuhinju:

$$U = \frac{10}{Q} \left( \frac{P+h}{L} + WR \right) = \frac{10}{1800} \left( \frac{664+150}{4500} + 22,5 \times 0,023 \right) =$$
$$U = 3,88 \times 10^{-3} \left[ \text{kn}/10^6 \text{lm} \times \text{h} \right] \quad (5-4)$$

Troškovi rasvjete sa žarnom niti, Gewiss, TOND ES [13], za kuhinju:

$$U = \frac{10}{Q} \left( \frac{P+h}{L} + WR \right) = \frac{10}{6450} \left( \frac{1318+150}{4500} + 600 \times 0,6 \right) =$$
$$U = 0,56 \left[ \text{kn}/10^6 \text{lm} \times \text{h} \right] \quad (5-5)$$

Troškovi rasvjete sa fluokompaktnom žaruljom, Securlite, SOFFITE [14], za kuhinju:

$$U = \frac{10}{Q} \left( \frac{P+h}{L} + WR \right) = \frac{10}{10800} \left( \frac{1446+150}{4500} + 162 \times 0,16 \right) =$$
$$U = 0,024 \left[ \text{kn}/10^6 \text{lm} \times \text{h} \right] \quad (5-6)$$

Troškovi rasvjete za LED , Osram, PUNCTOLED COB [12], za dnevni boravak:

$$U = \frac{10}{Q} \left( \frac{P+h}{L} + WR \right) = \frac{10}{6840} \left( \frac{2521+150}{4500} + 85,5 \times 0,086 \right) =$$

$$U = 0,012 \left[ \text{kn}/10^6 \text{lm} \times \text{h} \right] \quad (5-7)$$

Troškovi rasvjete sa žarnom niti, Gewiss, TOND ES [13], za dnevni boravak:

$$U = \frac{10}{Q} \left( \frac{P+h}{L} + WR \right) = \frac{10}{17200} \left( \frac{3513+150}{4500} + 1600 \times 1,6 \right) =$$

$$U = 1,49 \left[ \text{kn}/10^6 \text{lm} \times \text{h} \right] \quad (5-8)$$

Troškovi rasvjete sa fluokompaktnom žaruljom, Securlite, SOFFITE [14], za dnevni boravak:

$$U = \frac{10}{Q} \left( \frac{P+h}{L} + WR \right) = \frac{10}{7200} \left( \frac{3212+150}{4500} + 90 \times 0,09 \right) =$$

$$U = 0,0123 \left[ \text{kn}/10^6 \text{lm} \times \text{h} \right] \quad (5-9)$$

Troškovi rasvjete za LED , Osram, PUNCTOLED COB [12], za kupaonicu I:

$$U = \frac{10}{Q} \left( \frac{P+h}{L} + WR \right) = \frac{10}{1440} \left( \frac{531+150}{4500} + 18 \times 0,018 \right) =$$

$$U = 3,3 \times 10^{-3} \left[ \text{kn}/10^6 \text{lm} \times \text{h} \right] \quad (5-10)$$

Troškovi rasvjete sa žarnom niti, Gewiss, TOND ES [13], za kupaonicu I:

$$U = \frac{10}{Q} \left( \frac{P+h}{L} + WR \right) = \frac{10}{5160} \left( \frac{1054+150}{4500} + 480 \times 0,48 \right) =$$

$$U = 0,44 \left[ \text{kn}/10^6 \text{lm} \times \text{h} \right] \quad (5-11)$$

Troškovi rasvjete sa fluokompaktnom žaruljom, Securlite, SOFFITE [14], za kupaonicu I:

$$U = \frac{10}{Q} \left( \frac{P+h}{L} + WR \right) = \frac{10}{9600} \left( \frac{1285+150}{4500} + 136 \times 0,14 \right) =$$

$$U = 0,020 \left[ \text{kn}/10^6 \text{lm} \times \text{h} \right] \quad (5-12)$$

Troškovi rasvjete za LED , Osram, PUNCTOLED COB [12], za kupaonicu II:

$$U = \frac{10}{Q} \left( \frac{P+h}{L} + WR \right) = \frac{10}{1440} \left( \frac{531+150}{4500} + 18 \times 0,018 \right) =$$

$$U = 3,3 \times 10^{-3} \left[ \text{kn}/10^6 \text{lm} \times \text{h} \right] \quad (5-13)$$

Troškovi rasvjete sa žarnom niti, Gewiss, TOND ES [13], za kupaonicu II:

$$U = \frac{10}{Q} \left( \frac{P+h}{L} + WR \right) = \frac{10}{5590} \left( \frac{1142+150}{4500} + 520 \times 0,52 \right) =$$

$$U = 0,484 \left[ \text{kn}/10^6 \text{lm} \times \text{h} \right] \quad (5-14)$$

Troškovi rasvjete sa fluokompaktnom žaruljom, Securlite, SOFFITE [14], za kupaonicu II:

$$U = \frac{10}{Q} \left( \frac{P+h}{L} + WR \right) = \frac{10}{9600} \left( \frac{1285+150}{4500} + 136 \times 0,14 \right) =$$

$$U = 0,020 \left[ \text{kn}/10^6 \text{lm} \times \text{h} \right] \quad (5-15)$$

Troškovi rasvjete za LED , Osram, PUNCTOLED COB [12], za hodnik:

$$U = \frac{10}{Q} \left( \frac{P+h}{L} + WR \right) = \frac{10}{2880} \left( \frac{1062+150}{4500} + 36 \times 0,036 \right) =$$

$$U = 5,44 \times 10^{-3} \left[ \text{kn}/10^6 \text{lm} \times \text{h} \right] \quad (5-16)$$



Troškovi rasvjete sa žarnom niti, Gewiss, TOND ES [13], za hodnik:

$$U = \frac{10}{Q} \left( \frac{P+h}{L} + WR \right) = \frac{10}{8170} \left( \frac{1669+150}{4500} + 760 \times 0,76 \right) =$$
$$U = 0,707 \left[ \text{kn}/10^6 \text{lm} \times \text{h} \right] \quad (5-17)$$

Troškovi rasvjete sa fluokompaktnom žaruljom, Securlite, SOFFITE [14], za hodnik:

$$U = \frac{10}{Q} \left( \frac{P+h}{L} + WR \right) = \frac{10}{25200} \left( \frac{3373+150}{4500} + 357 \times 0,36 \right) =$$
$$U = 0,051 \left[ \text{kn}/10^6 \text{lm} \times \text{h} \right] \quad (5-18)$$

Troškovi rasvjete za LED , Osram, PUNCTOLED COB [12], za spavaću sobu:

$$U = \frac{10}{Q} \left( \frac{P+h}{L} + WR \right) = \frac{10}{3960} \left( \frac{1460+150}{4500} + 49,5 \times 0,0495 \right) =$$
$$U = 7,09 \times 10^{-3} \left[ \text{kn}/10^6 \text{lm} \times \text{h} \right] \quad (5-19)$$

Troškovi rasvjete sa žarnom niti, Gewiss, TOND ES [13], za spavaću sobu:

$$U = \frac{10}{Q} \left( \frac{P+h}{L} + WR \right) = \frac{10}{11610} \left( \frac{2372+150}{4500} + 1080 \times 1,08 \right) =$$
$$U = 1,005 \left[ \text{kn}/10^6 \text{lm} \times \text{h} \right] \quad (5-20)$$

Troškovi rasvjete sa fluokompaktnom žaruljom, Securlite, SOFFITE [14], za spavaću sobu:

$$U = \frac{10}{Q} \left( \frac{P+h}{L} + WR \right) = \frac{10}{16800} \left( \frac{2249+150}{4500} + 238 \times 0,24 \right) =$$
$$U = 0,034 \left[ \text{kn}/10^6 \text{lm} \times \text{h} \right] \quad (5-21)$$

Troškovi rasvjete za LED , Osram, PUNCTOLED COB [12], za dječju sobu I:

$$U = \frac{10}{Q} \left( \frac{P+h}{L} + WR \right) = \frac{10}{3960} \left( \frac{1460+150}{4500} + 49,5 \times 0,050 \right) =$$
$$U = 7,153 \times 10^{-3} \left[ \text{kn}/10^6 \text{lm} \times \text{h} \right] \quad (5-22)$$

Troškovi rasvjete sa žarnom niti, Gewiss, TOND ES [13], za dječju sobu I:

$$U = \frac{10}{Q} \left( \frac{P+h}{L} + WR \right) = \frac{10}{11180} \left( \frac{2284+150}{4500} + 1040 \times 1,04 \right) =$$
$$U = 0,968 \left[ \text{kn}/10^6 \text{lm} \times \text{h} \right] \quad (5-23)$$

Troškovi rasvjete s fluokompaktnom žaruljom, Securlite, SOFFITE [14], za dječju sobu I:

$$U = \frac{10}{Q} \left( \frac{P+h}{L} + WR \right) = \frac{10}{16800} \left( \frac{2249+150}{4500} + 238 \times 0,24 \right) =$$
$$U = 0,034 \left[ \text{kn}/10^6 \text{lm} \times \text{h} \right] \quad (5-24)$$

Troškovi rasvjete za LED , Osram, PUNCTOLED COB [12], za dječju sobu II:

$$U = \frac{10}{Q} \left( \frac{P+h}{L} + WR \right) = \frac{10}{3600} \left( \frac{1327+150}{4500} + 45 \times 0,045 \right) =$$
$$U = 6,54 \times 10^{-3} \left[ \text{kn}/10^6 \text{lm} \times \text{h} \right] \quad (5-25)$$

Troškovi rasvjete sa žarnom niti, Gewiss, TOND ES [13], za dječju sobu II:

$$U = \frac{10}{Q} \left( \frac{P+h}{L} + WR \right) = \frac{10}{11180} \left( \frac{2284+150}{4500} + 1040 \times 1,04 \right) =$$
$$U = 0,523 \left[ \text{kn}/10^6 \text{lm} \times \text{h} \right] \quad (5-26)$$

Troškovi rasvjete s fluokompaktnom žaruljom, Securlite, SOFFITE [14], za dječju sobu II:

$$U = \frac{10}{Q} \left( \frac{P+h}{L} + WR \right) = \frac{10}{16800} \left( \frac{2249+150}{4500} + 238 \times 0,24 \right) =$$

$$U = 0,034 \left[ \text{kn}/10^6 \text{lm} \times \text{h} \right] \quad (5-27)$$

Troškovi rasvjete za LED , Osram, PUNCTOLED COB [12], za ostavu:

$$U = \frac{10}{Q} \left( \frac{P+h}{L} + WR \right) = \frac{10}{1440} \left( \frac{531+150}{4500} + 18 \times 0,018 \right) =$$

$$U = 3,3 \times 10^{-3} \left[ \text{kn}/10^6 \text{lm} \times \text{h} \right] \quad (5-28)$$

Troškovi rasvjete sa žarnom niti, Gewiss, TOND ES [13], za ostavu:

$$U = \frac{10}{Q} \left( \frac{P+h}{L} + WR \right) = \frac{10}{5160} \left( \frac{1054+150}{4500} + 480 \times 0,48 \right) =$$

$$U = 0,447 \left[ \text{kn}/10^6 \text{lm} \times \text{h} \right] \quad (5-29)$$

Troškovi rasvjete sa fluokompaktnom žaruljom, Securlite, SOFFITE [14], za ostavu:

$$U = \frac{10}{Q} \left( \frac{P+h}{L} + WR \right) = \frac{10}{8400} \left( \frac{1125+150}{4500} + 119 \times 0,12 \right) =$$

$$U = 0,017 \left[ \text{kn}/10^6 \text{lm} \times \text{h} \right] \quad (5-30)$$

Metoda troška rasvjete nam koristi za usporedbu različitih sustava rasvjete te nakon usporedbe i proračuna LED, rasvjete s žarnom niti i fluokompaktne rasvjete, dolazimo do zaključka da nam je LED rasvjeta najisplativija radi najniže cijene. Također joj je učinkovitost najveća za navedeni stambeni dio prostora.

Sljedeće do čeg dolazimo sa ekonomskim proračunom je analiza troškova i životnog ciklusa iliti LCCBA(Lifecycle cost-benefit analysis).

Neto sadašnja vrijednost izračunava se [6]:

$$P = F \times \frac{1}{(1+i)^y} \quad (4-5)$$

Gdje je u (4-5):

$P$  = sadašnja vrijednost, ili ekvivalentna vrijednost u sadašnjosti (u kn),

$F$  = vrijednost u budućnosti ili iznos u budućnosti (u kn),

$y$  = broj godina,

$i$  = kamatna stopa kao decimalni dio (5 % jednako je 0,05).

Kao u prijašnjoj metodi usporedit ćemo troškove LED rasvjete s žarnom niti i fluokompaktnom rasvjetom kroz godinu dana. Treba napomenuti da smo kamatnu stopu uzeli proizvoljno 5 % te vrijednost u budućnosti  $F = 5 \%$  (što predstavlja inflaciju). Uzimali smo vrijednosti iz tablice 5.3. prilikom proračuna trenutne vrijednosti te smo trenutnoj vrijednosti dodali vrijednost u budućnosti u iznosu od 5 %. Cijenu rasvjete smo odredili tako što smo ukupnu količinu rasvjete korištene za određeni dio stambenog prostora pomnožili sa cijenom jednog rasvjetnog tijela.

Troškovi neto sadašnje vrijednosti za LED, Osram PUNCTOLED SPOT 27 W, za terasu:

$$P = 1370.25 \times \frac{1}{(1+0,05)^1} = 1305 \text{ kn} \quad (5-31)$$

Troškovi neto sadašnje vrijednosti za svjetiljku sa žarnom niti, Osram PUNCTOLED SPOT 27 W, za terasu:

$$P = 4470.90 \times \frac{1}{(1+0,05)^1} = 4258 \text{ kn} \quad (5-32)$$

Troškovi neto sadašnje vrijednosti za fluokompaktnu žarulju, Gewiss, CLICK 21, za terasu:

$$P = 1335.60 \times \frac{1}{(1+0,05)^1} = 1272 \text{ kn} \quad (5-33)$$

Troškovi neto sadašnje vrijednosti za LED , Osram, PUNCTOLED COB, za kuhinju:

$$P = 697.20 \times \frac{1}{(1+0,05)^1} = 664 \text{ kn} \quad (5-34)$$

Troškovi neto sadašnje vrijednosti sa žarnom niti, Gewiss, TOND ES, za kuhinju:

$$P = 1383.90 \times \frac{1}{(1+0,05)^1} = 1318 \text{ kn} \quad (5-35)$$

Troškovi neto sadašnje vrijednosti sa fluokompaktnom žaruljom, Securlite, SOFFITE, za kuhinju:

$$P = 1518.30 \times \frac{1}{(1+0,05)^1} = 1446 \text{ kn} \quad (5-36)$$

Troškovi neto sadašnje vrijednosti za LED , Osram, PUNCTOLED COB, za dnevni boravak:

$$P = 2647.05 \times \frac{1}{(1+0,05)^1} = 2521 \text{ kn} \quad (5-37)$$

Troškovi neto sadašnje vrijednosti sa žarnom niti, Gewiss, TOND ES, za dnevni boravak(4-2) [2]:

$$P = 3688.65 \times \frac{1}{(1+0,05)^1} = 3513 \text{ kn} \quad (5-38)$$

Troškovi neto sadašnje vrijednosti sa fluokompaktnom žaruljom, Securlite, SOFFITE, za dnevni boravak:

$$P = 3372.6 \times \frac{1}{(1+0,05)^1} = 3212 \text{ kn} \quad (5-39)$$

Troškovi neto sadašnje vrijednosti za LED , Osram, PUNCTOLED COB, za kupaonicu I:

$$P = 557.55 \times \frac{1}{(1+0,05)^1} = 531 \text{ kn} \quad (5-40)$$

Troškovi neto sadašnje vrijednosti sa žarnom niti, Gewiss, TOND ES, za kupaonicu I:

$$P = 1106.70 \times \frac{1}{(1+0,05)^1} = 1054 \text{ kn} \quad (5-41)$$

Troškovi neto sadašnje vrijednosti sa fluokompaktnom žaruljom, Securlite, SOFFITE, za kupaonicu I:

$$P = 1349.25 \times \frac{1}{(1+0,05)^1} = 1285 \text{ kn} \quad (5-42)$$

Troškovi neto sadašnje vrijednosti za LED , Osram, PUNCTOLED COB, za kupaonicu II:

$$P = 557.55 \times \frac{1}{(1+0,05)^1} = 531 \text{ kn} \quad (5-43)$$

Troškovi neto sadašnje vrijednosti sa žarnom niti, Gewiss, TOND ES, za kupaonicu II:

$$P = 1199.10 \times \frac{1}{(1+0,05)^1} = 1142 \text{ kn} \quad (5-44)$$

Troškovi neto sadašnje vrijednosti sa fluokompaktnom žaruljom, Securlite, SOFFITE, za kupaonicu II:

