PROJEKTIRANJE RASVJETE U INDUSTRIJSKOM POSTROJENJU

Likević, Zvonimir

Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Split / Sveučilište u Splitu**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:228:363190

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

Repository of University Department of Professional Studies

zir.nsk.hr

UNIVERSITY OF SPLIT

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U SPLITU

SVEUČILIŠNI ODJEL ZA STRUČNE STUDIJE

Specijalistički diplomski studij Elektrotehnike

ZVONIMIR LIKEVIĆ

ZAVRŠNI RAD

PROJEKTIRANJE RASVJETE U INDUSTRIJSKOM POSTROJENJU

Split, rujan 2021.

SVEUČILIŠTE U SPLITU

SVEUČILIŠNI ODJEL ZA STRUČNE STUDIJE

Specijalistički diplomski studij Elektrotehnike

Predmet: Električna rasvjeta

ZAVRŠNI RAD

Kandidat: Zvonimir Likević

Naziv rada: Projektiranje rasvjete u industrijskom postrojenju

Mentor: Višnja Troskot, dipl.ing.

Split, rujan 2021.

SADRŽAJ

SAŽETAK 1
1. UVOD 2
2. PROJEKTIRANJE INDUSTRIJSKE RASVJETE 3
2.1. Svjetlotehničke veličine i pojmovi 3
2.2. Svjetlotehnički zahtjevi ovisno o vrsti industrije 8
2.3. Vrste industrijske rasvjete u industriji 10
2.4. Održavanje rasvjete 13
3. PROJEKT OPĆE RASVJETE INDUSTRIJSKOG POSTROJENJA 15
3.1. Postupak projektiranja rasvjete 16
3.2. Projektiranje rasvjete u programskom alatu „Relux“ 17
3.3. Odabir rasvjetnih tijela 19
3.4. Izrada svjetlotehničkog proračuna pomoću programskog alata „Relux“ 21
3.5. Rezultati proračuna 26
4. PROTUPANIČNA RASVJETA 31
4.1. Izvedba panik rasvjete u Reluxu 32
4.2. Rezultati proračuna 34
5. ZAKLJUČAK 37
LITERATURA 38
POPIS SLIKA 39
POPIS TABLICA 40
PRILOZI 41

SAŽETAK

PROJEKTIRANJE RASVJETE U INDUSTRIJSKOM POSTROJENJU

U radu će biti objašnjene osnovne svjetlotehničke veličine i pojmovi vezani za rasvjetu, osnovne definicije i pojmovi vezani za rasvjetu te pristup projektiranju rasvjete u industriji. Okosnica završnog rada predstavlja projekt rasvjete u industrijskom postrojenju koji je izrađen u programskom alatu namijenjenom za projektiranje rasvjete „Relux“, a izrađen je na temelju tlocrta postrojenja koji je izrađen pomoću programskog alata „AutoCAD“. Ovaj završni rad će objasniti projektiranje opće i protupanične industrijske rasvjete te minimalne uvjete koje ona mora zadovoljiti. Rad će objasniti i prednosti LED industrijske rasvjete.

Ključne riječi: industrijska rasvjeta, Relux, LED, opća rasvjeta, protupanična rasvjeta

SUMMARY

LIGHTING DESIGN IN AN INDUSTRIAL PLANT

The thesis will describe the basic lighting-technical conditions and terms related to lighting, basic definitions and concepts related to the approach in designing of lighting in an industrial plant. As a core part of this thesis, a project of the lighting in an industrial plant using “Relux“, a software for lighting design, based on the floor plan of the plant which was created in “AutoCAD” has been created. This final thesis will explain the design of general and emergency lighting and the minimum conditions that must be met. The thesis will also explain the advantages of LED lighting in industry.

Key words: lighting in industry, Relux, LED, general lighting, emergency lighting

1. UVOD

Projektiranje rasvjete je sastavni dio većine projekata na području elektrotehnike i električnih instalacija. Ovisno o zahtjevima investitora, definira se što sve treba sadržavati elektrotehnički projekt, jedna od ključnih stavki je i električna rasvjeta. Projekt električne rasvjete je nužan u industriji i mora zadovoljiti određene uvjete propisane tehničkom normom za rasvjetu pod oznakom „HRN 12464-1“, koja nosi naziv „Svjetlo i rasvjeta – Rasvjeta radnih mjesta“. Njome su definirane minimalne vrijednosti koje proračun rasvjete mora zadovoljiti te način na koji rasvjeta smije biti postavljena u građevinskom objektu. U slučaju ovog rada koji se bavi industrijskom rasvjetom, ona također mora biti usklađena s prethodno spomenutom normom.

Projektni zadatak ovog rada je opisati način na koji se vrši projektiranje industrijske rasvjete, definirati po čemu se ona ističe od ostale rasvjete, uzeti u obzir vrste rasvjetnih tijela u industriji, opisati njihovo održavanje. Također je cilj opisati odabir vrste rasvjete ovisno o vrsti industrije i namjeni samog industrijskog postrojenja.

Zadatak je također napraviti projekt industrijske rasvjete pomoću programskog alata „Relux“ u postojećem industrijskom postrojenju, koje se nalazi u sklopu tvornice vijaka DIV Grupe u Kninu, koje za namjenu ima obradu metala. Kako bi se to izvelo, izrađen je tlocrt postrojenja u programskom alatu „AutoCAD“ i na temelju dobivenih podloga izrađen je projekt rasvjete.

Osim projekta rasvjete, opisat će se načini održavanja, usporediti postojeća rasvjeta s ekološki prihvatljivijom LED rasvjetom i obrazložiti uvjeti koje rasvjetna instalacija mora zadovoljiti.

2. PROJEKTIRANJE INDUSTRIJSKE RASVJETE

Projektiranje rasvjete u industrijskom postrojenju je iznimno važno. Za razliku od rasvjete u kućanstvima, koja je uglavnom stvar odabira i ukusa investitora, u industriji rasvjeta mora zadovoljiti minimalne kriterije koji su definirani normom „HRN 12464-1“. Kvalitetna rasvjeta u industriji značajno utječe na troškove proizvodnje i na kvalitetu radnih uvjeta u samom postrojenju, što je bitno radi zdravlja radnika i kvalitete proizvoda.

2.1. Svjetlotehničke veličine i pojmovi

Svjetlost je prema definiciji elektromagnetsko zračenje vidljivo ljudskom oku te ona omogućuje ljudskom oku da vidi predmete. Valna duljina svjetlosti se prostire u rasponu od 380 [nm] za ljubičastu boju do 740 [nm] za crvenu boju, kao što je prikazano na slici 1.

Boje vidljive ljudskom oku

Boja	raspon valnih duljina	frekvencijski raspon
crvena	~ 625 – 740 nm	~ 480 – 405 THz
narančasta	~ 590 – 625 nm	~ 510 – 480 THz
žuta	~ 565 – 590 nm	~ 530 – 510 THz
zelena	~ 500 – 565 nm	~ 600 – 530 THz
cijan	~ 485 – 500 nm	~ 620 – 600 THz
plava	~ 440 – 485 nm	~ 680 – 620 THz
ljubičasta	~ 380 – 440 nm	~ 790 – 680 THz

Slika 1. Boje vidljive ljudskom oku [1]

Osnovne svjetlotehničke veličine su:

- svjetlosni tok,
- jakost svjetlosti,
- iluminacija,
- luminacija.

Svjetlosni tok Φ se definira kao svjetlosna energija emitirana iz izvora u periodu od 1 sekunde. Mjerna oznaka za svjetlosni tok je lumen [lm]. Izraz koji definira svjetlosni tok je:

$$\Phi = I * \omega\ [lm], \tag{2.1.}$$

pri čemu je:

- I – jakost svjetlosti [cd],
- ω – prostorni kut [sr]. [1]

Jakost svjetlosti I definira se kao snaga elektromagnetskog zračenja točkastog izvora. Jakost svjetlosti od jedne kandele jednaka je 1/60 jakosti svjetlosti što je isijava jedan kvadratni centimetar apsolutnog crnog tijela zagrijanog na temperaturu od 2046 [K]. Izraz koji definira jakost svjetlosti je:

$$I = \frac{\Phi}{12{,}56}\ [cd], \tag{2.2.}$$

pri čemu je:

- Φ – svjetlosni tok [lm],
- 12,56 – prostorni kut jedinične kugle (kut koji pokriva čitav prostor). [1]

Iluminacija E se definira kao upad svjetlosti na neku površinu S. Iluminacija se definira izrazom:

$$E = \frac{\Phi}{S}\ [lx], \tag{2.3.}$$

pri čemu je:

- Φ – svjetlosni tok [lm],
- S – osvijetljena površina [m^2]. [1]

Luminacija se definira kao svjetlosni tok koji emitira neka površina i koju je moguće zapaziti ljudskim okom. Luminacija je definirana izrazom:

$$L = \frac{I}{S * cos\alpha}\ \left[\frac{cd}{m^2}\right], \tag{2.4.}$$

pri čemu je:

- I – jakost svjetlosti [cd],
- S – osvijetljena površina [m^2],

- $cos\alpha$ – kut pod kojim svjetlost upada na površinu S. [1]

Kako bi se izvršio proračun rasvjete u nekom objektu, nužno je uzeti u obzir sljedeće parametre:

- srednju osvijetljenost prostora E_{av},
- ujednačenost osvjetljenja U_0,
- visinu ovješenja,
- korisnu visinu.

Srednja osvijetljenost prostora se definira kao suma svih mjerenja jakosti svjetlosti u nekom prostoru, kao što je prikazano formulom 2.5.

$$E_{av} = E_1 + E_2 + \ldots + E_n \; [lx] \tag{2.5.}$$

Srednja osvijetljenost se računa tako da se izmjere dimenzije prostora te se zatim izračuna koeficijent mjerenja prema formuli:

$$K_R = \frac{a * b}{h} * (a + b), \tag{2.6.}$$

pri čemu je:

- a – širina prostora [m],
- b – duljina prostora [m],
- h – razlika između visine ovješenja rasvjetnog tijela i korisne visine [m].

Za mjerenje prosječne osvijetljenosti mora se odrediti broj mjernih površina. Broj točaka osvijetljenosti se odabire u odnosu na dimenzije prostorije te visinu rasvjetnog tijela i korisne visine.

Nakon što se odredi koeficijent, može se odrediti broj potrebnih mjerenja n za odabranu prostoriju kako bi se mogla izračunati srednja osvijetljenost prostora, što se iščitava iz tablice 1.

Tablica 1. Minimalan broj mjerenja

K_R	n
$K_R \leq 1$	4
$1 < K_R \leq 2$	9
$2 < K_R \leq 3$	16
$K_R > 3$	25

U ovisnosti o širini i duljini prostorije, računa se širina (b_1) i duljina (a_1) mjernog područja, prema formulama 2.7. i 2.8.:

$$a_1 = \frac{a}{\sqrt{n}}\ [m], \tag{2.7.}$$

$$b_1 = \frac{b}{\sqrt{n}}\ [m], \tag{2.8.}$$

pri čemu su:

- a_1 – duljina mjerne plohe [m],
- a – duljina mjerene prostorije [m],
- b_1 – širina mjerne plohe [m],
- b – širina mjerene prostorije,
- n – minimalan broj mjerenja.

Kako bi se mjerenje moglo izvršiti, mora biti zadovoljen uvjet:

$$\frac{a_1}{b_1} \leq 2. \tag{2.9.}$$

Ako je uvjet zadovoljen, može se izvršiti mjerenje. Mjerenje se vrši pomoću uređaja po nazivu svjetlomjer ili luksmetar. Luksmetar je prikazan na slici 2.



Slika 2. Luksmetar [10]

Ova metoda ima veliku primjenu prilikom projektiranja industrijske rasvjete radi svoje praktičnosti, posebno ako se planira postojeća rasvjeta zamijeniti novom. U tom slučaju se izvrši mjerenje industrijskog postrojenja, uzimajući u obzir radne strojeve i ostalu opremu koja se u prostoriji nalazi. Po završetku mjerenja, pomoću programskog alata „Relux“ se vrši izračun nove unutarnje rasvjete te se dobiveni rezultati uspoređuju s prethodno izračunatim vrijednostima i donosi se odluka o vrsti rasvjetnih tijela koja će se ugraditi.

Ujednačenost osvjetljenja u prostoriji definira se omjerom minimalne osvijetljenosti u prostoru E_{min} i srednje osvijetljenosti $E_{\text{av.}}$ Izraz kojim se definira je:

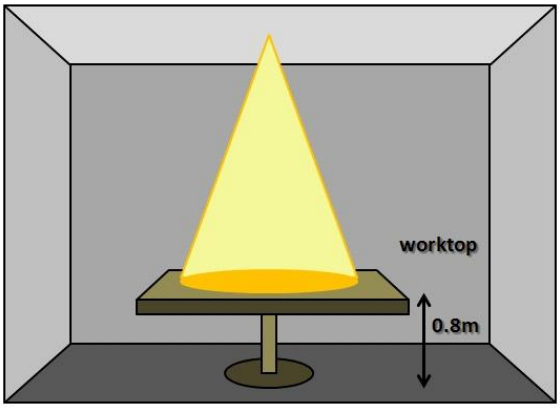
$$U_0 = \frac{E_{min}}{E_{av}}. \tag{2.10.}$$

Obično taj omjer mora biti reda veličine 0,8, ali on zavisi o samoj namjeni prostorije i o vrsti industrije za koju je prostorija namijenjena.

Visina ovješenja je udaljenost visine na koju se postavlja rasvjetno tijelo od poda. Dok je ona u prostorima stambene namjene i općenito nižim prostorijama jednaka visini prostorije, odnosno rasvjetna tijela budu postavljena na strop prostorije, u industrijskim postrojenjima rasvjetna tijela budu viseća te se postavljaju na određenu visinu u odnosu na mjernu plohu.

Visina referente površine je visina na kojoj se mjeri osvijetljenost prostorije. Ona obično iznosi 0,8 [m] u prostorijama u kojima se odvija neka djelatnost, odnosno 0 [m] na evakuacijskim putevima i dijelovima prostorije namijenjenima za kretanje osoblja. Korisna visina je

definirana sukladno vrsti industrije za koju je prostor namijenjen i definirana je prema normi „HRN 12464-1“.



Slika 3. Korisna visina [6]

2.2. Svjetlotehnički zahtjevi ovisno o vrsti industrije

Prilikom projektiranja industrijske rasvjete, jedan od ključnih čimbenika je vrsta industrije. Ovisno o namjeni prostora i o tome koje djelatnosti su planirane u objektu, radi se proračun rasvjete i odabir rasvjetnih tijela.
Ključni faktori su veličine U_0 i E_{av}, odnosno faktor ujednačenosti osvjetljenja i srednja rasvijetljenost prostora. Ovisno o namjeni prostora, određuju se dimenzije mjernih površina za rasvjetu i odabir panik rasvjete.

Ako je riječ o preciznim radovima ili radu s ljudima, kriteriji za rasvjetu postaju stroži i zahtjevniji, dok za prostore namijenjene manje preciznim radovima, kriteriji postaju blaži. Najzahtjevniji kriteriji su u slučaju medicinske skrbi, preciznih radova, radova s elektronikom, uredskim poslovima pri kojima djelatnici provode mnogo vremena u radu na računalu itd.

Programski alat „Relux“ olakšava projektiranje rasvjete u tolikoj mjeri da je prilikom dimenzioniranja prostora moguće odrediti njegova namjena i samim time može automatski prilagoditi rasvjetu traženim kriterijima, a moguće je to napraviti i ručno, dok programski alat pokazuje u rezultatima jesu li kriteriji zadovoljeni ili nisu.

Određene vrste industrije i traženi uvjeti sukladno industriji su navedeni u tablici 2.

Tablica 2. Vrste industrije i zahtjevi za rasvjetu [2]

Industrija	Djelatnost	E_{av}	U_0
Elektrotehnika i elektronika	Radionica za elektroniku	1500	0,70
	Sastavljanje preciznih sklopova i mjerenje	1000	0,70
	Izrada namotaja za male el. motore	750	0,70
	Radionica za sklapanje komunikacijskih i IT uređaja	750	0,70
	Radionica za proizvodnju prekidača	500	0,60
	Izrada namotaja za srednje el. motore	500	0,60
	Izrada transformatora	300	0,60
	Izrada namotaja za velikih el. motore	300	0,60
	Izrada kabela i vodiča	300	0,60
Metalurška industrija	Precizno sastavljanje	750	0,70
	Izrada alata	750	0,70
	Izrada preciznih mehaničkih alata	1000	0,70
	Precizni radovi: tolerancija < 0,1 [mm]	500	0,70
	Obrada limova debljine do 5 [mm]	300	0,60
	Gruba obrada metala: tolerancija veća od 0,1[mm]	300	0,60
	Grubo sastavljanje	200	0,60
	Zavarivanje	300	0,60
	Radovi na cjevovodima	300	0,60
	Bojanje i lakiranje	750	0,70
	Sastavljanje limova debljine 5 [mm] ili više	200	0,60
Tekstilna industrija	Bojanje, inspekcija boje i fabrička kontrola	1000	0,70
	Šivanje i tkanje	750	0,70
	Bojanje i završna obrada	500	0,60
	Sušenje robe	100	0,40
Drvna industrija	Obrada drva	500	0,60
	Kontrola kvalitete	1000	0,70
	Automatski procesi	50	0,40

Iz tablice 2. jasno je vidljivo kako radovi koji zahtijevaju veliku preciznost ili koji zahtijevaju rad s detaljima (npr. bojanje i lakiranje) imaju veće zahtjeve za srednju osvijetljenost prostora i veći koeficijent ujednačenosti osvjetljenja, odnosno odnos minimalne osvijetljenosti i srednje osvijetljenosti mora biti veći.
S druge strane, radovi koji zahtijevaju manju preciznost i manje detalja, imaju znatno niže kriterije za rasvjetu. Najniže zahtjeve za rasvjetu imaju upravo automatizirani procesi i postrojenja jer se procesi odvijaju sami od sebe i potrebno je minimalno prisustvo čovjeka, samim time i slabija rasvjeta. Odnosno automatiziranjem industrijskih procesa se stvaraju uštede na rasvjetnim tijelima.

