

# Sustavi upravljanja i nadzora rasvjete

---

**Breitenbach, Josip**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2015**

*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:200:403571>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-06**

*Repository / Repozitorij:*

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



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET**

**Sveučilišni studij**

**SUSTAVI UPRAVLJANJA I NADZORA RASVJETE**

**Diplomski rad**

**Josip Brajtenbah**

**Osijek, 2014.**



**ETFOS**  
ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET OSIJEK



Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

## Obrazac D1: Obrazac za imenovanje Povjerenstva za obranu diplomskog rada

Osijek,

Odboru za završne i diplomske ispite

### Imenovanje Povjerenstva za obranu diplomskog rada

Ime i prezime studenta:	Josip Brajtenbah
Studij, smjer:	Diplomski studij elektrotehnike, Energetika
Mat. br. studenta, godina upisa:	D-639, 2012
Mentor:	Doc.dr.sc. Zvonimir Klaić
Sumentor:	
Predsjednik Povjerenstva:	Prof.dr.sc. Marinko Stojkov
Član Povjerenstva:	Krešimir Fekete
Naslov diplomskog rada:	Sustavi za upravljanja i nadzora rasvjete
Primarna znanstvena grana rada:	<b>Energetika</b>
Sekundarna znanstvena grana (ili polje) rada:	
Zadatak diplomskog rada:	
Prijedlog ocjene pismenog dijela ispita (diplomskog rada):	
Kratko obrazloženje ocjene prema Kriterijima za ocjenjivanje završnih i diplomskih radova:	Primjena znanja stečenih na fakultetu: Postignuti rezultati u odnosu na složenost zadatka: Jasnoća pismenog izražavanja: Razina samostalnosti:

Potpis sumentora:

Potpis mentora:

Dostaviti:

1. Studentska služba

U Osijeku,                      godine

Potpis predsjednika Odbora:



**ETFOS**  
ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET OSIJEK



Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

## IZJAVA O ORIGINALNOSTI RADA

Osijek, 4.3.2015

**Ime i prezime studenta:**

Josip Brajtenbah

**Studij :**

Diplomski studij elektrotehnike, Energetika

**Mat. br. studenta, godina upisa:**

D-639, 2012

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom:

Sustavi upravljanja i nadzora rasvjete

izrađen pod vodstvom mentora

Doc.dr.sc. Zvonimira Klaića, dipl.ing.

i sumentora

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

Potpis studenta:

# Sadržaj

1. UVOD.....	1
2. STRATEGIJE UPRAVLJANJA RASVJETOM.....	2
2.1. Strategije upravljanja energijom .....	2
2.1.1. Predvidivi raspored.....	2
2.1.2. Nepredvidivi raspored .....	3
2.1.3. Dnevno svjetlo .....	3
2.1.4. Razina rasvijetljenosti.....	4
2.1.5. Upravljanje svjetlosnim tokom.....	5
2.1.6. Rasipanje tereta i smanjenje potražnje.....	5
2.2. Upravljanje estetikom .....	6
2.2.1. Ručno upravljanje.....	6
2.2.2. Pretpostavljeni upravljački sustavi .....	7
2.2.3. Centralni sustavi .....	7
2.2.4. Lokalni sustavi .....	7
3. TEHNIKE UPRAVLJANJA RASVJETOM.....	8
3.1. Prekidanje ili prigušivanje.....	8
3.2. Lokalno ili centralno .....	10
3.3. Integracija sustava.....	11
3.4 Radio veze .....	13
4. OPREMA ZA KONTROLU RASVJETE.....	14
4.1. Ručno preklapanje.....	14
4.2. Vremenske sklopke i senzori .....	15
4.2.1. Uređaji za vremensko upravljanje.....	15
4.2.2. Fotosenzori.....	15
4.2.3. Senzori prisutnosti/pokreta.....	16
4.3. Centralni procesori .....	18
5. RASVJETA SPORTSKIH TERENA .....	20
5.1. Funkcija rasvjete za sportske aktivnosti .....	20
5.2 Ključni faktori.....	20
5.2.1. Standardi udaljenosti odigravanja i prikazivanja.....	21
5.2.2. Sportski teren .....	21
5.2.3. Posebna rasvjeta .....	22
5.2.4. Televizija .....	22

5.2.5. Prekid opskrbe.....	23
5.2.6. Intenzivna rasvjeta .....	23
5.3. Norme za rasvjetu .....	24
5.3.1 Atletika .....	24
5.3.2. Kuglane .....	25
5.3.3. Fitness trening .....	26
5.3.4. Nogomet.....	26
5.3.5. Plivanje .....	26
5.4. Rasvjeta u velikim objektima.....	27
5.4.1 Višenamjenske sportske dvorane.....	27
5.4.2. Mali sportski stadioni .....	27
5.4.3. Zatvorene arene .....	28
6. PROJEKTIRANJE RASVJETE SPORTSKOG OBJEKTA U PROGRAMU DIALux evo .....	29
6.1. Kreiranje novog projekta .....	30
6.2. Projektiranje rasvjetnih tijela .....	39
6.3. Dokumentiranje dobivenih rezultata .....	42
7. ANALIZA REZULTATA DOBIVENIH PROGRAMSKIM PAKETOM DIALux evo .....	44
7.1. Rukomet TV prijenos .....	44
7.2. Košarka TV prijenos .....	47
7.3 Rukomet natjecanje .....	50
7.4. Košarka natjecanje .....	53
7.5. Nastava sredina .....	55
7.6. Održavanje.....	57
7.7. Ulaz i hodnici .....	60
7.8. Prostorije kluba .....	62
7.9. Kabinet nastavnika .....	64
7.10. Kabinet fizičke kulture i ambulanta.....	66
7.11. WC za invalide 1 .....	68
7.12. WC za invalide 2 .....	70
7.13. WC za invalide 3 .....	72
7.14. Muški WC.....	74
7.15. Ženski WC.....	76
7.16. Svlačionica 1 .....	78
7.17. Svlačionica 2 .....	79

7.18. Režija dvorane .....	81
7.19. Spremište sprava i opreme.....	83
7.20. Komentiranje dobivenih rezultata.....	84
8. ZAKLJUČAK.....	86
9. LITERATURA .....	87
10. SAŽETAK.....	88
SUMMARY .....	88
ŽIVOTOPIS.....	89

# 1.UVOD

U današnje vrijeme sve bržeg razvoja tehnologije, sve je više načina i različitih mogućnosti za upravljanje i nadzor rasvjete, što u konačnici rezultira uštedom električne energije. Postoje različite strategije, tehnike i načini upravljanja rasvjetom kojima se postižu željeni učinci. U osnovi, svjetlosni izvori se opremaju ovakvim načinima upravljanja iz jednog od dva razloga; zbog upravljanja estetikom koja usklađuje intenzitet svjetla i tako kontrolira kvalitetu vizualnog okoliša ili radi upravljanja energijom koja ograničava uporabu svjetla na vrijeme kada je potrebno, te tako smanjuje nepotrebnu potrošnju svjetlosne energije.

Glavni zadatak ovog diplomskog rada bio je po uzoru na idejni projekt dvorane u izgradnji napraviti simulaciju rasvjete koristeći programski paket DIALux evo. U šestom poglavlju detaljno je opisan način početka rada u programu, opisan je pripremni dio potreban za sami rad u programu, te način postavljanja svih elemenata građevine u projektu. Sedmo poglavlje prikazuje analizu dobivenih rezultata.

U drugom poglavlju opisane su strategije upravljanja rasvjetom na temelju rasporeda upotrijebljenog prostora, stanja okoline i načina na koji možemo upravljati rasvjetom.

Treće poglavlje bavi se tehnikama upravljanja rasvjetom u kojima se razmatra ukoliko je bolje centralno ili lokalno upravljanje, te što se sve može postići tehnikama prigušivanja.

Četvrto poglavlje odnosi se na opremu za upravljanje rasvjetom. Opisani su uređaji koji pomažu pri upravljanju rasvjetom, odnosno uređaji koji služe za uključivanje i isključivanje rasvjete.

U petom poglavlju opširnije je opisana rasvjeta koja se koristi u sportskim objektima različite namjene, koje norme treba poštivati i kolika rasvijetljenost je potrebna za pojedini sport.



## **2. STRATEGIJE UPRAVLJANJA RASVJETOM**

Kroz upravljanje rasvjetom želi se postići sljedeće:

- Upravljanje energijom
- Estetika
- Mjere kodeksa

Upravljanje energijom za sustave rasvjete pruža energetske i troškovne uštede kroz redukciju snage i vremena korištenja. Upravljanje rasvjetom sa estetskog gledišta uključuje mogućnost promjene funkcije prostora uz stvaranje određenog ugođaja kroz upravljanje kvalitetom rasvjete, bojom, položajem i jačinom. Strategije upravljanja estetikom mogu značajno poboljšati kvalitetu prostora, dok strategije za upravljanje energijom mogu pružiti značajne energetske uštede.[1]

### **2.1. Strategije upravljanja energijom**

Strategije upravljanja energijom nekog prostora mogu se unaprijed osmisliti, te to uvelike može pridonijeti smanjenju potrošnje električne energije. Neki od čimbenika koji utječu na planiranje rasvjete nekog prostora jesu poznavanje rasporeda koji se odvija u tom prostoru, kao što su predvidivi ili nepredvidivi rasporedi, količina dnevnog svjetla koja ulazi u prostor, te stanje rasvijetljenosti prostora.

#### **2.1.1. Predvidivi raspored**

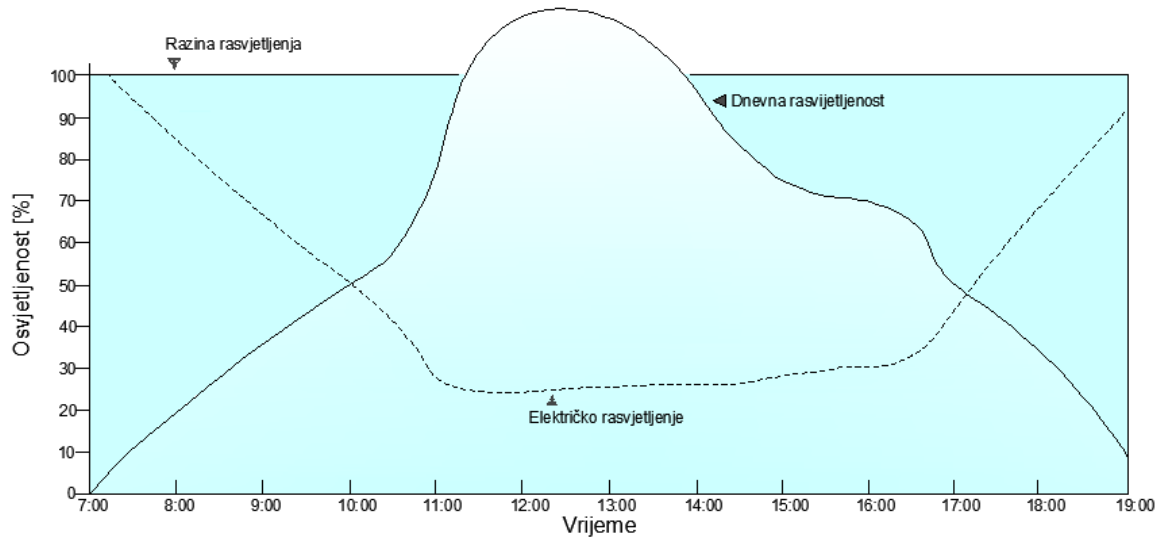
Ondje gdje se aktivnosti obavljaju rutinski tijekom dana, upravljanje rasvjetnim tijelima može se vršiti na bazi fiksnog rasporeda(s poništavanjem ukoliko ima varijacija unutar rasporeda). Na primjer, vremena dolaska i odlaska osoblja, vrijeme ručka i vrijeme čišćenja su predvidivi za radne dane, vikende i praznike u mnogim tvornicama, uredima, školama, knjižnicama i maloprodajnim trgovinama. Strategije predvidivih rasporeda su posebno djelotvorne kada su radni prostori dobro definirani za cijelo područje. Takve strategije mogu reducirati energetske potrošnje za 40%, eliminirajući rasipanje energije uzrokovano radom dok prostor nije okupiran. Automatski raspored također oslobađa zaposlenike od tereta upravljanja rasvjetom i može se koristiti za označavanje vremena posebnih aktivnosti, poput otvaranja i zatvaranja trgovine.[1]

### **2.1.2. Nepredvidivi raspored**

Mnogi su događaji nepredvidivi i bez rasporeda, poput praznih radnih mjesta zbog bolesti, odmora, sastanaka zaposlenika tj. nepredvidivih događaja. Neoznačena područja poput restorana, konferencijskih dvorana, soba za odmor ili kabina u trgovinama koja se koriste povremeno i za koje je nemoguće napraviti raspored. Kako se takva područja ne mogu podvrgnuti predvidivom rasporedu, učinkovitije su tehnike lokalnog automatskog upravljanja umjesto uobičajenog oslanjanja na ručno upravljanje rasvjetom. Strategije nepredvidivog rasporeda koje koriste senzore prisutnosti/pokreta mogu dovesti do uštede od preko 60% na nekim područjima. Kako bi se procijenile koristi automatskog upravljanja, vrlo je bitno znati koliko vremena je neki prostor prazan. Također vrlo je važno razmotriti da gašenje i paljenje svjetla može smetati ljudima u susjednim prostorijama ili u uredu otvorenog tipa. Zbog estetike, sigurnosti i prihvatljivosti, rasvjeta u tim prostorijama može se prigušiti umjesto da se potpuno ugasi.[1]

### **2.1.3. Dnevno svjetlo**

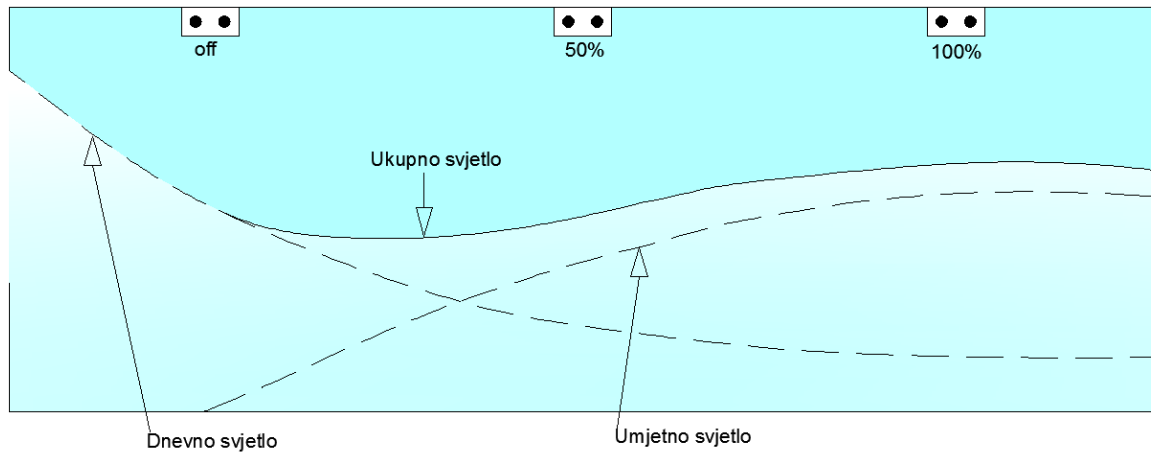
U neposrednoj blizini prozora, dio željene rasvijetljenosti može se dobiti kroz dnevno svjetlo. U tim područjima, smanjivanje snage električne rasvjete kao odgovor na količinu dnevnog svjetla, smanjuje energetske potrošnje. Pri tome se mogu koristiti strategije prigušivanja i prekidanja. Za uspješnu primjenu preklapanja na bazi dnevnog svjetla moraju biti dostupne dovoljne količine dnevnog svjetla kako bi ostala dovoljna rasvijetljenost nakon isključivanja električne rasvjete. Realizirana ušteda iz dnevnog svjetla ovisi o mnogim čimbenicima, poput klimatskih uvjeta, obliku zgrade, orijentaciji i dizajnu, dizajniranim i ugrađenim sensorima i načinima upravljanja, te aktivnosti u zgradi. Pod nekim uvjetima dnevna svjetlost može uvelike smanjiti trošak električne energije kada se primjenjuju fotoelektrički senzori (Slika 2.1.). Slika 2.1. prikazuje kako prigušivači aktivirani fotoćelijama održavaju stalan nivo rasvijetljenja, podešavajući izlaz električnog rasvjetnog tijela u skladu s promjenom rasvijetljenosti okoline. Ovo je vrlo važno tijekom perioda vršne potražnje kada je cijena električne energije skuplja nego za vrijeme kada nije vršni period. Važno je da upravljanje električnom rasvjetom bude prikladno integrirano s rasvjetnim uzorkom dnevnog svjetla, kako bi se održala potrebna količina i kvaliteta rasvjete.[1]



**Slika 2.1.** Prigušivači aktivirani fotočelijama održavaju stalan nivo rasvjetljenja podešavajući izlaz električnog rasvjetnog tijela u skladu s promjenom rasvjetljenosti okoline

#### 2.1.4. Razina rasvjetljenosti

Jedan od ciljeva dizajniranja rasvjete je balansiranje različitih nivoa svjetlosti, tako da se smanji odsjaj i uklone sjene. Primjerice, kontrola rasvjete se može koristiti kako bi se ublažila vrlo jaka svjetlost zbog prozora u unutarnjim prostorima. Jedna tehnika kontrole je ograničavanje ulaska svjetla u prostor korištenjem zastora ili sjenila. Drugi mogući pristup za unutarnje prostore je povećanje rasvjetljenosti koju pružaju električka svjetla. Načini upravljanja rasvjetom često posreduju pri prijenosu između dva područja razine rasvjetljenosti. Jedan od primjera gdje se koristi ovakav način upravljanja je u tunelima. Rasvjetljenost proizvedena električkim svjetlima u ulaznoj zoni tunela ovisi o nivou dnevne rasvjetljenosti, te se u ovoj zoni proizvodi više rasvjetljenja za vrijeme sunčanih dana nego za vrijeme oblačnih. Na slici 2.2. prikazan je prostor u kojem se nalaze tri rasvjetna elementa od kojih svaki element ima dvije žarulje. U tom prostoru prikazuje se koliko brzo opada rasvjetljenost sa zida s prozorom, te se s povećanjem udaljenosti od prozora u ovom prostoru dnevno svjetlo mora dopuniti električkom rasvjetom.[1]



**Slika 2.2.** Opadanje rasvijetljenosti sa zida s prozorom

### 2.1.5. Upravljanje svjetlosnim tokom

Sustavi rasvjete obično su dizajnirani za minimalnu održivu razinu rasvijetljenja. Ovo zahtijeva da nivo novog rasvjetnog sustava premašuje dizajnirani minimum za 20 do 30% kako bi dopustio pad svjetlosnog toka, posebice pad svjetlosnog toka lampe. Kontrolna strategija pada razine svjetlosnog toka zahtijeva smanjivanje inicijalne rasvijetljenosti novog sustava na dizajnirani minimalni nivo. Održavanje svjetlosnog toka može se postići korištenjem prigušivačkog sustava s fotosenzorskim ulazom. Kontrolni sustav za održavanje svjetlosnog toka je najučinkovitiji kada se zajedno kontroliraju veliki blokovi rasvjetnih tijela. Zajednička promjena žarulja, kako bi se sva svjetla održala na istoj razini svjetlosti, potrebna je da bi sustav bio učinkovit u smanjenju energetske troškova i troškova održavanja.[1],[2]

### 2.1.6. Rasipanje tereta i smanjenje potražnje

Račun za električnu energiju zgrade može se učinkovito smanjiti kontroliranjem potražnje za energijom rasvjete na kratke vremenske periode. Selektivna redukcija rasvijetljenosti u manje kritičnim područjima može biti posebice učinkovita kada se redukcija odvija u vrijeme vršne potrošnje električne energije. Ovo se posebice ističe ljeti, jer smanjenjem svjetlosnog tereta smanjuje se teret potreban za hlađenje zgrade. [1]

## **2.2. Upravljanje estetikom**

U velikoj većini prostori u komercijalnim, institucijskim i stambenim primjenama koriste se za više od jedne svrhe. Različiti zadaci zahtijevaju različite uvjete rasvjete koje postizemo estetskim načinom upravljanja. Upravljanje estetikom omogućuje podešavanje rasvjete s namjenom održavanja ljudskih vizualnih performansi i promjenom ugođaja prostora. Estetski načini upravljanja uključuju prekidanje i prigušivanje. Prigušivanjem se mogu pružiti dinamički učinci ili stvoriti snažne fokalne točke. Promjene se mogu dogoditi brzo, kako bi stvorile uzbuđenje ili suptilno, kako bi stvorile glatki prijelaz između različitih funkcija sobe.

Za mnoge estetičke primjene potrebno je upravljati rasvjetom preko širokog područja. U konferencijskim dvoranama potrebna je visoka razina rasvijetljenosti za zadatke čitanja, dok bi za prezentacije bila potrebna desetina ili manje od predviđenoga za čitanje. Razlike u potrebnoj rasvijetljenosti su rezultat razlika u vidljivosti zadatka i adaptacije oka na promjene rasvijetljenosti.

Važno je koristiti izvor svjetla koji se može prikladno prigušiti. Žarulje sa žarnom niti ili niskonaponske žarulje sa žarnom niti mogu se prigušiti na nulti izlaz. Fluorescentni izvori mogu se prigušiti na 1% izlaza kada se koriste određeni prigušni balasti. Neonske i hladne katodne žarulje mogu biti prigušene na 10% maksimalnog svjetlosnog izlaza. HID izvori mogu se prigušiti na otprilike 20% maksimalnog svjetlosnog izlaza, ali imaju spor odaziv i jak pomak boja što ih čini lošim izborom za estetičke primjene. [1], [2]

### **2.2.1. Ručno upravljanje**

Ručne kontrole (prekidači i prigušivači) često se koriste u komercijalnim, institucionalnim, industrijskim i stambenim zgradama. Kako bi bilo učinkovito, ručno upravljanje treba biti jednostavno i prikladno za korištenje. Broj kanala bi se trebao minimizirati kako bi se izbjegle zabune. Kontrolni paneli bi se trebali jasno i trajno označiti. Izgled upravljačkog sustava je također važan. Prekidači i prigušivači trebali bi se slagati i uklopiti u sveukupni arhitekturni stil prostora.[1]

### **2.2.2. Pretpostavljeni upravljački sustavi**

Pretpostavljeni upravljački sustavi omogućuju upravljanje nekoliko kanala rasvjete istovremeno. Svi kanali programirani su za pružanje više scena; svaka od scena odabire se pritiskom na tipku. Pretpostavljeni sustavi su važni u multifunkcionalnim komercijalnim prostorima, poput konferencijskih soba i dvorana. Također se koriste u stambenim primjenama za područja poput dnevne sobe, blagovaonice ili medijske sobe.[1],[3]

### **2.2.3. Centralni sustavi**

Sustavi centralnog prigušivanja su najsnažniji od svih mogućnosti grupnog prigušivanja. Poput teatralnih sustava prigušivanja, oni imaju barem jednu centralnu ploču prigušivanja s prigušivačima koji su prikladni za jednu vrstu tereta. Sami po sebi, prigušivači su uređaji za bavljenje snagom. Logika kontrolne funkcije je tipična u upravljačkim stanicama koje mogu isključivati procesore i nekoliko vrsta pretpostavljenih načina upravljanja.[1], [3]

### **2.2.4. Lokalni sustavi**

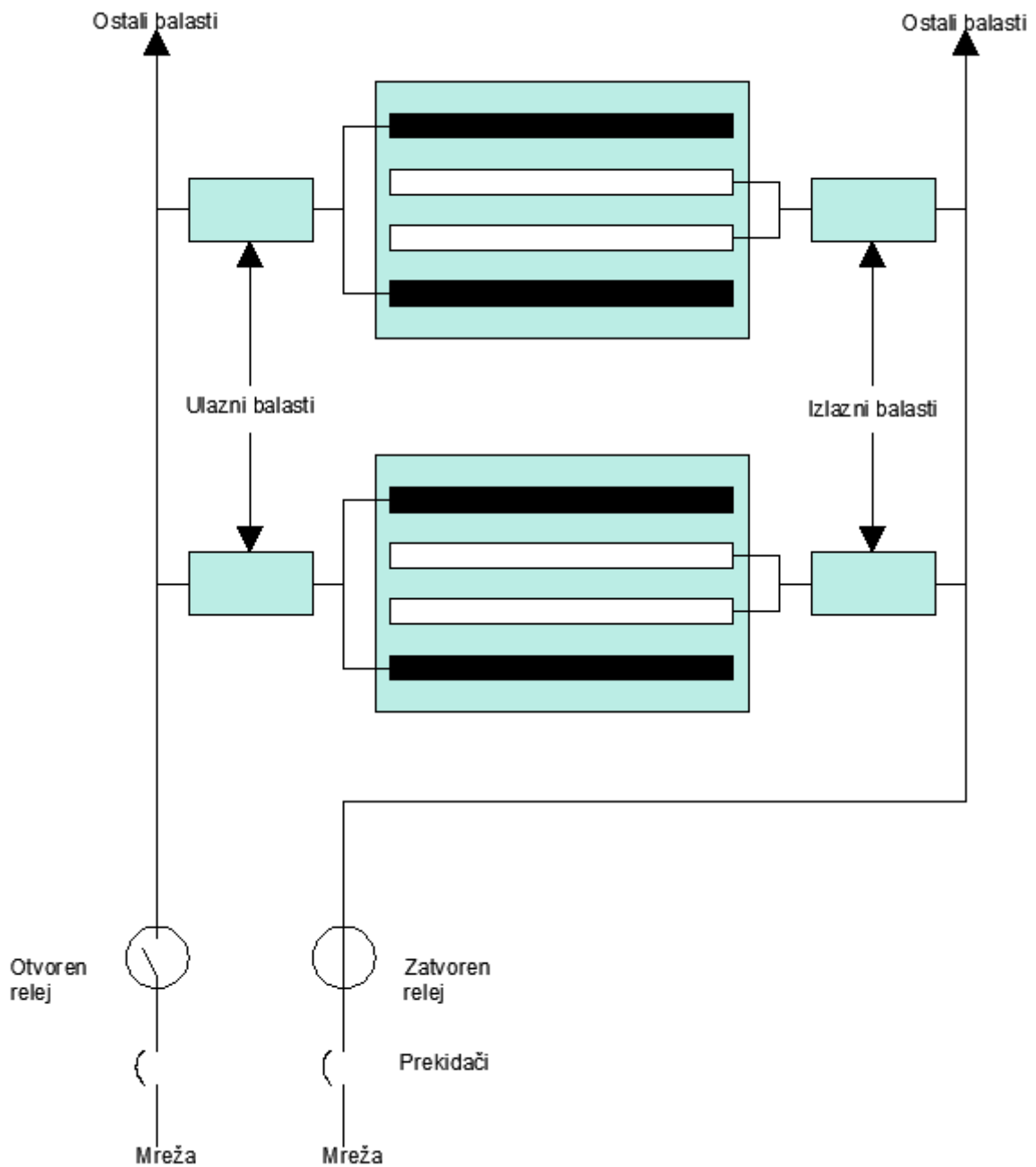
Lokalni sustavi za jednu sobu obično se sastoje od jedne upravljačke stanice s ručnim klizačima i sklopkama koje mogu upravljati velikim iznosima snaga. Snaga koja se može prigušiti ograničena je samo brojem modula koje može nositi panel za prigušivanje. Ovi se sustavi mogu lagano proširiti na nekoliko soba i podesiti na pružanje mnogih kombinacija ručne, pretpostavljene, dodijeljene i vremenske kontrole. Ovakvi sustavi mogu ujediniti kontrole za redukciju energije poput senzora prisutnosti/pokreta i fotosenzora. Neki od ovakvih sustava omogućuju bežično daljinsko upravljanje i mogu se spojiti na audiovizualne i druge sustave u komercijalnim i stambenim primjenama.[1], [3]

## **3. TEHNIKE UPRAVLJANJA RASVJETOM**

### **3.1. Prekidanje ili prigušivanje**

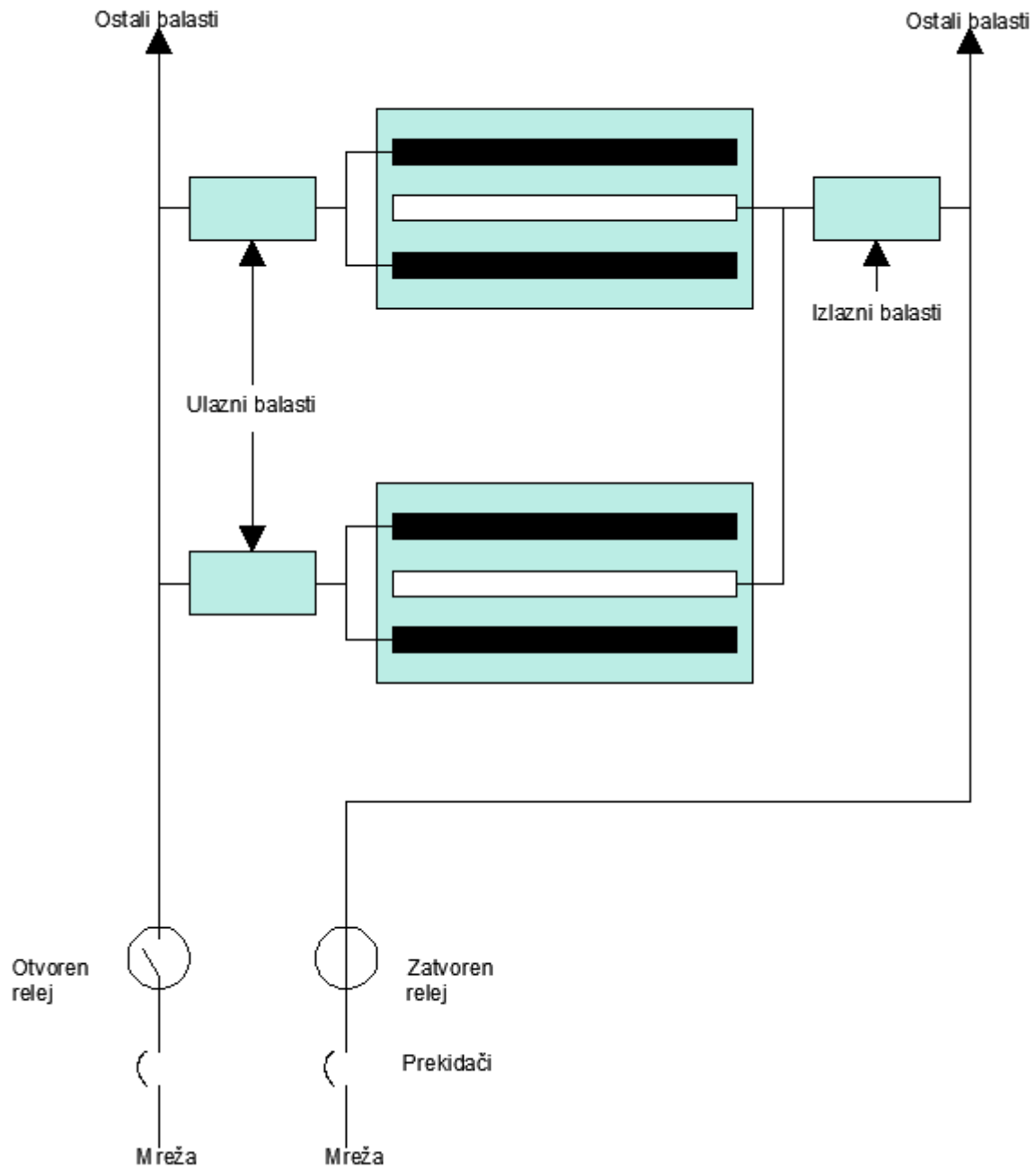
Prekidačkim načinom upravljanja svjetlosni se teret uključuje i isključuje. Preklapanje može biti izvedeno ručno s jednostavnim sklopkama, daljinski preko releja, isklopnih prekidača preko upravljačkog sustava ili senzora prisutnosti. Korištenjem lokalnog načina upravljanja prekidačima možemo uštedjeti energiju. Postojanje dva nivoa prekidanja u privatnim uredima jeftiniji je način pružanja mogućnosti moduliranja radne okoline kao odgovor na dnevno svjetlo ili specifični zadatak. Drugačiji način za postizanje promjenjivog nivoa svjetla je kroz promjenjivi balast. Preklapajući balast nivoa rasvjete može smanjiti svjetlo svih žarulja u rasvjetnim tijelima, što je ujedno bolje nego preklapati svaku žarulju zasebno. Uz pomoć prigušivanja, rasvjeta u svakoj zoni može se glatko i kontinuirano regulirati kako bi pokrila vizualne potrebe.

