

Fakulteta za elektrotehniko Univerze v Ljubljani
Laboratorij za razsvetljavo in fotometrijo
3. letnik – Elektrotehnika - 64138

Niskonapetostne elektroenergetske inštalacije

Projektiranje notranje razsvetljave

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

Lastnosti dobre 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.

NNEI: Projektiranje notranje razsvetljave

2

Lastnosti dobre razsvetljave



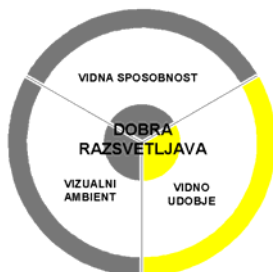
• Vidna sposobnost
Izvajanje vidnih nalog

Kako točno in kako hitro lahko izvajamo zadane vidne naloge.

NNEI: Projektiranje notranje razsvetljave

3

Lastnosti dobre razsvetljave



NNEI: Projektiranje notranje razsvetljave

4

• Vidno udobje

Dobro počutje

Videti oziroma gledati pri udobnih pogojih: brez naprežanja, prevelikega truda in utrujenosti.

Lastnosti dobre razsvetljave



NNEI: Projektiranje notranje razsvetljave

5

• Vizualni ambient

Razpoloženje in občutje

Prostor okoli sebe doživljamo pozitivno: ni nas strah, okolje je stimulirajoče, ...

Lastnosti dobre razsvetljave



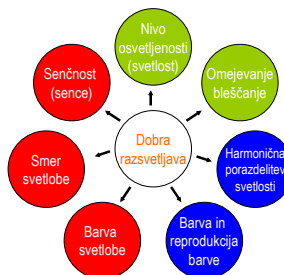
NNEI: Projektiranje notranje razsvetljave

6

- Vidna sposobnost
- Vidno udobje
- Vizualni ambient

Glede na uporabo in izgled prostora, mora razsvetljava bolj ali manj poudariti posamezne skupine lastnosti.

Lastnosti dobre razsvetljave



- **Vidna sposobnost**
 - Nivo osvetljenosti (svetlost)
 - Omejevanje bleščanja
- **Vidno udobje**
 - Harmonična porazdelitev svetlosti
 - Barva in reprodukcija barve
- **Vizualni ambient**
 - Barva svetlobe
 - Smer svetlobe
 - Senčnost (sence)

NNEI: Projektiranje notranje razsvetljave

7

Svetloba: faktor produktivnosti



**Dobra svetloba
prinese večjo
produktivnost,
kvaliteto in
varnost pri delu.**

NNEI: Projektiranje notranje razsvetljave

8

Svetloba: faktor produktivnosti



**Svetloba
motivira za
večje
udejstvovanje
pri delu.**

NNEI: Projektiranje notranje razsvetljave

9

Svetloba: faktor produktivnosti

Slaba svetloba pomeni večjo utrujenost: pri normalnih pogojih vida se 25% energije porabi za delovanje živčnega sistema. Pri slabih pogojih pa precej več. Utrujenost zato nastopi prej.

NNEI: Projektiranje notranje razsvetljave

10

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.

NNEI: Projektiranje notranje razsvetljave

11

Namen notranje razsvetljave

Zato je pri projektiranju razsvetljave vedno potrebno upoštevati



človeka

In njegove potrebe

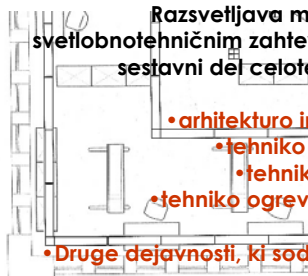
In ne na problem razsvetljave gledati samo iz tehničnega in ekonomskega vidika.

NNEI: Projektiranje notranje razsvetljave

12

Važen je dober začetek

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.

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.

NNEI: Projektiranje notranje razsvetljave

16

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).

NNEI: Projektiranje notranje razsvetljave

17

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.

NNEI: Projektiranje notranje razsvetljave

18

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,**

NNEI: Projektiranje notranje razsvetljave

19

Potrebne informacije

Osebnе 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.**

NNEI: Projektiranje notranje razsvetljave

20

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, okoliška temperatura, vzdrževanje, življenjska doba);
- **svetlobne lastnosti** (barva svetlobe, indeks barvnega videza, ne-vidna svetloba UV oz. IR).

NNEI: Projektiranje notranje razsvetljave

21

Splošne svetlobnotehnične smernice



NNEI: Projektiranje notranje razsvetljave

Pri načrtovanju razsvetljave izhajamo iz potrebne osvetljenosti posameznih (npr. delovnih) nalog oz. površin.