Kao dio ovog diplomskog rada, obrađen je primjer industrijskog postrojena namijenjenog za obradu metala, točnije za sačmarenje limova te će dalje u tekstu naglasak biti stavljen na metalursku industriju, odnosno obradu metala. Iz tablice 2 se može iščitati da je za takvo postrojenje dovoljno postići srednju rasvijetljenost prostora od 200 [lx] i koeficijent ujednačenosti osvjetljenja u iznosu od 0,60. Sve manje od toga je neprihvatljivo i ne može biti prihvaćeno od strane nadzornog inženjera na gradilištu.
Po završetku svih radova, provodi se mjerenje jakosti rasvjete prema metodi koja je opisana u poglavlju 2.3.1. kako bi se ustanovilo da stvarno stanje odgovara onome u projektnoj dokumentaciji.

2.3. Vrste industrijske rasvjete u industriji

Unutarnja rasvjeta je izvedena pomoću umjetnih izvora svjetlosti. Umjetni izvori svjetlosti se smatraju oni izvori kojima je potreban ljudski faktor kako bi neki materijal postao izvor svjetlosti. Najčešći umjetni izvori svjetlosti su sljedeći:

- LED rasvjetna tijela,
- halogene žarulje,
- žarulje s volframovom niti,
- žarulje s miješanim svjetlom. [1]

Najčešći izvori svjetlosti u industriji godinama su bile halogene žarulje. Halogene žarulje, na slici 4, baš kao i žarulje s volframovom niti, koriste žarnu nit kako bi nastalo svjetlo. Za razliku od žarulja s volframovom niti, halogenim žaruljama je dodan halogenid plinskom punjenju što sprječava crnjenje balona žarulje i što u konačnici rezultira stalnim svjetlosnim tokom kroz životni vijek trajanja žarulje. [1]



Slika 4. Halogena žarulja [9]

Prednosti halogene žarulje u odnosu na žarulju s volframovom niti su:

- viša svjetlosna iskoristivost (do 25 lm/W),
- dulji vijek trajanja (4.000 do 6000 sati),
- optimalna kontrola svjetla, male dimenzije,
- konstantniji svjetlosni tok kroz vijek trajanja.

Halogene žarulje se odlikuju višom temperaturom boje – sjajno, bijelo svjetlo temperature boje 3000 [K]. Ovisno o zahtjevima za rasvjetu u određenom postrojenju, moguće su izvedbe s višom temperaturom boje (4000 [K] i 6000 [K]).

Halogene žarulje su najčešće korištene žarulje u industriji. S obzirom na visinu krova u industrijskim postrojenjima, najčešće su u uporabi viseća rasvjetna tijela, tzv. „visilice“. Tako se može podesiti visina ovješenja o čemu ovisi i osvijetljenost prostora što u konačnici ovisi o srednjoj osvijetljenosti koja mora biti u skladu s normom.

Glavni nedostatak halogene žarulje je njeno zagrijavanje. Ona može postići visok stupanj zagrijanosti, preko 300 [°C]. Kad se uračuna zagrijavanje strojeva u proizvodnom postrojenju i prisutnost ljudi, temperatura prostora može narasti do ekstremnih vrijednosti. U tom slučaju potrebno je osigurati pravilnu ventilaciju prostora, klimatizaciju i hlađenje rasvjetnih tijela.

Upravo je to ključna razlika između rasvjetnih tijela namijenjenih za industriju i rasvjetnih tijela namijenjenih za kućnu upotrebu. Veliko zagrijavanje rasvjetnih tijela za posljedicu ima porast troškova klimatizacije i održavanja postrojenja. Kako bi se ovaj problem riješio, postojeća halogena rasvjeta se nastoji zamijeniti ekološki prihvatljivom LED rasvjetom. Glavna odlika LED rasvjete je upravo štedljivost i rad na nižim temperaturama.

LED rasvjetom se zamijenila sva postojeća rasvjeta zbog duljeg životnog vijeka te ekonomske isplativosti koja je vidljiva dugoročno. LED rasvjeta je bazirana na poluvodičkoj diodi te je samim time malen potrošač električne energije. LED rasvjeta je za razliku od dosadašnje rasvjete ekološki prihvatljiva, a tendencija današnjice je zadovoljiti visoke ekološke kriterije, odnosno ekološka zagađenja svesti na minimum.

Problem hlađenja halogenske rasvjete u industriji je riješen tako da se u kućište ugradi impeler koji se rotira i tako hladi samo rasvjetno tijelo i žarulju, što je prikazano na slici 5. Unatoč tome, dolazi do velikog zagrijavanja te je prostoriju potrebno dodatno rashlađivati što stvara dodatne gubitke i povećava troškove klimatizacije. Isti princip hlađenja rasvjetnog tijela moguće je pronaći i kod LED rasvjete.



Slika 5. Hlađenje rasvjetnog tijela [13]

U industriji se primjenjuju tzv. T8 cijevi, koje su prikazane na slici 6. T8 cijevi predstavljaju siguran i izrazito štedljiv oblik rasvjete u industriji u odnosu na ostale tipove rasvjetnih tijela, posebno u odnosu na halogena rasvjetna tijela. Najčešće su dostupne u tri različite dužine: 60

[cm], 120 [cm] i 150 [cm]. Montiraju se u radni prostor kao „visilice“ na određenu visinu. Odlikuje ih velika štedljivost te se samim time manje zagrijavaju i dolazi do znatnih ušteda troškova klimatizacije prostora i hlađenja rasvjetnih tijela. Ekološki su prihvatljive.



Slika 6. T8 cijevi (LED) [11]

Glavne značajke T8 cijevi su sljedeće:

- visoka efikasnost,
- smanjenje potrošnje električne energije uz bolje svjetlosne karakteristike,
- iznimna kvaliteta svjetlosti,
- pogodna za primjenu u industriji, školama, bolnicama, itd.,
- životni vijek duži od 22000 sati,
- minimalni troškovi održavanja,
- brz povrat investicije,
- nema emitiranja svjetlosti u UV području,
- jednolika raspodjela svjetlosti,
- trenutno postizanje maksimalne svjetline bez zagrijavanja,
- nema gubitaka svjetline pri niskim temperaturama,
- visok faktor snage. [11]

2.4. Održavanje rasvjete

Rasvjeta čini dio električne instalacije u građevini te se na nju jednako tako odnosi program održavanja instalacije koji je definiran tehničkim normama i pravilinicima, točnije norma

„HRN 12464-1“ koja se odnosi na rasvjetu i norma „HRN HD 60364-6“ koja se odnosi na električne instalacije.

Za održavanje rasvjete i svjetlotehničke instalacije, primjenjuje se:

- periodičko održavanje,
- preventivno održavanje,
- korektivno održavanje.

Održavanje instalacije i rasvjete je važno iz više razloga. Primarno kako ne bi došlo do požara na instalaciji te kako radi kvara industrijsko postrojenje ne bi bilo van funkcije što bi nanijelo značajne financijske gubitke.

Korektivno održavanje se prema definiciji odnosi na otklanjanje kvara nakon što se on već dogodio i to uključuje zamjena pojedinog prekidača, rasvjetnog tijela ili jednog segmenta električne instalacije u postrojenju. Cilj je imati minimalan broj intervencija ovakvog tipa kako bi postrojenje bilo u stanju funkcionalnosti u kontinuitetu i kako ne bi nanosilo gubitke. Preventivno održavanje se prema definiciji odnosi na zamjenu potencijalno rizičnih elemenata instalacije, tj ako se procijeni da bi se pojedini element mogao pokvariti ili ako se na temelju evidencije u knjigu održavanja zaključi kako je rasvjetno tijelo ili element pri isteku životnog vijeka propisanog od strane proizvođača. Također se vrše mjerenja jakosti rasvijetljenosti pomoću svjetlomjera te se na temelju toga zamijeni određeno rasvjetno tijelo. Sukladno tehničkoj normi „HRN HD 60364-6“, električna instalacija pa tako i rasvjeta mora se kontrolirati i mjeriti minimalno svake četiri godine, dok panik rasvjeta barem jednom godišnje. Nužno je jednom godišnje izmjeriti jakost rasvijetljenosti, spojeve, prekidače itd.

Nužno je izvršiti funkcionalna ispitivanja elektroinstalacije i ovisno o stanju iste poduzeti mjere za otklanjanje nepravilnosti. Naročitu pažnju posvetiti primarnom elektroenergetskom razvodu (napajanja, uklopi i isklopi) te funkcijama protupožarne zaštite u građevini.
Treba pregledati rasvjetu te u slučaju slabije rasvijetljenosti konstatirati problem i poduzeti sve mjere za otklanjanje (zaprašenost i zaprljanje svjetiljki, dotrajalost svjetlećih tijela, kvarovi na predspojnim napravama, kvar na sklopkama za uklop rasvjete). Eventualne neispravne dijelove potrebno je zamijeniti odmah po uočenoj neispravnosti bez obzira na period korištenja i planirane periodičke preglede. [4]

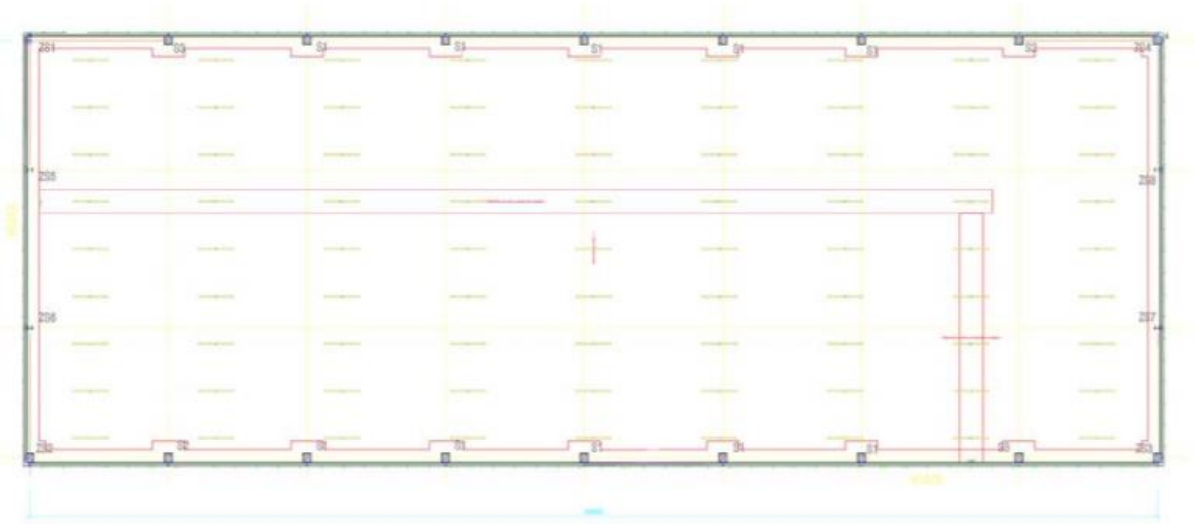
3. PROJEKT OPĆE RASVJETE INDUSTRIJSKOG POSTROJENJA

Za potrebe ovog projekta odabrano je industrijskoj postrojenje koje je predviđeno za obavljanje metalurških radova, tj. obrade grube obrade i skladištenje metala. U tablici 3. su navedene osnovne informacije o objektu. Tlocrt objekta je prikazan na slici 7.

Tablica 3. Dimenzije objekta

Širina objekta [m]:	17,7
Duljina objekta [m]:	48
Visina objekta [m]:	7,4
Površina objekta [m^2]:	849,6
Vrsta materijala:	aluminij
Namjena objekta:	obrada metala

Projektni zadatak je za navedeni građevinski objekt projektirati LED rasvjetu i zamijeni postojeću metal-halogenu rasvjetu, koja je trenutno instalirana. U objektu se nalazi stroj za sačmarenje limova i dio hale koji je namijenjen za privremeno skladištenje limova. Osim opće rasvjete, s obzirom na to da je riječ o objektu namijenjenom za obradu metala, odnosno objekt u kojemu postoji fluktuacija ljudi, nužno je projektirati i panik rasvjetu u slučaju nužde.

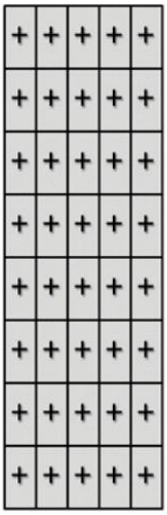


Slika 7. Tlocrt objekta

3.1. Postupak projektiranja rasvjete

Projektiranje rasvjete se izvodi tako da se prvo dođe u objekt kako bi se snimilo postojeće stanje. Pod time se podrazumijeva mjerenje prostora koje se potom usporede s postojećim tlocrtom. Ako tlocrt ne postoji, na temelju mjerenja se mora izraditi novi. Potrebno je snimiti i izmjeriti sve objekte koji se nalaze u objektu što podrazumijeva stupove, strojeve, vrata, prozore itd. Sve to treba ucrtati u tlocrt pomoću programskog alata „AutoCAD“.

U slučaju da već postoji prethodno ugrađena rasvjeta, potrebno je ustanoviti kakva je rasvjeta, na kojoj visini se nalazi, koliko iznosi ukupna instalirana snaga rasvjetnih tijela, koje su boje i koja je rasvijetljenost u prostoru. Mjerenja se vrše pomoću luksmetra. Prije nego se započne postupak mjerenja, potrebno je izračunati i odrediti mjerne sektore kao što je to prikazano na primjeru na slici 8. Nakon što se oni odrede, potrebno ih je ucrtati u tlocrt i izvršiti mjerenja. Potom se pomoću dobivenih rezultata izračuna E_{av} i U_0.



Slika 8. Mjerni sektori [6]

Zatim se mora ustanoviti za koju djelatnost je objekt zamišljen i što se u njemu planira raditi. Sukladno tome mora se definirati rasvjeta u skladu s normom „HRN 12464-1“. Objekt koji je dio ovog projekta je namijenjen za metaluršku industriju. U njemu se planiraju smjestiti stroj za grubu obradu metala, točnije za sačmarenje limova. Sukladno normi „HRN 12464-1“, moraju biti zadovoljeni uvjeti u tablici 4.

Tablica 4. Zahtjevi za rasvjetu u objektu

E_{av} [lx]:	≥ 200
U_0:	0,60

Imajući u vidu tražene zahtjeve za rasvjetu u projektiranom objektu, potrebno je usporediti rezultate dobivene mjerenjem i izračunom te ustanoviti što je potrebno promijeniti prilikom projektiranja nove rasvjete. Ponekad je potrebno povećati broj svjetiljki, promijeniti upadni kut osvjetljenja, promijeniti vrstu svjetiljki, primijeniti jačinu svjetiljki itd.

3.2. Projektiranje rasvjete u programskom alatu „Relux“

Programski alat „Relux“ je namijenjen za izradu projekata i proračuna rasvjete. Može se primijeniti na vanjsku i unutarnju rasvjetu. Sam programski alat je jednostavan za korištenje i pogodan je za izradu proračuna rasvjete velike točnosti i preciznosti. Korisniku nudi grafička i aritmetička rješenja rasvjete u nekom prostoru.

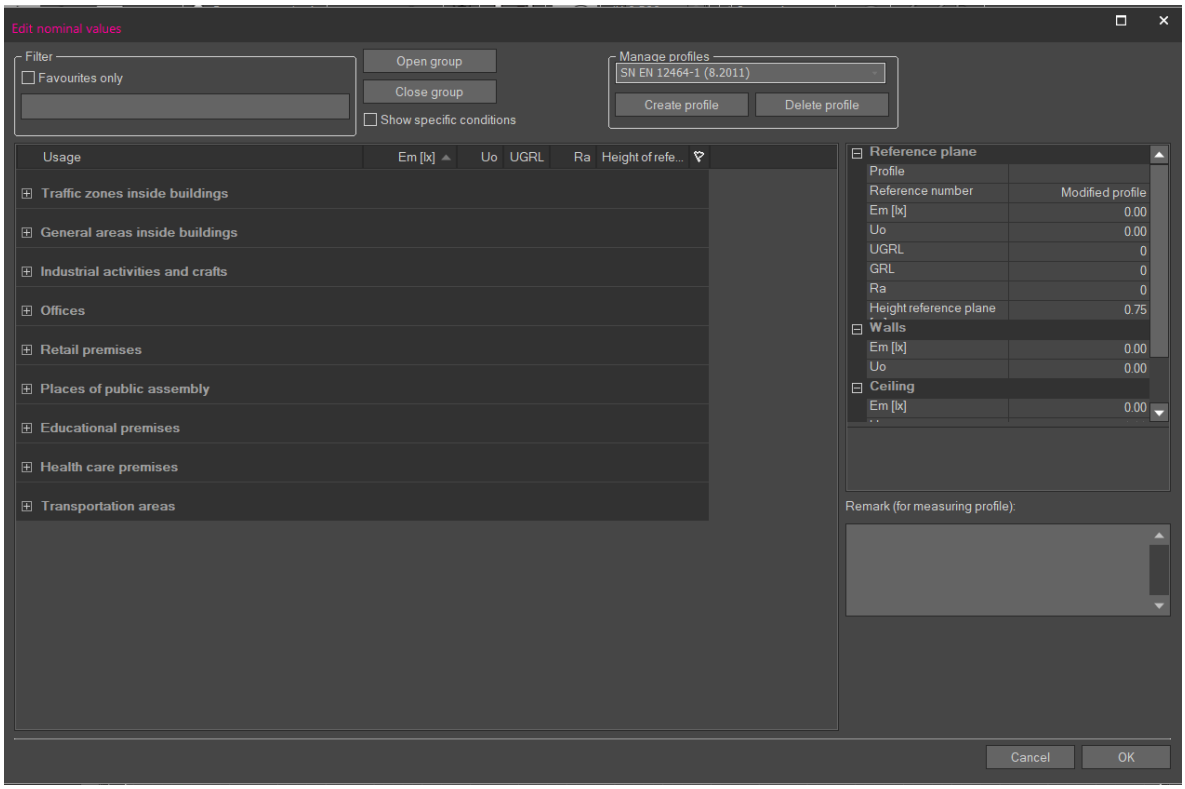
Prilikom izrade novog projekta postoje sljedeće opcije vezano uz opću unutarnju rasvjetu:

- izrada interijera,
- izrada interijera na temelju podloga iz AutoCAD-a,
- izrada interijera na temelju pozadinske slike,
- izrada interijera na temelju geolokacije,
- izrada interijera s 3D informacijama,
- izrada interijera pomoću „Relux Express-a“.

