

Problematika električne rasvjete je složena i obimna i po pravilu se izučava kao posebna disciplina. U ovom kratkom osvrtu posebno ćemo se osvrnuti na osvetljenje stambenih jedinica.

Vrlo složene probleme osvetljenja specifičnih objekata, kao što su: rasvjeta industrijskih hala, rasvjeta industrijskih postrojenja, rasvjeta sportskih dvorana, rasvjeta pozorišta i bioskopa, rasvjeta barova, kafe-barova, restorana i kafana, rasvjeta sportskih stadiona, rasvjeta ulica i trgova, rasvjeta spomenika i simbola,...ne razmatramo u ovom kursu-

1

Električno osvetljenje

- Priroda svjetlosti - svjetlost kao fizička i čulna pojava
- Svjetlost kao fizička pojava

Teorija elektromagnetnog zračenja
(talasna i kvantna teorija)

$$c = f \cdot \lambda$$

$$E = h \cdot f = h \cdot \frac{c}{\lambda}$$

Plankov zakon

2

Svjetlost se može vrednovati na dva načina :

- pomoću fizičkih veličina
- pomoću svjetlotehničkih veličina

Svjetlotehničke (fotometrijske) veličine vrednuju svjetlost na osnovu osobina čovječijeg organa vida. Zasnivaju se na:

-relativnoj osjetljivosti kod fototopskog(dnevnog) viđenja,

-ograničenju područja fizičkog zračenja od 380 do 780 nm (vidljivo zračenje)

3

Osnovne veličine

Pri proračunima rasvjete koriste se sledeće fotometrijske veličine

Φ - svjetlosni fluks (Lm) predstavlja snagu zračenja izvora, koja je uz uvažavanje spektralne osjetljivosti ljudskog oka prevedena na svjetlosni utisak.

E –osvjetljaj (Lx) predstavlja mjerilo za intenzitet svjetlosti koji pada na neku površinu

$$E = \frac{\Phi}{A}$$

E - osvjetljaj (Lx)
A - osvjetljena površina (m²)

- (U cilju nalaženja boljih pokazatelja uvedeni su pojmovi vertikalne i horizontalne osvjetljenosti).

4

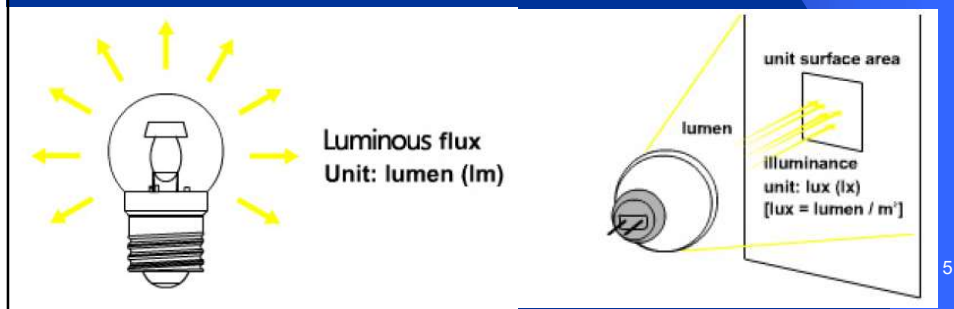
Primjeri:

Ljetnji sunčani dan kada zraci padaju pod pravim uglom
100.000 Lx

U sjenci oko 10.000 Lx

Pun mjesec 0,2- 0,5 Lx

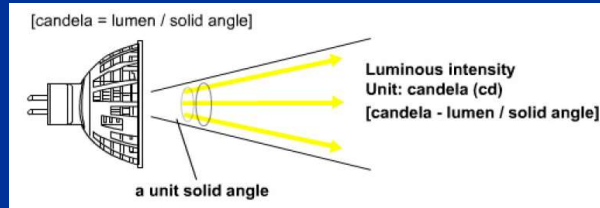
Zvijezde u noći bez mjesečine 0,01 Lx



Pored ovih veličina imamo još i jačinu svjetlosti (svjetlosni intenzitet)

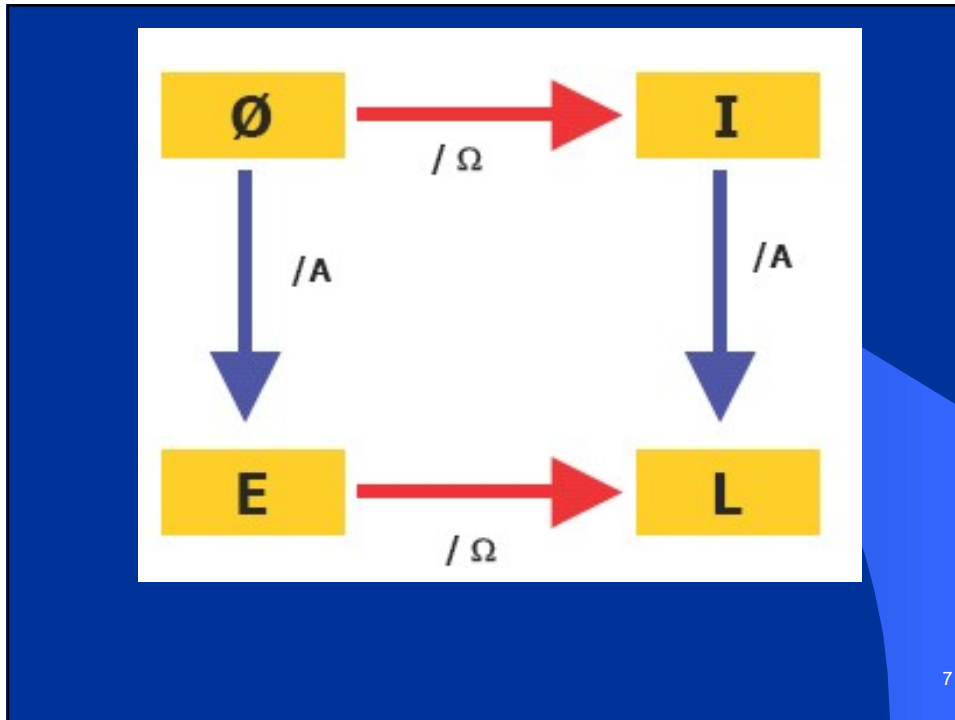
$$J_{\omega} = \frac{d\Phi}{d\omega} \quad (\text{cd}),$$

ω -prostorni ugao, i



Sjajnost $L = \frac{J_{\omega}}{S} \text{ (cd/m}^2\text{)}$

gdje je S-svjetleća površina. Sjajnost je jedina fotometrijska veličina koju oko neposredno osjeća. (svjetleća i osvjetljena površina)



7



OSNOVNE VELIČINE U TEHNICI OSVJETLJENJA

Osnovne svjetlotehničke (fotometrijske) veličine su:

1. Sveltlosni fluks
2. Svetlosni intenzitet
3. Osvetljenost i
4. Sjajnost

8

Svjetlosni fluks

(Φ)

Predstavlja ukupnu snagu svetlosnog zračenja izvora, tj. svetlosni fluks predstavlja ukupnu količinu svetlosti koju emituje svetlosni izvor u jedinici vremena. Jedinica za fluks je lumen (lm).

Svjetlosni Intenzitet

(I)

Zračenje svetlosnih izvora je uvijek određeno količinom lumena koje emituju u datom uglu u određenom pravcu. Ova količina se zove Svjetlosna jačina – Svjetlosni Intenzitet (I) i meri se u lumenima po steradijenu.

Jedinica za svjetlosni intenzitet je kandela [cd].

