

Fakulteta za elektrotehniko Univerze v Ljubljani  
Laboratorij za razsvetljavo in fotometrijo  
2. letnik – Aplikativna elektrotehnika - 64627  
**Električne inštalacije in razsvetljava**

## Projektiranje notranje razsvetljave

predavatelj  
prof. dr. Grega Bizjak, u.d.i.e.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Namen notranje razsvetljave



Osnovni namen notranje razsvetljave je zagotoviti **ustrezno vizualno okolje v prostoru** (na delovnem mestu), ki bo omogočalo optimalno uporabo vida, dobro počutje in delovno atmosfero.

BR: Projektiranje notranje razsvetljave

2

---

---

---

---

---

---

---

---

## Namen notranje razsvetljave



V ospredju seveda stoji dobro počutje, le tako je delo lahko uspešno in produktivno.

Pojem, ki je povezan s tem je:  
**Ergonomija**

veda, ki se ukvarja z raziskovanjem človekovih telesnih in duševnih zmožnosti in ustreznim prilagajanjem delovnih obremenitev.

BR: Projektiranje notranje razsvetljave

3

---

---

---

---

---

---

---

---

## Namen notranje razsvetljave



ElR: Projektiranje notranje razsvetljave

Vendar pa samo projektiranje ni enostavno. Vedno obstaja več možnih rešitev, ki so na prvi pogled "enako ustrezne". Poleg tega pa se projektant večkrat sreča tudi z "nerešljivimi" problemi, ki jih ne moremo obdelati ne matematično in ne tehnično in ki zahtevajo drugačen pristop.

4

---

---

---

---

---

---

---

---

## Namen notranje razsvetljave



ElR: Projektiranje notranje razsvetljave

Zato je pri projektiranju razsvetljave vedno potrebno upoštevati

### človeka

In njegove potrebe

In ne na problem razsvetljave gledati samo iz tehničnega in ekonomskega vidika.

5

---

---

---

---

---

---

---

---

## Važen je dober začetek



ElR: Projektiranje notranje razsvetljave

Razsvetljava mora v prvi vrsti ustrezati svetlobnotehničnim zahtevam, vendar pa je tudi sestavni del celote – prostora. Zato mora upoštevati tudi:

- arhitekturo in oblikovanje prostora;
- tehniko gradbenih konstrukcij;
- tehniko električnih inštalacij;
- tehniko ogrevanja in prezračevanja;
- tehniko akustike;
- Druge dejavnosti, ki sodelujejo pri opremljanju prostora.

6

---

---

---

---

---

---

---

---

## Važen je dober začetek

Zato je projektant razsvetljave dolžan še pred začetkom projektiranja sodelovati z arhitektom in projektanti drugih elementov.

Pri svojem delu mora izhajati iz svetlobnotehničnih, fizioloških, psiholoških in ekonomskih zahtev, ne sme pa zanemarjati tudi zahtev arhitekture in drugih navedenih dejavnosti.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Važen je dober začetek



Prej kot začnemo s projektiranjem razsvetljave in več kot imamo pri tem na voljo informacij, večja je možnost da bo naša razsvetljava uspešna pri izpolnjevanju zadanih nalog.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Potrebne informacije



Namen (uporabe) prostora:

- dejavnost in smer pogleda;
- ergonomske in funkcionalne komponente;
- razporeditev strojev, aparatov, ...;
- pohištvo, okna, ...;
- posebne dejavnosti (industrija);
- transportne poti.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Potrebne informacije



### Položaj svetlobnih objektov:

Upoštevati je potrebno vire svetlobe v samem prostoru (objektu) kot tudi v neposredni okolici:

- dnevna svetloba (in ovire pred okni);
  - struktura stavbe;
- zunanja razsvetljava (lahko vpliva na razmere v notranjosti).

EIR: Projektiranje notranje razsvetljave

10

---

---

---

---

---

---

---

---

## Potrebne informacije



### Krajevne in klimatske razmere:

Vplivajo predvsem na dnevno svetlobo in potrebo po regulaciji svetlobnega toka:

- dnevna svetloba (konkretne razmere);
  - trajanje sončnega obsevanja;
  - orientacija oken (geografsko);
    - povprečna oblačnost;
- klimatske razmere (temperatura, padavine);
  - velikost oken.

EIR: Projektiranje notranje razsvetljave

11

---

---

---

---

---

---

---

---

## Potrebne informacije



### Lastnosti prostora:

Pred začetkom projektiranja moramo imeti na voljo:

- načrt prostora (tloris, prerezi) merilo 1:100 ali 1:50;
- okna (položaj, velikost, konstrukcija, senčila);
- odsevnosti in kakovost površin (stene, strop, tla, ...);
- gradbena konstrukcija (predvsem strop – obešanje svetilk);
  - vrste in izvedba inštalacij, regulacije, ...;
  - ovire v prostoru, zrcalne površine, ...;
  - prašnost, vlaga, temperatura, ....

