



ELEKTRIČNA RASVJETA U ZGRADI

Autori:

Izv.prof.dr.sc. Zvonimir Klaić, dipl.inž.el.

Danijel Topić, dipl.inž.el.

SVEUČILIŠTE
JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
U OSIJEKU



JOSIP JURAJ STROSSMAYER
UNIVERSITY OF OSIJEK

UVOD

EU Direktiva 2002/91/EC, “Energy performance of buildings”



HRN EN 15193:2008, “Energijska svojstva zgrade – Energijski zahtjevi za rasvjetu”

- opće konvencije i procedure za procjenu potrebne energije za rasvjetu u zgradarstvu
- analiza energetske učinkovitosti uz definiranje graničnih vrijednosti energije za napajanje rasvjete

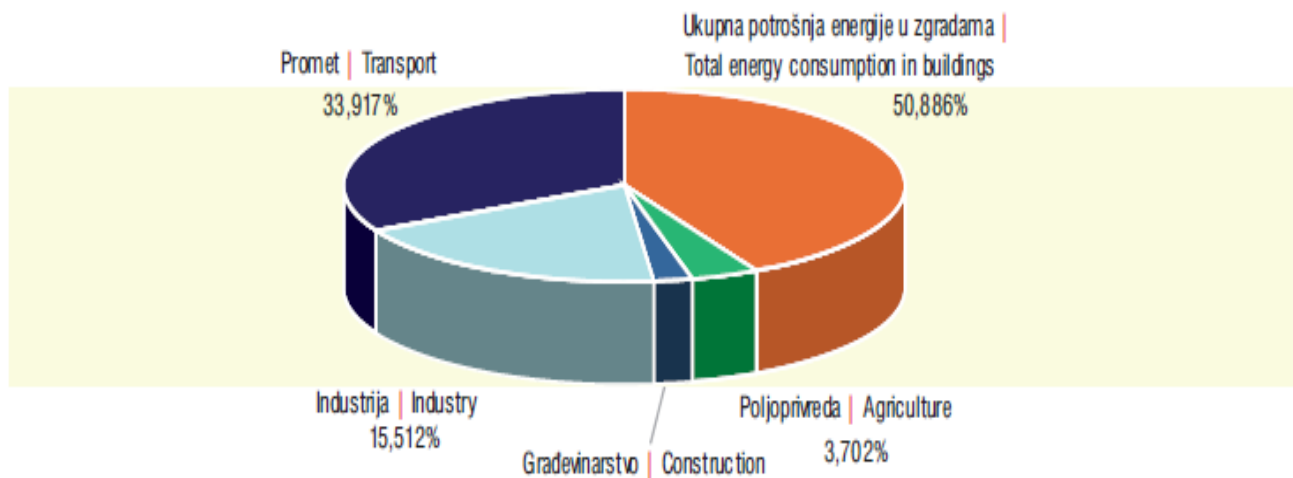
UVOD

Direktiva 2010/31 / EU - preoblikovana Direktiva 2002/91 / EZ



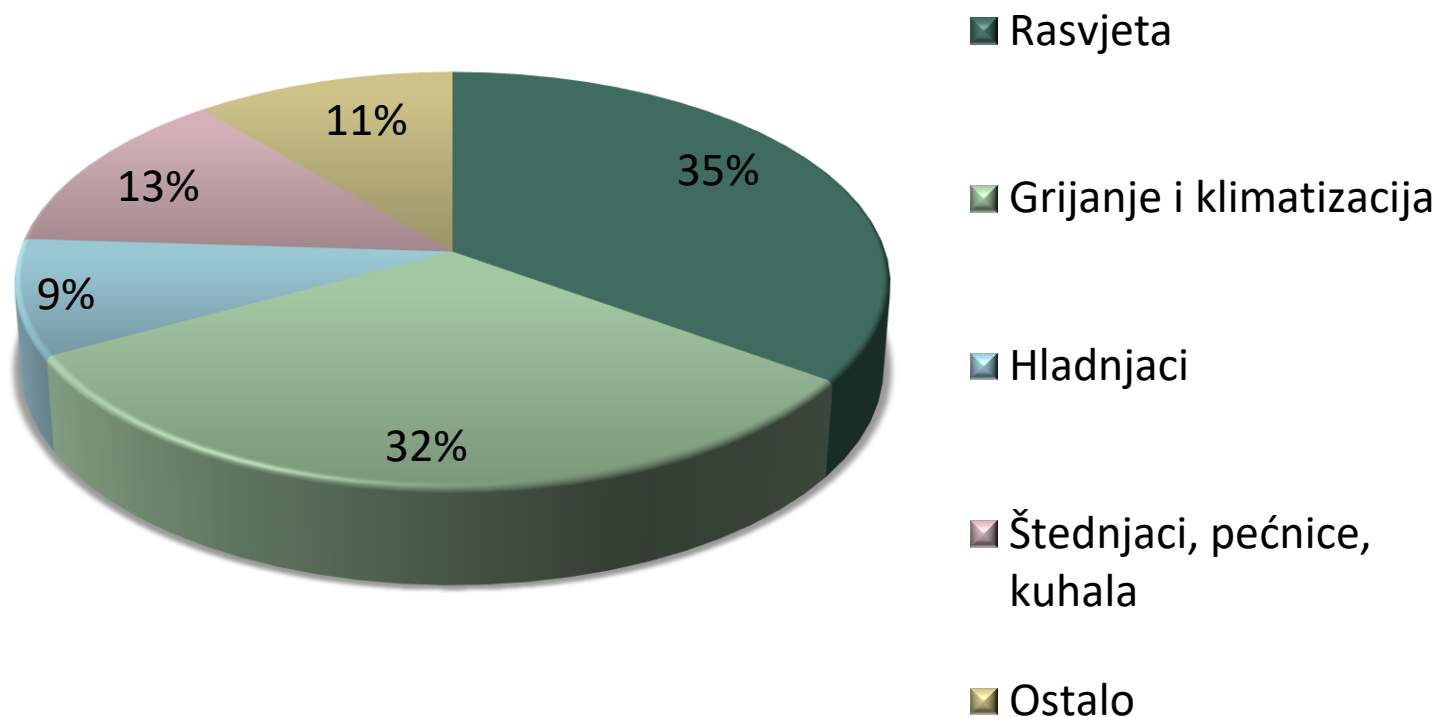
HRN EN 15193:2017 Energetska svojstva zgrade -- Energetski zahtjevi za rasvjetu -- 1.dio: Specifikacije, Modul M9

- poboljšanje energetske učinkovitosti zgrada unutar EU,
- uzima u obzir sve vrste energije (grijanje, rasvjeta, hlađenje, klimatizacija, ventilacija) i klimatski i lokalni uvjete na otvorenom, kao i klimatske potrebe u zatvorenom prostoru te ekonomičnost



Udio ukupne potrošnje u zgradarstvu u 2015. godini u
ukupnoj potrošnji finalne energije
ENERGIJA U HRVATSKOJ 2015.

Bilanca potrošnje el. energije u komercijalnim objektima u SAD-u [2]



Mjere energetske učinkovitosti

Energetska učinkovitost je suma isplaniranih i provedenih mjera čiji je cilj korištenje minimalno moguće količine energije tako da razina udobnosti i stopa proizvodnje ostanu sačuvane, [1].

Suvremena arhitektonska rješenja:

- Što učinkovitija primjena dnevnog svjetla – sunčevo svjetlo što dublje u unutrašnjost zgrade

Upravljanje rasvjetom:

- Sustav upravljanja rasvjetom – komfor i energetske potrebe u okviru smjernica energetske učinkovitosti

Svjetlotehničke veličine, mjerne jedinice

Pod svjetlotehničkim veličinama podrazumijevaju se one veličine koje se temelje na vrednovanju svjetlosti na osnovu ljudskog organa vida, odnosno oka.

Osnovne svjetlotehničke veličine su:

- svjetlosni tok
- jakost svjetlosti
- rasvjetljenost
- sjajnost (luminancija).

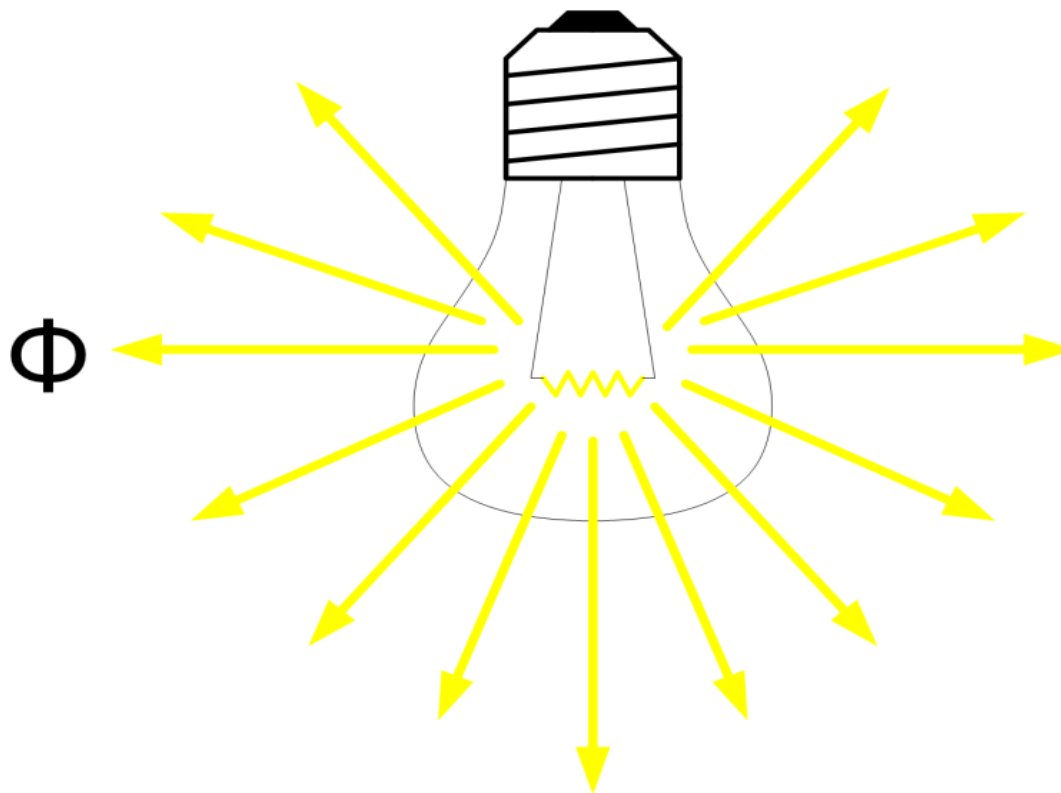
Svjetlotehničke veličine, mjerne jedinice

Svjetlosni tok

- Svjetlosni tok se definira kao ukupan iznos svjetlosti (zračenja) koje emitira izvor svjetla. Svjetlosni tok se označava s velikim grčkim slovom Φ .
- Mjerna jedinica za svjetlosni tok se naziva lumen (lm).
- To je izvedena jedinica SI sustava.
- Točkasti izvor svjetla ima svjetlosni tok od $1 lm$ kad u prostorni kut od jednog steradiana ($1 sr$) zrači jakošću svjetlosti od 1 kande (1 cd).

Svjetlotehničke veličine, mjerne jedinice

Svjetlosni tok



Svjetlotehničke veličine, mjerne jedinice

Jakost svjetlosti

- Jakost svjetlosti se definira kao snaga zračenja koju izvor svjetlosti emitira u određenom smjeru u prostoru. To je jedna od sedam osnovnih fizičkih veličina i njezin simbol je I te se definira kao:

$$I = \frac{\Phi}{\omega} \quad \left[\frac{lm}{sr} = cd \right]$$

- Jedinica za jakost svjetlosti je kandela (cd).
- *"1 kandela se definira kao intenzitet svjetlosti u određenom smjeru koju emitira izvor svjetlosti monokromatskog zračenja frekvencije $540 \cdot 10^{12}$ Hz čiji je intenzitet energije u već spomenutom smjeru $1/683$ W/sr."*

Svjetlotehničke veličine, mjerne jedinice

Rasvjetljenost

- Rasvjetljenost je svjetlotehnička veličina koja se definira kao omjer količine svjetlosnog toka koji pada na određenu površinu i te iste površine.

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

$$E' = \frac{\Phi}{A} \cdot \cos \alpha = E \cdot \cos \alpha$$

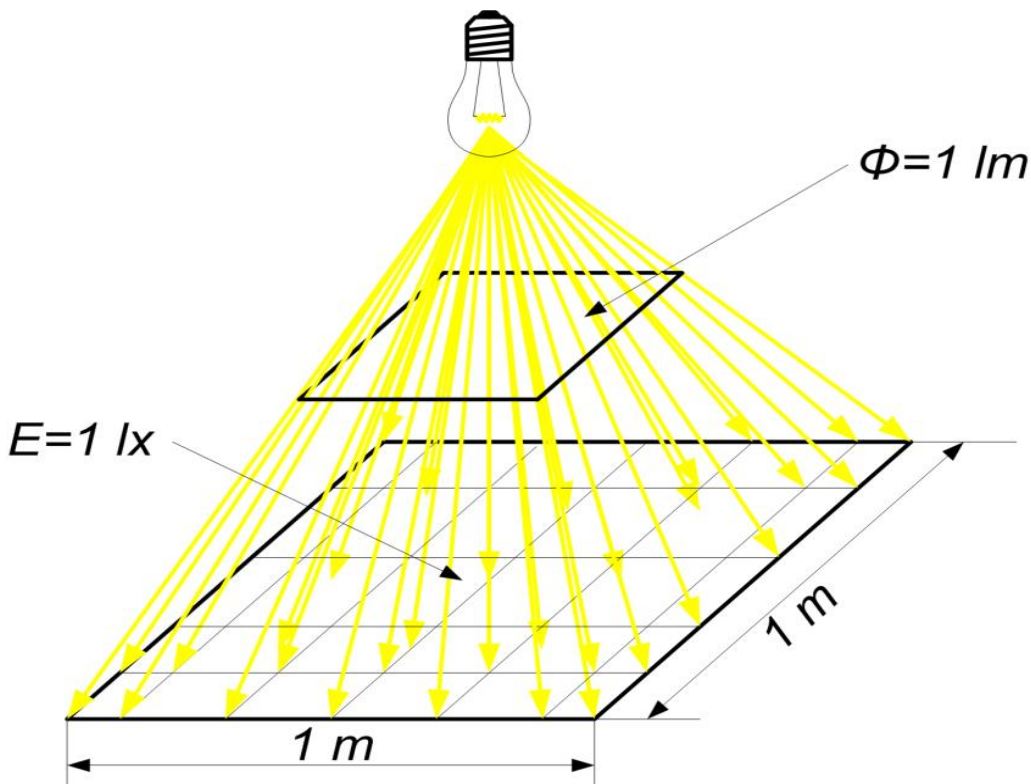
- Jedinica za rasvjetljenost je luks (lx), a definira se kao svjetlosni tok od 1 lm koji pada ravnomjerno na površinu od 1 m^2 .

Svjetlotehničke veličine, mjerne jedinice

Rasvjetljenost

- Tablica 1: Primjeri iznosa rasvjetljenosti

Primjer	Rasvjetljenost [lx]
Rasvjeta operacijskog stola	20 000 – 120 000
Sunčan ljetni dan	60 000 – 100 000
Oblačan ljetni dan	20 000
Oblačan zimski dan	3 000
Dobro rasvijetljeno radno mjesto	500 – 750
Pješačka zona	5 – 100
Noć s punim mjesecom	0,25
Noć s mladim mjesecom	0,01



Svjetlotehničke veličine, mjerne jedinice

Luminancija (sjajnost)

- Luminancija predstavlja efekt sjajnosti rasvijetljene površine koju vidi ljudsko oko.
- Simbol za luminanciju je L
- Jedinica je kandela po metru kvadratnom (cd/m^2)

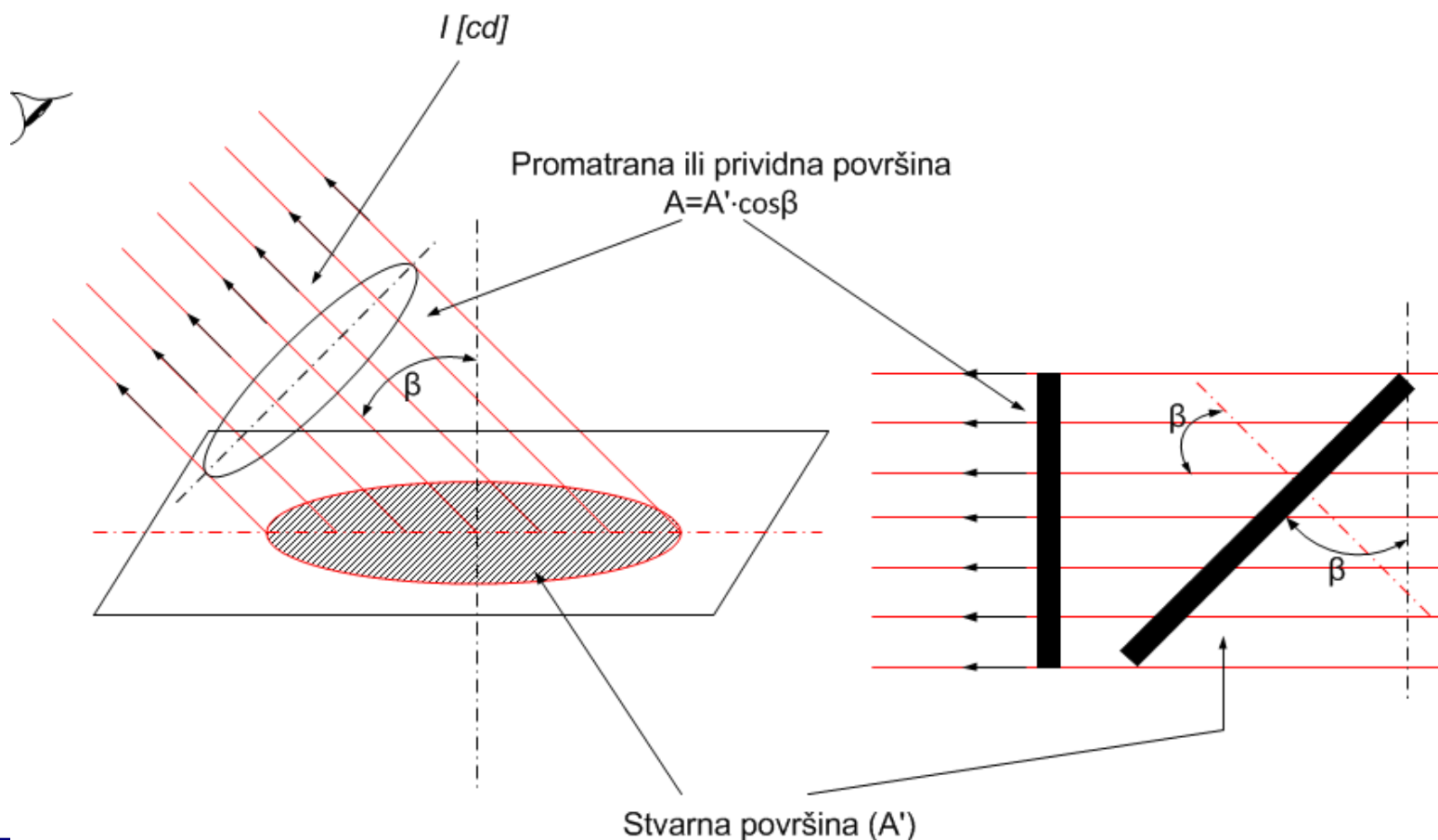
$$L = \frac{I}{A \cdot \cos \beta} \quad \left[\frac{cd}{m^2} \right]$$

Gdje je:

- $A \cdot \cos \beta$ – prividna površina

Svjetlotehničke veličine, mjerne jedinice

Luminancija (sjajnost)



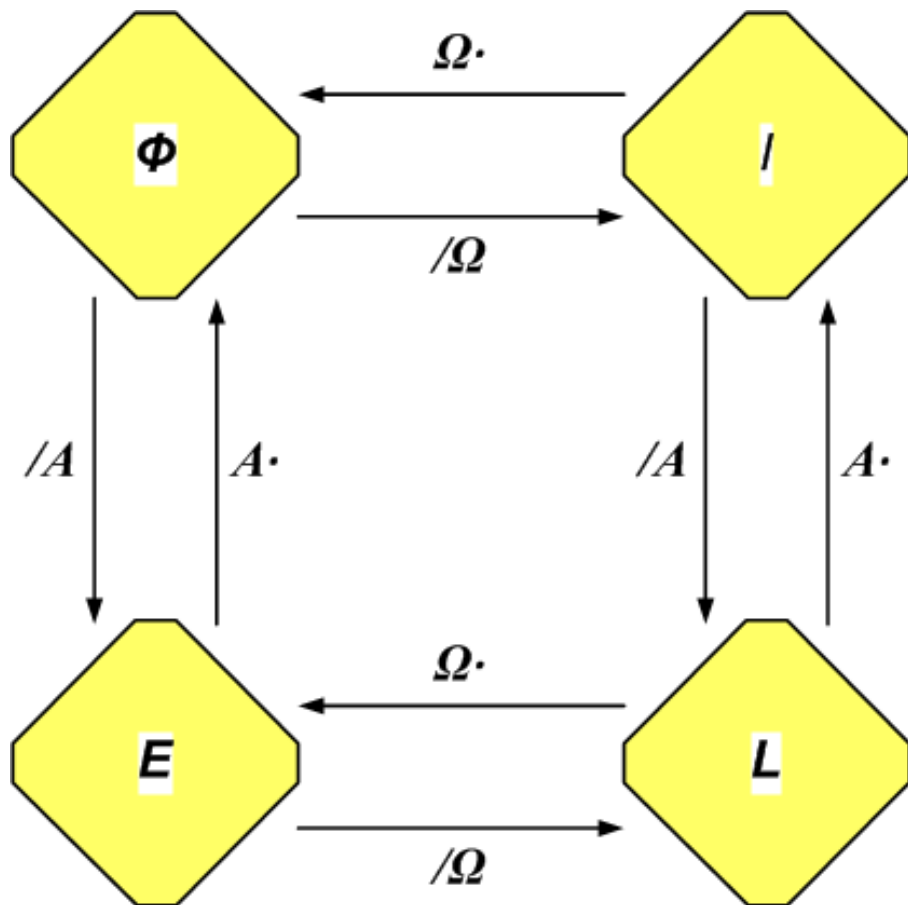
Svjetlotehničke veličine, mjerne jedinice

Luminancija (sjajnost)

- Tablica 2: Iznosi prosječne luminancije za pojedine izvore svjetlosti

Izvor svjetla	Prosječna luminancija (cd/m ²)
Sunce u podne	$1,6 \cdot 10^9$
Ksenon kino žarulja	$0,2 - 5 \cdot 10^9$
Bistra standardna žarulja	$2 \cdot 10^6 - 2 \cdot 10^7$
Fluorescentna cijev	$1,2 \cdot 10^4$
Bijeli oblak	$1 \cdot 10^4$
Svijeća	7 500
Vedro nebo	3 000 - 5 000
Mjesec	2 500
Ugodna unutarnja rasvjeta	50 - 500
Bijeli papir pri 500 lx	100
Bijeli papir pri 5 lx	1
Noćno nebo	10^{-3}

Svjetlotehničke veličine, mjerne jedinice



Međusobni odnosi svjetlotehničkih veličina

Gdje je:

- Φ – svjetlosni tok [lm]
- I – jakost svijetlosti [cd]
- E – rasvjetljenost [lx]
- L – luminancija [cd/m^2]
- A – površina [m^2]
- Ω – prostorni kut [sr]

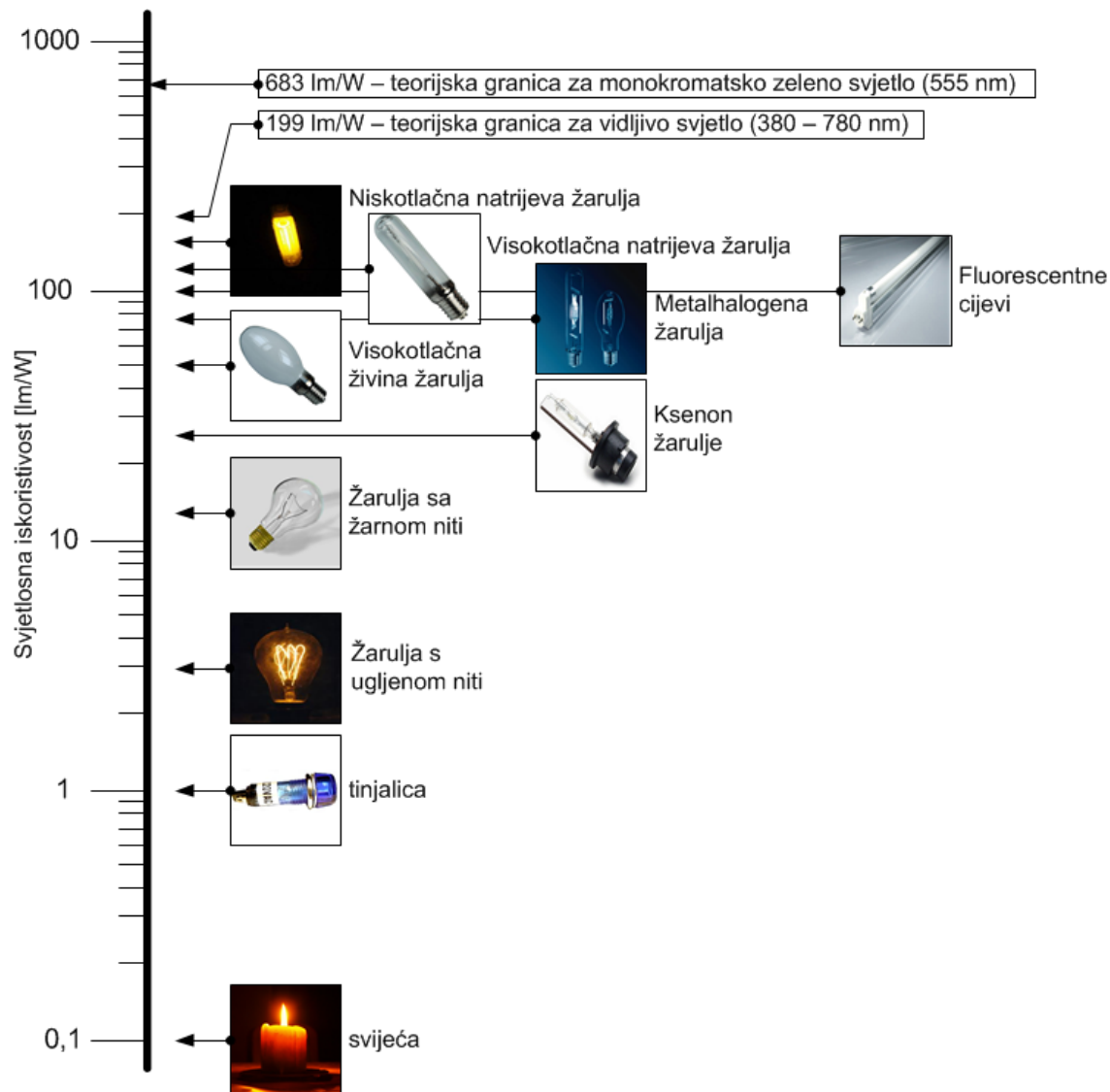
Svjetlotehničke veličine, mjerne jedinice

Svjetlosna iskoristivost

- Svjetlosna iskoristivost je izvedena veličina koja se objašnjava kao omjer svjetlosnog toka izvora svjetlosti (lm) i snage (W) koju izvor svjetlosti koristi za stvaranje tog svjetlosnog toka.
- Oznaka koja se koristi za svjetlosnu iskoristivost je η , a pripadajuća jedinica je lm/W .

$$\eta = \frac{\Phi}{P} \left[\frac{lm}{W} \right]$$

- Najveća teorijska vrijednost koju svjetlosna iskoristivost može poprimiti iznosi $683 \text{ } lm/W$. To je slučaj kada se kompletna snaga zračenja pretvori u vidljivu svjetlost.



