

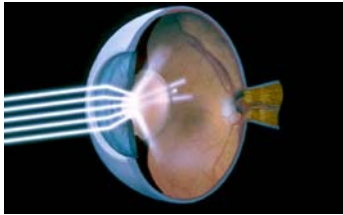
Fakulteta za elektrotehniko Univerze v Ljubljani
Laboratorij za razsvetljavo in fotometrijo
2. letnik – Aplikativna elektrotehnika - 64627
Električne inštalacije in razsvetljava

Razsvetljava z umetno svetlobo

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

Svetloba je nujno potrebna

Uporaba našega čutila za vid in s tem naš kontakt z okolico sta neločljivo povezana s svetlobo.



ElR: Razsvetljava z umetno svetlobo

2

Svetloba je nujno potrebna

Sonce kot vir svetlobe, ki nas spremlja vse od naših začetkov ima eno veliko pomanjkljivost: ponoči ne sveti.



ElR: Razsvetljava z umetno svetlobo

3

Svetloba je nujno potrebna

Da bi podaljšal dan in s tem imel več možnosti za delo, zabavo, razvoj ..., je človek že zelo zgodaj začel uporabljati umetne vire svetlobe.



EIR: Razsvetljava z umetno svetlobo

4

Svetloba je nujno potrebna

Danes je razsvetljava z umetnimi viri svetlobe nepogrešljiv del našega življenja

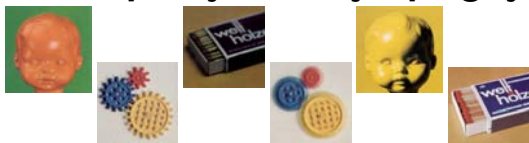


EIR: Razsvetljava z umetno svetlobo

5

Videti in razločiti

Če želimo predmete videti oziroma jih razločiti, morajo biti izpolnjeni vsaj 4 pogoji:



EIR: Razsvetljava z umetno svetlobo

6

Videti in razločiti



Minimalna svetlost:

stvari ki jih pri sončni svetlobi razločimo brez težav v mraku dobesedno izginejo.

ElR: Razsvetljava z umetno svetlobo

7

Videti in razločiti



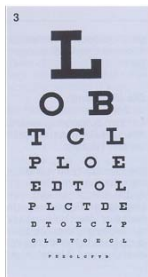
Minimalen kontrast:

Če želimo objekt zaznati, mora imeti ali drugačno barvo ali drugačno svetlost od okolice.

ElR: Razsvetljava z umetno svetlobo

8

Videti in razločiti



Minimalna velikost:

Predmeti morajo biti dovolj veliki, da jih vidimo oziroma razločimo.

ElR: Razsvetljava z umetno svetlobo

9

Videti in razločiti



Minimalen čas:

Zaznavanje s pomočjo vida potrebuje določen čas. Stvari, ki se prehitro spreminjajo, ne moremo detajlno zaznati.

EIR: Razsvetljava z umetno svetlobo

10

Osnovna naloga razsvetljave

Osnovna naloga razsvetljave z umetno svetlobo je zagotoviti ustrezne vidne pogoje:

- ustrezno svetlost in
- ustrezno enakomernost svetlosti.

EIR: Razsvetljava z umetno svetlobo

11

Svetloba: faktor produktivnosti



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

EIR: Razsvetljava z umetno svetlobo

12

Svetloba: faktor produktivnosti



EIR: Razsvetljava z umetno svetlobo

13

Svetloba
motivira za
večje
udejstvovanje
pri delu.

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.

EIR: Razsvetljava z umetno svetlobo

14

Svetloba: faktor produktivnosti

Dobra razsvetljava je rentabilna
investicija.

Sodobna razsvetljava prinese:

- zmanjšanje stroškov zaradi manj napak in poškodb;
- povečanje produktivnosti zaradi boljše motivacije;
- povečanje kvalitete zaradi boljše koncentracije pri delu.

EIR: Razsvetljava z umetno svetlobo

15

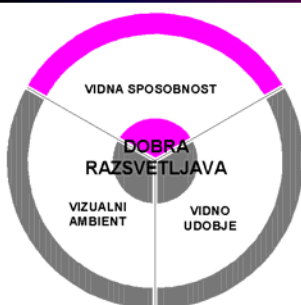
Optimalna razsvetljava

Prioritete optimalne razsvetljave.

Poleg:

- vidne sposobnosti in
 - vidnega udobja
- je danes prioriteta razsvetljave tudi
- vizualni ambient

Lastnosti dobre razsvetljave



- Vidna sposobnost
- Izvajanje vidnih nalog

Kako točno in kako hitro lahko izvajamo zadane vidne naloge.