EIR: Projektiranje notranje razsvetljave

12

---

---

---

---

---

---

---

---

## Potrebne informacije



ElR: Projektiranje notranje razsvetljave

### Osebne navedbe (želje):

Preverimo želje, navade, način dela, vidne sposobnosti, predstave... pri **investitorju, arhitektu**, predvsem pa pri **bodočih uporabnikih**:

- zadosten nivo osvetljenosti;
- pravilna smer svetlobe, sence, ...;
- omejevanje bleščanja, zrcalne površine, ...;
- ustrezna barva svetlobe in Ra;
- barva opremljenost prostora;
- načrtovana varnostna razsvetljava;
- možnosti za vzdrževanje razsvetljave.

13

---

---

---

---

---

---

---

---

## Potrebne informacije



### Svetlobni viri:

Projekt razsvetljave ni čisto neodvisen od uporabljenih svetlobnih virov. Zato se je treba že zelo zgodaj odločiti, kakšni svetlobni viri bodo uporabljeni:

- vrsta svetlobnega vira (žarnice, halogenske žarnice, fluorescenčne sijalke, visoko-tlačne sijalke);
- obratovalne lastnosti (izkoristek, vklopni pojavi, predpisana lega, okoljska temperatura, vzdrževanje, življenjska doba);
- svetlobne lastnosti (barva svetlobe, indeks barvnega videza, ne-vidna svetloba UV oz. IR).

ElR: Projektiranje notranje razsvetljave

14

---

---

---

---

---

---

---

---

## Vpliv napak pri projektiranju

Napake pri projektiranju lahko bistveno vplivajo na delovanje in sprejemljivost rešitev:

**Prepozen začetek projektiranja ali premajhna koordinacija med projektanti različnih elementov (inštalacij).**

Nemogoče doseči optimalno rešitev, slaba razporeditev svetilk, slaba lokacija podrazdelilnikov, neprimerne trase inštalacije, ...

ElR: Projektiranje notranje razsvetljave

15

---

---

---

---

---

---

---

---

## Vpliv napak pri projektiranju

Napake pri projektiranju lahko bistveno vplivajo na delovanje in sprejemljivost rešitve:

**Pomanjkljive informacije o delovnih pogojih, tehnologiji dela in osebnih navedbah o prostoru.**

Neustrezna razsvetljava (osvetljenost, smer svetlobe, razporeditev), posledično hitra utrujenost delavcev, nezgode pri delu, padec produktivnosti, pritožbe, ...

---

---

---

---

---

---

---

---

## Vpliv napak pri projektiranju

Napake pri projektiranju lahko bistveno vplivajo na delovanje in sprejemljivost rešitve:

**Pomanjkljiva zaščita pred bleščanjem.**

Direktno in/ali indirektno bleščanje, težave pri delu z računalnikom, izklapljanje razsvetljave, naknadna vgradnja zaščite pred bleščanjem, moteče sence, pritožbe, ...

---

---

---

---

---

---

---

---

## Vpliv napak pri projektiranju

Napake pri projektiranju lahko bistveno vplivajo na delovanje in sprejemljivost rešitve:

**Neupoštevanje posebnih razmer v prostoru (npr. vlažen prostor).**

Izbor napačnih svetilk in posledično predčasna odpoved svetilk, nevarnost poškodbe (električnega udara), kršenje priporočil in zakonodaje, ...

---

---

---

---

---

---

---

---

## Vpliv napak pri projektiranju

Napake pri projektiranju lahko bistveno vplivajo na delovanje in sprejemljivost rešitve:

**Neupoštevanje lastnosti napajalnega omrežja (nihanje napetosti, prekinitve, slaba kakovost).**

Skrajšana življenjska doba virov in svetilk zaradi premajhne ali prevelike napetosti, težave z vžigom sijalk, nepotrebni izklopi, temne pavze zaradi zakasnitve vklopa VT sijalk, ...

---

---

---

---

---

---

---

---

## Splošne svetlobnotehnične smernice

### Nivo osvetljenosti

Osvetljenost v prostoru mora ustrezati predpisom oziroma priporočilom (standard SIST EN 12464).