22

Splošne svetlobnotehnične smernice

Table 5.2: Industrial activities and crafts (continued)

Ref. no.	Type of interior, task or activity	E _v	UGR	R _a	Remarks
2.13	Metal working and processing				
2.13.1	Open die forging	200	25	60	
2.13.2	Drop forging	300	25	60	
2.13.3	Welding	300	25	60	
2.13.4	Blow and average machine	300	25	60	
2.13.5	Presswork	500	15	90	
2.13.6	Rolling	750	10	90	
2.13.7	Hot and cold rolling	300	25	60	
2.13.8	Sheet metal	300	25	60	
2.13.9	Sheet metal	300	25	60	
2.13.10	Sheet metal	300	25	60	
2.13.11	Sheet metal	300	25	60	
2.13.12	Sheet metal	300	25	60	
2.13.13	Sheet metal	300	25	60	
2.13.14	Sheet metal	300	25	60	

NNEI: Projektiranje notranje razsvetljave

Standardi (npr. SIST EN 12464) podajajo potrebne osvetljenosti delovnih mest za različne vrste del oziroma nalog.

23

Splošne svetlobnotehnične smernice

V standardu je navedena vzdrževana osvetljenost - torej vrednost, pod katero osvetljenost na delovni nalogi (površini) v nobenem primeru ne sme pasti.

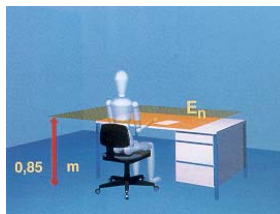
Table 5.2: Industrial activities and crafts (continued)

Ref. no.	Type of interior, task or activity	E _v	UGR	R _a	Remarks
2.13	Metal working and processing				
2.13.1	Open die forging	200	25	60	
2.13.2	Drop forging	300	25	60	
2.13.3	Welding	300	25	60	

NNEI: Projektiranje notranje razsvetljave

24

Splošne svetlobnotehnične smernice



Pri tem se podatek o osvetljenosti nanaša na osvetljenost na konkretni delovni nalogi (delovni površini, delovnem mestu).

Splošne svetlobnotehnične smernice

Ustrezne osvetljenosti

Ustrezna osvetljenost je odvisna od vidnih zahtev pri posameznem delu:

- | | |
|--|-------------|
| • 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

Predpisane vrednosti za posamezne prostore (primeri):

- | | |
|---|----------------|
| • koncertne dvorane: | 100 lx |
| • knjižnice | 200 lx |
| • čitalnice | 500 lx |
| • pisarne (splošno) | 500 lx |
| • stopnišča in hodniki | 150 lx, 100 lx |
| • učilnice in predavalnice | 500 lx |
| • risalnice | 750 lx |
| • laboratoriji | 500 lx |
| • operacijske dvorane (mesto operacije) | nad 10000 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/m². 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 U₁:

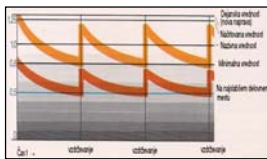
$$U_2 = \frac{E_{\min}}{E_{\max}}$$

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

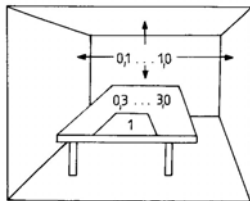
Majhen kontrast

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)
 $L_{\text{predmet dela}} : L_{\text{daljna okolica}} \leq 10:1$ (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.

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

Omejevanje bleščanja

Standard SIST EN 12464 podaja za vsako vrsto dela največji dovoljeni faktor UGR.

Table 5.2: Industrial activities and crafts (continued)

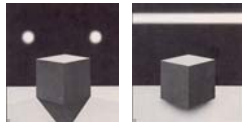
Ref. no.	Type of interior, task or activity	E _v	UGR	R _a	Remarks
2.13	Metal working and processing				
2.13.1	Open die forging	200	25	60	
2.13.2	Drop forging	300	25	60	
2.13.3	Welding	300	25	60	
2.13.4	Rough and average machining: tolerances $\geq 0,1$ mm	300	22	60	

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



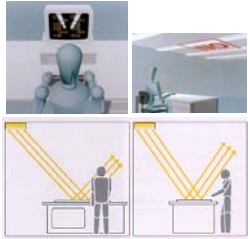
Direktno usmerjena svetloba, skoraj vzporedna z opazovano ploskvijo pokaže vse neravnine na njej.



Pri difuzni svetlobi, ki je pravokotna na opazovano površino, neravnine precej težje (če sploh) opazimo.

Splošne svetlobnotehnične smernice

Odsevno bleščanje



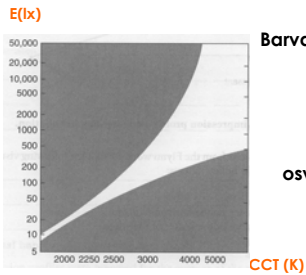
Odsevno bleščanje moti delo, še posebej delo s slikovnimi zasloni. Pri tem si velja zapomniti, da se svetloba zrcali od gladkih površin in da je vpadni kot enak odbojnemu.