U multibalastnim sustavima rasvjete preklapanje se najučinkovitije može koristiti ako rasvjetna tijela dijele žice (Slika 3.1 i Slika 3.2). Dijeljenjem žica između rasvjetnih tijela s tri ili četiri žarulje u istoj zoni može se pružiti više intenziteta. Uz pomoć upravljačkog sustava može se pružiti potpuna rasvijetljenost za dio dana kada je dopušten smanjeni nivo rasvjete za vrijeme obavljanja manje zahtjevnih zadataka.



**Slika 3.1.** Shema ožičenja podjele nivoa koja dopušta tri nivoa rasyjete (0, 50 i 100%) s četiri rasvjetna tijela





**Slika 3.2.** Shema ožičenja podjele nivoa koja dopušta četiri nivoa rasvjete (0, 33% 1/3, 66% 2/3 i 100%) s tri rasvjetna tijela

### 3.2. Lokalno ili centralno

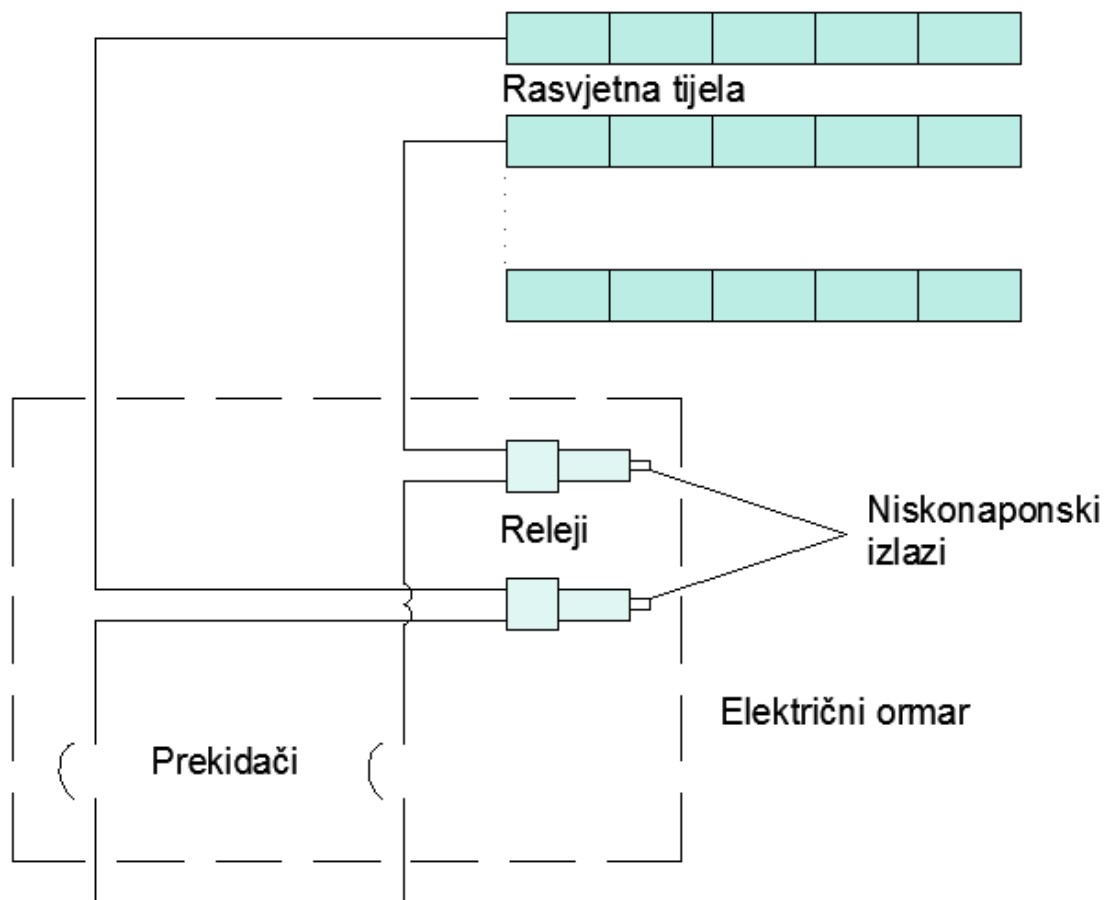
Upravljanje rasvjetom može se implementirati u zgradu koristeći lokalni pristup, centralni pristup ili kombinaciju te dvije opcije. Ova dva principa razlikuju se i po veličini kontroliranog područja i po načinu na koji su integrirani u sustav.

Lokalni rasvjetni sustav podijeljen je u neovisne zone. Njihova veličina i oblik obično ovise o geometriji prostora zgrade (poput lokacija pregrada, visini stropa, prozora ili krovnih prozora) ili u skladu s potrebnom funkcionalnosti. Senzori se, umjesto na centralnu lokaciju, priključuju direktno na lokalnu rasvjetu i HVAC kontrolu. Tako je svaki model esencijalno neovisan o drugima. Korištenje senzora prisutnosti, koji detektira dnevno svjetlo, može biti posebno djelotvorno u tim situacijama.

Centralni sustavi općenito kombiniraju mnogo lokalnih zona. Neki centralni mikroprocesorski sustavi namijenjeni su za bavljenje ili rasvjetom ili mehanikom (HVAC) ili oboma. Funkcije upravljanja ukupnog energetskeg menadžmenta i praćenja lakši su u centralnim sustavima. Centralni sustavi mogu biti jeftiniji po jedinici površine nego ekvivalentni prigušni sustavi. Najprikladniji su za strategije poznatog rasporeda, gdje djelovanje preklapanja može biti ograničeno na vrijeme kada nitko nije u prostoriji.[1]

### **3.3. Integracija sustava**

Jedna velika prednost sustava za upravljanje rasvjetom jest mogućnost da se rasvijetljenost može automatski podesiti, kako bi se prilagodila aktivnosti ili zadaći. S ispravnim programiranjem senzora neki procesori mogu upravljati sustavima rasvjete kao i mehaničkim sustavima zgrade. Sustavi često pružaju optimalno korištenje energije i također minimiziraju potrebno programiranje i trening. Kroz korištenje distributivne konfiguracije procesuiranja, lako se mogu preći razlike između mehaničkih i svjetlosnih ulaza i upravljačkih strategija. Lokalni procesor se može dizajnirati za specifične ulaze i upravljačke izlaze, kao i za potrebnu interakciju sa centralnim procesorom.



**Slika 3.3.** Niskonaponski releji ugrađeni u električni ormari reguliraju različite grupe rasvjetnih tijela

Svi sustavi za upravljanje rasvjetom sadrže tri glavne komponente: kontroler snage, logički krug i osjetilni uređaj. Komunikacijski i žični sustav mora povezivati te komponente. Kontroler poput prigušivača, releja ili preklopke je "radni kraj" kontrolnog sustava koji električki mijenja izlaz svjetlosnog izvora. Logičko sklopovlje je inteligencija koja odlučuje kada je potrebno pokrenuti električnu rasvjetu i koliko. Logičko sklopovlje prima informaciju od senzora poput fotosenzora, senzora prisutnosti/ pokreta ili tajmera. Dva ili više ovih elemenata se može kombinirati u jednom sustavu.

Kontrolne strategije mogu imati različite, ali preklapajuće setove hardverskih potreba. Za neke kombinacije strategija, poput dnevnog svjetla ili održavanja svjetlosnog toka, hardverske potrebe koje su neophodne za svaki su jednake. Stoga ekonomska korist

priključivanja nekoliko strategija s istim hardverskim potrebama može poboljšati omjer „trošak- učinak“ investicije u upravljački sustav.[1]

### **3.4 Radio veze**

Sustavi upravljani putem radio veze eliminiraju potrebu za ožičenjem između senzora, procesora i kontrolera. Ovi sustavi su relativno skupi, ali su pronašli primjenu u vanjskim sustavima i skladištima, gdje je teško pristupiti kontroliranim rasvjetnim tijelima. Također su prikladni za stare zgrade gdje bi bilo teško i skupo ugraditi kontrolno ožičenje.

Radio frekvencije iz mnogih izvora mogu utjecati na ispravni rad ove opreme. Za rad ove opreme moraju se pronaći potrebne frekvencije i propusnosti.

## 4. OPREMA ZA KONTROLU RASVJETE

### 4.1. Ručno preklapanje

Energetske uštede koje se mogu postići kroz preklapanje, trebale bi biti početna razmatranja pri razvoju plana za krugove rasvjete. Najuobičajenija praksa jest ručno upravljanje rasvjetom. Dizajn i lokacija ručnog upravljanja utječe na energetske konzumacije u zgradi. Budući da energetske uštede ovise o volji pojedinca za korištenjem sustava preklapanja, prikladnost i fleksibilnost preklapanja uvelike utječu na mjere energetske uštede rasvjete. Vjerojatnije je da će korisnici privatnih ureda koristiti sklopke za moduliranje rasvijetljenosti u svojim prostorima i činiti svoj dio u uštedi energije. Dokazano je da naljepnica za podsjećanje na isključivanje svjetla može popraviti ponašanje zaposlenika prema isključivanju.

Svaki plan rasvjete predstavlja jedinstveni set prekidačkih okolnosti. Trebale bi se razmotriti sljedeće opće odredbe:

1. Svaki odvojeni ured ili područje treba imati svoju kontrolnu sklopku, a oni s dnevnim svjetlom trebaju imati sklopku na barem dva nivoa.
2. U velikim otvorenim prostorima, slični radni prostori trebali bi se grupirati zajedno u jedan krug.
3. Kada se koriste jedna ili dvije žarulje, susjedna bi rasvjetna tijela trebala biti spojena na alternativni krug, kako bi se pružila mogućnost punog ili polovičnog nivoa rasvjete.
4. Kada se koriste fluorescentna rasvjetna tijela sa tri žarulje, središnje bi žarulje trebale biti povezane na odvojeni krug izvan žarulja. To rezultira tri razine svjetla s jednom trećinom, dvije trećine i punom razinom rasvjete.
5. Kada se koriste fluorescentna rasvjetna tijela sa četiri žarulje, vanjski par bi trebao biti spojen na odvojeni krug od unutarnjeg para, kako bi pružili polovični ili puni nivo rasvjete.
6. Područja zadatka s visokim nivoom rasvjete bi trebala biti na odvojenim sklopkama.
7. Rasvjetna tijela uz zid s prozorima bi trebala biti spojena na odvojeni krug i neovisno upravljana.
8. Učinkovita oznaka može potaknuti zaposlenike na korištenje obične zidne sklopke.

## **4.2. Vremenske sklopke i senzori**

### **4.2.1. Uređaji za vremensko upravljanje**

Funkcija uređaja za vremensko upravljanje je upravljanje rasvjetom uz poznati raspored ili događaj, tj. gašenje svjetla kada ono nije potrebno. Uređaji za vremensko upravljanje se po kompleksnosti kreću od jednostavnih integriranih uređaja takve vrste (navijani oprugom) do mikroprocesora, koji mogu programirati redoslijed događaja za godinu dana unaprijed. Zajedno s mikroprocesorima, uređaji za vremensko upravljanje mogu kontrolirati više događaja i svjetlosnih efekata.

S jednostavnim integriranim uređajem za vremensko upravljanje teret se uključuje i drži uključen pretpostavljeno vrijeme. Ograničenja vremenskih sklopki kreću se od nekoliko minuta do dvanaest sati. Neki modeli imaju poziciju držanja za kontinuiranu uslugu. Te jedinice mogu podnijeti terete do 20 A.

Elektromehanički sat se pokreće električkim motorom s kontaktima upravljanim mehaničkim stajanjima ruke priključene na sat. Satovi imaju periode od 24 sata do 7 dana i mogu uključivati astronomsku korekciju za kompenziranje sezonskih promjena. Oni mogu pokrenuti brojne operacije uključivanja- isključenja. Neke su jedinice dostupne s do 16 sati pričuvne energije na satnom mehanizmu u slučaju gubitka napajanja. Neki mogu djelovati na trenutni kontaktni prekidač kako bi pružili uključne i isključne impulse za djelovanje na releje ili konektore.[1]

### **4.2.2 Fotosenzori**

Fotosenzori koriste elektroničke komponente koje transformiraju vidljivu radijaciju (svjetlo) u električni signal, koji se tada koristi za upravljanje drugim sustavom ili rasvjetnim tijelom. Ovi su senzori ili imuni na ili se filtriraju protiv UV i IR zračenja. Neki senzori generiraju upravljački signal ugrubo proporcionalan zračenju na fotosenzoru. Upravljački signal može aktivirati dva načina operacija. U prvom, izlaz fotosenzora aktivira jednostavnu „uključeno-isključeno“ sklopku ili relej. U drugom se varijabilni izlazni signal uspostavlja i šalje kontroleru koji kontinuirano podešava izlaz električne rasvjete.

Kada se fotosenzor za unutarnju primjenu koristi s relejima za „uključeno-isključeno“ upravljanje, oni bi trebali koristiti "mrtvi pojas", tj. rasvijetljenost iznad koje su svjetiljke isključene bi trebala biti veća od rasvijetljenosti ispod koje su uključene. To sprječava

nepotrebno uključivanje i isključivanje blizu praga rasvijetljenosti. Također je važno razmotriti da uključivanje i isključivanje svjetla može smetati ljudima. Fotosenzor može biti integrirani dio rasvjetnog tijela, može biti udaljen od rasvjetnog tijela kojim upravlja ili može upravljati sklopovskim relejom koji djeluje na nekoliko rasvjetnih tijela. Fotosenzor se može koristiti u spoju sa satom koji može isključiti svjetla ili smanjiti njihov izlaz.

Korištenje fotosenzora za upravljanje unutarnjom rasvjetom nije trivijalno; pravilni dizajn, postavljanje i kalibracija su od presudne važnosti. Trenutno se primjenjuje nekoliko tehnika. Postavljanje senzora na radnu površinu ima prednost nad direktnim mjerenjem rasvijetljenosti površine, ali može biti poteškoća sa spajanjem senzora na kontroler i izbjegavanjem oštećenja senzora. Druga i najčešća metoda, postavlja senzor na strop okrenut prema radnoj površini. Treća metoda mjeri dnevno svjetlo koje ulazi kroz prozore; najbolji se rezultati postižu ako na senzor ne može pasti direktno sunčevo svjetlo. Četvrta metoda direktno mjeri vanjsku rasvijetljenost. Sve metode zahtijevaju podešavanje izlaza senzora kako bi, što je bliže moguće, odgovarao rasvijetljenosti zadatka. Neophodan je precizan i jednostavan način za kalibraciju odgovora senzora. Tipična primjena druge metode je prilikom održavanja svjetlosnog toka, dok se za upravljanje dnevnim svjetlom mogu koristiti bilo koju od zadnje tri metode. Za unutarnju rasvjetu bitna je veličina prostora pod kontrolom jednog fotosenzora. Najvažnija smjernica je da sva područja pod kontrolom jednog senzora trebaju imati istu generalnu aktivnost zadatka, potrebu za rasvijetljenjem i okolinu. Prostor pod kontrolom bi trebao imati iste uvjete rasvijetljenosti dnevnim svjetlom (iznos i smjer). Čitavo bi područje trebalo biti kontinuirano, ne bi trebalo imati visoke zidove ili pregrade koje ga dijele. Ovo je učinkovito samo ako je područje koje se nadgleda stvarno tipično i nema svjetlosnih ekstrema.[1]

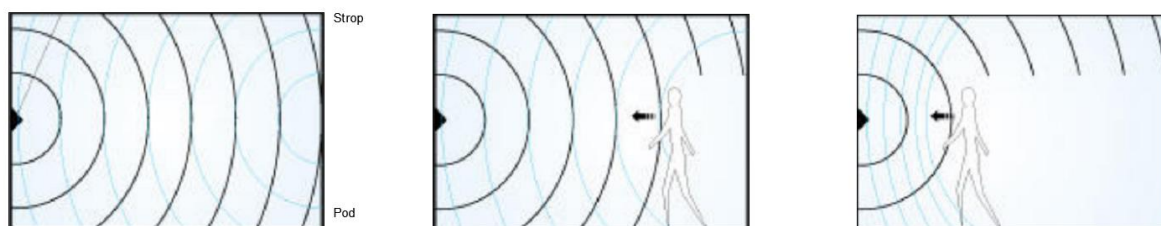
#### **4.2.3. Senzori prisutnosti/pokreta**

Primarna funkcija senzora prisutnosti je automatsko gašenje rasvjetnih tijela (i u nekim slučajevima HVAC opreme) kada nema nikoga u prostoriji, kako bi se uštedjela energija. Energetska konzumacija se smanjuje rezanjem broja sati korištenja rasvjetnih tijela i smanjuje se potražnja korištenjem tereta nepotpune prisutnosti za vrijeme perioda vršnog korištenja energije. Često ova metoda pruža najbolje uštede i povrat uloženi sredstava od svih kontrolnih opcija. Greška ugradnje senzora prisutnosti je skoro uvijek rezultat lošeg postavljanja senzora ili neispravan izbor opreme.

Senzori prisutnosti/pokreta pružaju lokalno „uključeno-isključeno“ upravljanje rasvjetnim tijelima u odnosu na prisutnost zaposlenika u prostoru. Prisustvo se detektira zvučnim, ultrazvučnim, pasivnim infracrvenim ili optičkim sredstvima. Ovi uređaji su dizajnirani za uključivanje svjetla kada zaposlenik uđe i ostavljaju ih upaljene dok se on ili ona zadrži u prostoru; svjetla se gase nakon pretpostavljenog odlaska zaposlenika. Normalni pokreti osobe bi trebali održati rasvjetu u prostoru u kojem se nalazi. Međutim, tihe aktivnosti poput procesuiranja riječi, čitanja ili korištenja telefona se možda ne detektiraju i gašenje svjetla može frustrirati zaposlenike u tim situacijama. Takve se situacije mogu minimizirati pravilnim odabirom proizvoda i ispravnom lokacijom senzora. Senzori prisutnosti/pokreta se mogu postaviti na nekoliko načina; mogu biti uvučeni ili postavljeni na strop, uglove ili zid; mogu zamijeniti sklopke na zidu. Površina koju senzori obuhvaćaju može se kretati od 15 m<sup>2</sup> u individualnim uredima ili radnim mjestima do 200 m<sup>2</sup> u velikim predavaonicama ili radionicama. Veći prostori se mogu kontrolirati dodavanjem više senzora. Senzori prisutnosti/pokreta se mogu koristiti u kombinaciji s manualnim sklopkama ("uključeno" ili "isključeno"), vremenskim sklopkama, sensorima dnevnog svjetla, prigušivačima i centralnim upravljačkim sustavom rasvjete.

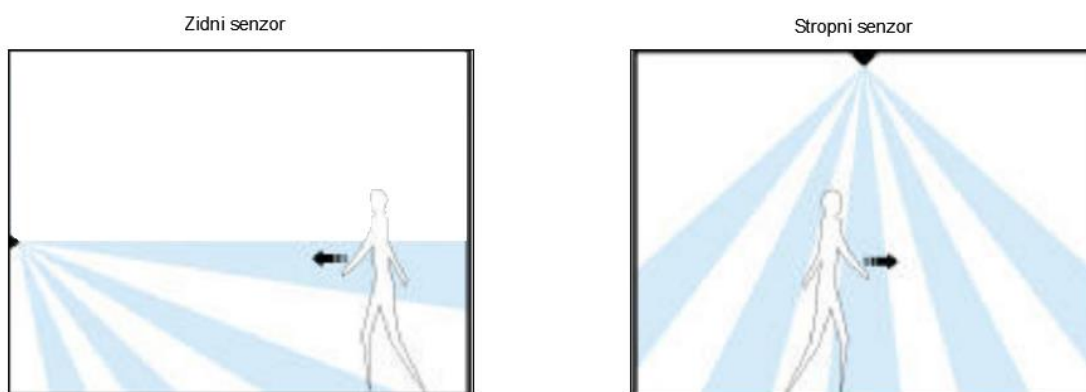
Kada se odabire senzor i planira njegova lokacija, dizajner mora osigurati da se otkriju svi pokreti u kontroliranom području i izbjegnu lažne pozitivne detekcije, tj. odgovori na kretanja neživih objekata u prostoriji ili ljudi izvan ulaza. Također bi se trebalo znati da se operativni život fluorescentnih žarulja može smanjiti pretjeranim preklapanjem. Nivo redukcije može uvelike varirati u ovisnosti o vrsti žarulje, balastnom krugu pokretanja i frekvenciji preklapanja. Međutim, stvarni život žarulja se može produžiti eliminiranjem nepotrebnog vremena gorenja. Istraživanja su otkrila da je razumno dug život žarulje, ne računajući prerane kvarove, moguće ostvariti uz povremeno isključivanje na period od 15 do 30 minuta. Ultrazvučni senzori prisutnosti/pokreta prenose signal niske snage, visoke frekvencije i primaju reflektirani signal koristeći Dopplerov pomak da bi detektirali kretanje u prostoru. Frekvencija ultrazvučnih senzora je obično između 25.000 i 40.000 Hz (Slika 4.1). Ultrazvučni senzori prisutnosti/pokreta su obično bolji u otkrivanju malih pokreta i otkrivanju pokreta oko modularnih zidova, kakvi se mogu naći u toaletima i otvorenim uredima. Također, većina ultrazvučnih senzora prisutnosti/pokreta se ne bi trebali postavljati na strop visine iznad 4 do 5 m.





**Slika 4.1.** *Primjer detekcije pokreta ultrazvučnim senzorom*

Pasivni infracrveni (PIR) senzori otkrivaju promjenu u infracrvenim obrascima preko njihovih segmentiranih regija otkrivanja, ugođeni na regiju ljudske tjelesne topline (Slika 4.2). PIR senzori prisutnosti i pokreta imaju uzorak pokrivenosti linije vida s vrlo predvidivim uzorcima aktiviranja. PIR senzori su posebno prikladni za područja koja imaju visoke stropove ili visoke brzine strujanja zraka, kao i najopćenitije primjene. Najosjetljiviji su na pokrete okomite na smjer pogleda.



**Slika 4.2.** *Primjer detekcije pokreta infracrvenim senzorima. Pokret osobe kroz uzorak područja prijavnika se detektira kao promjena i rasvjetna tijela se uključuju.*

Senzori dualne tehnologije mogu koristiti ili UV ili PIR signale ili oba. Logika i verifikacija koja može biti inkorporirana u jednu jedinicu, može pomoći s primjenama kada je lažno detektiranje posebno problematično. Također su dostupne stolne aplikacije za upravljanje zadacima svjetla i računalnih monitora.[1]

### 4.3. Centralni procesori

Za centralizirane sustave, procesor je uređaj koji prikuplja podatke, određuje potrebnu promjenu i inicira djelovanje koje će utjecati na promjenu. Sofisticiraniji procesori

moгу odgovoriti na mnoge kompleksne uvjete rasvjete u prostoru, sakupljati podatke o snazi i korištenju energije i davati sažete izvještaje za menadžment zgrade i naplatu stanarima. Procesori se po kompleksnosti kreću od mikročipa u kontrolerima do velikih računala. Neophodna je jednostavnost djelovanja i kontrole, zajedno s automatskim djelovanjem kao odgovorom na stanje okoline .

Općenito, svi procesori djeluju na isti način. Ulaz se dobiva iz senzora poput fotosenzora ili sata, podaci se analiziraju u skladu s predodređenim setom pravila i promjena sustava se inicira. Sustavi mogu odgovarati na manualne preklopke kao i automatske funkcije (kao doba dana) i uvjete rasvijetljenosti. Izlazi mogu uključivati preklapanje, prigušivanje i podešavanje sjenila ili refleksijskih uređaja.

Postoje tri tipa procesora: lokalni, centralni i distribuirani. U lokalnim tipovima, procesori se nalaze uz uređaj koji kontroliraju. Senzorski ulazi odlaze u podešivač signala, analogni ili digitalni i zatim u procesor. Centralni procesor prima sve ulaze, analizira podatke i zatim šalje instrukcije kontrolerima smještenim preko postrojenja. Ova metoda omogućuje koordiniranu kontrolu svih elemenata sustava. U distribuiranim procesima, kontinuirano donošenje odluka je prepušteno lokalnim procesorima, ali centralni procesor usklađuje cijeli sustav. Pruža vremenski signal, operacijske parametre i usmjerenje u izuzetnim slučajevima (onima koji zaobilaze normalne operacije). Većina ulaza se usmjerava na lokalni procesor. Analiza se obavlja lokalno, s izuzetkom podataka koji se šalju centralnom procesoru.

Prednost ovog sustava je u tome što se ne ruši zbog gubitka jednog procesora i samo se lokalni procesori moraju reprogramirati kako bi se prilagodili promjenama.[1]

## **5. RASVJETA SPORTSKIH TERENA**

### **5.1. Funkcija rasvjete za sportske aktivnosti**

Primarna funkcija rasvjete namijenjene sportskim aktivnostima jest pružanje dobre vidljivosti sudionicima i gledateljima bez ikakvih prepreka. Sportske aktivnosti mogu se odvijati na otvorenom ili u zatvorenom prostoru. Objekti na otvorenom, po veličini, kreću se u rasponu od velikih višenamjenskih stadiona do manjih sportskih terena. Zatvoreni objekti, po veličini, se mogu kretati u rasponu od višenamjenskih sportskih dvorana do jednokorisničkih bazena za plivanje. Neki sportovi kao što su nogomet, tenis, golf i rukomet poprilično su komercijalni, dok su sportovi poput streljaštva ili paintballa više namijenjeni rekreativnim interesima pojedinca. Velike djelatnosti često ovise o prodaji televizijskih prava koja donose značajan udio zarade. U takvim uvjetima rasvjeta također mora doprinijeti potrebama televizijskog prijenosa, tako da gledatelji, koji događaj prate preko ekrana, mogu vidjeti što se događa. Norme koje su ovdje navedene odnose se na najpopularnije sportske aktivnosti.[2]

### **5.2 Ključni faktori**

Sportski objekti mogu biti različiti. Mogu biti privatni ili javni, veliki ili mali. Kapacitet im može varirati između nekoliko tisuća gledatelja ili mogu biti namijenjeni samo za igrače. Sportske aktivnosti same po sebi mogu doprinijeti težem promatranju zbog brzog kretanja ili zbog udaljenosti. Pravci gledanja mogu varirati od pretežnog gledanja uvis, kao kod badmintona, do pretežnog gledanja prema dolje, kao kod biljara, te uključuju i sve ono između toga, kao kod nogometa. Usprkos varijabilnosti koju dizajneri unose u kreiranje rasvjete, ciljevi su svuda isti:

- osiguravanje jasne vidljivosti prisutnim gledateljima i onima koji događaj prate preko malih ekrana
- omogućavanje održavanja sportskih događanja po noći
- stvaranje sigurne okoline za igrače i gledatelje
- stvaranje vizualno ugodne okoline za igrače i gledatelje

Za suočavanje sa spomenutim ciljevima, potrebno je uzeti u obzir puno aspekata ključne situacije. Slijedeće navedene stavke važne su za primjenu u rasvjeti kod sportskih aktivnosti.[2]

### **5.2.1. Standardi udaljenosti odigravanja i prikazivanja**

Svaka sportska aktivnost može se izvoditi na različitim razinama. Može biti odigrana krajnje profesionalno ili pak jednostavno amaterski. Pružanje rasvjete prikladne za amatersku izvedbu unutar objekta kojeg koriste profesionalci loša je usluga sportu. Jednako tako, pružanje potrebne rasvjete za profesionalce unutar objekta kojeg koriste amateri je bacanje novca. Stoga su norme sportske rasvjete podijeljene u tri klase prema razini kvalifikacije igrača. Još jedan čimbenik, koji utječe na norme rasvjete, jest udaljenost sa koje gledatelji promatraju sportski događaj. Što je veća udaljenost i što su bitniji određeni detalji, to je viša klasa normi rasvjeta. Tri klase normi rasvjete:

#### **- Klasa rasvjete I**

Međunarodno i državno natjecanje

Veliki broj gledatelja na velikim udaljenostima

Trening pod vrlo visokim nadzorom

#### **- Klasa rasvjete II**

Natjecanje srednje razine; natjecanje glavnih lokalnih klubova i regionalnih županija

Srednja gledanost na srednjoj udaljenosti

Trening pod visokim nadzorom

#### **- Klasa rasvjete III**

Natjecanje niže razine; natjecanje lokalnih ili malih klubova

Minimalna ili nikakva gledanost

Osnovni trening; školske sportske aktivnosti ili rekreativne aktivnosti

Priroda nekih sportova, osobito brzina kojom vizualna informacija treba biti obrađena, znači da postoji preklapanje u normama rasvjete za različite sportove na različitim razinama.[2]

### **5.2.2. Sportski teren**

Uobičajen sportski teren jest označen i izdvojen dio cjelokupnog igrališta. Za neke sportove potrebne su veće površine od onih koje predstavljaju uvjet, kao primjerice za tenis. Nadalje, jednako tako postoji i dodatan prostor izvan igrališta kojemu igrači imaju pravo

pristupa, kao prostor oko nogometnog terena. Prijedloge za uvjet veličine sportskog terena daju vodeći sportski odbori.[2]

### **5.2.3. Posebna rasvjeta**

Posebna rasvjeta koja se koristi za rasvjetljenje određenih sportskih objekata, primjerice za sportske dvorane, izložena je riziku oštećenja prilikom bacanja predmeta tijekom odigravanja. Kako bi se umanjio rizik oštećenja, posebna rasvjeta trebala bi biti postavljena izvan glavne površine odigravanja, te bi trebala biti zaštićena mrežama, žicom, ogradama, itd. U skladu s tim navedena rasvjeta i potrebna zaštita trebali bi biti dizajnirani tako da u njih ne mogu upasti i zapeti lopte, pernate loptice za badminton, itd. Posebna rasvjeta koja se koristi u blizini bazena može biti podložna koroziji. Pažljivo odabrana rasvjeta u tu svrhu trebala bi smanjiti takav problem. [2]

### **5.2.4. Televizija**

Televizijske kamere ne mogu se podudarati s ljudskim okom, ni po osjetljivosti, ali ni po sposobnosti naglog prilagođavanja neočekivanim promjenama u rasvjetljenju i boji. To znači da rasvjeta u sportskim objektima, u kojima se obično koriste televizijske kamere, mora biti snažna radi postizanja jasne i oštre slike. Potrebna rasvjeta u ovom slučaju ovisi o vrsti i razini osjetljivosti kamere, položaju objektiva i brzini. U svrhu klasifikacije sportske aktivnosti podijeljene su u tri grupe; A, B i C. Za svaku grupu dati su uvjeti minimalne okomite rasvjete, a vrijednosti su odabrane prema maksimalnoj udaljenosti snimanja. Dok je prosječno rasvjetljenje važna metrika, preostale metrike od jednake su važnosti za rasvjetu u sportskoj namjeni, gdje se televizijske kamere rabe uz jednoliko rasvjetljenje. Postoji pet takvih metrika i idu slijedećim redom:

- Odnos između rasvjete označene okomite i vodoravne plohe trebao biti između 0,5 i 2,0
- Kod ploha koje su usmjerene prema bočnim linijama koje graniče sa glavnim kadrom ili koje su usmjerene prema fiksiranoj poziciji kamere, odnos jednolike okomite rasvjete (min/max) trebao bi biti jednaka ili veći od 0,4
- Na jednoj točki kod četiri plohe koje su usmjerene prema bočnim stranama terena, odnos jednolike rasvjete (min/max) trebao bi biti jednak ili veći od 0,3
- Odnos vodoravnog rasvjetljenja (min/max) trebao bi biti jednak ili veći od 0,5

- Na velikim sportskim terenima, kao što su nogometna igrališta, maksimalan nagib vodoravnog rasvjetljenja ne bi trebao biti veći od 25% za svakih 5 metara

Za izvor svjetlosti prilikom televizijskog snimanja, svojstva boje za objekte na otvorenom povezuju se sa temperaturom boje svjetlosti koja bi trebala biti u rasponu između 4000 i 6500K. Kad tomu pridodamo mali doprinos danjeg svjetla, tada raspon varira između 3000 i 6500K . Za objekte na otvorenom i zatvorene objekte, glavni indeks dovršavanja slike, za izvor svjetlosti koji se koristi, trebao bi biti veći od 65 i bilo bi poželjno da ima minimalnu vrijednost 80. [2]