S obzirom na to da za odabrano industrijsko postrojenje postoje podloge izrađene u AutoCAD-u, odabrana je ta opcija. Zatim je nužno definirati dimenzije prostora (duljinu, širinu i visinu). Po završetku, stvori se „nova scena“, odnosno rasvjetna ploha. Rasvjetna ploha prema postavkama bude postavljena na korisnu visinu od 0,8 [m] i na udaljenost od 0,5 [m] od zidova i stupova.

U konačnici je potrebno definirati faktor održavanja koji je prema postavkama 0,80 i koji se uzima u obzir prilikom projektiranja nove rasvjete. Za izradu proračuna već postojeće rasvjete, imajući na umu da je instalacija dotrajala, uzima se u obzir faktor održavanja u iznosu od 0,5.

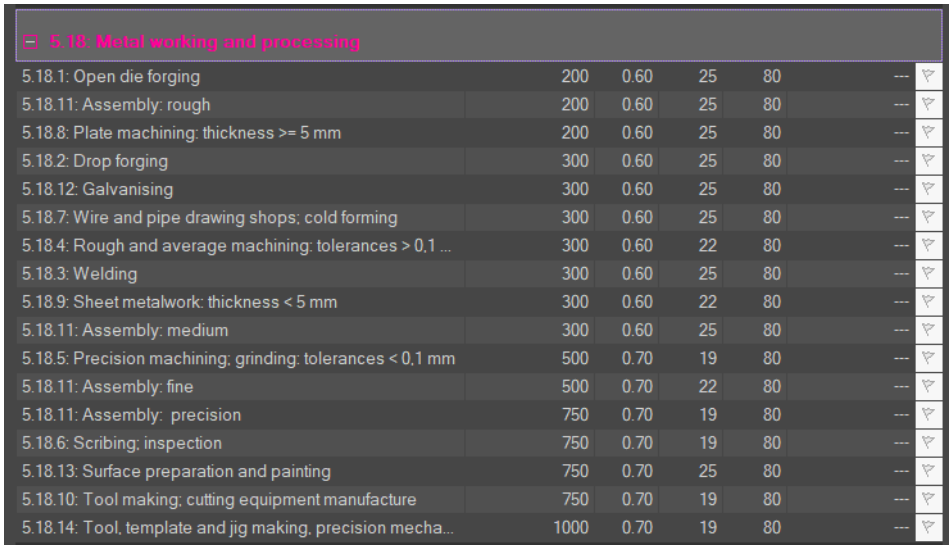
Na slici 9. je prikazan izbornik u Reluxu u kojemu treba izabrati vrstu djelatnosti za koju je objekt namijenjen.



Slika 9. Odabir vrste industrije

U opcijama treba naznačiti za koje je namjene projektirani prostor i sukladno tome programski alat „Relux“ automatski odredi minimalne uvjete koje rasvjeta mora zadovoljiti za navedenu svrhu.

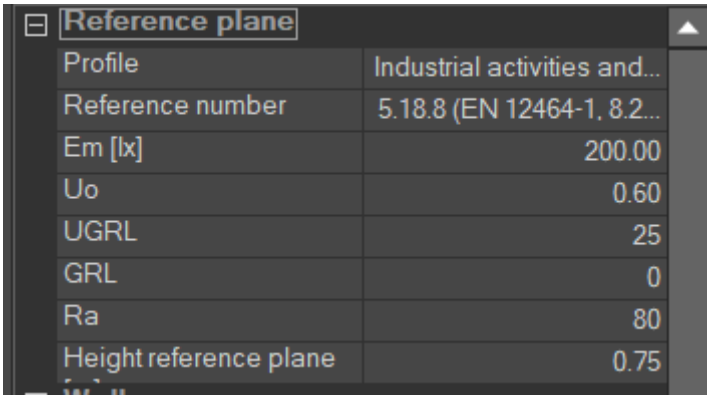
Na slici 10. je prikazan podizbornik namjene prostora. Naime, prvo se odabere metalurška industrija te potom grana metalurške industrije. To može biti zavarivanje, obrada metala, sastavljanje preciznih mehanizama, gruba obrada metala, precizna obrada metala, rad s kovinama itd.



5.18 Metal working and processing					
5.18.1: Open die forging	200	0.60	25	80	---
5.18.11: Assembly: rough	200	0.60	25	80	---
5.18.8: Plate machining: thickness >= 5 mm	200	0.60	25	80	---
5.18.2: Drop forging	300	0.60	25	80	---
5.18.12: Galvanising	300	0.60	25	80	---
5.18.7: Wire and pipe drawing shops; cold forming	300	0.60	25	80	---
5.18.4: Rough and average machining: tolerances > 0,1 ...	300	0.60	22	80	---
5.18.3: Welding	300	0.60	25	80	---
5.18.9: Sheet metalwork: thickness < 5 mm	300	0.60	22	80	---
5.18.11: Assembly: medium	300	0.60	25	80	---
5.18.5: Precision machining; grinding: tolerances < 0,1 mm	500	0.70	19	80	---
5.18.11: Assembly: fine	500	0.70	22	80	---
5.18.11: Assembly: precision	750	0.70	19	80	---
5.18.6: Scribing: inspection	750	0.70	19	80	---
5.18.13: Surface preparation and painting	750	0.70	25	80	---
5.18.10: Tool making: cutting equipment manufacture	750	0.70	19	80	---
5.18.14: Tool, template and jig making, precision mecha...	1000	0.70	19	80	---

Slika 10. Odabir djelatnosti

Iz slike 11. je vidljivo kako su optimalni zahtjevi za rasvjetu u prostoru u kojemu se odvija obrada metala E_{av} = 200 [lx] i U_0 = 0,60. Sukladno tome treba projektirati rasvjetu.



Reference plane	
Profile	Industrial activities and...
Reference number	5.18.8 (EN 12464-1, 8.2...
Em [lx]	200.00
Uo	0.60
UGRL	25
GRL	0
Ra	80
Height reference plane	0.75

Slika 11. Zahtjevi za rasvjetu

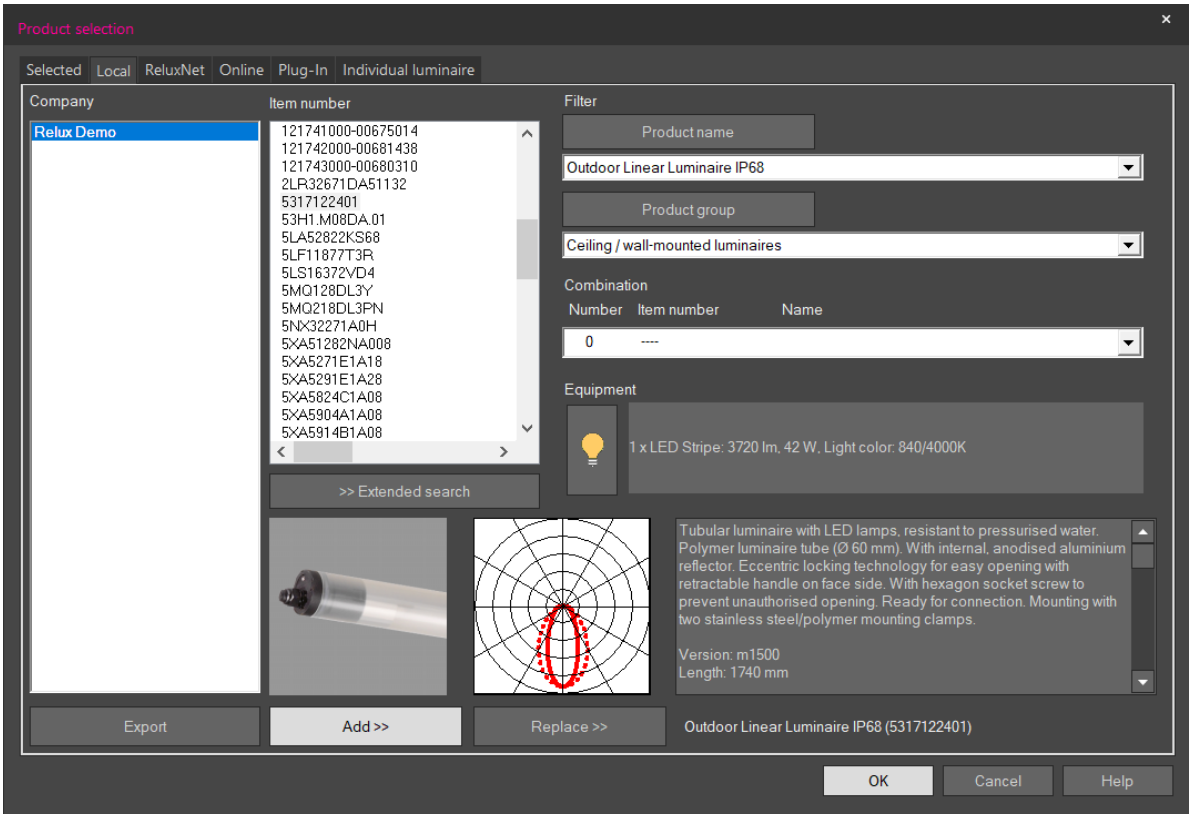
3.3. Odabir rasvjetnih tijela

Kad su poznati zahtjevi za unutarnju rasvjetu, potrebno je odabrati rasvjetna tijela koja će se ugraditi u traženo industrijsko postrojenje. Čimbenici koji utječu na to su sljedeći:

- svjetlosni tok [lm],
- vrsta rasvjete (LED itd.),
- nazivna snaga rasvjetnog tijela - *P* [W],
- boja koju rasvjetno tijelo proizvodi,

- tehnički opis rasvjetnog tijela.

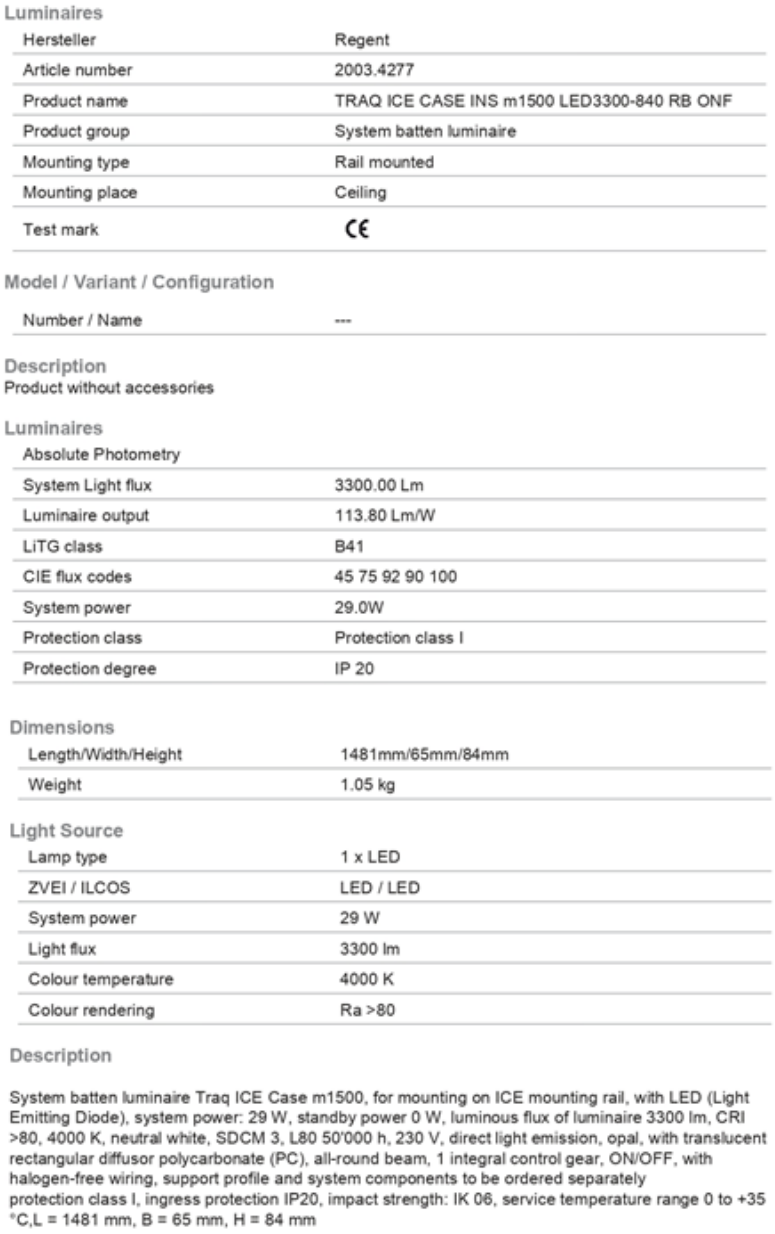
Prilikom odabira rasvjetnog tijela, otvara se izbornik koji je prikazan na slici 12., u kojemu je prikazana baza podataka s rasvjetnim tijelima te prilikom odabira, vidljive su specifikacije poput vrste rasvjetnog tijela, svjetlosnog toka, snage svjetiljke i boje svjetla. Također je naveden kratak opis kućišta i svjetiljke.



Slika 12. Specifikacije rasvjetnog tijela

Projektni zadatak ovog diplomskog rada je zamijeniti dotrajalu rasvjetu novom, ekološki prihvatljivom LED rasvjetom. Stoga je najbolji odabir bilo rasvjetno tijelo u T8 cijevnoj izvedbi, duljine l = 1500 [mm], nazivne snage P = 29 [W], proizvođača „Regent Lighting“. Na slici 13. su navedeni tehnički podaci rasvjetnih tijela.

Visina na koju će se rasvjetna tijela postavljati je h = 5 [m] zbog oblika krova koji je klasične kose izvedbe. Kako bi se rasvjeta postavila, nužno je izvesti metalnu noseću konstrukciju na koju bi se postavila sva rasvjetna tijela i kroz koju bi se sproveli vodiči od razvodnog ormara +R.



Luminaires

Hersteller	Regent
Article number	2003.4277
Product name	TRAQ ICE CASE INS m1500 LED3300-840 RB ONF
Product group	System batten luminaire
Mounting type	Rail mounted
Mounting place	Ceiling
Test mark	CE

Model / Variant / Configuration

Number / Name	---

Description
Product without accessories

Luminaires

Absolute Photometry	
System Light flux	3300.00 Lm
Luminaire output	113.80 Lm/W
LiTG class	B41
CIE flux codes	45 75 92 90 100
System power	29.0W
Protection class	Protection class I
Protection degree	IP 20

Dimensions

Length/Width/Height	1481mm/65mm/84mm
Weight	1.05 kg

Light Source

Lamp type	1 x LED
ZVEI / ILCOS	LED / LED
System power	29 W
Light flux	3300 lm
Colour temperature	4000 K
Colour rendering	Ra >80

Description

System batten luminaire Traq ICE Case m1500, for mounting on ICE mounting rail, with LED (Light Emitting Diode), system power: 29 W, standby power 0 W, luminous flux of luminaire 3300 lm, CRI >80, 4000 K, neutral white, SDCM 3, L80 50'000 h, 230 V, direct light emission, opal, with translucent rectangular diffusor polycarbonate (PC), all-round beam, 1 integral control gear, ON/OFF, with halogen-free wiring, support profile and system components to be ordered separately protection class I, ingress protection IP20, impact strength: IK 06, service temperature range 0 to +35 °C,L = 1481 mm, B = 65 mm, H = 84 mm

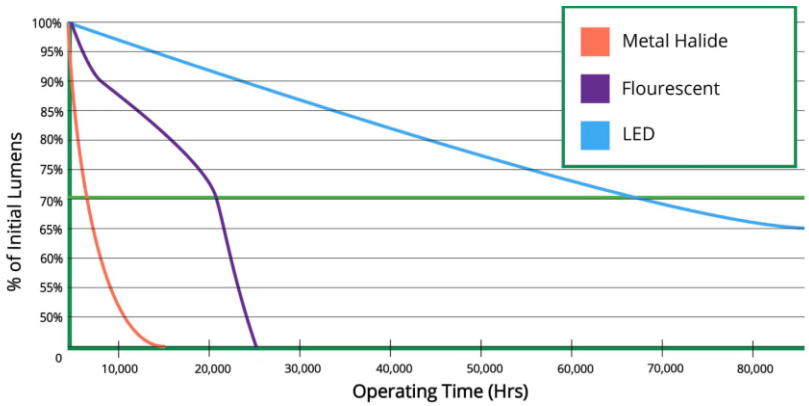
Slika 13. Tehnički podaci o rasvjetnom tijelu

3.4. Izrada svjetlotehničkog proračuna pomoću programskog alata „Relux“

U programskom alatu „Relux“ moguće je napraviti proračun rasvjete na dva jednostavna načina: ručno ili automatski.