- gibanje na prostem: 30 lx
- gibanje, orientacija, občasno bivanje 100 lx
- občasno delo 150 lx
- opravila pri majhnih zahtevah videnja 300 lx
- opravila pri povprečnih zahtevah videnja 500 lx
- opravila pri večjih zahtevah videnja 750 lx
- opravila pri velikih zahtevah videnja 1000 lx
- opravila pri posebnih zahtevah videnja 1500 lx
- zelo natančne vidne naloge nad 2000 lx

---

---

---

---

---

---

---

---

## Splošne svetlobnotehnične smernice

### Nivo osvetljenosti

Upoštevati pa je potrebno tudi vrsto dejavnosti in razmere v prostoru.

Na primer: odsevnost površin. Za optimalne vidne pogoje mora biti svetlost opazovane površine ned 100 cd/m<sup>2</sup>. Pri odsevnosti belega papirja 0,7 pomeni to, da mora biti osvetljenost:

$$E = \frac{L \cdot \pi}{\rho} = \frac{100 \cdot \pi}{0,7} = 450 \text{ lx}$$

Pri odsevnosti 0,1 pa kar 3140 lx

---

---

---

---

---

---

---

---

## Splošne svetlobnotehnične smernice

### Enakomernost osvetljenosti

Poleg same osvetljenosti je pomembna tudi enakomernost osvetljenosti:

$$U_1 = \frac{E_{\min}}{E_{sr}}$$

Standard SIST EN 12464 predpisuje vrednost  $U_1$ :

$$U_2 = \frac{E_{\min}}{E_{\max}}$$

0,7 za področje dela in 0,5 za njegovo neposredno okolico.

---

---

---

---

---

---

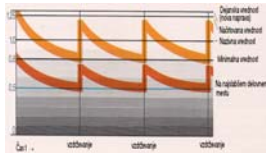
---

---

## Splošne svetlobnotehnične smernice

### Načrtovana osvetljenost

Ker osvetljenost v prostoru s časom pada, je potrebno razsvetljavo projektirati na višjo začetno vrednost od priporočene:



Velikost načrtovane osvetljenosti izberemo glede na predvideni interval vzdrževanja.

Načrtovana osvetljenost je od 1,25 do 2,0 -krat večja od priporočene.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Splošne svetlobnotehnične smernice

### Kontrasti

Velik kontrast

Srednji kontrast

Majhen kontrast

Če so kontrasti v prostoru oziroma na delovnem mestu manjši, je potrebna večja osvetljenost, da dosežemo enake vidne pogoje za delavca.

$$K = \frac{L_1}{L_2}$$

---

---

---

---

---

---

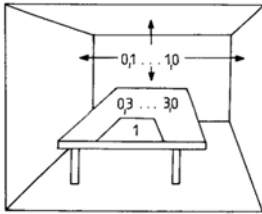
---

---



## Splošne svetlobnotehnične smernice

### Harmonična porazdelitev svetlosti



Ploskve v prostoru morajo imeti ustrezno različne svetlosti. Običajno je delovna ploskev temnejša od predmeta dela in svetlejša od ostalih površin v prostoru.

$L_{\text{predmet dela}} : L_{\text{delovna ploskev}} \leq 3:1$  (do 1:3)  
 $L_{\text{predmet dela}} : L_{\text{dajlna okolica}} \leq 10:1$  (do 1:10)

---

---

---

---

---

---

---

---

## Splošne svetlobnotehnične smernice

### Omejevanje direktnega bleščanja



Bleščanje je odvisno od:

- lokalnega nivoja osvetljenosti;
- svetlosti in velikosti površin v vidnem polju;
- kota med smerjo pogleda in smerjo do vira bleščanja;
- kontrasta med virom bleščanja in njegovo okolico.

$$UGR = 8 \cdot \log_{10} \left( \frac{0,25}{L_b} \sum \frac{L^2 \omega}{p^2} \right)$$

---

---

---

---

---

---

---

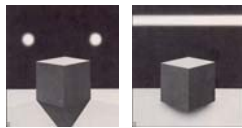
---

## Splošne svetlobnotehnične smernice

### Smer svetlobe in senčnost



S smerjo svetlobe je povezan tudi indeks primerjave kontrastov z njim pa dojemanje plastičnosti in strukture površin.



Želena senčnost lahko dosežemo z ustrezno izbiro svetlobnega vira (točkovni vir, površinski vir), njegovo postavitvijo v prostor, usmerjenostjo, ...

---

---

---

---

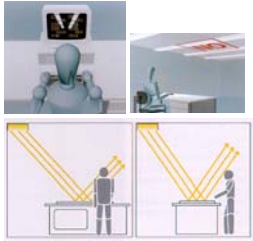
---

---

---

---

## Splošne svetlobnotehnične smernice



### Odsevno bleščanje

Odsevno bleščanje moti delo, še posebej delo s slikovnimi zasloni. Pri tem si velja zapomniti, da se svetloba zrcali od gladkih površin in da je vpadni kot enak odbojnemu.