### **5.2.5. Prekid opskrbe**

Rasvjeta u slučaju nužde potrebna je kako bi se pokrile potrebe u slučaju prekida opskrbe. Postoje dvije vrste takve rasvjete; rasvjeta za izlaz u slučaju nužde i rezervna rasvjeta (tzv. panik rasvjeta). Rasvjeta za izlaz u slučaju nužde dizajnirana je tako da ljudima prikazuje najbrži način izlaska iz zgrade. Rezervna rasvjeta za sportske objekte također može biti podijeljena na dvije vrste; sigurnosna rasvjeta i signalna rasvjeta. Sigurnosna rasvjeta u sportskim objektima rabi se za prekid u slučaju kad može doći do ozljede igrača. Signalna rasvjeta koristi se za označavanje nastavka događaja. Sigurnosna rasvjeta nije nužna u svim sportovima, već primjerice kod gimnastike, hokeja ili utrke konja. Signalnoj rasvjeti potrebna je potpora sekundarnog sistema rasvjete, koji energiju crpi iz generatora ili centralne baterije. Standardni sistem sastojao bi se od određenog broja posebne rasvjete, spojene na glavni izvor i automatske sklopke, koja ima ulogu otkrivanja pada električnog napona i spajanja rasvjete na generator ili bateriju. Ako izvor svjetlosti koji koristimo nije sa žarnom niti ili fluorescentnog tipa, tada je potrebno koristiti sistem za redukciju pregrijavanja. Ako generator napaja sekundarni sistem rasvjete tada postoji mogućnost potrebe za baterijskim sistemom koji bi trenutno pružao energiju kako bi se pokrilo vrijeme potrebno za pokretanje generatora u trajanju od 20 sekundi. Kako bi signalna rasvjeta normalno funkcionirala, rasvjetljenje bi trebalo biti na razini klase III.[2]

### **5.2.6. Intenzivna rasvjeta**

Sportski objekti na otvorenom često su izvor diskusija o svjetlosnom zagađenju zbog korištenja snažnog rasvjetljenja. Vode se diskusije o prekoračenju granica rasvjete i o prekomjernoj rasvjeti tijekom noći. Na prekoračenje granica rasvjete najčešće se žale vlasnici obližnjih posjeda, te je stoga potrebno poduzeti određene mjere. Ukoliko su prigovori utemeljeni, problem se lako može riješiti stavljanjem određene zaštite ili preusmjeravanjem

svjetlosti kako bi se izbjeglo izravno rasvjetljavanje prozora kuća na privatnim posjedima u susjedstvu. Prekomjerna rasvjeta, posebice noću, također je na meti mnogih kritičara, ali se također može reducirati pažljivim odabirom, te preusmjeravanjem svjetlosti i zastupanjem sistema rasvjete temeljenom na policijskom satu.[2]

### 5.3. Norme za rasvjetu

Prikazane tablice sažimaju norme rasvjete za sportske objekte u različitim klasama rasvjete. Vrijednosti vodoravnog i okomitog rasvjetljenja, koje su date u tablicama, predstavljaju minimum prosječnih vrijednosti. Vodoravno rasvjetljenje je za sportske terene tj. igrališta. Okomito rasvjetljenje je obično na određenoj plohi, na određenoj visini iznad zemlje. Jednolikost rasvjetljenja je omjer minimalnog rasvjetljenja iznad sportskog terena. Kontrola odsjaja u zatvorenim objektima postiže se određivanjem maksimalne opće procjene odsjaja.[2]

#### 5.3.1 Atletika

Atletske aktivnosti mogu se odvijati na otvorenom prostoru, kao što je stadion, ili zatvorenom objektu, kao što je arena. Rasvjeta za obje vrste objekata trebala bi biti pogodna i za odigravanje na igralištu, ali i na stazi. U sportovima u kojima je uključeno bacanje diska, koplja i kladiva, bitno je da rasvjeta omogući jasnu vidljivost bačenog objekta. Okomito rasvjetljenje na završnoj točki staze trebalo bi imati vrijednost od barem 1000 lx kako bi se omogućio rad opreme za snimanje. Vodoravno rasvjetljenje na stazama po kriteriju klase III može se reducirati na 50 lx za trčanje. Atletika pripada televizijskoj grupi A.[2]

**Tablica 5.1.** Norme rasvjete za atletske aktivnosti u zatvorenom prostoru

Klasa	Horizontalna rasvjetljenost (lx)	Jednolikost rasvjetljenja	Indeks dovršavanja slike
I	500	0,7	60
II	300	0,6	60
III	200	0,5	20

**Tablica 5.2.** Norme rasvjete za atletske aktivnosti u otvorenom prostoru

Klasa	Horizontalna rasvijetljenost (lx)	Jednolikost rasvjetljenja	Indeks dovršavanja slike	Razina odsjaja
I	500	0,7	60	50
II	200	0,7	60	50
III	100	0,5	20	55

### 5.3.2. Kuglane

U kuglanama je igračima potrebno osigurati dobru vidljivost staze, ležišta uz stazu i prostora sa čunjevima. Da bi se to postiglo potrebna je visoka razina jednolike rasvjete, a odsjaj mora biti kontroliran. Nagib rasvjetljenja ne bi trebao biti veći od 5% po metru. Kuglane spadaju u televizijsku grupu A. Za kuglane u zatvorenom prostoru uobičajena je upotreba fluorescentne rasvjete, postavljene najmanje 3 metra iznad poda i to po mogućnosti sa svake strane staze za kuglanje. Odsjaj se kontrolira pravilnim odabirom rasvjete i osiguravanjem da refleksija zidova i stropa iznosi najmanje 0,4 i 0,6. Za kuglane na otvorenom obično se koriste rasvjetni sustavi skriveni u okolišu. Svjetlost bi trebala dosezati sve dijelove iz najmanje dva smjera. Odsjaj se izbjegava pažljivim odabirom visine i smjerom postavljanja rasvjetnih sustava za tu svrhu.[2]

**Tablica 5.3.** Norme rasvjete za kuglane u zatvorenom prostoru

Klasa	Horizontalna rasvijetljenost (lx)	Jednolikost rasvjetljenja	Indeks dovršavanja slike
I	500	0,8	60
II	500	0,8	60
III	300	0,5	20

**Tablica 5.4.** Norme rasvjete za kuglane na otvorenom

Klasa	Horizontalna rasvijetljenost (lx)	Jednolikost rasvjetljenja	Indeks dovršavanja slike	Razina odsjaja
I	200	0,7	60	50
II	200	0,7	60	50
III	100	0,7	20	55



### 5.3.3. Fitness trening

Fitness trening uključuje uporabu opreme i sprava kao što su utezi, pokretne trake za trčanje, sobni bicikli i slično. Uloga svjetla u tu svrhu jest pružanje jasne vidljivosti u prostoriji, kako bi se omogućilo sigurno korištenje opreme i sprava. Rasvjeta je obično pričvršćena za strop. Refleksija stropa bi trebala imati vrijednost 0,6 ili više, radi pohrane jačine rasvjetljenja rasvjetnih objekata u slučaju direktnog gledanja uvis tj. u smjeru rasvjete.[2]

**Tablica 5.5.** Norme rasvjete za fitness trening

Klasa	Horizontalna rasvjetljenost (lx)	Jednolikost rasvjetljenja	Indeks dovršavanja slike
I, II i III	500	0,8	60

### 5.3.4. Nogomet

Za velika nogometna događanja, norme rasvjete propisuju UEFA ili FIFA. Sva ostala nogometna događanja pripadaju televizijskoj grupi B. Glavna svrha rasvjete jest pružanje nepromjenjive rasvjetljenosti prizora, uz dobru vidljivost igrača, bez sjena, odsjaja i nejasnoća za igrače i gledatelje. To se može postići na više načina; postavljanjem rasvjetnih sustava na stupove ili nizanjem rasvjete na najviše točke gledališta. [2]

**Tablica 5.6.** Norme rasvjete za nogomet

Klasa	Horizontalna rasvjetljenost (lx)	Jednolikost rasvjetljenja	Indeks dovršavanja slike	Razina odsjaja
I	500	0,7	60	50
II	200	0,6	60	50
III	75	0,5	20	55

### 5.3.5. Plivanje

Svrha rasvjete na bazenima je osiguravanje sigurne i ugodne okoline. Sigurnosne mjere zadovoljavaju se postavljanjem dostatne rasvjete s kontrolom refleksije na površini vode. Za slučaj pada električnog napona potrebna je rasvjeta koja proizvodi 5% preporučene rasvjetljenosti barem 30 sekundi. Kod područja predviđenih za ronjenje treba obratiti pažnju na jasnoću i odsjaj. Plivanje pripada grupi A.[2]

**Tablica 5.7.** Norme rasvjete za plivanje na bazenima na otvorenom i u zatvorenim objektima

Klasa	Horizontalna rasvijetljenost (lx)	Jednolikost rasvjetljenja	Indeks dovršavanja slike	Omjer vodoravnog/okomitog rasvjetljenja za ronjenje
I	500	0,7	60	50
II	300	0,7	60	50
III	200	0,5	20	55

## 5.4. Rasvjeta u velikim objektima

### 5.4.1 Višenamjenske sportske dvorane

Kao što i sam naziv govori, višenamjenske sportske dvorane su zatvoreni objekti koji se koriste za puno različitih sportskih aktivnosti, ponekad za specifične svrhe uz ograničen broj sudionika. Suštinska karakteristika rasvjete, koja se koristi u višenamjenskim dvoranama, je pružanje dostatnog i jednolikog rasvjetljenja bez nejasnoća i odsjaja. Zbog različitosti korištenja sportskih dvorana mora postojati određena razina fleksibilnosti u promjenama rasvjete. Kod dizajniranja je važno prvo donijeti odluku o sportskoj aktivnosti koja će se odvijati i uvidjeti ukoliko će se dvorana koristiti u neke druge svrhe. Za svaku sportsku aktivnost potrebno je odrediti uvjete rasvjete, te sagledati ukoliko je još nešto dodatno važno za pojedinu aktivnost. Uglavnom se koristi rasvjeta pričvršćena za strop sa mogućnošću izmjena ili prilagodbi u slučaju potrebe za određene aktivnosti, ovisno o razini ili u slučaju simultane upotrebe. Uz takav sistem rasvjete, rasvjetljenje na zidovima i stropu trebalo bi biti barem 50% i 30% razlike od rasvjetljenja na sportskom terenu. Ukoliko su sportske dvorane namijenjene različitim sportskim aktivnostima, potrebno je odrediti prioritete pojedine aktivnosti, te prilagoditi i suočiti uvjete s najvišim prioritetima, ali istovremeno ići i u korist ostalim razinama sportskih aktivnosti.[2]

### 5.4.2. Mali sportski stadioni

Mali sportski stadion je sportski objekt na otvorenom koji se sastoji od centralnog terena kojeg okružuje atletska staza, a ponekad i atletski krug. Centralni teren može se koristiti za atletske aktivnosti, ali i za nogomet, hokej, odbojku, itd. Kapacitet gledatelja

obično je manji od 5000. Sportske aktivnosti koje se odvijaju na malim sportskim stadionima obično pripadaju klasama rasvjete II i III. Glavni rasvjetni sustav se postavlja na stupove u sva četiri kuta stadiona ili uzduž staze, osim ispred gledališta. Rasvjeta također može biti postavljena na najvišu točku gledališta. Nastoje se izbjeći sjene na stazi i centralnom terenu, te odsjaj koji može smetati igračima tijekom skakanja ili bacanja.[2]

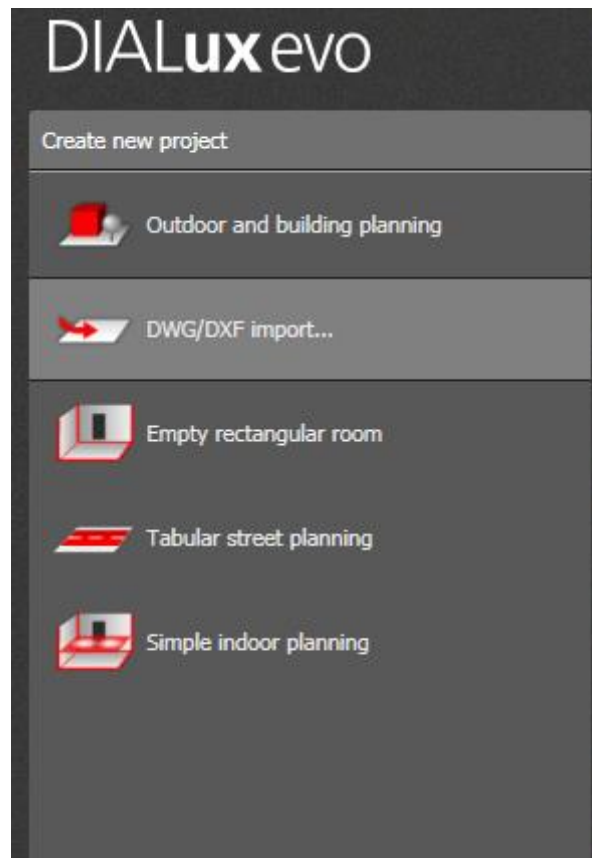
### **5.4.3. Zatvorene arene**

Zatvorene arene građene su radi održavanja raznih događanja, onih sportske prirode, ali i onih nevezanih za sport. Gledališta su postavljena tako da okružuju glavni teren sa neugrađenim sjedalima koja se mogu po potrebi razmještati. S obzirom da se takve arene mogu koristiti za različite svrhe, dizajniranje rasvjete pravi je izazov. Potrebno je uvidjeti sve mogućnosti, ali s obzirom na iskustvo, uglavnom se koristi ugrađena rasvjeta za glavne događaje, uz dodavanje mobilne rasvjete za neka druga događanja. Obično se koristi rasvjetni sustav kao kod stadiona na otvorenom. Ključno je da cijeli teren bude rasvijetljen. Ako je potrebna snažnija rasvijetljenost moguće je dodati više slojeva rasvjete. Određena razina prilagodljivosti potrebna je radi različitih sportskih aktivnosti koje koriste različite dijelove terena. To se može postići uz pomoć različitih slojeva rasvjete. Rasvjeta koja izravno rasvijetljava pod glavnog terena, trebala bi imati vrijednost 100 lx. Ukoliko se koristi postavljena rasvjeta, tada je potrebno koristiti izvor svjetlosti sa vrijednošću indeksa 80. Ukoliko se ne koristi postavljena rasvjeta, tada je potrebno načiniti određene preinake u smislu instaliranja dodatne zasebne rasvjete kako bi se postigla slična rasvijetljenost. Takvu rasvjetu je potrebno prigušiti kod određenih događanja.[2]



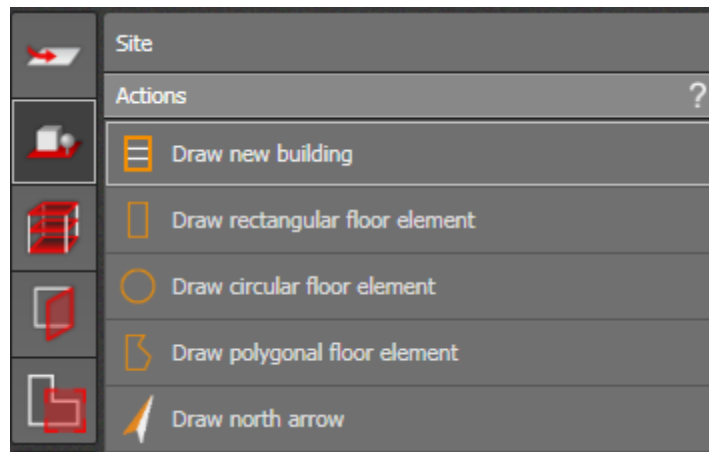
## 6.1. Kreiranje novog projekta

Prilikom otvaranja novog projekta, program nudi više različitih opcija za odabir, a svaka opcija se razlikuje po vrsti namjene, odnosno vrsti prostora koji želimo projektirati. S obzirom da već postoji gotova pripremljena podloga, odabire se "*DWG/DXF import*", te učitava AutoCad podloga.



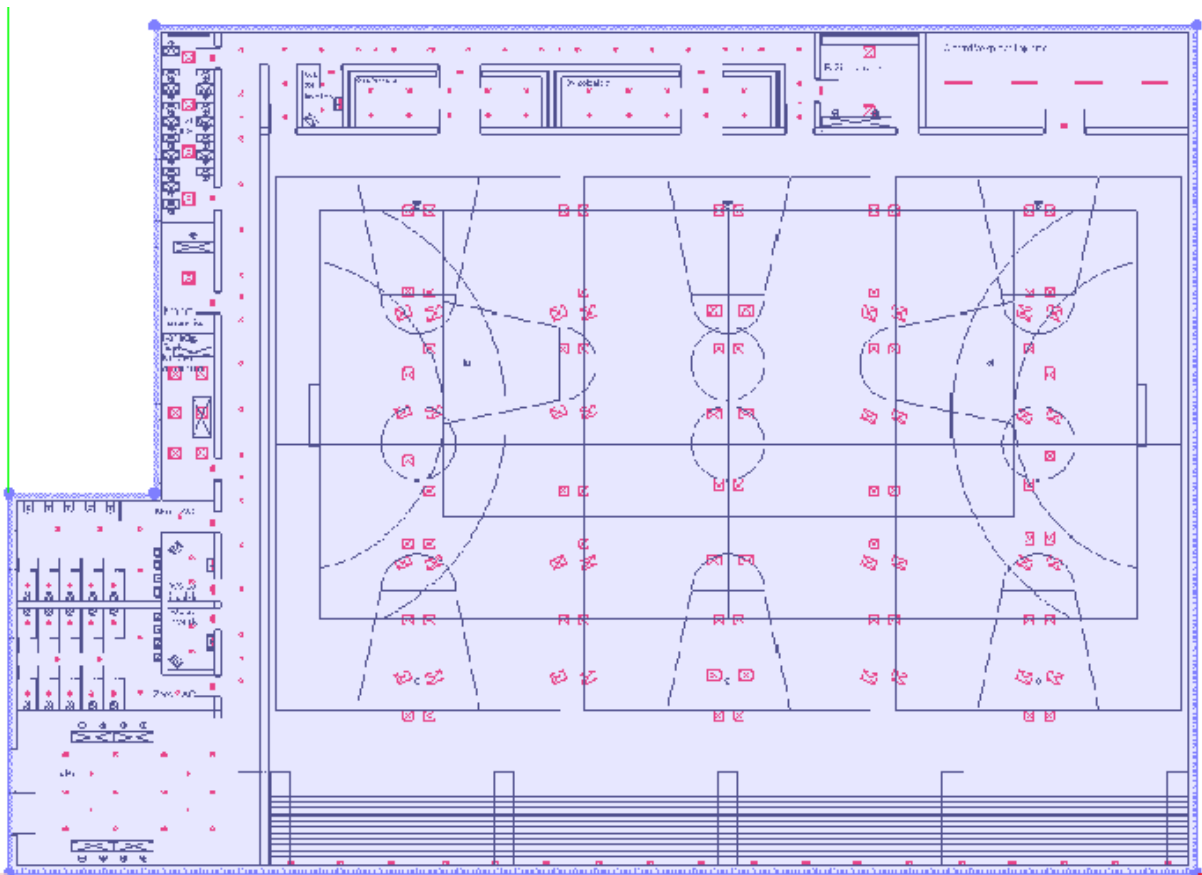
Slika 6.2. Odabir vrste projekta

Nakon odabira opcije "*DWG/DXF import*" program učitava pripremljenu podlogu, te se može započeti sa definiranjem dimenzija predviđenog objekta. Definiranje dimenzija radi se tako da se izabere opcija "*Site*" koja se nalazi u lijevom uglu, te naredbom "*Draw new building*" definira nova građevina.



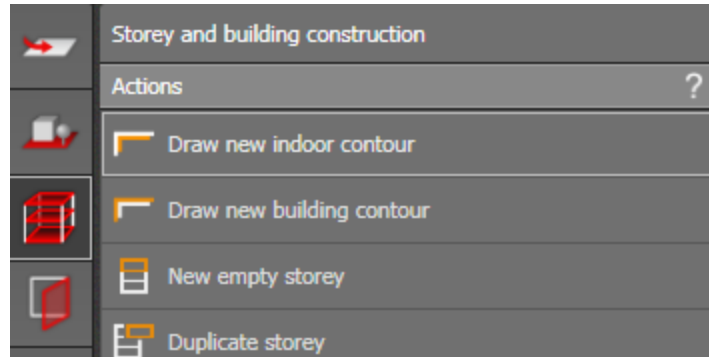
**Slika 6.3.** *Kreiranje nove građevine*

Nakon izbora naredbi, crtanje nove građevine odvija se tako da se lijevim klikom miša djeluje na vanjske kutove pripremljene podloge, te nakon odabira svih kutova, desnim klikom miša i odabire se opcija *"Close polygon"*. Program kreira vanjske zidove građevine koji su prikazani na slici 6.4.



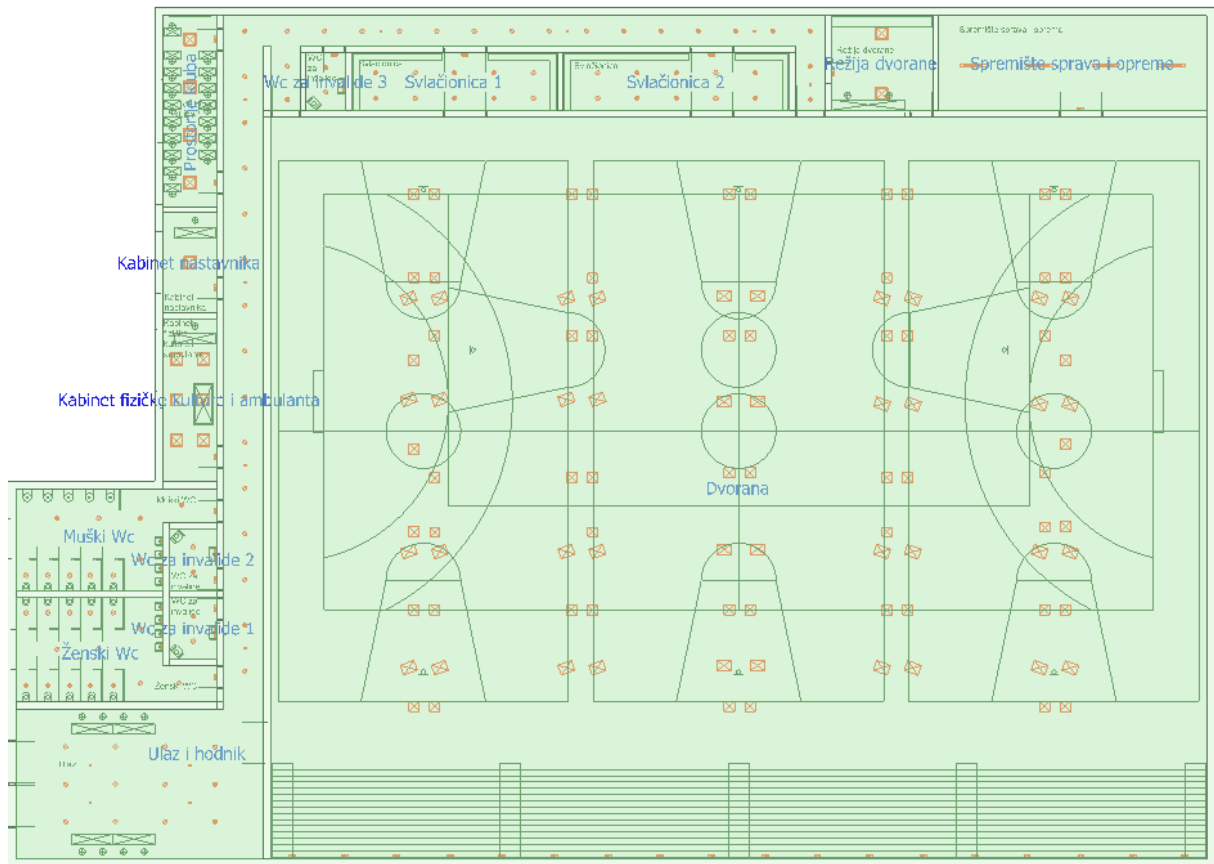
**Slika 6.4.** *Prikaz glavnih zidova*

Sljedeće na redu je dodavanje unutarnjih prostorija. Definiranje unutarnjih prostorija se odvija tako da se u lijevom kutu izabire opcija "*Storey and building construction*" i naredba "*Draw new indoor contour*"



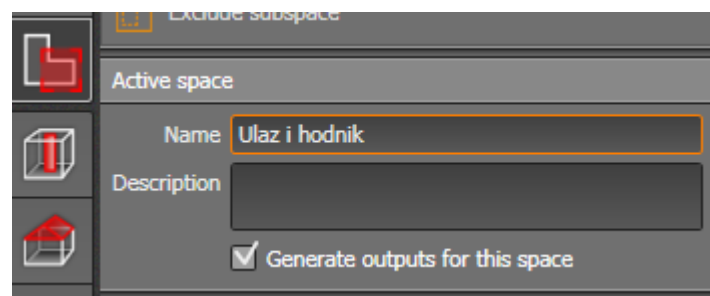
**Slika 6.5.** Kreiranje unutarnje prostorije

Kreiranje prostorija odvija se tako da se na pripremljenoj podlozi kreira raspored svake prostorije, te se svaka prostorija kreira posebno, i to na sličan način kao što su se kreirali vanjski zidove. U ovom slučaju nakon odabira naredbe "*Draw new indoor contour*", lijevim klikom odabiru se unutarnji kutovi prostorije, a nakon odabira svih željenih kutova, desnim klikom miša i odabire se opcija "*Close polygon*". Kompletan raspored svih prostorija prikazan je na slici 6.6.



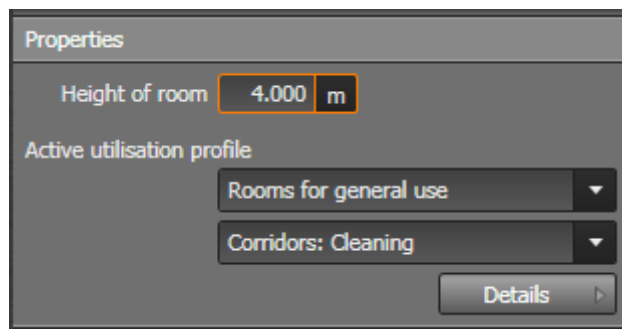
**Slika 6.6.** *Raspored prostorija*

Nazive prostorija i njihovu zasebnu visinu moguće je naknadno dodati. Dodaju se na način da u lijevom kutu na izborniku odabiremo "Assessment zones". Nakon odabira naredbe, klikom miša odabiru se već ranije kreirane prostorije, te se za svaku prostoriju unosi željeno ime i visina. Slika 6.7. i 6.8. prikazuju primjer unošenja imena i visine prostorije za jednu od prostorija. Za ostale prostorije, ime i visina se unose na identičan način.



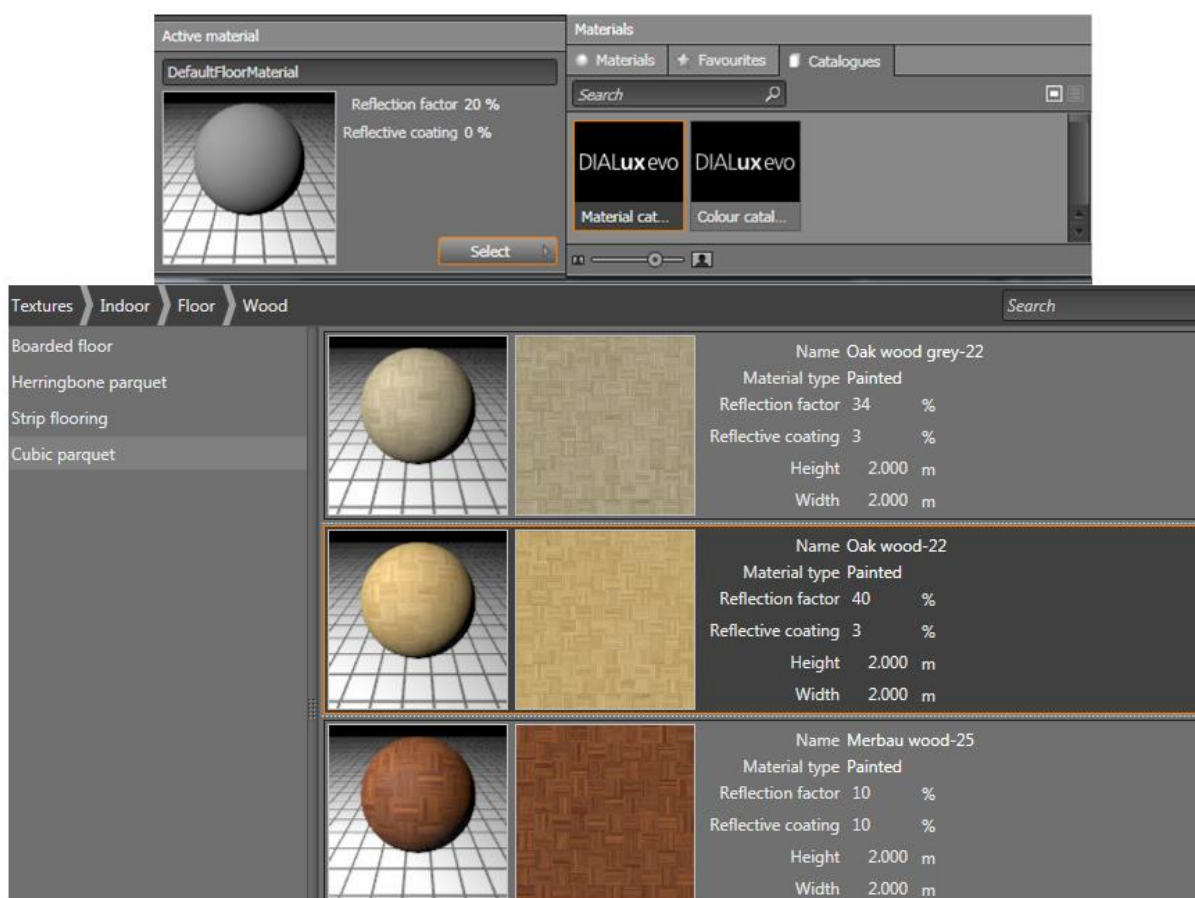
**Slika 6.7.** *Unošenje imena prostorije*





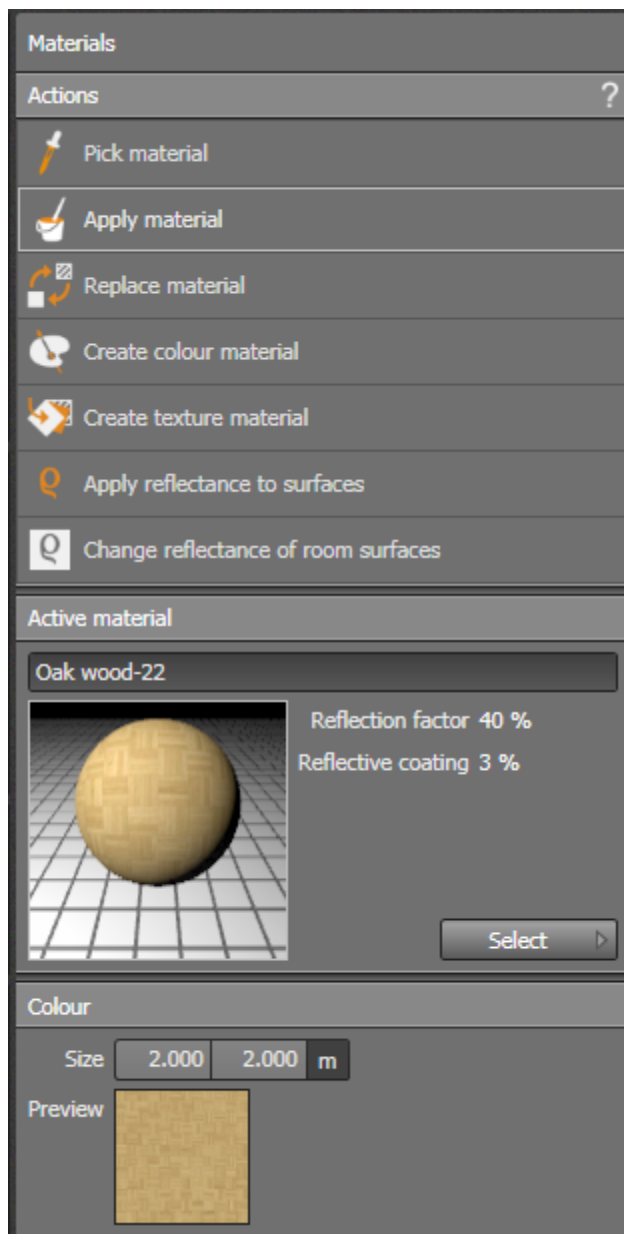
**Slika 6.8.** *Unošenje visine prostorije*

Nakon kreiranja cjelokupne dvorane i njenih prostorija preostaje dodavanje materijala od kojih su načinjeni zidovi, stropovi i podovi. U izborniku s lijeve strane, pod "**Materials**" ,izabiru se materijali koji su namijenjeni spomenutim površinama. Slika 6.9. prikazuje kako izabrati materijal koji je potreban, u specifičnom slučaju rada, odabiru se materijali koji će se nalaziti na samom sportskom terenu. Materijali koji se koriste u ostalim prostorijama odabiru se na isti način.