Osvetljenost

(E)

Intenzitet ne govori o količini svetlosti koja pada na neku površinu. Veličina koja govori o količini svetlosti koja padne na neku površinu zove Osvetljenost (E) i meri se u lx (luks). To je vrednost koja se navodi u planovima i projektima za osvetljenje. Izražava se u cd/m^2 .

Osvetljenost kazuje koja količina svetlosti pada na površinu.

Sjajnost

(L)

je jedina fotometrijska veličina koju oko neposredno osjeća, pa predstavlja mjerilo svetlosnog utiska.

6

9

Φ - [lm] lumen

I - [cd] kandela

E - [lx] luks

L - [cd/m^2]

$$I = \Phi / \Omega$$

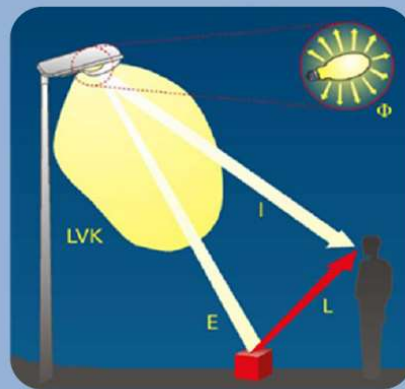
$$L = I / S = E / \Omega$$

$$E = \Phi / S$$

S - [m^2]

Ω - [sr] steradian

Vrednost osvetljenosti meri se luksmetrom, a vrednost sjajnosti luminansmetrom.



10

Ostale svjetlotehničke veličine:

- količina svjetlosti
- osvjetljaj (ekspozicija)
- svjetlosno isijavanje
- skalar osvjetljenosti
- vektor osvjetljenosti
- svjetlosna iskoristivost zračenja
- vizuelna iskoristivost zračenja
- optička iskoristivost zračenja
- svjetlosna iskoristivost izvora svjetlosti $\eta = \frac{\Phi}{P} \left[\frac{\text{lumen}}{W} \right]$
(odnos svj. fluksa i električne snage)

11

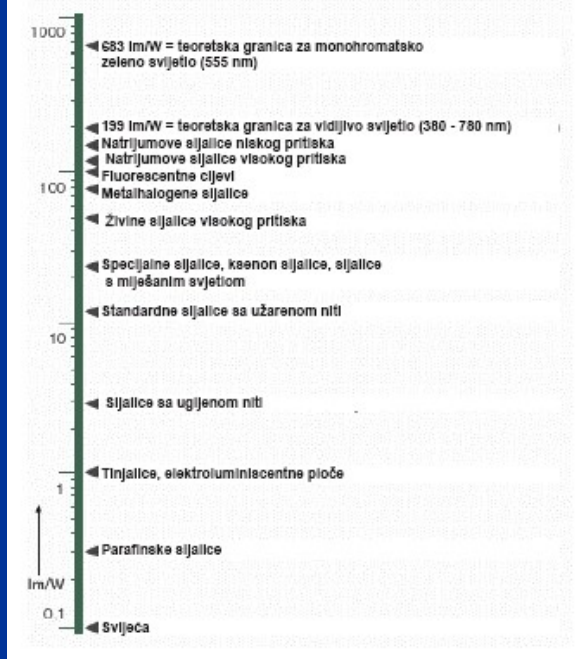
Svjetlosna iskoristivost izvora svjetlosti definiše se kao odnos dobijenog svjetlosnog fluksa izvora svjetlosti i uložene snage:

$$\eta = \Phi / P \text{ [lm/W]}$$

Svjetlosna iskoristivost pokazuje iskoristivost kojom se uložena električna energija pretvara u svjetlost.

Teoretski maksimum iskoristivosti, pri kojem se sva energija pretvara u vidljivo svjetlo iznosi 683 lm/W. U stvarnosti vrijednosti su puno manje i iznose između 10 i 150 lm/W.

Svjetlosna iskoristivost predstavlja jedan od osnovnih parametara za ocjenu ekonomičnosti rasvjetnog sistema.



Blještanje:

Fiziološko (kada u oko prodire veliki svjetlosni fluks) i

psihološko (izaziva osjećaj nelagodnosti i nervoze, još uvijek nije prihvatljivo opisan mehanizam nastanka).

U unutrašnjem osvetljenju je psihološko blještanje prisutnije od fiziološkog za razliku od javnog osvetljenja (saobraćajnice).

13

Boja svjetlosti

Ljubičasta (400-435 nm)

Plava (435-500 nm)

Zelena (500-565 nm)

Žuta (565-600 nm)

Narandžasta (600 – 630 nm)

Crvena (630-760 nm)

– Temperatura boje izvora svjetlosti

- označava boju izvora svjetlosti upoređenu sa bojom svjetlosti koju zrači idealno crno tijelo Temperatura idealnog crnog tijela u Kelvinima, pri kojoj ono emituje svjetlost kao mjereni izvor, naziva se temperatura boje tog izvora svjetlosti.

800-900 K crvena

3000 K žućkasto bijela

5000 K bijela

10.000 K plavičasta

tople boje (ispod 3300K)

bijela boja (3300 do 5300K)

boja dnevne svjetlosti(iznad 5300K)

14

Zavisno o primjeni, vještačko svjetlo treba da omogući da se boje vide kao da su obasjane prirodnim svjetlom. Ovaj kvaliteta izvora svjetla naziva se **reprodukcija boje**, i izražava se faktorom reprodukcije boje (R_a faktorom). Reprodukcija boje nije povezan s temperaturom boje, te se ne može na osnovu temperature boje izvoditi zaključak o kvalitetu svjetla.

Faktor reprodukcije boje je mjera podudaranja boje objekta osvijetljenog izvorom koji se mjeri i boje tog objekta pod referentnim izvorom svjetla ($s R_a=100$). Što je R_a faktor izvora niži, to je reprodukcija boje tog izvora lošija.

15

Nivo	Indeks
	100
1A	90
1B	80
2A	70
2B	60
3	40
4	20

2. Reprodukcija boja

Opšti indeks reprodukcije boja R_a izveden je iz seta od 8 ispitnih boja, izabranih iz normalnog okruženja. Koristi se za određivanje reprodukcije boja sijalice. Teoretska vrednost mu je maksimalno 100. Niža vrednost indeksa reprodukcije boja pogoršava karakteristike izvora svetlosti. Za praktične primene, indeksi reprodukcije boja podeljeni su u više nivoa. DIN EN 12464-1 definiše šest ovakvih nivoa. Sijalice nivoa 1A koriste se tamo gde je najbitniji zahtev za što većom prirodnošću, npr. štampa, muzeji, prodavnice tekstila i predmeta od kože

Sijalice nivoa 1B su npr. trokomponentne fluorescentne sijalice i prvenstveno se ugrađuju u upravne zgrade, škole, industrijske i sportske objekte. Sijalice nivoa 2A još uvek imaju dobre karakteristike reprodukcije boja. Sijalice nivoa 3 se koriste u teškoj industriji gde reprodukcija boja nije bitna. Sijalice nivoa 4 nisu namenjene unutrašnjem osvetljenju, sa izuzetkom natrijumskih sijalica visokog pritiska ($R_a = 20$) u posebnim slučajevima. Karakteristike reprodukcije boja koje se zahtevaju za sijalice za razne prostore i namene, moraju biti u skladu sa nivoima definisanim u DIN EN 12464-1.