Odseve lahko zmanjšamo z:

- ustrezno postavitvijo svetilk;
- z uporabo ploskovnih svetilk;
- z mat površinami.

EIR: Projektiranje notranje razsvetljave

28

---

---

---

---

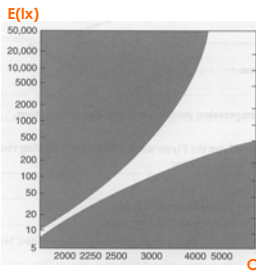
---

---

---

---

## Splošne svetlobnotehnične smernice



### Barva svetlobe

Barva svetlobe je del prostora in ni pomembna le zaradi estetike ampak zaradi celotnega dožemanja prostora.

Obstaja povezava med osvetljenostjo in primerno barvo svetlobe (Kruithofov efekt).

EIR: Projektiranje notranje razsvetljave

29

---

---

---

---

---

---

---

---

## Splošne svetlobnotehnične smernice



### Indeks barvnega videza

Tako kot barva svetlobe tudi indeks barvnega videza vpliva na dožemanja prostora.

Predvsem pa vpliva na pravilno zaznavanje barv. Zato moramo v prostorih, kjer so barve pomembne, biti na to še posebno pazljivi (predvsem v povezavi z fluorescenčnimi sijalkami).

EIR: Projektiranje notranje razsvetljave

30

---

---

---

---

---

---

---

---

## Splošne svetlobnotehnične smernice

### “Klima” v prostoru

Na dojetanje prostora vplivajo: arhitektura, barve, svetloba, temperatura, vlaga, akustika, oprema, ... Če so med seboj usklajeni, je prostor prijeten.



EIR: Projektiranje notranje razsvetljave

31

---

---

---

---

---

---

---

---

## Koncept razsvetljave

### Kako pomemben je koncept



Razsvetljavna naprava, ki se omeji le na zadovoljevanje pogoja o ustrezni minimalni horizontalni osvetljenosti, bo prej ali slej kritizirana. Smisel projektiranja ni v tem, da v vsakem prostoru uporabimo znane "standardne" rešitve, ampak da za vsak prostor najdemo optimalno razsvetljavo.

EIR: Projektiranje notranje razsvetljave

32

---

---

---

---

---

---

---

---

## Koncept razsvetljave

### Razsvetljava z dnevno svetlobo



Ustrezna razsvetljava notranjih prostorov z dnevno svetlobo ter vidna povezava notranjosti z zunanostjo pozitivno vpliva na zdravje, počutje in delovne sposobnosti. Poleg tega pomaga tudi varčevati z energijo.

EIR: Projektiranje notranje razsvetljave

33

---

---

---

---

---

---

---

---

## Koncept razsvetljave

### Razsvetljava z dnevno svetlobo



Problem je v tem, da osvetljenost od oken v notranjost prostora pada, tako da je prostor v notranjosti lahko premalo osvetljen.

Prostore do 6 m globine in do 3 m višine se da z ustrezno razporeditvijo oken zadostno osvetliti samo z dnevno svetlobo. Vsaj za določen čas dneva.

EIR: Projektiranje notranje razsvetljave

34

---

---

---

---

---

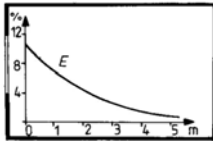
---

---

---

## Koncept razsvetljave

### Razsvetljava z dnevno svetlobo



$$FDS = \frac{E_{znotraj}}{E_{zunaj}} \cdot 100\%$$

Pri določanju osvetljenosti z dnevno svetlobo si lahko pomagamo s faktorjem dnevne svetlobe (FDS), ki predstavlja razmerje med osvetljenostjo znotraj in zunaj. Gre za relativno število, ki je neodvisno od letnega in dnevnega časa. Če poznamo zunanjo osvetljenost lahko izračunamo notranjo osvetljenost.

EIR: Projektiranje notranje razsvetljave

35

---

---

---

---

---

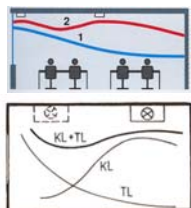
---

---

---

## Koncept razsvetljave

### Dopolnjevanje dnevne svetlobe



Če prostor uporabljamo predvsem podnevi in če je dnevne svetlobe premalo, lahko razsvetljavo koncipiramo tako, da z njo dopolnjujemo dnevno svetlobo predvsem v področjih in času, ko jo je premalo. Pri tem poskušamo doseči čim večjo enakomernost osvetljenosti.