$$P = 1349.25 \times \frac{1}{(1+0,05)^1} = 1285 \text{ kn} \quad (5-45)$$

Troškovi neto sadašnje vrijednosti za LED , Osram, PUNCTOLED COB, za hodnik:

$$P = 1115.10 \times \frac{1}{(1+0,05)^1} = 1062 \text{ kn} \quad (5-46)$$

Troškovi neto sadašnje vrijednosti sa žarnom niti, Gewiss, TOND ES, za hodnik:

$$P = 1752.45 \times \frac{1}{(1+0,05)^1} = 1669 \text{ kn} \quad (5-47)$$

Troškovi neto sadašnje vrijednosti sa fluokompaktnom žaruljom, Securlite, SOFFITE, za hodnik:

$$P = 3541.65 \times \frac{1}{(1+0,05)^1} = 3373 \text{ kn} \quad (5-48)$$

Troškovi neto sadašnje vrijednosti za LED , Osram, PUNCTOLED COB, za spavaću sobu:

$$P = 1533 \times \frac{1}{(1+0,05)^1} = 1460 \text{ kn} \quad (5-49)$$

Troškovi neto sadašnje vrijednosti sa žarnom niti, Gewiss, TOND ES, za spavaću sobu:

$$P = 2490.60 \times \frac{1}{(1+0,05)^1} = 2372 \text{ kn} \quad (5-50)$$

Troškovi neto sadašnje vrijednosti sa fluokompaktnom žaruljom, Securlite, SOFFITE, spavaću sobu:

$$P = 2361.45 \times \frac{1}{(1+0,05)^1} = 2249 \text{ kn} \quad (5-51)$$

Troškovi neto sadašnje vrijednosti za LED , Osram, PUNCTOLED COB, za dječju sobu I:

$$P = 1533 \times \frac{1}{(1+0,05)^1} = 1460 \text{ kn} \quad (5-52)$$

Troškovi neto sadašnje vrijednosti sa žarnom niti, Gewiss, TOND ES, za dječju sobu I:

$$P = 2398.20 \times \frac{1}{(1+0,05)^1} = 2284 \text{ kn} \quad (5-53)$$

Troškovi neto sadašnje vrijednosti sa fluokompaktnom žaruljom, Securlite, SOFFITE, dječju sobu I:

$$P = 2361.45 \times \frac{1}{(1+0,05)^1} = 2249 \text{ kn} \quad (5-54)$$

Troškovi neto sadašnje vrijednosti za LED , Osram, PUNCTOLED COB, za dječju sobu II:

$$P = 1393.35 \times \frac{1}{(1+0,05)^1} = 1327 \text{ kn} \quad (5-55)$$

Troškovi neto sadašnje vrijednosti sa žarnom niti, Gewiss, TOND ES, za dječju sobu II:

$$P = 2398.20 \times \frac{1}{(1+0,05)^1} = 2284 \text{ kn} \quad (5-56)$$

Troškovi neto sadašnje vrijednosti sa fluokompaktnom žaruljom, Securlite, SOFFITE, za dječju sobu II:

$$P = 2361.45 \times \frac{1}{(1+0,05)^1} = 2249 \text{ kn} \quad (5-57)$$

Troškovi neto sadašnje vrijednosti za LED , Osram, PUNCTOLED COB, za ostavu:

$$P = 557.55 \times \frac{1}{(1+0,05)^1} = 531 \text{ kn} \quad (5-58)$$

Troškovi neto sadašnje vrijednosti sa žarnom niti, Gewiss, TOND ES, za ostavu:

$$P = 1106.7 \times \frac{1}{(1+0,05)^1} = 1054 \text{ kn} \quad (5-59)$$

Troškovi neto sadašnje vrijednosti sa fluokompaktnom žaruljom, Securlite, SOFFITE, za ostavu:

$$P = 1181.25 \times \frac{1}{(1+0,05)^1} = 1125 \text{ kn} \quad (5-60)$$



Metodom neta sadašnje vrijednosti prikazano je kako inflacija djeluje na rasvjetu nakon vremenskog perioda od godinu dana. Kamatna stopa je iznosila 5%, ali kamatna stopa sa vremenom odstupa. Usporedbom rasvjetnih sustava s žaruljama sa žarnom niti, fluokompaktnih žarulja i LED rasvjete, došlo se do zaključka da je LED rasvjeta najisplativija. Drugim riječima najniži se troškovi javljaju, učinkovitost joj je najveća i razlika prihoda investicijskog projekta i troškova u budućnosti je najniža.

## ZAKLJUČAK

Cilj ovog diplomskog rada bio je pokazati postupak projektiranja energetski učinkovite rasvjete za stambeni objekt uz ekonomski proračun koji prikazuje usporedbu LED rasvjete s rasvjetom sa žarnom niti i fluokompaktne rasvjete. U radu su navedene različite vrste rasvjete i svjetlotehničke veličine koje se javljaju. Osobito se pazilo da je projektiranje rasvjete u programskom paketu Relux u skladu sa zakonom o zaštiti od svjetlosnog onečišćenja. Uzeta je u obzir činjenica da je rasvjeta radila samo noću kroz godinu, plus određenu oscilaciju iznosa radnih sati, radi mogućih navika ukućana koji kroz godinu danju uključuju rasvjetu. Projektiranjem u programskom paketu te ekonomskim proračunom metodama troška rasvjete i metodom neta sadašnje vrijednosti, ispostavilo se da LED rasvjeta ima najbolju učinkovitost i isplativija je naspram rasvjete sa žarnom niti te fluokompaktne rasvjete. Treba imati na umu da se metode za cijenu rasvjete koriste za usporedbu dvaju sustava rasvjete, iako su se u ovom radu uspoređivala tri sustava rasvjete. Ako se rasvjeta značajno razlikuje u fizičkim karakteristikama kao što su veličina, oblik i radna temperatura, mogu se također znatno razlikovati s obzirom na učinkovitost, zahtjeve čišćenja, intenzitet ili troškove održavanja. Svaki od navedenih pokazatelja mogu utjecati na trošak posjedovanja navedenog sustava rasvjete, tako da metode daju odgovore samo na određena pitanja. Moguće je koristiti koncept dubljih analiza troškova koje će dati detaljnije informacije sa strane učinkovitosti i vremenske vrijednosti novca.

## LITERATURA

- [1] Stojkov, Šljivac, Topić, Trupinić, Alinjak, Arsoski, Klaić, Kozak, Energetski učinkovita rasvjeta, Sveučilište Josip Juraj Strossmayer, Elektrotehnički fakultet Osijek, 2016. godina, 28.-29. stranica.
- [2] Ron Lenk, Carol Lenk, Practical Lighting Design with LEDs, Institute of Electrical and Electronics Engineers, godine 2011.,
- [3] Lighting Engineering, Lighting Handbook, godine 2002.,
- [4] P. Boyce, P. Raynham, The SLL Lighting Handbook, The Society of Light and Lighting, veljača 2009.,
- [5] Svjetlotehnički priručnik, Katalog energetski učinkovite rasvjete, Krško, 2013. g., <http://www.regea.hr>, ( pristup ostvaren 12.09.2019),
- [6] Illuminating Engineering Society of North America, The IESNA LIGHTING HANDBOOK, ISBN 0-87995-150-8, godine 2000.,
- [7] Relux, <https://reluxnet.relux.com/en/about-us.html> Stranica posjećena, stranica posjećena 07.09.2019,
- [8] Zakon o zaštiti od svjetlosnog onečišćenja, NN14/19, na snazi od 01.04.2019., stranica posjećena 10.09.2019.,
- [9] Cijena svjetiljke za terasu, LED Osram, PUNCTOLED SPOT, <https://www.lost.hr/proizvodi/item/38512-osram-punctoled-spot-27w-3100lm-3000k-fi-166mm>, Stranica posjećena 10.09.2019.,
- [10] Cijena svjetiljke za terasu, žarna nit Gewiss, BOLLA 100W <https://www.ebay.com/itm/GEWISS-Decken-und-Wandleuchte-100W-GW80652-TONDA230-lichtgrau-A60-TC-DSE-E27/153495778247?epid=1005124763&hash=item23bd0fb3c7:g:3aQAAOSw~dVc4nFa>,
- [11] Cijena svjetiljke za terasu, fluokompaktna Gewiss, CLICK21, <https://www.ebay.com/itm/GEWISS-CLICK-21-DECKENLAMPE-2X58W-REAKTOR-ELEKTRONISCHE-G13-IP65-GW80786/173830384088?hash=item28791929d8:g:G14AAOSwp7taa2xK>, stranica posjećena 10.09.2019.,

[12] Cijena svjetiljki za ostatak kuće, LED, Osram, PUNCTOLED COB, <https://www.distrelec.de/en/led-flush-mounted-fixture-warm-white-osram-punctoled-cob-35-3000k/p/30048056>

, stranica posjećena 10.09.2019.,

[13] Cijena svjetiljki za ostatak kuće, žarna nit, Gewiss, TOND ES, <https://www.ebay.com/itm/GEWISS-Decken-und-Wandleuchte-60W-GW80651-TONDA180-lichtgrau-A60-E27-IP44/153495778477?hash=item23bd0fb4ad:g:oUEAAOSwiW9c4nFl>

, stranica posjećena 10.09.2019.,

[14] Cijena svjetiljki za ostatak kuće, fluokompaktna, Securlite, SOFFITE, <https://www.rexel.fr/frx/Cat%C3%A9gorie/Eclairage/Luminaire-d%27int%C3%A9rieur-fonctionnel/Luminaire-saillie-fonctionnel/Soffite-1x14W-T5-G5-BHF/LON30000000/p/70887840?prevPageNumber=1>

, stranica posjećena 10.09.2019.

## SAŽETAK

U ovom diplomskom radu opisan je postupak modeliranja, analiziranje te proračuna energetske učinkovite rasvjete za stambeni objekt. Pojašnjen je pojam rasvjete i odrađena je usporedba LED rasvjete s rasvjetom sa žarnom niti i fluokompaktne rasvjete. Opisan je i programski paket koji se koristi za projektiranje i analizu rasvjete, Relux. U radu je osim projektiranja rasvjete odrađen ekonomski proračun radi usporedbe navedenih sustava rasvjete.

**Ključne riječi:** rasvjeta, analiza, projektiranje rasvjete, programski paket Relux, ekonomski proračun, LED.

## ABSTRACT

The thesis describes the process of modeling, analysis and calculating an energy efficient system of lighting for a household. The term system of lighting is simplified, and LED light system with incandescent and fluorescent system lighting is explained and compared. Also, the software package for planning and analyzing light systems, Relux, is described. In the thesis except the modeling part, an economic calculation was also described and calculated because of the comparison of those mentioned light systems.

**Keywords:** system lighting, analysis, modeling, software package Relux, economic calculation, LED.

## ŽIVOTOPIS

Mario Jurić rođen je 29.08.1991. u Brnu u Češkoj. Nakon završene osnovne škole 2006. godine upisuje Elektrotehničku i prometnu školu Osijek u Osijeku, smjer Elektroenergetičar te ju završava 2010. godine. Obrazovanje nastavlja upisom na stručni studij Elektroenergetike u Osijeku na Fakultet Elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija te 2013. stječe svoje prvo akademsko zvanje, stručni prvostupnik elektroenergetike. Nakon toga 2013./14. upisuje Razlikovnu godinu te ju završava 2016./17. godine i stječe pravo na upis na diplomski studij elektrotehnike, te nastavlja sa diplomskim studijem, smjer elektroenergetika.

Aktivno se bavi sportom 15 godina, te je nogometni sudac II. HNL B lista.

---

Potpis

## POPIS SLIKA

Slika 2. 1. Haintzov zakon(engl. Haitz's Law) [1].....	3
Slika 2. 2. Konvencionalna svjetiljka sa žarnom niti [3].....	5
Slika 2. 3. Halogena žarulja [3]. ....	6
Slika 2. 4. Struje u fluorescentnoj žarulji [2] .....	7
Slika 3. 1. Obična ispravljačka diode u seriji sa LED [1].....	13
Slika 3. 2. Diode u anti – paraleli s LED [1].....	14
Slika 3. 3. Izlazna svjetlost kao funkcija struje. [1] .....	17
Slika 3. 4. Napon praga kao funkcija struje. [1] .....	17
Slika 3. 5. Učinkovitost naspram struje koju vuče dioda. [1] .....	18
Slika 3. 6. Izlazna svjetlost je funkcija valne duljine. [1] .....	19
Slika 3. 7. Mnoge LED diode imaju loš R9 [1] .....	20
Slika 3. 8. (x, y) kao funkcija za struju. [1] .....	21
Slika 3. 9. Dostupni su različiti izvori svjetlosti na izlazu [1] .....	22
Slika 3. 10. Neutralno – bijela povezana struktura. [1] .....	25
Slika 5. 1. Tlocrt stambenog objekta .....	37
Slika 5. 2. Primjer rasvjete u prozoru programa Relux.....	38

## **POPIS TABLICA**

Tablica 5. 1 Podaci o svjetiljkama za terasu .....	39
Tablica 5. 2 Podaci o svjetiljkama za ostatak kućanstva .....	39
Tablica 5. 3 Podaci o rasvjeti .....	40

## **PRILOG**

Na sljedećim stranicama prikazani su izračuni za stambeni objekt u programskom paketu Relux. Navedeni su podaci od svih korištenih svjetiljki i njihovi rezultati.

### **P.5.1. Izvješće programa Relux s vrijednostima rasvijetljenosti za stambeni objekt**



Object : 2  
Installation : 3  
Project number : 1  
Date : 11.09.2019

**RELUX®**

## 1 Luminaire data

### 1.1 OSRAM, PUNCTOLED® SPOT (01PJ147B3GF21)

#### 1.1.1 Data sheet

Manufacturer: OSRAM

**OSRAM**

#### 01PJ147B3GF21 downlight-ceiling recessed PUNCTOLED® SPOT

PUNCTOLED® SPOT, downlight, light control with reflector, faceted, of PMMA, diffuse, light emission: direct distribution, LED light colour: 830, control gear: ECG, with terminal, 2-pole, max. 1.5mm<sup>2</sup>, mains connection: 220..240V, AC, 50/60Hz, housing, round, of aluminium, traffic white (RAL 9016), diameter: 165 mm, protection rating (complete): IP20, insulation class (complete): insulation class II (safety insulation), certification: CE, permissible ambient temperature for indoor applications: <= +25°C

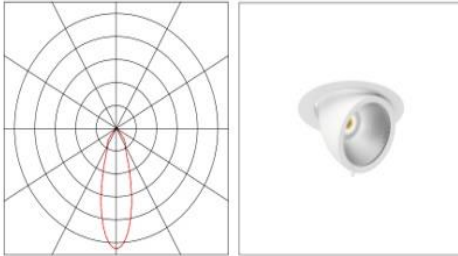
#### Luminaire data

Luminaire efficiency : 100%  
Luminaire efficacy : 114.81 lm/W  
Classification : A70 ↓ 100.0% ↑ 0.0%  
CIE Flux Codes : 92 98 100 100 100  
UGR 4H 8H : 22.0 / 22.0  
Control gear : ECG  
Power : 27 W  
Luminous flux : 3100 lm

#### Equipped with

Quantity : 1  
Designation : LED 3000K /  
CRI >= 80  
Power : 27 W  
Colour : 3000K  
Luminous flux : 3100 lm  
Colour reproduction : 80

Dimensions : Ø165 mm x 0.0 mm



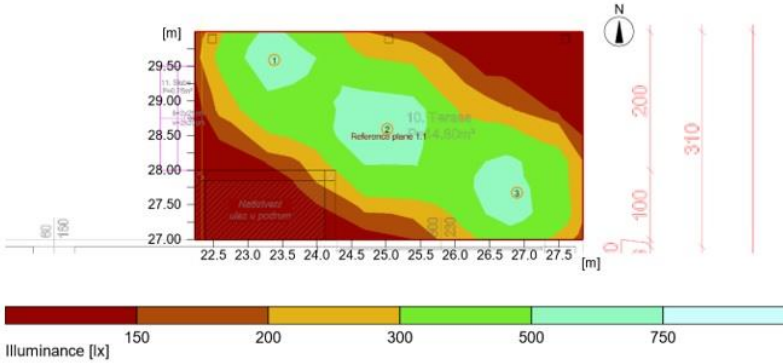
Object : 2  
 Installation : 3  
 Project number : 1  
 Date : 11.09.2019



## 2 Exterior 1

### 2.2 Summary, Exterior 1

#### 2.2.1 Result overview, Evaluation area 1



#### General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height (phot. centre)	3.00 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	9300.00 lm
Total power	81.0 W
Total power per area (16.83 m <sup>2</sup> )	4.81 W/m <sup>2</sup> (1.60 W/m <sup>2</sup> /100lx)

Evaluation area 1	Reference plane 1.1
Em	Horizontal
E <sub>min</sub>	300 lx
E <sub>min</sub> /E <sub>av</sub> (U <sub>0</sub> )	53 lx
E <sub>min</sub> /E <sub>max</sub> (U <sub>d</sub> )	0.18
Position	0.08
	0.00 m

Object : 2  
Installation : 3  
Project number : 1  
Date : 11.09.2019

**RELUX®**

## 1 Luminaire data

### 1.5 GEWISS, BOLLA (GW80622)

#### 1.5.1 Data sheet

Manufacturer: GEWISS

**GEWISS**

#### GW80622 ceiling/wall luminaires BOLLA

Protected and compact waterproof ceiling or wall lamp, entirely made of polycarbonate. Suitable for indoor and outdoor installations. It is characterized by high mechanical resistance to shocks and high degree of impact of electrical safety.