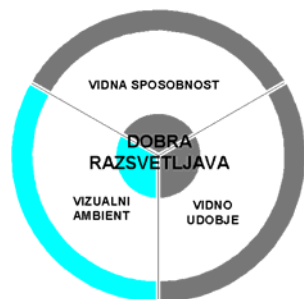
Lastnosti dobre razsvetljave



- Vidno udobje
- Dobro počutje

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

Lastnosti dobre razsvetljave



EIR: Razsvetljava z umetno svetlobo

19

• Vizualni ambient

Razpoloženje in občutje

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

Lastnosti dobre razsvetljave



EIR: Razsvetljava z umetno svetlobo

20

• Vidna sposobnost

• Vidno udobje

• Vizualni ambient

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

Lastnosti dobre razsvetljave



EIR: Razsvetljava z umetno svetlobo

21

• Vidna sposobnost

- Nivo osvetljenosti (svetlost)
- Omejevanje bleščanja

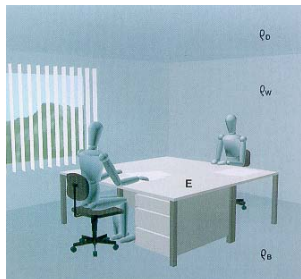
• Vidno udobje

- Harmonična porazdelitev svetlosti
- Barva in reprodukcija barve

• Vizualni ambient

- Barva svetlobe
- Smer svetlobe
- Senčnost (sence)

Nivo osvetljenosti - svetlost



Svetlost prostora je odvisna od osvetljenosti površin in njihove odsevnosti (ρ).

Nivo osvetljenosti - svetlost



Primeri odsevnosti:
Bela stena: 85%
Svetel lesen opaž: 50%
Rdeča opeka: 25%

Nivo osvetljenosti - osvetljenost

Zahtevnost vidne naloge je odvisna tudi od barve oziroma odsevnosti npr. teksta in podlage.

Zahtevnost vidne naloge je odvisna tudi od barve oziroma odsevnosti npr. teksta in podlage.

Zahtevnost vidne naloge je odvisna tudi od barve oziroma odsevnosti npr. teksta in podlage.

Čim manjše so odsevnosti in čim bolj zahtevna je vidna naloga, tem večja mora biti osvetljenost.

Nivo osvetljenosti - osvetljenost



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

BR: Razsvetljava z umelno svetlobo

25

Nivo osvetljenosti - osvetljenost

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	300	25	60	
2.13.1	Open die forging	300	25	60	
2.13.2	Drop forging	300	25	60	
2.13.3	Welding	300	25	60	
2.13.4	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.5	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.6	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.7	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.8	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.9	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.10	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.11	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.12	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.13	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.14	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.15	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.16	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.17	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.18	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.19	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.20	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.21	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.22	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.23	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.24	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.25	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.26	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.27	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.28	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.29	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.30	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.31	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.32	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.33	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.34	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.35	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.36	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.37	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.38	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.39	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.40	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.41	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.42	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.43	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.44	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.45	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.46	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.47	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.48	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.49	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.50	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.51	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.52	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.53	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.54	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.55	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.56	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.57	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.58	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.59	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.60	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.61	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.62	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.63	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.64	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.65	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.66	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.67	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.68	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.69	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.70	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.71	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.72	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.73	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.74	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.75	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.76	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.77	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.78	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.79	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.80	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.81	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.82	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.83	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.84	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.85	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.86	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.87	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.88	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.89	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.90	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.91	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.92	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.93	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.94	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.95	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.96	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.97	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.98	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.99	Forge and anvil forging	300	25	60	
2.13.100	Forge and anvil forging	300	25	60	

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

BR: Razsvetljava z umelno svetlobo

26

Splošne svetlobnotehnične smernice

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

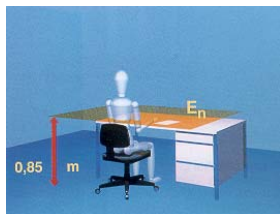
Table 5.2: Industrial activities and crafts (continued)

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

BR: Razsvetljava z umelno svetlobo

27

Nivo osvetljenosti - osvetljenost



EIR: Razsvetljava z umetno svetlobo

28

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

Nivo osvetljenosti - osvetljenost

Nekaj okvirnih vrednosti:

- | | |
|--|-------------|
| • 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 |

EIR: Razsvetljava z umetno svetlobo

29

Nivo osvetljenosti - osvetljenost

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 |

EIR: Razsvetljava z umetno svetlobo

30

Nivo osvetljenosti - enakomernost osvetljenosti

Podane vrednosti osvetljenosti so vedno povprečne vrednosti in sicer **prostorske povprečne vrednosti**, ker je osvetljenost v različnih koncih prostora različna

Da pa v prostoru ne pride do prevelikih razlik med svetlimi in temnimi deli je v standardu definirana tudi **enakomernost osvetljenosti**.