- Orijentacijske vrijednosti svjetlosne iskoristivosti za pojedine izvore svjetlosti

Svjetlotehničke veličine, mjerne jedinice

Ostale svjetlotehničke veličine

- **Koeficijent iskorištenja** – predstavlja omjer između svjetlosnog toka koji pada na osvijetljeno tijelo i svjetlosnog toka emitiranog od izvor svjetlosti.

$$\eta = \frac{\Phi}{\Phi_{em}} \quad [\%]$$

- **Koeficijent refleksije** – predstavlja omjer između svjetlosnog toka koji se reflektira od promatranog tijela (sa i bez difuzije) i svjetlosnog toka kojeg primi tijelo.

$$\rho = \frac{\Phi_r}{\Phi} \quad [\%]$$

Svjetlotehničke veličine, mjerne jedinice

Ostale svjetlotehničke veličine

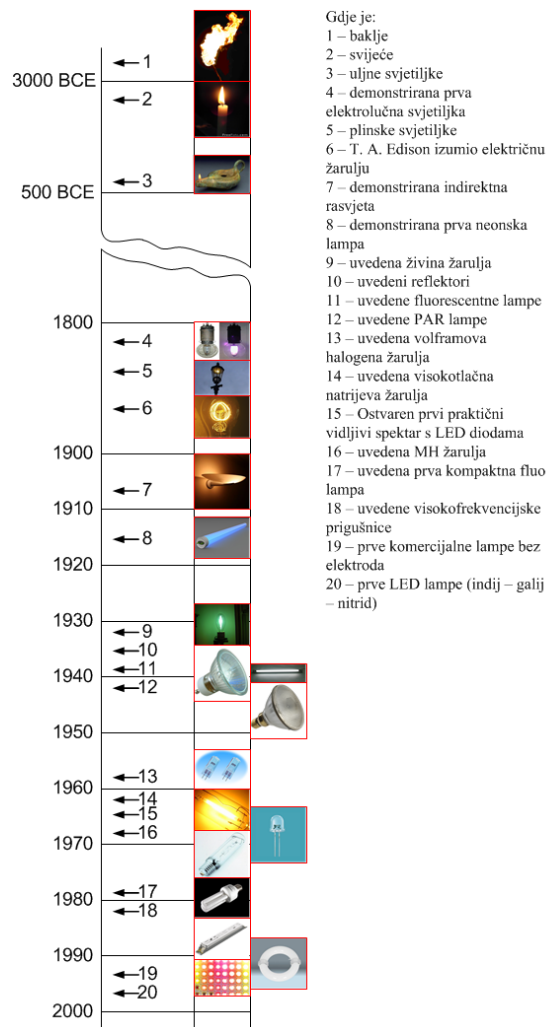
- **Koeficijent apsorpcije** – predstavlja omjer između svjetlosnog toka kojeg tijelo apsorbira i svjetlosnog toka kojeg tijelo primi

$$\alpha = \frac{\Phi_a}{\Phi} \quad [\%]$$

- **Koeficijent transmisije:** - definira se kao omjer svjetlosnog toka kojeg tijelo prenese i svjetlosnog toka kojeg tijelo primi

$$\tau = \frac{\Phi_t}{\Phi} \quad [\%]$$

Izvori svjetlosti



- Prvi umjetni izvori svjetlosti koje je čovjek napravio i koristio su bili vatra, baklje i svijeće. Prve svijeće, koje datiraju još od 3000. godine prije Krista, osmislili su drevni Egipćani.
- Električne žarulje su postale popularne tek nakon što su Sir Joseph Swan u Engleskoj te Thomas Edison u SAD-u neovisno jedan o drugom razvili žarulju sa žarnom niti.
- Thomas Edison je svoju žarulju patentirao tek 1879.
- Tek je početkom 20. stoljeća došlo do pravog razvoja umjetnih izvora svjetlosti te iz godine u godinu raste broj različitih dostupnih izvora svjetlosti.

Izvori svjetlosti

Prema načinu na koji daju svjetlost umjetni izvori svjetlosti se mogu podijeliti u tri skupine:

- Izvor svjetlosti je termičko zračenje
- Izvor svjetlosti je luminiscencija (žarulje na izboj)
- Poluvodički izvori svjetlosti.

UMJETNI IZVORI SVJETLOSTI				
Žarulje s termičkim zračenjem		Izvori svjetlosti s izbojem u plinovima		Poluvodički izvori svjetlosti
Žarulje sa žarnom niti	Halogene žarulje (230 V)	Niskotlačne žarulje	Visokotlačne žarulje	LED (engl. Light Emitting Diode)
		Fluorescentne žarulje	Živine žarulje	
	Niskonaponske halogene žarulje (12 V, 24 V)	Kompaktne fluorescentne žarulje	Metalhalogene žarulje	
		Niskotlačne natrijeve žarulje	Visokotlačne natrijeve žarulje	

Izvori svjetlosti

Može se reći da među tradicionalne umjetne izvore svjetlosti spadaju:

- standardne žarulje sa žarnom niti
- halogene žarulje
- živine žarulje, natrijeve žarulje
- fluorescentne žarulje
- kompaktne fluo žarulje
- i u zadnje vrijeme i LED žarulje.

Izvori svjetlosti

Standardne žarulje sa žarnom niti

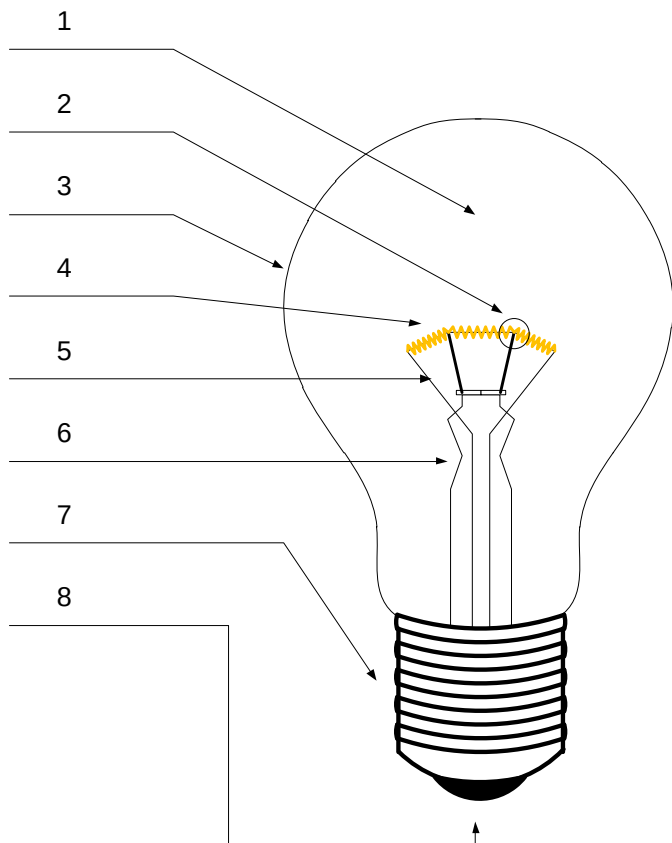
- Temperatura boje žarulja sa žarnom niti je 2600 K do 3000 K.
- U svjetlost se pretvara samo oko 5 – 10 % uložene energije, dok ostatak otpada na toplinsku energiju.
- Svjetlosni tok žarulja sa žarnom niti je ovisan o naponu kao i druge bitne karakteristike.

Izvori svjetlosti

Standardne žarulje sa žarnom niti

Gdje je:

- 1 – inertni plin (kao što su: argon, dušik ili kripton) ili može biti vakuum.
- 2 – molibdenska šipka
- 3 – stakleni balon
- 4 – žarna nit
- 5 – elektrode za dovod električne struje
- 6 – stakleni stalak
- 7 – podnožak
- 8 – pečat s oznakom električne snage i napona.



Izvori svjetlosti

Standardne žarulje sa žarnom niti

Ovisnost svjetlosnih karakteristika o naponu je prikazana sljedećim izrazima:

- Svjetlosni tok:

$$\frac{\Phi}{\Phi_n} = \left(\frac{U}{U_n} \right)^{3,8}$$

- Svjetlosna iskoristivost:

$$\frac{\eta}{\eta_n} = \left(\frac{U}{U_n} \right)^{2,3}$$

- Snaga:

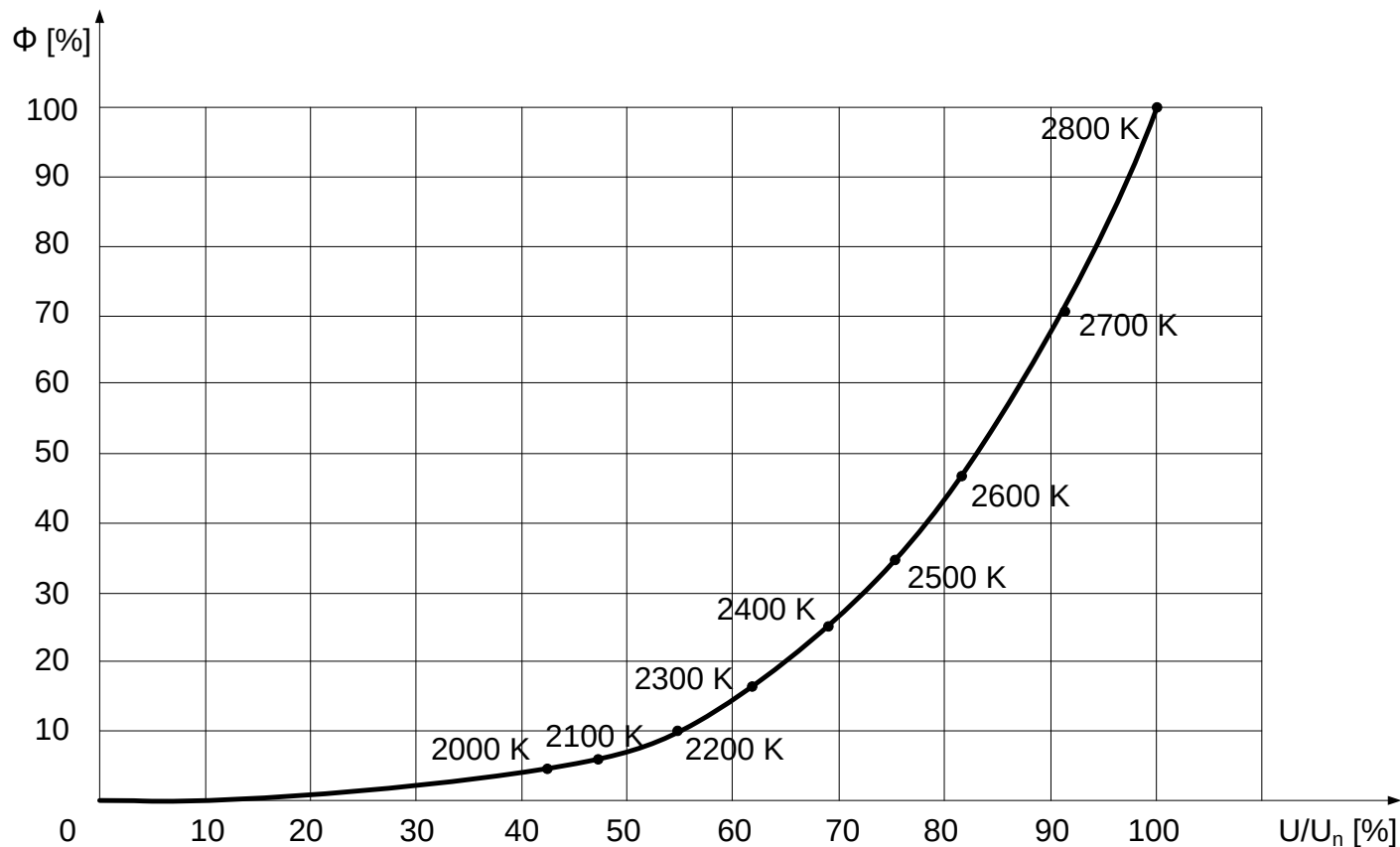
$$\frac{P}{P_n} = \left(\frac{U}{U_n} \right)^{1,5}$$

- Životni vijek:

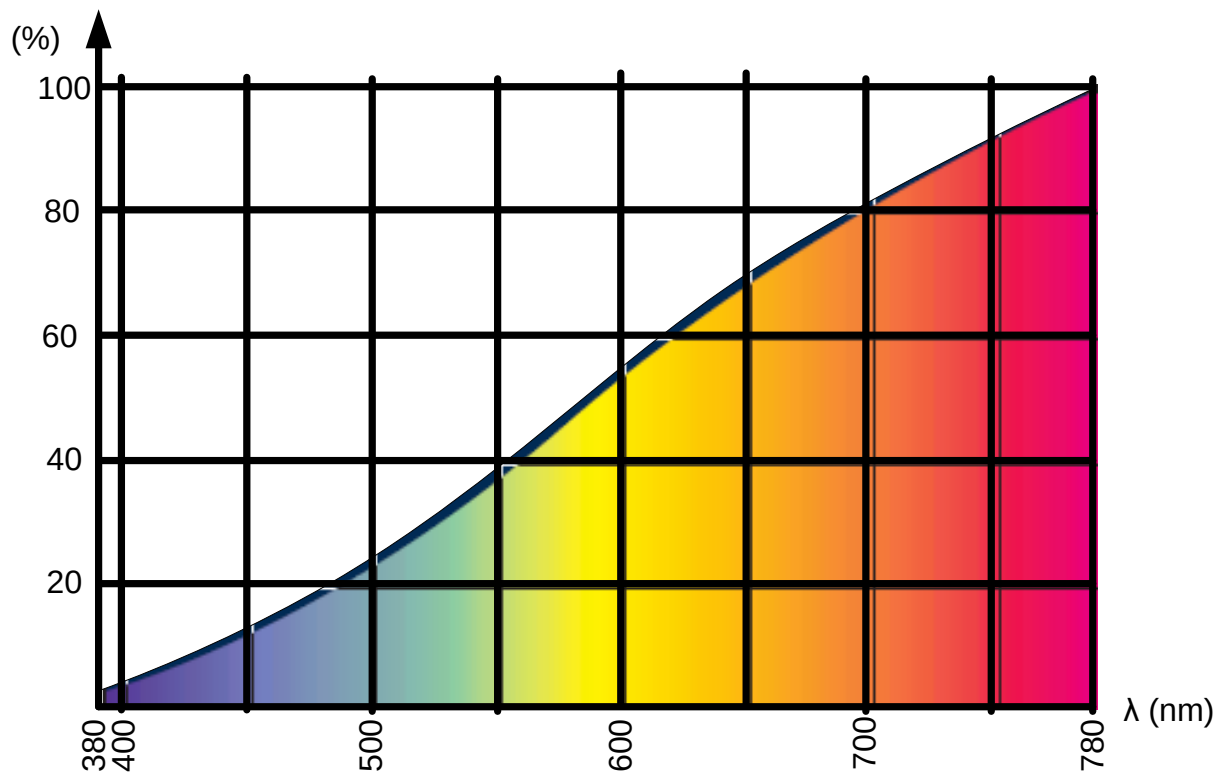
$$\frac{t}{t_n} = \left(\frac{U}{U_n} \right)^{-14}$$

Izvori svjetlosti

Ovisnost svjetlosnog toka žarulje sa žarnom niti o naponu



Razdioba spektra žarulje sa žarnom niti



Spektar zračenja svjetla žarulje sa žarnom niti

Izvori svjetlosti

Halogene žarulje

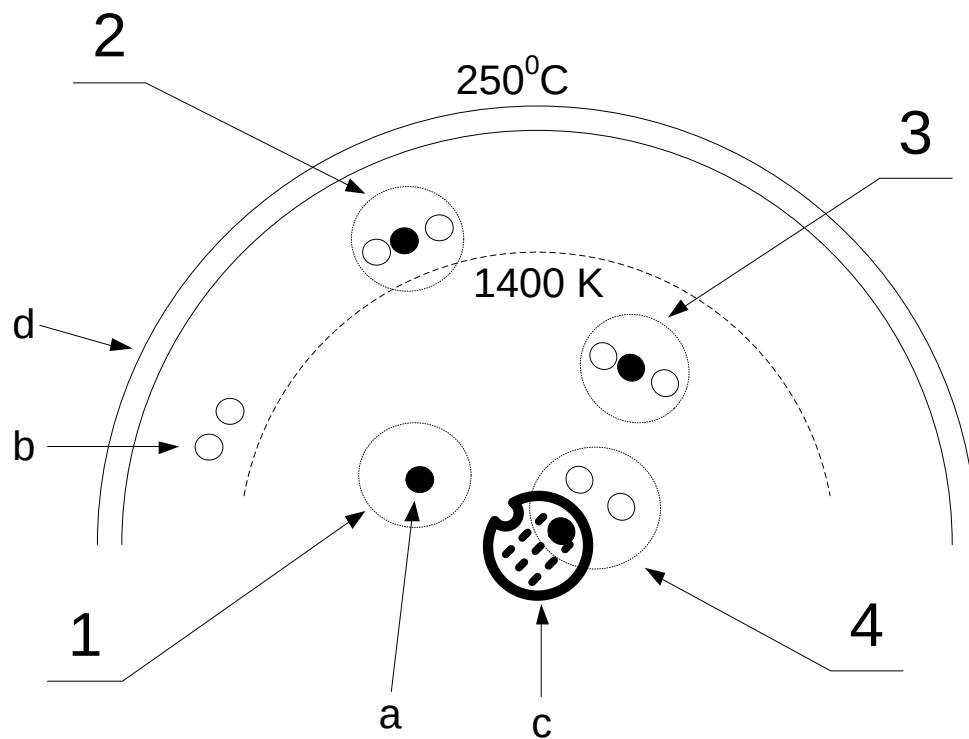
- Vrsta žarulja sa žarnom niti koja svjetlost generira termičkim zračenjem.
- Razlika u odnosu na klasičnu (standardnu) žarulju sa žarnom niti je u tome što **plin koji se nalazi u staklenom balonu** sadrži halogenid (brom, fluor, klor i jod) koji sprječava potpuno crnjenje balona uslijed isparavanja volframa i njegove kondenzacije na stijeni staklenog balona.
- Prednosti halogenih žarulja u odnosu na standardne žarulje sa žarnom niti su: **veća svjetlosna iskoristivost** (do 25 lm/W), **dulji vijek** trajanja (do 4000 h)

Izvori svjetlosti

Halogeni ciklus.

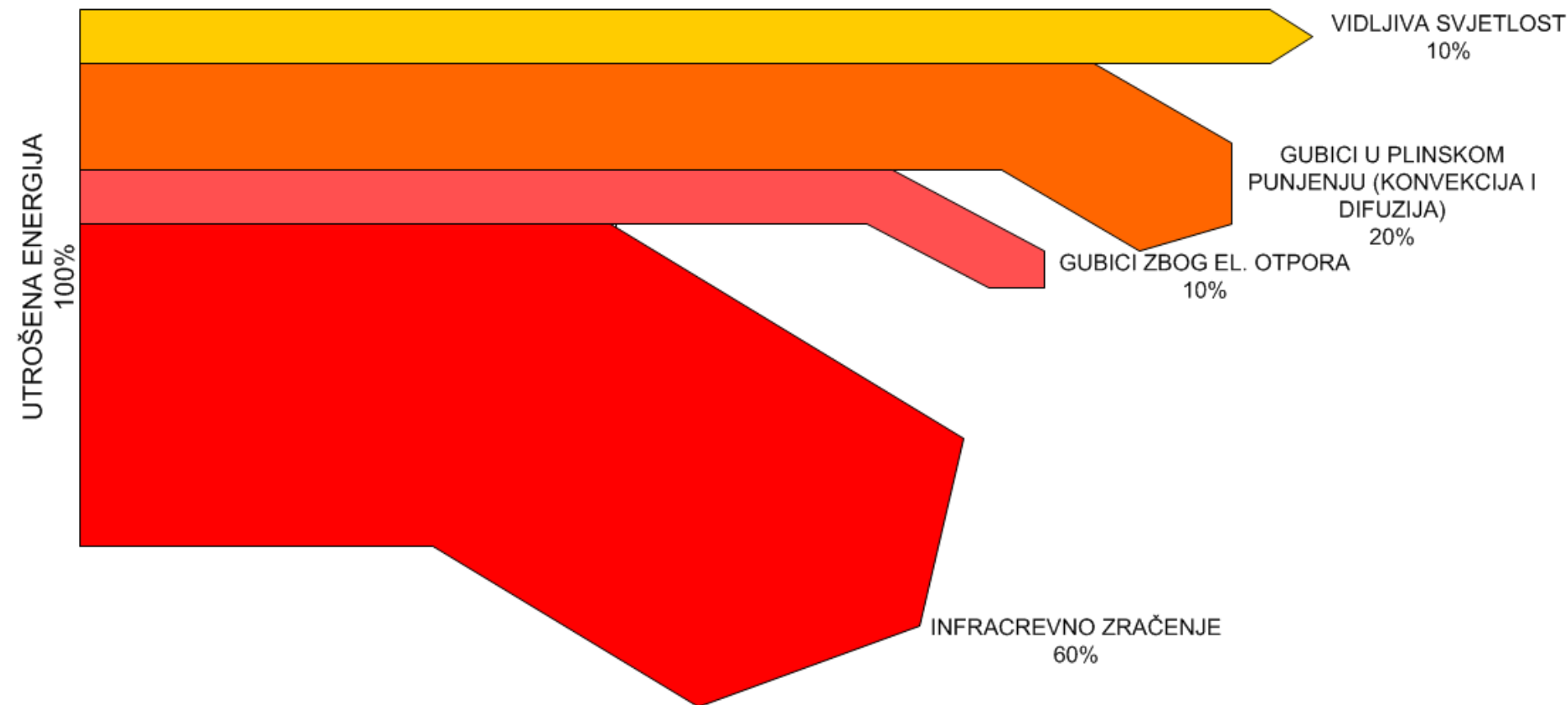
Gdje je:

- a – atom volframa
- b – halogenid
- c – žarna nit
- d – stakleni balon



Izvori svjetlosti

Energetska bilanca halogenih žarulja



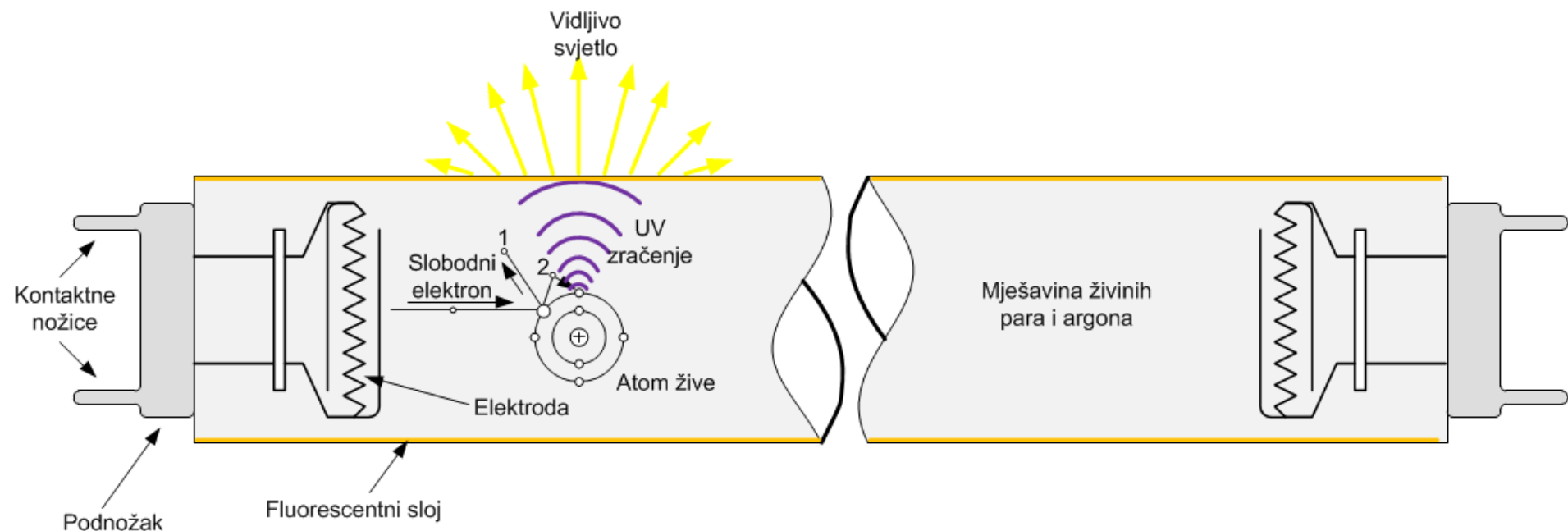
Izvori svjetlosti

Fluorescentne žarulje

- Fluorescentne žarulje su izvori svjetlosti koji svjetlost generiraju električnim izbojem do kojega dolazi u cijevima ispunjenim plinom ili parama (živinim parama) pod djelovanjem električnog polja.
- Prilikom izboja u živinim parama visoke luminoznosti dolazi uglavnom do UV zračenja koje se **fosfornim slojem** na staklenoj stjenci pretvara u vidljivu svjetlost.
- Ovisno o vrsti sloja na staklenoj stjenci, ovisi i temperatura boje ovih žarulja. One pripadaju grupi **niskotlačnih žarulja** na izboj.