EIR: Projektiranje notranje razsvetljave

36

---

---

---

---

---

---

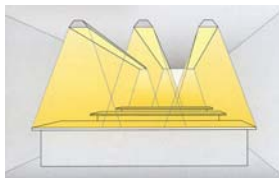
---

---

## Koncept razsvetljave

### Splošna razsvetljava

Splošna razsvetljava omogoča enake vidne pogoje po celotnem prostoru.



Razporeditev delovnih mest je lahko poljubna. Prostor deluje običajno pozitivno. Zaželeno je predvsem v večjih prostorih.

EIR: Projektiranje notranje razsvetljave

37

---

---

---

---

---

---

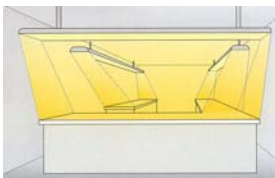
---

---

## Koncept razsvetljave

### Lokalizirana (conalna) razsvetljava

Lokalizirana razsvetljava je orientirana na (fiksna) delovna mesta, ki so bolje (drugače) osvetljena od ostalega dela prostora.



Omogoča različne osvetljenosti na različnih delovnih mestih. Zmanjša se poraba električne energije. Je pa osvetljenost v celotnem prostoru bolj neenakomerna (največ do 1:3).

EIR: Projektiranje notranje razsvetljave

38

---

---

---

---

---

---

---

---

## Koncept razsvetljave

### Lokalna razsvetljava

Lokalna razsvetljava osvetljuje le (omejeno področje) delovnega mesta.



Uporablja se predvsem tam, kjer želimo na (enem) delovnem mestu doseči posebne pogoje: visoka osvetljenost, velika senčnost, določena smer svetlobe, ...

EIR: Projektiranje notranje razsvetljave

39

---

---

---

---

---

---

---

---

## Razsvetljavni sistemi

### Način razsvetljave



EIR: Projektiranje notranje razsvetljave

Z razsvetljavo želimo doseči dobro vidno udobje, torej dobre kontraste in ustrezno odpravo bleščanja.

Želimo torej smer svetlobe od zgoraj in ustrezno mehke prehode svetlosti v prostoru. Dobrodošel je tudi ustrezno svetel strop.

Kako to doseči?

40

---

---

---

---

---

---

---

---

## Razsvetljavni sistemi

### Direktna razsvetljava



EIR: Projektiranje notranje razsvetljave

Se uporablja kot splošna ali lokalizirana razsvetljava.

Smer svetlobe je od zgoraj, sence so ostre, stene in strop so slabo osvetljeni. Lahko nastane direktno ali odsevno bleščanje.

Osvetljenost je velika, enakomernost tudi. Poraba električne energije je nizka. Slabosti lahko popravimo z ustrezno izbiro okoliških površin.

41

---

---

---

---

---

---

---

---

## Razsvetljavni sistemi

### Indirektna razsvetljava



EIR: Projektiranje notranje razsvetljave

Se uporablja kot splošna ali lokalizirana razsvetljava. Svetilke so lahko stoječe ali obešene.

Svetloba v prostoru je zelo difuzna, senc je malo. Strop je zelo svetel.

Lahko deluje nenaravno. Majhno bleščanje, dobra osvetljenost vertikalnih površin, dobra enakomernost osvetljenosti, enostavna izvedba s stoječimi svetilkami.

42

---

---

---

---

---

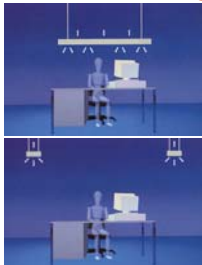
---

---

---

## Razsvetljavni sistemi

### Direktno-indirektna razsvetljava



EIR: Projektiranje notranje razsvetljave

Kombinacija prejšnjih dveh.  
Svetilke svetijo navzdol in navzgor.  
Svetilke so lahko stoječe ali obešene. Indirektni del je lahko uporabljen kot splošna, direktni pa kot lokalizirana ali lokalna razsvetljava.  
Osvetljenost je enakomerna, sence so, vendar ne premočne, strop ni pretirano svetel.

43

---

---

---

---

---

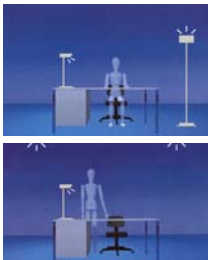
---

---

---

## Razsvetljavni sistemi

### Dvo-komponentna razsvetljava



EIR: Projektiranje notranje razsvetljave

Uporablja se "šibka" splošna razsvetljava v kombinaciji z lokalno na delovnih mestih.  
Možnost bleščanja (lokalne razsvetljave, težave pri večjih delovnih mestih).  
Dobra osvetljenost delovnih mest, bolj individualna izvedba, optična ločitev delovnega mesta in okolice, primerno za CAD delovna mesta.