16

Električna rasvjeta podjela po vrstama:

- opšta rasvjeta
- funkcionalna rasvjeta
- dekorativna rasvjeta
- sigurnosna
- orijentaciona
- stražarska

17

Izvori svjetlosti

U električnoj rasvjeti koriste se sledeći izvori svjetlosti:

- izvori svjetlosti sa užarenom niti (inkandescentni)
- izvori sa električnim pražnjenjem

fluorescentne cijevi

natrijumove cijevi niskog pritiska

VTF (živine sijalice visokog pritiska sa fluorescentnom oblogom)

WTFW (živine sijalice visokog pritiska miješanog svjetla)

natrijumove sijalice visokog pritiska

- led izvori svjetlosti

18

Za izbor izvora svjetlosti odlučujuće su sledeće k-ke:

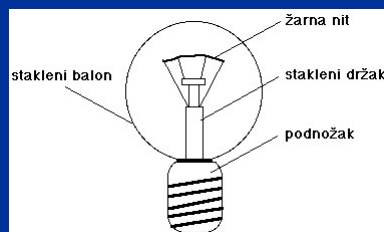
- Svjetlosni fluks
- Svjetlosna iskoristivost
- Pad svjetlosnog fluksa tokom eksploatacije
- Boja svjetlosti i svojstva u pogledu reprodukcije boja
- Električna snaga
- Vijek trajanja
- Oblik izrade
- Ponašanje u pogonu
- Nabavna cijena i troškovi eksploatacije

19

Sijalice sa užarenom niti - standardne

- temperatura boje 2800 K,
- max svjetlosna iskoristivost 25 lm/W uobičajeno 6-12lm/W
- prosječna trajnost sijalica je 1000 h ali umnogome zavisi od napona

Ra=100



P(W)	Φ(Lm)
25	230
40	415
60	715
75	950
100	1350
150	2220
200	3150
300	5100
500	8300
1000	18600

20

Halogene sijalice (3200K, 25 lm/W, 2000h, Ra=100)

- Imaju dodatak halogenog elementa (joda, hlora ili broma).
- Kompaktne stalnost svjetlosnog fluksa u toku eksploatacije,
- bjelja svjetlost(veća temperatura boje).
- Neophodno je pažljivo rukovanje.
- Koriste se u unutrašnjem i javnom dekorativnom osvjetljenju, kao projekcione sijalice, sijalice za motorna vozila.
- Ne preporučuje se regulacija svjetlosnog fluksa

P(W)-U(V)	Φ (Lm)
niskonaponske	
20-12V	300
50-12V	850
100-12V	2150
reflektorske	
1000-230V	22000
1500 -230V	33000
2000 -230V	44000

21



22

Izvori svjetlosti sa električnim pražnjenjem

Prema veličini unutrašnjeg pritiska dijele se na izvore

- niskog pritiska (od 0,1-1,3 Pa), najčešće duguljastog oblika, relativno velike zapremine i površine zračenja i relativno male snage. Karakteriše ih mala sjajnost.

- visokog pritiska $3 \cdot 10^4 - 15 \cdot 10^5$ Pa, relativno male dimenzije, a velike snage i svjetlosnog fluksa. Odlikuju se velikom sjajnošću.

23

Izvori svjetlosti sa električnim pražnjenjem niskog pritiska

- Fluorescentne cijevi
- Kompaktni fluo izvori



Radni vijek fluorescentne cijevi je znatno duži od sijalice sa užarenom niti i iznosi 7500h.

Svjetlosna iskoristivost 80 lm/W, $R_a=60 - 70$.

Svjetlosni fluks manje zavisi od napona. Pri promjeni napona od $\pm 10\%$ fluks se mijenja za $\pm 9\%$.

Kod fluorescentnih sijalica fluks više zavisi od temperature

θ (°C)	-10	0	10	20	25	30	40	50
Φ (%)	35	65	87	97	100	98	94	88

Ranije prečnika 38mm a sada 26 mm.

20 ,40, 65 W ___ 18, 36, 58 W ___ 600, 1200,1500mm

24

Fluorescentne cijevi se izrađuju za razne boje i zavisno od boje i snage u katalogima je dat podatak o fluksu.(Tesla)

Oznaka boje		Temperatura boje (K)	Svjetlosni fluks		
			FC-18 W	FC-36W	FC-58W
DS	Dnevno svjetlo	6500	880	2300	3750
BB	Bijela boja	4500	1020	2700	4400
BBX	Bijela boja delux	4500	750	2200	3400
SB	Svjetlo bijela boja	3500	1060	2800	4600
TB	Toplo bijela	2900	1060	2800	4600
TBX	Toplo bijela delux	2900	750	2200	3400

Osnovna osobina je da se za rasvjetu, zavisno od odabrane boje bira minimalni, maksimalni i preporučeni osvjetljaj.

Boja svjetla		DS	BB	BBX	SB	TB	TBX
OSVJETLJAJ (Lx)	MIN	500	350	350	200	100	100
	MAX	>20000	>20000	>20000	2000	400	400
	Prepor.	>500	300÷400	300÷400	>200	100÷150	100÷150

25

Kompaktni fluo izvori (8000 h, 70 lm/W)

Podaci o kompatibilnim kompaktnim fluo izvorima (Philips)-mogu se koristiti u postojećim instalacijama direktno se ugrađujući umjesto izvora sa užarenom niti.

Naziv	Snaga (W)	Dimenzije (mm)		podnožje	Svjetlosni fluks (lm)
		prečnik	dužina		
PL E – C5W	5(25)	39	116	E14	200
PL E – C9W	9(40)	39	116	E14	400
PL E – C9W	9(40)	50	113	E27/B22	400
PL E – C11W	11(60)	39	134	E27/B22	600
PL E – C15W	15(75)	39	152	E27/B22	900
PL E – T15W	15(75)	55	127	E27/B22	900
PL E – T20W	20(100)	55	146	E27/B22	1200
PL E – T23W	23(100)	55	159	E27/B22	1500

26

Štedna sijalica – fluokompaktna sijalica s integrisanom el. prigušnicom

Start s predgrijavanjem bez terptanja za veliki broj uključivanja

Visokokvalitetni LUMILUX® fosfor za vrlo dobru reprodukciju boje

prigušnica za izuzetnu trajnost i uštedu energije

Filter kondenzator za miran rad

Optimalno ograničenje radio smetnji

Visokokvalitetno plastično kućište za termičku otpornost

Mogući DC pogon

ECO POWER

15 x 1000 h = 15 000 h

25 W	→	5 W
40 W	→	7 W
60 W	→	11 W
75 W	→	15 W
100 W	→	20 W
120 W	→	23 W

27

Natrijumove cijevi niskog pritiska

Daju svjetlost žute boje i koriste se za osvjetljavanje puteva, gradilišta, aerodroma, fasada i spomenika.

Snaga(W)	35	55	90	135	180
Svjet. Fluks (Lm)	4600	7650	12750	22000	31600
Snaga Tran. (W)	56	76	113	175	220
Napon tran. (V)	220/470	220/470	220/470	220/660	220/660

Natrijumske cijevi imaju višu svjetlosnu iskoristivost od ostalih izvora svjetlosti – čak 200 Lm/W.

Zagrijavanje traje oko 10 minuta.

Trajanje 10000h nakon čega fluks opada na 80%. Temperatura od -30 do +40 na utiče na rad cijevi.