Nivo osvetljenosti - enakomernost osvetljenosti

Prostorska enakomernost osvetljenosti se podaja kot:

$$U = \frac{E_m}{E_{sr}}$$

pri čemer je:

E_m ... najmanjša izmerjena osvetljenost v prostoru

E_{sr} ... povprečna vrednost osvetljenosti (vseh meritev)

Nivo osvetljenosti - enakomernost osvetljenosti

Zahtevana enakomernost osvetljenosti za delovne naloge (površine) je:

$$U=0,7$$

Nivo osvetljenosti - enakomernost osvetljenosti

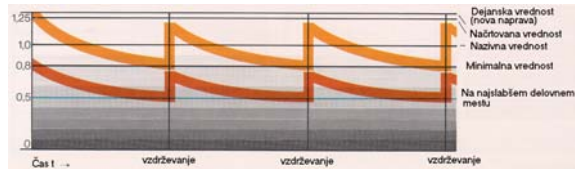
Pri prostorski enakomernosti osvetljenosti je potrebno upoštevati tudi osvetljenosti sosednjih prostorov.

Priporočeno razmerje med osvetljenostmi sosednjih prostorov je 1:5.

Pri večjih razmerjih namreč lahko nastopijo težave z **adaptacijo oči** (prilagoditev na svetlost okolice - potreben je čas) pri prehodu iz prostora v prostor.

Nivo osvetljenosti - časovna enakomernost osvetljenosti

Osvetljenost prostora s časom pada: staranje in odpoved svetlobnih virov, prah, zmanjšanje odsevnosti površin ...



Nivo osvetljenosti - časovna enakomernost osvetljenosti

Razsvetljavno napravo običajno načrtujemo tako, da je osvetljenost v začetku približno 25% večja od potrebne ($E_{sr} = 1,25 \cdot E_n$).

Ko povprečna vrednost osvetljenost pade pod minimalno dopustno vrednost (definirano v standardu), je razsvetljavno napravo potrebno obnoviti.

Nivo osvetljenosti - posebne zahteve

V določenih primerih je potrebno zagotoviti večjo osvetljenost prostora oziroma delovne površine, kot pa je priporočena oziroma predpisana vrednost:

- na delovnem mestu so prisotni nenormalno nizki kontrasti,
 - težje vidne naloge,
 - nujno zmanjšanje števila napak pri delu,
- točnost in produktivnost dela sta zelo pomembna,
- vidna sposobnost delavcev je pod povprečjem.

Nivo osvetljenosti - posebne zahteve

Večja osvetljenost omogoča ustrezno izvrševanje težjih vidnih nalog.

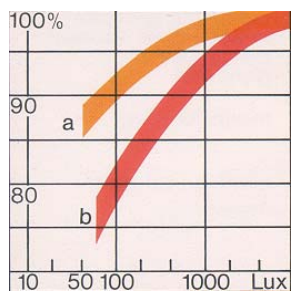
Pri večjem kontrastu je tekst lažje brati. Če pa je kontrast premajhen, pa je potrebno povečati osvetljenost, da dosežemo enako učinkovitost branja

Pri večjem kontrastu je tekst lažje brati. Če pa je kontrast premajhen, pa je potrebno povečati osvetljenost, da dosežemo enako učinkovitost branja

Črno na belem: 95%
učinkovitost branja pri
250 lx

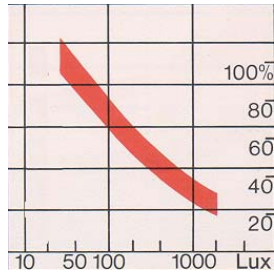
Črno na sivem: 95%
učinkovitost branja pri
1000 lx

Nivo osvetljenosti - posebne zahteve



Relativna sposobnost vida oziroma njegova učinkovitost torej narašča z povečano osvetljenostjo:
a ... črno na belem
b ... črno na sivem.

Nivo osvetljenosti - posebne zahteve



Utrujenost delavcev pada s povečano osvetljenostjo. Če se pri osvetljenosti 20 lx vsi delavci počutijo utrujene, se jih pri osvetljenosti 1000 lx le še 25%.