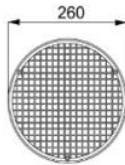
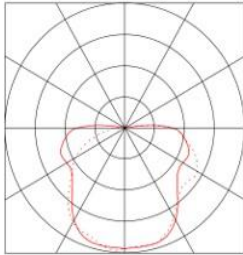
#### Luminaire data

Luminaire efficiency : 71.47%  
Luminaire efficacy : 9.86 lm/W  
Classification : A21 ↓92.0% ↑8.0%  
CIE Flux Codes : 33 58 81 92 71  
Glare : n/a / D5  
Control gear : none  
Power : 100 W  
Luminous flux : 986.3 lm

#### Equipped with

Quantity : 1  
Designation : IAA-  
Power : 100 W  
Colour : ww/2700K  
Luminous flux : 1380 lm  
Colour reproduction : 1A

Dimensions : Ø260 mm x 140 mm



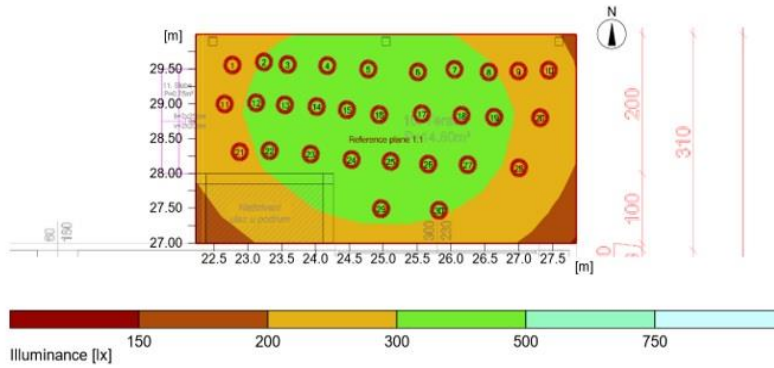
Object : 2  
 Installation : 3  
 Project number : 1  
 Date : 11.09.2019



## 2 Exterior 1

### 2.2 Summary, Exterior 1

#### 2.2.1 Result overview, Evaluation area 1



#### General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height (phot. centre)	3.00 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	41400.00 lm
Total power	3000.0 W
Total power per area (16.83 m²)	178.25 W/m² (61.09 W/m²/100lx)

Evaluation area 1	Reference plane 1.1
	Horizontal
Em	292 lx
Emin	181 lx
Emin/Eav (Uo)	0.62
Emin/Emax (Ud)	0.47
Position	0.00 m

Object : 2  
Installation : 3  
Project number : 1  
Date : 11.09.2019

**RELUX®**

## 1 Luminaire data

### 1.1 GEWISS, CLICK 21 (GW80985)

#### 1.1.1 Data sheet

Manufacturer: GEWISS

**GEWISS**

#### GW80985 ceiling mounted luminaire CLICK 21

Professional watertight luminaire in polycarbonate with transparent shield. Two-lamp versions can be fitted in a single-lamp body, offering excellent performance and a compact design. Suitable for use in the industrial or commercial sector. Emergency version.

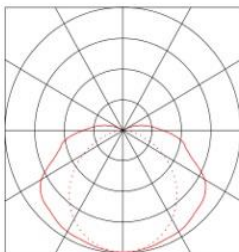
#### Luminaire data

Luminaire efficiency : 65.04%  
Luminaire efficacy : 61.21 lm/W  
Classification : A31 ↓92.5% ↑7.5%  
CIE Flux Codes : 37 67 88 93 65  
UGR 4H 8H : 26.0 / 21.7  
Control gear : electronic ballast  
Power : 102 W  
Luminous flux : 6243.8 lm

#### Equipped with

Quantity : 2  
Designation : T26 (T8/8")  
Power : 51 W  
Colour : 830/3000K  
Luminous flux : 4800 lm  
Socket : G13  
Colour reproduction : 1B/80...89

Dimensions : 1290 mm x 135 mm x 112 mm



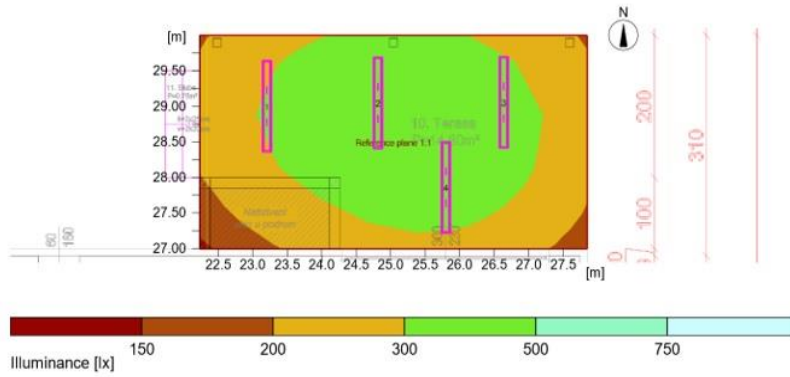
Object : 2  
 Installation : 3  
 Project number : 1  
 Date : 11.09.2019



## 2 Exterior 1

### 2.2 Summary, Exterior 1

#### 2.2.1 Result overview, Evaluation area 1



#### General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height (phot. centre)	3.00 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	38400.00 lm
Total power	408.0 W
Total power per area (16.83 m <sup>2</sup> )	24.24 W/m <sup>2</sup> (8.22 W/m <sup>2</sup> /100lx)

Evaluation area 1	Reference plane 1.1
Em	Horizontal
Emin	295 lx
Emin/Eav (Uo)	176 lx
Emin/Emax (Ud)	0.60
Position	0.45
	0.00 m

Object : 2  
Installation : 3  
Project number : 1  
Date : 12.09.2019

**RELUX®**

## 1 Luminaire data

### 1.3 OSRAM, PUNCTOLED® COB (ODP10C9702327)

#### 1.3.1 Data sheet

Manufacturer: OSRAM

**OSRAM**

**ODP10C9702327 downlight-ceiling recessed PUNCTOLED® COB**  
PUNCTOLED® COB, downlight, of PMMA, light emission: direct distribution, LED light colour: 827, control gear: ECG dimmable, with cable, 3x 0.75mm<sup>2</sup>, mains connection: 220..240V, AC, 50/60Hz, housing, round, of aluminium, traffic white (RAL 9016), diameter: 83 mm, protection rating (complete): IP20, insulation class (complete): insulation class II (safety insulation), certification: CE, permissible ambient temperature for indoor applications: 0..+25°C, permissible storage temperature: -20..+80°C

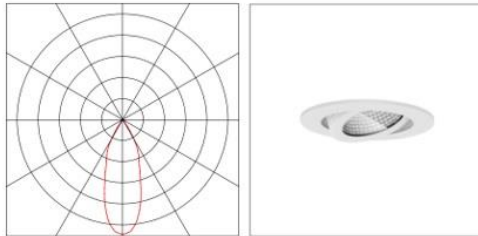
#### Luminaire data

Luminaire efficiency : 100%  
Luminaire efficacy : 80 lm/W  
Classification : A80 ↓100.0% ↑0.0%  
CIE Flux Codes : 98 99 100 100 100  
UGR 4H 8H : 15.6 / 15.6  
Control gear : ECG  
Power : 4.5 W  
Luminous flux : 360 lm

#### Equipped with

Quantity : 1  
Designation : LED 2700K /  
CRI >= 80  
Power : 4 W  
Colour : 2700K  
Luminous flux : 360 lm  
Colour reproduction : 80

Dimensions : Ø83 mm x 0.0 mm



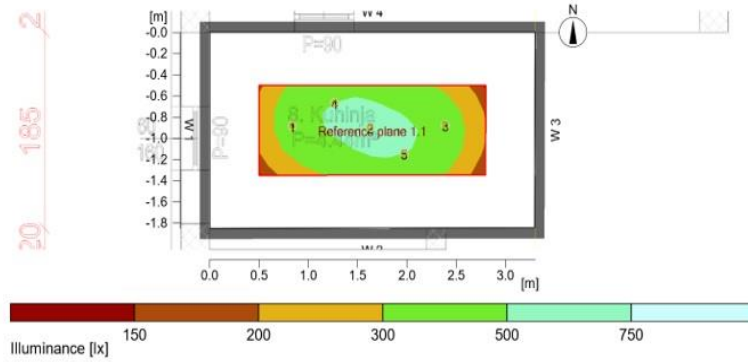
Object : 2  
 Installation : 3  
 Project number : 1  
 Date : 12.09.2019



## 2 Room 1

### 2.2 Summary, Room 1

#### 2.2.1 Result overview, Evaluation area 1



#### General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of luminaire plane	2.60 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	1800.00 lm
Total power	22.5 W
Total power per area (6.09 m <sup>2</sup> )	3.69 W/m <sup>2</sup> (0.98 W/m <sup>2</sup> /100lx)

#### Evaluation area 1

#### Reference plane 1.1

	Horizontal
E <sub>m</sub>	377 lx
E <sub>min</sub>	183 lx
E <sub>min</sub> /E <sub>av</sub> (U <sub>o</sub> )	0.49
E <sub>min</sub> /E <sub>max</sub> (U <sub>d</sub> )	0.34
UGR (2.0H 2.0H)	<=15.9
Position	0.75 m



Object : 2  
Installation : 3  
Project number : 1  
Date : 12.09.2019

**RELUX®**

## 1 Luminaire data

### 1.2 GEWISS, TONDA ES (GW80651)

#### 1.2.1 Data sheet

Manufacturer: GEWISS

**GEWISS**

#### GW80651 ceiling/wall luminaires TONDA ES

Protected and compact waterproof ceiling or wall lamp, entirely made of polycarbonate. Suitable for indoor and outdoor installations. It is characterized by high mechanical resistance to shocks and high degree of impact of electrical safety.

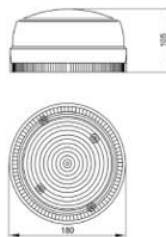
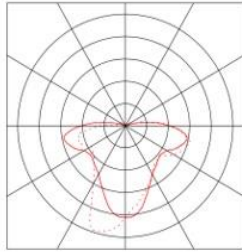
#### Luminaire data

Luminaire efficiency : 75.19%  
Luminaire efficacy : 8.08 lm/W  
Classification : B21 ↓86.7% ↑13.3%  
CIE Flux Codes : 29 50 75 87 75  
Glare : n/a / D6  
Control gear : none  
Power : 40 W  
Luminous flux : 323.3 lm

#### Equipped with

Quantity : 1  
Designation : IAA-  
Power : 40 W  
Colour : ww/2700K  
Luminous flux : 430 lm  
Colour reproduction : 1A

Dimensions : Ø180 mm x 106 mm



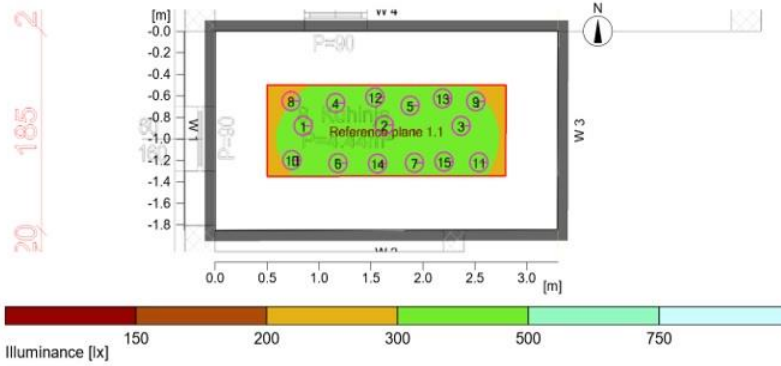
Object : 2  
 Installation : 3  
 Project number : 1  
 Date : 12.09.2019



## 2 Room 1

### 2.2 Summary, Room 1

#### 2.2.1 Result overview, Evaluation area 1



#### General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of luminaire plane	2.10 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	6450.00 lm
Total power	600.0 W
Total power per area (6.09 m <sup>2</sup> )	98.48 W/m <sup>2</sup> (28.71 W/m <sup>2</sup> /100lx)

#### Evaluation area 1

#### Reference plane 1.1

Horizontal	
Em	343 lx
Emin	254 lx
Emin/Eav (Uo)	0.74
Emin/Emax (Ud)	0.62
UGR (2.2H 3.9H)	<=18.1
Position	0.75 m

#### Major surfaces

	Em	Uo
M 1.5 (Ceiling)	105 lx	0.95
M 1.1 (Wall)	248 lx	0.55
M 1.2 (Wall)	272 lx	0.50
M 1.3 (Wall)	250 lx	0.55
M 1.4 (Wall)	301 lx	0.44

Object : 2  
Installation : 3  
Project number : 1  
Date : 12.09.2019

**RELUX®**

## 1 Luminaire data

### 1.1 Sécurité, SOFFITE (3000012)

#### 1.1.1 Data sheet

Manufacturer: Sécurité

**3000012 Interior Luminaire Corner mounting only SOFFITE**  
Soffite 1x14W T5 G5 BHF +Détecteur Pro

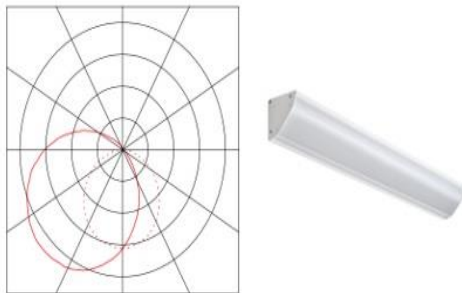
#### Luminaire data

Luminaire efficiency : 55.2%  
Luminaire efficacy : 36.8 lm/W  
Classification : B31 ↓84.3% ↑15.7%  
CIE Flux Codes : 36 64 85 84 55  
UGR 4H 8H : <10.0 / 19.8  
Control gear : electronic ballast  
Power : 18 W  
Luminous flux : 662.4 lm

#### Equipped with

Quantity : 1  
Designation : T16  
Power : 14 W  
Colour : 827/2700K  
Luminous flux : 1200 lm  
Socket : G5  
Colour reproduction : 1B

Dimensions : 730 mm x 92 mm x 92 mm



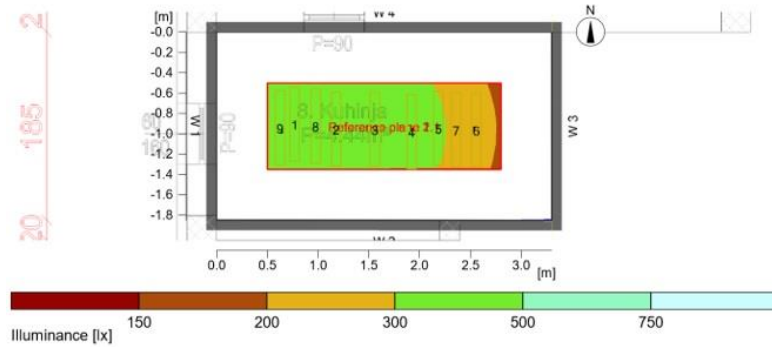
Object : 2  
 Installation : 3  
 Project number : 1  
 Date : 12.09.2019



## 2 Room 1

### 2.2 Summary, Room 1

#### 2.2.1 Result overview, Evaluation area 1



#### General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of luminaire plane	2.60 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	10800.00 lm
Total power	162.0 W
Total power per area (6.11 m <sup>2</sup> )	26.51 W/m <sup>2</sup> (7.48 W/m <sup>2</sup> /100lx)

#### Evaluation area 1

Em  
 Emin  
 Emin/Eav (Uo)  
 Emin/Emax (Ud)  
 UGR (1.4H 2.4H)  
 Position

#### Reference plane 1.1

Horizontal  
 354 lx  
 187 lx  
 0.53  
 0.41  
 <=14.7  
 0.75 m

#### Major surfaces

	Em	Uo
M 1.5 (Ceiling)	346 lx	0.20
M 1.1 (Wall)	418 lx	0.51
M 1.2 (Wall)	251 lx	0.42
M 1.3 (Wall)	116 lx	0.89
M 1.4 (Wall)	242 lx	0.44