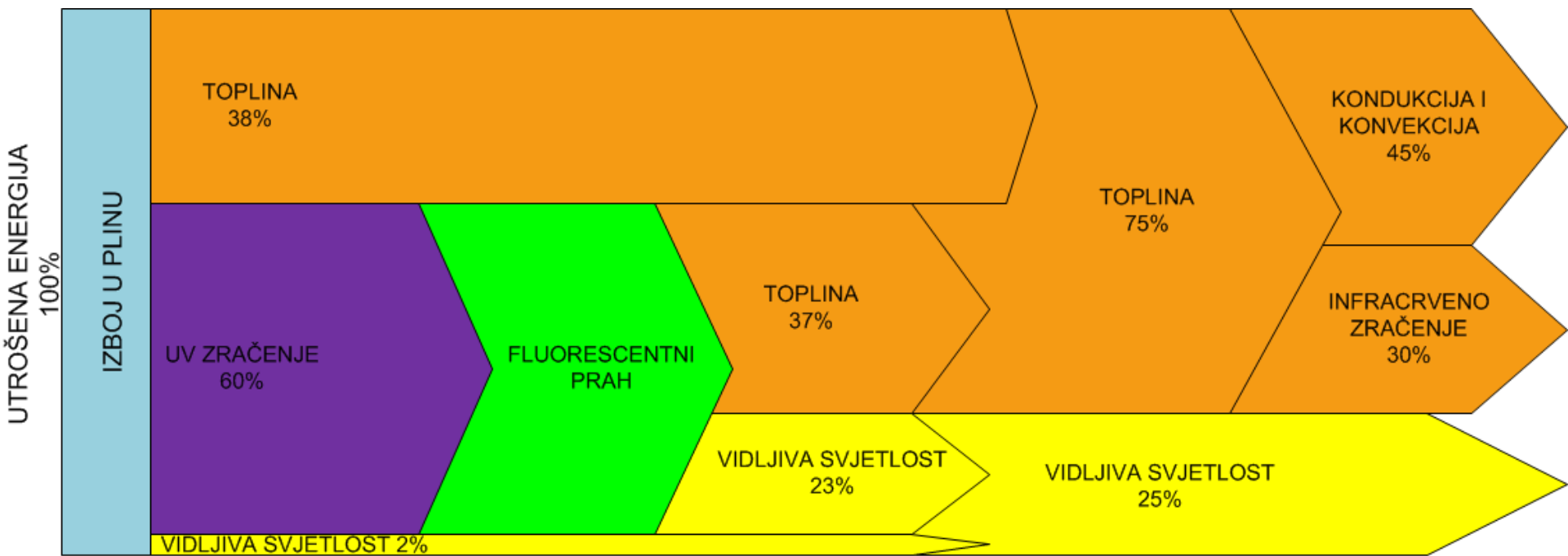
Izvori svjetlosti

Fluorescentne žarulje - princip rada



Izvori svjetlosti

Fluorescentne žarulje – energetska bilanca



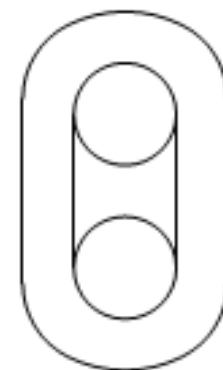
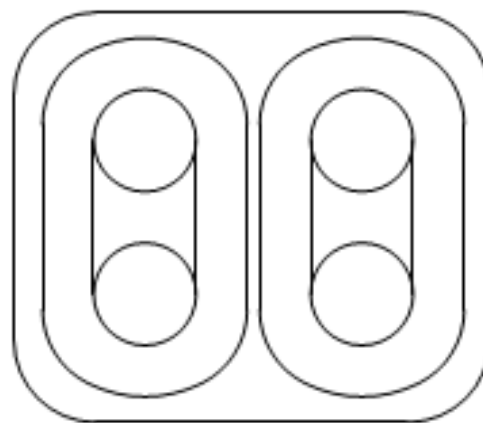
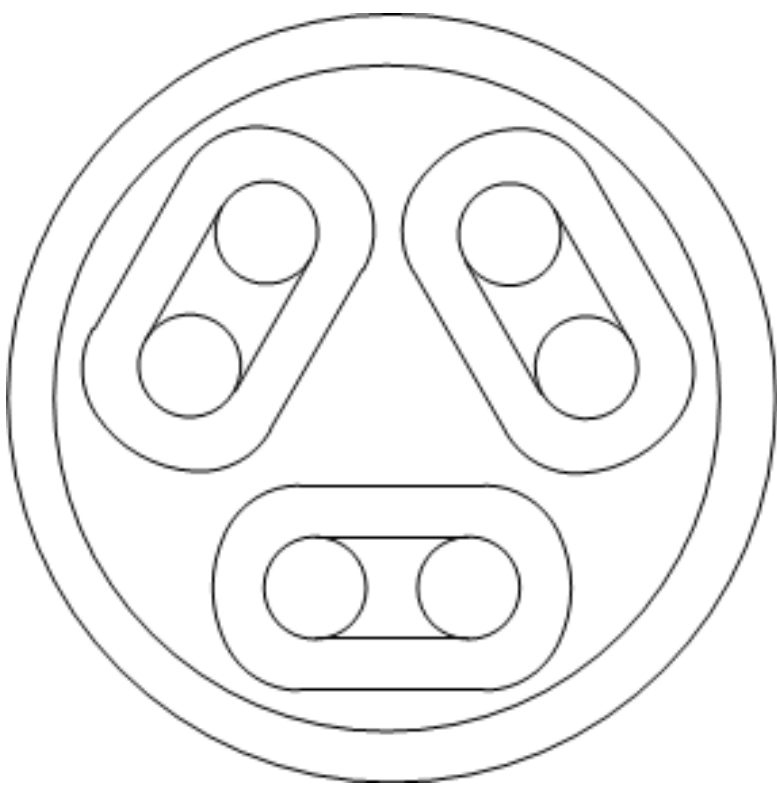
Izvori svjetlosti

Fluokompaktne žarulje

- Fluokompaktne žarulje se po principu rada uopće ne razlikuju u odnosu na fluorescentne cijevi.
- Razlikuju se od klasičnih fluorescentnih cijevi po tome što imaju kompaktni oblik.
- Fluokompaktne žarulje u biti imaju ista svjetlotehnička svojstva kao i klasične fluorescentne cijevi.
- Svjetlosna iskoristivost ograničena zbog relativno malog volumena cijevi za izboj.

Izvori svjetlosti

Fluokompaktne žarulje



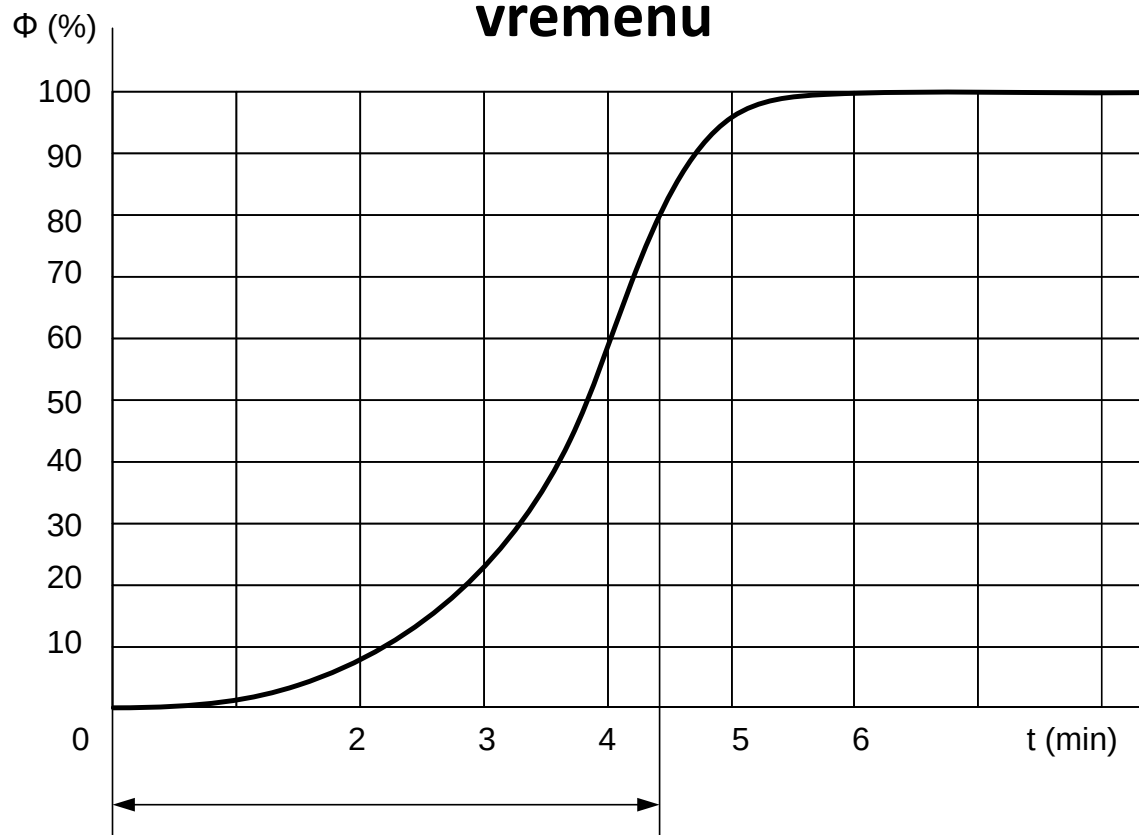
Izvori svjetlosti

Visokotlačne živine žarulje

- Kod živinih žarulja do izboja dolazi u kratkim kvarcnim cijevima koje sadrže smjesu žive i inertnog plina pri čemu je inertni plin najčešće argon koji služi za pomoć pri uključanju.
- Jedan dio zračenja se nalazi u vidljivom području dok se dio nalazi u UV području.
- UV dio zračenja se pretvara u vidljivi dio spektra pomoću fluorescentnog premaza na stjenci cijevi za izboj.

Izvori svjetlosti

Visokotlačne živine žarulje – ovisnost svjetlosnog toka o vremenu



Izvori svjetlosti

Visokotlačne živine žarulje.

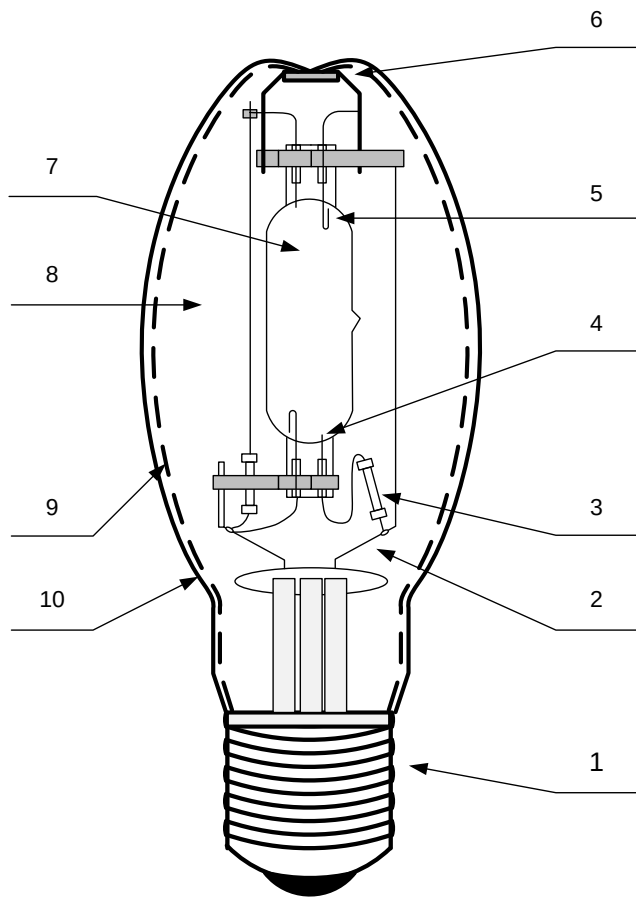
- Imaju svjetlosnu iskoristivost do 60 lm/W .
- Životni vijek živinih žarulja je oko 16000 h .
- Glavni primjena im je u javnoj i industrijskoj rasvjeti.
- Zbog toga što sadrže velike količine žive, njihova primjena u SAD-u i u EU je zabranjena.

Izvori svjetlosti

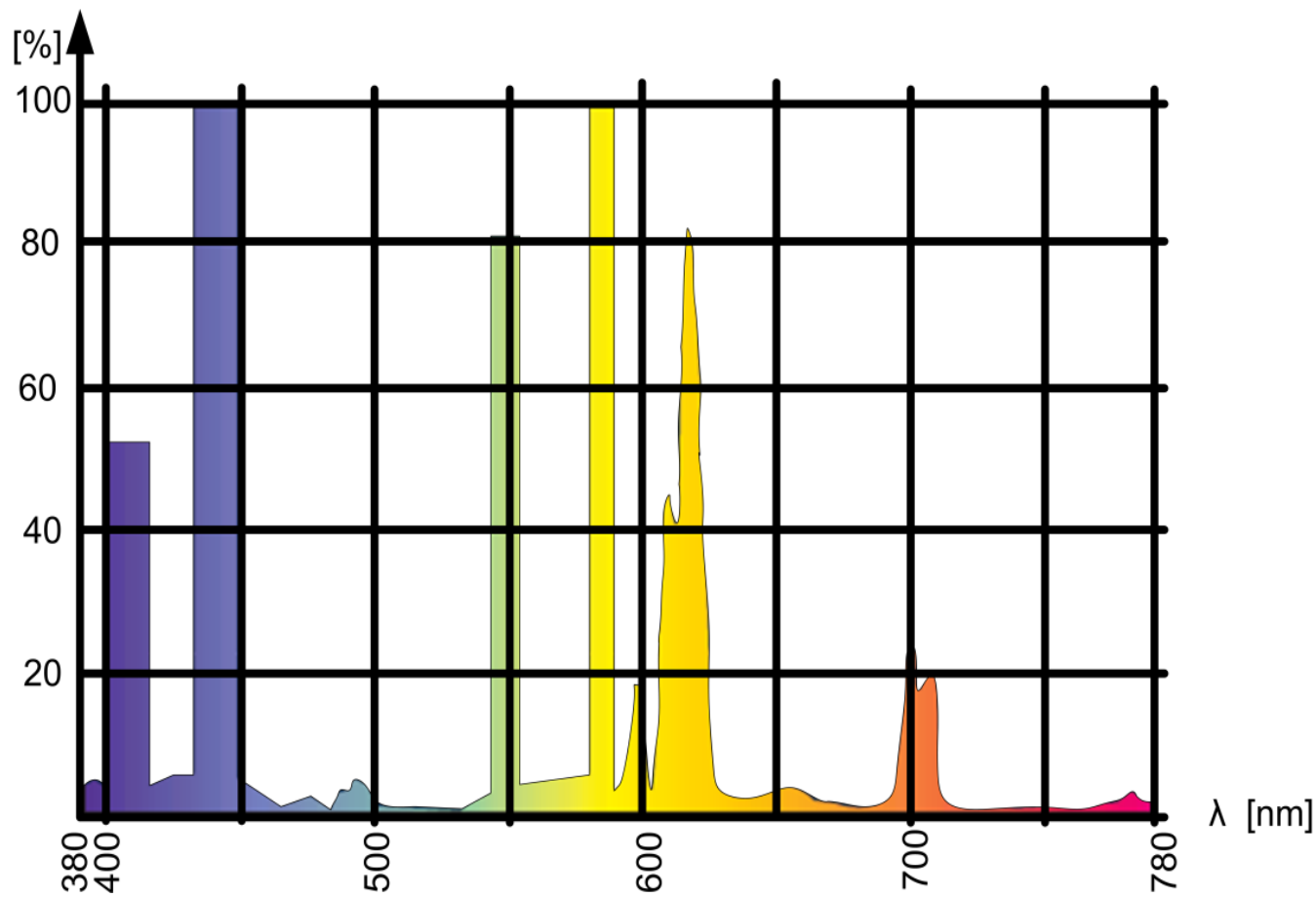
Visokotlačna živina žarulja.

Gdje je:

- 1 – podnožak
- 2 – dovodni vodič
- 3 – omski otpor za svaku pomoćnu (startnu) elektrodu
- 4 – startna elektroda
- 5 – pogonske elektrode
- 6 – potpornik za dovodni vodič
- 7 – cijev za izboj
- 8 – niskotlačni inertni plin
- 9 – fluorescentni premaz
- 10 – stakleni balon



Izvori svjetlosti



**Spektar zračenja
visokotlačne
živine žarulje.**

Izvori svjetlosti

Žarulja s miješanim svjetlom

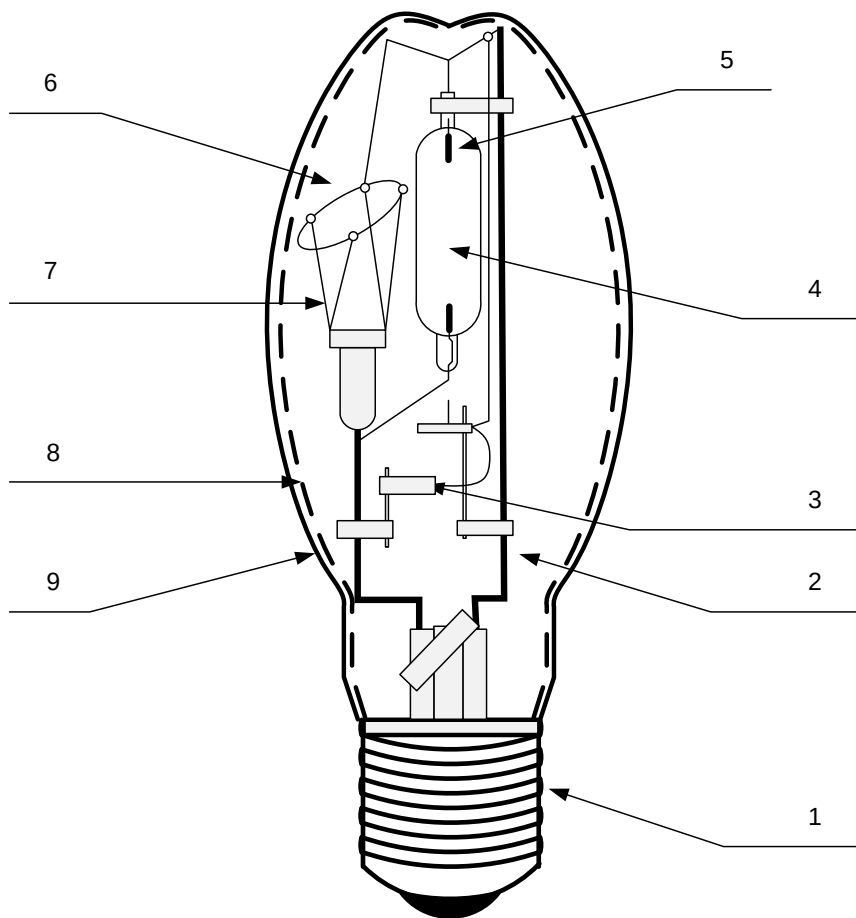
- Žarulja s miješanim svjetlom je žarulja koja je kombinacija živina žarulja i žarne niti koja ima ulogu prigušnice (ulogu ograničavanja struje).
- Dodavanjem žarne niti dobiva se toplija temperatura boje (oko 3800 K) te se nadopunjuje nedostatak crvene boje u živinom spektru.
- Uzvrat boje žarulja s miješanim svjetlom spada u kategoriju 2B, dok uzvrat boje obične živine žarulje spada u kategoriju 3. Ipak, dodavanje žarne niti smanjuje svjetlosnu iskoristivost i ona iznosi oko 20 – 30 lm/W .

Izvori svjetlosti

Žarulja s miješanim svjetlom

Gdje je:

- 1 – podnožak
- 2 – dovodni vodič
- 3 – omski otpor
- 4 – cijev za izboj
- 5 – pogonske elektrode
- 6 – žarna nit
- 7 – niskotlačni inertni plin
- 8 – fluorescentni premaz
- 9 – stakleni balon



Izvori svjetlosti

Metalhalogena žarulja

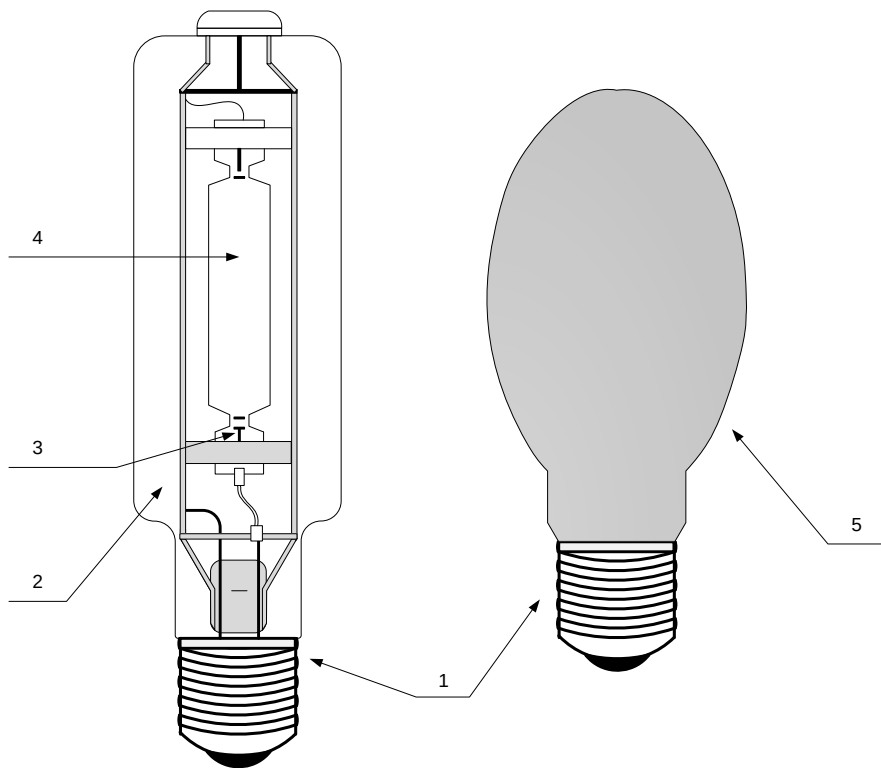
- Metalhalogene žarulje funkcioniraju na sličan način kao i živine žarulje.
- Razlika je da kao dodatak živinom punjenju koriste različite **metal halogenide** koji se raspadaju pri višim temperaturama i na taj način generiraju **svjetlost vidljivog spektra**.
- Dodavanjem halogenida poboljšava se svjetlosna iskoristivost (do 120 lm/W) te postiže puno bolji uzvrat boje (kategorija 1A) i imaju dugi vijek trajanja.