EIR: Razsvetljava z umetno svetlobo

40

Nivo osvetljenosti - osvetljenost neposredne okolice

Osvetljenost neposredne okolice delovne naloge mora biti usklajena z osvetljenostjo delovne naloge, tako da zagotavlja ustrezno porazdelitev svetlosti.

Pod neposredno okolico delovne naloge (površine) se šteje tisti del, ki ga ima delavec med opravljanjem dela v svojem vidnem polju oziroma vsaj 0,5m pas okoli delovne površine.

EIR: Razsvetljava z umetno svetlobo

41

Nivo osvetljenosti - osvetljenost neposredne okolice

Ustrezno razmerje med osvetljenostjo delovne naloge in neposredne okolice je:

Osvetljenost delovne naloge (lx)	Osvetljenost neposredne okolice (lx)
>750	500
500	300
300	200
<200	Edn

EIR: Razsvetljava z umetno svetlobo

42

Nivo osvetljenosti - osvetljenost neposredne okolice

Zahtevana enakomernost osvetljenosti za neposredno okolico delovne naloge (površine) je:

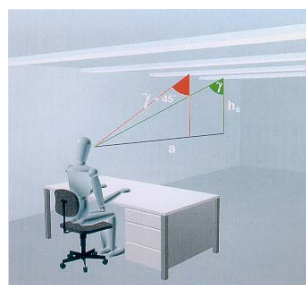
$$U=0,5$$

Omejevanje bleščanja



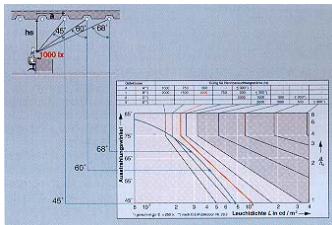
Bleščanje slepi (fiziološko bleščanje) in povzroča utrujenost (psihološko bleščanje).

Omejevanje bleščanja



Bleščanje povzročajo svetle (svetleče) površine v vidnem polju. Najbolj neugodne so v področju od 45° naprej.

Omejevanje bleščanja



Bleščanje se da odpraviti oz. omejiti s pravilnim načrtovanjem razsvetljave.

Omejevanje bleščanja

Pri načrtovanju razsvetljave je potrebno upoštevati predvsem:

- razporeditev delovnih mest,
- zahtevano osvetljenost,
- izbor svetil glede na svetlosti površin,
- razporeditev svetil.

Omejevanje bleščanja

Standard SIST prEN 12464 podaja za vsako vrsto dela dovoljeno stopnjo bleščanja, ki je definirana s pomočjo indeksa bleščanja UGR (Unified Glare Rating):

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

Omejevanje bleščanja

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

- L_b ... svetlost ozadja v cd/m², izračunana iz izraza E_{ind}/π , kjer je E_{ind} vertikalna indirektna osvetljenost pri opazovalčevem očesu.
- L ... svetlost svetleče površine vsake svetilke v smeri opazovalčevega očesa podana v cd/m².
- ω ... prostorski kot (v steradianih) svetlečega dela vsake svetilke glede na opazovalčevo oko.
- p ... Guth-ov indeks glede na položaj vsake od svetilk (odmik svetilke od linije pogleda)

Omejevanje bleščanja

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

Table 5.2: Industrial activities and crafts (continued)

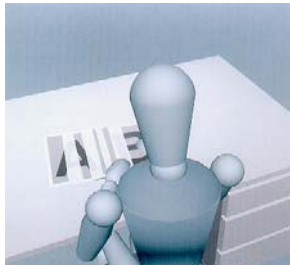
Ref. no.	Type of interior, task or activity	E_{av}	UGR	$P_{a,0}$	Remarks
2.13	Metal working and processing				
2.13.1	Open die forging	200	25	60	
2.13.2	Drop forging	300	25	60	
2.13.3	Welding	300	25	60	
2.13.4	Rough and average machining; tolerances ≥ 0.1 mm	300	22	60	

Omejevanje bleščanja



Bleščanje lahko povzročajo tudi okna oziroma svetlobniki, v kolikor se nahajajo v vidnem polju. V takem primeru je potrebno predvideti ustrezna senčila.

Omejevanje bleščanja - odsev

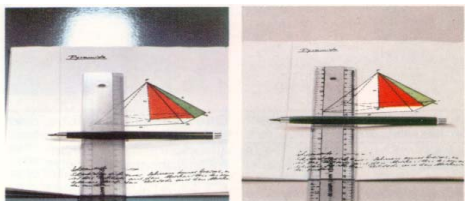


Bleščijo lahko tudi odsevi: svetila oziroma svetle površine odsevajo od gladkih površin na delovnem mestu

EIR: Razsvetljava z umetno svetlobo

52

Omejevanje bleščanja - odsev



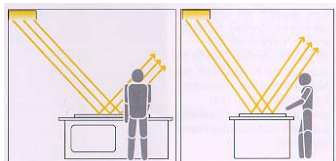
Odsevno bleščanje zmanjša tudi uporaba nesvetlečih oziroma hrapavih (mat) površin.