Loša reprodukcija boja

28

VTF žивине sijalice visokog pritiska sa fluorescentnom oblogom (6000K, 60 Lm/W, 6000h)

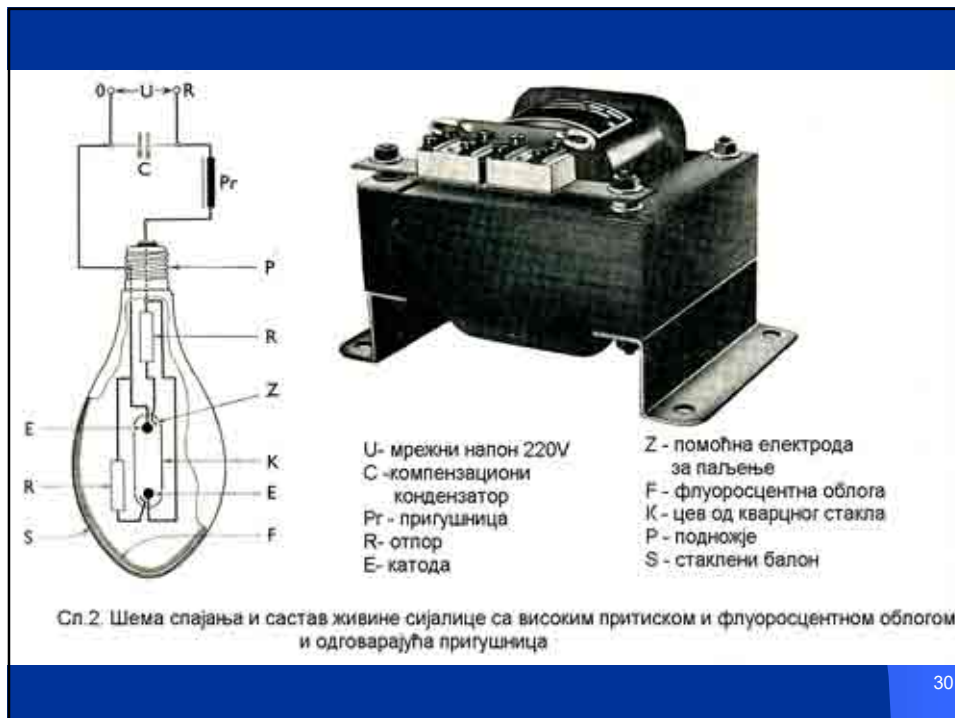
Ovi izvori svjetla se koriste za rasvjetu saobraćajnica, trgova, parkova i industrijskih i sportskih objekata. Proizvode se za sledeće snage:

Snaga (W)	80	125	250	400	700	1000
Fluks (Lm)	3500	5600	12000	21000	37000	52000
Vrijeme zagrijavanja (min)	4-6	4-6	4-5	3-4	3-4	3-4

Trajnost ovog tipa izvora svjetla je 6000h ako rade 5h dnevno. Češće startovanje smanjuje vijek trajanja. Nakon 6 000 h svjetlosni fluks opada na 65%. Kod ovih izvora svjetla prigušnica mora biti u faznom provodniku. Mogu biti montirane u svim položajima ali zaštićene od kapi vode.

Ra=15 zbog nedostatka crvene boje u spektru.

29



30

VTFW živine sijalice visokog pritiska miješanog svijetla

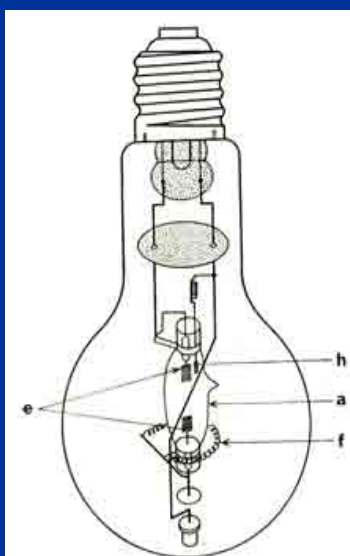
Boja ovih izvora ima boju dnevne svjetlosti i omogućava raspoznavanje boja u trgovinama i tekstilnoj industriji (4000K). Ove sijalice imaju ugrađene volframove spirale koje služe za korekciju boje svjetlosti i kao stabilizator pa nije potrebna prigušnica. Trajanje zagrijavanja 3-4 minuta. Trajanje 6000 h uz 600 uklapanja uz konstantan napon.

Izrađuju se sledeće snage:

Snaga (W)	100	250	500
Fluks (Lm)	2900	5200	12500

Ove sijalice se isključuju pri naponu od 195V.

31



Сл.3. Сијалица за мешану светлост
е - електроде
h - помоћна електрода
а - цев од кварцног стакла
f - метално влакно

32

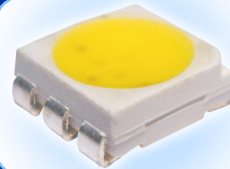


Ulica osvijetljena NVP sijalicom (SON-T PIA Plus 70W)



Ulica osvijetljena MH sijalicom (CDO-TT 70W)

LED RASVJETA



Original	LED Zamjena	Ušteda
100W Obična sijalica	7W LED sijalica	93% el. energije
18W Fluo cijev	6W LED Cijev(nije potreban starter ni priгуšnica)	66% el. energije
50W Halogena sijalica	7W LED sijalica	70% el. energije

LED Rasvjeta ja najnoviji tip super štedne rasvjete koja se sasvim razlikuje od današnjih štednih (CFL), običnih Wolfram sijalica, sijalica visokog pritiska i sl. Sastoji se od svjetlećih dioda (LED eng. Light Emitting Diode) potpomognutih CREE čipom koji im daje super performanse od 90-100 lumena po jednom wattu.

LED rasvjetni proizvodi za zamjenu svih današnjih tipova rasvjetnih proizvoda omogućavaju uštedu el. energije do 80% te dugi vijek trajanja od preko 50.000 sati uz garanciju do 3 godine.

35

- Šta je LED rasvjetu učinilo tako privlačnom?

Prednosti su mnogobrojne. Prije svega visoka efikasnost u pretvaranju električne energije u svjetlosnu (što povlači manje zagrijavanje svjetlosnog izvora, jer se inače "višak" pretvara u toplotu), male dimenzije, lako podešavanje jačine osvjetljenja (a uz odgovarajući sklop-RGB kontroler i izbor boje, do punog zasićenja), bitno duži radni vijek u kome nema naglog pregorijevanja izvora svjetla a još manje neprijatnog treperenja pri kraju radnog vijeka kao kod flurocentnih cijevi, odsustvo infracrvenog i ultraljubičastog opsega, otpornost na udarce i vibracije, trenutno postizanje pune snage kao i otpornost na često uključivanje i isključivanje.

36


LED RASVJETA	HALOGENA RASVJETA
prosječan vijek trajanja do 50.000 časova	prosječan vijek trajanja do 2.000 časova
LED lampe nisu pod pritiskom	halogene lampe su pod pritiskom
lampa nije osjetljiva na dodir	lampa je osjetljiva na dodir
bezopasna za ljude i okolinu	nije bezopasna za ljude i okolinu
ne emituje UV ili IR zračenje	emituje UV ili IR zračenje
ne troši energiju na zagrijavanje	troši energiju na zagrijavanje
ekonomski isplativa	ekonomski neisplativa
kolor temperatura svjetla do 7.000 K sa mogućnošću izbora boje (RGB, bijela)	kolor temperatura svjetla do 3.200 K bez mogućnosti izbora boje
radna temperatura do 70 C	radna temperatura do 250 C
velika energetska efikasnost	mala energetska efikasnost
niski dugoročni operativni troškovi	visoki dugoročni operativni troškovi

Tabela koju smo prikazali jasno govori o svim prednostima LED rasvjete nad običnom ili halogenom rasvjetom. Ove prednosti još više dolaze do izražaja ako se LED rasvjeta uporedi sa rasvjetom baziranom na žarnim nitima.