Pod ručnim načinom se smatra pojedinačno postavljanje svakog pojedinog rasvjetnog tijela u prostoru. Rasvjetno tijelo je moguće rotirati oko sve tri osi, podešavati po visini i premještati s jednog mjesta na drugo. Dok kod automatskog načina, program automatski izvrši proračun sukladno prethodno postavljenim zahtjevima za rasvjetu.

Za proračun rasvjete važno je definirati faktor održavanja (eng. maintenance factor). Faktor održavanja je prema definiciji omjer osvjetljenja izvora svjetlosti u određenom trenutku u odnosu na početno osvjetljenje. Faktor održavanja se koristi kako bi se odredila amortizacija svjetiljke u određenom vremenskom periodu. Na faktor održavanja utječu razni čimbenici kao što su vrsta svjetiljke, čistoća svjetiljke, odnosno ima li prašine na svjetiljkama, crnilo koje nastaje s vremenom i samo stanje površine koju svjetiljka osvjetljava.
Na slici 14. je grafičkim prikazom prikazan utjecaj faktora održavanja na određene svjetiljke i iz njega se može zaključiti kako LED rasvjeta ima najveći faktor održavanja i samim time je najdugotrajnija.



Slika 14. Faktor održavanja

Halogena rasvjeta i fluorescentna rasvjeta imaju kraći životni vijek i samim time nanosi veće ekonomske gubitke zbog povećanja troškova održavanja, odnosno zamjene neispravnih rasvjetnih tijela. U proračunu za ovaj projekt je uračunat faktor održavanja u iznosu od 0,75, radi upotrebe LED rasvjete. Premda visok, nije savršen te u slučaju izrade proračuna za prostorije u kojima se odvijaju medicinski pregledi, kirurški zahvati i slično, on mora biti znatno viši od 0,75.
Faktor održavanja je moguće izračunati pomoću formule:

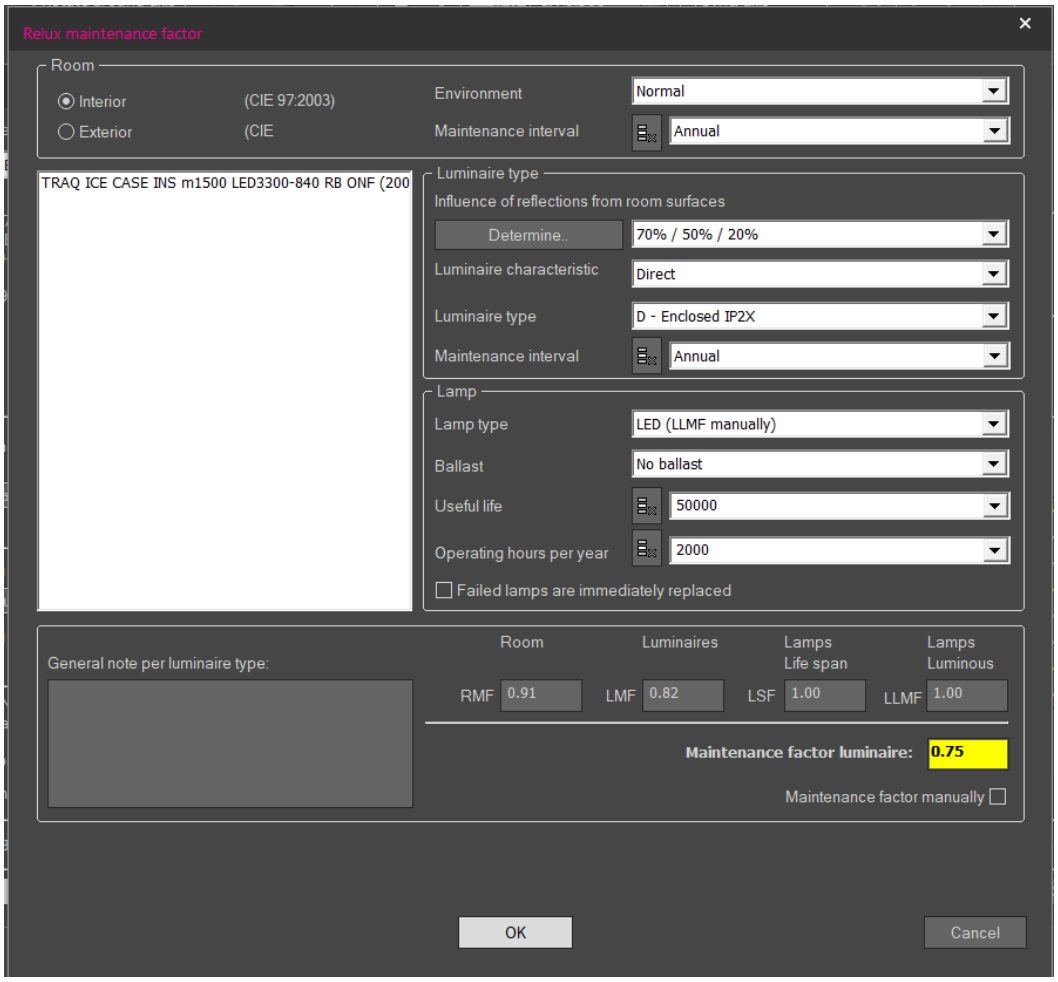
$$MF = LLMF \times LSF \times LMF \times RMF, \quad (3.1.)$$

pri čemu je:

- LLMF – uzima u obzir vrijednost opadanja svjetlosnog toka (*lamp lumen maintenance factor*),
- LSF – uzima u obzir starenje izvora svjetlosti (*lamp survival factor*),

- LMF – uzima u obzir smanjenje svjetlosnog toka zbog nakupljene prašine na svjetiljci (*luminaire maintenance factor*),
- RMF – uzima u obzir reduciranu refleksiju zbog nakupljanja nečistoće u prostoriji (*room maintenance factor*). [8]

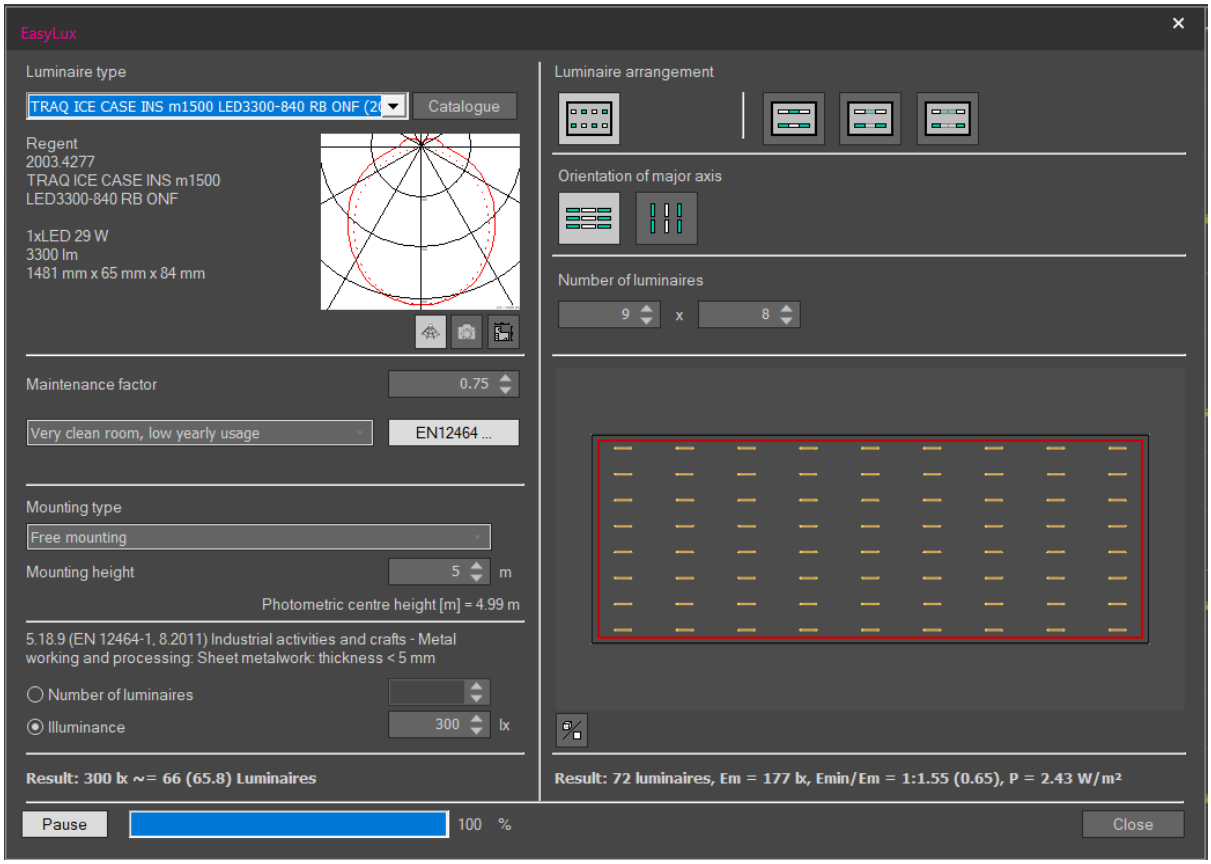
Slika 15. pokazuje princip izračuna faktora održavanja za LED rasvjetu u industrijskom postrojenju u ovom projektu. Dovoljno je unijeti sve parametre svjetiljke kao što su interval održavanja, vrsta svjetiljke, životni vijek svjetiljke, okvirni broj radnih sati svjetiljke na godišnjoj bazi te osnovne informacije o prostoru u koji se ona ugrađuje. Program će zatim izračunati faktor održavanja koji se koristi u daljnjem proračunu.



Slika 15. Proračun faktora održavanja u Reluxu

Nakon što se odrede svjetiljke, svrha kojoj je prostor namijenjen i faktor održavanja, slijedi sam izračun rasvjete u Reluxu. Potrebno je odrediti visinu na kojoj će se postaviti rasvjeta i korisnu visinu referentne plohe koja se osvjetljava. Visinu montaže rasvjetnih tijela potrebno podesiti kako bi se zadovoljili traženi E_{av} i U_0.

Na slici 16. je prikazan izbornik u kojemu se radi izračun rasvjete prema danim kriterijima.



Slika 16. Proračun rasvjete u Reluxu

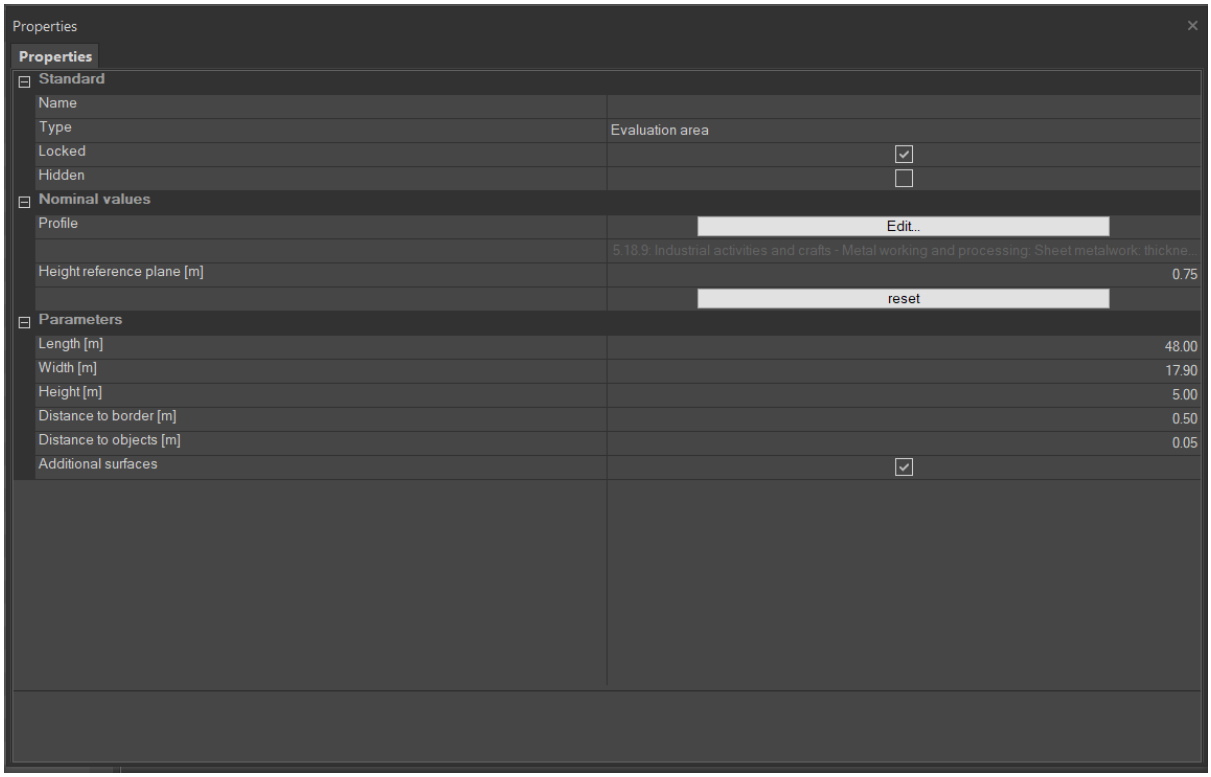
Proračun rasvjete je moguć na dva načina. Sukladno normi definirana je minimalna iluminacija i ujednačenost osvjetljenja u prostor. Relux korisniku nudi dvije opcije:

- odabir broja svjetiljki,
- odabir rasvijetljenosti.

Korisnik može unijeti željeni broj svjetiljki u prostoru i Relux će podesiti rasvjetu tako da zadovolji tražene uvjete, odnosno može unijeti željenu iluminaciju i program će odrediti broj svjetiljki potreban da se ostvari tražena iluminacija. Ako norma nalaže minimalno 300 [lx], a korisnik želi 400 [lx], korisnik samo mora unijeti 400 [lx] i kao rezultat će dobiti broj i raspored svjetiljki kako bi se zadovoljila iluminacija od 400 [lx].

Korisnik može mijenjati raspored rasvjetnih tijela u prostoru, odnosno broj stupaca i redaka te orijentaciju rasvjetnih tijela.

Također je potrebno definirati referentnu površinu, odnosno korisnu visinu iste koja je definirana h = 0,75 [m]. Ona je definirana normom „HRN 12464-1“ za obradu metala. Također treba definirati granice referentne površine, odnosno njenu udaljenost od zidova i objekata koji se nalaze u prostoru. Za potrebe ovog projekta, udaljenost referentne površine od zidova iznosi 0,50 [m] i 0,05 [m] od ostalih objekata (strojeva itd.). Slika 17. prikazuje izbornik u kojemu se određuju parametri referentne površine.



Slika 17. Postavke referentne površine

Pritiskom na „edit“ moguće je promijeniti namjenu referentne površine. Tako na primjer u slučaju u industrijskom postrojenju postoji uredski prostor, odnosno dio hale koji je namijenjen administrativnim zadacima, ali se ne smatra zasebnim uredom, moguće je tu površinu definirati kao prostor za pisanje. U tom slučaju potrebno je definirati drugu mjernu površinu i tada se dobiju odvojeni rezultati proračuna. Jedni koji se odnose na cijelu halu i drugi koji se odnose samo na taj mali dio.

3.5. Rezultati proračuna

Slika 18. prikazuje rezultate proračuna. Vidljivo je kako su zadovoljeni svi uvjeti. Dan je tlocrtni prikaz na kojemu se vidi rasvijetljenost prostora i intenzitet. Stranica s rezultatima ukratko prikazuje dane parametre kao što su korisna visina, visina na kojoj su postavljene svjetiljke, faktor održavanja itd.

Ukupno je instalirano 81 svjetiljka nazivne snage 29 [W], tj ukupna instalirana snaga P iznosi 2365 [W], što daje ukupnu snagu po površini 2,72 [W/m^2], odnosno iskoristivost 1,27 [W/m^2/100lx].

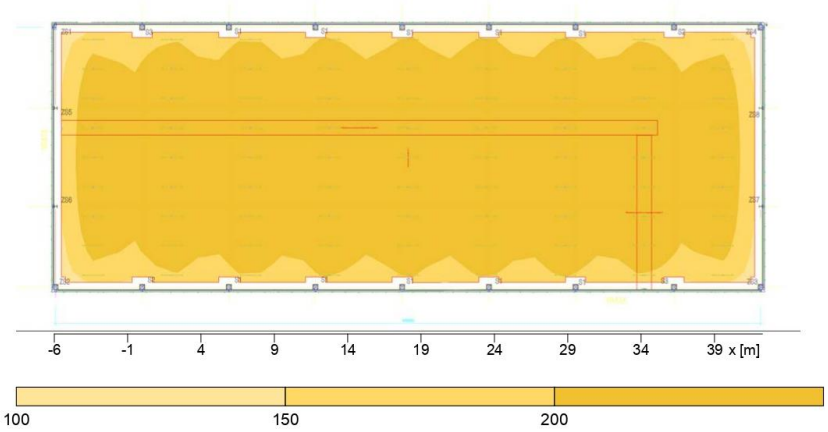
S obzirom na to da se radi o prostoru namijenjenom za obradu metala, prema normi „HRN EN 12464-1“ definirani su sljedeći zahtjevi:

- $E_{av} \geq 200$ [lx],
- $U_0 \geq 0{,}60$.

Dobiveni rezultati su zadovoljavaju navedene zahtjeve i iznose:

- $E_{av} = 213$ [lx],
- $U_0 = 0{,}66$.

Prikazana je rasvijetljenost i ujednačenost osvjetljenja svih površina što uključuje strop i zidove i vidljivo je da svi rezultati ispunjavaju tražene uvjete. S obzirom na to da su rezultati zadovoljavajući, moguća je izvedba instalacije i njena montaža.