Izvori svjetlosti

Metalhalogena žarulja

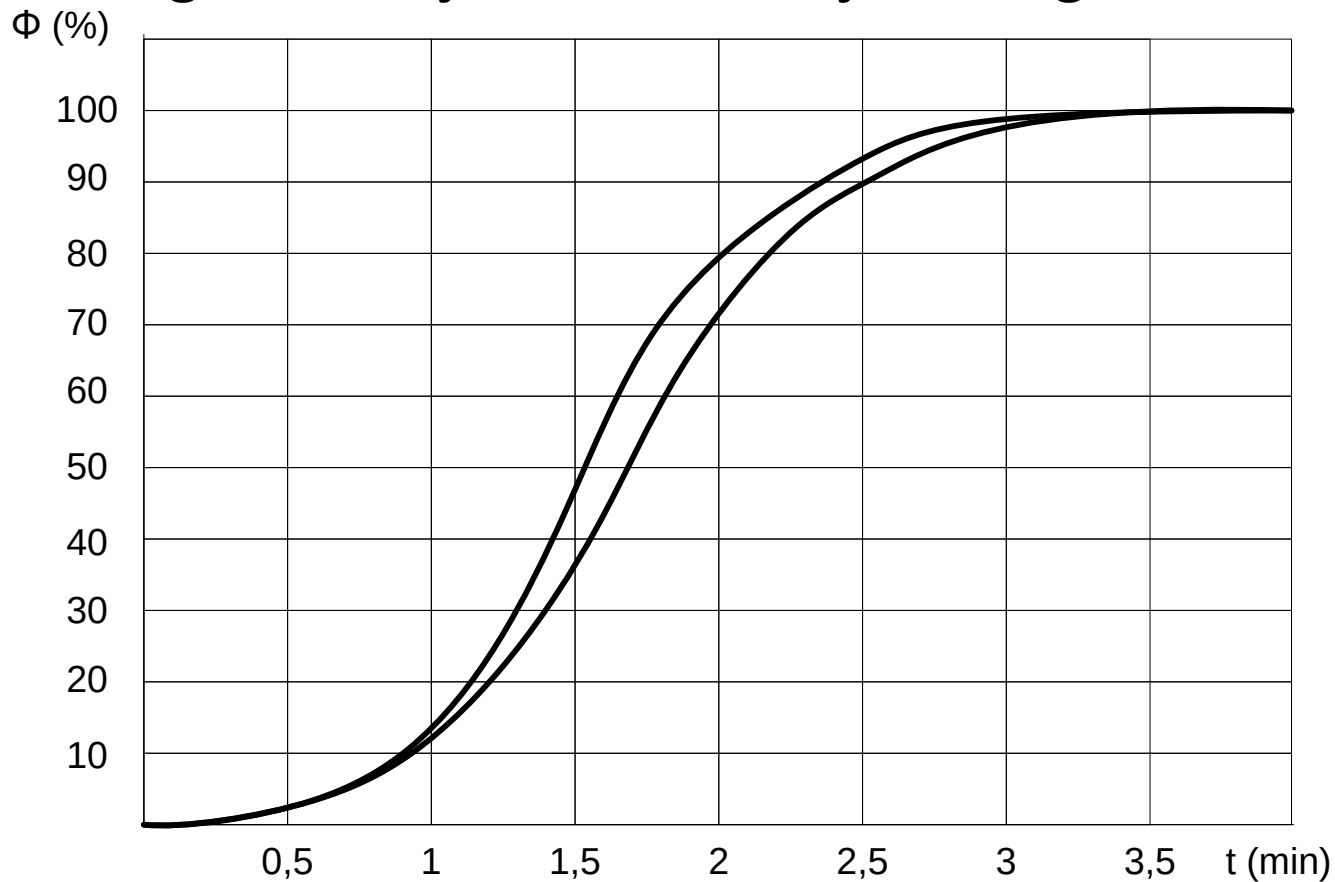
Gdje je:

- 1 – podnožak
- 2 – prozirni cjevasti stakleni balon
- 3 – elektrode
- 4 – cijev za izboj
- 5 – difuzni elipsoidalni stakleni balon



Izvori svjetlosti

Metalhalogena žarulja – ovisnost svjetlosnog toka o vremenu

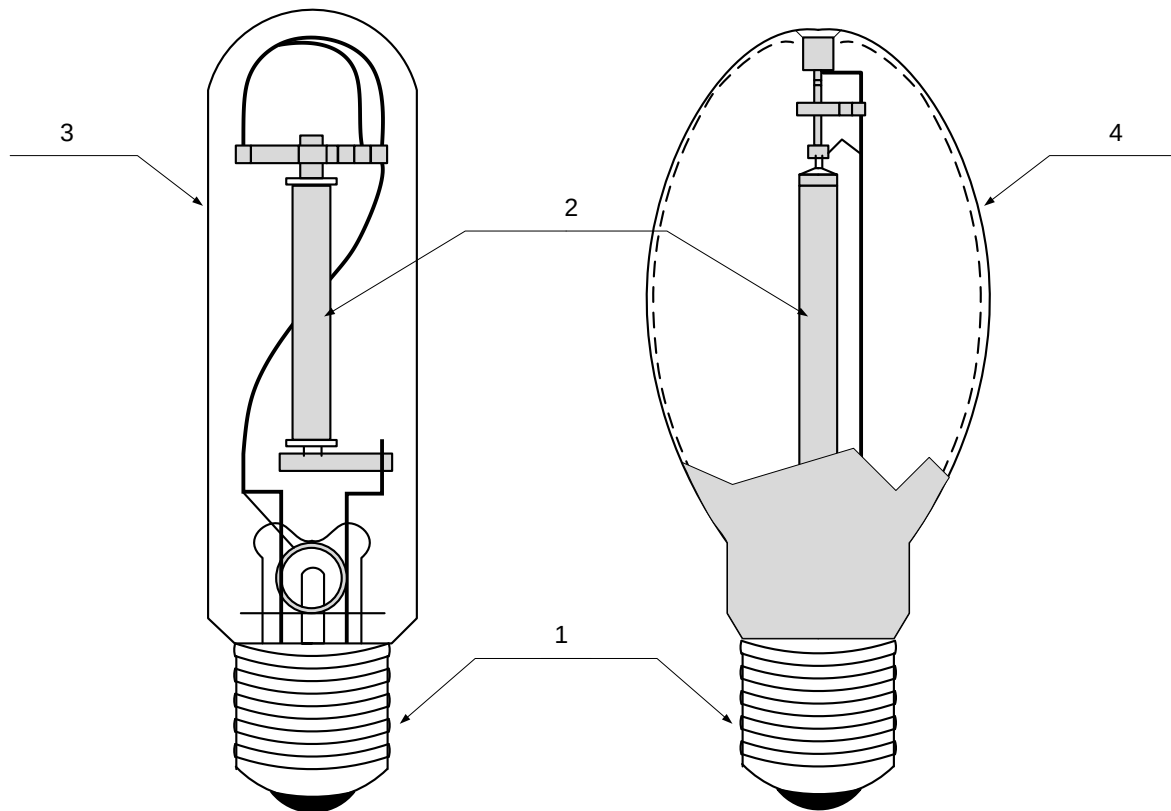


Izvori svjetlosti

Niskotlačne natrijeve žarulje

- Princip rada i konstrukcija niskotlačnih natrijevih žarulja vrlo su slični principu rada i konstrukciji fluorescentnih žarulja (niskotlačnih živinih žarulja).
- Razlika u odnosu na fluorescentne lampe je u tome što one generiraju UV zračenje koje se pomoću fluorescentnog premaza pretvaraju u vidljivo zračenje, dok niskotlačne natrijeve žarulje **direktno generiraju** vidljivi spektar zračenja.
- Zbog **velike svjetlosne iskoristivosti**, niskotlačne natrijeve žarulje imaju daleko manji volumen nego fluorescentne žarulje. Imaju svjetlosnu iskoristivost **do 200 lm/W**. Niskotlačne natrijeve žarulje generiraju gotovo monokromatskog žuto svjetlo valne duljine 589 nm i 589,6 nm [4].

Izvori svjetlosti



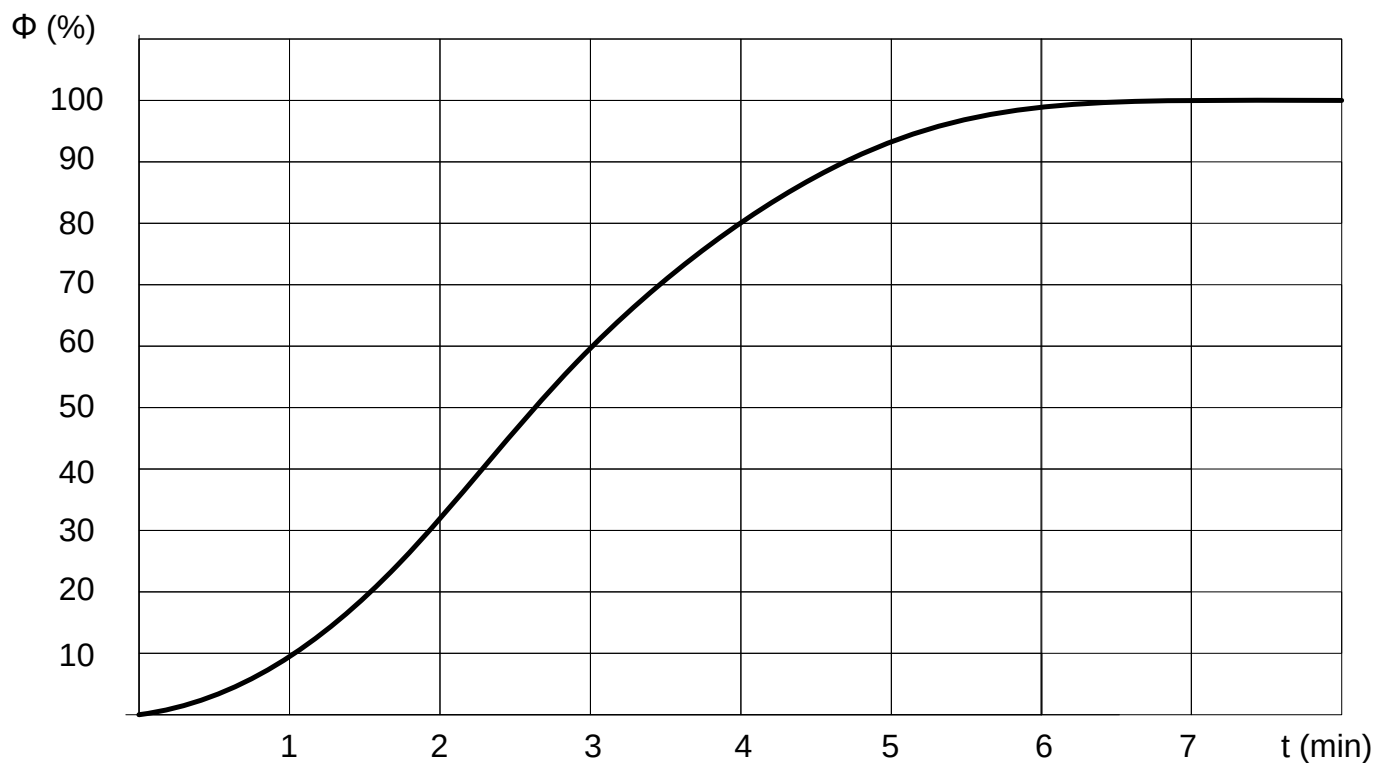
Niskotlačne natrijeve žarulje

Gdje je:

- 1 – podnožak
- 2 – cijev za izboj
- 3 – balon od prozirnog stakla
- 4 – difuzni elipsoidalni stakleni balon.

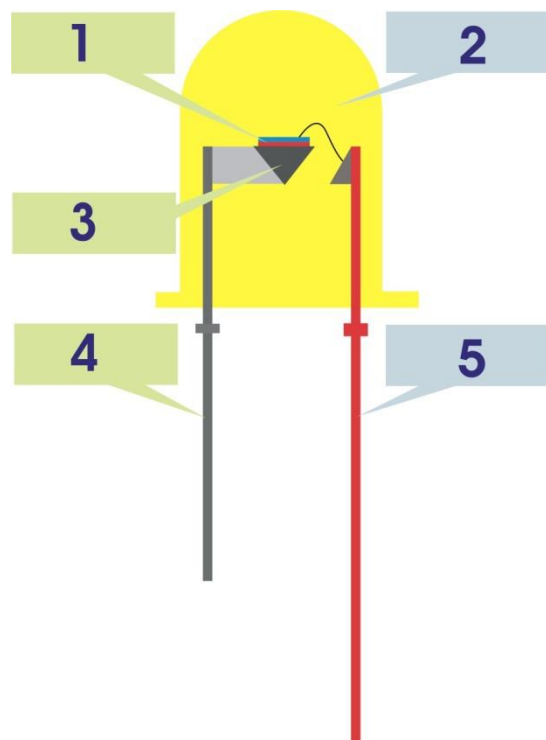
Izvori svjetlosti

Niskotlačne natrijeve žarulje – ovisnost svjetlosnog toka o vremenu



LED žarulje

- Svjetleće diode skraćeno LED (**L**ight **E**mitting **D**iodes) u zadnjih nekoliko godina postaju vrlo zanimljiv izvor svjetla.



Osnovni dijelovi:

1. LED chip
2. Plastično kućište sa optikom
3. Reflektor
4. Katoda
5. Anoda

LED žarulje

Prednosti LED rasvjetе

- LED rasvjeta je bazirana na poluvodičkoj tehnologiji koja ima niz značajnih karakteristika:
- LED rasvjeta ima vrlo dugi vijek rada, preko 50000 sati (može i duže, ali trenutno nema pouzdanih praktičnih primjera)
- Svjetleće diode su vrlo malih dimenzija i kao takove su pogodne za kreiranje različitih oblika svjetiljki i rasvjetnih tijela
- Izrazito mala potrošnja električne energije što je u općoj štednji energije vrlo bitna karakteristika (ušteta do 88 %)
- Svjetleće diode se proizvode u različitim bojama /crvena, zelena, žuta, plava, bijela/
- Indeks uzvrata boje R veći od 75
- Temperatura boje svjetla od 3000 K do 7000 K
- Maksimalna temperatura kućišta cca 58^o C
- Svjetleće diode nemaju štetnih UV zračenja i štetnih tvari /kao što su živine pare/

Unutarnja rasvjeta

Za projektiranje unutarnje rasvjete postavljeni su određeni zahtjevi koji moraju biti ispunjeni.

- Namjena prostora određuje jakost i tip rasvjete
 - Geometrija prostora određuje izvedbu (način ugradnje)
 - Specifični zahtjevi
 - Razina rasvijetljenosti (E_m) – u Republici Hrvatskoj su prihvaćene dvije europske norme iz područja rasvjete
- HRN EN 12464-1 Svjetlo i rasvjeta -- Rasvjeta radnih mjesta --
1. dio: **Unutrašnji** radni prostori (EN 12464-1:2021)
- HRN EN 12464-2 Svjetlo i rasvjeta -- Rasvjeta radnih mjesta --
2. dio: **Vanjski** radni prostori (EN 12464-2:2014)

Unutarnja rasvjeta

Unutarnja rasvjeta se može podijeliti na:

- Stambenu rasvjetu
- Industrijsku rasvjetu
- Hotelsku rasvjetu
- Rasvjetu sportskih objekata
- Rasvjetu za trgovine i trgovačke centre
- Bolničku rasvjetu
- Panik i evakuacijsku rasvjetu

Unutarnja rasvjeta

Bliještanje cijelog sustava se može odrediti pomoću UGR (engl. *Unified Glare Rating*) metode koja uzima u obzir utjecaj svih svjetiljaka i sjajnost pozadine. UGR se računa prema sljedećoj formuli:

$$UGR = 8 \cdot \log \left(\frac{0,25}{L_b} \cdot \sum \frac{L^2 \omega}{p^2} \right)$$

Gdje je:

- L_b - Sjajnost pozadine
- L - Sjajnost svjetiljke u smjeru promatrača
- ω - Prostorni kut promatrača
- p - Guth indeks

Informacije o namjeni prostorije			
Vrsta prostorije	Opis	E_m [lx]	UGR
Otvoreni projektni ured	Rad na računalu	300	19
	Većinom rad sa papirima ali i računalni rad	500	19
Zatvoreni projektni ured		500/750	19
Mali ured	Rad na računalu	300	19
	Većinom rad sa papirima ali i računalni rad	500	19
Grafička radionica		300	19
Prostorije za prijem		300/500	19
Izvršni ured		300/500	19
Prostorije za sastanke	Normalni sastanci	300	19
	Sastanci gdje se intenzivnije čita	500	19
Prostorije za obuku	Prezentiranje i pisanje bilješki	300	19
	Detaljno proučavanje i pisanje	500	19
Fotokopirnice	Oprema za fotokopiranje	300	22
	Uspoređivanje, uvezivanje, predaja	300	22
Knjižnice	Stolovi za čitanje	500	19
	Općenito	300	19
	Donja polica stalaže za knjige	200	19
Arhive	Opća pohrana	300	25
	Stavljanje na policu	200	25
Kantine	Općenito	200	22
	Serviranje	300	22
	Kuhinja	500	22
Ulazi/recepcije	općenito	200	22
	Recepcijski stol, sjedišta	300	22
Atrij		50-500	-
Hodnik		100	25

Unutarnja rasvjeta

Najviša vrijednost dobivena za sve moguće kombinacije promatrača i svjetiljke uzima se kao UGR indeks prostorije (obično između 10 – bez bliještanja i 30 – naglašeno psihološko bliještanje)[13].

Svjetiljke, reflektori

- Svjetiljka je naprava koja služi za upravljanje, distribuciju, filtriranje i transformiranje svjetla koje proizvode izvori svjetla.
- Svjetiljka se sastoji od jednog ili više izvora svjetlosti, optičkih uređaja za distribuciju svjetla, grla za pozicioniranje i priključak izvora svjetlosti na napajanje, predspojnih naprava za pogon izvora svjetlosti (ako su potrebne), i mehaničkih elemenata za montažu i zaštitu.
- Rasvjetne instalacije su svjetiljke koje su trajno pričvršćena na objekt.

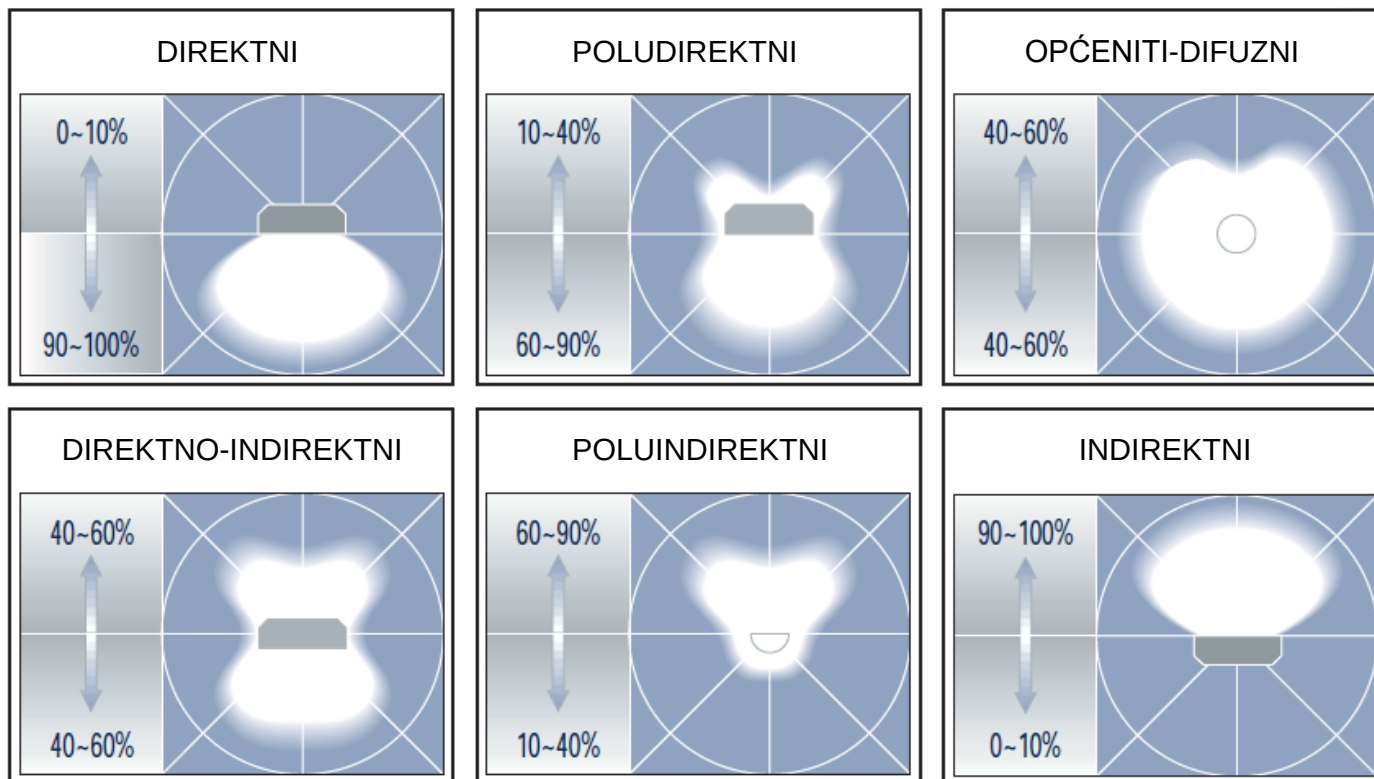
Svjetiljke, reflektori

Svjetiljke se dijele na način distribucije svjetla:

- **Direktne** svjetiljke emitiraju svjetlost **prema dolje**.
- **Indirektne** svjetiljke emitiraju svjetlost **prema gore**, zatim se svjetlost odbija od stropa prema dolje.
- **Difuzne svjetiljke** emitiraju svjetlost **u svim smjerovima**.
- **Direktne/indirektne** svjetiljke emitiraju svjetlo prema **gore i dolje** ali ne i na stranu.
- **Asimetrične** svjetiljke se koriste za specijalnu namjenu i imaju **nejednaku** raspodjelu svjetlosnog toka.
- **Prilagodljive** svjetiljke su vrsta direktnih svjetiljaka koje mogu usmjeriti svjetlosni tok **u raznim smjerovima**.

Svjetiljke, reflektori

Tipovi rasvjetnih tijela za unutrašnju rasvjetu prema raspodjeli svjetlosnog toka



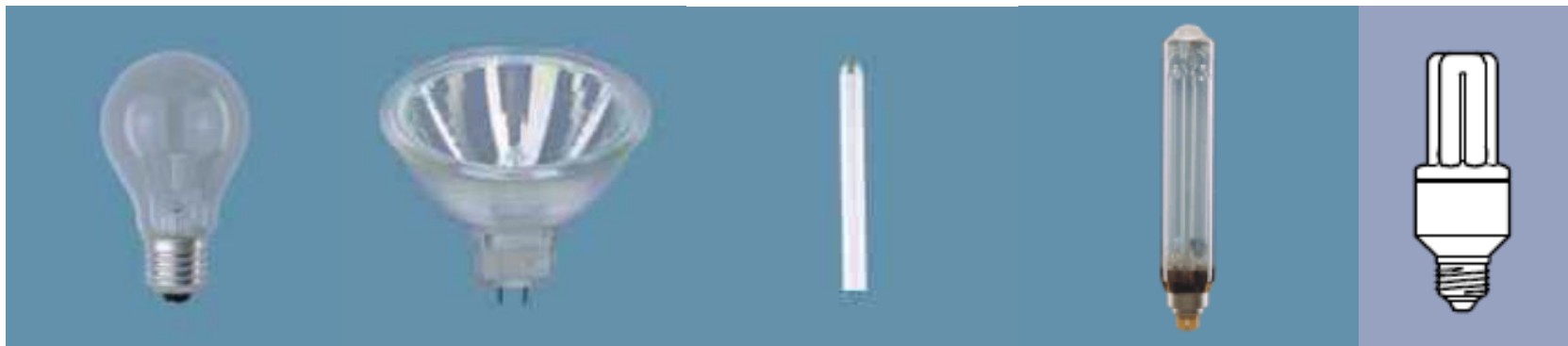
SUSTAVI NAPAJANJA, SKLAPANJA I RAZVODA

NN instalacije - nazivni napon $U_n = 230 \text{ V} \sim$

Ovisno o vrsti rasvjete – moguće i druge naponske razine

24 V $\sim$

12 V –



SUSTAVI NAPAJANJA, SKLAPANJA I RAZVODA

ŽARULJE NA IZBOJ U PLINU

Predspojne naprave – **prigušnice** i **starteri**

Osnovne uloge:

- ograničavaju i stabiliziraju struju žarulje
- osiguravaju kontinuirani rad unatoč sinusoidalnom naponu
- osiguravaju početne uvjete za paljenje žarulje: predgrijavanje elektroda te dovoljno velik naponski impuls za početak izboja u plinu (starter kod fluorescentne žarulje)

SUSTAVI NAPAJANJA, SKLAPANJA I RAZVODA

Ostale uloge:

- osiguravaju visok faktor snage
- ograničavaju struje viših harmonika
- ograničavaju elektromagnetsko polje koje proizvodi žarulja i prigušnica
- ograničavaju pogonsku struju te struju kratkog spoja
- održavaju struju i napon žarulje unutar zadanih ograničenja tijekom kolebanja napona

SUSTAVI NAPAJANJA, SKLAPANJA I RAZVODA

Elektromagnetske predspojne naprave (stare) – pojedinačne komponente

- prigušnice, kondenzatori, starteri, propaljivači...

Elektroničke predspojne naprave (novije) – sve komponente integrirane u jedan sklop

SUSTAVI NAPAJANJA, SKLAPANJA I RAZVODA

Elektromagnetske predspojne naprave

1. **Fluorescentne** cijevi

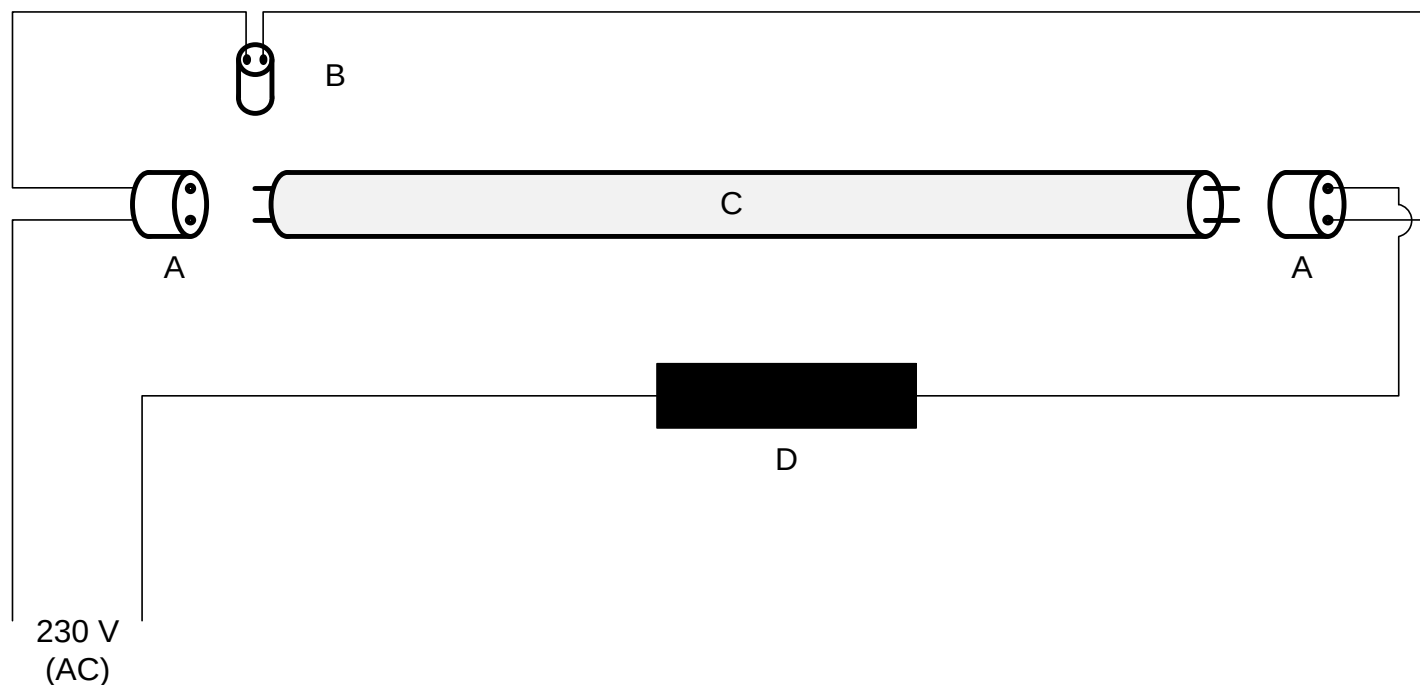
- za **ograničenje** struje – najčešće elektromagnetske zavojnice
- Zavojnica se sastoji od velikog broja zavoja od bakrene žice, namotanih na jezgru, koja je načinjena od željeznih listića.
- Radi na principu samoindukcije – impedancija zavojnice ograničava struju u krugu na vrijednost koja odgovara žarulji i opskrbnom naponu.