Odseve lahko zmanjšamo z:

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

Splošne svetlobnotehnične smernice

Barva svetlobe

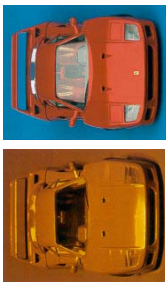


Barva svetlobe je del prostora in ni pomembna le zaradi estetike ampak zaradi celotnega dojetanja prostora.

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

Splošne svetlobnotehnične smernice

Indeks barvnega videza



Tako kot barva svetlobe tudi indeks barvnega videza vpliva na dojetanje 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).

Splošne svetlobnotehnične smernice

Standard SIST EN 12464 podaja za vsako vrsto dela tudi potreben faktor reprodukcije barve R_a .

Table 5.2: Industrial activities and crafts (continued)

Ref. no.	Type of interior, task or activity	E _v	UGR	R _a	Remarks
2.13	Metal working and processing				
2.13.1	Open die forging	200	25	60	
2.13.2	Drop forging	300	25	60	
2.13.3	Welding	300	25	60	
2.13.4	Rough and average machining; tolerances $\geq 0,1$ mm	300	22	60	

NNEI: Projektiranje notranje razsvetljave

40

Splošne svetlobnotehnične smernice

“Klima” v prostoru

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



NNEI: Projektiranje notranje razsvetljave

41

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.

NNEI: Projektiranje notranje razsvetljave

42

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.

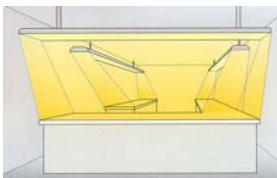
NNEI: Projektiranje notranje razsvetljave

43

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).

NNEI: Projektiranje notranje razsvetljave

44

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, ...

NNEI: Projektiranje notranje razsvetljave

45

Razsvetljavni sistemi

Način razsvetljave



NNEI: 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?

46

Razsvetljavni sistemi

Direktna razsvetljava



NNEI: 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.

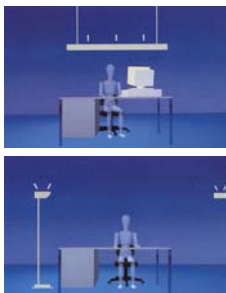
Osvetljenost je velika, enakomernost tudi. Poraba električne energije je nizka.

Slabosti lahko popravimo z ustrezno izbiro okoliških površin.

47

Razsvetljavni sistemi

Indirektna razsvetljava



NNEI: Projektiranje notranje razsvetljave

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

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

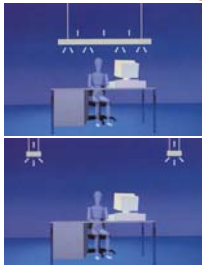
Lahko deluje nenaravno.

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

48

Razsvetljavni sistemi

Direktno-indirektna razsvetljava



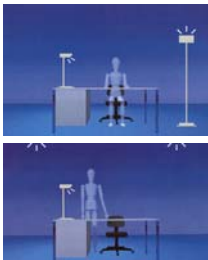
NNEI: Projektiranje notranje razsvetljave

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.

49

Razsvetljavni sistemi

Dvo-komponentna razsvetljava



NNEI: 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.

50

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, ...

NNEI: Projektiranje notranje razsvetljave

51

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:

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

Postopek projektiranja

5a. Izračun potrebnega svetlobnega toka

V enačbi je:

a in b ... dimenzije prostora

E_{sr} ... vzdrževana srednja osvetljenost

η ... izkoristek razsvetljave

f ... faktor zaprašenosti in staranja

Izkoristek razsvetljave in faktor zaprašenosti 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, Φ_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.



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.

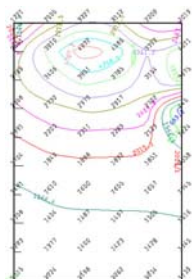
Postopek projektiranja

5e. Izračun dejanske srednje osvetljenosti

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

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

Postopek projektiranja



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.

Postopek projektiranja

7. Kontrola znosnosti bleščanja

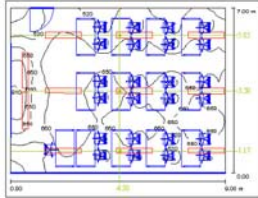
Bleščanje se določa z izračunom poenotenega indeksa bleščanja UGR:

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

Postopek projektiranja

8. Izdelava načrtov razsvetljave

Na podlagi izbranih parametrov izdelamo načrt razsvetljave, ki vsebuje:



NNEI: Projektiranje notranje razsvetljave

73

- tlorise razsvetljave;
- karakteristične prereze.

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, ...).

NNEI: Projektiranje notranje razsvetljave

74

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).

NNEI: Projektiranje notranje razsvetljave

75

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?