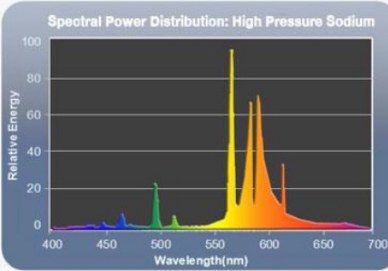
37

Razlike u primjeni NVP i LED rasvjete parking prostora


NVP



Spectral Power Distribution: High Pressure Sodium

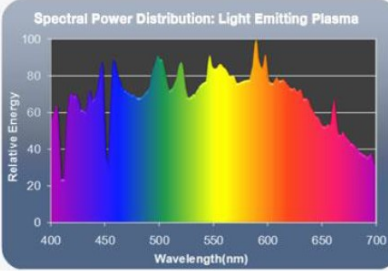


LED



- ✓ Poboljšana vidljivost
- ✓ Poboljšana uniformnost
- ✓ Poboljšan izgled

Spectral Power Distribution: Light Emitting Plasma



38

Svetiljke

Svetiljke su naprave koje treba da omoguće:

- nošenje i pogon izvora svjetlosti
- postizanje željene raspodjele svjetlosnog fluksa
- smanjenje sjajnosti izvora svjetla
- zaštita izvora svjetla i dodatne opreme
(od vlage, prašine, fizičkih oštećenja)
- održavanje radne temperature
- jednostavna montaža i održavanje
- dovoljno visok stepen iskorišćenja
- prijatan estetski izgled i mogućnost uklapanja u arhitekturu okoline

39

Djelovi svjetiljke koji utiču na raspodjelu svjetlosnog fluksa:

- **reflektori** (usmjereni, poludifuzni i difuzni)
- **refraktori** (koriste pojavu prelamanja svjetlosti)
- **difuzori** (tzv. prozirne materije koje difuzno propuštaju svjetlost)
- **štitnici** (sakrivanje izvora svjetlosti od pogleda iz određenih pravaca) i
- **filteri** (za potenciranje različitih svjetlosnih efekata)

40

Materijali za izradu svjetiljki

Čelik (za izradu kućišta svjetiljki sa fluo cijevima, mehanički se obrađuje, lim se farba bijelom bojom u cilju difuzne refleksije i antikorozivne zaštite)

Aluminijum (lagani, koroziono otporan materijal dobrih toplotnoprovodnih k-ka, koristi se kako za izradu kućišta tako i reflektora i štitnika)

Plastika (relativno niska cijena i širok opseg relevantnih k-ka, otpornost na atmosferske uticaje, čvrstina, krutost, toplotna otpornost, otpornost na UV zračenje)

Staklo (u tehnici osvjetljenja koriste se obično staklo i staklo povećane tvrdoće – bor silikatno staklo 230°C, alumino silikatno 400°C)

41

Fizička zaštita svjetiljki

Svjetiljke se štite kako od prodora čvrstih tijela (čestica prašine) i vlage, tako i od slučajnih i namjernih fizičkih oštećenja.

Zaštita svjetiljki od prodora vlage i prašine – zahtjevi za ovom vrstom zaštite su uslovljeni područjem primjene svjetiljki.

“Sealsafe” sistem zaštite zasniva se na stvaranju natpritisaka nakon uključivanja svjetlosnog izvora.

U slučajevima kada postoji mogućnost nenamjernog fizičkog oštećenja postavljaju se žičane mreže ispred protektora svjetiljki. U slučaju postojanja destruktivnog djelovanja vandala koriste se protektori od polikarbonata.

42

Fotometrijski podaci o svjetilkama

Tabela svjetlosnog intenziteta (dobija se mjerenjem svjetlosnih intenziteta u određenom broju pravaca koji prolaze kroz optički centar svjetiljke u fotometrijskoj laboratoriji i predstavlja osnovni podatak o svjetiljci; podaci se daju u normiranoj formi za izvor svjetlost fluksa 1000 Lm) *Polarni dijagrami*

Stepen iskorišćenja svjetiljki – definiše se kao odnos fluksa koji izrači svjetiljka i ukupnog fluksa svih izvora svjetlosti u njoj

Faktor korisnosti – definiše se za svjetiljke koje se koriste u unutrašnjoj rasvjeti i to kao odnos svjetlosnog fluksa radne ravni prostorije i ukupnog fluksa svih izvora svjetlosti u njoj.

Tabele i dijagrami raspodjele sjajnosti – kod svjetiljki za unutrašnje osvjetljenje dijagram raspodjele sjajnosti se koristi za kontrolu snošljivog psihološkog blještanja.

43

Fotometrijski podaci o svjetilkama

Izokandelni dijagram - izrađuje se za svjetiljke za vanjsku rasvjetu i predstavlja skup krivih od kojih svaka sadrži tačke osvetljivane površine istog svjetlosnog intenziteta

Izoluksni dijagrami – skup krivih od kojih svaka sadrži tačke horizontalne površine iste horizontalne osvjetljenosti

Dijagram K-krivih – daje se kao svjetlotehnički podatak za svjetiljke za osvjetljavanje puteva. Sastoji se iz K1 i K2 krive za čiju izradu osnovu predstavlja tabela svjetlosnog intenziteta. Namjena ovih krivih je izračunavanje srednje osvjetljenosti kolovoza, odnosno određivanja rastojanja između susjednih stubova da bi se postigao željeni nivo osvjetljenosti kolovoza.

Dijagram iskoristivosti sjajnosti – svjetiljke za osvjetljavanje puteva koristi se za izračunavanje srednje sjajnosti kolovoza, odnosno određivanje rastojanja između susjednih stubova da bi se postigao željeni nivo sjajnosti kolovoza.

44

Efikasnost (iskoristivost) uređaja za osvjjetljenje

Efikasnost svjetiljki za unutrašnje osvjjetljenje – zavisi od svjetlosne iskoristivosti izvora, stepena iskorišćenja svjetiljke i veličine onog dijela svjetlosnog fluksa koji “padne” na radnu ravan. Ako je ekonomski aspekt dominantan i ukoliko je problem pojave blještanja od malog značaja preporučuju se svjetiljke koje svjetlost izvora pretežno usmjeravaju na radnu ravan koje su sa kvalitetnim protektorom i reflektorom. Ako su neophodni štitnici preporučuju se svjetiljke sa rasterima. Svjetiljke sa opalnim difuzorima se odlikuju najlošijom efikasnošću.

Postizanje veće efikasnosti svjetiljki za unutrašnju rasvjetu je ograničeno potrebom kreiranja povoljnog utiska o prostoriji kao cjelini, što podrazumijeva kako adekvatno osvjjetljenje tavanica i zidova, tako i stvaranje odgovarajućih sjenki.

45

Efikasnost (iskoristivost) uređaja za osvjjetljenje

Efikasnost svjetiljki za osvjjetljenje puteva – zavisi od svjetlosne iskoristivosti izvora, stepena iskorišćenja svjetiljke i veličine onog dijela svjetlosnog fluksa koji je usmjeren prema kolovozu.

Tip izvora svjetlosti	Svjetlosna iskoristivost izvora (lm/W)	Svjetlosna iskoristivost svjetiljke(lm/W)
Živin izvor visokog pritiska	42-55	13-17
Na-izvor vis.prit. sa fluorescent. oblogom	59-119	18-36
Bistra Na-sijalica visokog pritiska	67-129	30-58
Na-izvor niskog pritiska	99-180	25-43

46

Efikasnost (iskoristivost) uređaja za osvjetljenje

Efikasnost reflektorskih svjetiljki

Mjerilo efikasnosti kod ovog tipa svjetiljki je tzv. Faktor svjetlosnog snopa, koji se definiše kao odnos svjetlosnog fluksa svjetiljke koji se emituje u okviru njenog svjetlosnog snopa i svjetlosnog fluksa izvora.

Ugao zračenja se definiše kao ugao između dva pravca čiji je svjetlosni intenzitet jednak polovini maksimalne vrijednosti (koja se ima u osi reflektora) pri čemu ovi pravci pripadaju istoj ravni koja sadrži osu reflektora.