44

---

---

---

---

---

---

---

---

## Postopek projektiranja

### 1. Zbiranje informacij

Začnemo z ustreznim zbiranjem:

- tehničnih informacij
- osebnih informacij

Razsvetljavno napravo moramo začeti projektirati zadosti zgodaj, da je še možno vplivati na potrebne spremembe arhitekture, konstrukcije, inštalacij, ...

EIR: Projektiranje notranje razsvetljave

45

---

---

---

---

---

---

---

---

## Postopek projektiranja

### 1a. Zbiranje tehničnih informacij

Med potrebne tehnične informacije spadajo:

- lokacija objekta;
- klimatske razmere;
- arhitektonsko gradbena konstrukcija;
- oprema prostorov;
- izvedba inštalacij;
- klima v prostorih.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Postopek projektiranja

### 1b. Zbiranje osebnih informacij

Med potrebne osebne informacije spadajo:

- spol, starost in vid uporabnikov;
- mesto in trajanje dela;
- dosedanje izkušnje z razsvetljavo;
- mnenja o razsvetljavi;
- predsodki o razsvetljavi;

Včasih je potrebno izdelati tudi model ali poskusno razsvetljavo in preveriti odziv.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Postopek projektiranja

### 2. Odločitev: kaj želimo z razsvetljavo doseči

Razsvetljava pomembno vpliva na izgled in uporabnost prostora. Zato se je potrebno odločiti:

- kakšen bo izgled prostora;
- kako bodo svetilke vključene v arhitekturo;
- kakšna je razporeditev delovnih mest.

---

---

---

---

---

---

---

---



## Postopek projektiranja

### 2a. Odločitev: izgled prostora

Ali naj prostor deluje:

- hladno ali toplo;
- svetlo ali temno;
- ali želimo poudariti kakšen del prostora ali mogoče njegovo geometrijo: višino, širino prostora.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Postopek projektiranja

### 2b. Odločitev: vključitev svetilk v arhitekturo

kako naj uporabnik dojema svetilke:

- svetilke so zaznaven del arhitekture;
- svetilke so "nevidne", dojemamo le svetlobo;
- s svetilkami želimo poudariti geometrijo prostora.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Postopek projektiranja

### 2c. Odločitev: razporeditev delovnih mest

Delovna mesta bodo razporejena:

- stalno ali spremenljivo;
- individualno ali v skupinah;
- bodo nameščene predelne stene ali kubusi (pomembna je njihova višina).

---

---

---

---

---

---

---

---

## Postopek projektiranja

### 3. Dejavnosti v prostoru

Dejavnost v prostoru odločilno vpliva na projekt razsvetljave. Pri tem upoštevamo:

- **cone v prostoru** (vhod, izhod, hodniki, mirna področja, področja za sestanke);
- **socialno strukturo** (individuumi, skupine, komunikacija);
- **dejavnosti** (osnovne, posebne, stalne, občasne, ...).

---

---

---

---

---

---

---

---

## Postopek projektiranja

### 4. Svetlobnotehnični dejavniki

Kakšna je priporočena ali predpisana:

- **osvetljenost;**
- **enakomernost osvetljenosti;**
  - **barva svetlobe;**
  - **indeks barvnega videza;**
  - **poenoten indeks bleščanja;**
- **drugo:** porazdelitev svetlosti, senčnost, smer svetlobe, energijska poraba.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Postopek projektiranja

### 5. Izbira koncepta in načina razsvetljave

Glede na zbrane informacije in sprejete smernice se odločimo za najbolj ustrezen:

- **koncept razsvetljave** (splošna, lokalizirana, lokalna razsvetljava, dnevna svetloba);
- **sistem razsvetljave** (direktna, indirektna, direktno-indirektna ali dvo-komponentna razsvetljava).