SUSTAVI NAPAJANJA, SKLAPANJA I RAZVODA

- za **pokretanje** – starter
 - Sastoji se od bimetalne trake koja je zatvorena u balon ispunjen plemenitim plinom
 - Spojen je paralelno s fluorescentnom cijevi
 - Služi za predgrijavanje elektroda fluorescentne cijevi te osigurava naponski impuls za početak rada.

Pored prigušnice i startera većina fluorescentnih svjetiljki ima kondenzator spojen paralelno sa stezaljkama izvora – za postizanje optimalnog faktora snage.

SUSTAVI NAPAJANJA, SKLAPANJA I RAZVODA



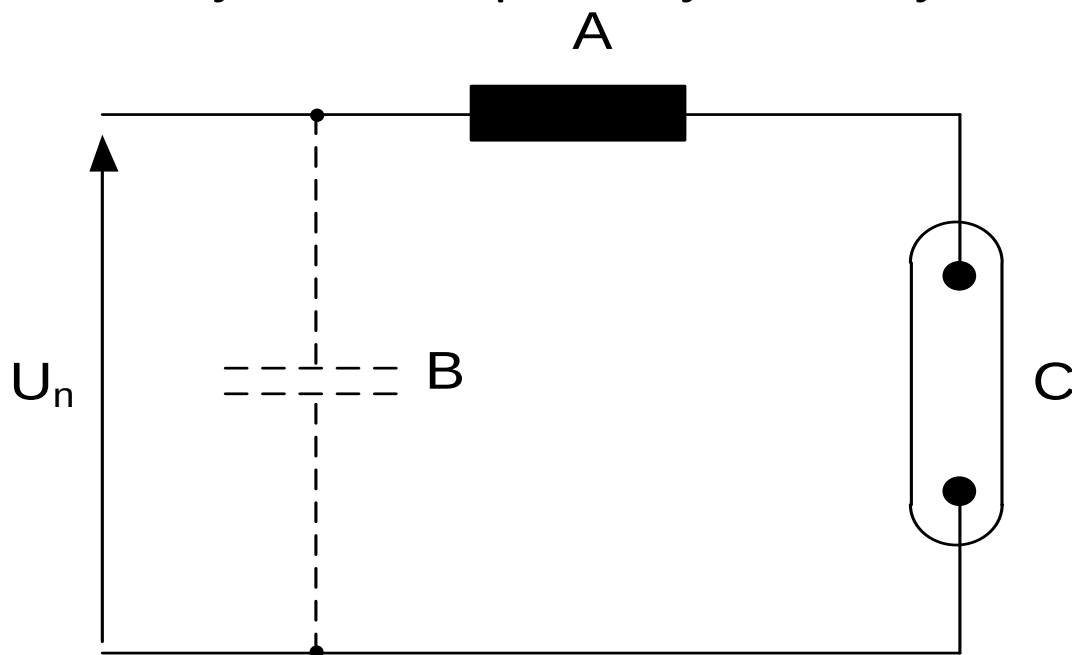
*Način spajanja
fluorescentne cijevi*

*A – priključnica,
B – starter,
C – fluorescentna
cijev,
D – prigušnica*

SUSTAVI NAPAJANJA, SKLAPANJA I RAZVODA

2. **Visokotlačne** žarulje na izboj

- brojna različita rješenja, ovisno o vrsti žarulje
- najčešće se upotrebljava zavojnica koja ograničava struju



Shema spajanja visokotlačne živine žarulje

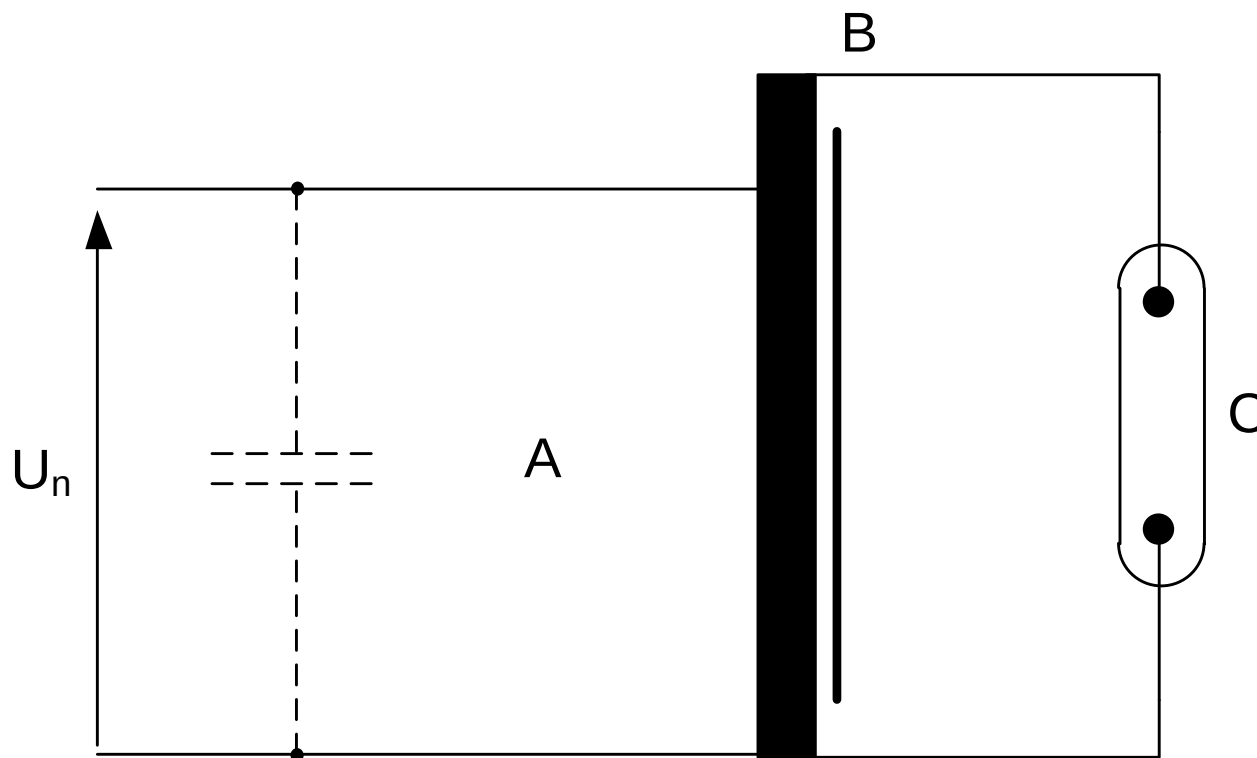
*A – prigušnica,
B – kompenzacijski kondenzator,
C – žarulja)*

SUSTAVI NAPAJANJA, SKLAPANJA I RAZVODA

3. **Niskotlačne** natrijeve žarulje

- Za uklop i početak ionizacije je potreban visoki napon te vrijeme uključenja traje relativno dugo (zbog krutog stanja natrija)
- Kao predspojna naprava najviše se koristi autotransformator, koji daje potreban startni napon od 400 V – 550 V

SUSTAVI NAPAJANJA, SKLAPANJA I RAZVODA



Shema spajanja niskotlačne natrijeve žarulje (A – kompenzacijski kondenzator, B – autotransformator, C – žarulja)

SUSTAVI NAPAJANJA, SKLAPANJA I RAZVODA

Elektroničke predspojne naprave

Fluorescentne cijevi – brojne prednosti elektroničke predspojne naprave:

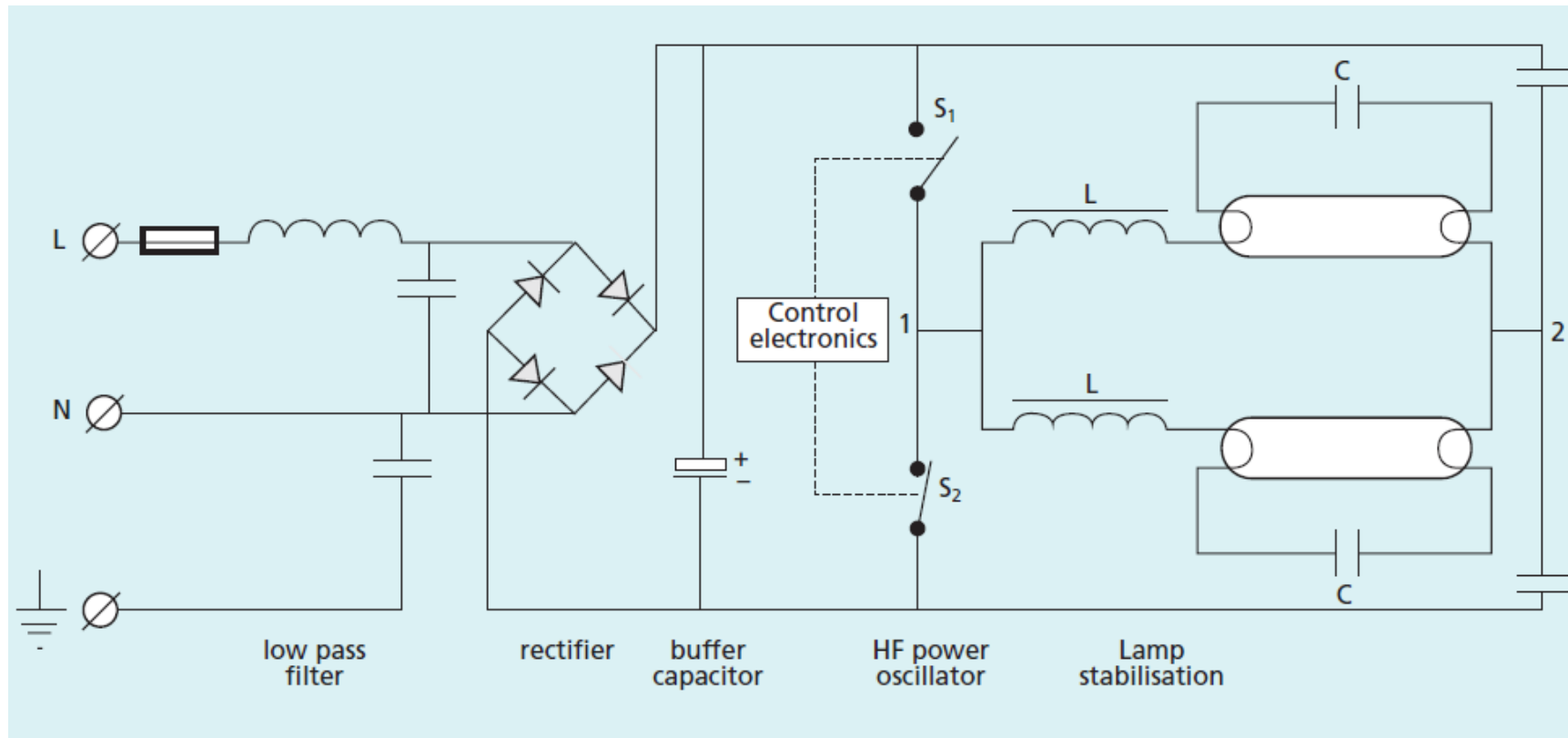
- omogućuje pogon cijevi na visokoj frekvenciji i time održava ione u plinu – **veća učinkovitost** cijevi
- smanjuje broj flikera cijevi
- troši manje energije nego magnetska zavojnica

SUSTAVI NAPAJANJA, SKLAPANJA I RAZVODA

Većina elektroničkih predspojnih naprava imaju brojne funkcije:

- **niskopropusni filter**: ograničava harmonijska izobličenja, kontrolira iznose radiofrekvencijske interferencije, štiti prigušnicu od naponskih udara
- **ispravljač**: ispravlja AC opskrbeni napon u DC
- **kondenzator**: osigurava stabilan opskrbeni napon za žarulje

SUSTAVI NAPAJANJA, SKLAPANJA I RAZVODA

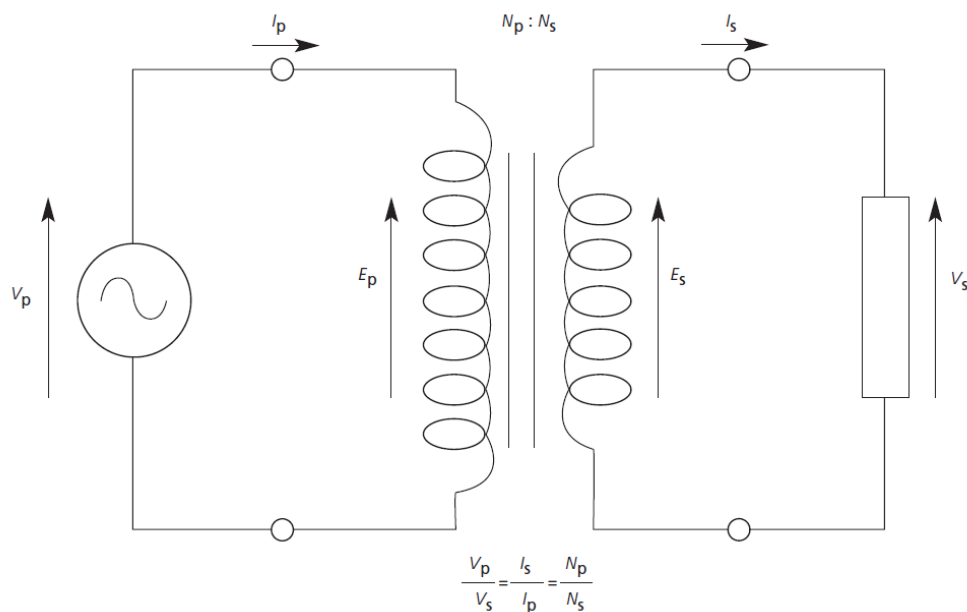


Shema elektroničke predspojne naprave za dvije fluorescentne cijevi

SUSTAVI NAPAJANJA, SKLAPANJA I RAZVODA

HALOGENE ŽARULJE

Transformatori – služe za halogene žarulje koje se napajaju niskim naponom – 12 V
- za žarulje s 230 V nisu potrebni



Shema transformatora

SUSTAVI NAPAJANJA, SKLAPANJA I RAZVODA

Osim što transformira napon na nižu vrijednost (230/12 V), transformator i galvanski odvaja napajanje halogene žarulje od opskrbnog napona.

To pridonosi sigurnosti uporabe: čak i u uvjetima kvara, napon na sekundarnoj strani (napajanje halogene žarulje) neće značajnije rasti iznad nazivne vrijednosti 12 V.

Većina modernih transformatora sadrži elektroniku – obično imaju visokofrekventne oscilatore koji omogućuju uporabu transformatora manjih snaga – time se postižu i manji gubici. Elektronika omogućuje i stabilniji napon te meki start žarulja.

SUSTAVI NAPAJANJA, SKLAPANJA I RAZVODA

LED (eng. Light Emitting Diode)

LED napajanja

Prema I/U karakteristici LED-a, struja o naponu ovisi eksponencijalno – mala promjena napona može izazvati veliku promjenu struje.

Dakle, za ispravan rad LED-a nužna je **kontrolirana struja**.

To omogućuju driveri – priključeni su na mrežni napon, a daju konstantnu struju.

SUSTAVI NAPAJANJA, SKLAPANJA I RAZVODA

Kod nekih drivera moguće je upravljati i iznosom struje što omogućuje dimanje.

Kod složenijih sustava moguće je posebno dimanje tri odvojena kanala – kada se zajedno koriste plava, zelena i crvena LED, omogućeno je mijenjanje boja.



SUSTAVI UPRAVLJANJA I NADZORA

Svaki sustav za upravljanje rasvjetom trebao bi se sastojati od:

- **ulaznog uređaja** – sklopke, senzori pokreta (prisutnosti), vremenski sklopovi, fotoćelije ...
- **upravljačkog procesa** – može biti jednostavna instalacijska mreža pa sve do računalnog upravljanja
- **upravljana rasvjetna tijela** – upravljanje rasvjetnim tijelima: od jednostavnog sklapanja i dimanja sve do kompleksnog upravljanja pokretima i promjenama boja

SUSTAVI UPRAVLJANJA I NADZORA

ULAZNI UREĐAJI

Ručno upravljanje

- Jednostavne sklopke, dimeri, daljinski upravljači, upravljački stolovi (kazališta, kina...)

Senzori pokreta

- Većinom pasivni infracrveni senzori (PIF).
- „Prepoznaju” prisutnost osobe u prostoru te daju signal za uključenje rasvjete. Ako u određenom vremenu ne detektiraju pokret, daju signal za isključenje rasvjete

SUSTAVI UPRAVLJANJA I NADZORA

Vremenski sklopovi

- Vremenske sklopke koje mogu uključiti i isključiti rasvjetu nakon određenog vremena
- Postoje i računalom upravljani sustavi s ugrađenim vremenskim sklopom koji mogu uključivati i isključivati rasvjetu u točno postavljeno vrijeme

SUSTAVI UPRAVLJANJA I NADZORA

Fotoćelije – senzori dnevnog svjetla

- Najjednostavnije – uključuju se pri jednoj vrijednosti (u sumrak), a isključuju pri drugoj vrijednosti rasvjetljenosti (u zoru)
- Neke komuniciraju s centralnim upravljačkim sustavom ovisno o razini rasvjetljenosti
- Neke se ugrađuju na stropove, sa zaslonom oko njih, tako da primaju razinu svjetla reflektiranog od radne površine. Time mogu pratiti rasvjetljenost radne površine.

SUSTAVI UPRAVLJANJA I NADZORA

UPRAVLJAČKI PROCESI I SUSTAVI

U **jednostavnim sustavima** postoji automatsko upravljanje napajanjem rasvjetnog tijela ili grupe rasvjetnih tijela.

Kompleksniji sustavi sastoje se od mreže uređaja – rasvjetna tijela, senzori, upravljački ulazi.

U većini sustava uređaji su međusobno spojeni mrežom kabela, ali uređajima se može upravljati i bežičnom ili infracrvenom vezom.

SUSTAVI UPRAVLJANJA I NADZORA

DALI sustav - BS EN 60929: 2006: *AC-supplied electronic ballasts for tubular fluorescent lamps — Performance requirements*

- većinom se upotrebljava za sustave rasvjete u zgradama, ali je vremenom uporaba proširena
- upravljanje rasvjetnim tijelima putem prigušnica za žarulje (fluorescentne cijevi)
- 64 rasvjetna tijela u jednom krugu – uređaji za upravljanje nizom DALI grozdova (clustera)

SUSTAVI UPRAVLJANJA I NADZORA

- Sustav DMX 512 - ANSI E1.11: USITT DMX512-A: *Asynchronous serial digital data transmission standard for controlling lighting equipment and accessories*
- za upravljanje rasvjetom u industriji zabave
 - 512 kanala za upravljanje nizom uređaja
 - uporaba u kazalištima te za arhitektonsku rasvjetu

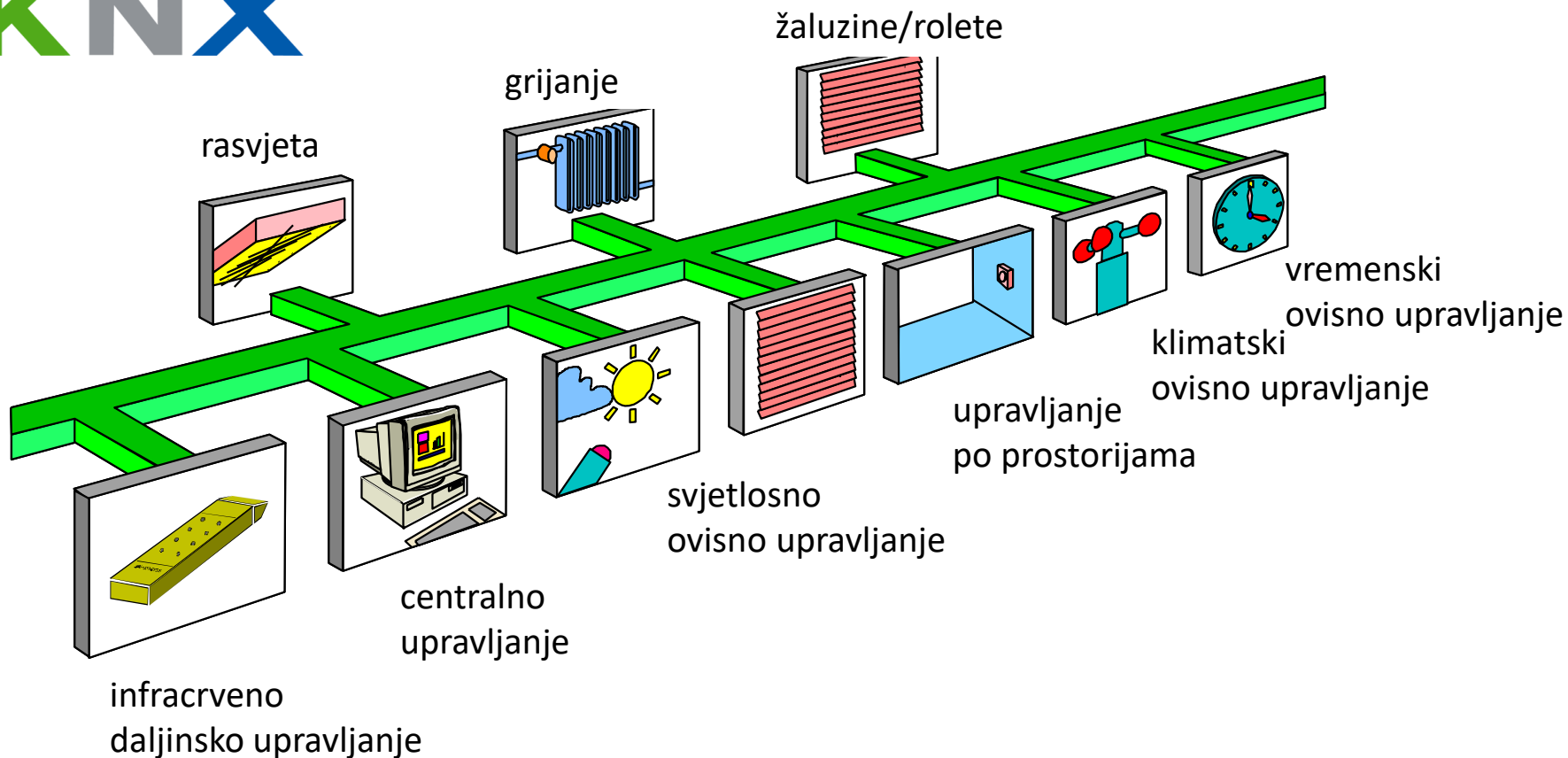
Napredne (inteligentne) instalacije

Protokoli za automatizaciju kućanstava:

- X-10
- CEBus
- **KNX/EIB**
- ZigBee
- Control4



Napredne (inteligentne) instalacije - KNX/EIB



Napredne (inteligentne) instalacije - KNX/EIB

TP1 kabel – sabirnica:

- povezuje trošila i sklopne elemente
- u većini slučajeva opskrbljuje energijom busne uređaje

Prednosti:

- obim kabliranja smanjuje (i do 60 %) u odnosu na konvencionalnu instalacijsku tehniku
- povećava broj mogućih sistemskih funkcija
- poboljšava transparentnost instalacije

Napredne (inteligentne) instalacije - KNX/EIB

- Centralna upravljačka jedinica (PC) **nije potrebna** jer svi busni uređaji imaju vlastitu inteligenciju.
- KNX/EIB se stoga može primijeniti kako u **malim** instalacijama (stanovi obiteljske kuće), tako i u **velikim** projektima (hoteli, poslovne zgrade, itd.)
- Zahvaljujući fleksibilnosti KNX/EIB tehnologije, ovakva se instalacija **lako** može **prilagoditi** promjenjivim zahtjevima korisnika.

Napredne (inteligentne) instalacije - KNX/EIB

Primjena: Rasvjetne scene i regulacija rasvjetе

- U konferencijskim salama, kazalištima, jednako kao i u dnevnim sobama moguće je pozvati **različite rasvjetne scene** ovisno o aktivnostima, koje korisnik može modificirati u svako doba.
- U poslovnim zgradama na primjer može se postići **ušteda** energije potrebne za sustav rasvjetе do 75% ukoliko se primjenjuje **regulacija na konstantnu rasvijetljenost** posredstvom samo po jednog senzora dnevnog svjetla s obje strane zgrade.

Napredne (inteligentne) instalacije - KNX/EIB

Primjena: Centralni isklop rasvjete

Pri napuštanju zgrade, jednim tipkalom mogu se isklopiti sve svjetiljke te pojedine željene utičnice ili trošila (električna peć, ventilatori...)

Primjena: Sklopka za „noćnu” rasvjetu

Noću se pritiskom na određeno tipkalo mogu aktivirati željene svjetiljke, npr. između dječje spavaće sobe i kupaoalice, a nakon izvjesnog podešenog vremena svjetla se deaktiviraju.

PRORAČUNI: PRIPREMA POTREBNIH PODATAKA I IZRAČUN OSNOVNE POTROŠNJE ENERGIJE ZA SUSTAV RASVJETE

HRN EN 15193:2008 Energijska svojstva zgrade – Energijski zahtjevi za rasvjetu (EN 15193:2007)

- Norma je donesena radi uspostavljanja konvencija i procedura za procjenu **energijskih potreba** za rasvjetu u zgradama te radi određivanja **brojčanog pokazatelja** energijskog svojstva zgrade.
- Također daje i upute za uspostavljanje **nacionalnih ograničenja** za energiju potrebnu za napajanje rasvjete.
- Norma također predviđa savjete za **odvojeno mjerenje** električne energije utrošene za rasvjetu, što daje ispravnu povratnu informaciju o učinkovitosti rasvjete, a i sustava upravljanja rasvjetom.