**Slika 6.9.** *Odabir materijala poda*

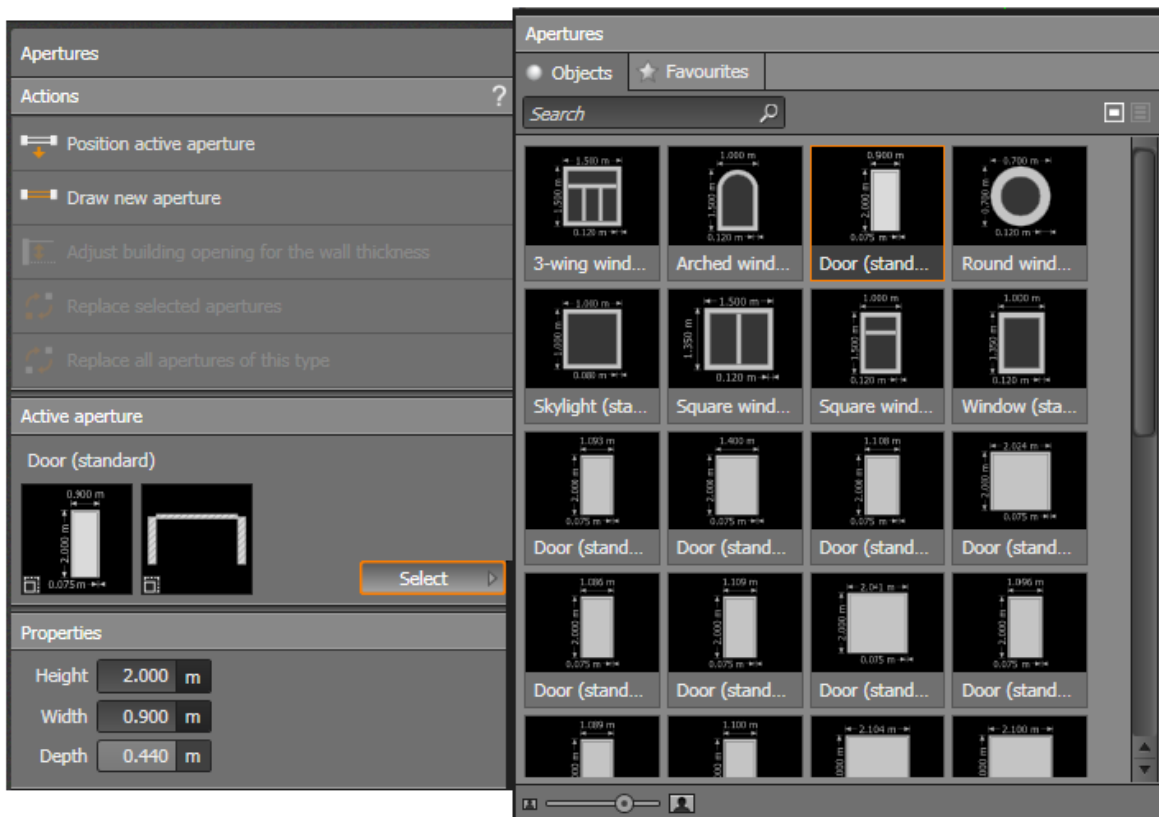
U ovom slučaju izabran je "**Oak wood-22**" materijal, koji najbolje imitira parkete u stvarnoj primijeni. Preostaje jedino još izabrani materijal primijeniti na podnu površinu sportskog terena, i to na način da se u izborniku odabire "**Apply material**" ,te se materijal lijevim klikom miša primjenjuje na površinu. Na slici 6.10. prikazan je način primjenjivanja materijala na radnu površinu.



**Slika 6.10.** *Primjenjivanje materijala na radnu površinu*

Postupak se ponavlja za svaku prostoriju posebno. Na isti način, nakon odabira odgovarajućih materijala, dodaju se materijali od kojih su napravljeni zidovi i stropovi. Ovo se također odnosi na materijale od kojih su napravljena vrata i svi ostali elementi koji se koriste u dvorani. Princip je isti, ali uz odabir drugačijih materijala.

Sljedeće po redu dolazi dodavanje vrata i prozora. Dodaju se tako da na izborniku s lijeve strane odaberemo "**Apertures**", te se pod "**Active aperture**" odabiru željena vrata i prozori.

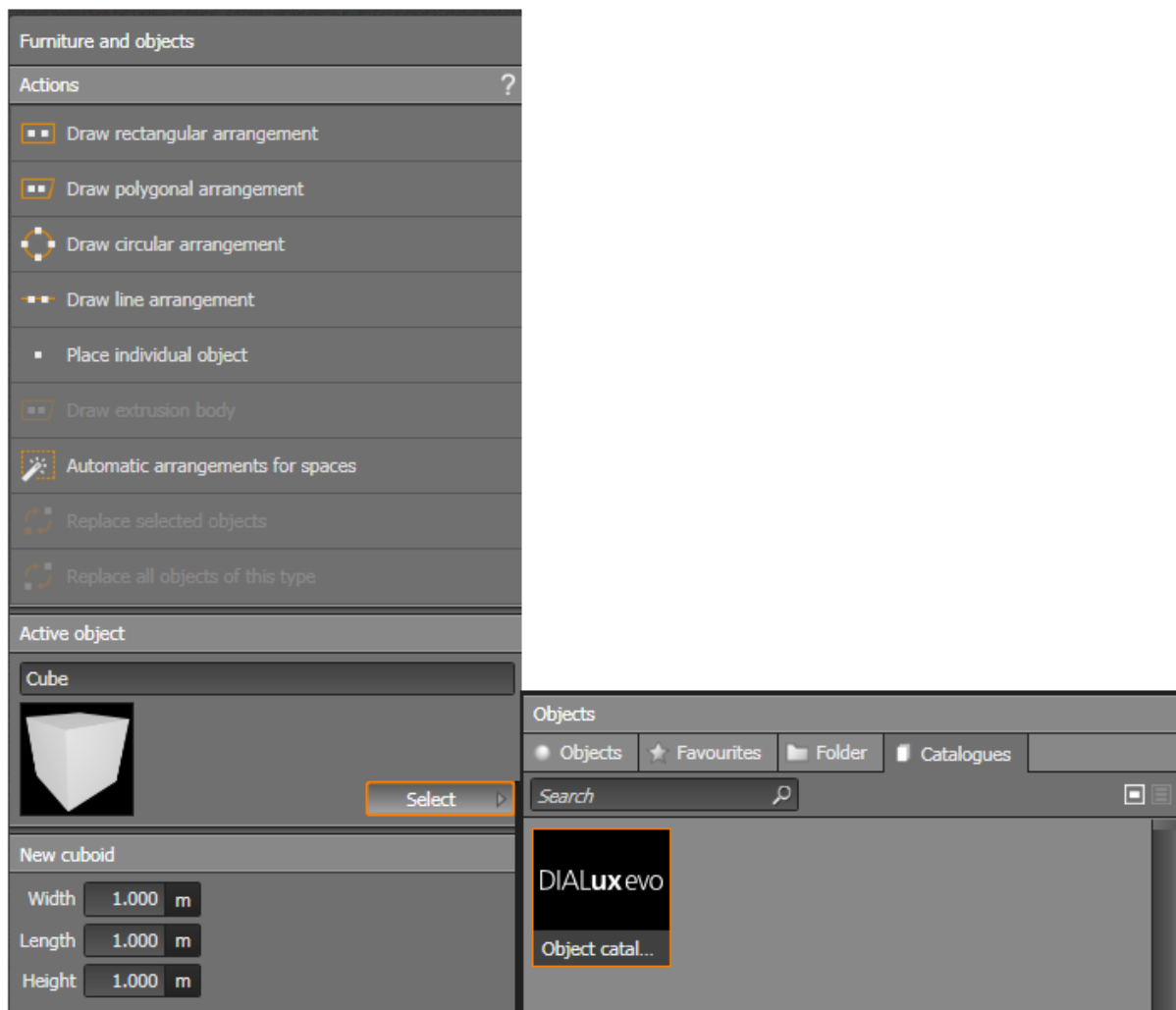


**Slika 6.11.** Odabir vrata i prozora

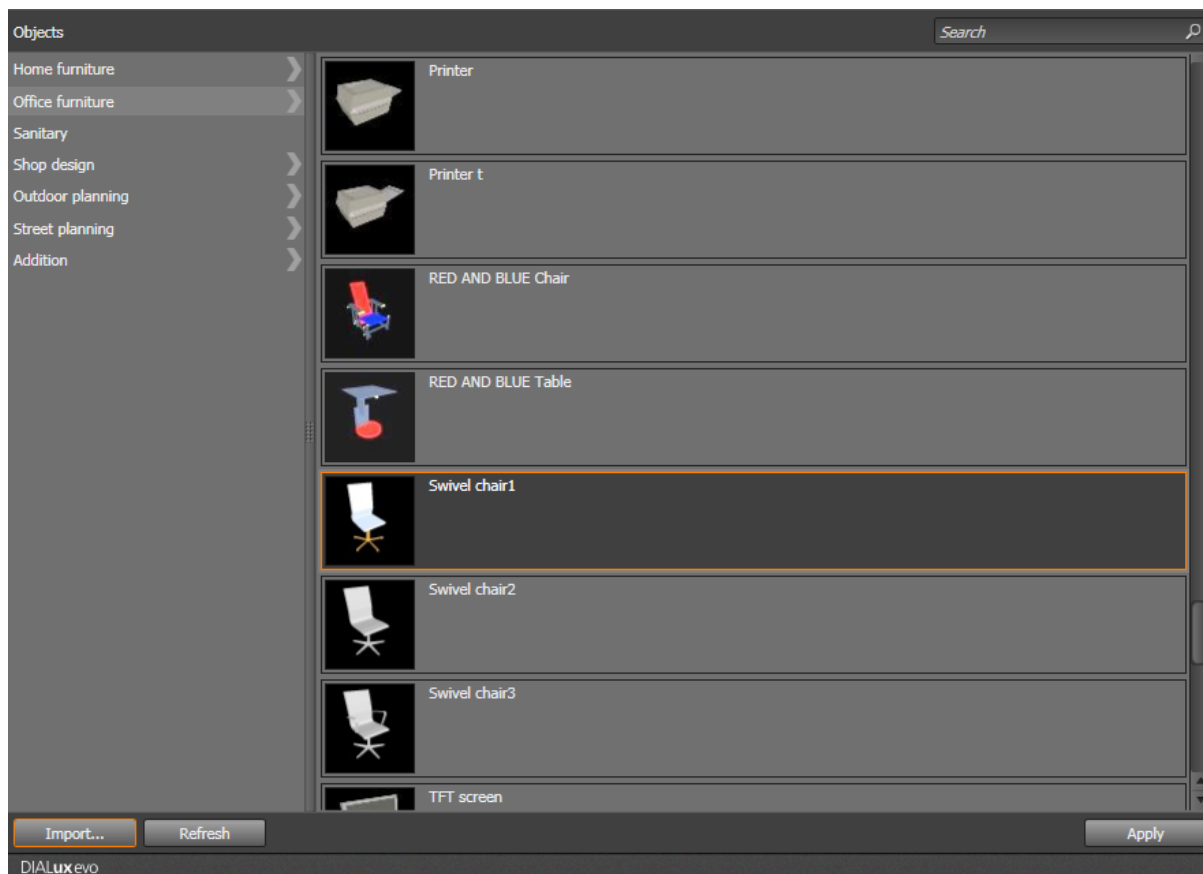
U konkretnom slučaju odabire se "**Door ( standard)**" i postavlja ih se na njima predviđena mjesta. Kada se odaberu vrata, te nakon postavljanja na red dolaze prozori. Postavljanje se radi na isti način, prikazan na slici 6.11., ali uz odabir "**Square window with mullion**". Nakon postavljanja svih vrata i prozora, preostaje još samo odabir materijala od kojih su napravljeni. Za okvire prozora odabire se bijeli PVC materijal "**9003(Signal white)**", dok se za vrata odabire iveral boje svijetlog drveta.

Završni dio opremanja prostorija je dodavanje elemenata kojom su namještene pojedine prostorije. Prikazat ćemo samo neke od elemenata koje smo dodali. Važno je imati dobro pripremljenu Autocad podlogu radi lakšeg dodavanja novih objekata. Sve se svodi na odabir željenog objekta koji nam odgovara za našu potrebu i klikom miša ga se smješta na njemu predviđenu lokaciju. Izbornik "**Furniture and object**" u kojem se nalaze objekti i namještaj

smješten je s lijeve strane. Kada se otvori izbornik, u ponudi se nudi katalog koji sadrži široku ponudu namještaja i objekata. Na sljedećim slikama biti će prikazano kako se pojedini objekti koje trebamo dodaju.

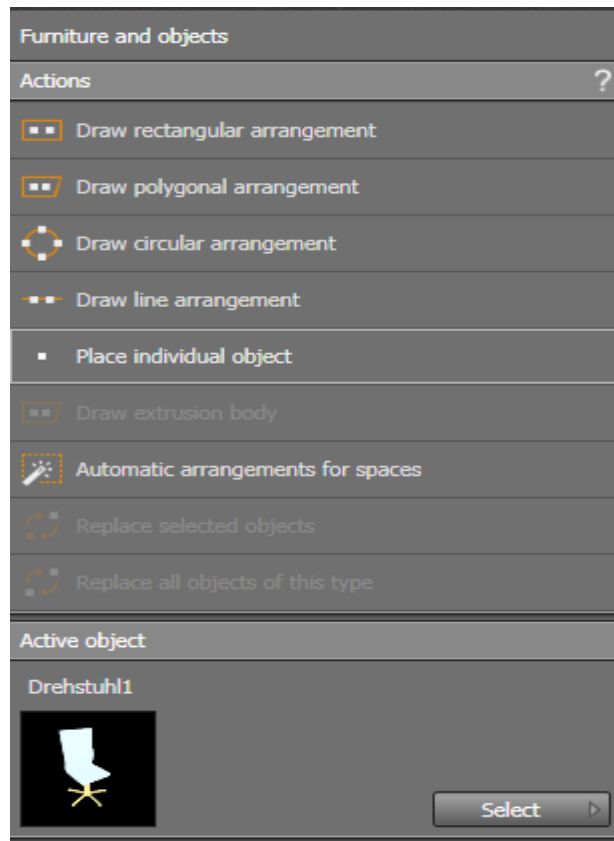


**Slika 6.12.** Katalog s objektima



**Slika 6.13.** *Odabir objekata*

Kada se odabere željeni objekt, potrebno ga je "**importati**" i uvezeni objekt se sada nalazi na listi objekata i potrebno ga je još postaviti na način da se na početnom izborniku odabere "**Place individual object**".

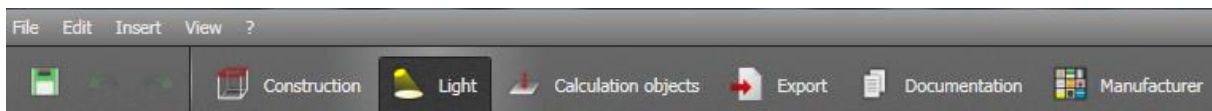


**Slika 6.14.** Postavljanje objekta

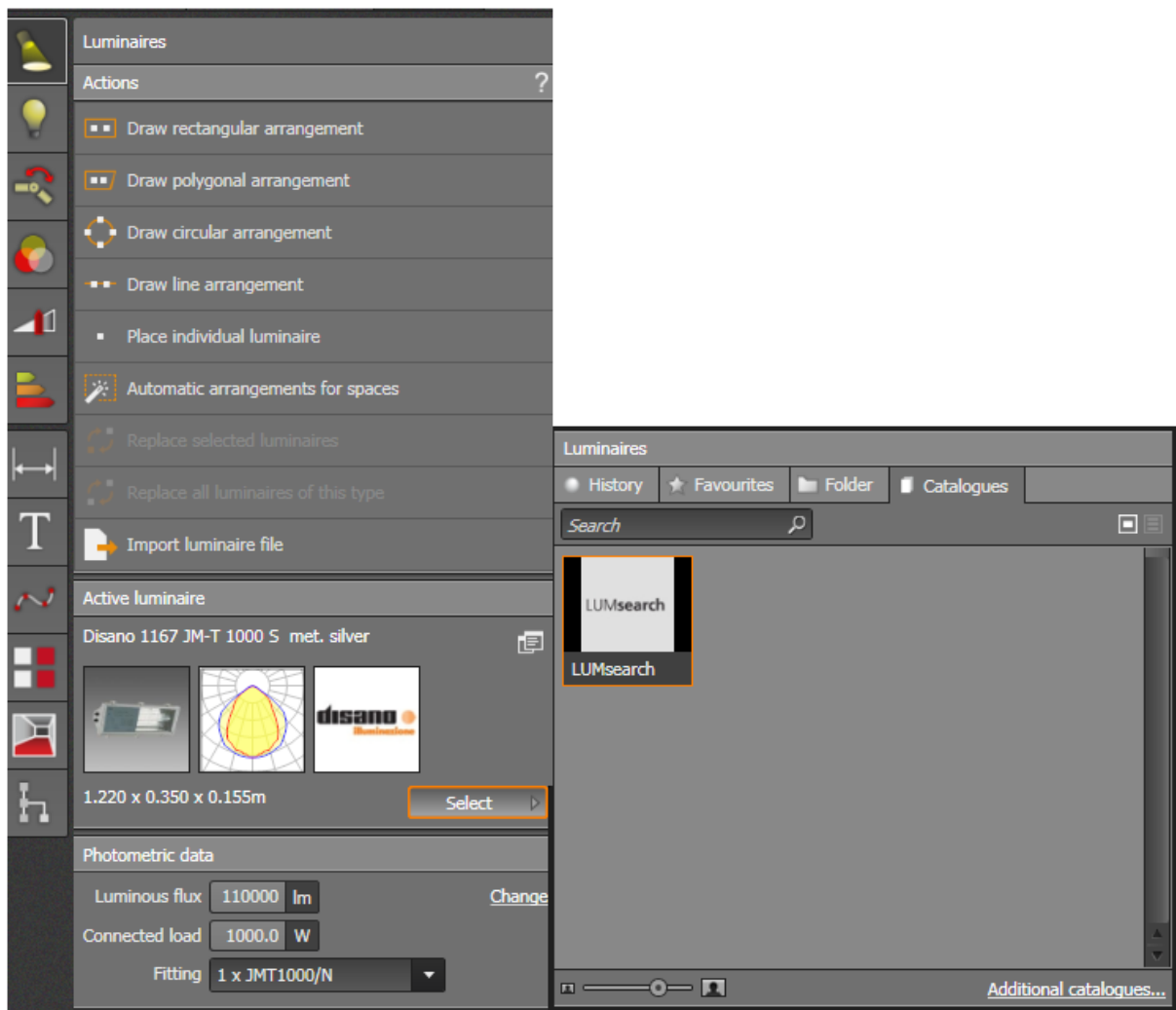
Postavljanjem svih objekata završavamo sa uređenjem prostorija dvorana. U završnoj fazi preostaje dodavanje rasvjetnih tijela. Rasvjetna tijela su unaprijed odabrana po uzoru na idejni projekt na kojemu se rad bazira. Prikazan je način na koji željene svjetiljke odabiremo, te kako se postavljaju.

## 6.2. Projektiranje rasvjetnih tijela

Prije samog projektiranja rasvjete važno je znati koja rasvjetna tijela će se koristiti. U radu su se koristila rasvjetna tijela sličnih karakteristika kao u idejnom projektu na kojemu je rad baziran. U nastavku je prikazan način na koji se rasvjetna tijela odabiru i postavljaju.

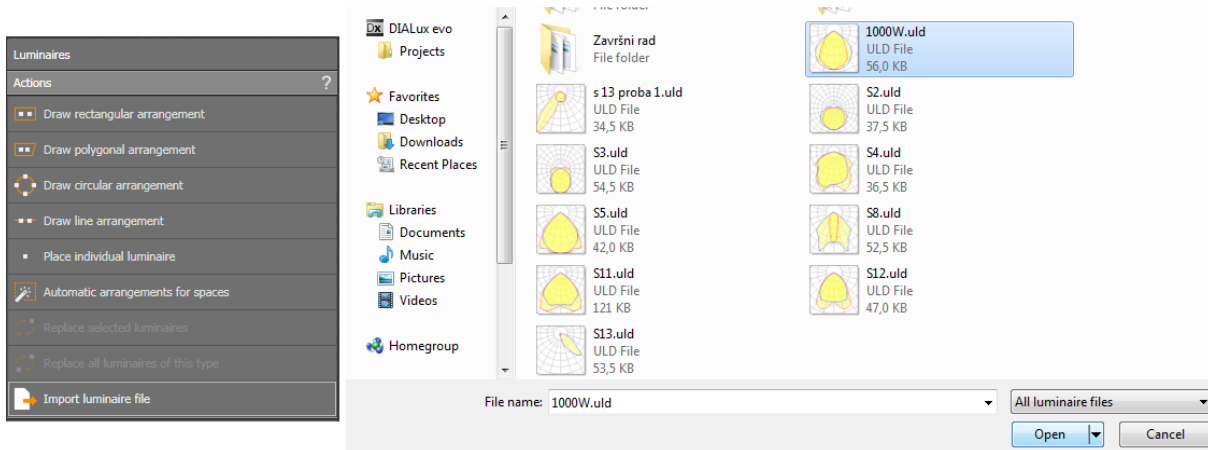


**Slika 6.15.** Glavni izbornik

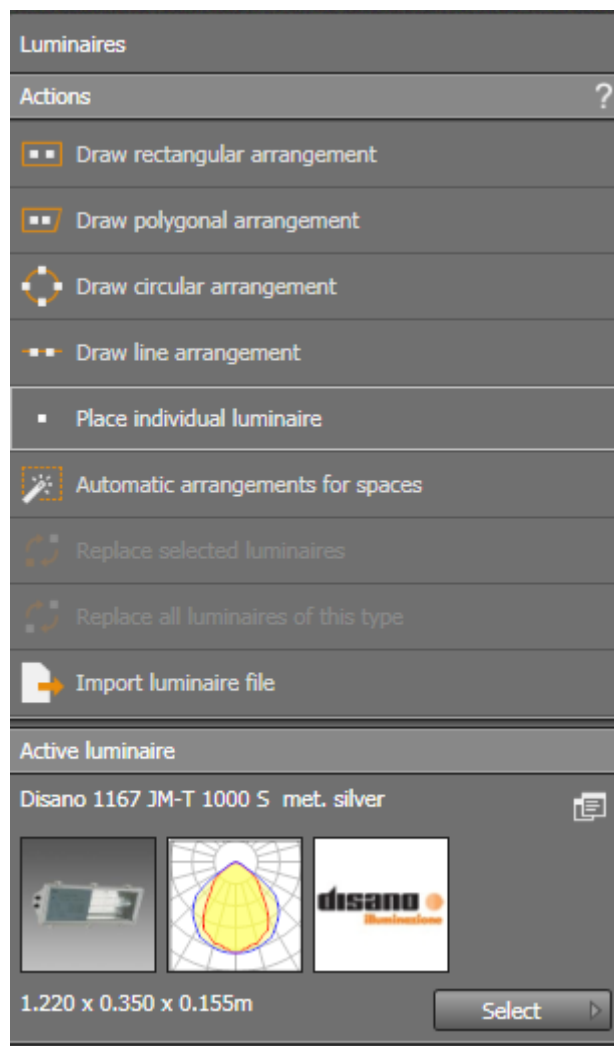


Slika 6.16. Katalog rasvjete

Slika 6.15. prikazuje glavni izbornik s pomoću kojeg se, odabirom "**Light**", dolazi do izbornika s lijeve strane, pomoću kojega se dodaju rasvjetna tijela. Slika 6.16. prikazuje taj izbornik, te se iz slike vidi gdje se nalazi katalog rasvjete. Otvaranjem kataloga automatski se otvara ovaj prozor u web pregledniku sa stranicom koja sadrži "**Luminare search**". Na stranici se mogu naći sva rasvjetna tijela koja se koriste u radu, te ih je potrebno spremiti na računalo. Sljedeće na redu je uvoz rasvjetnih tijela u program i to na način da se odabere "**Import luminare file**" koji se nalazi na našem izborniku. Dodavanje rasvjetnih tijela odvija se tako da se odabere rasvjetno tijelo koje želimo dodati, te se u izborniku odabire "**Place individual luminare**". Rasvjetna tijela se klikom miša postavljaju na predviđene lokacije koje su unaprijed unesene na AutoCad podlozi.



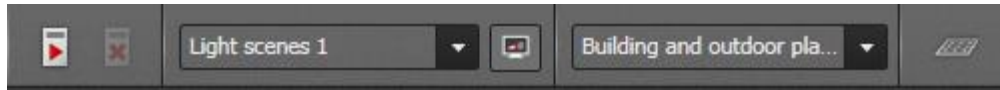
**Slika 6.17.** Uvoz rasyjetnog tijela



**Slika 6.18.** Postavljanje rasyjetnog tijela



Nakon pravilnog postavljanja svih željenih rasvjetnih tijela slijedi pokretanje simulacije. Pokretanje simulacije vrši se naredbom "**Start calculation**", koja se nalazi na glavnom izborniku. Slika 6.19. prikazuje pokretanje simulacije.



**Slika 6.19.** Pokretanje simulacije

Nakon što simulacija završi ostaje nam još samo pregledati rezultati, označiti koje prikaze rezultata želimo imati u našem izvještaju, te rezultate spremiti u obliku pdf dokument.

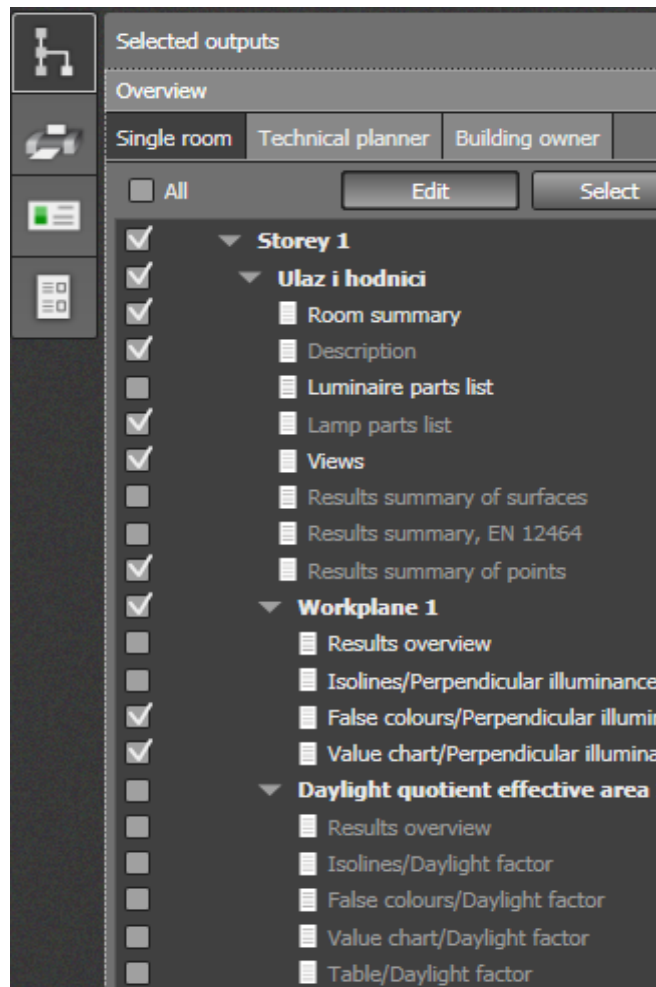
### 6.3. Dokumentiranje dobivenih rezultata

Za kraj našeg projekta ostaje dokumentiranje dobivenih rezultata, te njihovo spremanje u obliku pdf dokumenta. Na glavnom izborniku odabire se "**Documentation**" naredba. Otvara se novi izbornik koji se nalazi s lijeve strane u kojem se odabire željeni sadržaj izvještaja.

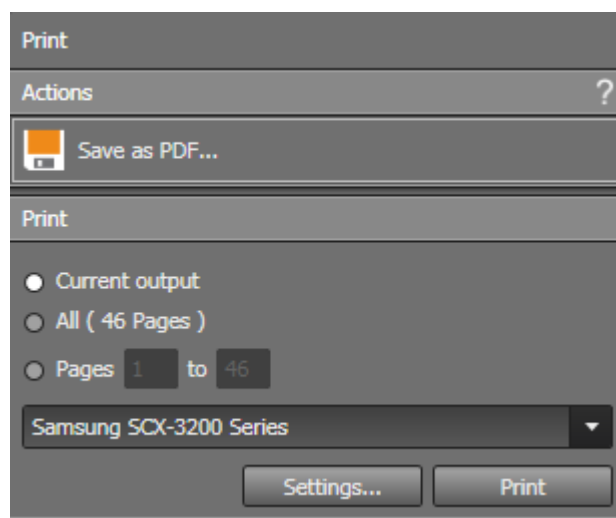


**Slika 6.20.** Glavni izbornik

U izborniku s lijeve strane, pod "**Selected Outputs**", klikom na "**Edit**" opciju odabire se željeni sadržaj izvještaja, te se u kućicu pored naziva željene opcije stavlja kvačica. Radnju je potrebno ponoviti za svaku prostoriju, jer u protivnom u izvještaju se neće nalaziti neoznačene radnje (Slika 6.21.). Nakon označavanja, na red dolazi spremanje dobivenih podataka. Naredbom "**Print**" otvara se izbornik u kojem se nalazi sve potrebno za spremanje podataka. Naredbom "**Determine page count**" utvrđuje se koliko stranica ima izvještaj. Zadnji korak je da odaberemo želimo li naš projekt odmah printati ili spremiti rezultate u obliku pdf dokumenta (Slika 6.22.).



**Slika 6.21.** Označavanje željenog sadržaja za izvještaj



**Slika 6.22.** Spremanje rezultata

Spremanjem rezultata završava projektni dio rada. Preostaje prikazivanje rezultata koje ćemo napraviti u sljedećem poglavlju.

## **7. ANALIZA REZULTATA DOBIVENIH PROGRAMSKIM PAKETOM DIALux evo**

Zadatak projektnog dijela diplomskoga rada bio je, po uzoru na idejni projekt, odraditi simulacije rasvjetnih scena. U prethodnom poglavlju opisan je način na koji smo kreirali građevinu, unijeli materijale, te naposljetku i rasvjetna tijela. Dobivene rezultate svake prostorije, te različite scene samog sportskog terena obradit ćemo u ovom poglavlju. Više pozornosti obratili smo na sam sportski teren, pa tako krećemo sa prikazom scena sportskog terena. Sama dvorana projektirana je tako da se u njoj mogu održavati različite sportske aktivnosti. Po potrebi o kojoj se sportskoj aktivnosti radi, imamo različite scene rasvjete. Za svaku od tih aktivnosti postoji propisana norma koje se moramo pridržavati, te u sklopu s njom projektirati našu rasvjetu.

### **7.1. Rukomet TV prijenos**

Za natjecanje od nacionalnog značenja potrebno je osigurati prema HRN EN 12193 slijedeće vertikalne i horizontalne rasvijetljenosti za teren dimenzija 40m x 20m:

Srednja horizontalna rasvijetljenost:  $E_{h\_av} \geq 1000-2000 \text{ lx}$

Jednolikost horizontalne rasvijetljenosti:  $E_{min}/E_{sr} \geq 0,7$ ;  $E_{min}/E_{max} \geq 0,5$

Srednja vertikalna rasvijetljenost:  $E_{h\_av} \geq 1000 \text{ lx}$

Jednolikost vertikalne rasvijetljenosti:  $E_{min}/E_{sr} \geq 0,6$ ;  $E_{min}/E_{max} \geq 0,4$

NAPOMENA: Omjer horizontalne i vertikalne srednje rasvijetljenosti:

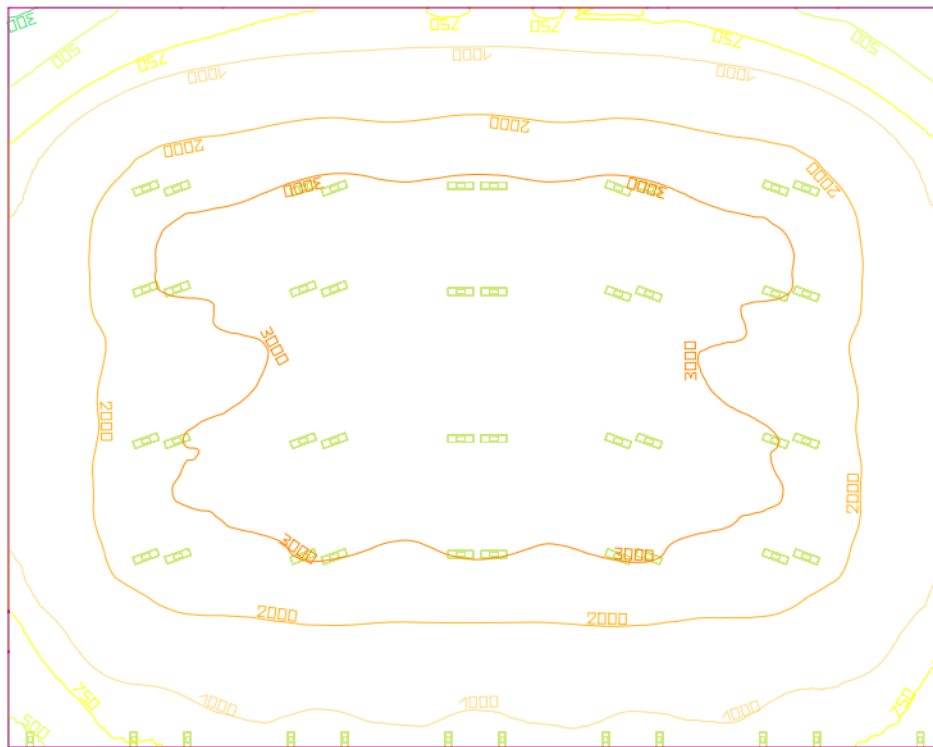
Preporuča se omjer horizontalne rasvijetljenosti (Borilište) između 0,75 i 1,5 u odnosu na vertikalnu rasvijetljenost za kamere. Vertikalna rasvijetljenost se mjeri na visini  $H=1,5\text{m}$ , a horizontalna na visini 1m.