Klasifikacija reflektora prema uglu zračenja: uskosnopni ($\alpha < 20^\circ$), srednjelopni ($20^\circ < \alpha < 40^\circ$) i širokosnopni ($\alpha > 40^\circ$). PRIMJER $4^\circ - 5^\circ / 24^\circ$

47

Klasifikacija – podjela svjetiljki

-prema distribuciji svjetlosnog fluksa

Svjetiljke za ... osvjetljenje	Procenat fluksa emitovan u ... poluprostoru	
	gornjem	donjem
Direktno	0-10	90-100
Poludirektno	10-40	60-90
Jednoliko	40-60	40-60
Poluindirektno	60-90	10-40
indirektno	90-100	0-10

- prema mogućnosti montaže na podloge različitog stepena zapaljivosti (materijali se dijele na normalno zapaljive potrebno je bar 200°C i ostale koji se nazivaju lakozapaljivim)





48

**-prema stepenu zaštite od prodora čvrstih tijela i vlage –
IP (Ingress Protection) sistem klasifikacije**

Prva cifra	Kratak opis	Druga cifra	Kratak opis
0	nezaštićena	0	nezaštićena
1	Prodor čvrstih tijela većih od 50mm (ljudska ruka)	1	Zaštićene od kapajuće vode
2	Prodor čvrstih tijela većih od 12mm (prsti i sl. ne duže od 80 mm)	2	Zaštićene od kapajuće vode ako je nagnuta pod uglom < 15 °
3	Prodor čvrstih tijela većih od 2.5mm (alatke, žice i sl.)	3	Zaštićena od kiše
4	Prodor čvrstih tijela većih od 1mm (preciznije alatke, tanje žice i sl.)	4	Zaštićena od prskajuće vode
5	Zaštićena od prodora prašine	5	Zaštićena od vodenog mlaza
6	Prahozaptivena (cementare npr.)	6	Zaštićena od udara velikih morskih talasa
		7	Zaštićena od efekta uranjanja
		8	Zaštićena od efekta potapanja

49

-klasifikacija prema vrsti električne zaštite

Klasa svjetiljke	Opis električne zaštite	Simbol
0	Svjetiljka ima samo osnovnu radnu izolaciju i ne posjeduje stezaljku za uzemljenje. Proboj na elektroprovodnom dijelu dovodi do pojave trenutnog opasnog napona dodira	Bez simbola
I	Svjetiljka ima samo radnu izolaciju ali je opremljena stezaljkom za uzemljenje.	Bez simbola
II	Svjetiljka je u potpunosti sa dvojnomo izolacijom i bez kontakta za uzemljenje.	
III	Svjetiljka koja je konstruisana za priključak na mali napon (do 50 V) i u kojoj se ne generišu od njega veći naponi.	

50

Fotometrijska klasifikacija svjetiljki za osvjetljenje puteva

Iako je CIE usvojila novi sistem klasifikacije svjetiljki za osvjetljenje puteva, njen stari sistem uveden 1965 je u nekim zemljama još uvijek u upotrebi.

- zasijenjena (cut-off)
- poluzasijenjena (semi cut-off)
- nezasijenjena (non cut-off)

Novi sistem klasifikacije pruža mogućnost dobijanja potpunije informacije jer je baziran na tri ključna podatka o svjetilkama ovog tipa:

- udaljenost do koje stižu zraci značajnijeg intenziteta u pravcu paralelnom sa osom puta "dobačaj"
- domet svjetlosnih zraka značajnijeg intenziteta u pravcu normalnom na osu puta "širina poprečnog snopa"
- nivo ograničenja blještanja "kontrola" blještanja

51

Rasvjeta unutrašnjih prostorija

Unutrašnji prostori se mogu podijeliti na tri cjeline: radne prostorije, komunikacijski prostori i prostorije za socijalne kontakte i relaksaciju.

Faktori kvaliteta unutrašnjeg osvjetljenja

- nivo osvijetljenosti
- ravnomjernost osvijetljenosti
- raspodjela sjajnosti
- ograničenje blještanja
- smjer upada svjetlosti i modelovanje
- boja i
- ograničenje treperenja svjetlosti i stroboskopskog efekta

52

Nivo osvjetljenosti

- **minimalni nivo osvjetljenosti u komunikacijskim prostorima** (za prag raspoznavanja crta lica neophodna je sjajnost približno 1 cd/m^2 čemu odovara vertikalna osvjetljenost od 10 luxa odnosno horizontalna od 20 luxa)

- minimalni nivo osvjetljenosti za radne prostorije

(za zadovoljavajuće raspoznavanja crta lica neophodna je sjajnost između 10 i 20 cd/m^2 čemu odovara vertikalna osvjetljenost od najmanje 100 luxa odnosno horizontalna od najmanje 200 luxa)

- optimalni nivo osvjetljenosti u radnim prostorijama

(opšte osvjetljenje daje optimalne rezultate u području osvjetljenosti od 1000-2000 luxa, međutim kod vidnih zadataka velikih zahtjeva potrebna je sjajnost do 1000 cd/m^2 kojoj odgovara osvjetljenost od 20 000 luxa; on se postiže kombinovanjem opšteg i dodatnog osvjetljenja)

53

Ravnomjernost osvjetljenosti

Ovaj faktor je važan sa dva aspekta: povećanja oštine vida i smanjenja zamaranja oka.

Raspodjela sjajnosti

Sa jedne strane određuje kontrast a sa druge strane na zamaranja oka.

Sjajnost svjetiljki opšte rasvjete $1000 - 10000 \text{ cd/m}^2$

Sjajnost svjetiljki za prostorije u kojima se obavlja rad sa terminalima, personalnim računarima manji od 200 cd/m^2

Sjajnost predmeta koji predstavljaju elemente vidnog zadatka $100 - 500 \text{ cd/m}^2$

Sjajnost neposrednog okruženja radnog polja može da bude manja ali ne više od $1/3$ ove sjajnosti.

Odnos sjajnosti radnog polja i sjajnosti dalje okoline ne treba da bude veći od 1:10

54

Ovdje se proučava opšta i dodatna rasvjeta. Dopunska rasvjeta omogućava viši nivo rasvjete, pojačava kontrast i time olakšava rad.

Nivo opšte rasvjete mora biti bar 20% od lokalne. Zavisno od namjene prostorija, odnosno poslova koji se obavljaju u toj prostoriji definisani su maksimalni osvjetljaji. Ovaj osvjetlaj se računa na visini 0,85 m od poda.

stepen	zahtjevi	E(Lx)	OPIS
1	Vrlo mali	60	Sporedne prostorije, orijentacija, prolazi
2	mali	120	Lako vidni zadaci, veliki detalji sa jakim kontrastom
3	srednji	250	Normalno vidni zadaci, veliki detalji sa srednjim kontrastom
3a	srednji	500	
4	veliki	1000	Teško vidni zadaci, mali detalji, slab kontrast
5	Vrlo veliki	1500	Teško vidni zadaci, mali detalji, vrlo slab kontrast
6	Izvanredno veliki	2000	Vrlo teško vidni zadaci, vrlo mali detalji, vrlo slab kontrast

55

U prostorijama gdje se trajno boravi minimalni osvjetlaj je 120 Lx. U literaturi se nalaze preporuke za minimalni osvjetlaj u zavisnosti od namjene prostorije. Navešćemo samo neke karakteristične:

- **vrlo mali (60 Lx)** - hodnici, stepeništa, predvorja, podrumске prostorije
- **mali (120 Lx)** – kupatila
- **srednji (250 Lx)** - kuhinje, dnevne sobe i trepezarije, prostorije za peglanje
- **srednji (500 Lx)** - mjesta za čitanje, ispred ogledala i dodatno kod kreveta za čitanje
- **veliki (1000 Lx)** – tehničko crtanje, operaciona sala (opšta rasvjeta)
- **vrlo veliki (1500 Lx)** - kontrola boja u višebojnoj štampi, izrada elektronskih sklopova
- **izuzetno velika (20.000 Lx)** – zlatarstvo, izrada preciznih mjernih instrumenata.