Object : 2  
Installation : 3  
Project number : 1  
Date : 12.09.2019

**RELUX®**

## 1 Luminaire data

### 1.1 OSRAM, PUNCTOLED® COB (0DP10C9702327)

#### 1.1.1 Data sheet

Manufacturer: OSRAM

**OSRAM**

**0DP10C9702327** downlight-ceiling recessed **PUNCTOLED® COB**  
PUNCTOLED® COB, downlight, of PMMA, light emission: direct distribution, LED light colour: 827, control gear: ECG dimmable, with cable, 3x 0.75mm<sup>2</sup>, mains connection: 220..240V, AC, 50/60Hz, housing, round, of aluminium, traffic white (RAL 9016), diameter: 83 mm, protection rating (complete): IP20, insulation class (complete): insulation class II (safety insulation), certification: CE, permissible ambient temperature for indoor applications: 0..+25°C, permissible storage temperature: -20..+80°C

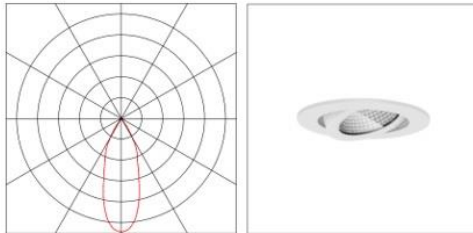
#### Luminaire data

Luminaire efficiency : 100%  
Luminaire efficacy : 80 lm/W  
Classification : A80 ↓100.0% ↑0.0%  
CIE Flux Codes : 98 99 100 100 100  
UGR 4H 8H : 15.6 / 15.6  
Control gear : ECG  
Power : 4.5 W  
Luminous flux : 360 lm

#### Equipped with

Quantity : 1  
Designation : LED 2700K /  
CRI >= 80  
Power : 4 W  
Colour : 2700K  
Luminous flux : 360 lm  
Colour reproduction : 80

Dimensions : Ø83 mm x 0.0 mm



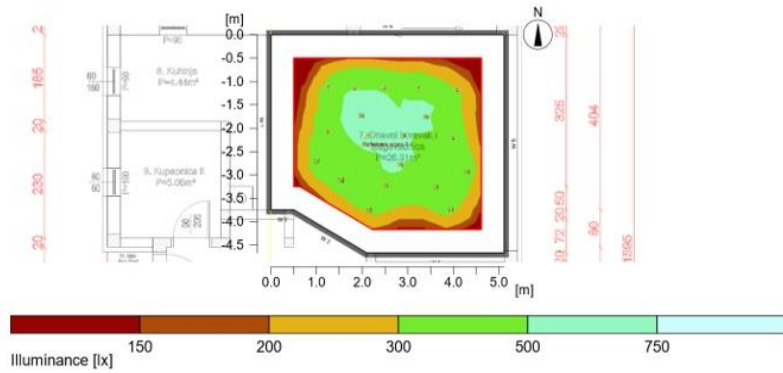
Object : 2  
 Installation : 3  
 Project number : 1  
 Date : 12.09.2019



## 2 Room 1

### 2.2 Summary, Room 1

#### 2.2.1 Result overview, Evaluation area 1



#### General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of luminaire plane	2.60 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	6840.00 lm
Total power	85.5 W
Total power per area (22.71 m <sup>2</sup> )	3.77 W/m <sup>2</sup> (1.07 W/m <sup>2</sup> /100lx)

#### Evaluation area 1

#### Reference plane 1.1

Horizontal	
Em	353 lx
Emin	114 lx
Emin/Eav (Uo)	0.32
Emin/Emax (Ud)	0.21
UGR (3.3H 3.7H)	<=15.5
Position	0.75 m

#### Major surfaces

M 1.6 (Ceiling)	Em	Uo
	32 lx	0.76
M 1.1 (Wall)	33 lx	0.71
M 1.2 (Wall)	43 lx	0.70
M 1.3 (Wall)	35 lx	0.68
M 1.4 (Wall)	37 lx	0.63

Object : 2  
Installation : 3  
Project number : 1  
Date : 12.09.2019

**RELUX®**

## 1 Luminaire data

### 1.3 GEWISS, TONDA ES (GW80651)

#### 1.3.1 Data sheet

Manufacturer: GEWISS

**GEWISS**

#### GW80651 ceiling/wall luminaires TONDA ES

Protected and compact waterproof ceiling or wall lamp, entirely made of polycarbonate. Suitable for indoor and outdoor installations. It is characterized by high mechanical resistance to shocks and high degree of impact of electrical safety.

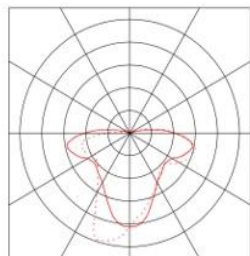
#### Luminaire data

Luminaire efficiency : 75.19%  
Luminaire efficacy : 8.08 lm/W  
Classification : B21 ↓86.7% ↑13.3%  
CIE Flux Codes : 29 50 75 87 75  
Glare : n/a / D6  
Control gear : none  
Power : 40 W  
Luminous flux : 323.3 lm

#### Equipped with

Quantity : 1  
Designation : IAA-  
Power : 40 W  
Colour : ww/2700K  
Luminous flux : 430 lm  
Colour reproduction : 1A

Dimensions : Ø180 mm x 106 mm



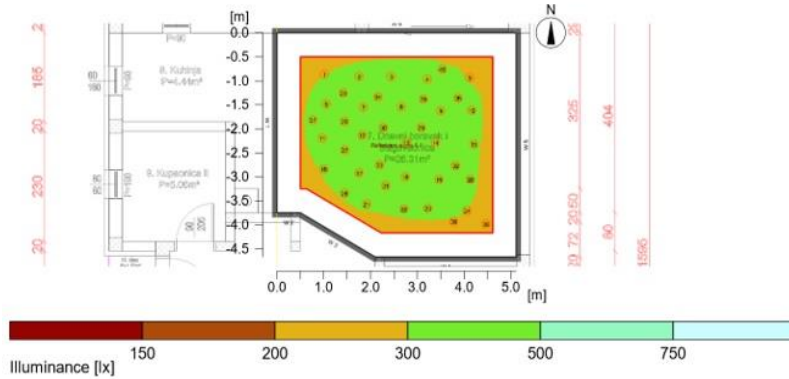
Object : 2  
 Installation : 3  
 Project number : 1  
 Date : 12.09.2019



## 2 Room 1

### 2.2 Summary, Room 1

#### 2.2.1 Result overview, Evaluation area 1



#### General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of luminaire plane	2.10 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	17200.00 lm
Total power	1600.0 W
Total power per area (22.71 m <sup>2</sup> )	70.46 W/m <sup>2</sup> (21.15 W/m <sup>2</sup> /100lx)

#### Evaluation area 1

#### Reference plane 1.1

Em	333 lx
Emin	238 lx
Emin/Eav (Uo)	0.72
Emin/Emax (Ud)	0.56
UGR (6.0H 5.5H)	<=22.4
Position	0.75 m

#### Major surfaces

	Em	Uo
M 1.6 (Ceiling)	98 lx	0.94
M 1.1 (Wall)	271 lx	0.66
M 1.2 (Wall)	258 lx	0.70
M 1.3 (Wall)	239 lx	0.66
M 1.4 (Wall)	258 lx	0.60



Object : 2  
Installation : 3  
Project number : 1  
Date : 12.09.2019



## 1 Luminaire data

### 1.2 Sécurilite, SOFFITE (3000012)

#### 1.2.1 Data sheet

Manufacturer: Sécurilite

**3000012 Interior Luminaire Corner mounting only SOFFITE**  
Soffite 1x14W T5 G5 BHF +Détecteur Pro

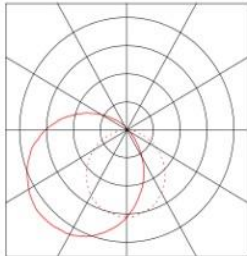
#### Luminaire data

Luminaire efficiency : 55.2%  
Luminaire efficacy : 36.8 lm/W  
Classification : B31 ↓84.3% ↑15.7%  
CIE Flux Codes : 36 64 85 84 55  
UGR 4H 8H : <10.0 / 19.8  
Control gear : electronic ballast  
Power : 18 W  
Luminous flux : 662.4 lm

#### Equipped with

Quantity : 1  
Designation : T16  
Power : 14 W  
Colour : 827/2700K  
Luminous flux : 1200 lm  
Socket : G5  
Colour reproduction : 1B

Dimensions : 730 mm x 92 mm x 92 mm



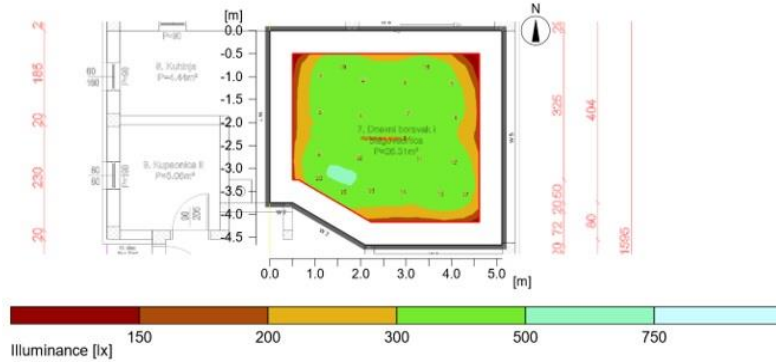
Object : 2  
 Installation : 3  
 Project number : 1  
 Date : 12.09.2019



## 2 Room 1

### 2.2 Summary, Room 1

#### 2.2.1 Result overview, Evaluation area 1



#### General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of luminaire plane	2.60 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	7200.00 lm
Total power	90.0 W
Total power per area (22.71 m <sup>2</sup> )	3.96 W/m <sup>2</sup> (1.13 W/m <sup>2</sup> /100lx)

#### Evaluation area 1

Em	351 lx
Emin	174 lx
Emin/Eav (Uo)	0.49
Emin/Emax (Ud)	0.37
UGR (3.3H 3.7H)	<=15.5
Position	0.75 m

#### Reference plane 1.1

Horizontal		
Em	351 lx	
Emin	174 lx	
Emin/Eav (Uo)	0.49	
Emin/Emax (Ud)	0.37	
UGR (3.3H 3.7H)	<=15.5	
Position	0.75 m	
<b>Major surfaces</b>		
M 1.6 (Ceiling)	33 lx	0.78
M 1.1 (Wall)	38 lx	0.70
M 1.2 (Wall)	56 lx	0.59
M 1.3 (Wall)	37 lx	0.69
M 1.4 (Wall)	39 lx	0.62

Object : 2  
Installation : 3  
Project number : 1  
Date : 12.09.2019

**RELUX®**

## 1 Luminaire data

### 1.1 OSRAM, PUNCTOLED® COB (0DP10C9702327)

#### 1.1.1 Data sheet

Manufacturer: OSRAM

**OSRAM**

**0DP10C9702327** downlight-ceiling recessed **PUNCTOLED® COB**  
PUNCTOLED® COB, downlight, of PMMA, light emission: direct distribution, LED light colour: 827, control gear: ECG dimmable, with cable, 3x 0.75mm<sup>2</sup>, mains connection: 220..240V, AC, 50/60Hz, housing, round, of aluminium, traffic white (RAL 9016), diameter: 83 mm, protection rating (complete): IP20, insulation class (complete): insulation class II (safety insulation), certification: CE, permissible ambient temperature for indoor applications: 0..+25°C, permissible storage temperature: -20..+80°C

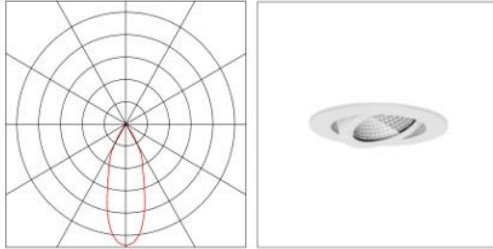
#### Luminaire data

Luminaire efficiency : 100%  
Luminaire efficacy : 80 lm/W  
Classification : A80 ↓100.0% ↑0.0%  
CIE Flux Codes : 98 99 100 100 100  
UGR 4H 8H : 15.6 / 15.6  
Control gear : ECG  
Power : 4.5 W  
Luminous flux : 360 lm

#### Equipped with

Quantity : 1  
Designation : LED 2700K /  
CRI >= 80  
Power : 4 W  
Colour : 2700K  
Luminous flux : 360 lm  
Colour reproduction : 80

Dimensions : Ø83 mm x 0.0 mm



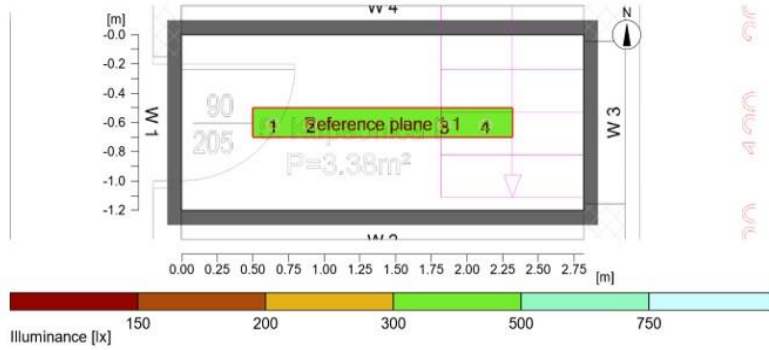
Object : 2  
 Installation : 3  
 Project number : 1  
 Date : 12.09.2019



## 2 Room 1

### 2.2 Summary, Room 1

#### 2.2.1 Result overview, Evaluation area 1



#### General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of luminaire plane	2.60 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	1440.00 lm
Total power	18.0 W
Total power per area (3.38 m²)	5.32 W/m² (1.41 W/m²/100lx)

#### Evaluation area 1

Em	377 lx
Emin	310 lx
Emin/Eav (Uo)	0.82
Emin/Emax (Ud)	0.75
UGR (2.0H 2.0H)	<=15.9
Position	0.75 m

#### Reference plane 1.1

Horizontal	
------------	--

#### Major surfaces

	Em	Uo
M 1.3 (Ceiling)	22 lx	0.90
M 1.1 (Wall)	75 lx	0.33
M 1.2 (Wall)	72 lx	0.34

Object : 2  
Installation : 3  
Project number : 1  
Date : 12.09.2019

**RELUX®**

## 1 Luminaire data

### 1.1 GEWISS, TONDA ES (GW80651)

#### 1.1.1 Data sheet

Manufacturer: GEWISS

**GEWISS**

#### GW80651 ceiling/wall luminaires TONDA ES

Protected and compact waterproof ceiling or wall lamp, entirely made of polycarbonate. Suitable for indoor and outdoor installations. It is characterized by high mechanical resistance to shocks and high degree of impact of electrical safety.