---

---

---

---

---

---

---

---

## Postopek projektiranja

### 5. Izračun srednje osvetljenosti

Izračun srednje osvetljenosti v prostoru izvedemo v več fazah:

- izračun potrebnega svetlobnega toka;
  - izračun števila svetlobnih virov;
    - izračun števila svetilk;
  - določanje razmestitve svetilk;
- izračun dejanske srednje osvetljenosti.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Postopek projektiranja

### 5a. Izračun potrebnega svetlobnega toka

Potreben svetlobni tok v prostoru izračunamo iz potrebne vzdrževane srednje osvetljenosti po enačbi:

$$\Phi_{\text{celotni}} = \frac{E_{sr} \cdot a \cdot b}{\eta \cdot f}$$

---

---

---

---

---

---

---

---

## Postopek projektiranja

### 5a. Izračun potrebnega svetlobnega toka

V enačbi je:

$a$  in  $b$  ... dimenzije prostora

$E_{sr}$  ... vzdrževana srednja osvetljenost

$\eta$  ... izkoristek razsvetljave

$f$  ... faktor zaprašnosti in staranja

Izkoristek razsvetljave in faktor zaprašnosti in staranja določimo na podlagi podatkov proizvajalca svetilk in podatkov o dejavnosti v prostoru.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Postopek projektiranja

**5b. Izračun števila svetlobnih virov**  
Iz znanega potrebnega svetlobnega toka lahko izračunamo, koliko svetlobnih virov potrebujemo:

$$n_{celotni} = \frac{\Phi_{celotni}}{\Phi_0}$$

V enačbi je  $\Phi_{celotni}$  potreben svetlobni tok,  $\Phi_0$  pa svetlobni tok enega vira.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Postopek projektiranja

**5c. Izračun števila svetilk**  
Nato pa iz števila potrebnih svetlobnih virov izračunamo še število potrebnih svetilk:

$$n_{svetilke} = \frac{n_{celotni}}{n_i}$$

V enačbi je  $n_{celotni}$  potrebno število svetlobnih virov,  $n_i$  pa število svetlobnih virov v eni svetilki.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Postopek projektiranja

**5d. Razmestitev svetilk**  
Potrebno število svetilk enakomerno razporedimo po prostoru. Pri tem upoštevamo:

- razporeditev delovnih mest in opreme;
- način orientacije svetilk v prostoru (vzdolžna ali prečna smer);
- možnost pritrditve svetilk na strop (gladek strop, stropna konstrukcija, spuščeni strop).

---

---

---

---

---

---

---

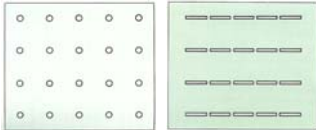
---

## Postopek projektiranja

### 5d. Razmestitev svetilk

Pri sistemih splošne in lokalizirane razsvetljave uporabljamo običajno:

- posamično razmestitev;
- linijsko razmestitev;
- razporeditev svetilk v polju.



EIR: Projektiranje notranje razsvetljave

61

---

---

---

---

---

---

---

---

## Postopek projektiranja

### 5d. Razmestitev svetilk

Če izračunanega števila svetilk ni mogoče namestiti v prostor, je potrebno:

- spremeniti število svetilk;
- spremeniti število svetlobnih virov v svetilki;
- izbrati drug svetlobni vir ali drugo svetilko.

V primeru spremembe svetilke ali števila svetlobnih virov v svetilki je potrebno preveriti izkoristek razsvetljave in faktor staranja in zapraševanja.

EIR: Projektiranje notranje razsvetljave

62

---

---

---

---

---

---

---

---

## Postopek projektiranja

### 5e. Izračun dejanske srednje osvetljenosti

Na koncu na podlagi izbranega števila svetilk izračunamo dejansko srednjo osvetljenost:

$$E_{sr} = \frac{n_i \cdot n_{\text{svetilka}} \cdot \Phi_0 \cdot \eta \cdot f}{a \cdot b}$$

EIR: Projektiranje notranje razsvetljave

63

---

---

---

---

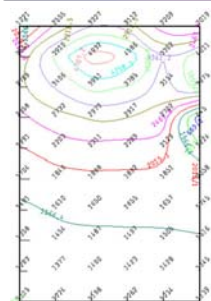
---

---

---

---

## Postopek projektiranja



BR: Projektiranje notranje razsvetljave

64

### 5e. Izračun dejanske srednje osvetljenosti

Še lažje pa je dejansko srednjo osvetljenost preveriti s pomočjo izračuna svetlobnih razmer z računalnikom.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Postopek projektiranja

### 6. Kontrola enakomernosti osvetljenosti

Po opravljenem izračunu osvetljenosti je potrebno narediti še kontrolo enakomernosti osvetljenosti:

- na podlagi podatkov proizvajalca svetilk in namestitve svetilk (višina montaže, razporeditev, razdalje med svetilkami);
- s pomočjo računalniških izračunov osvetljenosti.