Radno mjesto za operaciju 20.000 Lx, za obdukciju 5000 Lx. ⁵⁶

Ravnomjernost - odnos sjajnosti (luminancije) između radne površine i okoline treba da bude manji od 3:1, a od udaljenih predmeta 10:1.

Stroboskopski efekat - u pogonima sa rotirajućim djelovima pojava stroboskopskog efekta se smanjuje priključenjem na tri faze ili korišćenjem duo spoja.

Bještavost svjetiljke - Propisima je utvrđena kriva dopuštene sjajnosti svjetiljke koju vidi oko najudaljenijeg posmatrača pod uglom većim od 45°.

Klima boja - boja svjetlosti i reprodukcija boja

57

Svjetlotehnički proračun unutrašnjeg osvjetljenja

Kod projektovanja unutrašnjeg osvjetljenja upotrebljavaju se uglavnom sledeće metode izračunavanja i ocenjivanja:

- metoda iskoristivosti
- metoda tačke
- metoda izoluku dijagrama
- metoda proračuna srednje sjajnosti površine
- metoda graničnih krivih sjajnosti

58

METODA ISKORISTIVOSTI

Metoda iskoristivosti je jednostavna i dovoljno precizna metoda za proračun jednostavnijih unutrašnjih prostora. Do šire upotrebe računara u procesu projektovanja, ovo je bila najšire korišćena metoda za proračun unutrašnje rasvjete.

Ovom metodom proračunava se prosječna osvijetljenost nekog prostora, odnosno moguće je za željeni nivo osvijetljenosti proračunati potreban broj svjetiljki. Metoda kreće od osnovne pretpostavke da je prosječna osvijetljenost radne ploče:

$$E_m = (\text{ukupan svj. fluks na radnoj ploči}) / (\text{površina radne ploče})$$

Ukupan potrebni fluks za određenu prostoriju je

$$\Phi = \frac{f E A}{\eta} \quad (\text{Lm})$$

gdje su:

E - deklarirani osvijetljaj za datu prostoriju u (Lx)

A - površina prostorije u m²

η - stepen iskoristivosti

f - faktor koji uračunava normalno zaprašivanje i starenje.

59

Stepen iskoristivosti se određuje iz literature. Za to je neophodno prethodno sračunati indeks prostorije.

Dimenzije prostorije su

a ... dužina (m)

b ... širina (m)

h ... visina (m)

Indeks prostorije zavisi od dimenzija prostorije i načina pričvršćenja svjetiljki.

$$k = \frac{ab}{h_k(a+b)} \quad h_k = h - h_d(-h_v)$$

60

FAKTORI REFLEKSIJE

Faktori refleksije plafona, zidova i poda određuju se na osnovu refleksnih svojstava materijala i premaza sa kojima su pomenute površine završno obrađene

Boja površine	Faktor refleksije (ρ)
Bijele ili vrlo svijetle boje	0,7
Svijetle boje	0,5
Tamnije boje	0,3
Tamne boje	0,1

61

Izbor izvora svjetlosti

Kompaktni fluo izvori (8000 h, 70 lm/W)

Podaci o kompatibilnim kompaktnim fluo izvorima (Philips)-mogu se koristiti u postojećim instalacijama direktno se ugrađujući umjesto izvora sa užarenom niti.

Naziv	Snaga (W)	Dimenzije (mm)		podnožje	Svjetlosni fluks (lm)
		prečnik	dužina		
PL E – C5W	5(25)	39	116	E14	200
PL E – C9W	9(40)	39	116	E14	400
PL E – C9W	9(40)	50	113	E27/B22	400
PL E – C11W	11(60)	39	134	E27/B22	600
PL E – C15W	15(75)	39	152	E27/B22	900
PL E – T15W	15(75)	55	127	E27/B22	900
PL E – T20W	20(100)	55	146	E27/B22	1200
PL E – T23W	23(100)	55	159	E27/B22	1500

62

IZBOR SVJETILJKE

ISKORISTIVOST OSVJETLJENJA – sa grafika

FAKTOR ZAGAĐENJA (ZAPRAŠENJA) I STARENJA

$$f = f_z f_s$$

63

Kada je poznat potreban fluks računamo, nakon izbora cijevi odnosno sijalica, broj cijevi odnosno sijalica.

$$n = \frac{\Phi}{\Phi_c} = \frac{f E A}{\Phi_c \eta}$$

Zavisno od geometrije i raspoloživog tipa svjetiljke biramo n' sijalica ili cijevi i stvarni osvjetljaj je:

$$E = \frac{n' \Phi_c \eta}{f A}$$

64

Svjetlotehnički proračun

U projektovanju unutrašnje rasvjete najvažniji je proračun nivoa osvijetljenosti. Vodeći računa o svim preduslovima za dizajn rasvjetnog sistema, pred projektanta se postavlja pitanje koliko svjetiljki i s kojim izvorima svjetlosti je potrebno koristiti da se postigne određeni nivo osvijetljenosti. Osim toga, često se provodi i proračun blještanja.

Postoji više metoda za proračun osvijetljenosti:

- **Metoda iskoristivosti (lumen metoda)**
- **Proračun osvijetljenosti u tački (metoda tačke)**
- **Metoda izoluku krivih**

Metoda iskoristivosti

Metoda iskoristivosti je jednostavna i dovoljno precizna metoda za proračun jednostavnijih unutrašnjih prostora. Do šire upotrebe računara u procesu projektovanja, ovo je bila najšire korišćena metoda za proračun unutrašnje rasvjete.

Ovom metodom proračunava se prosječna osvijetljenost nekog prostora, odnosno moguće je za željeni nivo osvijetljenosti proračunati potreban broj svjetiljki. Metoda kreće od osnovne pretpostavke da je prosječna osvijetljenost radne ploče:

$$E_m = (\text{ukupan svj. fluks na radnoj ploči}) / (\text{površina radne ploče})$$

65

Pri tome se koristi **faktor iskoristivosti prostora** η_R , koji pokazuje odnos između svjetlosnog fluksa svjetiljke i svjetlosnog fluksa koji pada na radnu ploču. Faktor iskoristivosti prostora definisan je u tabelama u priručnicima, a zavisi od dimenzija prostora i faktorima refleksije ploča.

$\eta_R = f(k, \rho)$, gdje je k faktor prostora, i iznosi ,
gdje je $h = H - 0,85$ (udaljenost radne ploče od plafona)

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

$$E = \frac{n_s \times n_i \times \Phi \times \eta_l \times \eta_r \times f}{a \times b}$$

n_s - broj svjetiljki

n_i - broj izvora svjetla u svjetiljki

Φ – svjetlosni fluks izvora svjetla

η_l – pogonska iskoristivosti svjetiljke

η_r – faktor iskoristivosti prostora

f - faktor održavanja

a, b - dimenzije prostora

66

Faktor održavanja uzima u obzir smanjenje svjetlosnog fluksa svjetiljke tokom pogona, i to zbog smanjenja svjetlosnog fluksa izvora i zbog prljanja same svjetiljke. Iznosi 0,7 - 0,9, zavisno od prostora i rasvjetnog sistema. Često se definiše i faktor planiranja (1/f), koji nam govori koliko višu osvijetljenost trebamo planirati zbog smanjenja u pogonu.