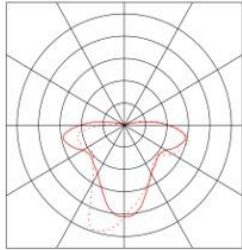
#### Luminaire data

Luminaire efficiency : 75.19%  
Luminaire efficacy : 8.08 lm/W  
Classification : B21 ↓86.7% ↑13.3%  
CIE Flux Codes : 29 50 75 87 75  
Glare : n/a / D6  
Control gear : none  
Power : 40 W  
Luminous flux : 323.3 lm

#### Equipped with

Quantity : 1  
Designation : IAA-  
Power : 40 W  
Colour : ww/2700K  
Luminous flux : 430 lm  
Colour reproduction : 1A

Dimensions : Ø180 mm x 106 mm



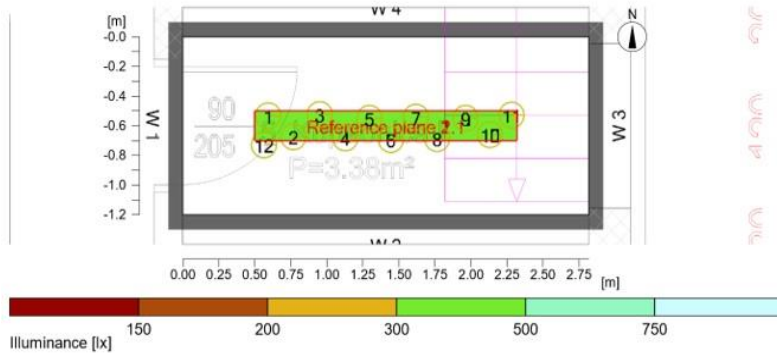
Object : 2  
 Installation : 3  
 Project number : 1  
 Date : 12.09.2019



## 2 Room 1

### 2.2 Summary, Room 1

#### 2.2.1 Result overview, Evaluation area 1



#### General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of luminaire plane	2.10 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	5160.00 lm
Total power	480.0 W
Total power per area (3.38 m²)	141.84 W/m² (40.03 W/m²/100lx)

#### Evaluation area 1

Em	354 lx
Emin	286 lx
Emin/Eav (Uo)	0.81
Emin/Emax (Ud)	0.73
UGR (1.4H 3.3H)	<=17.1
Position	0.75 m

#### Reference plane 1.1

Horizontal	
Em	354 lx
Emin	286 lx
Emin/Eav (Uo)	0.81
Emin/Emax (Ud)	0.73
UGR (1.4H 3.3H)	<=17.1
Position	0.75 m

#### Major surfaces

M 1.3 (Ceiling)	Em	135 lx	Uo	0.92
M 1.1 (Wall)	Em	335 lx	Uo	0.40
M 1.2 (Wall)	Em	351 lx	Uo	0.35

Object : 2  
Installation : 3  
Project number : 1  
Date : 12.09.2019

**RELUX®**

## 1 Luminaire data

### 1.1 Sécurité, SOFFITE (30000000)

#### 1.1.1 Data sheet

Manufacturer: Sécurité

**30000000 Interior Luminaire Corner mounting only SOFFITE**  
Soffite 1x14W T5 G5 BHF

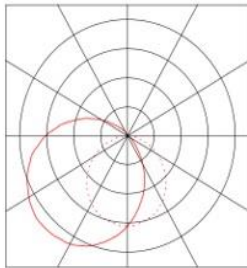
#### Luminaire data

Luminaire efficiency : 55.2%  
Luminaire efficacy : 38.96 lm/W  
Classification : B31 ↓84.3% ↑15.7%  
CIE Flux Codes : 36 64 85 84 55  
UGR 4H 8H : <10.0 / 20.4  
Control gear : electronic ballast  
Power : 17 W  
Luminous flux : 662.4 lm

#### Equipped with

Quantity : 1  
Designation : T16  
Power : 14 W  
Colour : 827/2700K  
Luminous flux : 1200 lm  
Socket : G5  
Colour reproduction : 1B

Dimensions : 598 mm x 92 mm x 92 mm



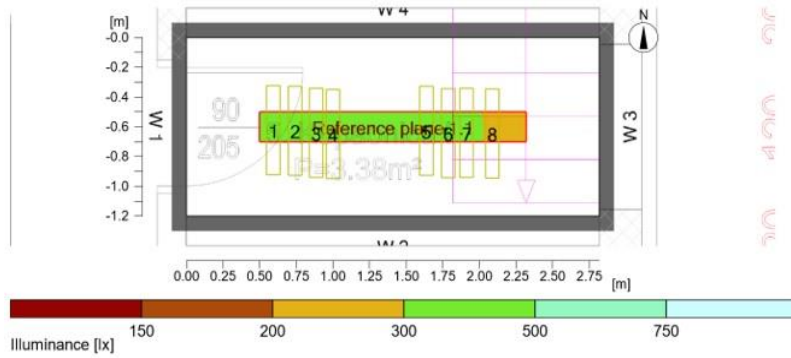
Object : 2  
 Installation : 3  
 Project number : 1  
 Date : 12.09.2019



## 2 Room 1

### 2.2 Summary, Room 1

#### 2.2.1 Result overview, Evaluation area 1



#### General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of luminaire plane	2.60 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	9600.00 lm
Total power	136.0 W
Total power per area (3.38 m²)	40.19 W/m² (10.35 W/m²/100lx)

#### Evaluation area 1

Em	388 lx
Emin	225 lx
Emin/Eav (Uo)	0.58
Emin/Emax (Ud)	0.47
UGR (0.9H 2.1H)	<=14.8
Position	0.75 m

#### Reference plane 1.1

Horizontal	
Em	388 lx
Emin	225 lx
Emin/Eav (Uo)	0.58
Emin/Emax (Ud)	0.47
UGR (0.9H 2.1H)	<=14.8
Position	0.75 m

#### Major surfaces

M 1.3 (Ceiling)	Em	516 lx	Uo	0.19
M 1.1 (Wall)	Em	298 lx	Uo	0.35
M 1.2 (Wall)	Em	295 lx	Uo	0.36



Object : 2  
Installation : 3  
Project number : 1  
Date : 12.09.2019

**RELUX®**

## 1 Luminaire data

### 1.1 OSRAM, PUNCTOLED® COB (ODP10C9702327)

#### 1.1.1 Data sheet

Manufacturer: OSRAM

**OSRAM**

**ODP10C9702327 downlight-ceiling recessed PUNCTOLED® COB**  
PUNCTOLED® COB, downlight, of PMMA, light emission: direct distribution, LED light colour: 827, control gear: ECG dimmable, with cable, 3x 0.75mm<sup>2</sup>, mains connection: 220..240V, AC, 50/60Hz, housing, round, of aluminium, traffic white (RAL 9016), diameter: 83 mm, protection rating (complete): IP20, insulation class (complete): insulation class II (safety insulation), certification: CE, permissible ambient temperature for indoor applications: 0..+25°C, permissible storage temperature: -20..+80°C

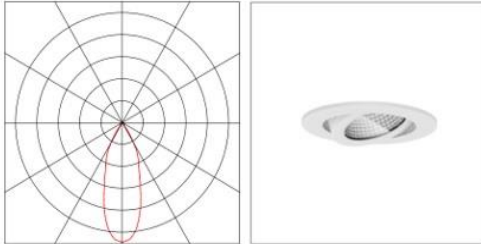
#### Luminaire data

Luminaire efficiency : 100%  
Luminaire efficacy : 80 lm/W  
Classification : A80 ↓100.0% ↑0.0%  
CIE Flux Codes : 98 99 100 100 100  
UGR 4H 8H : 15.6 / 15.6  
Control gear : ECG  
Power : 4.5 W  
Luminous flux : 360 lm

#### Equipped with

Quantity : 1  
Designation : LED 2700K / CRI >= 80  
Power : 4 W  
Colour : 2700K  
Luminous flux : 360 lm  
Colour reproduction : 80

Dimensions : Ø83 mm x 0.0 mm



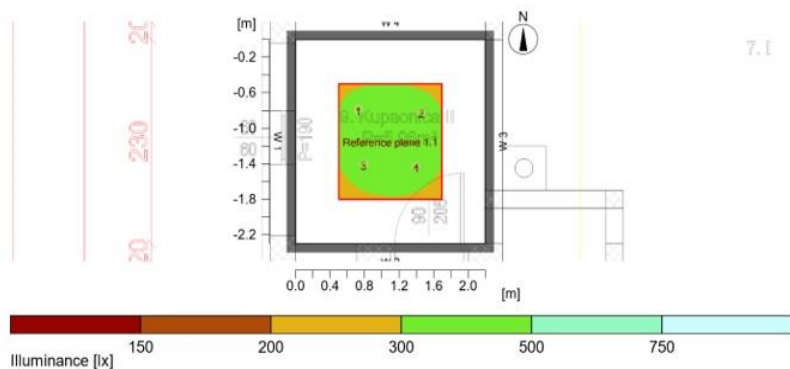
Object : 2  
 Installation : 3  
 Project number : 1  
 Date : 12.09.2019



## 2 Room 1

### 2.2 Summary, Room 1

#### 2.2.1 Result overview, Evaluation area 1



#### General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of luminaire plane	2.60 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	1440.00 lm
Total power	18.0 W
Total power per area (5.06 m <sup>2</sup> )	3.56 W/m <sup>2</sup> (0.98 W/m <sup>2</sup> /100lx)

#### Evaluation area 1

#### Reference plane 1.1

	Horizontal
Em	362 lx
Emin	264 lx
Emin/Eav (Uo)	0.73
Emin/Emax (Ud)	0.58
UGR (2.0H 2.0H)	<= 15.9
Position	0.75 m

#### Major surfaces

	Em	Uo
M 1.5 (Ceiling)	17 lx	0.94
M 1.1 (Wall)	41 lx	0.40
M 1.2 (Wall)	36 lx	0.47
M 1.3 (Wall)	41 lx	0.41
M 1.4 (Wall)	39 lx	0.44

Object : 2  
Installation : 3  
Project number : 1  
Date : 12.09.2019

**RELUX®**

## 1 Luminaire data

### 1.2 GEWISS, TONDA ES (GW80651)

#### 1.2.1 Data sheet

Manufacturer: GEWISS

**GEWISS**

#### GW80651 ceiling/wall luminaires TONDA ES

Protected and compact waterproof ceiling or wall lamp, entirely made of polycarbonate. Suitable for indoor and outdoor installations. It is characterized by high mechanical resistance to shocks and high degree of impact of electrical safety.

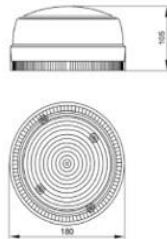
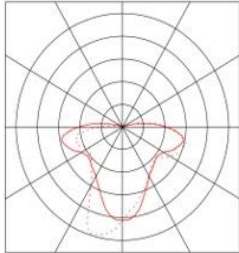
#### Luminaire data

Luminaire efficiency : 75.19%  
Luminaire efficacy : 8.08 lm/W  
Classification : B21 ↓86.7% ↑13.3%  
CIE Flux Codes : 29 50 75 87 75  
Glare : n/a / D6  
Control gear : none  
Power : 40 W  
Luminous flux : 323.3 lm

#### Equipped with

Quantity : 1  
Designation : IAA-  
Power : 40 W  
Colour : ww/2700K  
Luminous flux : 430 lm  
Colour reproduction : 1A

Dimensions : Ø180 mm x 106 mm



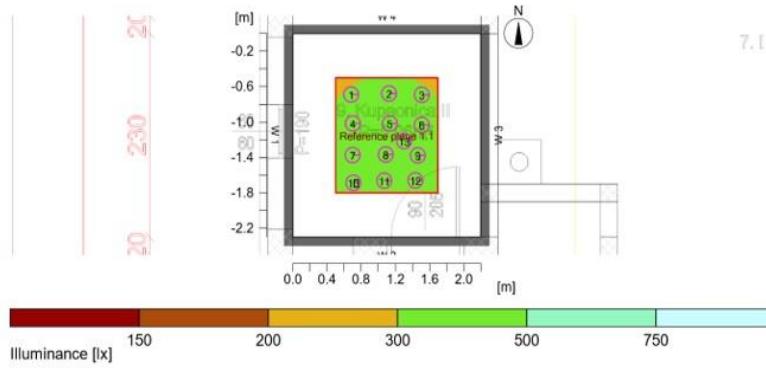
Object : 2  
 Installation : 3  
 Project number : 1  
 Date : 12.09.2019



## 2 Room 1

### 2.2 Summary, Room 1

#### 2.2.1 Result overview, Evaluation area 1



#### General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of luminaire plane	2.10 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	5590.00 lm
Total power	520.0 W
Total power per area (5.06 m <sup>2</sup> )	102.77 W/m <sup>2</sup> (28.64 W/m <sup>2</sup> /100lx)

#### Evaluation area 1

#### Reference plane 1.1

	Horizontal
Em	359 lx
Emin	283 lx
Emin/Eav (Uo)	0.79
Emin/Emax (Ud)	0.68
UGR (2.6H 2.7H)	<=15.5
Position	0.75 m

#### Major surfaces

	Em	Uo
M 1.5 (Ceiling)	106 lx	0.97
M 1.1 (Wall)	276 lx	0.48
M 1.2 (Wall)	259 lx	0.54
M 1.3 (Wall)	281 lx	0.48
M 1.4 (Wall)	279 lx	0.48

Object : 2  
Installation : 3  
Project number : 1  
Date : 12.09.2019

**RELUX®**

## 1 Luminaire data

### 1.3 Sécurilite, SOFFITE (30000000)

#### 1.3.1 Data sheet

Manufacturer: Sécurilite

**30000000 Interior Luminaire Corner mounting only SOFFITE**  
Soffite 1x14W T5 G5 BHF

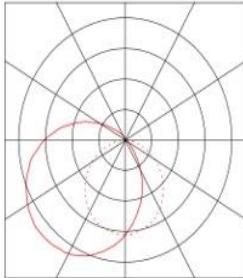
#### Luminaire data

Luminaire efficiency : 55.2%  
Luminaire efficacy : 38.96 lm/W  
Classification : B31 ↓84.3% ↑15.7%  
CIE Flux Codes : 36 64 85 84 55  
UGR 4H 8H : <10.0 / 20.4  
Control gear : electronic ballast  
Power : 17 W  
Luminous flux : 662.4 lm

#### Equipped with

Quantity : 1  
Designation : T16  
Power : 14 W  
Colour : 827/2700K  
Luminous flux : 1200 lm  
Socket : G5  
Colour reproduction : 1B

Dimensions : 598 mm x 92 mm x 92 mm



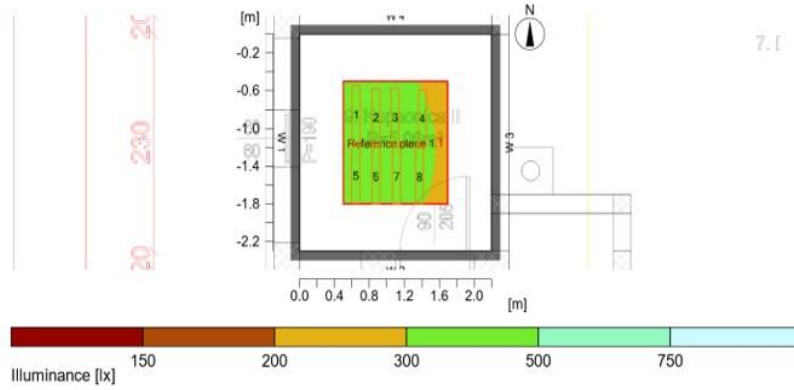
Object : 2  
 Installation : 3  
 Project number : 1  
 Date : 12.09.2019



## 2 Room 1

### 2.2 Summary, Room 1

#### 2.2.1 Result overview, Evaluation area 1



#### General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of luminaire plane	2.60 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	9600.00 lm
Total power	136.0 W
Total power per area (5.06 m <sup>2</sup> )	26.88 W/m <sup>2</sup> (7.32 W/m <sup>2</sup> /100lx)

#### Evaluation area 1

#### Reference plane 1.1

	Horizontal
Em	367 lx
Emin	252 lx
Emin/Eav (Uo)	0.69
Emin/Emax (Ud)	0.55
UGR (2.0H 2.0H)	<=14.6
Position	0.75 m

#### Major surfaces

	Em	Uo
M 1.5 (Ceiling)	280 lx	0.32
M 1.1 (Wall)	417 lx	0.42
M 1.2 (Wall)	253 lx	0.51
M 1.3 (Wall)	148 lx	0.83
M 1.4 (Wall)	237 lx	0.54

Object : 2  
Installation : 3  
Project number : 1  
Date : 12.09.2019

**RELUX®**

## 1 Luminaire data

### 1.2 OSRAM, PUNCTOLED® COB (0DP10C9702327)

#### 1.2.1 Data sheet

Manufacturer: OSRAM

**OSRAM**

#### 0DP10C9702327 downlight-ceiling recessed PUNCTOLED® COB

PUNCTOLED® COB, downlight, of PMMA, light emission: direct distribution, LED light colour: 827, control gear: ECG dimmable, with cable, 3x 0.75mm<sup>2</sup>, mains connection: 220..240V, AC, 50/60Hz, housing, round, of aluminium, traffic white (RAL 9016), diameter: 83 mm, protection rating (complete): IP20, insulation class (complete): insulation class II (safety insulation), certification: CE, permissible ambient temperature for indoor applications: 0..+25°C, permissible storage temperature: -20..+80°C

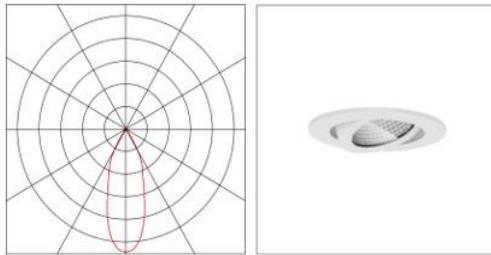
#### Luminaire data

Luminaire efficiency : 100%  
Luminaire efficacy : 80 lm/W  
Classification : A80 ↓100.0% ↑0.0%  
CIE Flux Codes : 98 99 100 100 100  
UGR 4H 8H : 15.6 / 15.6  
Control gear : ECG  
Power : 4.5 W  
Luminous flux : 360 lm

#### Equipped with

Quantity : 1  
Designation : LED 2700K /  
CRI >= 80  
Power : 4 W  
Colour : 2700K  
Luminous flux : 360 lm  
Colour reproduction : 80

Dimensions : Ø83 mm x 0.0 mm



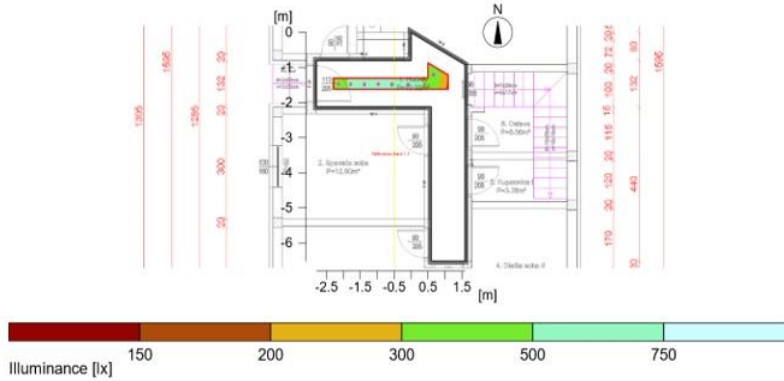
Object : 2  
 Installation : 3  
 Project number : 1  
 Date : 12.09.2019



## 2 Room 1

### 2.2 Summary, Room 1

#### 2.2.1 Result overview, Evaluation area 1



#### General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of luminaire plane	2.60 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	2880.00 lm
Total power	36.0 W
Total power per area (10.75 m <sup>2</sup> )	3.35 W/m <sup>2</sup> (0.96 W/m <sup>2</sup> /100lx)

#### Evaluation area 1

Em	348 lx
Emin	348 lx
Emin/Eav (Uo)	1.00
Emin/Emax (Ud)	1.00
Position	0.75 m

#### Reference plane 1.1

Horizontal	
Em	348 lx
Emin	348 lx
Emin/Eav (Uo)	1.00
Emin/Emax (Ud)	1.00
Position	0.75 m

#### Major surfaces

	Em	Uo
M 1.6 (Ceiling)	20 lx	1.00
M 1.1 (Wall)	87 lx	0.31
M 1.2 (Wall)	88 lx	0.32
M 1.3 (Wall)	3 lx	0.62
M 1.4 (Wall)	8 lx	0.25
M 1.5 (Wall)	43 lx	0.44



Object : 2  
 Installation : 3  
 Project number : 1  
 Date : 12.09.2019

**RELUX®**

**1 Luminaire data**

**1.1 GEWISS, TONDA ES (GW80651)**

**1.1.1 Data sheet**

**Manufacturer: GEWISS**

**GEWISS**

**GW80651 ceiling/wall luminaires TONDA ES**

Protected and compact waterproof ceiling or wall lamp, entirely made of polycarbonate. Suitable for indoor and outdoor installations. It is characterized by high mechanical resistance to shocks and high degree of impact of electrical safety.