Faktor uzvrata boje  $R_a \geq 0,8$

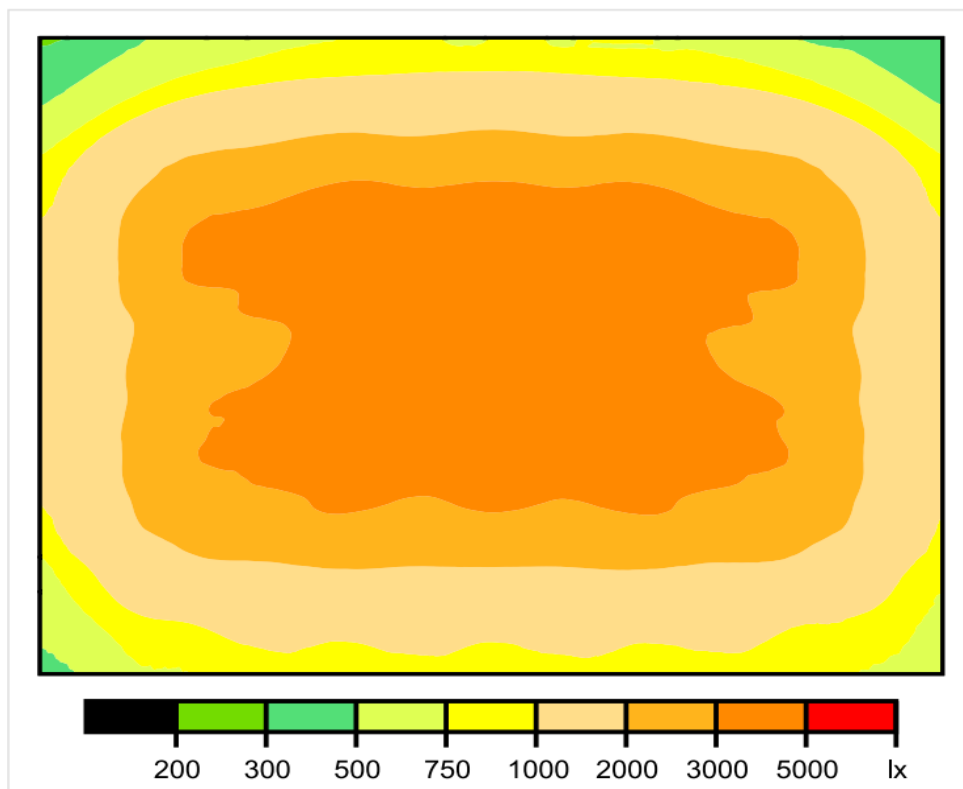
Faktor bliještenja  $GR < 50$

Za TV snimanje traži se boja svjetla  $T > 5400 \text{ K}$

Na slijedećim slikama prikazat ćemo rezultate dobivene simulacijom kreiranom za TV prijenos rukometnih utakmica.

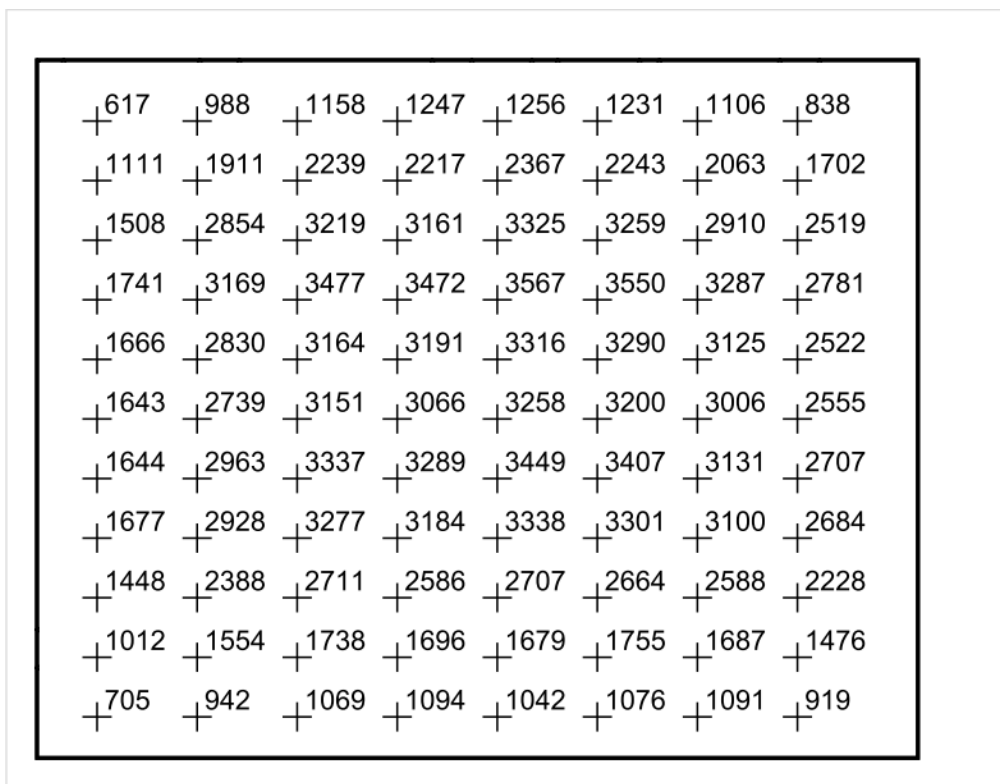


**Slika 7.1.** Prikaz rasvjetljenosti



Scale: 1 : 500

**Slika 7.2.** Grafički prikaz rasvjetljenosti



Scale: 1 : 500

**Slika 7.3.** Brojčani prikaz rasvijetljenosti

Visina prostorije: 8,000 m, Visina radne površine: 0,800 m

Faktor refleksije: Zidovi 50%, Pod 39,9%, Faktor održavanja 0,80

**Tablica 7.1.** Radna površina rukometnog terena za TV prijenos

Površina	Rezultat	Postignuta (ciljana vrijednost)	Min	Max	Min/average	Min/max
Sportski teren	Okomita rasvijetljenost[lx]	2120 (1000-2000)	274	3637	0,129	0,075

Na sportskom terenu u slučaju TV prijenosa utakmice nalazi se 40 rasvjetnih tijela koje pružaju dovoljnu rasvijetljenost potrebnu za TV prijenos. Uz rasvjetna tijela koja rasvjetljavaju teren dvorane nalazi se još 12 rasvjetnih tijela koje rasvjetljavaju tribine.

Rasvjetna tijela sportskog terena

Disano Illuminazione 1167 Radon

Disano 1167 JM-T

1000 S met. silver

Svjetlosna iskoristivost: 71,82%

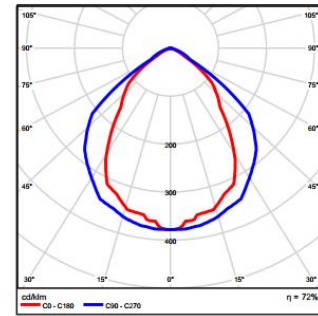
Svjetlosni tok žarulje: 11000 lm

Svjetlosni tok rasvjetnog tijela:

79004 lm

Snaga: 1000W

Učinkovitost svjetiljke: 79,0 lm/W



**Slika 7.4.** Disano 1167 JM-T

Rasvjetna tijela tribina

Disano Illuminazione 1997

Gallery-asymmetric

Disano 1997 SAPT 150 CNR

natural

Svjetlosna iskoristivost: 75,18%

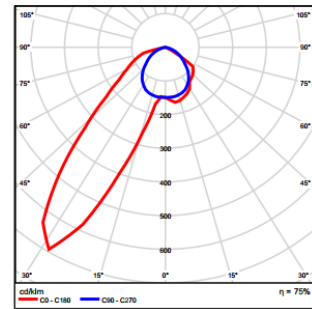
Svjetlosni tok žarulje: 17500 lm

Svjetlosni tok rasvjetnog tijela:

13156 lm

Snaga: 165,8W

Učinkovitost svjetiljke: 79,3 lm/W



**Slika 7.5.** Disano 1997 SAPT 150 CNR natural

## 7.2. Košarka TV prijenos

Za natjecanje od nacionalnog značenja potrebno je osigurati prema HRN EN 12193 slijedeće vertikalne i horizontalne rasvjetljenosti za teren dimenzija 28m x 15m:

Srednja horizontalna rasvjetljenost:  $E_{h\_av} \geq 1000-2000$  lx

Jednolikost horizontalne rasvjetljenosti:  $E_{min}/E_{sr} \geq 0,7$ ;  $E_{min}/E_{max} \geq 0,5$

Srednja vertikalna rasvjetljenost:  $E_{h\_av} \geq 1000$  lx

Jednolikost vertikalne rasvjetljenosti:  $E_{min}/E_{sr} \geq 0,6$ ;  $E_{min}/E_{max} \geq 0,4$

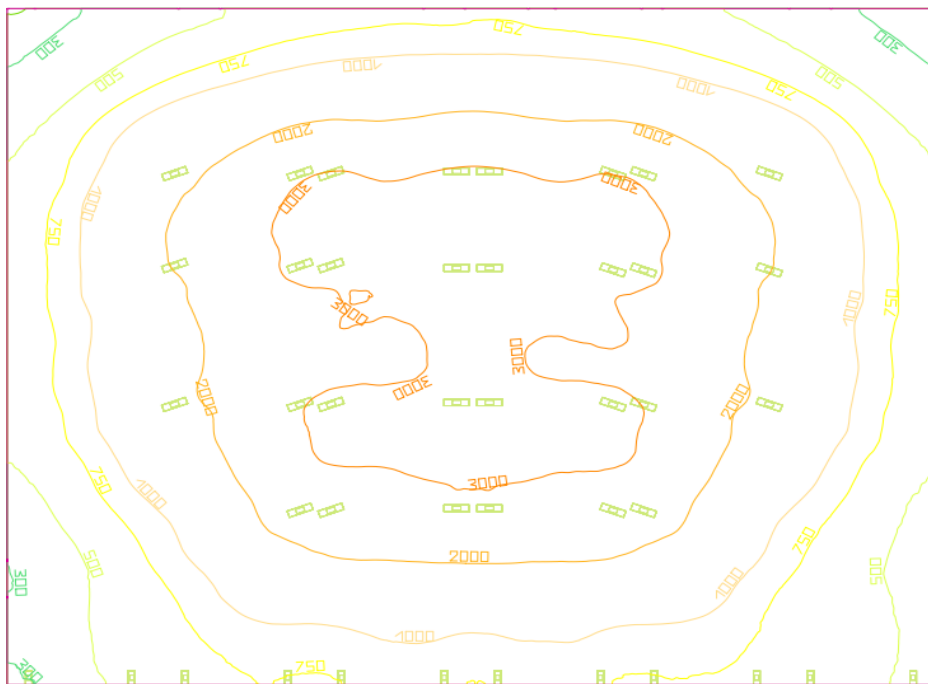
NAPOMENA: Omjer horizontalne i vertikalne srednje rasvjetljenosti:

Preporuča se omjer horizontalne rasvjetljenosti (Borilište) između 0,75 i 1,5 u odnosu na vertikalnu rasvjetljenost za kamere. Vertikalna rasvjetljenost se mjeri na visini  $H=1,5\text{m}$ , a horizontalna na visini  $1\text{m}$ .

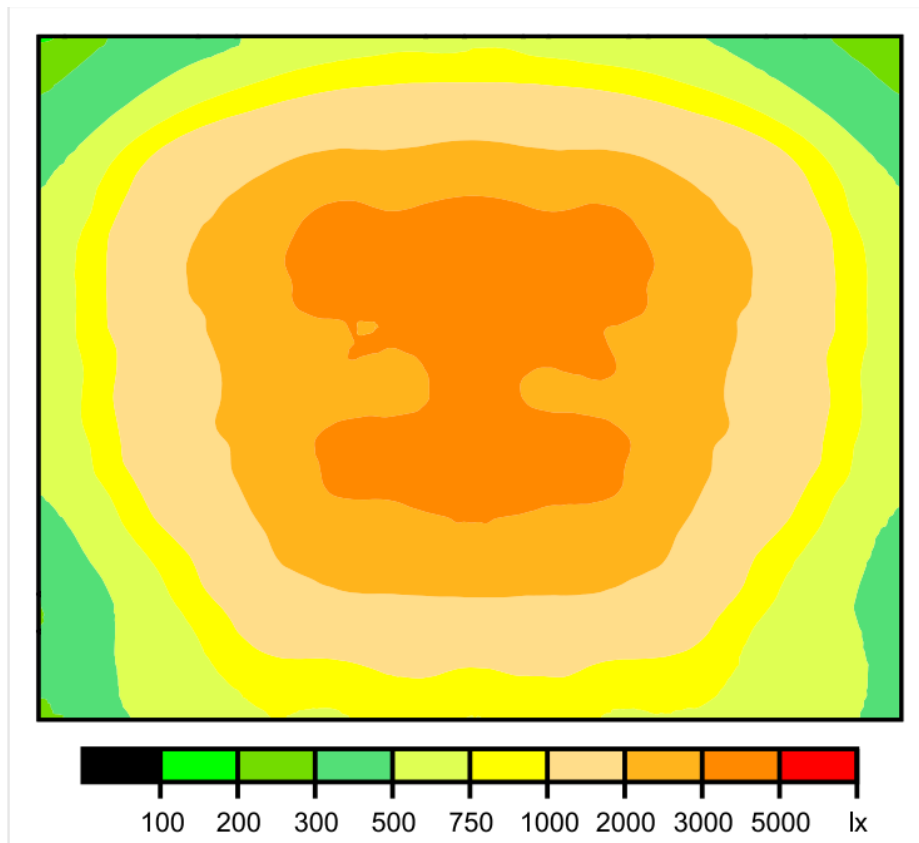
Faktor uzvrata boje  $R_a \geq 0,8$

Faktor bliještenja  $GR < 50$

Za TV snimanje traži se boja svjetla  $T > 5400\text{K}$



**Slika 7.6.** Prikaz rasvjetljenosti



Scale: 1 : 500

**Slika 7.7.** Grafički prikaz rasvjetljenosti

+398	+680	+962	+1141	+1159	+1102	+851	+552
+624	+1276	+1927	+2087	+2256	+2075	+1643	+1027
+801	+1861	+2828	+3012	+3197	+3056	+2328	+1456
+917	+2078	+3063	+3298	+3422	+3321	+2651	+1628
+909	+1870	+2730	+3007	+3163	+3049	+2490	+1519
+859	+1786	+2699	+2878	+3101	+2948	+2373	+1486
+799	+1742	+2787	+3091	+3293	+3124	+2310	+1423
+658	+1430	+2634	+2974	+3181	+2997	+2139	+1120
+522	+1016	+2125	+2387	+2564	+2382	+1708	+801
+443	+789	+1402	+1537	+1552	+1554	+1193	+660
+420	+640	+869	+973	+936	+937	+840	+597

Scale: 1 : 500

**Slika 7.8.** Brojčani prikaz rasvjetljenosti



Visina prostorije: 8,000 m, Visina radne površine: 0,800 m

Faktor refleksije: Zidovi 50%, Pod 39,9%, Faktor održavanja 0,80

**Tablica 7.2.** Radna površina košarkaškog terena za TV prijenos

Površina	Rezultat	Postignuta (ciljana vrijednost)	Min	Max	Min/average	Min/max
Sportski teren	Okomita rasvjetljenost[lx]	1634 (1000-2000)	189	3497	0,116	0,054

Rasvjetna tijela korištena u ovoj sceni jednaka su kao u rukometnoj, promijenjen je samo broj rasvjetnih tijela te njihova pozicija.

### 7.3 Rukomet natjecanje

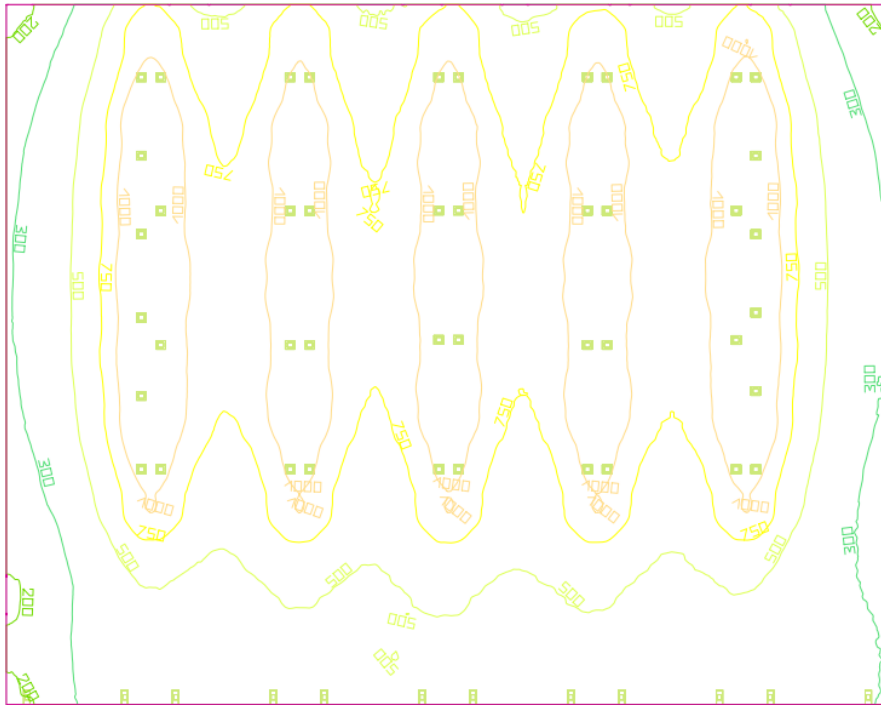
Za natjecanje od nacionalnog značenja potrebno je osigurati prema HRN EN 12193 slijedeće vertikalne i horizontalne rasvjetljenosti za teren dimenzija 40m x 20m:

Srednja horizontalna rasvjetljenost:  $E_{h\_av} \geq 750$  lx (na visini 1m)

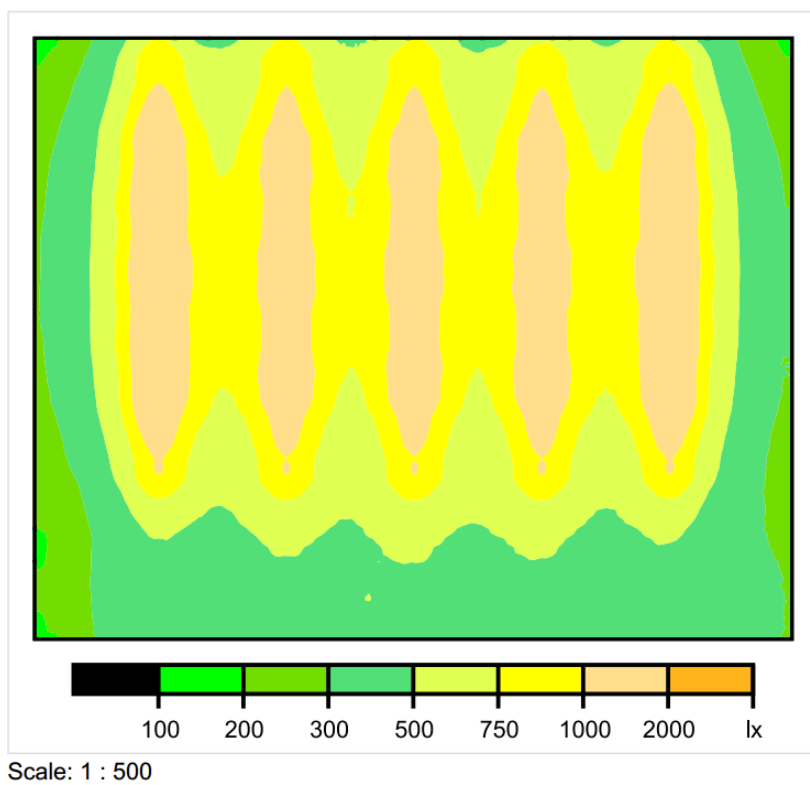
Jednolikost horizontalne rasvjetljenosti:  $E_{min}/E_{sr} \geq 0,7$

Faktor uzvrata boje  $R_a \geq 0,8$

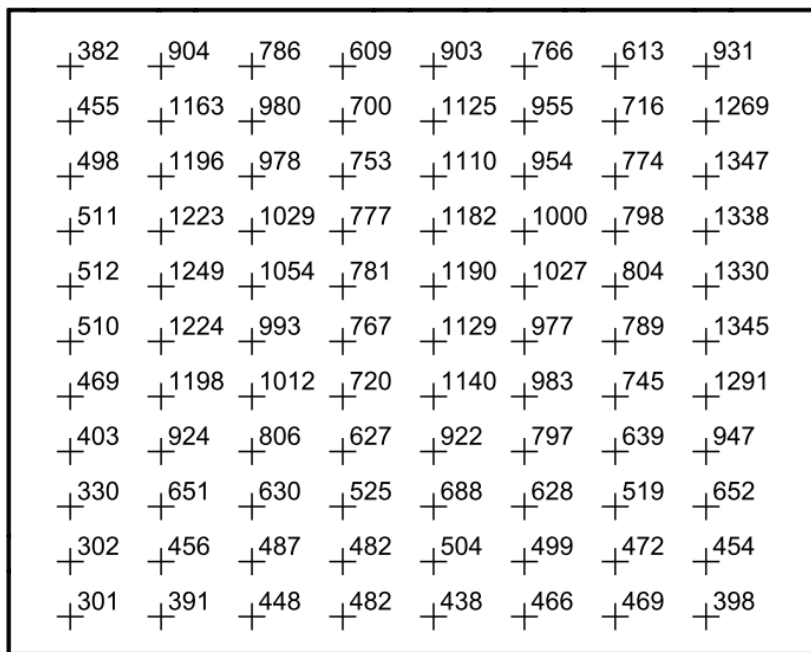
Faktor bliještenja  $GR < 50$



**Slika 7.9.** Prikaz rasvjetljenosti



**Slika 7.10.** Grafički prikaz rasvjetljenosti



Scale: 1 : 500

**Slika 7.11.** Brojčani prikaz umjetne rasvjetljenosti

Visina prostorije: 8,000 m, Visina radne površine: 0,800 m

Faktor refleksije: Zidovi 50%, Pod 39,9%, Faktor održavanja 0,80

**Tablica 7.3.** Radna površina rukometnog terena za natjecanje

Površina	Rezultat	Postignuta (ciljana vrijednost)	Min	Max	Min/average	Min/max
Sportski teren	Okomita rasvjetljenost[lx]	724 (750)	156	1589	0,215	0,098

Rasvjeta sportskog terena

Disano Illuminazione 1158 Indio

Disano 1158 JM-T

Svjetlosna iskoristivost: 73,94%

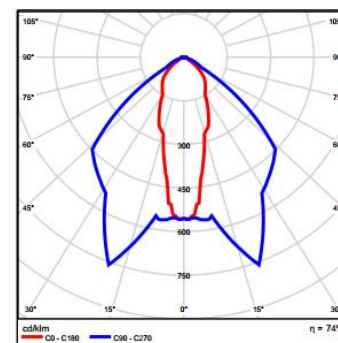
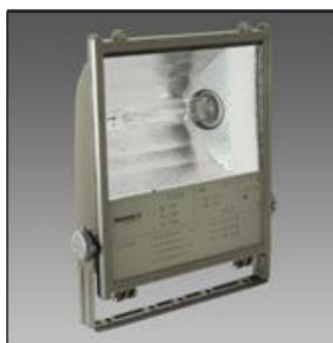
Svjetlosni tok žarulje: 32000 lm

Svjetlosni tok rasvjetnog tijela:

23660 lm

Snaga: 417,3W

Učinkovitost svjetiljke: 56,7 lm/W



**Slika 7.12.** Disano 1158 JM-T

Rasvjetna tijela tribina identična su kao u prijašnjim slučajevima.

## 7.4. Košarka natjecanje

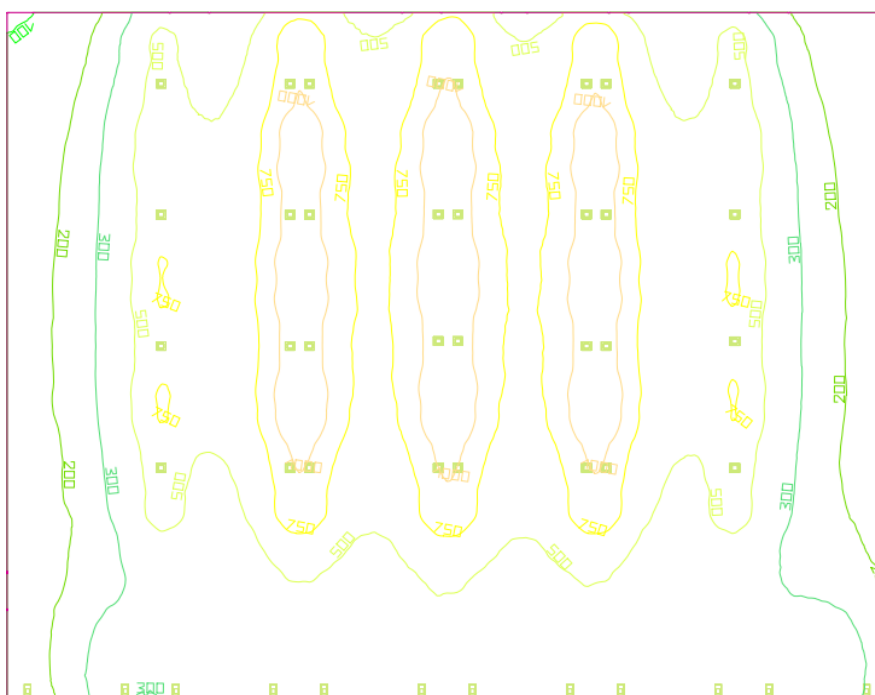
Za natjecanje od nacionalnog značenja potrebno je osigurati prema HRN EN 12193 sljedeće vertikalne i horizontalne rasvjetljenosti za teren dimenzija 28m x 15m:

Srednja horizontalna rasvjetljenost:  $E_{h\_av} \geq 750 \text{ lx}$  (na visini 1m)

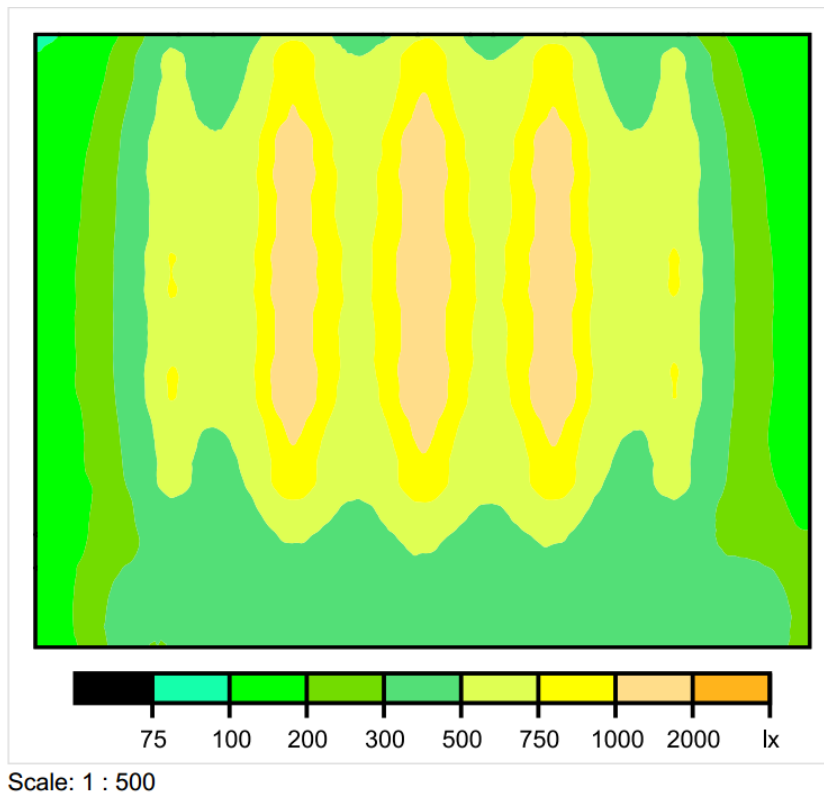
Jednolikost horizontalne rasvjetljenosti:  $E_{min}/E_{max} \geq 0,7$

Faktor uzvrata boje  $R_a \geq 0,8$

Faktor bliještenja  $GR < 50$



**Slika 7.13.** Prikaz rasvjetljenosti



**Slika 7.14.** Grafički prikaz rasvjetljenosti

+184	+550	+690	+564	+864	+709	+469	+395
+208	+678	+869	+650	+1081	+889	+543	+490
+225	+667	+856	+699	+1064	+883	+581	+489
+233	+708	+899	+720	+1134	+927	+597	+519
+235	+731	+926	+725	+1142	+955	+606	+524
+238	+690	+871	+712	+1083	+907	+600	+506
+227	+714	+905	+670	+1098	+921	+580	+516
+217	+580	+714	+583	+883	+741	+505	+437
+206	+441	+561	+486	+655	+583	+424	+362
+229	+355	+437	+450	+474	+461	+410	+324
+258	+340	+411	+454	+412	+435	+428	+343

Scale: 1 : 500

**Slika 7.15.** Brojčani prikaz rasvjetljenosti

Visina prostorije: 8,000 m, Visina radne površine: 0,800 m

Faktor refleksije: Zidovi 50%, Pod 39,9%, Faktor održavanja 0,80

**Tablica 7.4.** Radna površina košarkaškog terena za natjecanje

Površina	Rezultat	Postignuta (ciljana vrijednost)	Min	Max	Min/average	Min/max
Sportski teren	Okomita rasvijetljenost[lx]	549 (750)	86	1330	0,157	0,065

Rasvjetna tijela korištena za ovu simulaciju jednaka su kao u simulaciji za rukometni trening, razlika je u broju rasvjetnih tijela i njihovoj lokaciji.