Općenito

Upotrijebljeni računski algoritam	Svjetiljke s dir.-/indirektnom raspodjelom
Faktor održavanja	0.75
Ukupni svjetlosni tok svih žarulja	268160.00 lm
Ukupna snaga	2365.0 W
Ukupna snaga po površini (870.02 m²)	2.72 W/m² (1.27 W/m²/100lx)

Površina izračuna 1	**Referentna površina 1.1** Horizontalno
Eavg	213 lx
Emin	140 lx
Emin/Em (Uo)	0.66
Emin/Emaks (Ud)	0.55
UGR (5.5H 14.7H)	<=23.3
Pozicija	0.75 m

Glavne površine	Eavg	Uo
Mp 1.19 (Strop)	66 lx	0.72
Mp 1.1 (Zid)	133 lx	0.55
Mp 1.2 (Zid)	111 lx	0.54
Mp 1.3 (Zid)	134 lx	0.56
Mp 1.4 (Zid)	142 lx	0.55
Mp 1.5 (Zid)	143 lx	0.57
Mp 1.6 (Zid)	139 lx	0.59
Mp 1.7 (Zid)	136 lx	0.61
Mp 1.8 (Zid)	137 lx	0.60
Mp 1.9 (Zid)	141 lx	0.59
Mp 1.10 (Zid)	134 lx	0.56
Mp 1.11 (Zid)	111 lx	0.56
Mp 1.12 (Zid)	133 lx	0.56
Mp 1.13 (Zid)	141 lx	0.59
Mp 1.14 (Zid)	137 lx	0.60
Mp 1.15 (Zid)	136 lx	0.61
Mp 1.16 (Zid)	139 lx	0.59
Mp 1.17 (Zid)	142 lx	0.57
Mp 1.18 (Zid)	142 lx	0.55

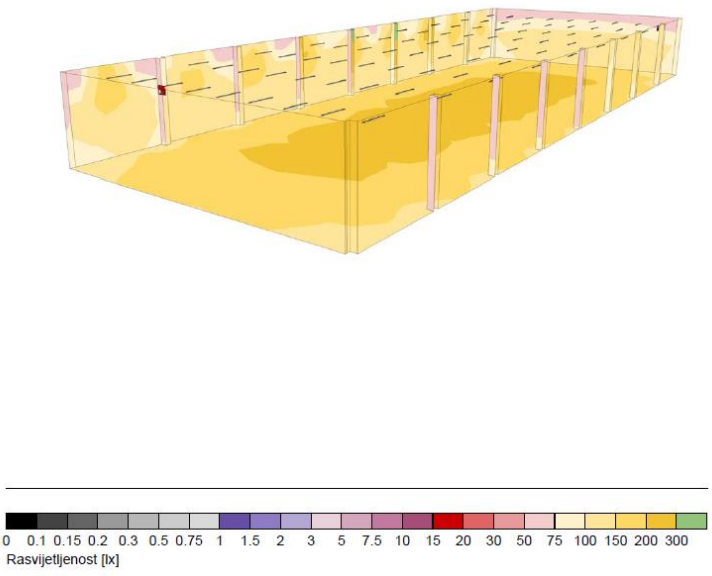
Tip	Kom.	Proizvod	
		Regent	
1	81	Tipska oznaka	: 2003.4277
		Naziv svjetiljke	: TRAQ ICE CASE INS m1500 LED3300-840 RB ONF
		Žarulje	: 1 x LED 29 W / 3300 lm
		Relux Demo	
2	2	Tipska oznaka	: Emergency-down -- Emergency Lighting --
		Naziv svjetiljke	: Emergency-down
		Žarulje	: 1 x T16 8 W / 430 lm (0%)

Slika 18. Rezultati proračuna

Na slici 18. prikazana je rasvijetljenost prostora u ptičjoj perspektivi, odnosno prikazan je tlocrt prostora i rasvijetljenost prostora. Ispod tlocrta je dana skala izražena u [lx] i prikazane su nijanse žute boja. One prikazuju skalu od 100 do 300 [lx] za ovaj projekt. Ovaj prikaz pomaže

korisniku da vizualizira rasvijetljenost prostora i po potrebi poveća broj svjetiljki u određenom dijelu prostora, odnosno smanji ako zaključi da je u nekom dijelu rasvjeta preintenzivna.
Kako bi se korisniku olakšalo, u izvještaju je dostupan i trodimenzionalan prikaz rasvijetljenosti u prostoru. Razlika je u tome sto ovaj prikaz prikazuje rasvijetljenost cijelog prostora, odnosno vidljivi su zidovi, stupovi, strop i ostali objekti koji se mogu ucrtati. To je značajno kako bi se mogao podesiti upadni kut rasvjetnog tijela. Također je značajno prilikom dizajniranja interijera, odnosno rasporeda strojeva, boje zidova, boje poda, boje stropa itd.

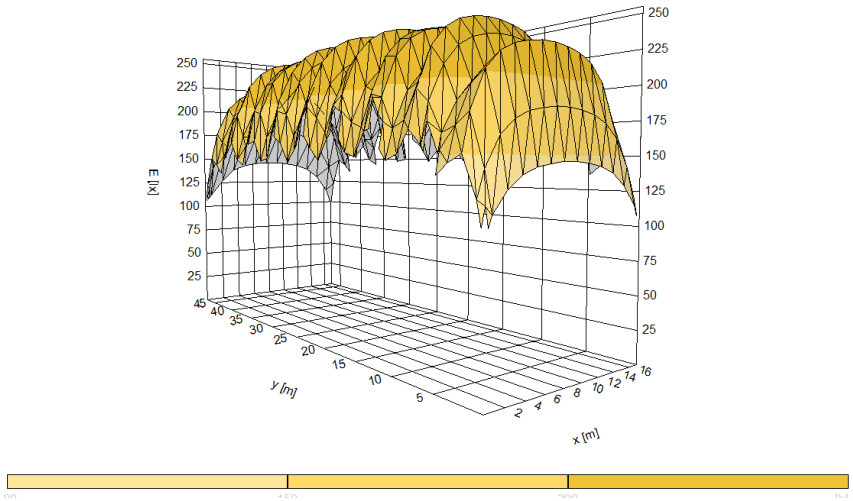
Na slici 19. je prikazan trodimenzionalan prikaz rasvijetljenosti prostora u ovom projektu. Vidljivo je da je rasvjeta najvećeg intenziteta u sredini prostora, dijelu prostora namijenjenom za obavljanje proizvodne djelatnosti. Prema rubovima prostora slabijeg je intenziteta te uza zid najslabija. Iz prikaza je vidljivo da je prostorija u cijelosti rasvijetljena te se može zaključiti da je raspored rasvjete zadovoljavajući.



Slika 19. Rasvijetljenost prostora 3D

Osim ovog prikaza, postoji i „*3D mountain plot*“, odnosno prikaz intenziteta rasvijetljenosti. Za razliku od prikaza sa slike 19, ovaj prikaz omogućuje korisniku da preciznije ustanovi u kojem dijelu prostora je rasvijetljenost najveća, a u kojem dijelu najslabija. Za razliku od

prethodnog prikaza, ovaj prikaz daje numeričku skalu i daje točniju informaciju o rasvijetljenosti u prostoru. Ovaj prikaz je prikazan na slici 19.



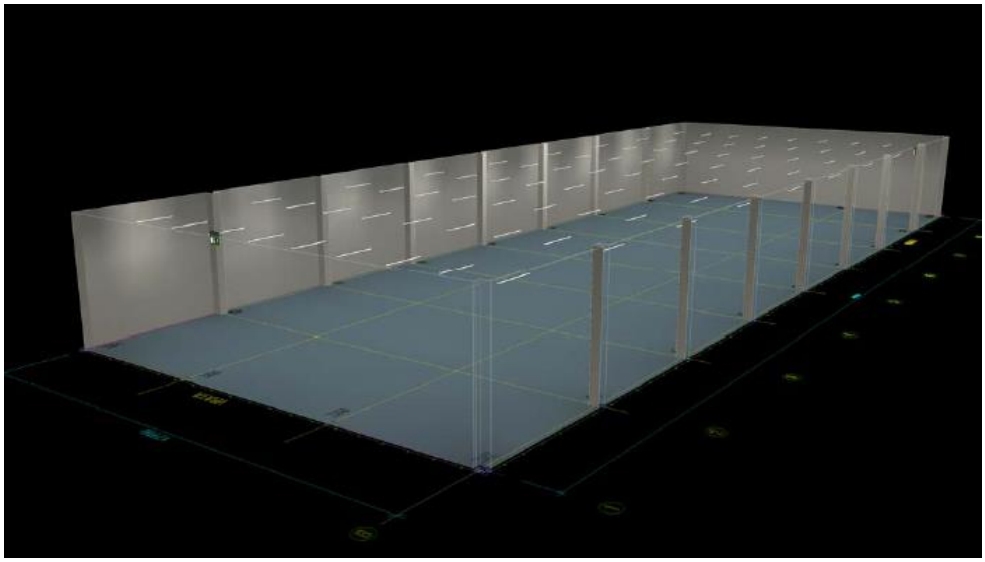
Slika 20. 3D izoluks krivulja

Iz danog prikaza moguće je zaključiti da je minimalna rasvijetljenost uz rub referentne površine i iznosi približno 140 [lx], dok je maksimalna vrijednost u sredini prostora i iznosi približno 250 [lx].

Za točan podatak o minimalnoj i maksimalnoj vrijednosti rasvijetljenosti treba pogledati izvještaj. Ovaj prikaz je isključivo vizualnog karaktera kako bi korisnik mogao napraviti izmjene oko rasporeda rasvjetnih tijela ili tipova rasvjetnih tijela u prostoru.

Od grafičkih prikaza rasvjete, postoji i treći, najmanje precizan prikaz i on služi kako bi korisnik dobio uviđaj u raspored rasvjetnih tijela u prostoru i trodimenzionalan prikaz svih predmeta i objekata u prostoru i osvijetljenost. Moguće je vidjeti sjenu koju određeni objekt daje. Moguće je vizualizirati kako bi rasvjeta izgledala u konačnici nakon montaže i puštanja u pogon. Ovaj prikaz se najčešće koristi kao ogledan prikaz, odnosno predstavlja se investitorima prije početka izvođenja radova kako bi obje stranke mogle donijeti odluku o rasporedu i projektiranju rasvjete.

Na slici 21. prikazan je trodimenzionalan prikaz prostora u ovom projektu kako bi izgledala rasvjeta nakon izvođenja iste.



Slika 21. 3D prikaz prostora

4. PROTUPANIČNA RASVJETA

Protupanična rasvjeta je rasvjeta koja mora biti u funkciji nužde. Specifična je po tome što mora imati zaseban izvor napajanja. Protupanična rasvjeta se mora mjeriti i kontrolirati svake godine. Pregledava se instalacija u cijelosti što uključuje sklopnu opremu, vodiče i rasvjetna tijela. Na slici 22. je prikazano rasvjetno tijelo koje se koristi kao panik rasvjeta s piktogramom koji ukazuje na smjer izlaza.



Slika 22. Protupanična rasvjeta [12]

Tehnički podaci rasvjetnog tijela sa slike 22. su prikazani u tablici 5.

Tablica 5. Tehnički podaci za protupaničnu rasvjetu [12]

Nazivni napon [V]	230
Snaga [W]	3
Montaža	Na zid/strop
Razina zaštite	IP21
Vijek trajanja [h]	20000
Vrijeme trajanja [h]	3
Materijal	PVC
Dimenzije (d/š/v) [mm]	220/260/22

Rasvjetno tijelo sa slike 22. se koristi kao panik rasvjeta. Protupanična rasvjeta, nakon što se aktivira, mora raditi tri sata. Izrađena je od PVC materijala. U ovom projektu korištene su dvije ovakve svjetiljke i postavljene su iznad evakuacijskih izlaza u slučaju nužde. Testiranje svjetiljke se vrši tako da se pritisne tipka za test koja se nalazi na kućištu. Ona funkcionira tako

da prekine strujni krug na koji je svjetiljka spojena i tada se ona mora upaliti. Razina zaštite je IP21.

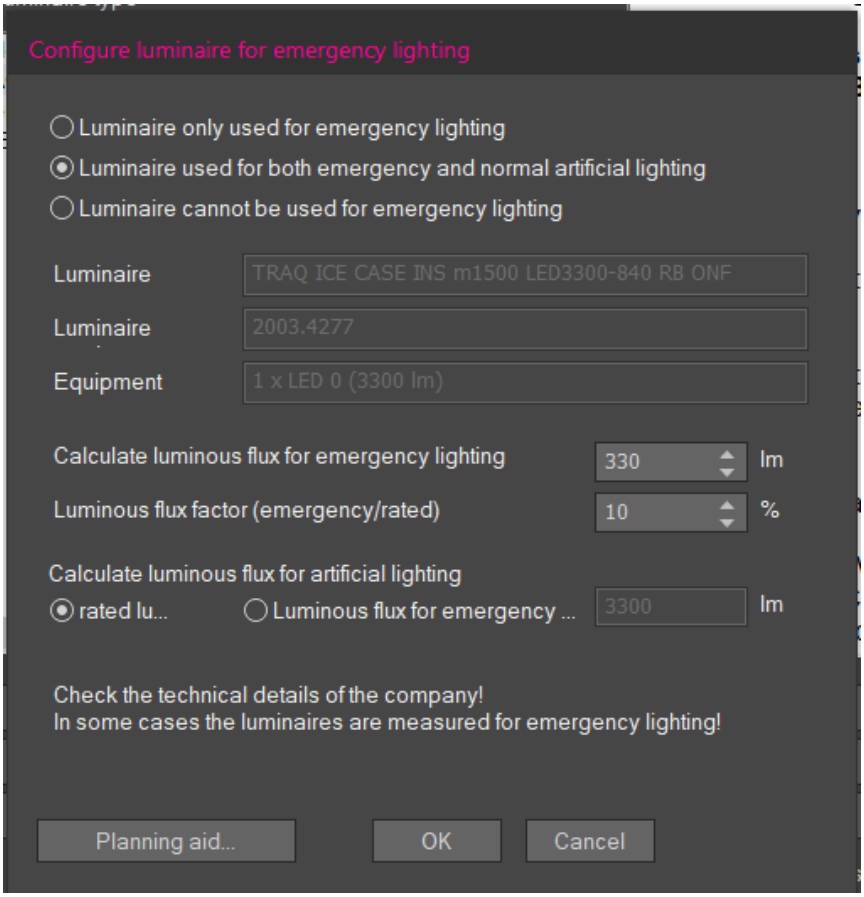
Sukladno Zakonu o gradnji i normi „HRN 12464-1“, protupanična rasvjeta se postavlja na prohodna mjesta, mjesta na kojima postoji fluktuacija ljudi, na hodnicima, izlazima iz zgrada, ulazima u evakuacijska dizala. Obavezna je u industrijskim postrojenjima, ugostiteljskim objektima itd. U slučaju nestanka električne energije, panik rasvjeta mora biti autonomna, tako da svjetiljke prikazane na slici 20 imaju svoj izvor napajanja. Panik rasvjeta mora osvjetljavati koridor širok minimalno 1 [m].

Rasvjetno tijelo na slici 19. se napaja iz mreže vodičem 3 x 1,5 [mm^2] i u slučaju nestanka napajanja, ono se upali koristeći svoju bateriju. Rasvjetna tijela namijenjena za panik rasvjetu na sebi imaju piktograme koji pokazuju smjer kretanja u slučaju evakuacije. Piktogrami moraju biti ucrtani u projektnoj dokumentaciji projekta.

Postoji i izvedba panik rasvjete u kojoj se primjenjuju rasvjetna tijela opće rasvjete. U tom slučaju u objektu mora postojati zaseban izvor napajanja (generator itd.).

4.1. Izvedba panik rasvjete u Reluxu

Projektiranje i proračun protupanične rasvjete u Reluxu se izvodi u tri koraka. Prvo je potrebno odrediti i ucrtati evakuacijske koridore širine 1 [m]. Koridori moraju voditi ka izlazima iz postrojenja. Zatim se moraju označiti sve svjetiljke koje služe kao panik rasvjeta i u postavkama svjetiljke označiti kao što je to prikazano na slici 23.



Slika 23. Postavke za protupaničnu rasvjetu

Rasvjetna tijela koja se koriste za opću rasvjetu moraju se zatamniti na 10 [%] ukupnog svjetlosnog toka. U slučaju ovog projekta svjetlosni tok svjetiljke za panik rasvjetu iznosi 330 [lm], umjesto uobičajenih 3300 [lm].

Zaključno se provede proračun i obrade dobiveni rezultati.

4.2. Rezultati proračuna

Slika 24. prikazuje rezultate proračuna za panik rasvjetu. Na početku izvještaja navedene su svjetiljke koje se koriste za panik rasvjetu, u ovom projektu ih je ukupno 13.