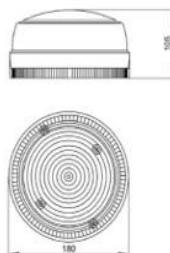
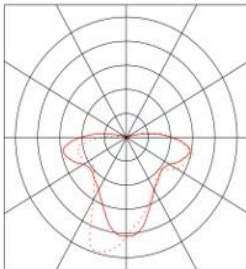
**Luminaire data**

Luminaire efficiency : 75.19%  
 Luminaire efficacy : 8.08 lm/W  
 Classification : B21 ↓ 86.7% ↑ 13.3%  
 CIE Flux Codes : 29 50 75 87 75  
 Glare : n/a / D6  
 Control gear : none  
 Power : 40 W  
 Luminous flux : 323.3 lm

**Equipped with**

Quantity : 1  
 Designation : IAA-  
 Power : 40 W  
 Colour : ww/2700K  
 Luminous flux : 430 lm  
 Colour reproduction : 1A

**Dimensions** : Ø180 mm x 106 mm



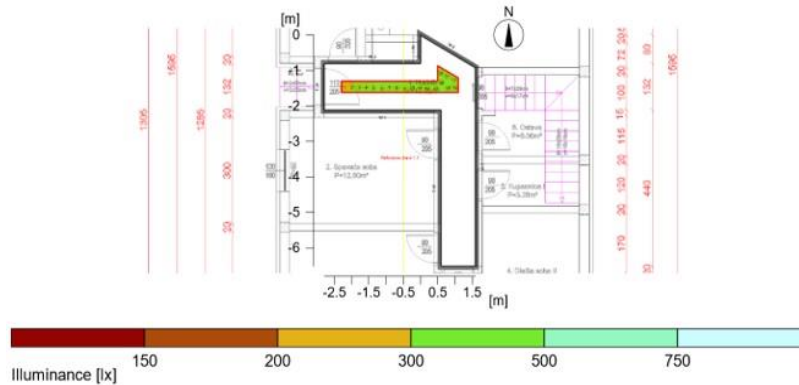
Object : 2  
 Installation : 3  
 Project number : 1  
 Date : 12.09.2019



## 2 Room 1

### 2.2 Summary, Room 1

#### 2.2.1 Result overview, Evaluation area 1



#### General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of luminaire plane	2.10 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	8170.00 lm
Total power	760.0 W
Total power per area (10.75 m <sup>2</sup> )	70.68 W/m <sup>2</sup> (19.45 W/m <sup>2</sup> /100lx)

#### Evaluation area 1

Em	363 lx
Emin	363 lx
Emin/Eav (Uo)	1.00
Emin/Emax (Ud)	1.00
Position	0.75 m

#### Reference plane 1.1

Horizontal	
------------	--

#### Major surfaces

	Em	Uo
M 1.6 (Ceiling)	101 lx	1.00
M 1.1 (Wall)	297 lx	0.38
M 1.2 (Wall)	301 lx	0.42
M 1.3 (Wall)	19 lx	0.45
M 1.4 (Wall)	71 lx	0.13
M 1.5 (Wall)	294 lx	0.40

Object : 2  
Installation : 3  
Project number : 1  
Date : 12.09.2019

**RELUX®**

## 1 Luminaire data

### 1.3 Sécurilite, SOFFITE (30000000)

#### 1.3.1 Data sheet

Manufacturer: Sécurilite

**30000000 Interior Luminaire Corner mounting only SOFFITE**  
Soffite 1x14W T5 G5 BHF

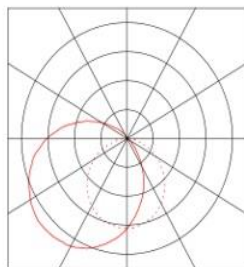
#### Luminaire data

Luminaire efficiency : 55.2%  
Luminaire efficacy : 38.96 lm/W  
Classification : B31 ↓84.3% ↑15.7%  
CIE Flux Codes : 36 64 85 84 55  
UGR 4H 8H : <10.0 / 20.4  
Control gear : electronic ballast  
Power : 17 W  
Luminous flux : 662.4 lm

#### Equipped with

Quantity : 1  
Designation : T16  
Power : 14 W  
Colour : 827/2700K  
Luminous flux : 1200 lm  
Socket : G5  
Colour reproduction : 1B

Dimensions : 598 mm x 92 mm x 92 mm



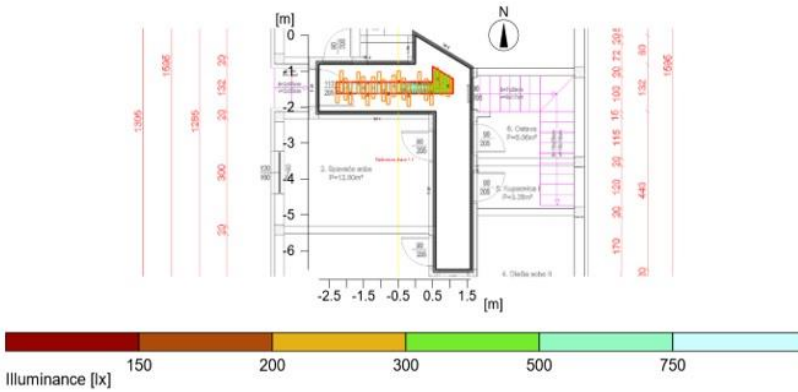
Object : 2  
 Installation : 3  
 Project number : 1  
 Date : 12.09.2019



## 2 Room 1

### 2.2 Summary, Room 1

#### 2.2.1 Result overview, Evaluation area 1



#### General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of luminaire plane	2.60 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	25200.00 lm
Total power	357.0 W
Total power per area (10.75 m <sup>2</sup> )	33.20 W/m <sup>2</sup> (9.39 W/m <sup>2</sup> /100lx)

#### Evaluation area 1

Em	354 lx
Emin	354 lx
Emin/Eav (Uo)	1.00
Emin/Emax (Ud)	1.00
Position	0.75 m

#### Reference plane 1.1

	Horizontal	
	354 lx	
	354 lx	
	1.00	
	1.00	
	0.75 m	
<b>Major surfaces</b>	Em	Uo
M 1.6 (Ceiling)	373 lx	1.00
M 1.1 (Wall)	617 lx	0.48
M 1.2 (Wall)	585 lx	0.42
M 1.3 (Wall)	22 lx	0.66
M 1.4 (Wall)	51 lx	0.29
M 1.5 (Wall)	225 lx	0.70

Object : 2  
Installation : 3  
Project number : 1  
Date : 12.09.2019

**RELUX®**

## 1 Luminaire data

### 1.2 OSRAM, PUNTOLED® COB (0DP10C9702327)

#### 1.2.1 Data sheet

Manufacturer: OSRAM

**OSRAM**

#### 0DP10C9702327 downlight-ceiling recessed PUNTOLED® COB

PUNTOLED® COB, downlight, of PMMA, light emission: direct distribution, LED light colour: 827, control gear: ECG dimmable, with cable, 3x 0.75mm<sup>2</sup>, mains connection: 220..240V, AC, 50/60Hz, housing, round, of aluminium, traffic white (RAL 9016), diameter: 83 mm, protection rating (complete): IP20, insulation class (complete): insulation class II (safety insulation), certification: CE, permissible ambient temperature for indoor applications: 0..+25°C, permissible storage temperature: -20..+80°C

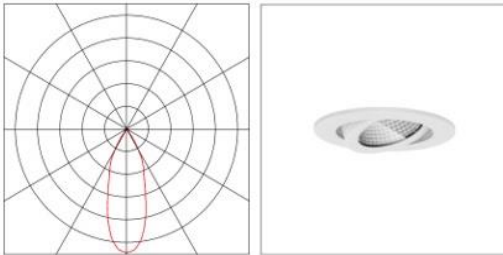
#### Luminaire data

Luminaire efficiency : 100%  
Luminaire efficacy : 80 lm/W  
Classification : A80 ↓100.0% ↑0.0%  
CIE Flux Codes : 98 99 100 100 100  
UGR 4H 8H : 15.6 / 15.6  
Control gear : ECG  
Power : 4.5 W  
Luminous flux : 360 lm

#### Equipped with

Quantity : 1  
Designation : LED 2700K /  
CRI >= 80  
Power : 4 W  
Colour : 2700K  
Luminous flux : 360 lm  
Colour reproduction : 80

Dimensions : Ø83 mm x 0.0 mm



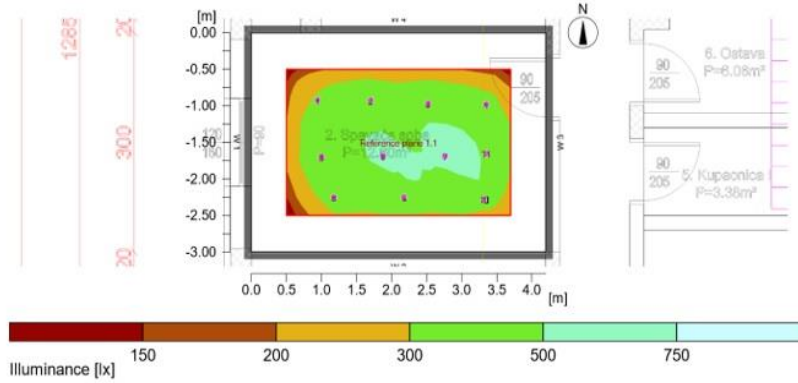
Object : 2  
 Installation : 3  
 Project number : 1  
 Date : 12.09.2019



## 2 Room 1

### 2.2 Summary, Room 1

#### 2.2.1 Result overview, Evaluation area 1



#### General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of luminaire plane	2.60 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	3960.00 lm
Total power	49.5 W
Total power per area (12.60 m²)	3.93 W/m² (1.04 W/m²/100lx)

#### Evaluation area 1

#### Reference plane 1.1

Horizontal	
Em	376 lx
Emin	219 lx
Emin/Eav (Uo)	0.58
Emin/Emax (Ud)	0.42
UGR (3.0H 2.1H)	<=15.8
Position	0.75 m

#### Major surfaces

	Em	Uo
M 1.5 (Ceiling)	27 lx	0.84
M 1.1 (Wall)	35 lx	0.64
M 1.2 (Wall)	45 lx	0.46
M 1.3 (Wall)	44 lx	0.52
M 1.4 (Wall)	38 lx	0.56

Object : 2  
Installation : 3  
Project number : 1  
Date : 12.09.2019

**RELUX®**

## 1 Luminaire data

### 1.1 GEWISS, TONDA ES (GW80651)

#### 1.1.1 Data sheet

Manufacturer: GEWISS

**GEWISS**

#### GW80651 ceiling/wall luminaires TONDA ES

Protected and compact waterproof ceiling or wall lamp, entirely made of polycarbonate. Suitable for indoor and outdoor installations. It is characterized by high mechanical resistance to shocks and high degree of impact of electrical safety.

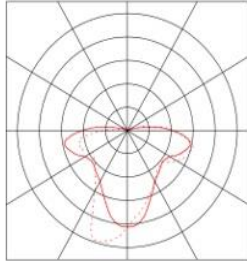
#### Luminaire data

Luminaire efficiency : 75.19%  
Luminaire efficacy : 8.08 lm/W  
Classification : B21 ↓86.7% ↑13.3%  
CIE Flux Codes : 29 50 75 87 75  
Glare : n/a / D6  
Control gear : none  
Power : 40 W  
Luminous flux : 323.3 lm

#### Equipped with

Quantity : 1  
Designation : IAA-  
Power : 40 W  
Colour : ww/2700K  
Luminous flux : 430 lm  
Colour reproduction : 1A

Dimensions : Ø180 mm x 106 mm



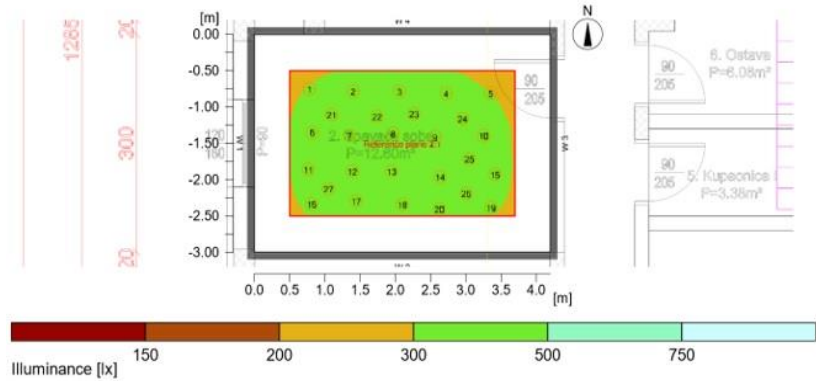
Object : 2  
 Installation : 3  
 Project number : 1  
 Date : 12.09.2019

**RELUX®**

**2 Room 1**

**2.2 Summary, Room 1**

**2.2.1 Result overview, Evaluation area 1**



**General**

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of luminaire plane	2.10 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	11610.00 lm
Total power	1080.0 W
Total power per area (12.60 m²)	85.71 W/m² (23.69 W/m²/100lx)

**Evaluation area 1**

**Reference plane 1.1**

Em	362 lx
Emin	266 lx
Emin/Eav (Uo)	0.74
Emin/Emax (Ud)	0.62
UGR (3.5H 4.9H)	<=20.9
Position	0.75 m

**Major surfaces**

M 1.5 (Ceiling)	Em	Uo
	107 lx	0.96
M 1.1 (Wall)	282 lx	0.59
M 1.2 (Wall)	274 lx	0.55
M 1.3 (Wall)	273 lx	0.61
M 1.4 (Wall)	293 lx	0.53



Object : 2  
Installation : 3  
Project number : 1  
Date : 12.09.2019

**RELUX®**

## 1 Luminaire data

### 1.3 Sécurilite, SOFFITE (30000000)

#### 1.3.1 Data sheet

---

**Manufacturer: Sécurilite**

**30000000 Interior Luminaire Corner mounting only SOFFITE**  
Soffite 1x14W T5 G5 BHF

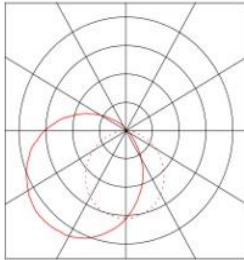
#### Luminaire data

Luminaire efficiency : 55.2%  
Luminaire efficacy : 38.96 lm/W  
Classification : B31 ↓84.3% ↑15.7%  
CIE Flux Codes : 36 64 85 84 55  
UGR 4H 8H : <10.0 / 20.4  
Control gear : electronic ballast  
Power : 17 W  
Luminous flux : 662.4 lm