### 7.5. Nastava sredina

Potrebno je osigurati da se razina rasvijetljenosti za rekreaciju ili nastavu osigura na jednoj trećini dvorane, a da ostali dijelovi dvorane mogu biti bez umjetnog svjetla. Za rekreaciju ili nastavu potrebno je osigurati prema HRN EN 12193 sljedeće vrijednosti horizontalne rasvijetljenosti za teren dimenzija 26m x 14m:

Srednja horizontalna rasvijetljenost:  $E_{h\_av} \geq 200 \text{ lx}$  (na visini 1m)

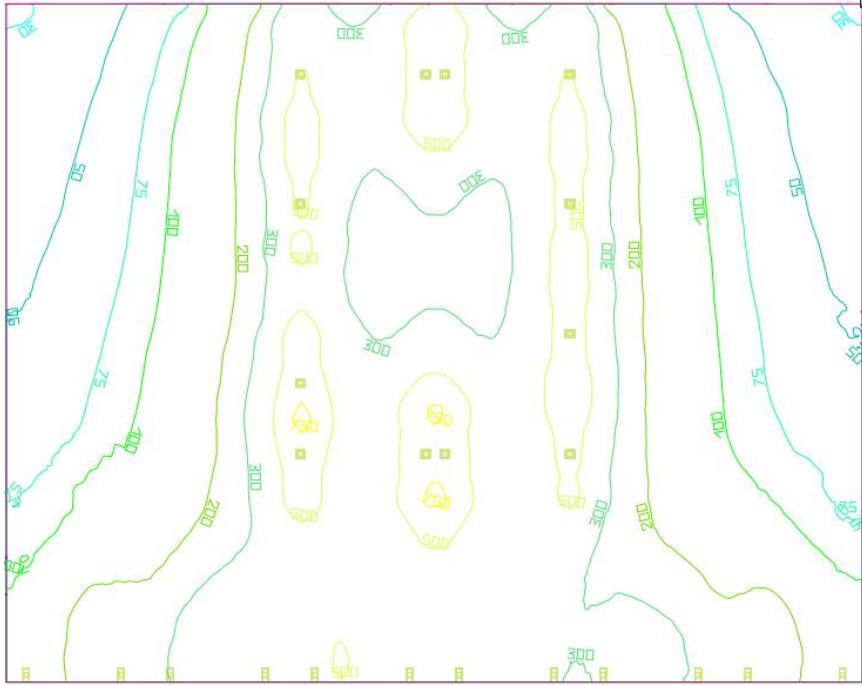
Jednolikost horizontalne rasvijetljenosti:  $E_{min}/E_{sr} \geq 0,5$

Faktor uzvrata boje  $R_a \geq 0,8$

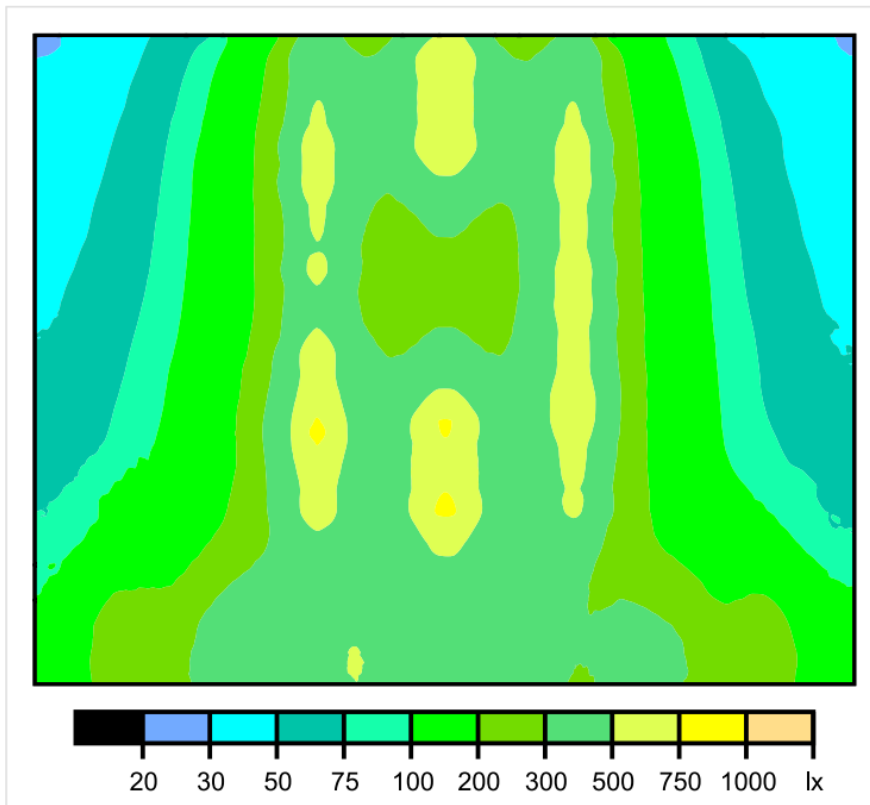
Faktor bliještenja  $< 50$

NAPOMENA: 200 lx je minimalna vrijednost srednje rasvijetljenosti za rekreaciju ili nastavu.

Preporuka je da taj nivo bude 300 lx (prema CIE)

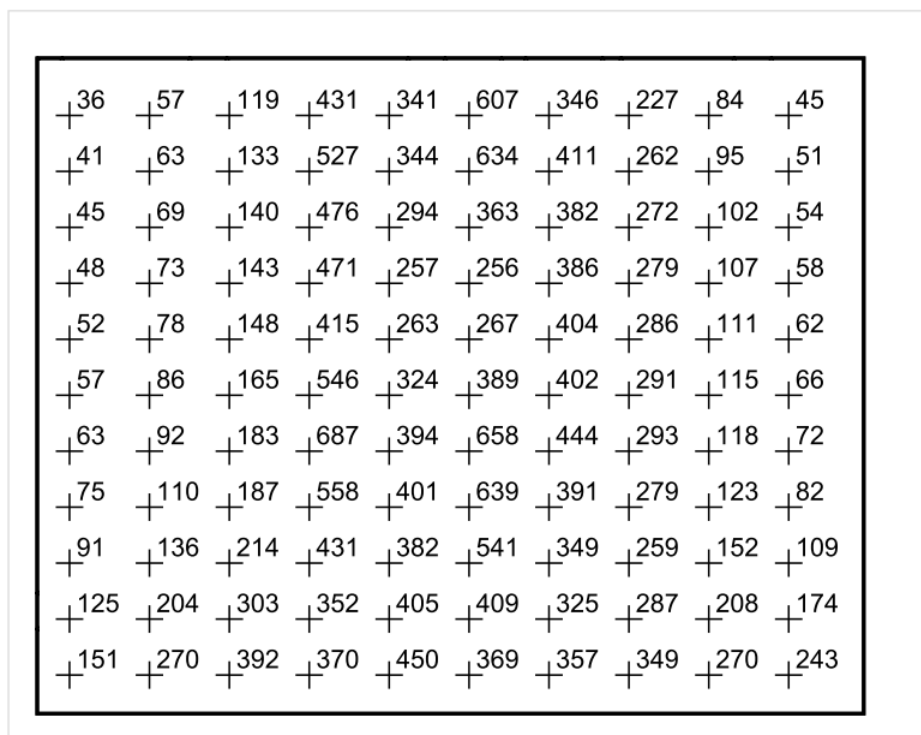


**Slika7.15.** Prikaz rasvjetljenosti



Scale: 1 : 500

**Slika 7.16.** Grafički prikaz rasvjetljenosti



Scale: 1 : 500

**Slika 7.17.** Brojčani prikaz rasvijetljenosti

Visina prostorije: 8,000 m, Visina radne površine: 0,800 m

Faktor refleksije: Zidovi 50%, Pod 39,9%, Faktor održavanja 0,80

**Tablica 7.5.** Radna površina dvorane za nastavu na sredini terena

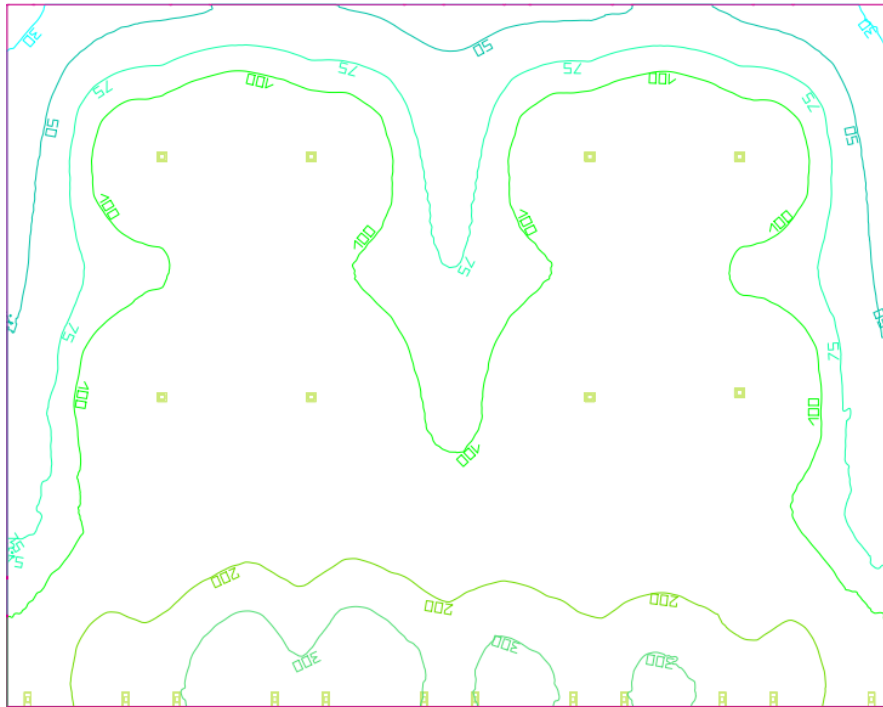
Površina	Rezultat	Postignuta (ciljana vrijednost)	Min	Max	Min/average	Min/max
Sportski teren	Okomita rasvijetljenost[lx]	249 (200)	26	793	0,104	0,033

Rasvjetna tijela za scenu nastave jednaka su kao za treninge, razlika je u broju i lokaciji rasvjetnih tijela. Rasvjetna tijela tribina jednaka su kao i ranije korištena.

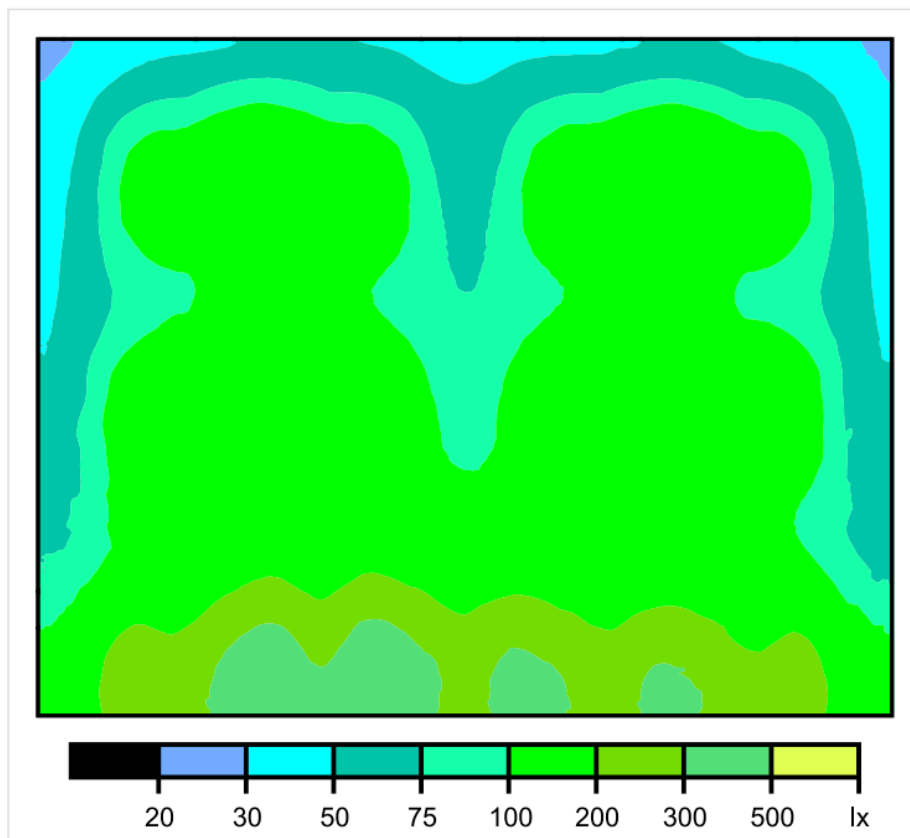
## 7.6. Održavanje

Za održavanje dvorane (čišćenje) prema HRN EN 12464-1 potrebno je osigurati osnovnu razinu horizontalne rasvijetljenosti na podu od 100 lx



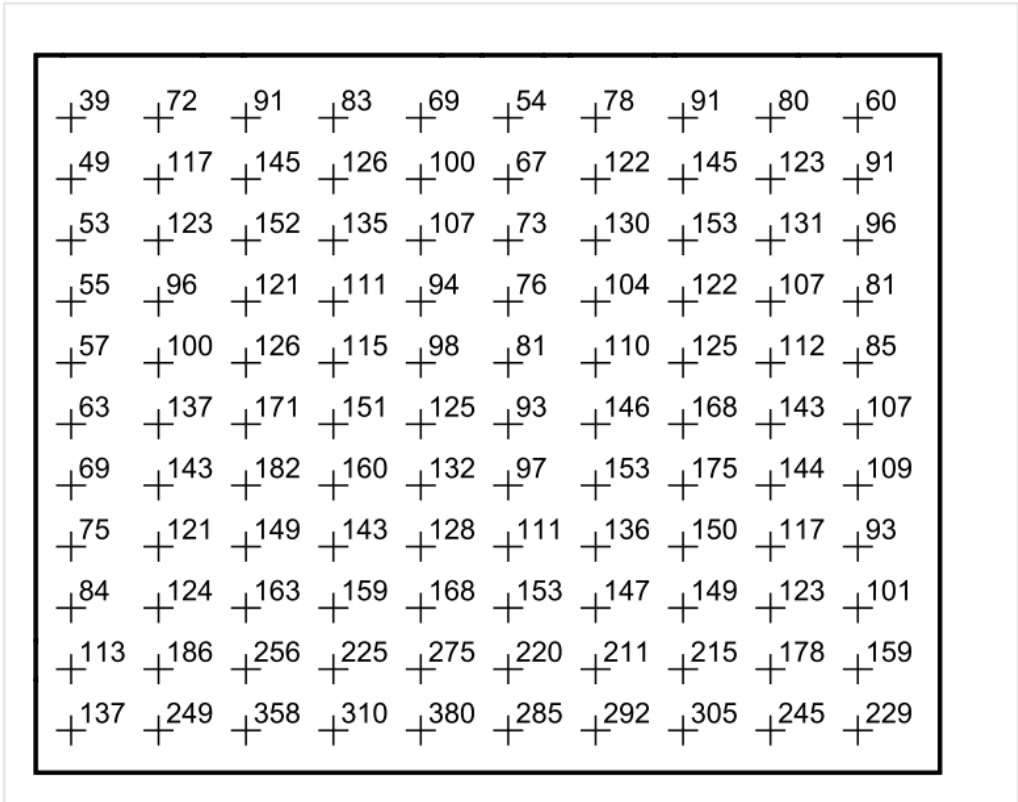


**Slika 7.18.** Prikaz rasvjetljenosti



Scale: 1 : 500

**Slika 7.19.** Grafički prikaz rasvjetljenosti



Scale: 1 : 500

**Slika 7.20.** Brojčani prikaz rasvijetljenosti

Visina prostorije: 8,000 m, Visina radne površine: 0,800 m

Faktor refleksije: Zidovi 50%, Pod 39,9%, Faktor održavanja 0,80

**Tablica 7.6.** Radna površina dvorane za održavanje

Površina	Rezultat	Postignuta (ciljana vrijednost)	Min	Max	Min/average	Min/max
Sportski teren	Okomita rasvijetljenost[lx]	133 (100)	22	453	0,165	0,049

Rasvjetna tijela

Disano Illuminazione 1157 Indio

Disano 1157 ALO

750 S graphite

Svjetlosna iskoristivost: 76,24%

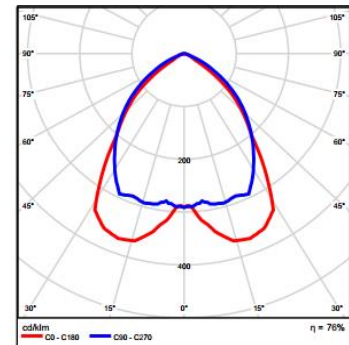
Svjetlosni tok žarulje: 16500 lm

Svjetlosni tok rasvjetnog tijela:

12580 lm

Snaga:750W

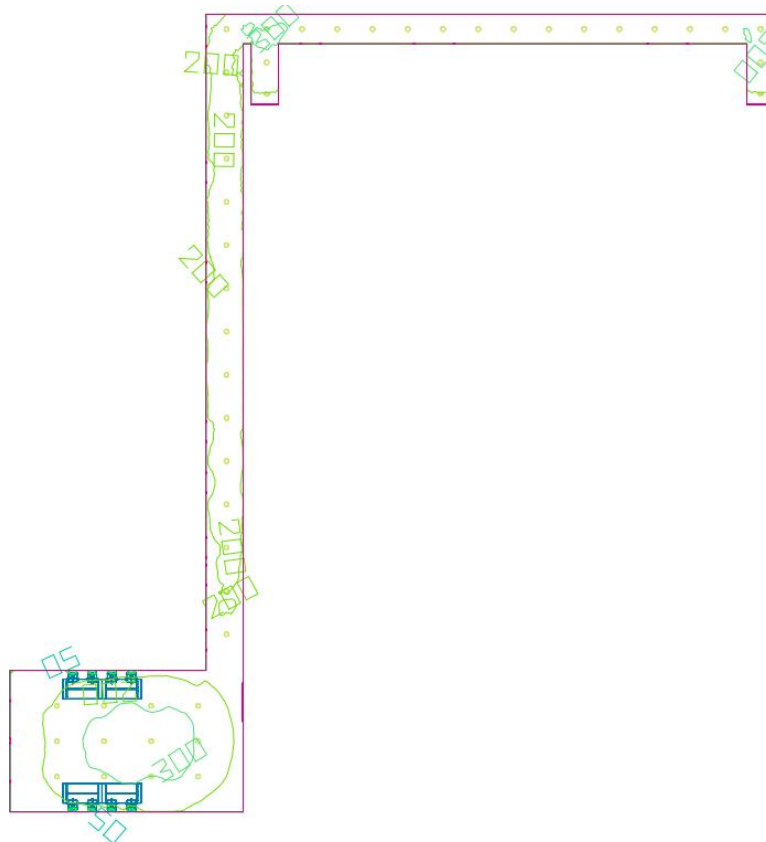
Učinkovitost svjetiljke: 16,8 lm/W



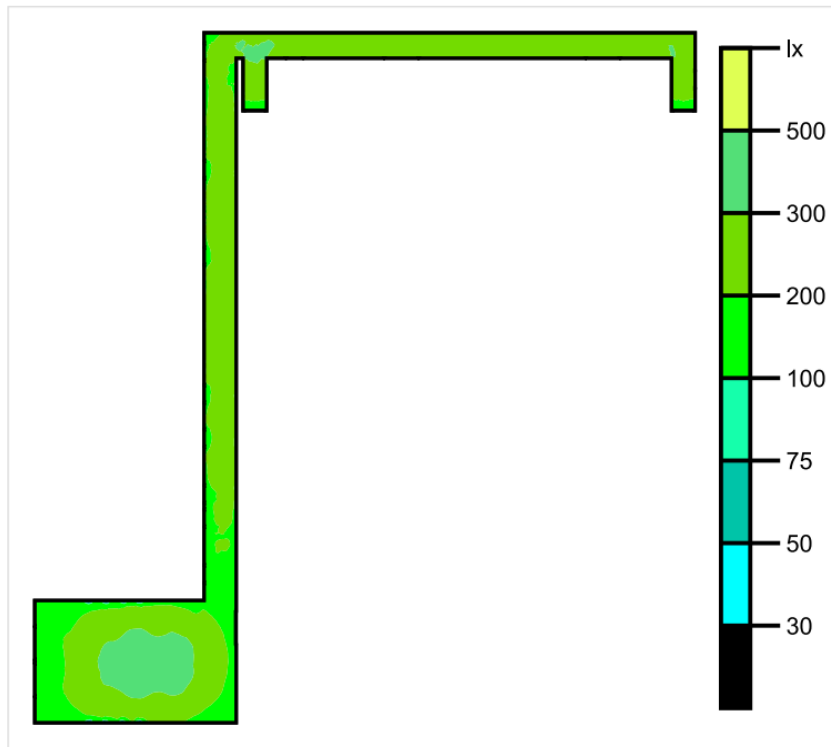
Slika 7.21. Disano 1157 ALO

## 7.7. Ulaz i hodnici

Prema normi HRN EN 12193 za prostorije opće upotrebe treba osigurati rasvjetljenost od 300 lx. U sljedećim potpoglavljima za ostale prostorije pridržavati ćemo se iste norme i iste propisane vrijednosti rasvjetljenosti od 300 lx.

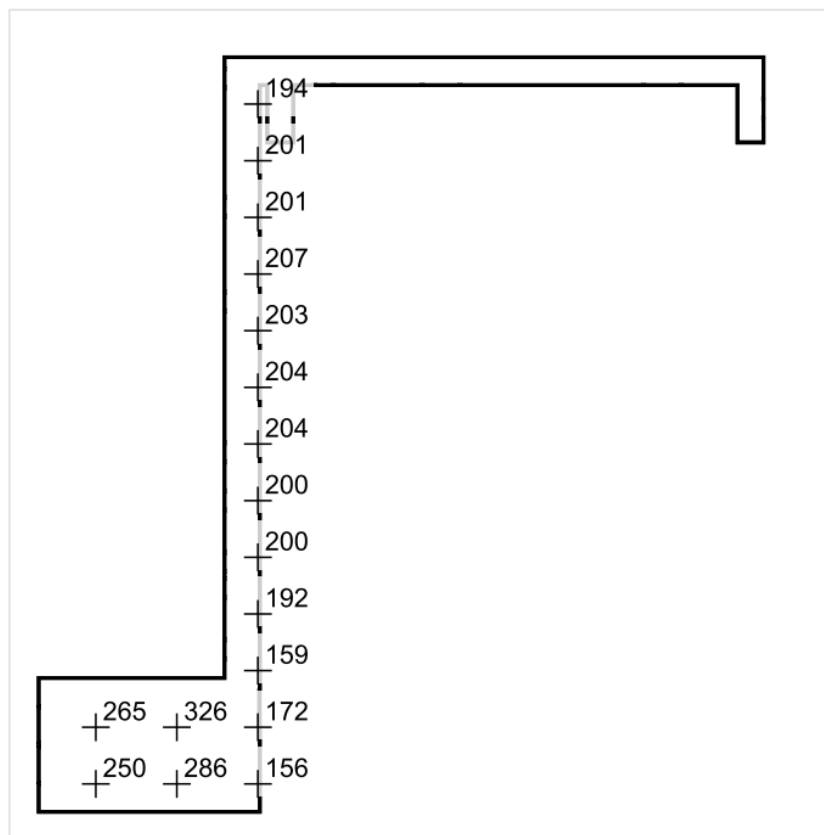


Slika 7.22. Prikaz rasvjetljenosti



Scale: 1 : 500

*Slika 7.23. Grafički prikaz rasvijetljenosti*



Scale: 1 : 500

*Slika 7.24. Brojčani prikaz rasvijetljenosti*

Visina prostorije: 4,000 m, Visina radne površine: 0,800 m

Faktor refleksije: Zidovi 50%, Pod 75,5%, Faktor održavanja 0,80

**Tablica 7.7. Radna površina ulaza i hodnika**

Površina	Rezultat	Postignuta (ciljana vrijednost)	Min	Max	Min/average	Min/max
Sportski teren	Okomita rasvijetljenost[lx]	161 (300)	45	305	0,280	0,148

Rasvjetna tijela

PRISMA 21-00278 OBUS

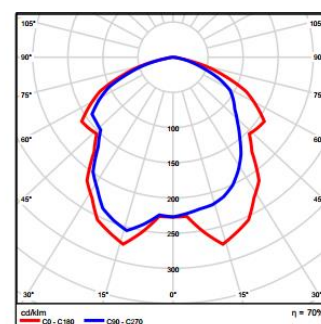
Svjetlosna iskoristivost: 70,24%

Svjetlosni tok žarulje: 3600 lm

Svjetlosni tok rasvjetnog tijela: 2529 lm

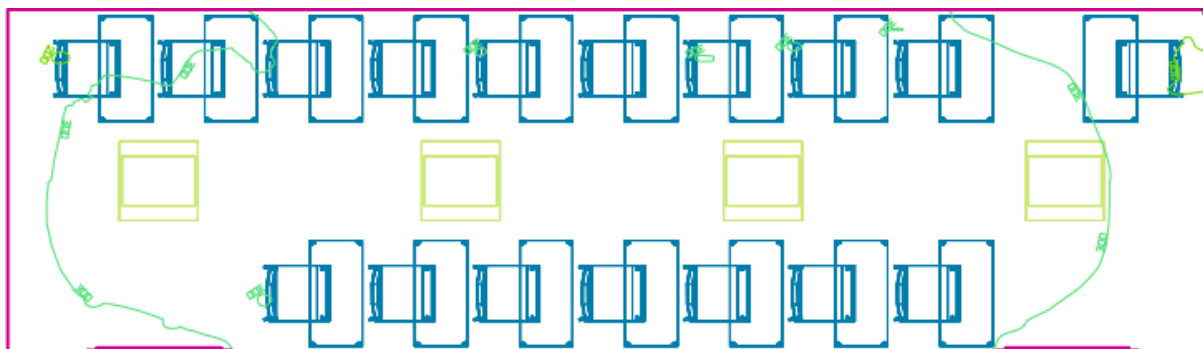
Snaga:52,0W

Učinkovitost svjetiljke: 48,6 lm/W

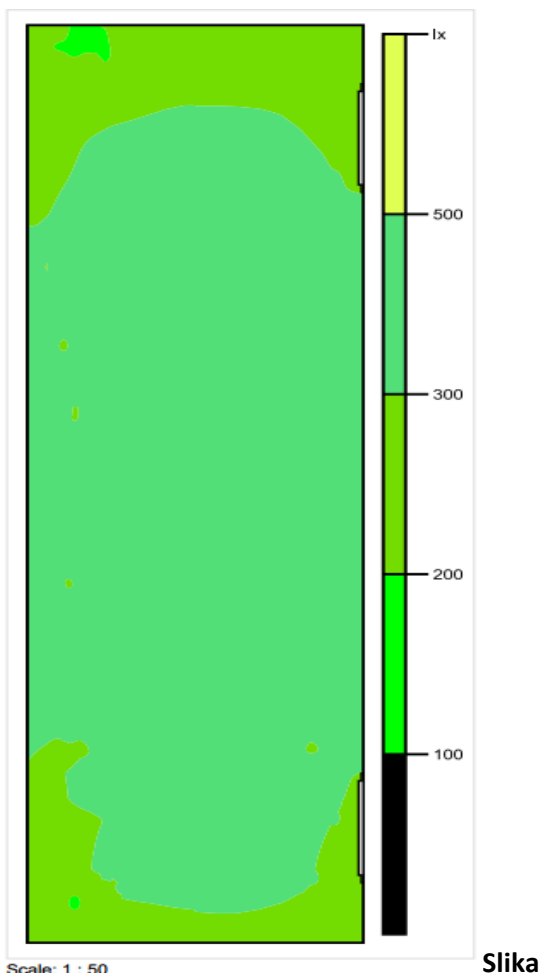


**Slika 7.25. PRISMA 21-00278 OBUS**

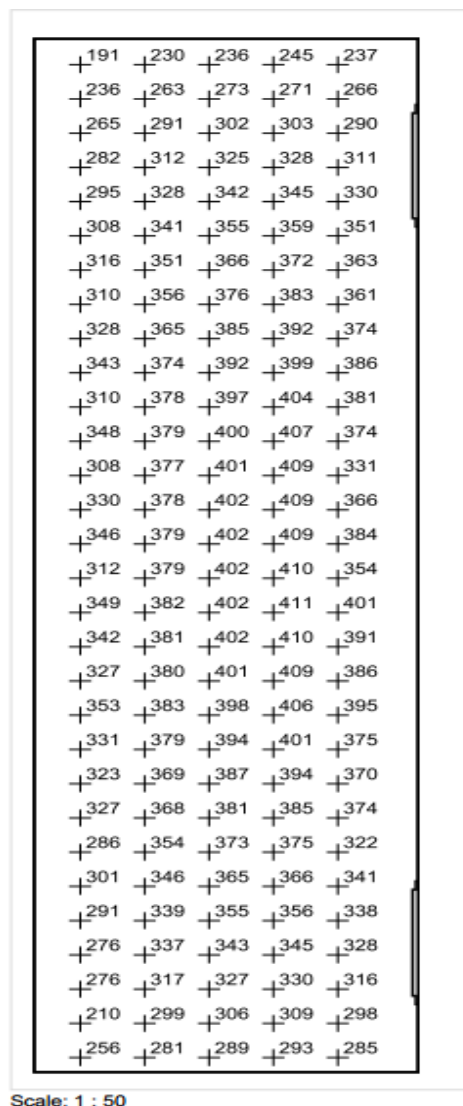
## 7.8. Prostorije kluba



**Slika 7.26. Prikaz rasvijetljenosti**



**7.27. Grafički prikaz rasvjetljenosti**



**Slika 7.28. Brojčani prikaz rasvjetljenosti**

Visina prostorije: 4,000 m, Visina radne površine: 0,800 m

Faktor refleksije: Zidovi 84,3%, Pod 39,9%, Faktor održavanja 0,80

**Tablica 7.8. Radna površina prostorija kluba**

Površina	Rezultat	Postignuta (ciljana vrijednost)	Min	Max	Min/average	Min/max
Sportski teren	Okomita rasvjetljenost[lx]	341 (300)	172	412	0,504	0,417

Rasvjetna tijela

Disano Illuminazione 753

Minicomfort T5 high-glos

99,85 Disano 753 4x14 CELL EL

white

Svjetlosna iskoristivost: 76,04%

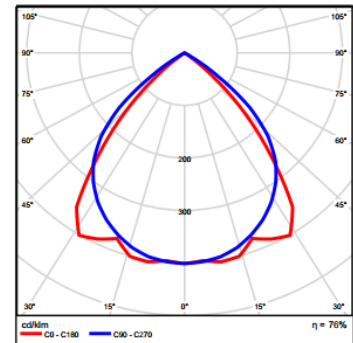
Svjetlosni tok žarulje: 4800 lm

Svjetlosni tok rasvjetnog tijela:

3650 lm

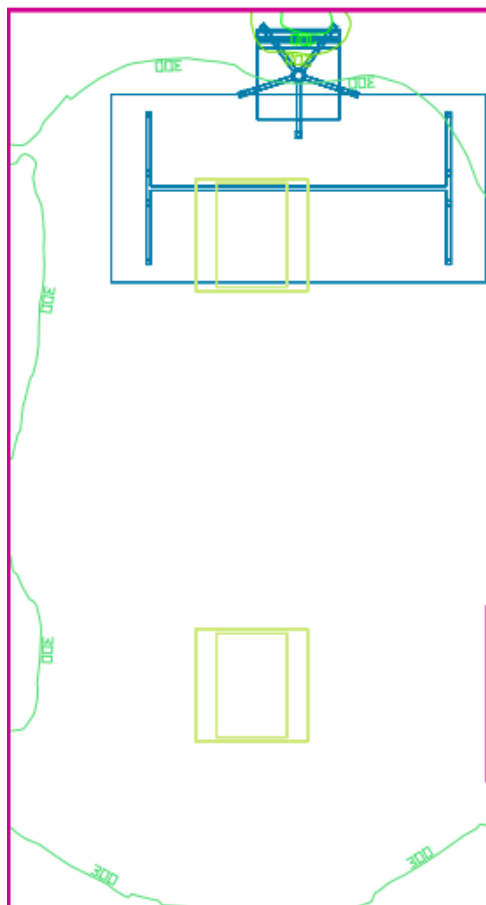
Snaga:68,4W

Učinkovitost svjetiljke: 53,4 lm/W

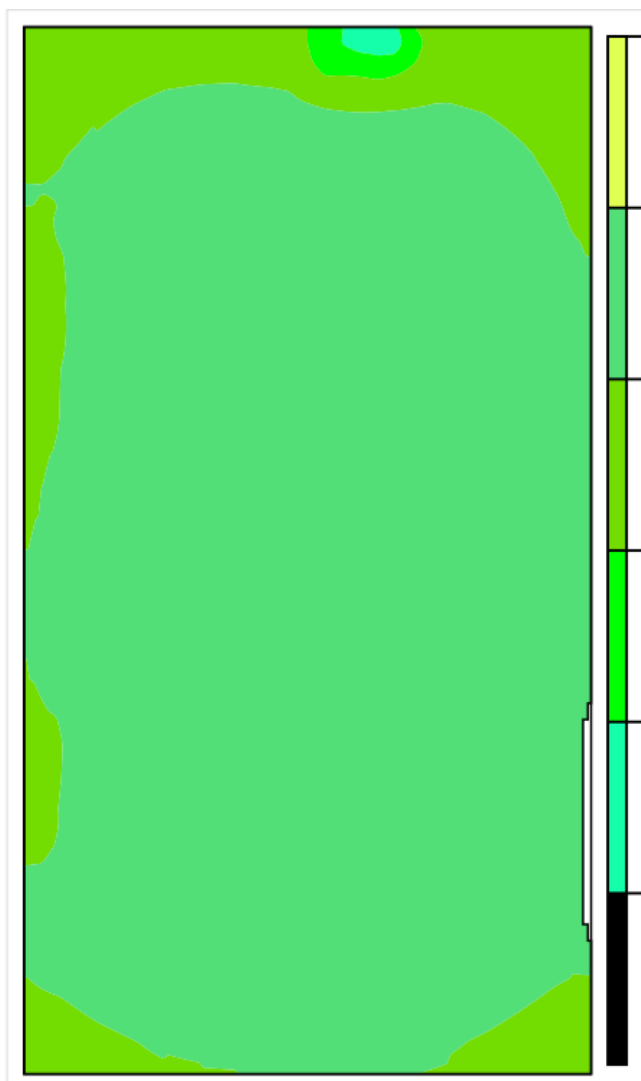


Slika 7.29. 99,85 Disano 753 4x14 CELL EL white

## 7.9. Kabinet nastavnika



Slika 7.30. Prikaz rasvjetljenosti



Scale: 1 : 25

**Slika 7.31.** Grafički prikaz rasvjetljenosti

+274	+282	+289	+292	+289	+261	+126	+106	+263	+277	+268
+283	+292	+299	+302	+302	+297	+259	+259	+294	+292	+280
+292	+300	+308	+313	+315	+316	+309	+310	+310	+304	+291
+298	+308	+316	+322	+324	+326	+325	+324	+322	+314	+301
+301	+313	+324	+330	+332	+335	+338	+335	+332	+324	+309
+301	+318	+329	+335	+339	+343	+346	+344	+340	+332	+316
+297	+319	+332	+340	+345	+350	+352	+351	+347	+339	+324
+295	+321	+335	+344	+349	+354	+357	+356	+353	+347	+330
+295	+320	+335	+345	+351	+357	+362	+361	+358	+353	+335
+297	+319	+335	+346	+354	+362	+365	+365	+363	+355	+341
+299	+318	+337	+347	+356	+364	+368	+368	+366	+358	+345
+300	+319	+337	+348	+358	+365	+369	+370	+368	+360	+349
+301	+319	+337	+348	+358	+366	+370	+372	+370	+362	+351
+302	+321	+339	+349	+359	+366	+371	+372	+371	+364	+353
+303	+322	+340	+350	+360	+367	+372	+373	+372	+365	+354
+305	+322	+341	+352	+361	+368	+373	+374	+372	+364	+353
+305	+323	+342	+353	+361	+369	+374	+375	+372	+365	+353
+304	+321	+341	+352	+361	+370	+374	+374	+371	+364	+352
+303	+320	+340	+351	+361	+369	+374	+374	+371	+363	+351
+302	+321	+340	+350	+360	+369	+373	+373	+370	+362	+350
+300	+322	+341	+350	+360	+368	+371	+371	+368	+360	+348
+298	+324	+342	+350	+358	+366	+369	+369	+366	+358	+346
+299	+324	+340	+349	+357	+363	+366	+366	+363	+355	+342
+299	+324	+339	+348	+354	+360	+362	+362	+359	+351	+339
+305	+326	+338	+346	+350	+356	+358	+357	+354	+345	+333
+312	+325	+335	+341	+346	+350	+352	+350	+347	+338	+327
+315	+321	+331	+336	+339	+343	+344	+342	+339	+331	+320
+310	+318	+326	+330	+332	+334	+335	+333	+330	+323	+312
+302	+312	+319	+321	+322	+325	+325	+323	+320	+313	+304
+293	+301	+307	+311	+312	+314	+314	+313	+310	+303	+295
+285	+294	+300	+302	+303	+305	+306	+305	+302	+296	+287