Sažetak, Room 1

Pregled rezultata (protupanična rasvjeta)

Tip	Kom.	Proizvod		
1	11	Regent Tipska oznaka Naziv svjetiljke Žarulje	: 2003.4277 : TRAQ ICE CASE INS m1500 LED3300-840 RB ONF : 1 x LED 29 W / 330 lm	
2	2	Relux Demo Tipska oznaka Naziv svjetiljke Žarulje	: Emergency-down : Emergency-down : 1 x T16 8 W / 430 lm	-- Emergency Lighting --

Rezultati na referentnoj površini

Upotrijebljeni računski algoritam: Direktni dio
Faktor održavanja: 0.8

Ravnina za protupaničnu rasvjetu

Br.	zadana vrij.[lx]	Emin[lx]	Površina Emax[lx]	jednolik.	visina
Referentna površina protupanične rasvjete 1					
1	0.5	3.2	8.5	1: 2.66	0.00
Referentna površina protupanične rasvjete 2					
2	0.5	5.1	8.9	1: 1.76	0.00

Slika 24. Rezultati proračuna za protupaničnu rasvjetu

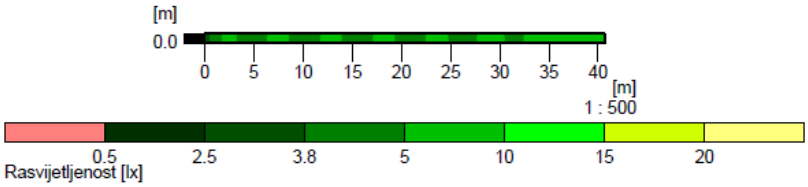
Minimalna rasvijetljenost za panik rasvjetu prema normi „HRN 12464-1“ mora iznositi minimalno 0,5 [lx], što je zadovoljeno ovim proračunom. Minimalne rasvijetljenosti pojedinih evakuacijskih puteva u ovom projektu iznose E_{min} = 3,5 [lx] i E_{min} = 5,1 [lx].

Iznad izlaza su postavljene svjetiljke s oznakom koja ukazuje na to da se izlaz nalazi ispod same svjetiljke, a sve ostale svjetiljke opće rasvjete koje se koriste u svrhu panik rasvjete moraju imati piktograme sa smjernicama prema izlazima.

U izvještaju su navedeni tipovi rasvjetnih tijela i količina istih koji se koriste za protupaničnu rasvjetu. U ovom projektu iskorišteno je 11 rasvjetnih tijela od opće rasvjete za potrebe protupanične rasvjete te dvije svjetiljke koje označavaju evakuacijske izlaze iz objekta.

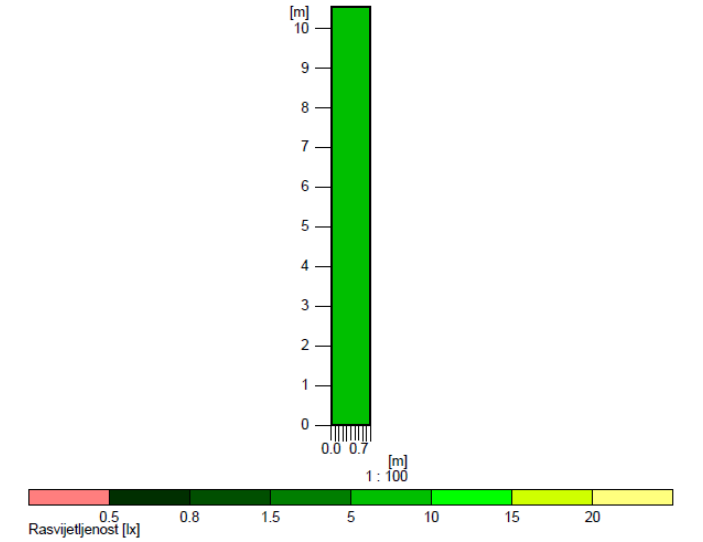
U ovom projektu, u Reluxu su izrađena dva evakuacijska koridora, svaki vodi prema jednom od izlaza. Kao rezultat proračuna, dobiju se podaci o minimalnoj i maksimalnoj rasvijetljenosti evakuacijskih koridora te njihovi tlocrti. Prvi je širok 1 [m], kao što to propisuje norma „HRN 12464-1“, a duljine 41 [m]. Za razliku od opće rasvjete, korisna visina za protupaničnu rasvjetu je 0 [m] u ovom projektu, a u pravilu se uzima do 0,2 [m]. Faktor održavanja je nešto viši u odnosu na opću rasvjetu jer se protupanična rasvjeta mora češće pregledavati i čistiti od prašine i ostalih prljavština.

Na slici 25. je prikazan prvi evakuacijski koridor, a na slici 26. je prikazan drugi evakuacijski koridor i rezultati proračuna za protupaničnu rasvjetu.



Zahtijevana minimalna rasvijetljenost		: 0.5 lx
Minimalna rasvijetljenost	Emin	: 3.2 lx
Maksimalna rasvijetljenost	Emax	: 8.5 lx
Jednolikost	Emin/Emax	: 1 : 2.66 (0.38) (Granična vrijednost 1:40)
Visina		: 0 m
Upotrijebljeni računski algoritam		: Direktni dio
Faktor održavanja		: 0.8

Slika 25. Prvi evakuacijski koridor



Zahtijevana minimalna rasvijetljenost		: 0.5 lx
Minimalna rasvijetljenost	Emin	: 5.1 lx
Maksimalna rasvijetljenost	Emax	: 8.9 lx
Jednolikost	Emin/Emax	: 1 : 1.76 (0.57) (Granična vrijednost 1:40)
Visina		: 0 m
Upotrijebljeni računski algoritam		: Direktni dio
Faktor održavanja		: 0.8

Slika 26. Drugi evakuacijski koridor

Moguće je primijetiti kako je minimalna rasvijetljenost u drugom koridoru veća nego u prvom i iznosi E_{av} = 5,1 [lx]. Razlog tome je orijentacija rasvjetnih tijela. Dok su rasvjetna tijela protupanične rasvjete u prvom koridoru postavljena uzduž koridora i po sredini, u drugom koridoru su postavljena poprečno i na manjoj udaljenosti. Kako bi se to ujednačilo, može se reducirati broj svjetiljki u drugom koridoru, odnosno koristiti svaku drugu svjetiljku.

5. ZAKLJUČAK

Projekt rasvjete je jedan od ključnih čimbenika pri izradi tehničke dokumentacije za objekte industrijske i proizvodne namjene. Kvalitetna rasvjeta omogućava kvalitetniju i precizniju proizvodnju, smanjuje umor radnika i omogućuje brže izvršavanje zadataka. Projektiranje rasvjete u industriji mora zadovoljiti visoke tehničke standarde propisane tehničkim normama, posebno u industriji, gdje veliku ulogu imaju i čistoća postrojenja i čistoća zraka, koja utječe na čistoću rasvjetnih tijela, što u konačnici rezultira nižim faktorom održavanja.

Uvođenjem LED rasvjete, znatno se povećava faktor održavanja i životni vijek rasvjete, što za posljedicu ima smanjenje ekonomskih gubitaka u proizvodnji. Životni vijek LED rasvjete je višestruko dulji nego životni vijek halogene rasvjete, koja je dosad bila u upotrebi u industriji. U konačnici, dugi životni vijek LED rasvjete donosi i uštede na održavanju i zamjeni rasvjetnih tijela te je izuzev panik rasvjete, period održavanja i pregleda rasvjete svake tri godine.

Ovim projektom je objašnjena i panik rasvjeta u industrijskom postrojenju te osnovni principi projektiranja iste. Važno je da ona bude funkcionalna u slučaju nužde i da osigura minimalno osvjetljenje evakuacijskog koridora. Moderna panik rasvjeta se zasniva na LED tehnologiji, a ovim projektom je pokazano kako i rasvjetna tijela opće unutarnje rasvjete mogu poslužiti kao panik rasvjeta, ali se u tom slučaju moraju prigušiti.

LITERATURA

[1] Krčum, P., Električna rasvjeta – skripta, Split, Sveučilište u Splitu, Sveučilišni odjel za stručne studije Split, 2013.

[2] Hrvatski zavod za norme, Svjetlo i rasvjeta -- Rasvjeta radnih mjesta -- 1. dio: Unutrašnji radni prostori (EN 12464-1), Zagreb, 2011.

[3] Hrvatski zavod za norme, Niskonaponske električne instalacije – 6. dio (HRN HD 60364-6), Zagreb, 2016

[4] Elektrotehnički projekt niskonaponskih instalacija, 039/17-EL, SINS PROJEKTI d.o.o., Zagreb, rujan 2019.

[5] https://hal-croatia.com/hr/naslovnica/ (20.08.2021.)

[6]https://www.meccanismocomplesso.org/en/determination-average-illuminance-2/ (21.08.2021.)

[7] https://www.telektra.hr/site/rasvjeta-poslovnih-objekata/ (21.08.2021)

[8] https://www.whitecroftlighting.com/ (22.08.2021.)

[9] https://luksometar.hr/proizvod/mhl-t-400w-e40-metal-halogena-arulja/ (22.08.2021.)

[10] https://digitklik.si/izdelek_UNI-T-UT383-LUKSMETER (22.08.2021.)

[11] https://www.ledaled.hr/hr/t8-cijevi-396/396 (22.08.2021.)

[12] https://ledsvjetla.com/proizvod/xl5113-emergency-light-down-arrow/ (22.08.2021.)

[13]http://catalogo.disano.it/pt/classic/industrial-high-bays/photon-np/1215-photon-wide-beam?language=ENG (23.08.2021.)

POPIS SLIKA

Slika 1. Boje vidljive ljudskom oku [1] 3
Slika 2. Luksmetar [10] 7
Slika 3. Korisna visina [6] 8
Slika 4. Halogena žarulja [9] 11
Slika 5. Hlađenje rasvjetnog tijela [13] 12
Slika 6. T8 cijevi (LED) [11] 13
Slika 7. Tlocrt objekta 15
Slika 8. Mjerni sektori [6] 16
Slika 9. Odabir vrste industrije 18
Slika 10. Odabir djelatnosti 19
Slika 11. Zahtjevi za rasvjetu 19
Slika 12. Specifikacije rasvjetnog tijela 20
Slika 13. Tehnički podaci o rasvjetnom tijelu 21
Slika 14. Faktor održavanja 22
Slika 15. Proračun faktora održavanja u Reluxu 23
Slika 16. Proračun rasvjete u Reluxu 24
Slika 17. Postavke referentne površine 25
Slika 18. Rezultati proračuna 27
Slika 19. Rasvijetljenost prostora 3D 28
Slika 20. 3D izoluks krivulja 29
Slika 21. 3D prikaz prostora 30
Slika 22. Protupanična rasvjeta [12] 31
Slika 23. Postavke za protupaničnu rasvjetu 33
Slika 24. Rezultati proračuna za protupaničnu rasvjetu 34
Slika 25. Prvi evakuacijski koridor 35
Slika 26. Drugi evakuacijski koridor 36

POPIS TABLICA

Tablica 1. Minimalan broj mjerenja.....6
Tablica 2. Vrste industrije i zahtjevi za rasvjetu [2].....9
Tablica 3. Dimenzije objekta.....15
Tablica 4. Zahtjevi za rasvjetu u objektu.....17
Tablica 5. Tehnički podaci za protupaničnu rasvjetu [12].....31

PRILOZI

Prilog 1 – Izvješće programa Relux za rasvijetljenost industrijskog postrojenja pomoću LED rasvjete

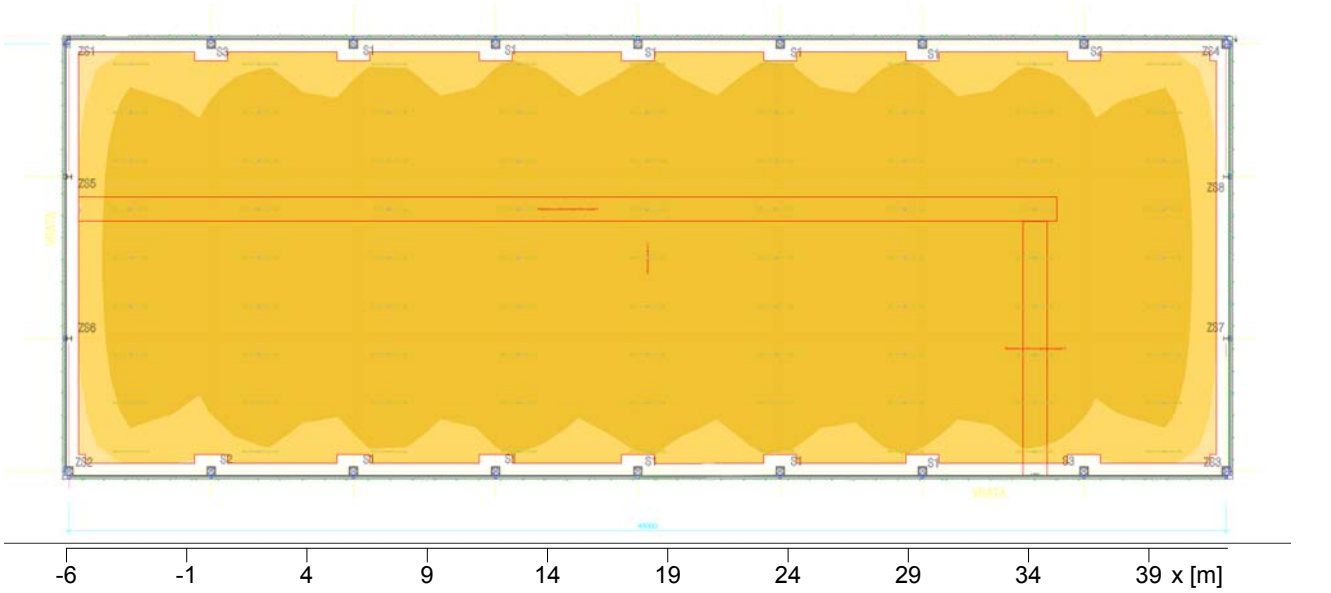
Prilog 2 – Izvješće programa Relux za protupaničnu rasvjetu

Objekt :
Prostor : Rasvjeta
Broj projekta : Projekt
Datum : 03.09.2021

Room 1

Sažetak, Room 1

Pregled rezultata, Površina izračuna 1





Rasvijetljenost [lx]

Općenito

Upotrijebljeni računski algoritam	Svjetiljke s dir.-/indirektnom raspodjelom
Faktor održavanja	0.75
Ukupni svjetlosni tok svih žarulja	268160.00 lm
Ukupna snaga	2365.0 W
Ukupna snaga po površini (870.02 m²)	2.72 W/m² (1.27 W/m²/100lx)

Površina izračuna 1	**Referentna površina 1.1**
	Horizontalno
Eavg	213 lx
Emin	140 lx
Emin/Em (Uo)	0.66
Emin/Emaks (Ud)	0.55
UGR (5.5H 14.7H)	<=23.3
Pozicija	0.75 m

Glavne površine	Eavg	Uo
Mp 1.19 (Strop)	66 lx	0.72
Mp 1.1 (Zid)	133 lx	0.55
Mp 1.2 (Zid)	111 lx	0.54
Mp 1.3 (Zid)	134 lx	0.56
Mp 1.4 (Zid)	142 lx	0.55
Mp 1.5 (Zid)	143 lx	0.57
Mp 1.6 (Zid)	139 lx	0.59
Mp 1.7 (Zid)	136 lx	0.61
Mp 1.8 (Zid)	137 lx	0.60
Mp 1.9 (Zid)	141 lx	0.59
Mp 1.10 (Zid)	134 lx	0.56

Objekt :
Prostor : Rasvjeta
Broj projekta : Projekt
Datum : 03.09.2021

Room 1

Sažetak, Room 1

Pregled rezultata, Površina izračuna 1

Mp 1.11 (Zid)	111 lx	0.56
Mp 1.12 (Zid)	133 lx	0.56
Mp 1.13 (Zid)	141 lx	0.59
Mp 1.14 (Zid)	137 lx	0.60
Mp 1.15 (Zid)	136 lx	0.61
Mp 1.16 (Zid)	139 lx	0.59
Mp 1.17 (Zid)	142 lx	0.57
Mp 1.18 (Zid)	142 lx	0.55

Tip	Kom.	Proizvod	
		Regent	
1	81	Tipska oznaka	: 2003.4277
		Naziv svjetiljke	: TRAQ ICE CASE INS m1500 LED3300-840 RB ONF
		Žarulje	: 1 x LED 29 W / 3300 lm
		Relux Demo	
2	2	Tipska oznaka	: Emergency-down -- Emergency Lighting --
		Naziv svjetiljke	: Emergency-down
		Žarulje	: 1 x T16 8 W / 430 lm (0%)

Objekt :
Prostor : Rasvjeta
Broj projekta : Projekt
Datum : 03.09.2021

Room 1

Rezultati izračuna, Room 1

Tablica, Referentna površina 1.1 (E)

[m]																														
16	141	175	167	163	183	192	172	171	194	192	170	176	201	188	169	183	201	182	170	190	197	176	172	195	191	169	174	194	184	164
	162	202	194	184	208	221	199	194	219	220	196	202	226	216	195	210	228	210	196	217	227	203	198	222	221	195	200	222	209	185
14	173	214	206	198	222	235	213	208	233	234	210	215	240	230	209	223	242	223	209	231	241	216	211	235	234	209	213	236	222	197
	178	221	213	204	229	242	219	215	240	241	217	222	247	237	216	230	249	230	216	238	248	223	218	242	241	215	220	243	229	204
12	180	223	216	207	232	246	223	218	244	245	220	226	251	241	219	233	253	233	219	241	251	226	221	246	245	218	223	246	232	207
	182	225	218	209	234	247	225	220	246	247	222	228	253	243	221	235	**[255]**	235	221	243	253	228	223	248	247	221	225	248	234	209
10	182	225	218	209	234	247	225	220	246	247	222	228	253	243	221	235	254	235	221	243	253	228	223	248	247	221	226	248	235	209
	180	223	216	207	232	245	222	218	244	245	220	226	251	240	219	233	253	233	219	241	251	226	221	246	245	219	224	247	233	207
8	177	220	212	204	228	242	219	214	240	241	217	222	247	237	215	230	249	230	216	238	248	223	218	243	241	216	221	244	230	204
	172	213	206	197	221	234	212	207	232	233	209	215	239	229	208	222	242	223	209	230	240	216	211	235	234	209	214	236	223	198
6	160	202	193	184	207	220	198	193	218	220	196	201	225	216	195	209	228	209	196	217	227	203	198	222	220	196	200	222	209	185
	(140)	176	167	163	183	191	171	170	193	191	169	176	200	187	168	182	200	182	170	190	197	175	171	194	191	169	174	194	184	164
4																														
2																														
	-45			-40			-35			-30			-25			-20			-15			-10			-5					