PRORAČUNI: PRIPREMA POTREBNIH PODATAKA I IZRAČUN OSNOVNE POTROŠNJE ENERGIJE ZA SUSTAV RASVJETE

HRN EN 15193:2017 Energijska svojstva zgrade – Energijski zahtjevi za rasvjetu – 1. dio: specifikacije, Modul M9 (EN 15193:2017)

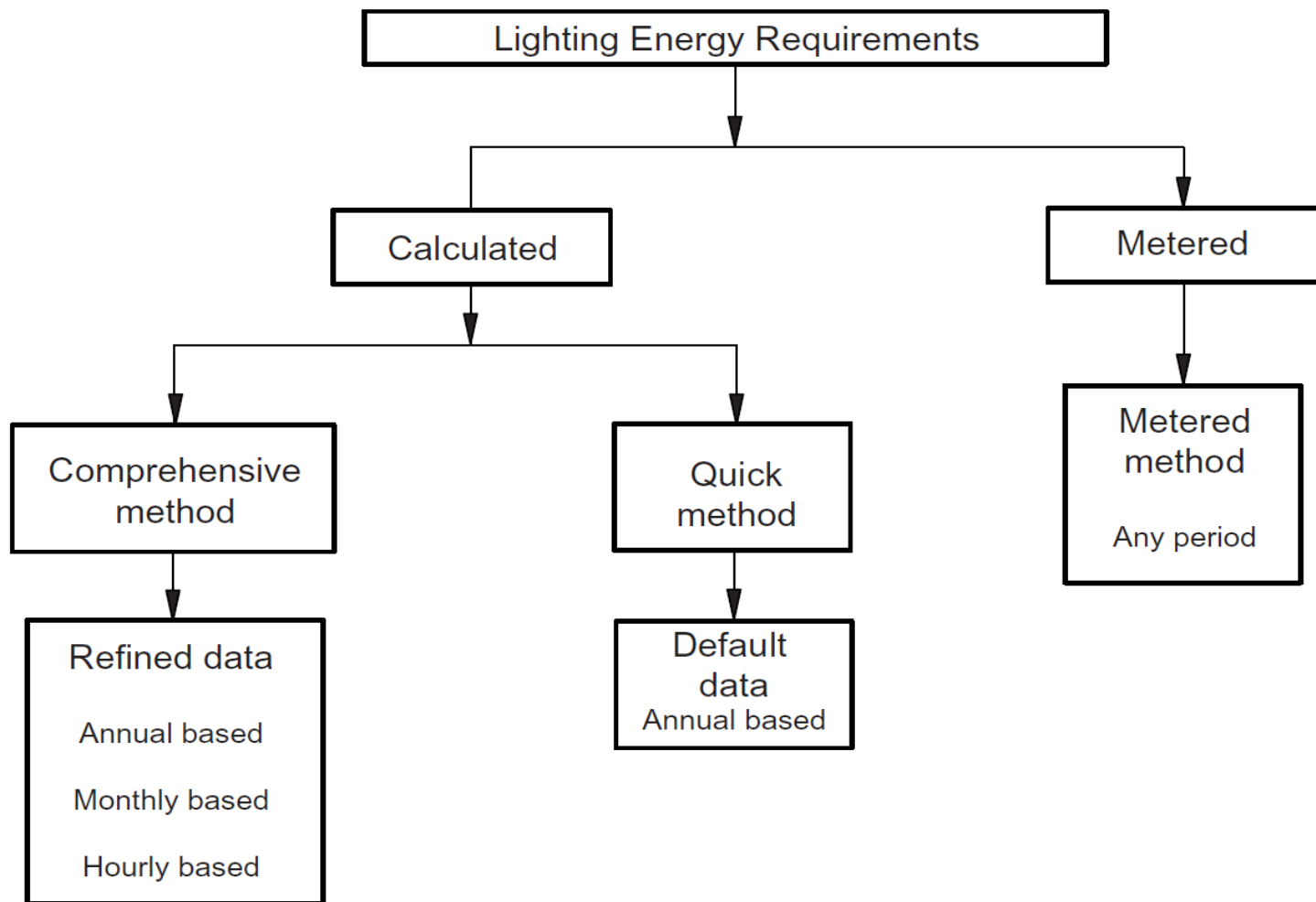
- Glavne promjene u odnosu na normu iz 2008.:
- proširenje metoda izračuna
- uključivanje rasvjete za stambene zgrade
- značajne uređivačke promjene

Standard navodi metodologiju za **procjenu energijskih potreba** sustava rasvjete u stambenim i nestambenim zgradama te za **izračun ili mjerenje** iznosa potrebne ili potrošene energije u zgradama.

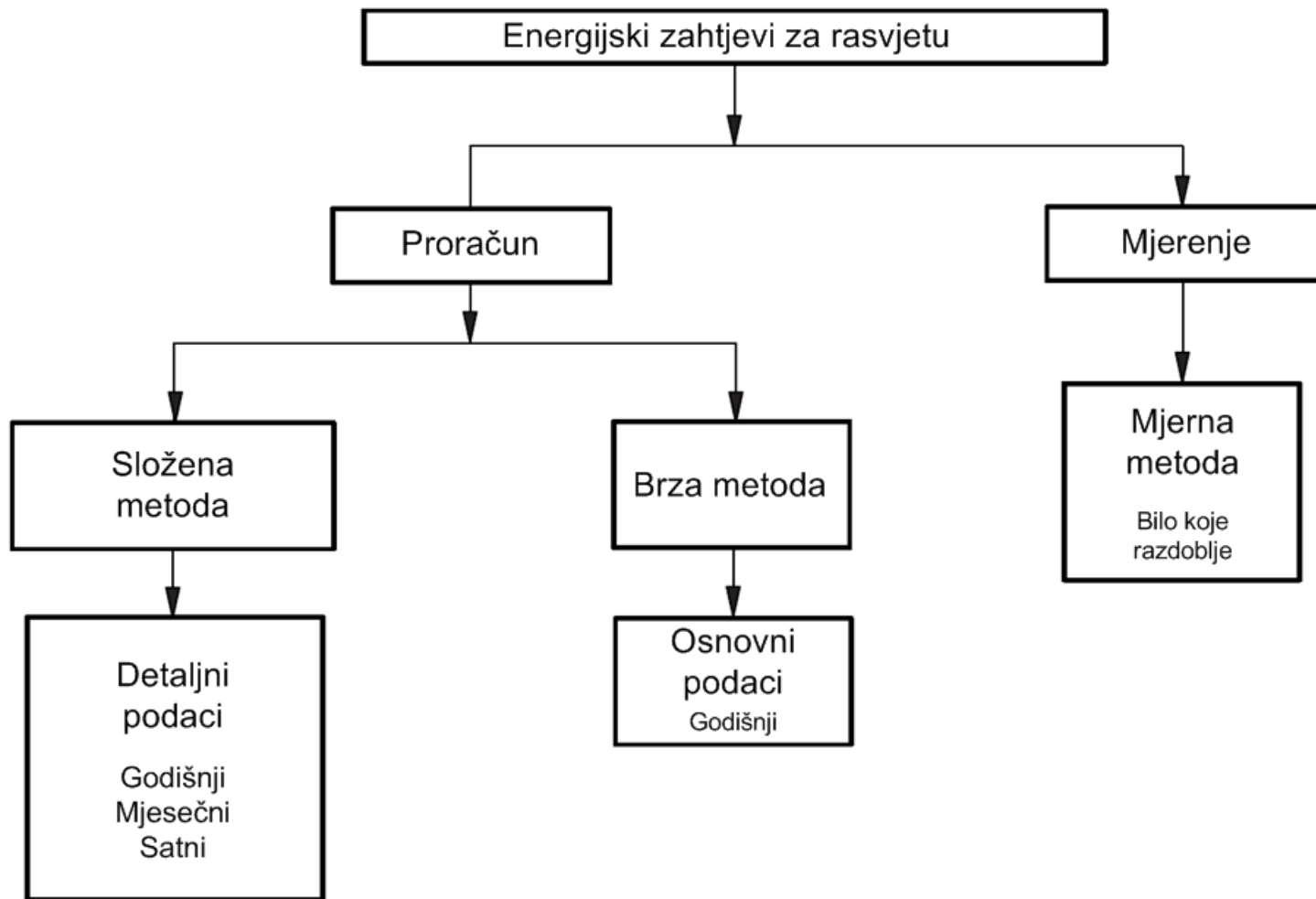
Metoda se može primijeniti za nove, postojeće i obnovljene zgrade.

Norma daje metodologiju (LENI) kao mjeru energetske učinkovitosti instalacije rasvjete u zgradama.

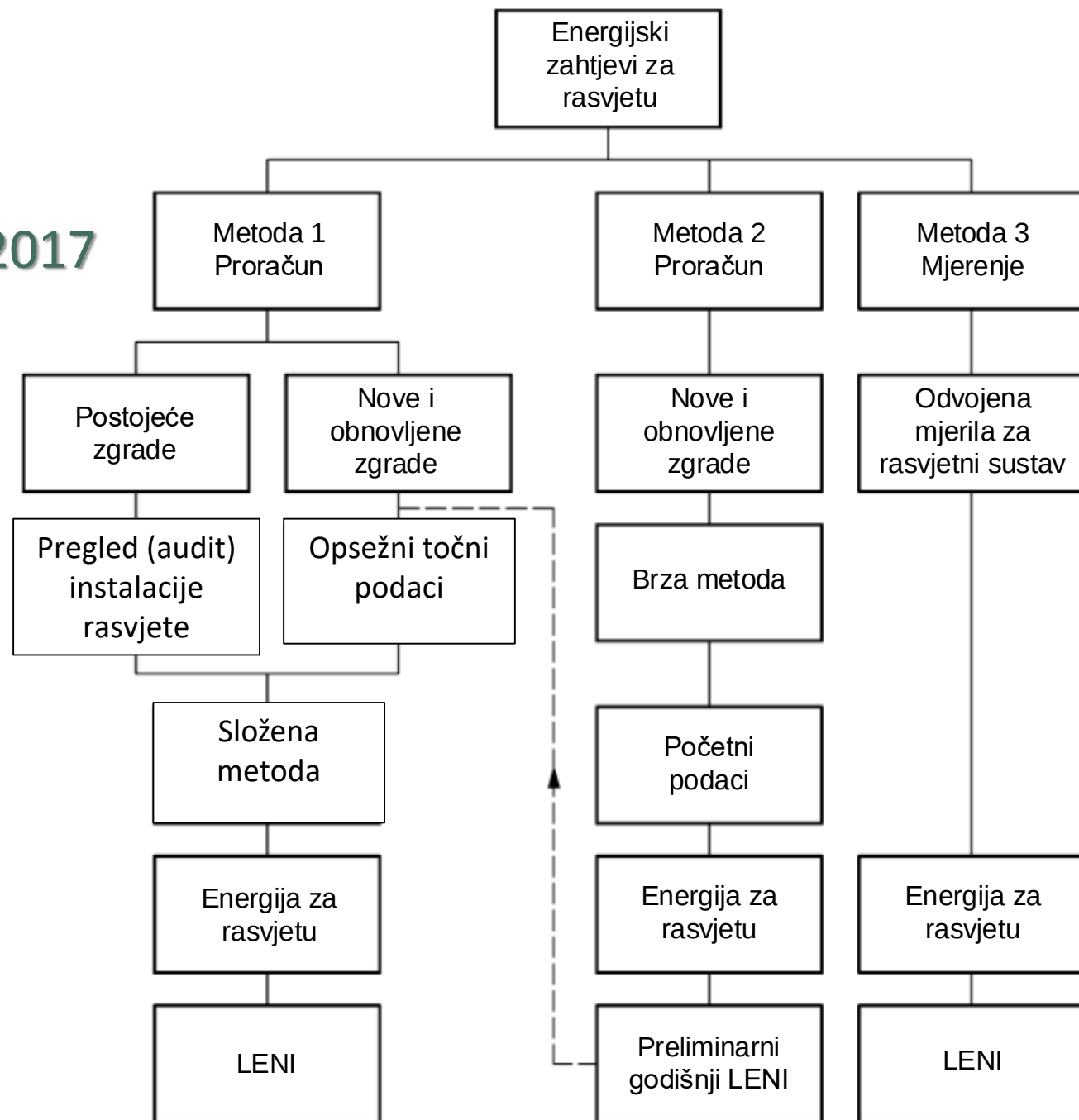
HRN EN 15193:2008



HRN EN 15193:2008



HRN EN 15193:2017



KRITERIJ ZA ODABIR METODE

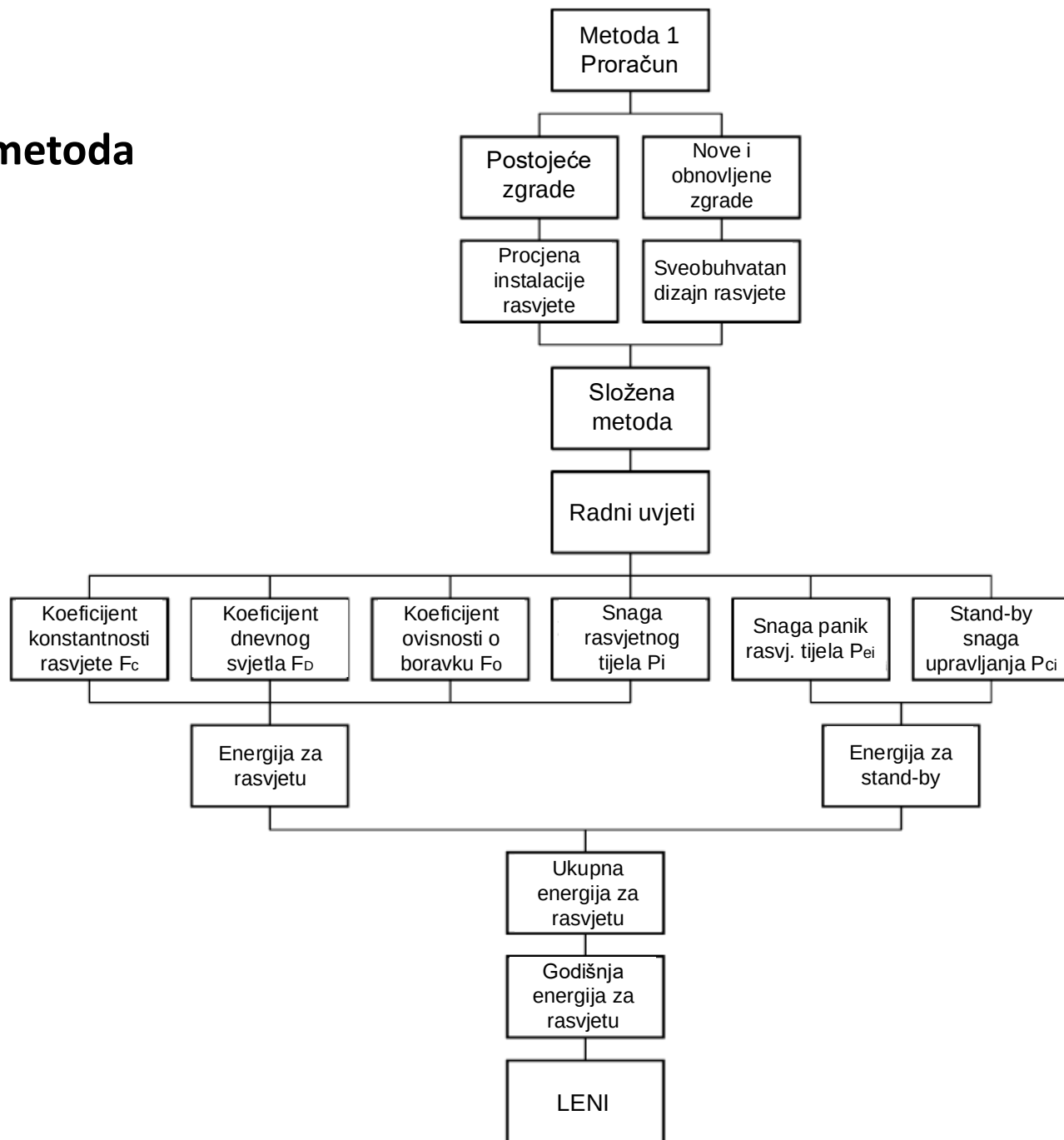
Norma nudi metode proračuna različitih razina točnosti instalirane snage, procjene boravka i dostupne dnevne svjetlosti.

Metoda 1 pruža proceduru najtočnijeg proračuna jer se za ulazne podatke za proračun energije oslanja na sveobuhvatne podatke o rasvjeti.

Metoda 2 pruža brzu procjenu namijenjenu za kalkulacije prije izvedbe i koristi zadane vrijednosti (tablice).

Metoda 3 pruža najtočnije informacije o energiji za rasvjetu, ali se može upotrebljavati tek kada je zgrada izgrađena i useljena.

METODA 1 - Složena metoda



METODA 1 - Složena metoda

Omogućuje **točniju** procjenu potrebne rasvjetne energije za različita razdoblja kao što su godišnja ili mjesečna.

Ukupna procijenjena električna energija W_t potrebna za određeno vrijeme, u sobi ili zoni, procjenjuje se jednadžbom:

$$W_t = W_{L,t} + W_{P,t} [kWh/t_s]$$

Brojčani pokazatelj energije rasvjete – LENI

(eng. Lighting Energy Numeric Indicator)

$$LENI = \frac{W}{A} [kWh/m^2 godišnje]$$

W - ukupna godišnja električna energija potrebna za rasvjetu zgrade [$kWh/godina$],

A - ukupna korisna površina zgrade [m^2].

METODA 1 - Složena metoda

$W_{L,t}$ - procijenjena električna energija potrebna za zadovoljenje funkcije i svrhe rasvjete građevine:

$$W_{L,t} = \frac{\sum\{(P_n \times F_C) \times F_O[(t_D \times F_D) + t_N]\}}{1000} [kWh/t_S]$$

P_n – ukupna instalirana snaga rasvjete u sobi ili zoni [W]

F_C – koeficijent konstantnosti rasvjete – koeficijent učinkovitosti upravljanja konstantnosti rasvjete

F_D – koeficijent ovisnosti o dnevnom svjetlu - korištenje ukupne instalirane snage rasvjete pri dostupnom dnevnom svjetlu, u sobi ili zoni

F_O – koeficijent ovisnosti o boravku - korištenje ukupne instalirane snage rasvjete u razdoblju boravka, u sobi ili zoni

t_D – vrijeme uporabe pri dnevnom svjetlu, [h]

t_N – vrijeme uporabe bez dnevnog svjetla, [h]

t_S – određeni vremenski korak (sat, mjesec, godina)

$W_{P,t}$ - procijenjena parazitna energija potrebna za punjenje baterija za sigurnosnu rasvjetu te za pripravnost (eng. standby) sustava za upravljanje rasvjetom:

$$W_{P,t} = \frac{\sum \{ (P_{pc} \times t_s) + (P_{em} \times t_e) \}}{1000} [kWh/t_s]$$

P_{pc} – ukupna instalirana parazitska snaga upravljanja u sobi ili zoni, kada svjetiljke ne rade, [W]

P_{em} – ukupna instalirana snaga punjenja sigurnosne rasvjete u sobi ili zoni, [W]

t_s – određeni vremenski korak (sat, mjesec, godina)

t_e – vrijeme punjenja baterija, [h]

Omogućuje točniju procjenu potrebne rasvjetne energije za različita razdoblja kao što su godišnja ili mjesečna.

Ova metoda se može koristiti za bilo koje razdoblje i za bilo koju lokaciju, ali podrazumijeva potpunu procjenu koeficijenta ovisnosti o boravku i raspoloživosti dnevnog svjetla.

Računanje koeficijenta ovisnosti o dnevnom svjetlu $F_{D,n}$

Koeficijent ovisnosti o dnevnom svjetlu $F_{D,n}$ za n -tu prostoriju ili zonu u građevini određuje se kao funkcija koeficijenta **opskrbe** dnevnim svjetlom $F_{D,S,n}$ i koeficijenta **ovisnosti upravljanja rasvjetom** o dnevnom svjetlu $F_{D,C,n}$:

$$F_{D,n} = 1 - (F_{D,S,n} \cdot F_{D,C,n})$$

$F_{D,S,n}$ – uzima u obzir **dostupnost** dnevnog svjetla u zoni n , te predstavlja, za promatrani vremenski interval, doprinos dnevnog svjetla ukupno potrebnoj rasvjetljenosti u promatranoj zoni n

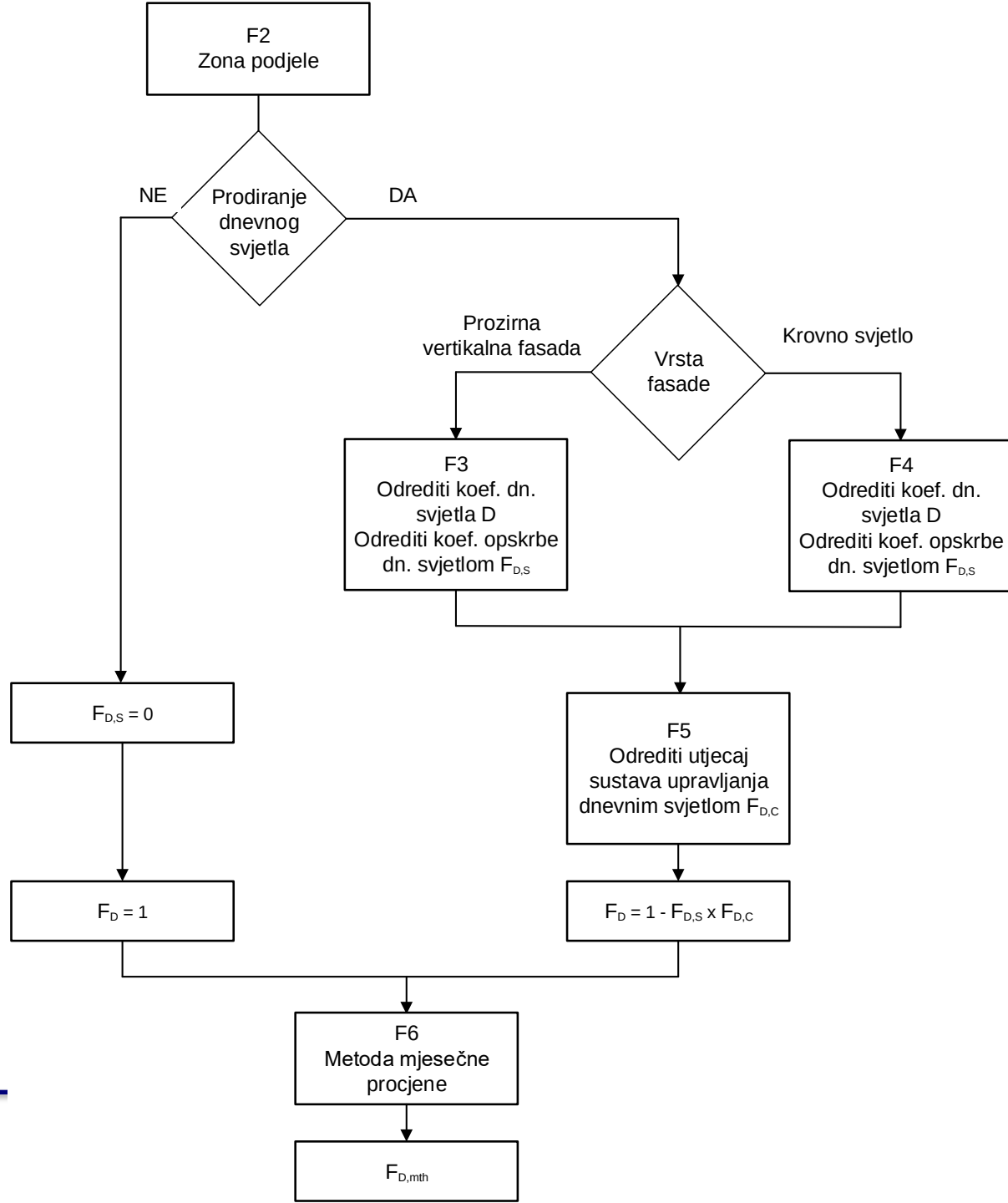
$F_{D,C,n}$ - određuje **sposobnost** sustava kontrole rasvjete u iskorištavanju prisutnosti dnevnog svjetla u promatranoj zoni n

$F_{D,n}$ može se odrediti za bilo koje razdoblje (godišnje, mjesečno ili po satu).

Koeficijent se mora prilagoditi prema operativnom vremenu tijekom razdoblja dnevnog svjetla.

U zoni bez dostupnosti dnevnog svjetla ovaj koeficijent jednak je jedinici (1).

Dodatno se mogu u obzir uzeti i geografski položaj i klimatski ovisne aspekte opskrbe dnevnim svjetlom.



*Dijagram toka
određivanja F_D*

Određivanje koeficijenta ovisnosti o boravku (korištenju) $F_{O,n}$

U slijedećim slučajevima F_o treba uvijek biti jednak 1 (najnepovoljniji slučaj):

- Ako se rasvjeta uključuje centralno za više od jedne prostorije, kao na primjer vremensko ili ručno uključenje hodnika, kata ili cijelog objekta, bez obzira na način isključenja (ručno ili automatski),
- Ako je prostor koji se osvjetljava ručno ili automatski, površine veće od 30 m^2 .

Koeficijent ovisnosti o boravku F_o manji je od 1:

- u prostoriji za sastanke (uključenje - jedan prekidač ili jedan detektor prisutnosti), ako se ne uključuje centralno
- u prostoriji s površinom manjom od 30 m^2 , a uključenje/isključenje rasvjete se provodi lokalno za tu prostoriju
- u području s kontrolom rasvjete preko detekcije prisutnosti i/ili odsutnosti, ukoliko ta kontrola regulira rasvjetu samo tog područja.

U ovim slučajevima mora također biti zadovoljen uvjet postojanja automatskog vremenskog isključenja ili smanjenja intenziteta rasvjete. Kada su svi ovi uvjeti zadovoljeni, koeficijent F_o računa se sljedećim izrazima:

$$\text{Za } 0,0 \leq F_A < 0,2 \quad F_o = 1 - [(1 - F_{OC}) \cdot F_A / 0,2]$$

$$\text{Za } 0,2 \leq F_A < 0,9 \quad F_o = F_{OC} + 0,2 - F_A$$

$$\text{Za } 0,9 \leq F_A \leq 1,0 \quad F_o = [7 - 10 \cdot F_{OC}] \cdot (F_A - 1)$$

F_A - udio vremena u kojem je promatrani prostor bez prisutnosti ljudi (0 – 1)

F_{OC} - koeficijent ovisan o tipu sustava kontrole rada rasvjete

Sustavi bez automatske detekcije prisutnosti i/ili odsutnosti	F_{oc}
Ručno uključenje / isključenje sklopke	1,00
Ručno uključenje / isključenje sklopke + dodatni automatski signal za isključenje rasvjete noću	0,95
Sustavi sa automatskom detekcijom prisutnosti i/ili odsutnosti	F_{oc}
Automatsko uključenje / dimanje	0,95
Automatsko uključenje / automatsko isključenje	0,90
Ručno uključenje / dimanje	0,90
Ručno uključenje / automatsko isključenje	0,80

Određivanje koeficijenta F_{oc}

Koeficijent F_A - udio vremena u kojem je promatrani prostor bez prisutnosti ljudi (0 – 1) određuje se iz sljedeće tablice.