Scale: 1 : 25

**Slika 7.32.** Brojčani prikaz rasvjetljenosti

Visina prostorije: 4,000 m, Visina radne površine: 0,800 m

Faktor refleksije: Zidovi 84,6%, Pod 39,9%, Faktor održavanja 0,80

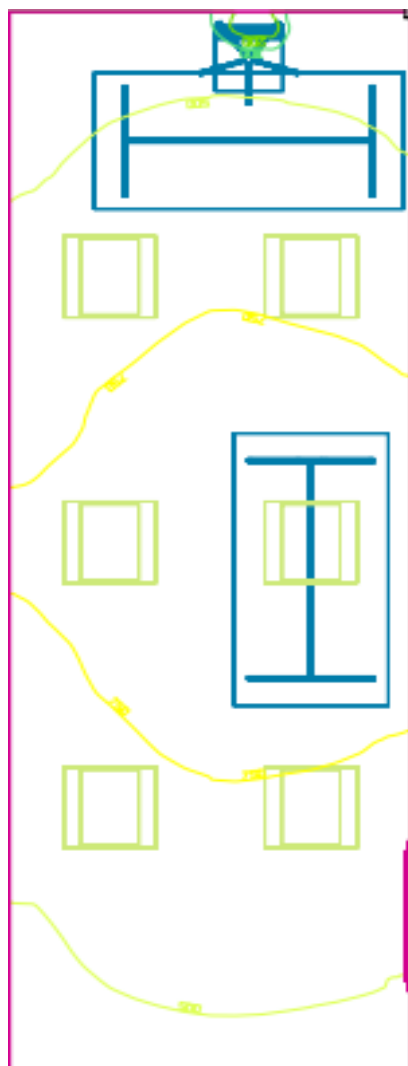
**Tablica 7.9.** Radna površina kabineta nastavnika

Površina	Rezultat	Postignuta (ciljana vrijednost)	Min	Max	Min/average	Min/max
Sportski teren	Okomita rasvjetljenost[lx]	331 (300)	75	375	0,227	0,200

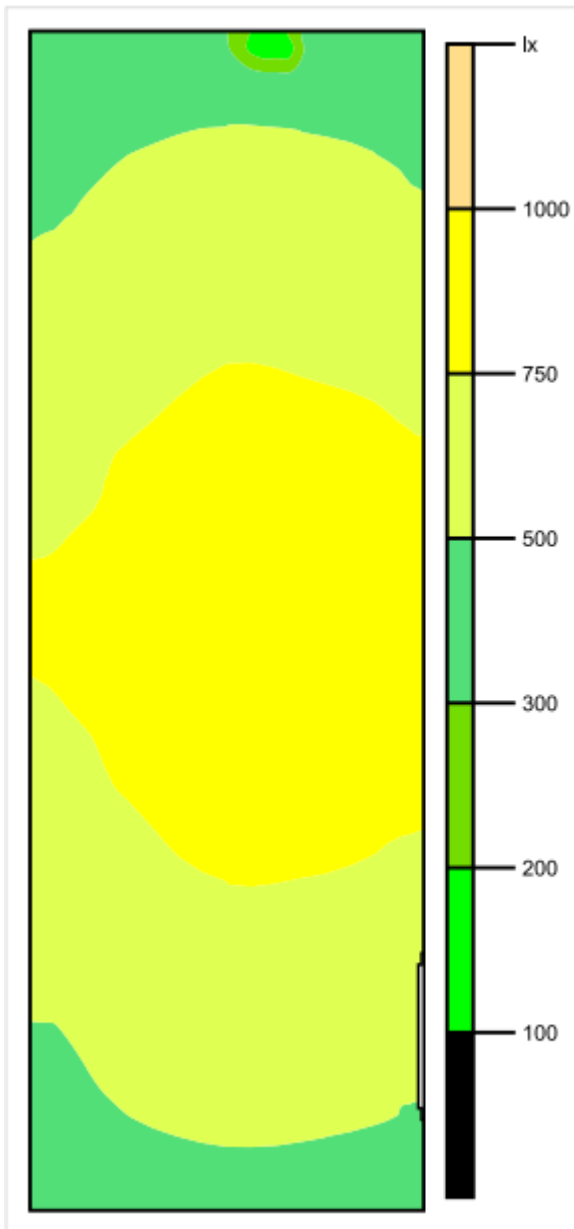
Korištena rasvjetna tijela jednaka su kao u prostoriji kluba.



## 7.10. Kabinet fizičke kulture i ambulanta

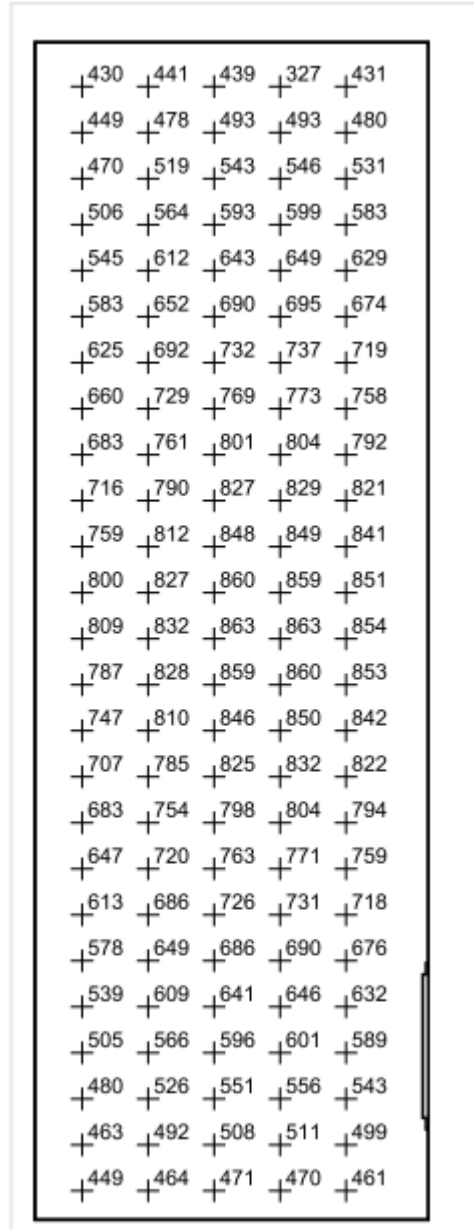


**Slika 7.33.** *Prikaz rasvjetljenosti*



Scale: 1 : 50

**Slika 7.34.** Grafički prikaz rasvjetljenosti



Scale: 1 : 50

**Slika 7.35.** Brojčani prikaz rasvjetljenosti

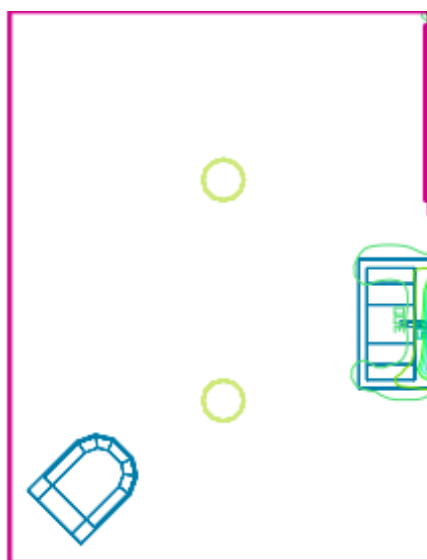
Visina prostorije: 4,000 m, Visina radne površine: 0,800 m

Faktor refleksije: Zidovi 84,4%, Pod 39,9%, Faktor održavanja 0,80

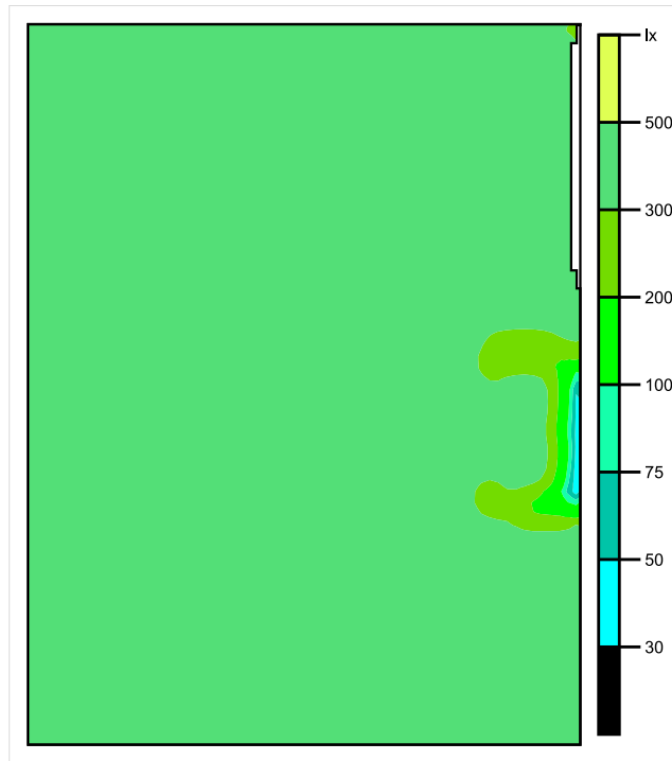
**Tablica 7.10.** Radna površina kabineta fizičke kulture i ambulante

Površina	Rezultat	Postignuta (ciljana vrijednost)	Min	Max	Min/average	Min/max
Sportski teren	Okomita rasvijetljenost[lx]	659 (300)	139	869	0,211	0,160

### 7.11. WC za invalide 1



**Slika 7.36.** Prikaz rasvijetljenosti



Scale: 1 : 25

**Slika 7.37.** *Grafički prikaz rasvjetljenosti*

+349	+355	+360	+366	+366	+365	+366	+360	+349	+336
+356	+363	+368	+371	+372	+372	+374	+369	+361	+350
+362	+370	+374	+378	+379	+379	+380	+377	+371	+361
+368	+377	+381	+384	+385	+386	+387	+385	+378	+370
+379	+387	+389	+390	+391	+392	+394	+392	+385	+378
+385	+393	+395	+395	+396	+398	+400	+399	+394	+387
+388	+397	+400	+400	+400	+403	+405	+405	+399	+389
+391	+400	+404	+405	+404	+406	+409	+410	+386	+369
+393	+402	+408	+410	+409	+410	+412	+414	+335	+216
+394	+402	+411	+413	+412	+413	+415	+416	+361	+375
+394	+402	+411	+412	+413	+415	+416	+416	+388	+386
+394	+403	+410	+410	+412	+415	+415	+413	+365	+386
+392	+400	+407	+407	+409	+412	+412	+413	+309	+231
+388	+396	+402	+404	+404	+407	+406	+408	+389	+349
+380	+391	+397	+399	+400	+401	+401	+399	+391	+383
+374	+384	+391	+394	+395	+396	+396	+393	+384	+378
+367	+375	+384	+388	+390	+390	+390	+386	+379	+373
+357	+368	+377	+384	+385	+384	+383	+379	+374	+367
+351	+362	+370	+380	+381	+378	+378	+374	+367	+361

Scale: 1 : 25

**Slika 7.35.** *Brojčani prikaz rasvjetljenosti*

Visina prostorije: 4,000 m, Visina radne površine: 0,800 m

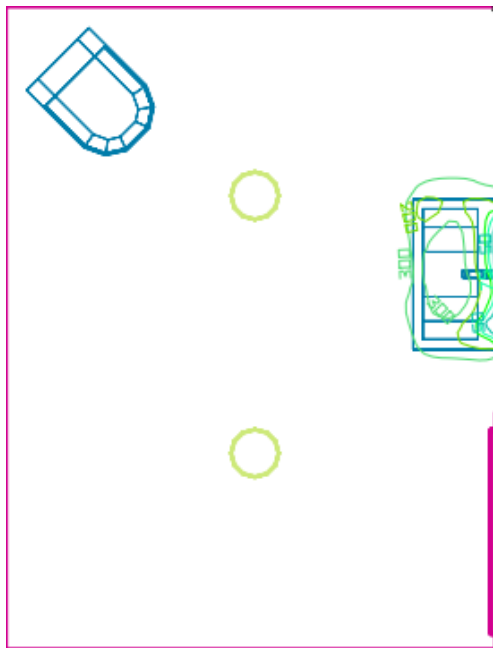
Faktor refleksije: Zidovi 85,0%, Pod 75,2%, Faktor održavanja 0,80

**Tablica 7.11.** Radna površina WC-a za invalide 1

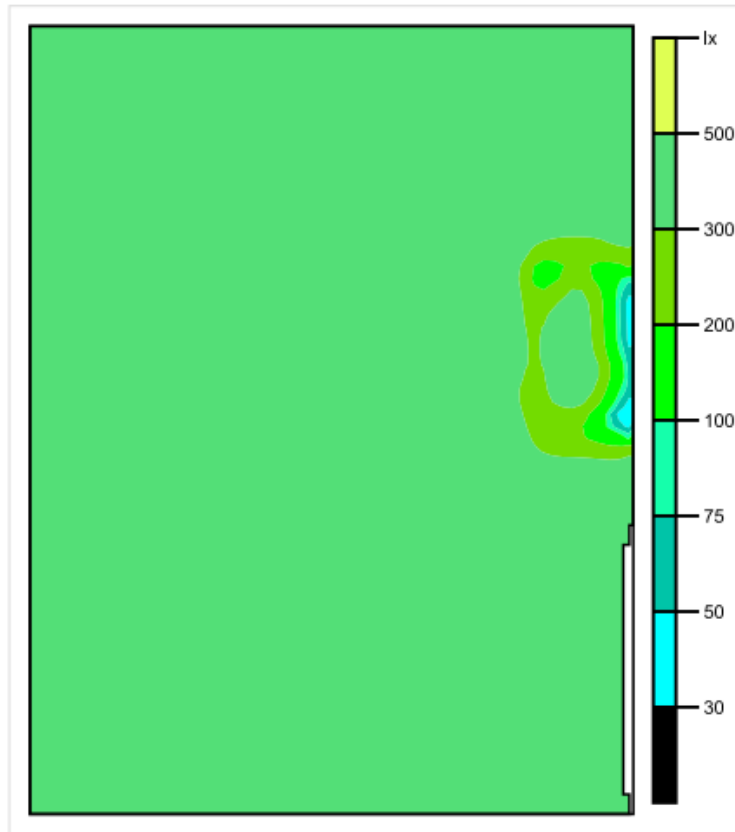
Površina	Rezultat	Postignuta (ciljana vrijednost)	Min	Max	Min/average	Min/max
Sportski teren	Okomita rasvijetljenost[lx]	380 (300)	36	416	0,095	0,087

Rasvjetna tijela korištena u WC jednaka su onima korištenim u hodniku.

## 7.12. WC za invalide 2

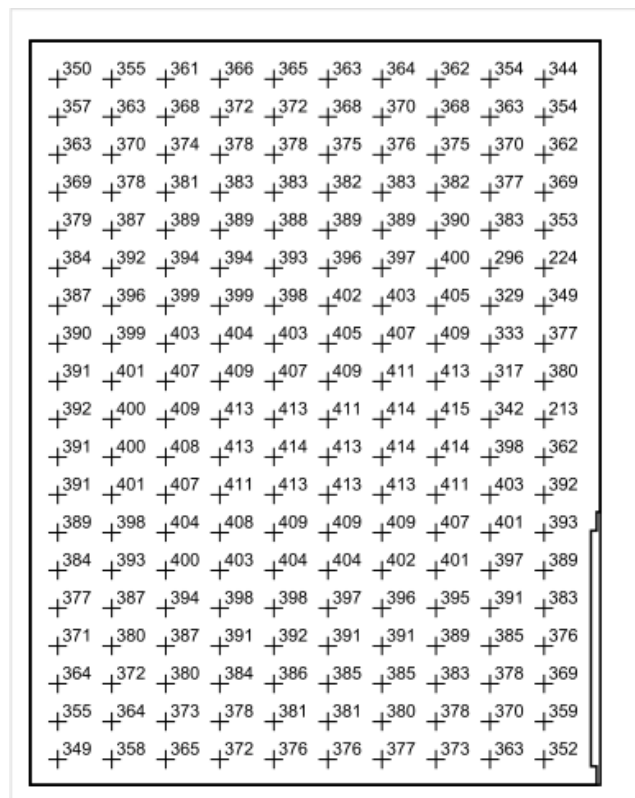


**Slika 7.36.** Prikaz rasvijetljenosti



Scale: 1 : 25

**Slika 7.37.** *Grafički prikaz rasvijetljenosti*



Scale: 1 : 25

**Slika 7.38.** *Brojčani prikaz rasvijetljenosti*

Visina prostorije: 4,000 m, Visina radne površine: 0,800 m

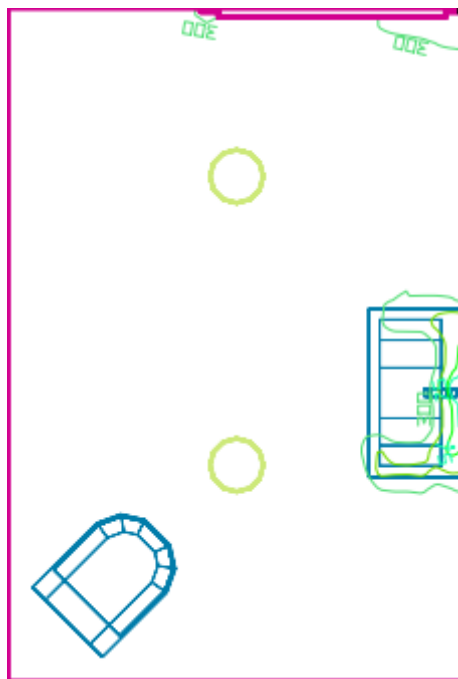
Faktor refleksije: Zidovi 85,0%, Pod 75,2%, Faktor održavanja 0,80

**Tablica 7.12. Radna površina WC-a za invalide 2**

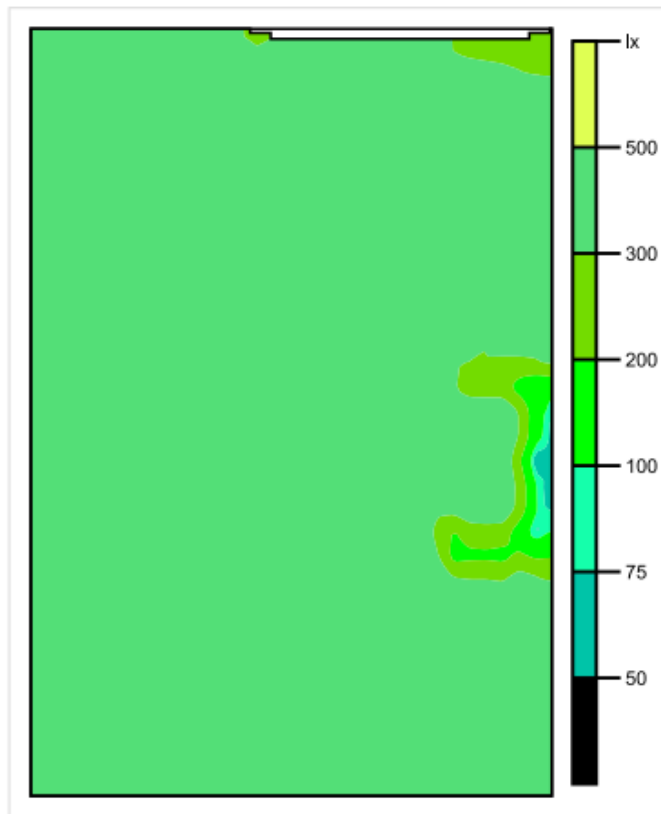
Površina	Rezultat	Postignuta (ciljana vrijednost)	Min	Max	Min/average	Min/max
Sportski teren	Okomita rasvijetljenost[lx]	378 (300)	32	416	0,085	0,077

Rasvjetna tijela korištena u WC-u za invalide 2 jednaka su onima korištenim u hodniku.

### 7.13. WC za invalide 3

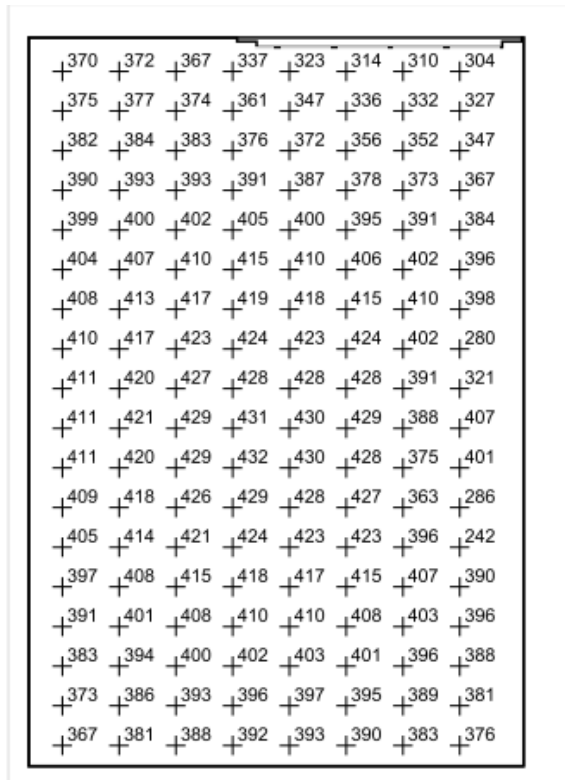


**Slika 7.39. Prikaz rasvijetljenosti**



Scale: 1 : 25

**Slika 7.40.** Brojčani prikaz rasvijetljenosti



Scale: 1 : 25

**Slika 7.41.** brojčani prikaz rasvijetljenosti



Visina prostorije: 4,000 m, Visina radne površine: 0,800 m

Faktor refleksije: Zidovi 85,0%, Pod 75,1%, Faktor održavanja 0,80

**Tablica 7.13.** Radna površina WC-a za invalide 3

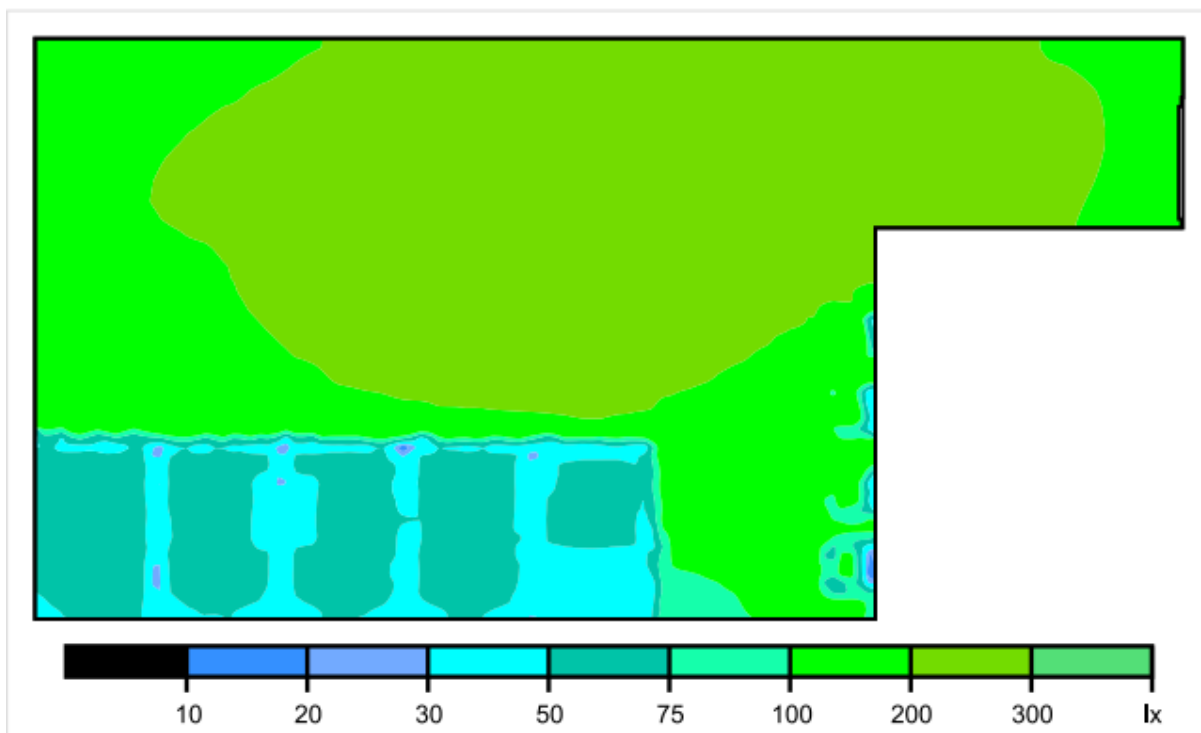
Površina	Rezultat	Postignuta (ciljana vrijednost)	Min	Max	Min/average	Min/max
Sportski teren	Okomita rasvijetljenost[lx]	385 (300)	54	433	0,140	0,125

Rasvjetna tijela korištena u WC-u za invalide 3 jednaka su onima korištenim u hodniku.