BR: Projektiranje notranje razsvetljave

65

---

---

---

---

---

---

---

---

## Postopek projektiranja

### 7. Kontrola znosnosti bleščanja

Bleščanje se določa z izračunom poenotenega indeksa bleščanja UGR:

- na podlagi podatkov proizvajalca svetilk in namestitve svetilk (višina montaže, razporeditev, razdalje med svetilkami);
- s pomočjo računalniških izračunov osvetljenosti in svetlosti.

BR: Projektiranje notranje razsvetljave

66

---

---

---

---

---

---

---

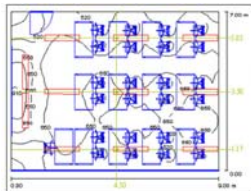
---

## Postopek projektiranja

### 8. Izdelava načrtov razsvetljave

Na podlagi izbranih parametrov izdelamo načrt razsvetljave, ki vsebuje:

- tlorise razsvetljave;
- karakteristične prereze.



ElR: Projektiranje notranje razsvetljave

67

---

---

---

---

---

---

---

---

## Postopek projektiranja

### 8a. Izdelava načrtov razsvetljave

Tlorise razsvetljave se običajno izdeluje v enem od standardnih meril (1:20, 1:25, 1:50 ali 1:100). Vsebujejo

- tipske oznake svetilk;
- tipske oznake svetlobnih virov;
- višino montaže svetilke;
- način montaže svetilke;
- svetlotehnične parametre (osvetljenost, enakomernost, UGR);
- električne parametre (inštalirana moč,  $\cos \phi$ );
- navodila za vzdrževanje (način vzdrževanja, perioda čiščenja, ...).

ElR: Projektiranje notranje razsvetljave

68

---

---

---

---

---

---

---

---

## Postopek projektiranja

### 8b. Karakteristični prerezi

Karakteristične prereze je potrebno izdelati:

- kadar so svetilke montirane na različne višine;
- kadar so montirane v različnih položajih;
- kadar se uporablja nestandardni pribor za obešanje (v tem primeru moramo priložiti tudi načrt pribora za obešanje).

ElR: Projektiranje notranje razsvetljave

69

---

---

---

---

---

---

---

---

## Postopek projektiranja

### 9. Določitev električnih karakteristik

Na podlagi načrta razsvetljave je potrebno izdelati tudi načrt električnih inštalacij, kjer potrebujemo sledeče podatke:

- inštalirano električno moč;
- faktor moči;
- razmestitev v prostoru;
- krmilne in prižigalne sheme.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Postopek projektiranja

### 10. Izračun ekonomičnosti

Projekt razsvetljave naj bi imel tudi prikazan ustrezen izračun ekonomske upravičenosti, ki obsega:

- analizo investicijskih stroškov (predračun);
- analizo obratovalnih stroškov;
- izračun investicijskih in obratovalnih stroškov;
- račun ekonomičnosti.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Postopek projektiranja

### 10a. Investicijski stroški

Na investicijske stroške neposredno vplivajo:

- kakovost razsvetljave;
- svetlobni viri;
- svetilke;
- predstikalne naprave;
- stroški električne inštalacije;
- strošek za elektroenergetski prispevek.

---

---

---

---

---

---

---

---



## Postopek projektiranja

### 10b. Obratovalni stroški

Obratovalni stroški pa zajemajo:

- stroške amortizacije;
- stroški zavarovanja;
- stroški za omrežnino;
- stroški za čiščenje in vzdrževanje;
- stroški zamenjave svetlobnih virov;
- stroški porabljene el. energije.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Postopek projektiranja

### 10c. Račun ekonomičnosti

Različne variante razsvetljave lahko primerjamo na osnovi:

- investicijskih stroškov;
- obratovalnih stroškov (letnih);
- stroškov za električno energijo;
- povečanja produktivnosti;
- izboljšanja kakovosti izdelkov;
- proizvodnega uspeha.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Postopek projektiranja

### 11. Izbor variante

V postopku projektiranja (ali na koncu) je priporočljivo izdelati več variant in po ustreznem vrednotenju izbrati optimalno rešitev. Pri tem morajo variante:

- temeljiti na enakih kakovostnih in količinskih faktorjih;
- zajeti in upoštevati vse relevantne stroške;
- pri izboru moramo ustrezno ovrednotiti posamezne kriterije.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Postopek projektiranja

---

### 12. Meritve

Po izvedenem projektu, torej po montaži svetilk v dokončan prostor, je priporočljivo izvesti še meritve razsvetljave. Na ta način potrdimo pravilnost projekta oziroma ugotovimo morebitne pomanjkljivosti. Pomanjkljivosti poskusimo odstraniti, izkušnje pa uporabiti pri naslednjem projektu.

---

---

---

---

---

---

---

---

... in še:

---

# Vprašanja?

---

---

---

---

---

---

---

---