Rasvijetljenost [lx]



Dio1

Visina referentne površine		: 0.75 m
Srednja rasvijetljenost	Esr	: 213 lx
Minimalna rasvijetljenost	Emin	: 140 lx
Maksimalna rasvijetljenost	Emax	: 255 lx
Jednolikost Uo	Emin/Esr	: 1 : 1.53 (0.66)
Jednolikost Ud	Emin/Emax	: 1 : 1.82 (0.55)

Objekt :
Prostor : Rasvjeta
Broj projekta : Projekt
Datum : 03.09.2021

Room 1

Rezultati izračuna, Room 1

Tablica, Referentna površina 1.1 (E)

168	176	142
194	202	162
206	214	172
213	220	177
216	223	180
218	225	181
218	225	181
216	223	180
213	220	177
206	214	172
194	202	162
168	176	142

ŋ]



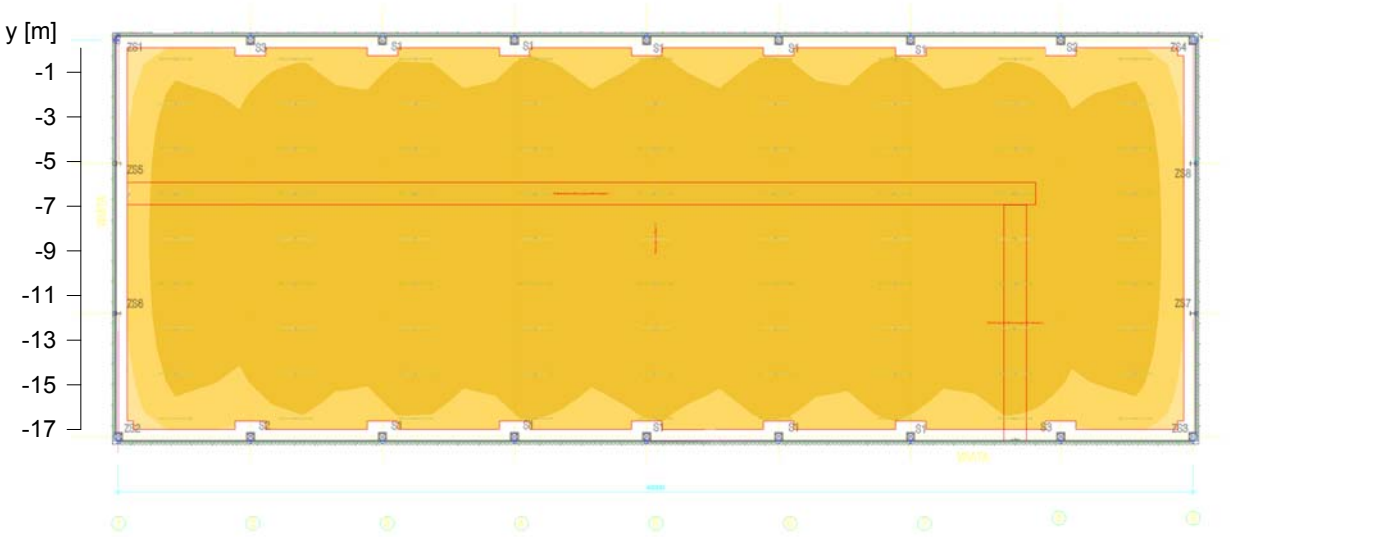
Dio2

Objekt :
Prostor : Rasvjeta
Broj projekta : Projekt
Datum : 03.09.2021

RELUX®

Rezultati izračuna, Room 1

Pseudo boje, Referentna površina 1.1 (E)



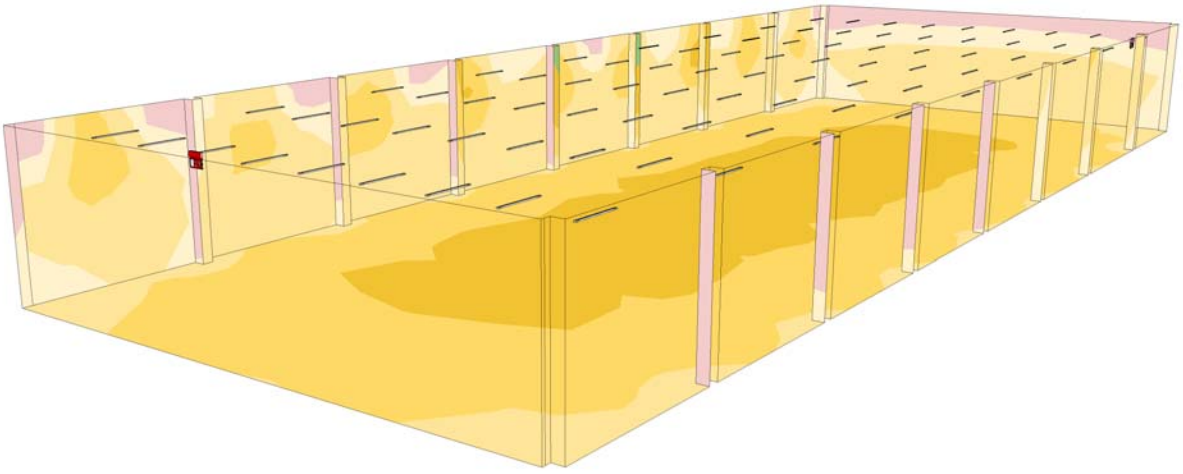
Visina referentne površine		: 0.75 m
Srednja rasvijetljenost	Esr	: 213 lx
Minimalna rasvijetljenost	Emin	: 140 lx
Maksimalna rasvijetljenost	Emax	: 255 lx
Jednolikost Uo	Emin/Esr	: 1 : 1.53 (0.66)
Jednolikost Ud	Emin/Emax	: 1 : 1.82 (0.55)

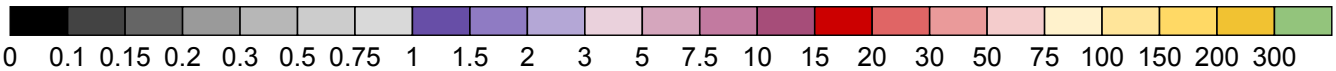
Objekt :
Prostor : Rasvjeta
Broj projekta : Projekt
Datum : 03.09.2021

RELUX®

Rezultati izračuna, Room 1

3D pseudo boje, Pogled 1 (E)





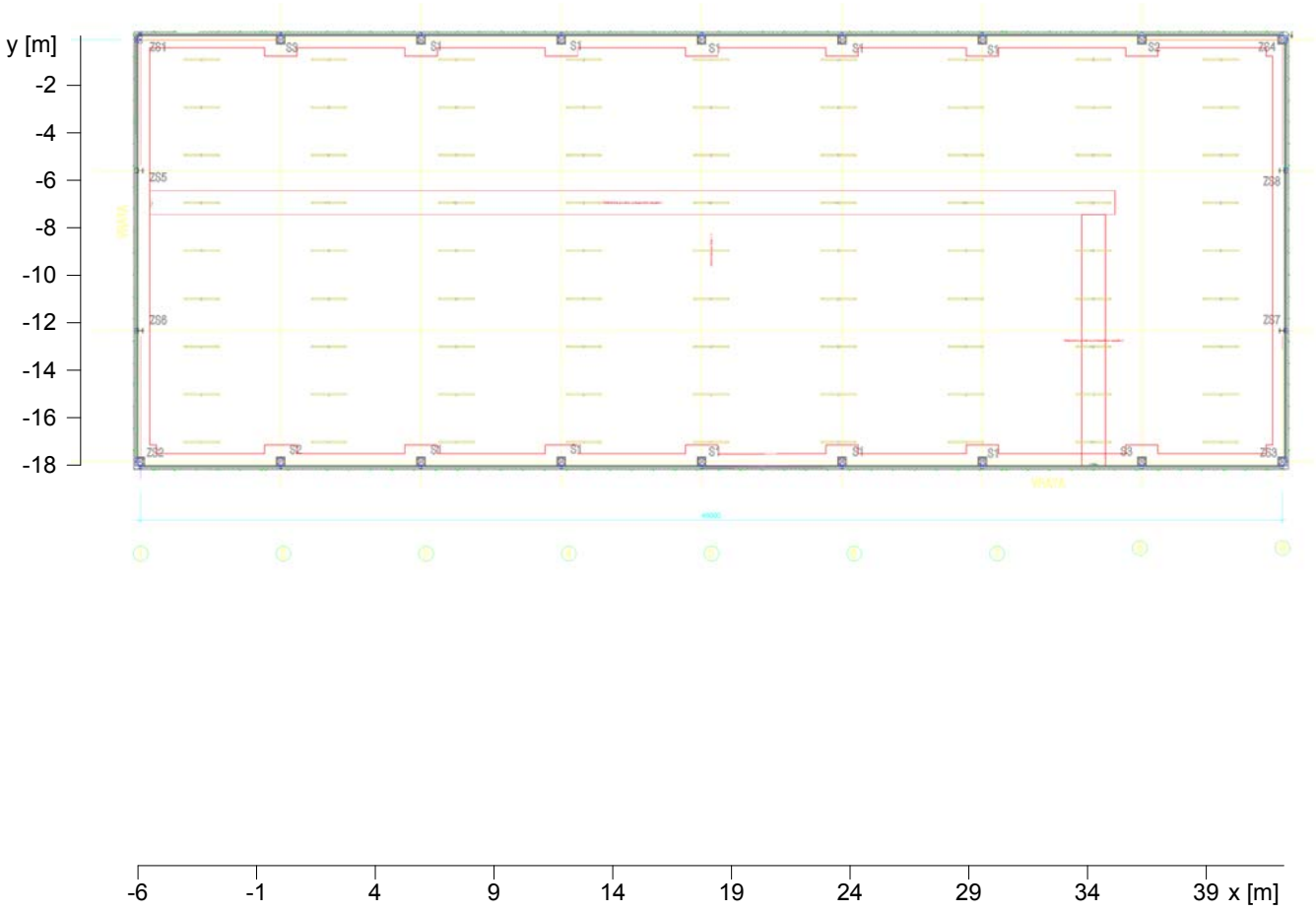
Rasvijetljenost [lx]

Objekt :
Prostor : Rasvjeta
Broj projekta : Projekt
Datum : 03.09.2021

RELUX®

Opis, Room 1

Tlocrt



Objekt :
Prostor : Rasvjeta
Broj projekta : Projekt
Datum : 03.09.2021

RELUX®

Opis, Room 1

Tlocrt

Zid	x	y	Dužina	Refleksije
1	10.51 m	22.09 m	0.36 m	50.0 %
2	5.00 m	22.09 m	5.51 m	50.0 %
3	4.68 m	22.08 m	0.32 m	50.0 %
4	4.69 m	4.38 m	17.70 m	50.0 %
5	4.79 m	4.38 m	0.10 m	50.0 %
6	4.97 m	4.38 m	0.18 m	50.0 %
7	4.97 m	4.02 m	0.36 m	50.0 %
8	10.51 m	4.02 m	5.55 m	50.0 %
9	10.51 m	4.38 m	0.36 m	50.0 %
10	10.87 m	4.38 m	0.36 m	50.0 %
11	10.87 m	4.02 m	0.36 m	50.0 %
12	16.42 m	4.02 m	5.55 m	50.0 %
13	16.42 m	4.38 m	0.36 m	50.0 %
14	16.78 m	4.38 m	0.36 m	50.0 %
15	16.78 m	4.02 m	0.36 m	50.0 %
16	22.33 m	4.02 m	5.55 m	50.0 %
17	22.33 m	4.38 m	0.36 m	50.0 %
18	22.69 m	4.38 m	0.36 m	50.0 %
19	22.69 m	4.02 m	0.36 m	50.0 %
20	28.24 m	4.02 m	5.55 m	50.0 %
21	28.24 m	4.38 m	0.36 m	50.0 %
22	28.60 m	4.38 m	0.36 m	50.0 %
23	28.60 m	4.00 m	0.38 m	50.0 %
24	34.15 m	4.02 m	5.55 m	50.0 %
25	34.15 m	4.38 m	0.36 m	50.0 %
26	34.51 m	4.38 m	0.36 m	50.0 %
27	34.51 m	4.02 m	0.36 m	50.0 %
28	40.05 m	4.02 m	5.55 m	50.0 %
29	40.05 m	4.38 m	0.36 m	50.0 %
30	40.41 m	4.38 m	0.36 m	50.0 %
31	40.41 m	4.02 m	0.36 m	50.0 %
32	46.76 m	4.02 m	6.35 m	50.0 %
33	46.76 m	4.38 m	0.36 m	50.0 %
34	47.12 m	4.38 m	0.36 m	50.0 %
35	47.12 m	4.02 m	0.36 m	50.0 %
36	52.67 m	4.02 m	5.55 m	50.0 %
37	52.67 m	4.38 m	0.36 m	50.0 %
38	52.95 m	4.38 m	0.28 m	50.0 %
39	52.95 m	21.72 m	17.34 m	50.0 %
40	52.67 m	21.72 m	0.28 m	50.0 %
41	52.67 m	22.09 m	0.36 m	50.0 %
42	47.12 m	22.09 m	5.55 m	50.0 %
43	47.12 m	21.72 m	0.36 m	50.0 %
44	46.76 m	21.72 m	0.36 m	50.0 %
45	46.76 m	22.09 m	0.36 m	50.0 %
46	40.41 m	22.09 m	6.35 m	50.0 %
47	40.41 m	21.72 m	0.36 m	50.0 %
48	40.05 m	21.72 m	0.36 m	50.0 %
49	40.05 m	22.09 m	0.36 m	50.0 %
50	34.51 m	22.09 m	5.55 m	50.0 %
51	34.51 m	21.72 m	0.36 m	50.0 %
52	34.15 m	21.72 m	0.36 m	50.0 %
53	34.15 m	22.09 m	0.36 m	50.0 %
54	28.60 m	22.09 m	5.55 m	50.0 %
55	28.60 m	21.72 m	0.36 m	50.0 %
56	28.24 m	21.72 m	0.36 m	50.0 %
57	28.24 m	22.09 m	0.36 m	50.0 %
58	22.69 m	22.09 m	5.55 m	50.0 %
59	22.69 m	21.72 m	0.36 m	50.0 %
60	22.33 m	21.72 m	0.36 m	50.0 %
61	22.33 m	22.09 m	0.36 m	50.0 %
62	16.78 m	22.09 m	5.55 m	50.0 %

Objekt :
Prostor : Rasvjeta
Broj projekta : Projekt
Datum : 03.09.2021

RELUX®

Opis, Room 1

Tlocrt

63	16.78 m	21.72 m	0.36 m	50.0 %
64	16.42 m	21.72 m	0.36 m	50.0 %
65	16.42 m	22.09 m	0.36 m	50.0 %
66	10.87 m	22.09 m	5.55 m	50.0 %
67	10.87 m	21.72 m	0.36 m	50.0 %
68	10.51 m	21.72 m	0.36 m	50.0 %
Pod				20.0 %
Strop				70.0 %

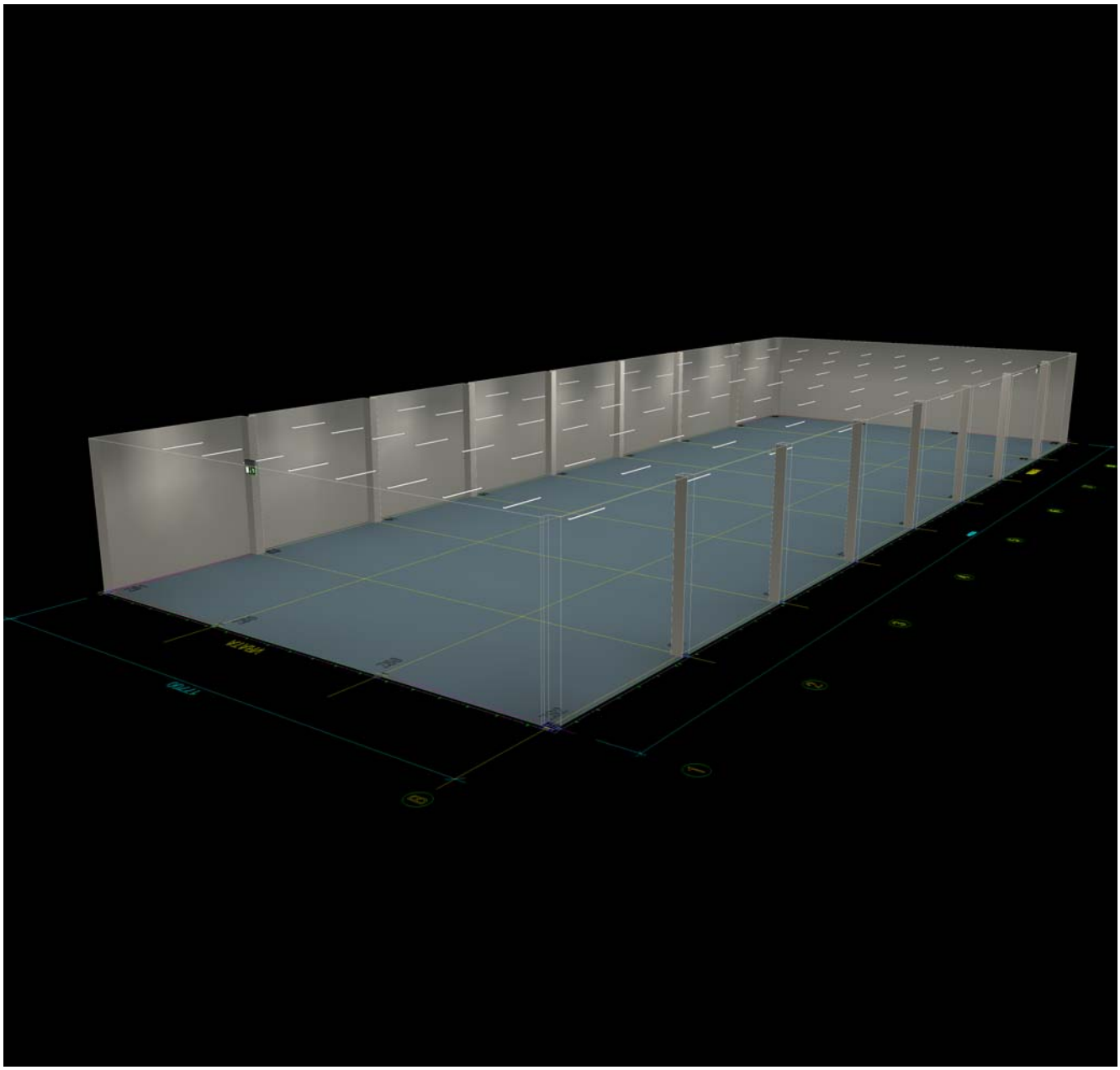
Visina prostora	5.00 m
Visina refer. površine	0.75 m