Za svaku od zgrada u tablici dan je ukupni iznos koeficijenta F_A za potrebe brze metode određivanja indeksa LENI.

Ukoliko se provodi složena metoda, za svaku od zgrada prikazani su iznosi koeficijenta F_A u njihovim karakterističnim prostorijama, te na kraju tablice i iznosi F_A ostalih karakterističnih prostorija u raznim drugim nerazvrstanim zgradama.

Proračun za cijelu zgradu		Proračun za pojedinu prostoriju u zgradi		Proračun za cijelu zgradu		Proračun za pojedinu prostoriju u zgradi	
Tip zgrade	F _A	Tip prostorije	F _A	Tip zgrade	F _A	Tip prostorije	F _A
Uredi	0,2	Zatvoreni ured - 1 osoba	0,4	Tvornički pogoni	0	Radni pogon / hala	0
		Zatvoreni ured - 2-6 osoba	0,3			Radionica	0,2
		Otvoreni ured > 6 osoba / 30 m ²	0			Zatvoreni skladišni prostor	0,4
		Otvoreni ured > 6 osoba / 10 m ²	0,2			Otvoreni skladišni prostor	0,2
		Hodnik	0,4			Lakirnica	0,2
		Ulazni hodnik	0	Hoteli i restorani	0	Ulazni hodnik, recepcija	0
		Izložbeni prostor	0,6			Hodnik	0,4
		Kupaonica	0,9			Hotelska soba	0,6
		Sanitarni čvor	0,5			Blagovaonica / restoran / bar	0
		Ostava / svlačionica	0,9			Kuhinja	0
		Kotlovnica	0,98			Konferencijska dvorana	0,4
		Kopiraonica / server soba	0,5	Veleprodajni i maloprodajni centri	0	Ostava / Spremište	0,5
		Konferencijska dvorana	0,5			Prodajna zona	0
		Arhiva	0,98			Skladišta (lokalna)	0,2
						Skladišta, hladnjače	0,6
Obrazovne ustanove	0,2	Učionica	0,25	Ostalo		Čekaonice	0
		Prostorija za grupne aktivnosti	0,3			Stubišta	0,2
		Hodnik	0,6			Kazališne dvorane i auditoriji	0
		Zajednička prostorija	0,5			Kongresne / izložbene dvorane	0,5
		Predavaonica	0,4			Muzeji / izložbeni prostori	0
		Prostorija za osoblje	0,4			Knjižnice / čitaonice	0
		Sportska dvorana	0,3			Knjižnice / arhive	0,9
		Blagovaonica	0,2			Sportske dvorane	0,3
		Zbornica	0,4			Privatne garaže	0,95
		Kopiraonica / ostava	0,4			Javne garaže	0,8
		Kuhinja	0,2	Stambene zgrade	0	Dnevna soba	0,3
		Knjižnica	0,4			Spavaća soba	0,4
Bolnice	0	Bolnička soba	0			Dječja soba ili soba za umirovljenike	0,3
		Ambulantna obrada / dijagnostika	0,4			Blagovaonica	0,7
		Predoperacijska soba	0,4			Kuhinja	0,6
		Postoperativni postupak	0			Kupaonica	0,8
		Operacijska sala	0			Toalet (WC)	0,9
		Hodnik	0			Ulazni hodnik	0,8
		Tehnički koridori	0,7			Hodnik, stubište	0,7
		Čekaonica	0			Ostava	0,9
		Ulazni hodnik	0			Podrum	0,95
		Dnevna soba	0,2			Prostorija za rublje	0,98
		Laboratorij	0,2			Ostava	0,98
						Radna soba	0,6
						Radionica	0,8
						Garaža	0,95

Općenito, može se reći da korištenje raznih načina automatskog upravljanja rasvjetom utječe na **smanjenje vrijednosti LENI pokazatelja** za cijelu zgradu, uz naravno bolje iskorištenje dnevne svjetlosti.

PRORAČUN ENERGIJE RASVJETE U ZGRADAMA

METODA 2 - Brza metoda

Metoda 2
Proračun

Novo i
obnovljene
zgrade

Metoda brze
procjene za
troškovnik
projekta

Gustoća
instalirane snage
Godišnji
koeficijenti
ovisnosti F_c , F_o i
 F_D Približne
vrijednosti

Preliminarni
godišnji LENI

Dovršiti pomoću
sveobuhvatnih
podataka o
rasvjeti

PRORAČUN ENERGIJE RASVJETE U ZGRADAMA

METODA 2 - Brza metoda

Služi za izračun energijskih zahtjeva za sustave rasvjete gdje pomoću složene metode još nije izveden.

Daje isključivo godišnje vrijednosti energije (8760 sati).

Metoda je prikladna u idejnoj fazi projektiranja novih zgrada ili prilikom obnove.

PRORAČUN ENERGIJE RASVJETE U ZGRADAMA

METODA 2 - Brza metoda

Godišnja električna energija potrebna za rasvjetu **zone ili površine**

$$W_{az} = LENI_{sub} \times A_i [kWh/godina]$$

$LENI_{sub}$ - brojčani pokazatelj energije rasvjetе za određenu **zonu ili područje** [kWh/m^2 godišnje]

A_i – ukupna korisna površina poda određene **zone ili područja** [m^2]

Brza metoda daje u pravilu **veće vrijednosti** koeficijenta LENI i **manje je točna** u odnosu na Složenu metodu

$$LENI_{sub} = \sum \{F_c \times (P_j/1000) \times F_o[(t_D \times F_D) + t_N]\} + 1,0 + 1,5 [kWh/m^2 godišnje]$$

P_j – gustoća snage na određenom području [W/m^2]

F_C – koeficijent konstantnosti rasvjete – koeficijent učinkovitosti upravljanja konstantnosti rasvjete

F_D – koeficijent ovisnosti o dnevnom svjetlu - korištenje ukupne instalirane snage rasvjete pri dostupnom dnevnom svjetlu, u sobi ili zoni

F_O – koeficijent ovisnosti o boravku - korištenje ukupne instalirane snage rasvjete u razdoblju boravka, u sobi ili zoni

t_D – vrijeme uporabe pri dnevnom svjetlu, [h]

t_N – vrijeme uporabe bez dnevnog svjetla, [h]

Konstante 1,0 i 1,5 su zadane gustoće energije stanja pripravnosti za punjenje baterija te za upravljanje.

$$LENI = \frac{\sum_{i=1}^n (LENI_{sub} \times A_i)}{A}$$

LENI – Brojčani pokazatelj energije rasvjete za cijelu zgradu [*kWh/m² godišnje*]

n – broj područja koja se uzimaju u proračun

A_i – ukupna korisna površina poda određene zone ili područja [m²]

A – ukupna korisna površina zgrade [m²]

Ukupna godišnja energije potrebna za rasvjetu zgrade:

$$W = LENI \times A \text{ [kWh/godišnje]}$$

Podaci o rasvjetnim tijelima

- Karakteristike rasvjetnih tijela
- Funkcionalne mogućnosti: dimanje, integrirani senzori
- Protupanična rasvjeta

Podaci o dizajnu sustava

Potrebno je izvesti proračune za svaku površinu, zonu ili zgradu, kako bi se:

- Izračunala instalirana snaga rasvjete
- Procijenili utjecaji prisutnosti, dnevnog svjetla i održavanja na upravljanje rasvjetom – određivanje koeficijenata F_O , F_D i F_C

Procjena instalirane snage za ne-stambene zgrade

$$P_n = P_j \times A [W]$$

gdje je

A - relevantna površina u zgradi [m²]

Gustoća snage rasvjete za površinu u zgradi:

$$P_j = P_{j.lx} \times E_{task} \times F_{MF} \times F_{CA} \times F_L$$

gdje je

P_j - gustoća snage za površinu [W/m²]

$P_{j.lx}$ - gustoća snage po luxu za površinu [W/lm]

E_{task} – održavana rasvijetljenost koju osigurava sustav rasvjete [lx]

F_{MF} – korekcijski faktor za izračun koeficijenta održavanja

F_{CA} – faktor za izračun zahtijevane reducirane snage, niža rasvijetljenost površine

F_L – korekcijski faktor za izračun učinkovitosti opreme za rasvjetu

Procjena $P_{j.lx}$

- Ovisi o fotometrijskoj distribuciji rasvjetnih tijela i obliku prostorije
- Oblik sobe se klasificira u skladu s koeficijentom prostorije k :

$$k = \frac{L_R \times w_R}{h_m (L_R + w_R)}$$

Gdje je:

L_R – duljina prostorije [m]

w_R – širina prostorije [m]

h_m – visina rasvjetnih tijela iznad radne površine u prostoriji [m]

Procjena $P_{j.lx}$

Ako je dobivena vrijednost koeficijenta prostorijske k niža od 0,6, ne treba koristiti tabličnu metodu

Ako se za k dobije vrijednost veća od 5,0, za vrijednost gustoće snage po luksu treba u tablici uzeti vrijednost za 5,0.

Sljedeća tablica daje vrijednosti gustoće snage po luksu za vrijednosti koeficijenta prostorijske k između 0,6 i 5,0 i to za rasvjetna tijela s raspodjelom svjetlosnog toka prema gore (UFF – engl. Upward Flux Fraction) od 10 %, 30 %, 70 % i 90 %.

Procjena $P_{j.lx}$

	Raspodjela svjetlosnog toka prema gore (opis smjera toka svjetlosti)			
k	10 % (direktno)	30 % (direktno/ indirektno)	70 % (indirektno /direktno)	90 % (indirektno)
0,60	0,037	0,043	0,064	0,087
0,80	0,032	0,038	0,053	0,070
1,00	0,030	0,035	0,046	0,060
1,25	0,027	0,033	0,041	0,051
1,50	0,026	0,031	0,037	0,046
2,00	0,024	0,029	0,033	0,039
2,50	0,023	0,028	0,030	0,035
3,00	0,022	0,027	0,029	0,032
4,00	0,021	0,026	0,026	0,029
5,00	0,021	0,025	0,025	0,027

Procjena instalirane snage za stambene zgrade

		Instalirana snaga za tipična rješenja rasvjete [W]		
	Rasvjeta	Mala površina	Srednja površina	Velika površina
Kuhinja	Opća i ambijentalna	60	80	120
	Radna ploča	90	90	90
Blagovaonica	Opća i ambijentalna	100	135	200
	Stol za objedovanje	120	120	120
Dnevna soba	Opća i ambijentalna	100	135	200
	Za čitanje	60	60	60
Kupaonica i toalet	Opća i ambijentalna	50	70	100
	Za ogledalo	70	70	70
Spavaća soba	Opća i ambijentalna	90	100	140
	Za noćni ormarić	30	30	30
	Stolna	50	50	50

Procjena instalirane snage za ne-stambene zgrade

		Instalirana snaga za tipična rješenja rasvjete [W]		
		Mala površina	Srednja površina	Velika površina
Ulazni hodnik prolazi, stubišta	Opća i ambijentalna	40	60	80
Spremište, podrum, vešeraj	Opća i ambijentalna	60	80	120

U normi HRN EN 15193:2017 dane su i dimenzije za male, srednje i velike prostorije

Zahtjevi za energijom sustava za pripravnost (eng. standby)

Energija potrebna za punjenje baterija za sigurnosnu rasvjetu te za pripravnost sustava za upravljanje rasvjetom

Svrha	Simbol	Potrebna godišnja energija [kWh/m ² godišnje]
Punjenje baterija sigurnosne rasvjete	W_{pe}	1,0
Energija za standby sustava upravljanja	W_{pc}	1,5

Koeficijent ovisnosti o prisutnosti F_O

Vrijednosti za F_O su dane u sljedećoj tablici:

F_A	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Ručno uklj/isklj	1,000	1,000	1,000	0,900	0,800	0,700	0,600	0,500	0,400	0,300	0,000
Ručno uklj/isklj + autom. signal isključ.	1,000	0,975	0,950	0,850	0,750	0,650	0,550	0,450	0,350	0,250	0,000
Autom. uklj/dimanje	1,000	0,975	0,950	0,850	0,750	0,650	0,550	0,450	0,350	0,250	0,000
Autom. uklj/isklj	1,000	0,950	0,900	0,800	0,700	0,600	0,500	0,400	0,300	0,200	0,000
Ručno uklj/dimanje	1,000	0,950	0,900	0,800	0,700	0,600	0,500	0,400	0,300	0,200	0,000
Ručno uklj/ autom. isklj	1,000	0,900	0,800	0,700	0,600	0,500	0,400	0,300	0,200	0,100	0,000

Koeficijent ovisnosti o dnevnoj svjetlosti F_D

Vertikalne fasade

U brzoj metodi procjena F_D za vertikalne fasade računa se odabirom zone segmentacije kako je opisano u normi HRN EN 15193:2017 te upotrebom sljedeće tri formule:

$$D = 0,34 (4,13 + 20 I_{Tr,j} - 1,36 I_{RD,j})$$

gdje je D koeficijent dnevnog svjetla

$$I_{Tr,j} = \frac{A_{Ca}}{A_D}, \quad I_{RD,j} = \frac{a_D}{h_{Li} - h_{Ta}}$$

Detalji za gornje formule su dani u normi.

Koeficijent ovisnosti o dnevnoj svjetlosti F_D

Vertikalne fasade

Za fasade okrenute na južnu stranu, bez zasjenjenja, sa zaštitom od odsjaja:

$$F_{D,S} = 0,65 F_{D,S,NA} + 0,07$$

Za fasade okrenute na južnu stranu, sa zasjenjenjem, bez zaštite od odsjaja, ili za fasade na istočnoj, zapadnoj i sjevernoj strani:

$$F_{D,S} = 0,65 F_{D,S,NA} + 0,25$$

Vrijednosti za $F_{D,S,NA}$ dane su u normi. I nadalje:

$$F_D = 1 - 0,52 F_{D,S}$$

Koeficijent ovisnosti o dnevnoj svjetlosti F_D

Krovna svjetla

U brzoj metodi procjena F_D za krovna svjetla računa se odabirom zone segmentacije kako je opisano u normi HRN EN 15193:2017 te upotrebom sljedeće dvije formule:

$$\bar{D}_{SNA} = 0,54 \cdot \tau_{D65,SNA} \cdot \frac{\sum A_{Ca}}{A_D} \cdot \eta_R$$

Gdje je:

D_{SNA} – koeficijent dnevnog svjetla bez zasjenjenja

A_{CA} – površina krovnog svjetla (dimenzija krovnog otvora

A_D – površina poda koje je rasvijetljeno dnevnim svjetlom

$\tau_{D65,SNA}$ – propusnost stakla krovnog svjetla bez zasjenjenja

Vrijednosti za F_{DS} su dane u normi. Slijedi izraz:

$$F_D = 1 - 0,52 F_{D,S}$$

Standardne vrijednosti godišnjeg broja sati rada rasvjete

Vrste zgrada	Standardni godišnji broj sati rada rasvjete		
	Dan - t_D	Noć - t_N	Ukupno - t_o
Stambene zgrade	1 820	1 680	3 500
Uredi	2 250	250	2 500
Obrazovne ustanove	1 800	200	2 000
Bolnice	3 000	2 000	5 000
Hoteli	3 000	2 000	5 000
Restorani	1 250	1 250	2 500
Sportski objekti	2 000	2 000	4 000
Prodajni centri	3 000	2 000	5 000
Tvornički pogoni	2 500	1 500	4 000

Rasvjeta treba biti projektirana i izvedena slijedeći **dobru inženjersku praksu rasvjete**. Kriteriji za projektiranje rasvjete dani su u normama HRN EN 12464-1:2021 "Svjetlo i rasvjeta – Rasvjeta radnih mjesta" i HRN EN 12193:2018 "Svjetlo i rasvjeta – Rasvjeta sportskih objekata". Svaki od kriterija potrebno je uzeti u obzir. Projektirana rasvjeta treba ispuniti osnovne zahtjeve rasvjete.

Mora se postići **kompromis** između zahtjeva investitora, koji želi visoku kvalitetu rasvjete i smjernica za energetske učinkovitost rasvjete.

U nekim slučajevima mora se postići **visoka kvaliteta rasvjete**, kao na primjer u bolnicama, ali tada treba očekivati i **visoke iznose** indeksa LENI.

Povećanjem klase kvalitete rasvjete:

- poboljšavaju se uvjeti udobnosti korisnika, kao i njihovo zadovoljstvo
- **značajno raste** potrebna gustoća instalirane snage rasvjete, a s njom i **LENI**.

Načini da se **smanji LENI**, odnosno poveća energetska učinkovitost rasvjete, **bez smanjenja kvalitete** rasvjete i zadovoljstva korisnika su:

- smanjenje koeficijenata F_C , F_O i F_D , drugim riječima što bolje iskorištenje dnevnog svjetla i što bolje upravljanje radom rasvjete;
- projektiranje i ugradnja kvalitetnih i učinkovitih izvora svjetlosti (žarulja).

METODA 3 - MJERENJE

Direktno mjerenje potrošene energije za sustav rasvjete u stambenim i nestambenim zgradama – odvojeno mjerenje.

Metoda je primjenjiva u onim zgradama gdje se odvojeno mogu mjeriti strujni krugovi za rasvjetu.

Također je primjenjiva u zgradama gdje postoji Upravljački sustav zgrade (BMS – engl. Building Management System)

METODA 3 - MJERENJE

Potrošnja el. energije za rasvjetu može se odvojeno mjeriti pomoću jedne od sljedećih metoda:

- a) brojilom električne energije ugrađenim u rasvjetne krugove električne instalacije,
- b) lokalnim watmetrima koji su spojeni ili ugrađeni u kontrolere sustava upravljanja rasvjetom,
- c) sustavom za upravljanje rasvjetom koji može izračunati utrošenu električnu energiju za rasvjetu i dostaviti ove podatke Sustavu upravljanja građevinom, BMS (eng. **B**uilding **M**anagement **S**ystem),

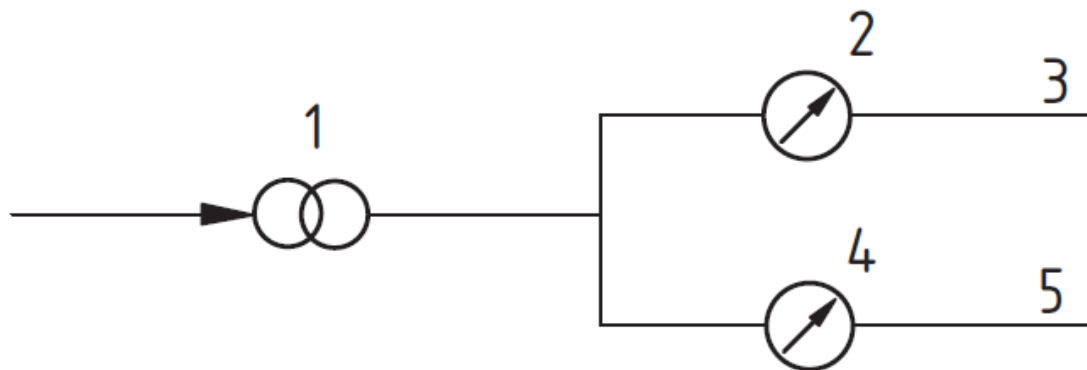
- d) sustavom za upravljanje rasvjetom koji može izračunati potrošenu energiju po dijelu zgrade i dostaviti ove informacije u zadanom izlaznom formatu, npr. tabličnom formatu
- e) sustavom za upravljanje rasvjetom koji zapisuje vrijeme rada rasvjete i razinu intenziteta rasvjete te uspoređuje ove podatke s unutarnjom bazom podataka o instaliranoj snazi rasvjete.

Daljinsko mjerenje

- preporuča se za zgrade koje imaju potpuno odvojenu električnu instalaciju za napajanje rasvjete građevine

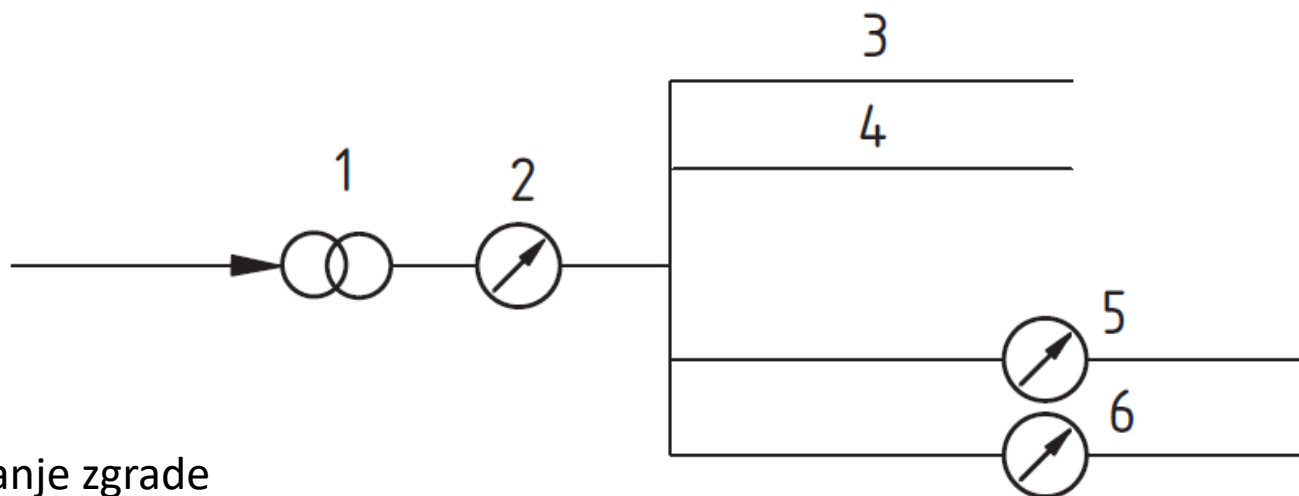
Primjeri mjerenja električne energije za rasvjetu

Brojilo na strujnom krugu rasvjete u instalaciji zgrade



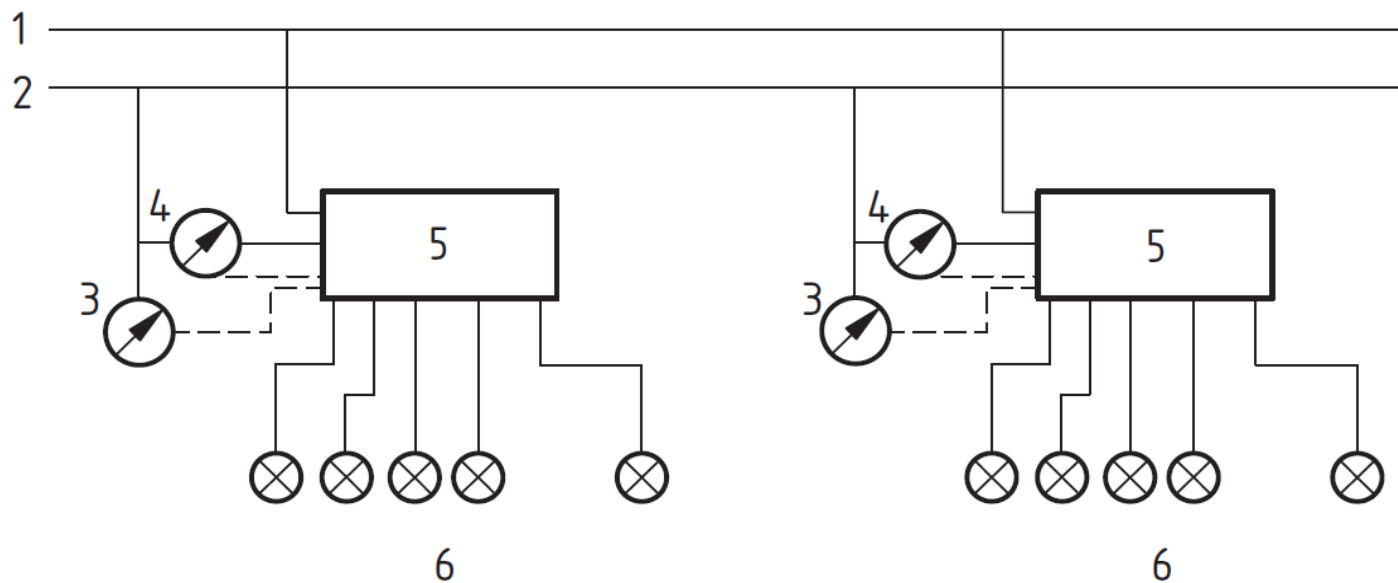
1. Napajanje zgrade
2. Brojilo potrošnje drugog kruga
3. Strujni krug ostale potrošnje
4. Brojilo za rasvjetu
5. Strujni krug rasvjete

Zgrada s odvojenim strujnim krugovima rasvjete po katovima, odvojeno mjerenje



1. Napajanje zgrade
2. Brojilo ukupne energije
3. Strujni krug 1
4. Strujni krug 2
5. Brojilo – rasvjeta krug 1
6. Brojilo – rasvjeta krug 2

Voltmetri i ampermetri spojeni na ulaze kontrolera rasvjete



1. Signalna sabirnica
2. Napajanje 230 V
3. Voltmetar

4. Ampermetar
5. Kontroler rasvjete
6. Rasvjetna tijela

Energija potrošena za električnu rasvjetu W_t , za vremenski korak t_s dobiva se s mjernog uređaja.

Ukupna izmjerena energija W_{mt} koja je potrošena za električnu rasvjetu u zgradi, za vremenski korak t_s računa se zbrajanjem energija potrošenih za rasvjetu raznih dijelova zgrade (izmjerenih odvojenim mjerilima).

$$W_{mt} = \sum W_t [kWh/t_s]$$

Godišnja energija potrošena za električnu rasvjetu unutar zgrade:

$$W = \sum (8760/t_s \times W_{mt}) [kWh/godišnje]$$

Proračun LENI pokazatelja: PRIMJER IZ PRAKSE

poslovna uredska zgrada ukupne korisne površine 670 m², sa sljedećim prostorijama:

1	Zatvoreni uredi – 12 prostorija	192 m ²
2	Otvoreni ured	240 m ²
3	Konferencijska dvorana	60 m ²
4	Kopiraonica	16 m ²
5	Arhiva	40 m ²
6	Hodnik	90 m ²
7	Sanitarni čvor	32 m ²

Proračun LENI pokazatelja: PRIMJER IZ PRAKSE

Analizirano osam slučajeva - podijeljenih prema kvaliteti rasvjete i primijenjenoj kontroli rada rasvjete.