#### Equipped with

Quantity : 1  
Designation : T16  
Power : 14 W  
Colour : 827/2700K  
Luminous flux : 1200 lm  
Socket : G5  
Colour reproduction : 1B

Dimensions : 598 mm x 92 mm x 92 mm



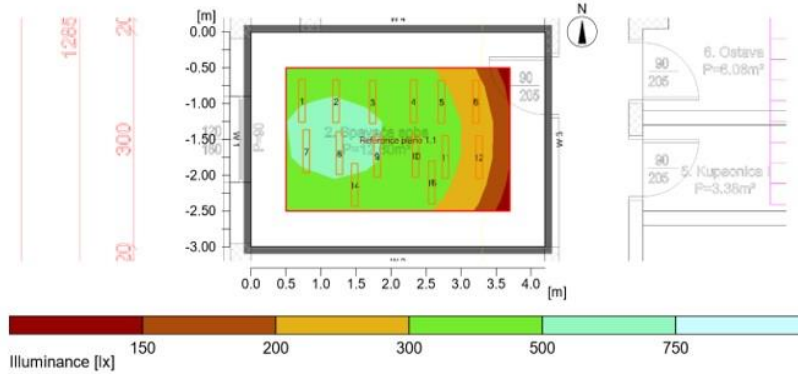
Object : 2  
 Installation : 3  
 Project number : 1  
 Date : 12.09.2019



## 2 Room 1

### 2.2 Summary, Room 1

#### 2.2.1 Result overview, Evaluation area 1



#### General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of luminaire plane	2.60 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	16800.00 lm
Total power	238.0 W
Total power per area (12.60 m <sup>2</sup> )	18.89 W/m <sup>2</sup> (5.02 W/m <sup>2</sup> /100lx)

#### Evaluation area 1

#### Reference plane 1.1

	Horizontal
Em	376 lx
Emin	162 lx
Emin/Eav (Uo)	0.43
Emin/Emax (Ud)	0.31
UGR (2.2H 3.1H)	<=16,4
Position	0.75 m

#### Major surfaces

	Em	Uo
M 1.5 (Ceiling)	245 lx	0.22
M 1.1 (Wall)	411 lx	0.60
M 1.2 (Wall)	228 lx	0.34
M 1.3 (Wall)	98 lx	0.85
M 1.4 (Wall)	226 lx	0.35

Object : 2  
Installation : 3  
Project number : 1  
Date : 12.09.2019

**RELUX®**

## 1 Luminaire data

### 1.1 OSRAM, PUNCTOLED® COB (0DP10C9702327)

#### 1.1.1 Data sheet

Manufacturer: OSRAM

**OSRAM**

#### 0DP10C9702327 downlight-ceiling recessed PUNCTOLED® COB

PUNCTOLED® COB, downlight, of PMMA, light emission: direct distribution, LED light colour: 827, control gear: ECG dimmable, with cable, 3x 0.75mm<sup>2</sup>, mains connection: 220..240V, AC, 50/60Hz, housing, round, of aluminium, traffic white (RAL 9016), diameter: 83 mm, protection rating (complete): IP20, insulation class (complete): insulation class II (safety insulation), certification: CE, permissible ambient temperature for indoor applications: 0..+25°C, permissible storage temperature: -20..+80°C

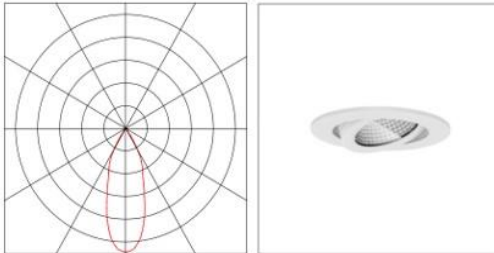
#### Luminaire data

Luminaire efficiency : 100%  
Luminaire efficacy : 80 lm/W  
Classification : A80 ↓ 100.0% ↑ 0.0%  
CIE Flux Codes : 98 99 100 100 100  
UGR 4H 8H : 15.6 / 15.6  
Control gear : ECG  
Power : 4.5 W  
Luminous flux : 360 lm

#### Equipped with

Quantity : 1  
Designation : LED 2700K /  
CRI >= 80  
Power : 4 W  
Colour : 2700K  
Luminous flux : 360 lm  
Colour reproduction : 80

Dimensions : Ø83 mm x 0.0 mm



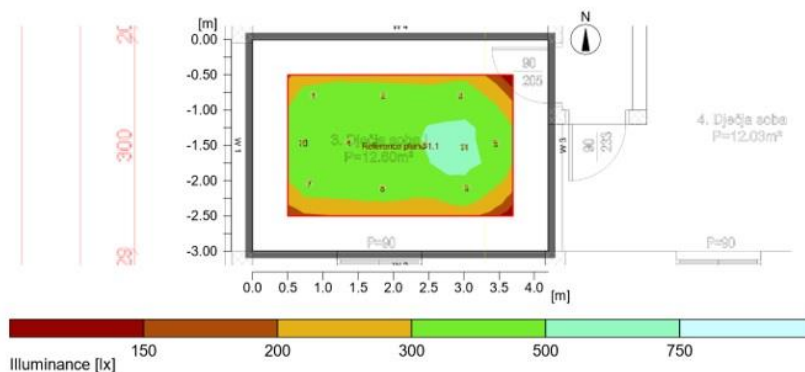
Object : 2  
 Installation : 3  
 Project number : 1  
 Date : 12.09.2019

**RELUX®**

**2 Room 1**

**2.2 Summary, Room 1**

**2.2.1 Result overview, Evaluation area 1**



**General**

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of luminaire plane	2.60 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	3960.00 lm
Total power	49.5 W
Total power per area (12.60 m <sup>2</sup> )	3.93 W/m <sup>2</sup> (1.05 W/m <sup>2</sup> /100lx)

**Evaluation area 1**

	<b>Reference plane 1.1</b>
	Horizontal
Em	376 lx
Emin	222 lx
Emin/Eav (Uo)	0.59
Emin/Emax (Ud)	0.42
UGR (3.0H 2.1H)	<=15.8
Position	0.75 m

**Major surfaces**

	Em	Uo
M 1.5 (Ceiling)	27 lx	0.86
M 1.1 (Wall)	49 lx	0.48
M 1.2 (Wall)	37 lx	0.58
M 1.3 (Wall)	39 lx	0.57
M 1.4 (Wall)	43 lx	0.50

Object : 2  
Installation : 3  
Project number : 1  
Date : 12.09.2019

**RELUX®**

## 1 Luminaire data

### 1.1 GEWISS, TONDA ES (GW80651)

#### 1.1.1 Data sheet

Manufacturer: GEWISS

**GEWISS**

#### GW80651 ceiling/wall luminaires TONDA ES

Protected and compact waterproof ceiling or wall lamp, entirely made of polycarbonate. Suitable for indoor and outdoor installations. It is characterized by high mechanical resistance to shocks and high degree of impact of electrical safety.

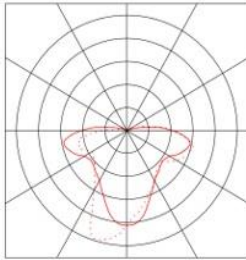
#### Luminaire data

Luminaire efficiency : 75.19%  
Luminaire efficacy : 8.08 lm/W  
Classification : B21 ↓86.7% ↑13.3%  
CIE Flux Codes : 29 50 75 87 75  
Glare : n/a / D6  
Control gear : none  
Power : 40 W  
Luminous flux : 323.3 lm

#### Equipped with

Quantity : 1  
Designation : IAA-  
Power : 40 W  
Colour : ww/2700K  
Luminous flux : 430 lm  
Colour reproduction : 1A

Dimensions : Ø180 mm x 106 mm



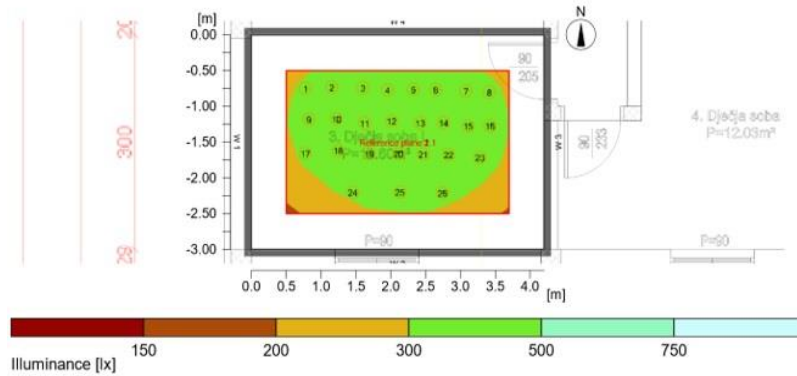
Object : 2  
 Installation : 3  
 Project number : 1  
 Date : 12.09.2019



## 2 Room 1

### 2.2 Summary, Room 1

#### 2.2.1 Result overview, Evaluation area 1



#### General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of luminaire plane	2.10 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	11180.00 lm
Total power	1040.0 W
Total power per area (12.60 m <sup>2</sup> )	82.54 W/m <sup>2</sup> (23.14 W/m <sup>2</sup> /100lx)

#### Evaluation area 1

#### Reference plane 1.1

Horizontal	
Em	357 lx
Emin	224 lx
Emin/Eav (Uo)	0.63
Emin/Emax (Ud)	0.48
UGR (3.5H 4.9H)	<=20.9
Position	0.75 m

#### Major surfaces

	Em	Uo
M 1.5 (Ceiling)	103 lx	0.92
M 1.1 (Wall)	261 lx	0.56
M 1.2 (Wall)	233 lx	0.59
M 1.3 (Wall)	265 lx	0.56
M 1.4 (Wall)	316 lx	0.47

Object : 2  
Installation : 3  
Project number : 1  
Date : 12.09.2019

**RELUX®**

## 1 Luminaire data

### 1.1 Sécurité, SOFFITE (30000000)

#### 1.1.1 Data sheet

Manufacturer: Sécurité

30000000 Interior Luminaire Corner mounting only SOFFITE  
Soffite 1x14W T5 G5 BHF

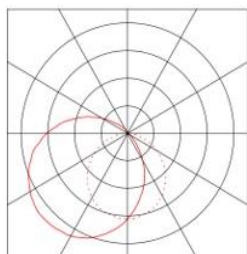
#### Luminaire data

Luminaire efficiency : 55.2%  
Luminaire efficacy : 38.96 lm/W  
Classification : B31 ↓84.3% ↑15.7%  
CIE Flux Codes : 36 64 85 84 55  
UGR 4H 8H : <10.0 / 20.4  
Control gear : electronic ballast  
Power : 17 W  
Luminous flux : 662.4 lm

#### Equipped with

Quantity : 1  
Designation : T16  
Power : 14 W  
Colour : 827/2700K  
Luminous flux : 1200 lm  
Socket : G5  
Colour reproduction : 1B

Dimensions : 598 mm x 92 mm x 92 mm



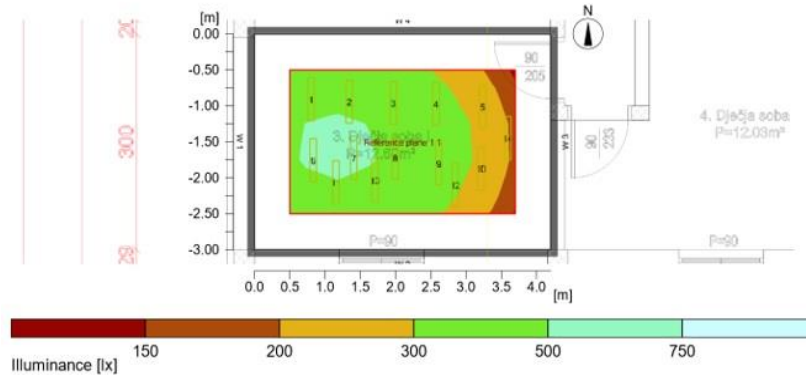
Object : 2  
 Installation : 3  
 Project number : 1  
 Date : 12.09.2019



## 2 Room 1

### 2.2 Summary, Room 1

#### 2.2.1 Result overview, Evaluation area 1



#### General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of luminaire plane	2.60 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	16800.00 lm
Total power	238.0 W
Total power per area (12.60 m <sup>2</sup> )	18.89 W/m <sup>2</sup> (5.08 W/m <sup>2</sup> /100lx)

#### Evaluation area 1

Em	372 lx
Emin	182 lx
Emin/Eav (Uo)	0.49
Emin/Emax (Ud)	0.36
UGR (2.2H 3.1H)	<=16.4
Position	0.75 m

#### Reference plane 1.1

Horizontal
------------

#### Major surfaces

	Em	Uo
M 1.5 (Ceiling)	267 lx	0.22
M 1.1 (Wall)	401 lx	0.60
M 1.2 (Wall)	234 lx	0.40
M 1.3 (Wall)	106 lx	0.84
M 1.4 (Wall)	219 lx	0.43



Object : 2  
Installation : 3  
Project number : 1  
Date : 12.09.2019

**RELUX®**

## 1 Luminaire data

### 1.1 OSRAM, PUNCTOLED® COB (ODP10C9702327)

#### 1.1.1 Data sheet

Manufacturer: OSRAM

**OSRAM**

#### ODP10C9702327 downlight-ceiling recessed PUNCTOLED® COB

PUNCTOLED® COB, downlight, of PMMA, light emission: direct distribution, LED light colour: 827, control gear: ECG dimmable, with cable, 3x 0.75mm<sup>2</sup>, mains connection: 220..240V, AC, 50/60Hz, housing, round, of aluminium, traffic white (RAL 9016), diameter: 83 mm, protection rating (complete): IP20, insulation class (complete): insulation class II (safety insulation), certification: CE, permissible ambient temperature for indoor applications: 0..+25°C, permissible storage temperature: -20..+80°C

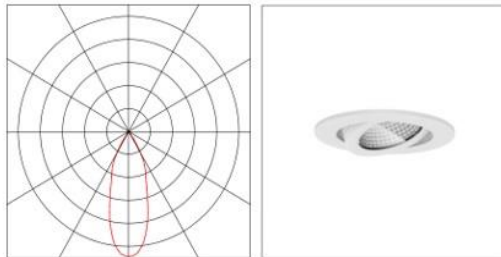
#### Luminaire data

Luminaire efficiency : 100%  
Luminaire efficacy : 80 lm/W  
Classification : A80 ↓100.0% ↑0.0%  
CIE Flux Codes : 98 99 100 100 100  
UGR 4H 8H : 15.6 / 15.6  
Control gear : ECG  
Power : 4,5 W  
Luminous flux : 360 lm

#### Equipped with

Quantity : 1  
Designation : LED 2700K / CRI >= 80  
Power : 4 W  
Colour : 2700K  
Luminous flux : 360 lm  
Colour reproduction : 80

Dimensions : Ø83 mm x 0.0 mm



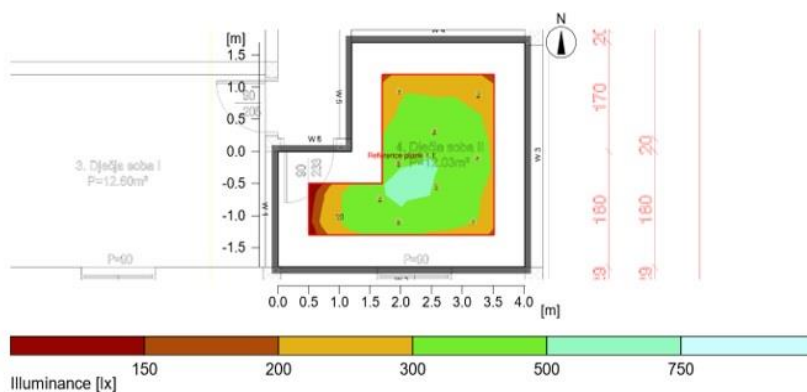
Object : 2  
 Installation : 3  
 Project number : 1  
 Date : 12.09.2019



## 2 Room 1

### 2.2 Summary, Room 1

#### 2.2.1 Result overview, Evaluation area 1



#### General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of luminaire plane	2.60 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	3600.00 lm
Total power	45.0 W
Total power per area (12.03 m <sup>2</sup> )	3.74 W/m <sup>2</sup> (1.06 W/m <sup>2</sup> /100lx)

#### Evaluation area 1

Em  
 Emin  
 Emin/Eav (Uo)  
 Emin/Emax (Ud)  
 UGR (2.9H 2.5H)  
 Position

#### Reference plane 1.1

Horizontal  
 354 lx  
 176 lx  
 0.50  
 0.35  
 <= 15.8  
 0.75 m

#### Major surfaces

	Em	Uo
M 1.6 (Ceiling)	25 lx	0.77
M 1.1 (Wall)	28 lx	0.68
M 1.2 (Wall)	44 lx	0.41
M 1.3 (Wall)	42 lx	0.51
M 1.4 (Wall)	39 lx	0.56

Object : 2  
Installation : 3  
Project number : 1  
Date : 12.09.2019

**RELUX®**

## 1 Luminaire data

### 1.1 GEWISS, TONDA ES (GW80651)

#### 1.1.1 Data sheet

Manufacturer: GEWISS

**GEWISS**

#### GW80651 ceiling/wall luminaires TONDA ES

Protected and compact waterproof ceiling or wall lamp, entirely made of polycarbonate. Suitable for indoor and outdoor installations. It is characterized by high mechanical resistance to shocks and high degree of impact of electrical safety.