Objekt :
Prostor : Rasvjeta
Broj projekta : Projekt
Datum : 03.09.2021

RELUX®

Rezultati izračuna, Room 1

3D sjajnost, Pogled 1

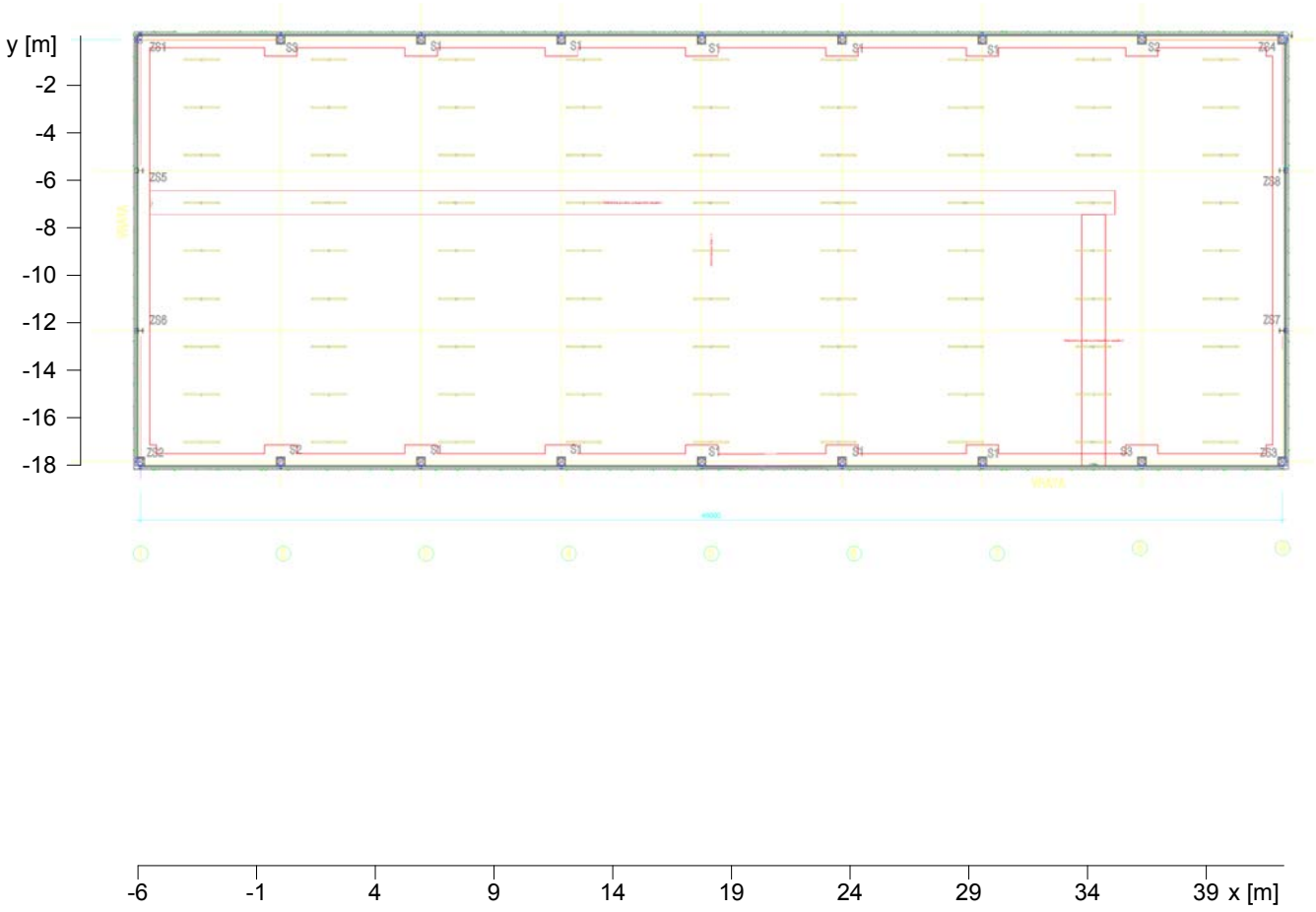


Objekt :
Prostor : Rasvjeta
Broj projekta : Projekt
Datum : 03.09.2021

Room 1

Opis, Room 1

Tlocrt



Objekt :
Prostor : Rasvjeta
Broj projekta : Projekt
Datum : 03.09.2021

RELUX®

Room 1

Opis, Room 1

Tlocrt

Zid	x	y	Dužina	Refleksije
1	10.51 m	22.09 m	0.36 m	50.0 %
2	5.00 m	22.09 m	5.51 m	50.0 %
3	4.68 m	22.08 m	0.32 m	50.0 %
4	4.69 m	4.38 m	17.70 m	50.0 %
5	4.79 m	4.38 m	0.10 m	50.0 %
6	4.97 m	4.38 m	0.18 m	50.0 %
7	4.97 m	4.02 m	0.36 m	50.0 %
8	10.51 m	4.02 m	5.55 m	50.0 %
9	10.51 m	4.38 m	0.36 m	50.0 %
10	10.87 m	4.38 m	0.36 m	50.0 %
11	10.87 m	4.02 m	0.36 m	50.0 %
12	16.42 m	4.02 m	5.55 m	50.0 %
13	16.42 m	4.38 m	0.36 m	50.0 %
14	16.78 m	4.38 m	0.36 m	50.0 %
15	16.78 m	4.02 m	0.36 m	50.0 %
16	22.33 m	4.02 m	5.55 m	50.0 %
17	22.33 m	4.38 m	0.36 m	50.0 %
18	22.69 m	4.38 m	0.36 m	50.0 %
19	22.69 m	4.02 m	0.36 m	50.0 %
20	28.24 m	4.02 m	5.55 m	50.0 %
21	28.24 m	4.38 m	0.36 m	50.0 %
22	28.60 m	4.38 m	0.36 m	50.0 %
23	28.60 m	4.00 m	0.38 m	50.0 %
24	34.15 m	4.02 m	5.55 m	50.0 %
25	34.15 m	4.38 m	0.36 m	50.0 %
26	34.51 m	4.38 m	0.36 m	50.0 %
27	34.51 m	4.02 m	0.36 m	50.0 %
28	40.05 m	4.02 m	5.55 m	50.0 %
29	40.05 m	4.38 m	0.36 m	50.0 %
30	40.41 m	4.38 m	0.36 m	50.0 %
31	40.41 m	4.02 m	0.36 m	50.0 %
32	46.76 m	4.02 m	6.35 m	50.0 %
33	46.76 m	4.38 m	0.36 m	50.0 %
34	47.12 m	4.38 m	0.36 m	50.0 %
35	47.12 m	4.02 m	0.36 m	50.0 %
36	52.67 m	4.02 m	5.55 m	50.0 %
37	52.67 m	4.38 m	0.36 m	50.0 %
38	52.95 m	4.38 m	0.28 m	50.0 %
39	52.95 m	21.72 m	17.34 m	50.0 %
40	52.67 m	21.72 m	0.28 m	50.0 %
41	52.67 m	22.09 m	0.36 m	50.0 %
42	47.12 m	22.09 m	5.55 m	50.0 %
43	47.12 m	21.72 m	0.36 m	50.0 %
44	46.76 m	21.72 m	0.36 m	50.0 %
45	46.76 m	22.09 m	0.36 m	50.0 %
46	40.41 m	22.09 m	6.35 m	50.0 %
47	40.41 m	21.72 m	0.36 m	50.0 %
48	40.05 m	21.72 m	0.36 m	50.0 %
49	40.05 m	22.09 m	0.36 m	50.0 %
50	34.51 m	22.09 m	5.55 m	50.0 %
51	34.51 m	21.72 m	0.36 m	50.0 %
52	34.15 m	21.72 m	0.36 m	50.0 %
53	34.15 m	22.09 m	0.36 m	50.0 %
54	28.60 m	22.09 m	5.55 m	50.0 %
55	28.60 m	21.72 m	0.36 m	50.0 %
56	28.24 m	21.72 m	0.36 m	50.0 %
57	28.24 m	22.09 m	0.36 m	50.0 %
58	22.69 m	22.09 m	5.55 m	50.0 %
59	22.69 m	21.72 m	0.36 m	50.0 %
60	22.33 m	21.72 m	0.36 m	50.0 %
61	22.33 m	22.09 m	0.36 m	50.0 %
62	16.78 m	22.09 m	5.55 m	50.0 %

Objekt :
Prostor : Rasvjeta
Broj projekta : Projekt
Datum : 03.09.2021

Room 1

Opis, Room 1

Tlocrt

63	16.78 m	21.72 m	0.36 m	50.0 %
64	16.42 m	21.72 m	0.36 m	50.0 %
65	16.42 m	22.09 m	0.36 m	50.0 %
66	10.87 m	22.09 m	5.55 m	50.0 %
67	10.87 m	21.72 m	0.36 m	50.0 %
68	10.51 m	21.72 m	0.36 m	50.0 %
Pod				20.0 %
Strop				70.0 %

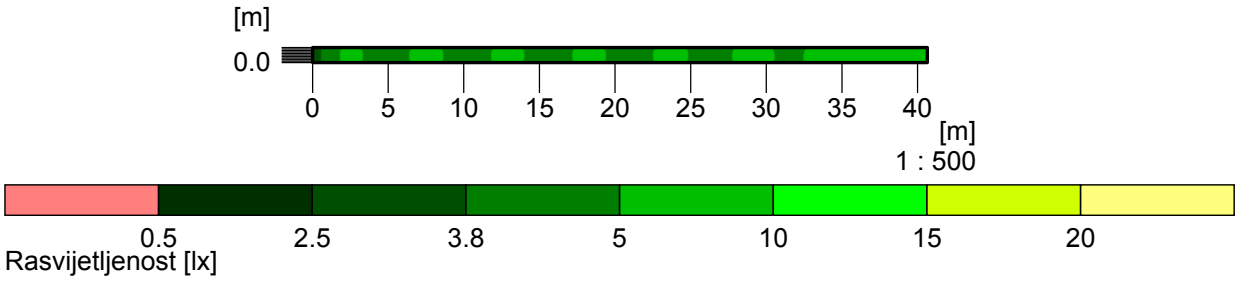
Visina prostora	5.00 m
Visina refer. površine	0.75 m

Objekt :
Prostor : Rasvjeta
Broj projekta : Projekt
Datum : 03.09.2021

Room 1

Rezultati izračuna, Room 1

Granična linija



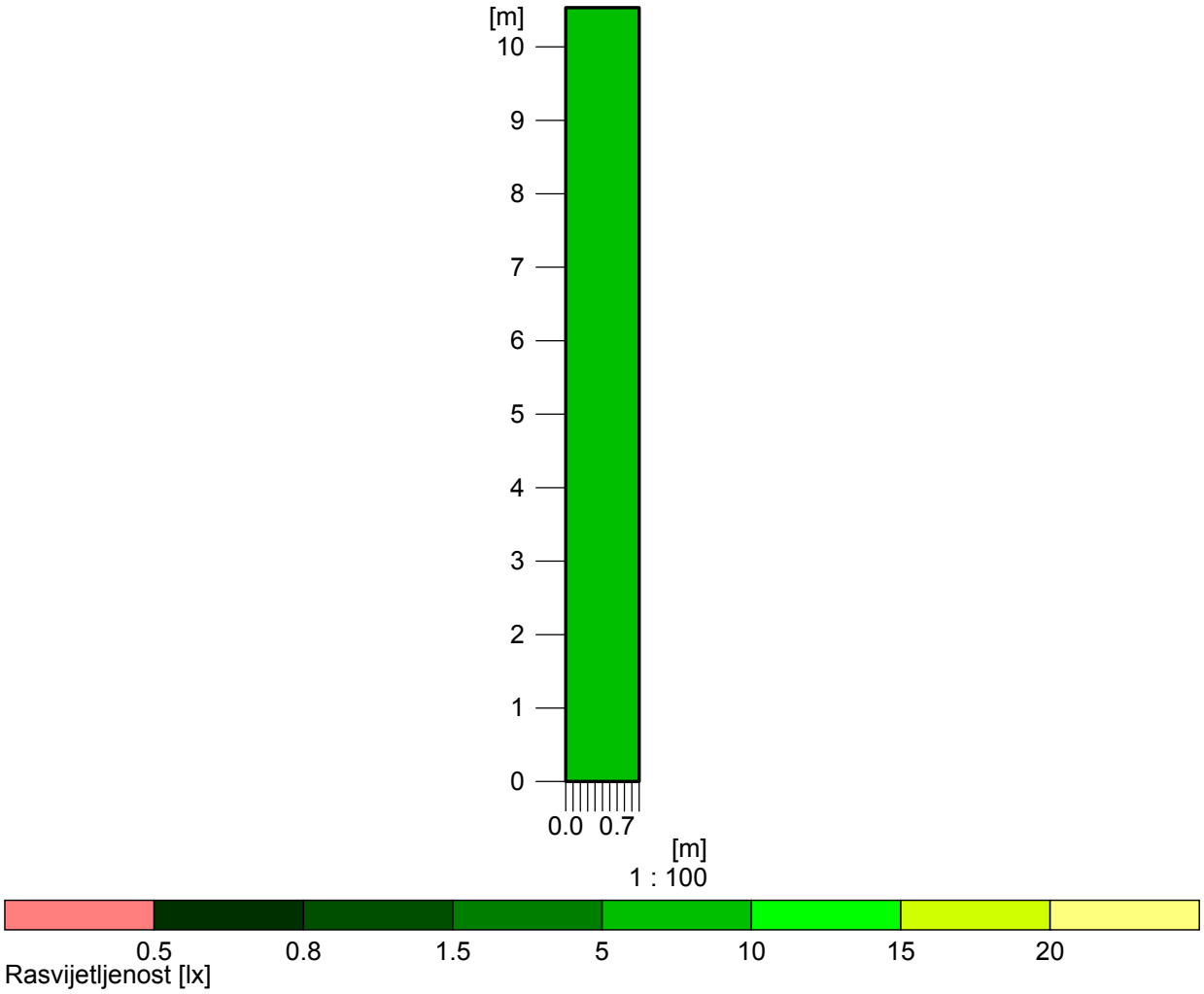
Zahtijevana minimalna rasvijetljenost		: 0.5 lx
Minimalna rasvijetljenost	Emin	: 3.2 lx
Maksimalna rasvijetljenost	Emax	: 8.5 lx
Jednolikost	Emin/Emax	: 1 : 2.66 (0.38) (Granična vrijednost 1:40)
Visina		: 0 m
Upotrijebljeni računski algoritam		: Direktni dio
Faktor održavanja		: 0.8

Objekt :
Prostor : Rasvjeta
Broj projekta : Projekt
Datum : 03.09.2021

RELUX®

Rezultati izračuna, Room 1

Granična linija



Zahtijevana minimalna rasvijetljenost		: 0.5 lx
Minimalna rasvijetljenost	Emin	: 5.1 lx
Maksimalna rasvijetljenost	Emax	: 8.9 lx
Jednolikost	Emin/Emax	: 1 : 1.76 (0.57) (Granična vrijednost 1:40)
Visina		: 0 m
Upotrijebljeni računski algoritam		: Direktni dio
Faktor održavanja		: 0.8

Objekt :
Prostor : Rasvjeta
Broj projekta : Projekt
Datum : 03.09.2021

RELUX®

Sažetak, Room 1

Pregled rezultata (protupanična rasvjeta)

Tip	Kom.	Proizvod		
		Regent		
1	11	Tipska oznaka	: 2003.4277	
		Naziv svjetiljke	: TRAQ ICE CASE INS m1500 LED3300-840 RB ONF	
		Žarulje	: 1 x LED 29 W / 330 lm	
		Relux Demo		
2	2	Tipska oznaka	: Emergency-down	-- Emergency Lighting --
		Naziv svjetiljke	: Emergency-down	
		Žarulje	: 1 x T16 8 W / 430 lm	

Rezultati na referentnoj površini

Upotrijebljeni računski algoritam: Direktni dio
Faktor održavanja: 0.8

Ravnina za protupaničnu rasvjetu

Br.	zadana vrij.[lx]	Emin[lx]	Površina Emax[lx]	jednolik.	visina
Referentna površina protupanične rasvjete 1					
1	0.5	3.2	8.5	1: 2.66	0.00
Referentna površina protupanične rasvjete 2					
2	0.5	5.1	8.9	1: 1.76	0.00