Unutrašnjost zgrade opskrbljena dnevnim svjetlom preko vertikalnih prozora standardne veličine, koji omogućuju **srednji utjecaj** dnevnog svjetla.

U svim je prostorijama instalirana sigurnosna rasvjeta.

Grupa slučajeva A – analiza rada rasvjete uredskih prostorija (1 - 3) s najvišom klasom kvalitete***,

Grupa slučajeva B – rasvjeta uredskih prostorija s nižom klasom kvalitete **.

Proračun LENI pokazatelja: PRIMJER IZ PRAKSE

Svi su proračuni načinjeni uz pretpostavku trajanja korištenja rasvjete za vrijeme dnevnog svjetla (t_D) odnosno noći (t_N) tijekom godine: $t_D = 2.250$ h i $t_N = 250$ h.

Parazitna energija za rad sustava sigurnosne rasvjete (W_E) i energija potrebna za rad sustava upravljanja radom rasvjete (W_C) iskazana je (kWh/m²/god.), snaga P_N u (W/m²) i ukupna godišnja energija E (kWh/god.).

Proračun LENI pokazatelja: PRIMJER IZ PRAKSE

Grupa slučajeva 1 - rasvjeta bez automatske kontrole rada rasvjete, odnosno ručnim uključanjem i isključenjem rasvjete.

Grupa slučajeva 2 - rasvjeta automatskim upravljanjem detektorima prisutnosti i/ili odsutnosti, u načinu „ručno uključenje/automatsko isključenje“.

Grupa slučajeva 3 - rasvjeta automatskim upravljanjem iz grupe 2 s dodatnim upravljanjem rasvjetom, ovisnom o prodoru dnevnog svjetla.

Grupa slučajeva 4 - rasvjeta automatskim upravljanjem iz grupe 3 s dodatnim upravljanjem konstantne rasvjete.

Proračun LENI pokazatelja: PRIMJER IZ PRAKSE

Slučaj A1: bez upravljanja, uredski prostor s **najvećom klasom kvalitete rasvjete**, srednji utjecaj dnevnog svjetla.

Tip	Kol.	A (m ²)	A _{uk} (m ²)	W _E	W _C	P _N	F _C	F _A	F _{OC}	F _O	F _{DS}	F _{DC}	F _D	LENI $\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \cdot \text{god}}$	E $\frac{\text{kWh}}{\text{god}}$
Zatvoreni ured	12	16	192	1	0	25	1	0,4	1	0,8	0,7	0,3	0,853	44,39	8521,92
Otvoreni ured	1	240	240	1	0	25	1	0	1	1	0,7	0,3	0,853	55,23	13255,50
Konferenc. dvorana	1	60	60	1	0	25	1	0,5	1	0,7	0,7	0,3	0,853	38,96	2337,71
Kopiraonica	1	16	16	1	0	15	1	0,5	1	0,7	0,7	0,3	0,853	23,78	380,43
Arhiva	1	40	40	1	0	15	1	0,98	1	0,06			1,000	3,25	130,00
Hodnik	1	90	90	1	0	15	1	0,4	1	0,8	0,51	0,3	0,893	28,11	2529,75
Sanitarni čvor	1	32	32	1	0	15	1	0,5	1	0,7			1,000	27,25	872,00
UKUPNO:			670												28027,31
LENI _{uk}															41,83

Proračun LENI pokazatelja: PRIMJER IZ PRAKSE

Slučaj A2: s upravljanjem pomoću detektora prisutnosti (**ručno uključenje/automatsko isključenje**), uredski prostor s **najvećom klasom kvalitete rasvjete**, srednji utjecaj dnevnog svjetla.

Tip	Kol.	A (m ²)	A _{uk} (m ²)	W _E	W _C	P _N	F _C	F _A	F _{OC}	F _O	F _{DS}	F _{DC}	F _D	LENI $\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \cdot \text{god}}$	E $\frac{\text{kWh}}{\text{god}}$
Zatvoreni ured	12	16	192	1	5	25	1	0,4	0,8	0,6	0,7	0,3	0,853	37,11	7125,47
Otvoreni ured	1	240	240	1	5	25	1	0	0,8	1	0,7	0,3	0,853	58,80	14113,03
Konferenc. dvorana	1	60	60	1	5	25	1	0,5	0,8	0,5	0,7	0,3	0,853	31,69	1901,32
Kopiraonica	1	16	16	1	5	15	1	0,5	0,8	0,5	0,7	0,3	0,853	20,84	333,48
Arhiva	1	40	40	1	5	15	1	0,98	1	0,06			1,000	6,82	272,92
Hodnik	1	90	90	1	5	15	1	0,4	0,8	0,6	0,51	0,3	0,893	24,90	2241,39
Sanitarni čvor	1	32	32	1	5	15	1	0,5	1	0,7			1,000	30,82	986,34
UKUPNO:			670												26973,98
LENI _{uk}															40,26

Proračun LENI pokazatelja: PRIMJER IZ PRAKSE

Slučaj A3: s upravljanjem detektorima prisutnosti (ručno uključenje/automatsko isključenje) i **upravljanjem rasvjetom prema prodoru dnevnog svjetla**, uredski prostor s **najvećom klasom kvalitete rasvjete**, srednji utjecaj dnevnog svjetla.

Tip	Kol	A (m ²)	A _{uk} (m ²)	W _E	W _C	P _N	F _C	F _A	F _{OC}	F _O	F _{DS}	F _{DC}	F _D	LENI $\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \cdot \text{god}}$	E $\frac{\text{kWh}}{\text{god}}$
Zatvoreni ured	12	16	192	1	5	25	1	0,4	0,8	0,6	0,7	0,77	0,623	29,339	5633,123
Otvoreni ured	1	240	240	1	5	25	1	0	0,8	1	0,7	0,77	0,623	45,850	11003,984
Konferenc. dvorana	1	60	60	1	5	25	1	0,5	0,8	0,5	0,7	0,77	0,623	25,211	1512,690
Kopiraoonica	1	16	16	1	5	15	1	0,5	0,8	0,5	0,7	0,77	0,623	16,956	271,298
Arhiva	1	40	40	1	5	15	1	0,98	1	0,06			1,000	6,823	272,922
Hodnik	1	90	90	1	5	15	1	0,4	0,8	0,6	0,51	0,77	0,725	21,507	1935,588
Sanitarni čvor	1	32	32	1	5	15	1	0,5	1	0,7			1,000	30,823	986,338
UKUPNO:			670												21615,944
LENI _{uk}															32,263

Proračun LENI pokazatelja: PRIMJER IZ PRAKSE

Slučaj A4: S upravljanjem detektorima prisutnosti (ručno uključenje/automatsko isključenje), upravljanjem rasvjetom prema prodoru dnevnog svjetla i **upravljanjem konstantne rasvijetljenosti**, uredski prostor s **najvećom klasom kvalitete rasvjete**, srednji utjecaj dnevnog svjetla.

Tip	Kol.	A (m ²)	A _{uk} (m ²)	W _E	W _C	P _N	F _C	F _A	F _{OC}	F _O	F _{DS}	F _{DC}	F _D	LENI $\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \cdot \text{god}}$	E $\frac{\text{kWh}}{\text{god}}$
Zatvoreni ured	12	16	192	1	5	25	0,9	0,4	0,8	0,6	0,7	0,77	0,623	26,863	5157,61
Otvoreni ured	1	240	240	1	5	25	0,9	0	0,8	1	0,7	0,77	0,623	41,722	10013,34
Konferenc. dvorana	1	60	60	1	5	25	0,9	0,5	0,8	0,5	0,7	0,77	0,623	23,148	1388,86
Kopiraonica	1	16	16	1	5	15	0,9	0,5	0,8	0,5	0,7	0,77	0,623	15,718	251,48
Arhiva	1	40	40	1	5	15	0,9	0,98	1	0,06			1,000	6,598	263,92
Hodnik	1	90	90	1	5	15	0,9	0,4	0,8	0,6	0,51	0,77	0,725	19,813	1783,19
Sanitarni čvor	1	32	32	1	5	15	0,9	0,5	1	0,7			1,000	28,198	902,34
UKUPNO:			670												19760,75
LENI _{uk}															29,49

Proračun LENI pokazatelja: PRIMJER IZ PRAKSE

Slučaj B1: bez upravljanja, uredski prostor sa **srednjom klasom kvalitete rasvjete**, srednji utjecaj dnevnog svjetla.

Tip	Kol.	A (m ²)	A _{uk} (m ²)	W _E	W _C	P _N	F _C	F _A	F _{OC}	F _O	F _{DS}	F _{DC}	F _D	LENI $\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \cdot \text{god}}$	E $\frac{\text{kWh}}{\text{god}}$
Zatvoreni ured	12	16	192	1	0	20	1	0,4	1	0,8	0,7	0,3	0,853	35,708	6855,94
Otvoreni ured	1	240	240	1	0	20	1	0	1	1	0,7	0,3	0,853	44,385	10652,40
Konferenc. dvorana	1	60	60	1	0	20	1	0,5	1	0,7	0,7	0,3	0,853	31,370	1882,17
Kopiraonica	1	16	16	1	0	15	1	0,5	1	0,7	0,7	0,3	0,853	23,777	380,43
Arhiva	1	40	40	1	0	15	1	0,98	1	0,06			1,000	3,250	130,00
Hodnik	1	90	90	1	0	15	1	0,4	1	0,8	0,51	0,3	0,893	28,108	2529,75
Sanitarni čvor	1	32	32	1	0	15	1	0,5	1	0,7			1,000	27,250	872,00
UKUPNO:			670												23302,69
LENI _{uk}															34,78

Proračun LENI pokazatelja: PRIMJER IZ PRAKSE

Služaj B2: s upravljanjem **detektorima prisutnosti** (ručno uključenje/automatsko isključenje), uredski prostor **sa srednjom klasom kvalitete rasvjete**, srednji utjecaj dnevnog svjetla.

Tip	Kol.	A (m ²)	A _{uk} (m ²)	W _E	W _C	P _N	F _C	F _A	F _{OC}	F _O	F _{DS}	F _{DC}	F _D	LENI $\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \cdot \text{god}}$	E $\frac{\text{kWh}}{\text{god}}$
Zatvoreni ured	12	16	192	1	5	20	1	0,4	0,8	0,6	0,7	0,3	0,853	30,604	5875,98
Otvoreni ured	1	240	240	1	5	20	1	0	0,8	1	0,7	0,3	0,853	47,958	11509,93
Konferenc. dvorana	1	60	60	1	5	20	1	0,5	0,8	0,5	0,7	0,3	0,853	26,266	1575,93
Kopiraoonica	1	16	16	1	5	15	1	0,5	0,8	0,5	0,7	0,3	0,853	20,842	333,48
Arhiva	1	40	40	1	5	15	1	0,98	1	0,06			1,000	6,823	272,92
Hodnik	1	90	90	1	5	15	1	0,4	0,8	0,6	0,51	0,3	0,893	24,904	2241,38
Sanitarni čvor	1	32	32	1	5	15	1	0,5	1	0,7			1,000	30,823	986,34
UKUPNO:			670												22795,97
LENI _{uk}															34,02

Proračun LENI pokazatelja: PRIMJER IZ PRAKSE

Slučaj B3: s upravljanjem detektorima prisutnosti (ručno uključenje/automatsko isključenje) i upravljanjem rasvjetom prema **prodoru dnevnog svjetla**, uredski prostor **sa srednjom klasom kvalitete rasvjete**, srednji utjecaj dnevnog svjetla.

Tip	Kol.	A (m ²)	A _{uk} (m ²)	W _E	W _C	P _N	F _C	F _A	F _{OC}	F _O	F _{DS}	F _{DC}	F _D	LENI $\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \cdot \text{god}}$	E $\frac{\text{kWh}}{\text{god}}$
Zatvoreni ured	12	16	192	1	5	20	1	0,4	0,8	0,6	0,7	0,77	0,623	24,386	4682,10
Otvoreni ured	1	240	240	1	5	20	1	0	0,8	1	0,7	0,77	0,623	37,595	9022,69
Konferenc. dvorana	1	60	60	1	5	20	1	0,5	0,8	0,5	0,7	0,77	0,623	21,084	1265,03
Kopiraoonica	1	16	16	1	5	15	1	0,5	0,8	0,5	0,7	0,77	0,623	16,956	271,29
Arhiva	1	40	40	1	5	15	1	0,98	1	0,06			1,000	6,823	272,92
Hodnik	1	90	90	1	5	15	1	0,4	0,8	0,6	0,51	0,77	0,725	21,507	1935,59
Sanitarni čvor	1	32	32	1	5	15	1	0,5	1	0,7			1,000	30,823	986,34
UKUPNO:			670												18435,97
LENI _{uk}															27,52

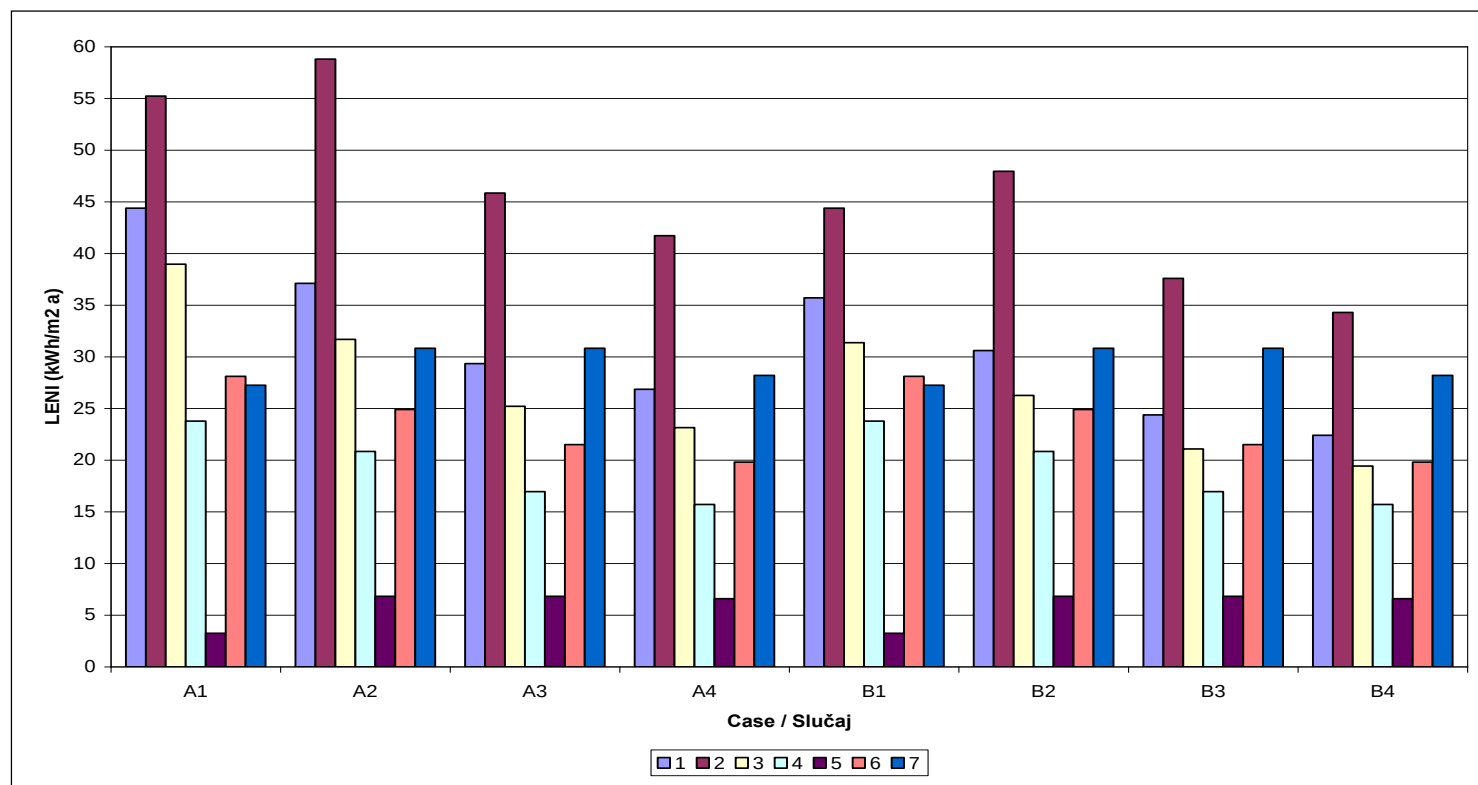
Proračun LENI pokazatelja: PRIMJER IZ PRAKSE

Slučaj B4: s upravljanjem detektorima prisutnosti (ručno uključenje/automatsko isključenje), upravljanjem rasvjetom prema prodoru dnevnog svjetla i **upravljanjem konstantne rasvjetljenosti**, uredski prostor sa **srednjom klasom kvalitete rasvjete**, srednji utjecaj dnevnog svjetla.

Tip	Kol.	A (m ²)	A _{uk} (m ²)	W _E	W _C	P _N	F _C	F _A	F _{OC}	F _O	F _{DS}	F _{DC}	F _D	LEN _{kwh} m ² ,god	E _{kwh} god
Zatvoreni ured	12	16	192	1	5	20	0,9	0,4	0,8	0,6	0,7	0,77	0,623	22,41	4301,69
Otvoreni ured	1	240	240	1	5	20	0,9	0	0,8	1	0,7	0,77	0,623	34,29	8230,18
Konferenc. dvorana	1	60	60	1	5	20	0,9	0,5	0,8	0,5	0,7	0,77	0,623	19,43	1165,96
Kopiraonica	1	16	16	1	5	15	0,9	0,5	0,8	0,5	0,7	0,77	0,623	15,72	251,48
Arhiva	1	40	40	1	5	15	0,9	0,98	1	0,06			1,000	6,59	263,92
Hodnik	1	90	90	1	5	15	0,9	0,4	0,8	0,6	0,51	0,77	0,725	19,81	1783,19
Sanitarni čvor	1	32	32	1	5	15	0,9	0,5	1	0,7			1,000	28,19	902,34
UKUPNO:			670												16898,7
LENI _{uk}															25,222

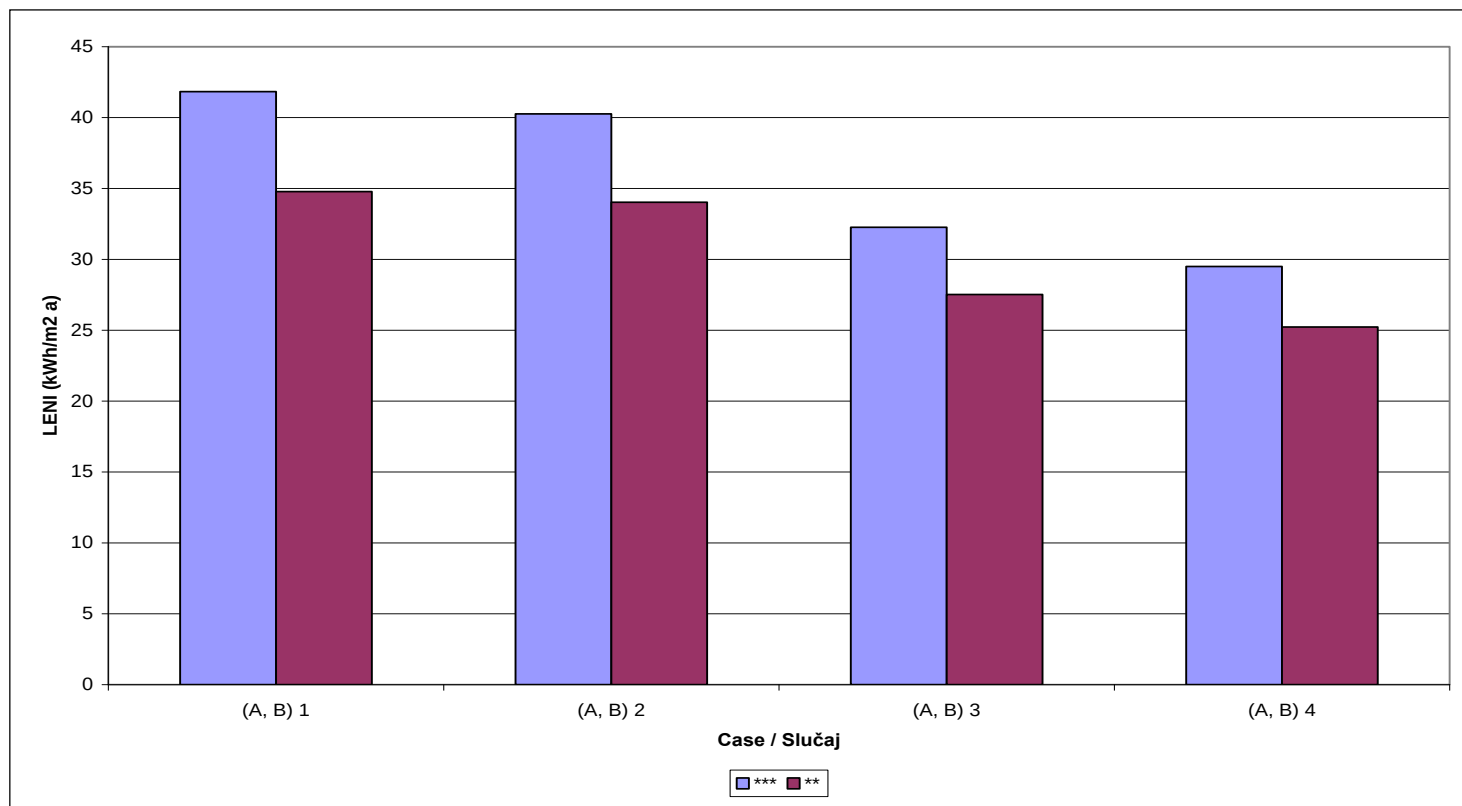
Proračun LENI pokazatelja: PRIMJER IZ PRAKSE

Na slici su prikazane izračunate vrijednosti LENI pokazatelja u svim vrstama prostorijskih (1 - 7) za svih 8 slučajeva.



Proračun LENI pokazatelja: PRIMJER IZ PRAKSE

Na slici su dane su ukupne vrijednosti LENI pokazatelja za cijelu zgradu za svih 8 slučajeva.



Proračun LENI pokazatelja: PRIMJER IZ PRAKSE

Analizirajući vrijednosti LENI pokazatelja po pojedinim prostorijama i ukupno za zgradu, nameću se određeni zaključci.

Najveći utjecaj imaju:

- namjena prostorije, odnosno vrijeme prisutnosti zaposlenika pa je tako prostorija otvorenog (zajedničkog) ureda prostorija s najvećom LENI vrijednosti, a prostorija arhive ona s najmanjom vrijednosti LENI pokazatelja
- odabrana razina kvalitete rasvjete, pa tako veća razina kvalitete, razumljivo, uzrokuje i veću vrijednost LENI pokazatelja (grupe A i B za uredske prostorije 1, 2 i 3).

Utjecaj automatskog upravljanja rasvjetom može biti i nepovoljan u prostorijama s malom prisutnošću zaposlenika (prostorija 5 - arhiva) zbog parazitne energije uređaja sustava upravljanja.

Proračun LENI pokazatelja: PRIMJER IZ PRAKSE

Općenito, može se reći da korištenje raznih načina automatskog upravljanja rasvjetom utječe na smanjenje vrijednosti LENI pokazatelja za cijelu zgradu, uz naravno bolje iskorištenje dnevne svjetlosti, te je na kraju moguće načiniti i usporedbu korištenja različitih tehnologija izvora svjetlosti.

LITERATURA

1. Priručnik za energetske savjetnike, grupa autora, UNDP Hrvatska, FER, 2007.
2. „Green Lighting” B.C. Howard, W.J. Brinsky, S. Leitman, McGraw-Hill, SAD 2011.
3. "Handbook of Lighting Design” Ganslandt, R. , Hofmann, H., ERCO Leuchten GmbH, Germany, 1. Edition 1992.
4. "Svjetlotehničke veličine i jedinice" Krajcar, S., Šribar, A., Lugarić, L., Skripta s predavanja FER-a.
5. <http://www.fer.unizg.hr/download/repository/Predavanje2%5B4%5D.pdf>, pristup: travanj 2012.
6. Međunarodni SI sustav, <http://physics.nist.gov/cuu/Units/candela.html> , pristup: travanj 2012.
7. "Lighting Engineering 2002." – INDALUX
8. Norma HRN EN 12464 – 1
9. Međunarodna komisija za rasvjetu (*Commission Internationale de l’Eclairage* – C.I.E.) – <http://www.cie.co.at> – pristup: ožujak 2012.
10. "Parametri svjetla u kontekstu javne rasvjete" Skansi, R. Elicom d.o.o., Zagreb, 1993. http://www.elicom.hr/dokumenti/opcenito_jr.pdf – pristup: travanj 2012.
11. "The IESNA Lighting Handbook – References and Application", 9. Izdanje, IESNA, New York, SAD 2000.

LITERATURA

12. "Izvori svjetlosti" Krajcar, S., Šribar, A., Lugarić, L., Skripta s predavanja FER-a.
<http://www.fer.unizg.hr/download/repository/Predavanje3%5B4%5D.pdf>
13. "Žarulje na izboj" Krajcar, S., Šribar, A., Lugarić, L., Skripta s predavanja FER-a
<http://www.fer.unizg.hr/download/repository/Predavanje4%5B3%5D.pdf>
pristup: svibanj 2012.
14. Slavko Krajcar, Aljoša Šribar, Luka Lugarić, Projektiranje unutarnje rasvjete
http://www.fer.unizg.hr/download/repository/Predavanje6_novo.pdf
15. „The SSL Lighting Handbook” P. Boyce, P. Raynham, The Society of Light and Lighting, UK 2009.
16. Hrvatska norma HRN EN 15193:2008
17. Hrvatska norma HRN EN 15193-1:2017
18. Building Automation – Impact on energy efficiency, Siemens Switzerland Ltd, 2018