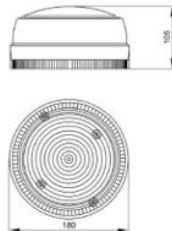
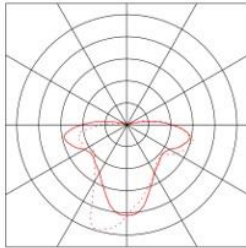
#### Luminaire data

Luminaire efficiency : 75.19%  
Luminaire efficacy : 8.08 lm/W  
Classification : B21 ↓86.7% ↑13.3%  
CIE Flux Codes : 29 50 75 87 75  
Glare : n/a / D6  
Control gear : none  
Power : 40 W  
Luminous flux : 323.3 lm

#### Equipped with

Quantity : 1  
Designation : IAA-  
Power : 40 W  
Colour : ww/2700K  
Luminous flux : 430 lm  
Colour reproduction : 1A

Dimensions : Ø180 mm x 106 mm



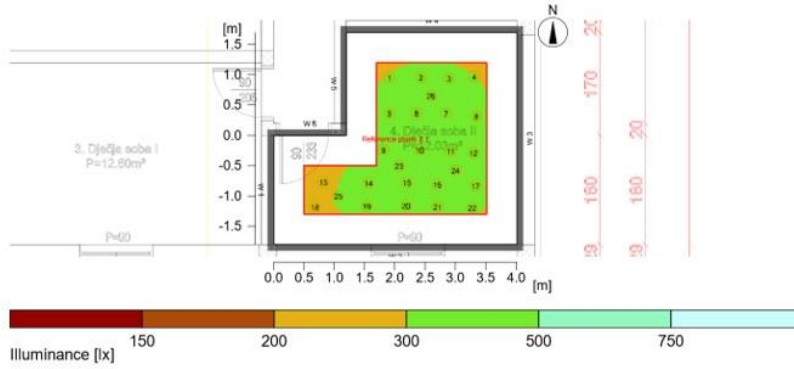
Object : 2  
 Installation : 3  
 Project number : 1  
 Date : 12.09.2019



## 2 Room 1

### 2.2 Summary, Room 1

#### 2.2.1 Result overview, Evaluation area 1



#### General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of luminaire plane	2.10 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	11180.00 lm
Total power	1040.0 W
Total power per area (12.03 m <sup>2</sup> )	86.45 W/m <sup>2</sup> (24.48 W/m <sup>2</sup> /100lx)

#### Evaluation area 1

#### Reference plane 1.1

Em	353 lx
Emin	242 lx
Emin/Eav (Uo)	0.68
Emin/Emax (Ud)	0.58
UGR (4.1H 4.7H)	<=20.7
Position	0.75 m

#### Major surfaces

	Em	Uo
M 1.6 (Ceiling)	104 lx	0.91
M 1.1 (Wall)	234 lx	0.59
M 1.2 (Wall)	270 lx	0.52
M 1.3 (Wall)	298 lx	0.55
M 1.4 (Wall)	293 lx	0.58

Object : 2  
Installation : 3  
Project number : 1  
Date : 12.09.2019

**RELUX®**

## 1 Luminaire data

### 1.1 Sécurilite, SOFFITE (30000000)

#### 1.1.1 Data sheet

Manufacturer: Sécurilite

**30000000 Interior Luminaire Corner mounting only SOFFITE**  
Soffite 1x14W T5 G5 BHF

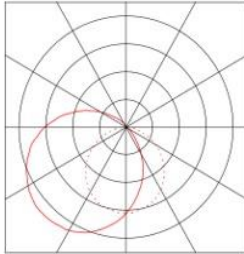
#### Luminaire data

Luminaire efficiency : 55.2%  
Luminaire efficacy : 38.96 lm/W  
Classification : B31 ↓84.3% ↑15.7%  
CIE Flux Codes : 36 64 85 84 55  
UGR 4H 8H : <10.0 / 20.4  
Control gear : electronic ballast  
Power : 17 W  
Luminous flux : 662.4 lm

#### Equipped with

Quantity : 1  
Designation : T16  
Power : 14 W  
Colour : 827/2700K  
Luminous flux : 1200 lm  
Socket : G5  
Colour reproduction : 1B

Dimensions : 598 mm x 92 mm x 92 mm



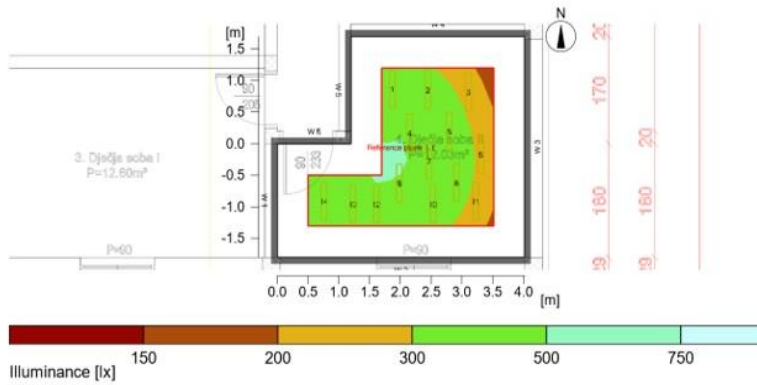
Object : 2  
 Installation : 3  
 Project number : 1  
 Date : 12.09.2019



## 2 Room 1

### 2.2 Summary, Room 1

#### 2.2.1 Result overview, Evaluation area 1



#### General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of luminaire plane	2.60 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	16800.00 lm
Total power	238,0 W
Total power per area (12.03 m <sup>2</sup> )	19.78 W/m <sup>2</sup> (5.40 W/m <sup>2</sup> /100lx)

#### Evaluation area 1

Em  
 Emin  
 Emin/Eav (Uo)  
 Emin/Emax (Ud)  
 UGR (3.0H 2.6H)  
 Position

#### Reference plane 1.1

Horizontal  
 366 lx  
 195 lx  
 0.53  
 0.40  
 <=17.3  
 0.75 m

#### Major surfaces

	Em	Uo
M 1.6 (Ceiling)	257 lx	0.25
M 1.1 (Wall)	354 lx	0.62
M 1.2 (Wall)	250 lx	0.50
M 1.3 (Wall)	119 lx	0.81
M 1.4 (Wall)	197 lx	0.54

Object : 2  
Installation : 3  
Project number : 1  
Date : 12.09.2019

**RELUX®**

## 1 Luminaire data

### 1.1 OSRAM, PUNCTOLED® COB (ODP10C9702327)

#### 1.1.1 Data sheet

Manufacturer: OSRAM

**OSRAM**

#### ODP10C9702327 downlight-ceiling recessed PUNCTOLED® COB

PUNCTOLED® COB, downlight, of PMMA, light emission: direct distribution, LED light colour: 827, control gear: ECG dimmable, with cable, 3x 0.75mm<sup>2</sup>, mains connection: 220..240V, AC, 50/60Hz, housing, round, of aluminium, traffic white (RAL 9016), diameter: 83 mm, protection rating (complete): IP20, insulation class (complete): insulation class II (safety insulation), certification: CE, permissible ambient temperature for indoor applications: 0..+25°C, permissible storage temperature: -20..+80°C

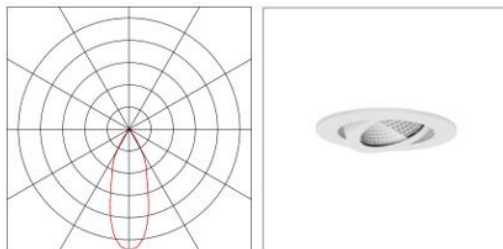
#### Luminaire data

Luminaire efficiency : 100%  
Luminaire efficacy : 80 lm/W  
Classification : A80 ↓100.0% ↑0.0%  
CIE Flux Codes : 98 99 100 100 100  
UGR 4H 8H : 15.6 / 15.6  
Control gear : ECG  
Power : 4.5 W  
Luminous flux : 360 lm

#### Equipped with

Quantity : 1  
Designation : LED 2700K /  
CRI >= 80  
Power : 4 W  
Colour : 2700K  
Luminous flux : 360 lm  
Colour reproduction : 80

Dimensions : Ø83 mm x 0.0 mm



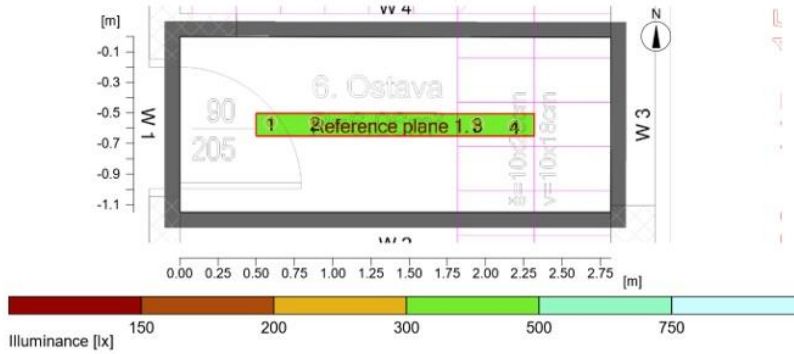
Object : 2  
 Installation : 3  
 Project number : 1  
 Date : 12.09.2019



## 2 Room 1

### 2.2 Summary, Room 1

#### 2.2.1 Result overview, Evaluation area 1



#### General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of luminaire plane	2.60 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	1440.00 lm
Total power	18.0 W
Total power per area (3.24 m <sup>2</sup> )	5.56 W/m <sup>2</sup> (1.54 W/m <sup>2</sup> /100lx)

#### Evaluation area 1

#### Reference plane 1.1

Em	362 lx
Emin	309 lx
Emin/Eav (Uo)	0.86
Emin/Emax (Ud)	0.77
UGR (2.0H 2.0H)	<= 15.9
Position	0.75 m

#### Major surfaces

	Em	Uo
M 1.3 (Ceiling)	23 lx	0.92
M 1.1 (Wall)	74 lx	0.35
M 1.2 (Wall)	75 lx	0.35



Object : 2  
Installation : 3  
Project number : 1  
Date : 12.09.2019

**RELUX®**

## 1 Luminaire data

### 1.1 GEWISS, TONDA ES (GW80651)

#### 1.1.1 Data sheet

Manufacturer: GEWISS

**GEWISS**

#### GW80651 ceiling/wall luminaires TONDA ES

Protected and compact waterproof ceiling or wall lamp, entirely made of polycarbonate. Suitable for indoor and outdoor installations. It is characterized by high mechanical resistance to shocks and high degree of impact of electrical safety.

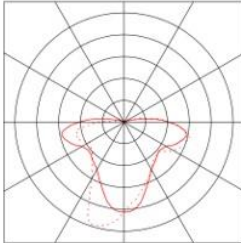
#### Luminaire data

Luminaire efficiency : 75.19%  
Luminaire efficacy : 8.08 lm/W  
Classification : B21 ↓86.7% ↑13.3%  
CIE Flux Codes : 29 50 75 87 75  
Glare : n/a / D6  
Control gear : none  
Power : 40 W  
Luminous flux : 323.3 lm

#### Equipped with

Quantity : 1  
Designation : IAA-  
Power : 40 W  
Colour : ww/2700K  
Luminous flux : 430 lm  
Colour reproduction : 1A

Dimensions : Ø180 mm x 106 mm



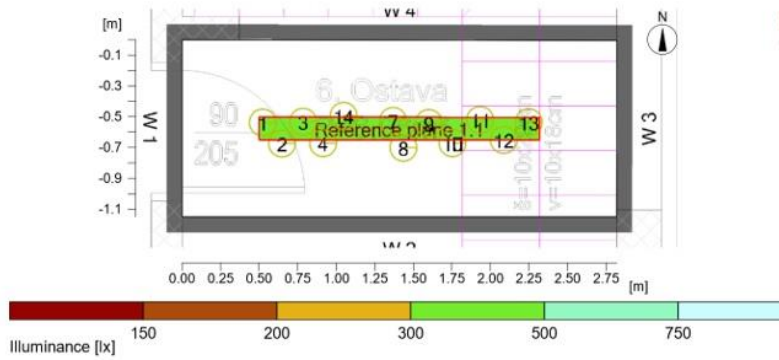
Object : 2  
 Installation : 3  
 Project number : 1  
 Date : 12.09.2019



## 2 Room 1

### 2.2 Summary, Room 1

#### 2.2.1 Result overview, Evaluation area 1



<b>General</b>		
Calculation algorithm used		Average indirect fraction
Height of luminaire plane		2.10 m
Maintenance factor		0.80
Total luminous flux of all lamps		5160.00 lm
Total power		480.0 W
Total power per area (3.24 m <sup>2</sup> )		148.32 W/m <sup>2</sup> (41.40 W/m <sup>2</sup> /100lx)
<b>Evaluation area 1</b>	<b>Reference plane 1.1</b>	
Em	Horizontal	
	358 lx	
Emin	282 lx	
Emin/Eav (U <sub>0</sub> )	0.79	
Emin/Emax (U <sub>d</sub> )	0.72	
UGR (1.4H 3.3H)	<=17.1	
Position	0.75 m	
<b>Major surfaces</b>	Em	U <sub>0</sub>
M 1.3 (Ceiling)	139 lx	0.91
M 1.1 (Wall)	348 lx	0.39
M 1.2 (Wall)	364 lx	0.34

Object : 2  
Installation : 3  
Project number : 1  
Date : 12.09.2019

**RELUX®**

## 1 Luminaire data

### 1.1 Sécuriite, SOFFITE (30000000)

#### 1.1.1 Data sheet

**Manufacturer: Sécuriite**

**30000000 Interior Luminaire Corner mounting only SOFFITE**  
Soffite 1x14W T5 G5 BHF

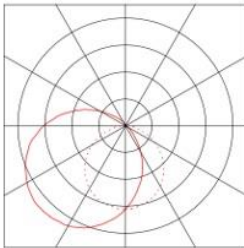
#### Luminaire data

Luminaire efficiency : 55.2%  
Luminaire efficacy : 38.96 lm/W  
Classification : B31 ↓84.3% ↑15.7%  
CIE Flux Codes : 36 64 85 84 55  
UGR 4H 8H : <10.0 / 20.4  
Control gear : electronic ballast  
Power : 17 W  
Luminous flux : 662.4 lm

#### Equipped with

Quantity : 1  
Designation : T16  
Power : 14 W  
Colour : 827/2700K  
Luminous flux : 1200 lm  
Socket : G5  
Colour reproduction : 1B

Dimensions : 598 mm x 92 mm x 92 mm



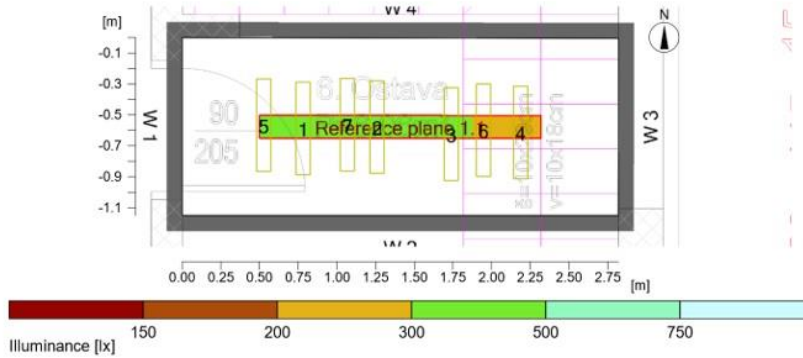
Object : 2  
 Installation : 3  
 Project number : 1  
 Date : 12.09.2019



## 2 Room 1

### 2.2 Summary, Room 1

#### 2.2.1 Result overview, Evaluation area 1



#### General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of luminaire plane	2.60 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	8400.00 lm
Total power	119.0 W
Total power per area (3.24 m <sup>2</sup> )	36.77 W/m <sup>2</sup> (10.72 W/m <sup>2</sup> /100lx)

#### Evaluation area 1

Em	343 lx
Emin	203 lx
Emin/Eav (Uo)	0.59
Emin/Emax (Ud)	0.49
UGR (0.8H 2.1H)	<=14.8
Position	0.75 m

#### Reference plane 1.1

Horizontal
------------

#### Major surfaces

M 1.3 (Ceiling)	Em	408 lx	Uo	0.23
M 1.1 (Wall)	264 lx	0.35		
M 1.2 (Wall)	262 lx	0.36		