#### 7.14. Muški WC

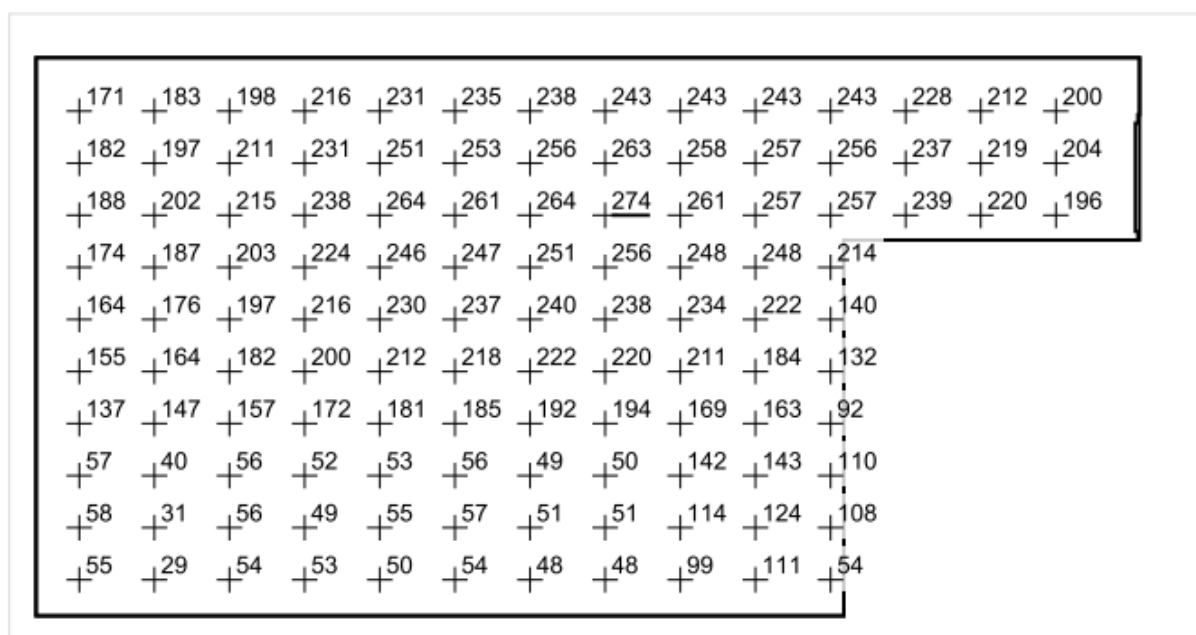


**Slika 7.42.** Prikaz rasvijetljenosti



Scale: 1 : 75

**Slika 7.43.** *Grafički prikaz rasvjetljenosti*



Scale: 1 : 75

**Slika 7.44.** *Grafički prikaz rasvjetljenosti*

Visina prostorije: 4,000 m, Visina radne površine: 0,800 m

Faktor refleksije: Zidovi 68,8%, Pod 75,5%, Faktor održavanja 0,80

**Tablica 7.14. Radna površina muškog WC-a**

Površina	Rezultat	Postignuta (ciljana vrijednost)	Min	Max	Min/average	Min/max
Sportski teren	Okomita rasvijetljenost[lx]	173(300)	12	274	0,069	0,044

Rasvjetna tijela u glavnom dijelu WC-a jednaka su rasvjetnim tijelima u hodniku, dok smo za rasvjetna tijela iznad kabina koristili:

Prisma 005013 DROP 25

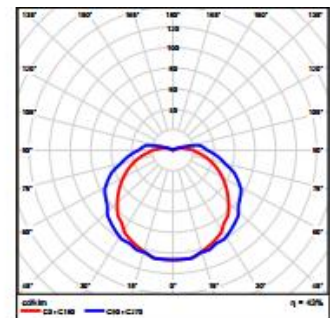
Svjetlosna iskoristivost: 42,78%

Svjetlosni tok žarulje: 1200 lm

Svjetlosni tok rasvjetnog tijela: 513 lm

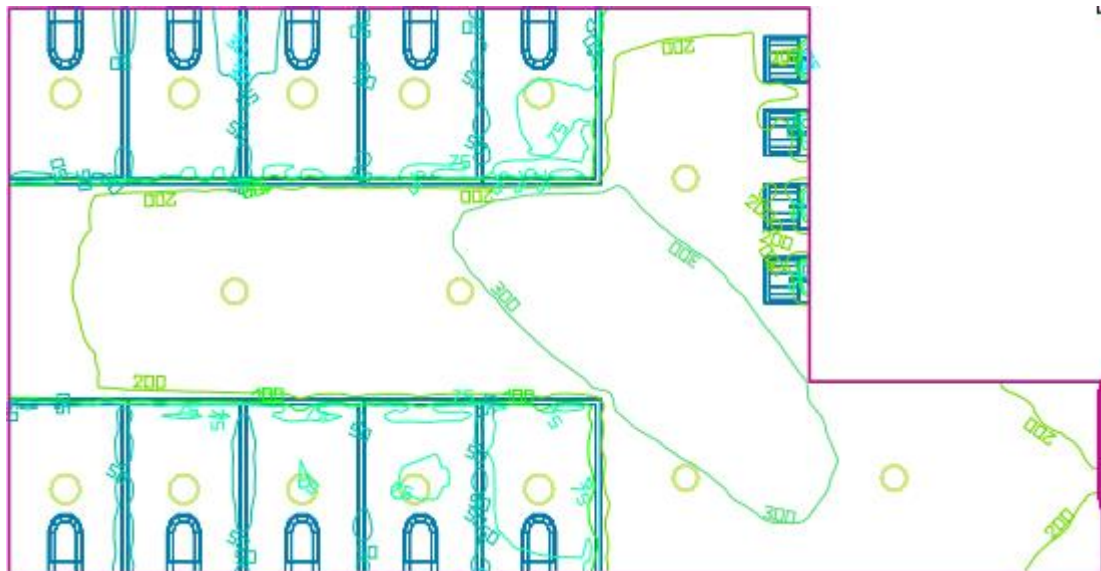
Snaga:18W

Učinkovitost svjetiljke: 28,5 lm/W

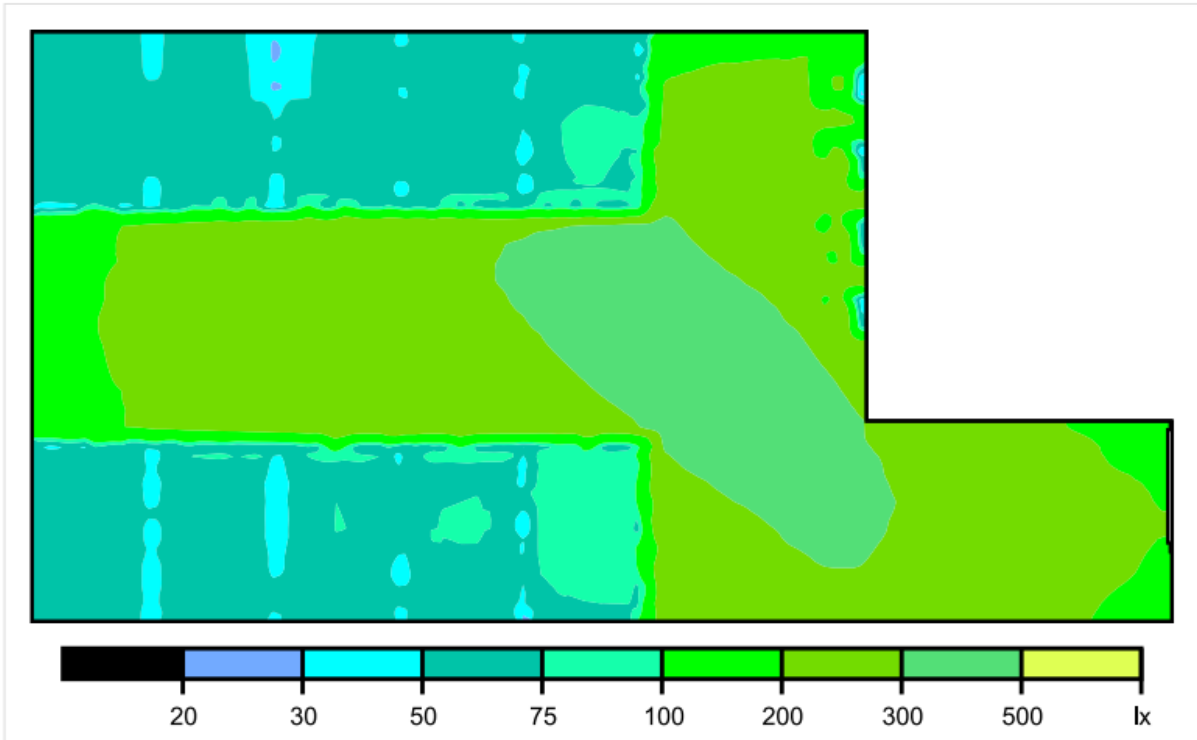


**Slika 7.45. Prisma 005013 DROP 25**

## 7.15. Ženski WC



**Slika 7.46. Prikaz rasvijetljenosti**



Scale: 1 : 75

**Slika 7.47.** Grafički prikaz rasvjetljenosti

+60	+54	+63	+53	+65	+70	+71	+73	+209	+215	+106			
+62	+60	+69	+70	+71	+72	+73	+75	+229	+251	+107			
+62	+48	+69	+82	+68	+77	+79	+74	+281	+273	+230			
+193	+211	+233	+262	+286	+293	+309	+317	+304	+282	+200			
+197	+218	+237	+266	+293	+290	+315	+326	+321	+302	+158			
+196	+216	+235	+264	+289	+286	+286	+327	+324	+324	+274			
+190	+210	+235	+259	+275	+272	+273	+284	+325	+325	+310			
+65	+53	+71	+67	+66	+74	+79	+81	+312	+323	+316	+261	+236	+213
+64	+48	+67	+61	+71	+76	+81	+85	+273	+303	+314	+276	+244	+224
+60	+42	+66	+69	+58	+71	+75	+81	+261	+277	+295	+275	+238	+216

Scale: 1 : 75

**Slika 7.48.** Brojčani prikaz rasvjetljenosti

Visina prostorije: 4,000 m, Visina radne površine: 0,800 m

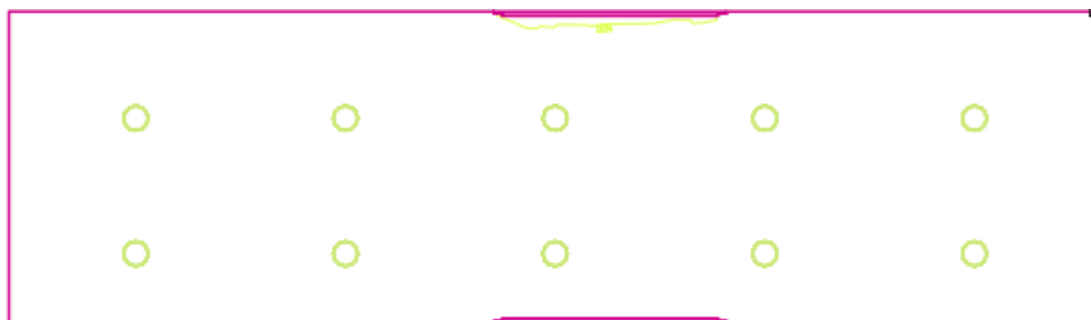
Faktor refleksije: Zidovi 67,6%, Pod 75,5%, Faktor održavanja 0,80

**Tablica 7.15. Radna površina ženskog WC-a**

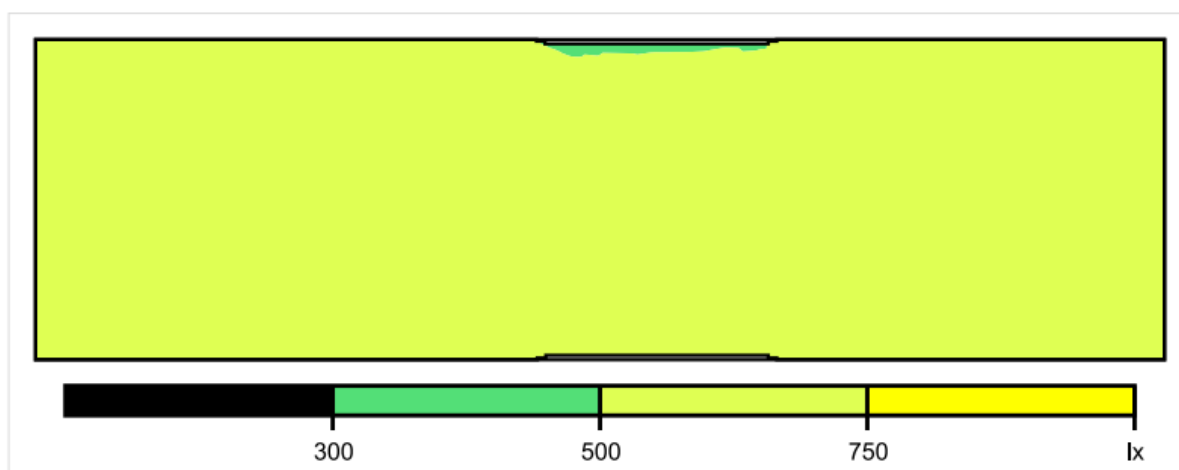
Površina	Rezultat	Postignuta (ciljana vrijednost)	Min	Max	Min/average	Min/max
Sportski teren	Okomita rasvijetljenost[lx]	179(300)	23	330	0,128	0,070

Rasvjetna tijela u ženskom WC-u identična su onima u muškom WC-u.

### 7.16. Svlačionica 1



**Slika 7.49. Prikaz rasvijetljenosti**



Scale: 1 : 75

**Slika 7.50. Grafički prikaz rasvijetljenosti**

+537	+566	+595	+620	+620	+627	+609	+546	+542	+554	+589	+612	+603	+574	+547
+562	+591	+625	+657	+657	+660	+654	+624	+621	+632	+633	+646	+639	+603	+572
+579	+609	+646	+682	+681	+686	+684	+659	+654	+665	+659	+670	+660	+623	+590
+579	+615	+654	+688	+690	+695	+691	+668	+665	+670	+670	+680	+670	+630	+597
+570	+602	+642	+675	+675	+682	+669	+635	+631	+638	+650	+666	+657	+618	+582
+552	+582	+616	+645	+645	+652	+631	+551	+547	+551	+610	+634	+627	+596	+563

Scale: 1 : 75

**Slika 7.51.** Brojčani prikaz rasvjetljenosti

Visina prostorije: 4,000 m, Visina radne površine: 0,800 m

Faktor refleksije: Zidovi 85,0%, Pod 75,6%, Faktor održavanja 0,80

**Tablica 7.16.** Radna površina svlačionice 1

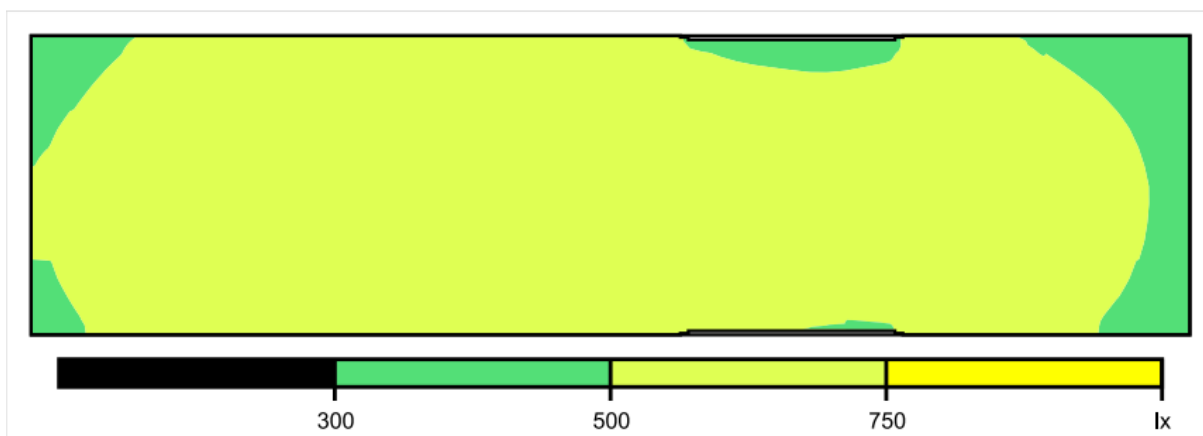
Površina	Rezultat	Postignuta (ciljana vrijednost)	Min	Max	Min/average	Min/max
Sportski teren	Okomita rasvjetljenost[lx]	624 (300)	489	699	0,784	0,700

Rasvjetna tijela korištena u svlačionici 1 jednaka su tijelima korištenim u hodniku.

## 7.17. Svlačionica 2



**Slika 7.52.** Prikaz rasvjetljenosti



Scale: 1 : 75

**Slika 7.53.** Grafički prikaz rasvjetljenosti

+482	+517	+546	+582	+601	+605	+614	+610	+595	+546	+508	+498	+535	+534	+509	+483
+503	+542	+573	+618	+637	+640	+654	+648	+631	+617	+591	+581	+585	+564	+534	+506
+517	+560	+592	+640	+661	+663	+679	+673	+656	+649	+623	+609	+613	+587	+553	+520
+521	+565	+599	+646	+668	+672	+685	+682	+666	+655	+633	+619	+618	+594	+559	+522
+511	+554	+589	+634	+654	+659	+673	+669	+651	+626	+598	+586	+603	+579	+547	+514
+495	+533	+565	+604	+624	+630	+641	+637	+627	+554	+519	+508	+554	+556	+526	+495

Scale: 1 : 75

**Slika 7.54.** Brojčani prikaz rasvjetljenosti

Visina prostorije: 4,000 m, Visina radne površine: 0,800 m

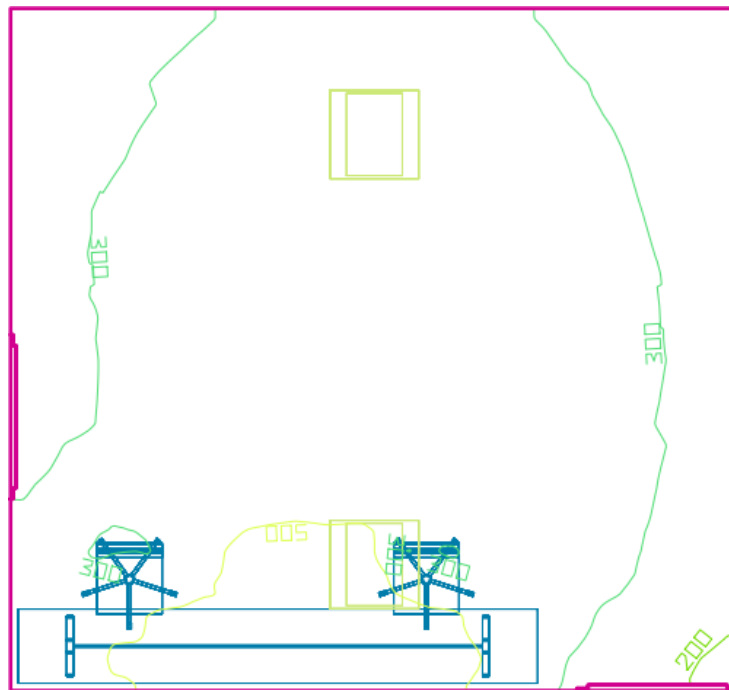
Faktor refleksije: Zidovi 85,0%, Pod 75,6%, Faktor održavanja 0,80

**Tablica 7.17.** Radna površina svlačionice 2

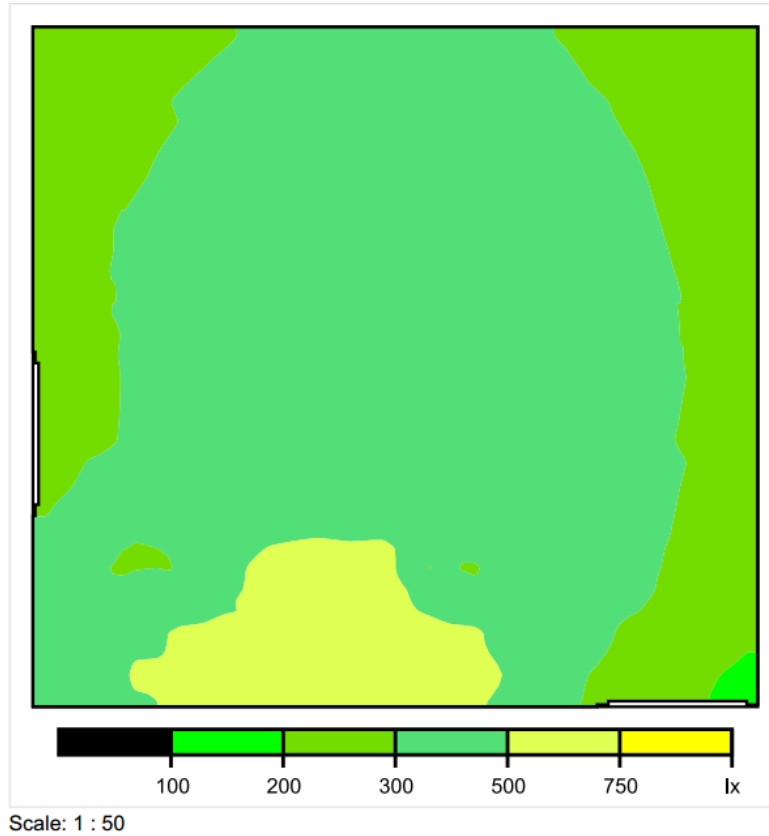
Površina	Rezultat	Postignuta (ciljana vrijednost)	Min	Max	Min/average	Min/max
Sportski teren	Okomita rasvjetljenost[lx]	584 (300)	442	687	0,757	0,643

Rasvjetna tijela korištena u svlačionici 2 jednaka su tijelima korištenim u hodniku.

## 7.18. Režija dvorane

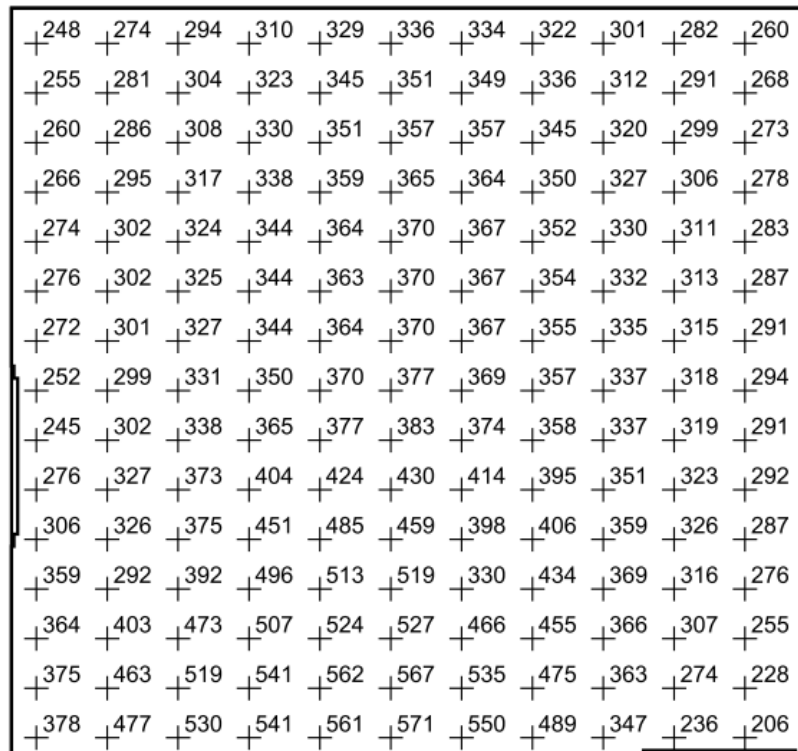


Slika 7.54. Prikaz rasvjetljenosti



Slika 7.55. Grafički prikaz rasvjetljenosti





Scale: 1 : 50

**Slika 7.56.** Brojčani prikaz rasvijetljenosti

Visina prostorije: 4,000 m, Visina radne površine: 0,800 m

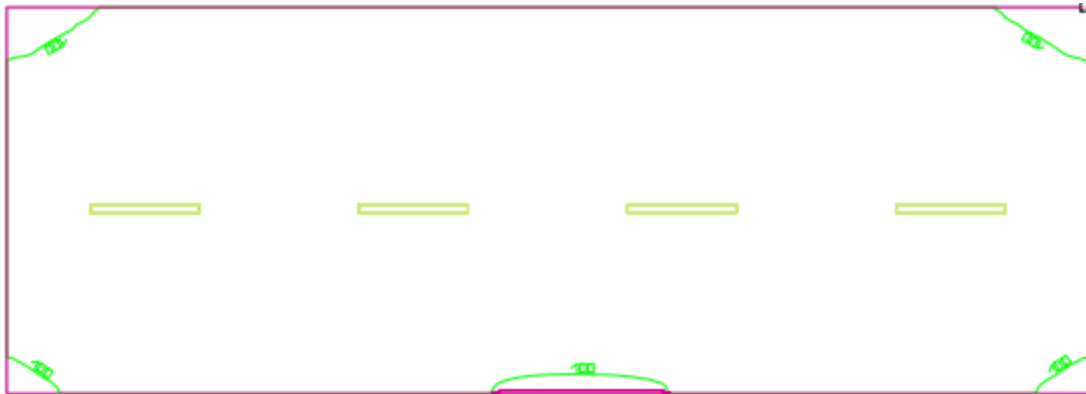
Faktor refleksije: Zidovi 84,7%, Pod 75,4%, Faktor održavanja 0,80

**Tablica 7.18.** Radna režije dvorane

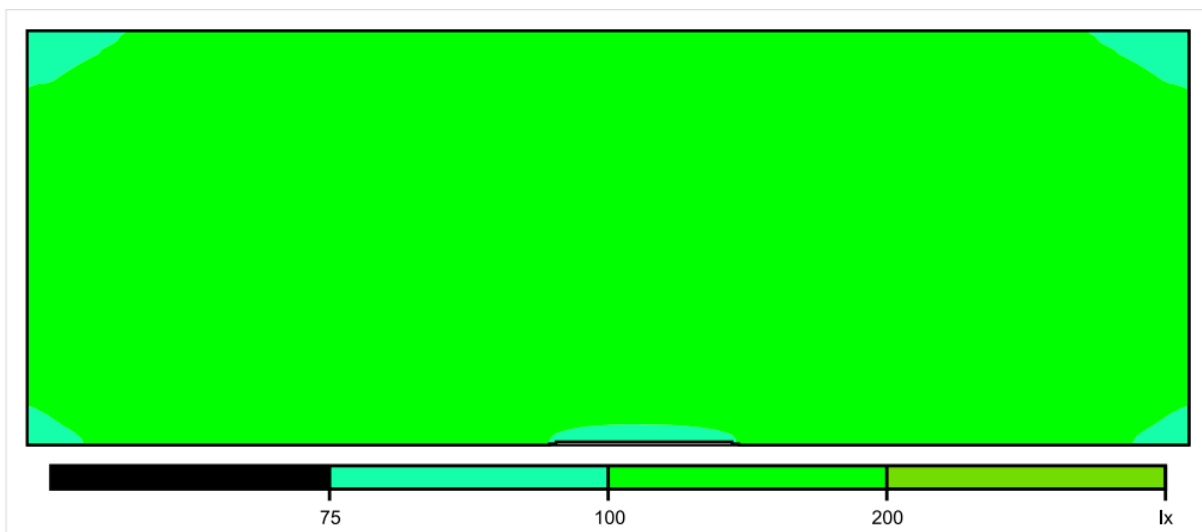
Površina	Rezultat	Postignuta (ciljana vrijednost)	Min	Max	Min/average	Min/max
Sportski teren	Okomita rasvijetljenost[lx]	352 (300)	162	580	0,463	0,281

Rasvjetna tijela korištena u prostoriji režije dvorane identična su kao u prostorima kabineta nastavnika, kabinetu fizičke kulture i ambulante i prostorijama kluba.

## 7.19. Spremište sprava i opreme

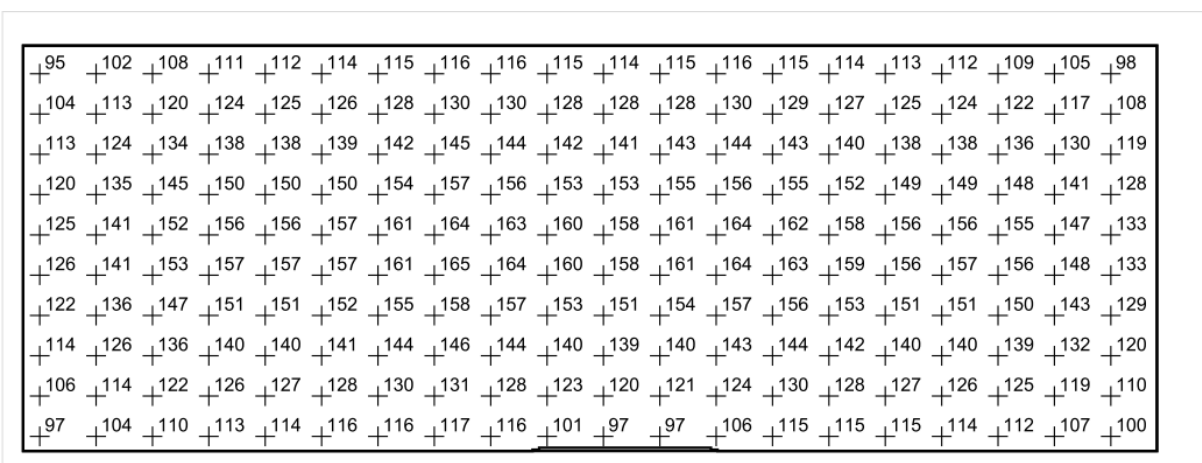


Slika 7.57. Prikaz rasvjetljenosti



Scale: 1 : 75

Slika 7.58. Grafički prikaz rasvjetljenosti



Scale: 1 : 75

Slika 7.59. Brojčani prikaz rasvjetljenosti

Visina prostorije: 4,000 m, Visina radne površine: 0,800 m

Faktor refleksije: Zidovi 85,0%, Pod 39,9%, Faktor održavanja 0,80

**Tablica 7.19.** Radna spremišta sprava i opreme

Površina	Rezultat	Postignuta (ciljana vrijednost)	Min	Max	Min/average	Min/max
Sportski teren	Okomita rasvijetljenost[lx]	134(300)	91	166	0,679	0,548

### Rasvjetna tijela

Disano Illuminazione 921 Hydro T8 EL

Disano 921 1\*36 CELF-D EL+DIMM

grey + 939 narrow beam reflector

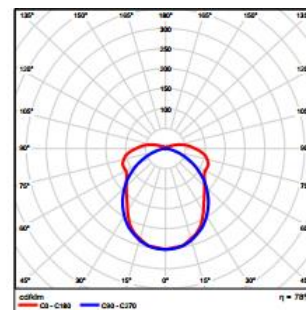
Svjetlosna iskoristivost: 78,46%

Svjetlosni tok žarulje: 3350 lm

Svjetlosni tok rasvjetnog tijela: 2628 lm

Snaga: 37,0W

Učinkovitost svjetiljke: 71,0 lm/W



**Slika 7.60.** Disano Illuminazione 921 Hydro T8 EL  
Disano 921 1\*36 CELF-D EL+DIMM grey + 939  
narrow beam reflector

## 7.20. Komentiranje dobivenih rezultata

Za TV prijenos rukometnih i košarkaških natjecanja, prema HRN EN 12193, potrebno je da rasvijetljenost na terenu bude od 1000-2000 lx. Iz rezultata dobivenih simulacijom, prikazanih na slikama 7.3 i 7.8, vide se kako projektirana rasvjeta zadovoljava propisanu normu. Za rukometna i košarkaška natjecanja bez TV prijenosa, prema HRN EN 12193, potrebno je da rasvijetljenost na terenu bude 750 lx. Rezultati dobiveni simulacijom, prikazani na slikama 7.11 i 7.15, prikazuju kako projektirana rasvjeta zadovoljava propisanu normu. Za održavanje nastave, prema HRN EN 12193, potrebno je da rasvijetljenost bude minimalno 200 lx, no preporuča se da taj nivo bude 300 lx. Iz dobivenih rezultata, prikazanih na slici 7.17, vidljivo je kako projektirana rasvjeta zadovoljava propisanu normu i ispunjava uvjet od preporučenih 300 lx. Za održavanje i čišćenje dvorane, prema HRN EN 12464-1, potrebno je da rasvijetljenost poda bude 100 lx. Iz rezultata dobivenih simulacijom, prikazanih na slici

7.20, vidljivo je da rasvjeta ispunjava uvjete propisane norme. Za svaku obrađenu scenu, podaci dobiveni simulacijom poklapaju se sa propisanom normom, vidljiva su neka odstupanja, gdje je na nekim dijelovima terena rasvijetljenost manja nego što to norma propisuje. Ti dijelovi se obično nalaze uz rub igrališta, gdje se ne odvija nikakva sportska aktivnost, te je prihvatljivo da na tim područjima rasvijetljenost bude manja od one koja je propisana normom.

## 8. ZAKLJUČAK

U diplomskom radu opisane su strategije upravljanja energijom u svrhu postizanja značajnih ušteda na području rasvjete. Opisani su različiti načini upravljanja rasvjetom te pojedini elementi koji u kombinaciji jedni s drugima uvelike pomažu u uštedi energije. Naprave poput senzora prisutnosti/pokreta, različitih vremenskih sklopki ili fotosenzora svoju primjenu nalaze u različitim aspektima svakodnevnog života. Upotrebom različitih elemenata, te njihovom kombinacijom možemo ostvariti različite scenarije rasvjete u skladu s našim željama i time prostor u kojem boravimo učiti ugodnijim za boravak.

Zadatak u radu je bio po uzoru na idejni projekt dvorane u izgradnji napraviti scenarije rasvjete za pojedine prostorije i teren na kojem bi se odvijala sportska natjecanja. Obradili smo scene za različiti tipove sportova, te pri tome gledali da se zadovolji propisana norma. Simulacije smo odradili u programskom paketu DIALux evo. Sam program nije kompliciran, zbog svog jednostavnog izgleda olakšava rad i snalaženje u samom programu. Posjeduje veliku bazu rasvjetnih tijela i ostalih elemenata koji se nalaze u svakodnevnoj primjeni.

Izrada diplomskog rada jako mi je bila zanimljiva, trebalo je uložiti dosta truda za obradu svih podataka i njihovo prikazivanje. Na kraju mogu reći da mi je drago što sam naučio nešto novo što mi može dobro doći u daljnjem životu.

## 9. LITERATURA

[1] The IESNA Lighting Handbook – References and Application, 9. Izdanje, IESNA, New York, SAD, 2000.

[2] P. Boyce, P. Raynham, The SSL Lighting Handbook, The Society of Light and Lighting, UK 2009.

[3] Norma HRN EN 15193:2008

[4] B. C. Howard, W. J. Brinsky, S. Leitman – Green Lighting, The McGraw – Hill Companies, UK, 2011.

[5] <http://infoteh.etf.unssa.rs.ba/zbornik/2011/radovi/F/F-28.pdf>

[6] <http://www.dial.de/DIAL/en/dialux-international-download.html>

[7] M. Stojkov, D. Šljivac, D. Topić, K. Trupinić, T. Alinjak, S. Arsoški, Z. Klaić, D. Kozak, Energetika u graditeljstvu – energetska efikasna rasvjeta, Osijek, lipanj 2012.

## **10. SAŽETAK**

U ovom diplomskom radu opisani su sustavi za nadzor i upravljanje rasvjetom. Razmatrani su načini kako efektivno koristiti naprave za kontrolu rasvjete u cilju da se postignu što veće uštede energije. U prva četiri poglavlja opisani su elementi za kontrolu rasvjete, peto poglavlje odnosi se na rasvjetu sportskih objekata različite namjene. U šestom poglavlju opisana je izrada projekta i svega potrebno za dobivanje rezultata simulacijom. Sedmo poglavlje odnosi se na prikazivanje rezultata dobivenih simulacijom. Cilj projektnog dijela rada bio je na osnovi idejnog projekta dvorane u izgradnji napraviti simulacije rasvjete sportskog terena i prostorija u sklopu dvorane. Simulacije su odrađene u programskom paketu DIALux evo.

### **SUMMARY**

In this thesis were described monitoring systems and systems for light control. Many ways of effective usage of light control devices have been considered as certain lead to noticeable energy savings. Elements of light control have been described in first four chapters and fifth chapter is related to different usage of lighting in sport facilities. Details of creating the project and all the parts that are necessary for obtaining results from simulation have been described in sixth chapter. Seventh chapter is referring to result presentation gained from simulation. Final aim of project part of this thesis was to consider hall concept design and to build simulation of lighting for sports arenas and rooms inside the hall. Simulations were created in DIALux evo program package.

## ŽIVOTOPIS

Zovem se Josip Brajtenbah. Rođen sam 26. veljače 1990. godine u Osijeku, gdje i živim.

Završio sam Osnovnu školu " Ivana Filipovića" u Osijeku.

Nakon osnovne škole upisujem Elektrotehničku i prometnu školu u Osijeku, te ju završavam 2007/2008. godine.

Godine 2009/2010. upisujem prvu godinu preddiplomskog studija Elektrotehničkog fakulteta u Osijeku, smjer energetika.

Godine 2012/2013 upisujem prvu godinu diplomskog studija Elektrotehničkog fakulteta.

Od stranih jezika govorim engleski.

Posjedujem vozačku dozvolu B kategorije.

Interes mi je naučiti još jedan strani jezik, te bih u budućnosti volio raditi u svojoj struci.