Primjer proračuna

Potrebno je izračunati potreban broj svjetiljki za rasvjetu konferencijske dvorane sljedećih dimenzija:

a= 15 m

b= 8 m

H= 3,4 m

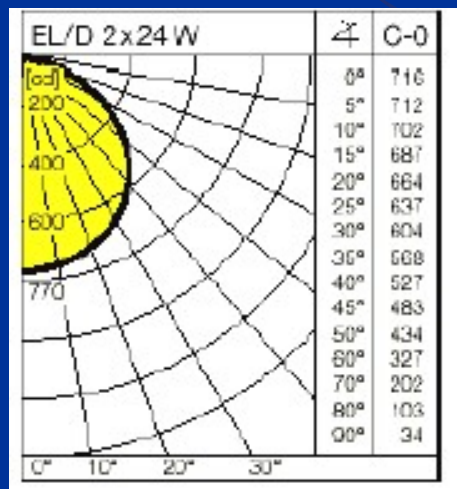
h = 2,55 m

Prema preporukama potrebno je postići prosječnu osvijetljenost od 300 lx.

S obzirom na prostor bira se nadgradna svjetiljka s dvije fluokompaktne sijalice OSRAM DULUX L 24W/31, temperature boje 3100 K sa svjetlosnim fluksom od 1800 lm.

67

Iz kataloga proizvođača svjetiljki očita se podatak o iskoristivosti svjetiljke $\eta_L = 0,58$, uz prikazanu fotometrijsku karakteristiku.



68

Poznata je i refleksija površina u prostoru:

Plafon=0,8

Zidovi = 0,5

Radna površina = 0,3

Budući da vrijedi da je:

$$k = \frac{a \times b}{h(a+b)} = \frac{15 \times 8}{2,55(15+8)} = 2,05$$

Iz tabele slijedi da je $\eta_R = 0,91$

Potreban broj svjetiljki je:

$$n_s = \frac{E \times a \times b}{n_i \times \Phi \times \eta_l \times \eta_r \times f} = \frac{300 \times 15 \times 8}{2 \times 1800 \times 0,58 \times 0,91 \times 0,8} = 23,7$$

Koriste se **24** svjetiljke.

Zbog dimenzija prostorije, kako bi se postigla što veća jednolikost, svjetiljke se raspoređuju 3x8.

Nadgradne svjetiljke Faktor refleksije										
Strop	0.6	0.8	0.8	0.5	0.5	0.6	0.8	0.5	0.5	0.3
Zidovi	0.8	0.5	0.3	0.5	0.3	0.8	0.3	0.5	0.3	0.3
Radna ploča	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Faktor prostora k	Faktor iskoristivosti prostora %									
0.6	73	46	37	44	36	66	36	42	35	35
0.8	82	57	47	54	46	74	45	51	44	44
1.0	91	66	56	62	54	80	53	59	52	51
1.25	98	75	65	70	62	85	61	66	60	59
1.5	103	82	73	76	69	89	67	72	66	65
2.0	109	91	82	84	78	94	75	78	73	72
2.5	114	98	90	90	84	97	81	83	79	77
3.0	117	103	96	95	90	99	86	87	83	82
4.0	120	109	103	100	95	101	91	91	88	86
5.0	122	113	107	103	98	103	93	93	91	8

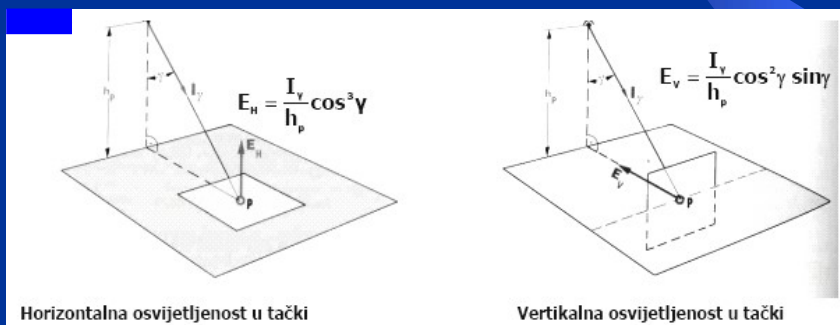
Metoda tačke

Ova metoda daje puno preciznije rezultate o osvjetljenosti, i može se koristiti za proračun osvjetljenosti u proizvoljnoj tački. Pogotovo je pogodna kod proračuna računom, budući da se prostor može podijeliti u proizvoljno veliki broj tačaka, u kojim se proračuna osvjetljenost u tački, a zatim se prosječna osvjetljenost računa kao aritmetička sredina svih osvjetljenosti.

Osvjetljenost u svakoj ravni ima vertikalnu i horizontalnu komponentu (koja se češće koristi).

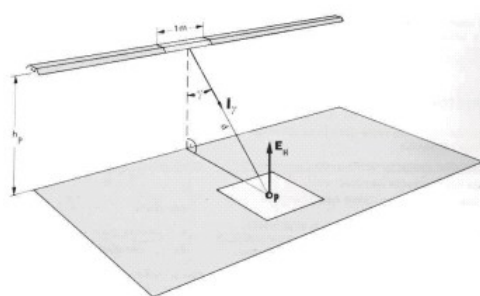
U proračunu unutrašnje rasvjete računa se direktna i indirektna komponenta rasvjete (uz ograničen broj iteracija), kao i uticaj namještaja na refleksiju svjetla.

Ako je odnos udaljenosti tačke P i najveće dimenzije svjetiljke veći od 5, svjetiljka se aproksimira tačkastim izvorom svjetla

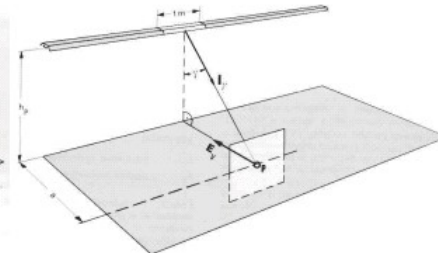


Sabira se doprinos svih izvora u prostoru, kao i refleksija.

Kada se svjetiljka ne može aproksimirati tačkastim izvorom svjetla (npr. fluorescentne svjetiljke), osvjetljenost u tački se dobija integracijom. Pri tome je vrijednost I_v uvijek dostupna iz fotometrijske karakteristike svjetiljke.



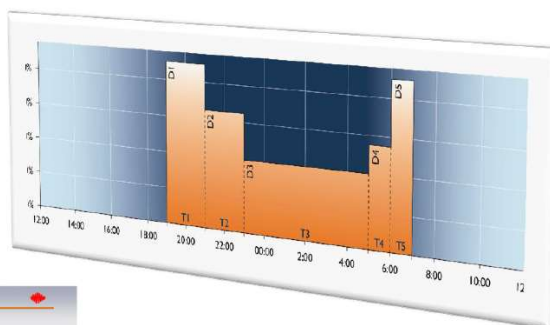
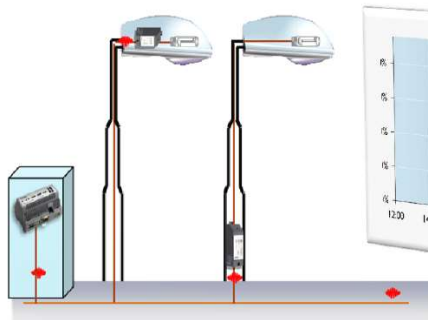
Horizontalna osvjetljenost u tački za linijski izvor



Vertikalna osvjetljenost u tački za linijski izvor

71

UPRAVLJANJE SISTEMOM RASVJETE



72