EIR: Razsvetljava z umetno svetlobo

53

Omejevanje bleščanja - odsev

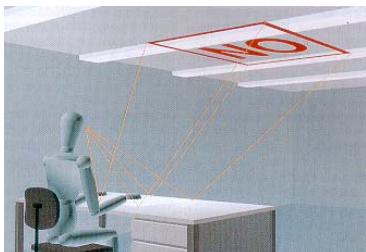
Odseve lahko zmanjšamo tudi z ustrezno smerjo svetlobe. Pri vpadu svetlobe od strani, svetloba tudi odseva v stran, pri vpadu od spredaj pa blešči.



EIR: Razsvetljava z umetno svetlobo

54

Omejevanje bleščanja - odsev

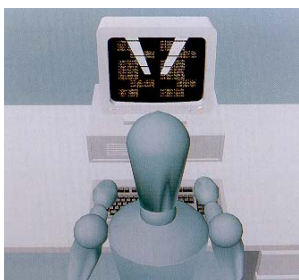


Pri načrtovanju razsvetljave je torej potrebno paziti na položaj svetil oziroma delovnih mest

EIR: Razsvetljava z umetno svetlobo

55

Omejevanje bleščanja - odsev

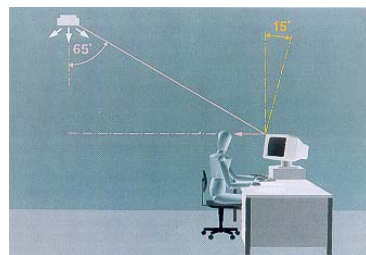


Svetle površine oziroma svetila lahko odsevajo tudi v slikovnih zaslonih, kar je še posebej moteče.

EIR: Razsvetljava z umetno svetlobo

56

Omejevanje bleščanja - odsev



Pri sodobnih slikovnih zaslonih so dopustne svetlosti svetil pri kotih nad 65° do 1000 cd/m^2 .

EIR: Razsvetljava z umetno svetlobo

57

Harmonična porazdelitev svetlosti

Velike razlike v svetlosti predmetov v vidnem polju zmanjšujejo vidne sposobnosti in povzročajo nelagodje, zato niso dopustne.

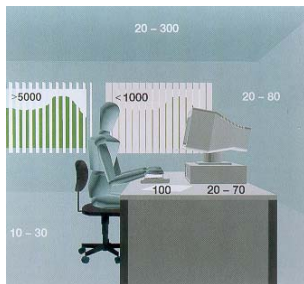
Svetlost mize oziroma delovne ploskve ne sme biti manjša od 1/3 svetlosti dokumenta, ki ga prebiramo. Podobno velja tudi za svetlost okolice proti svetlosti mize (delovne ploskve).

Tu gre za okolico, ki je širša od neposredne okolice delovne naloge, ki je definirana v standardu.

EIR: Razsvetljava z umetno svetlobo

58

Harmonična porazdelitev svetlosti



Tudi razlike med svetlostjo vidne naloge in oddaljenimi ploskvami ne smejo biti prevelike (10:1 oziroma celo samo 5:1)

EIR: Razsvetljava z umetno svetlobo

59

Harmonična porazdelitev svetlosti



Premajhne razlike v svetlosti tudi niso priporočljive, ker v tem primeru prostor deluje dolgočasno.

EIR: Razsvetljava z umetno svetlobo

60

Harmonična porazdelitev svetlosti



Prevelike razlike v svetlosti pa delujejo preveč trdo in dramatično. Zaradi tega se v takem prostoru težko sprostimo in smo hitreje utrujeni.

EIR: Razsvetljava z umetno svetlobo

61

Harmonična porazdelitev svetlosti



Pri pravilni porazdelitvi svetlosti prostor ne deluje monotono in tudi ne utruja.

EIR: Razsvetljava z umetno svetlobo

62

Harmonična porazdelitev svetlosti

K boljši porazdelitvi svetlosti prispevajo:

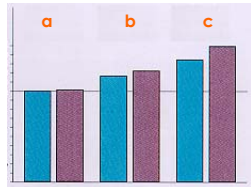
- uporaba splošne razsvetljave (naravnane na delovno mesto);
 - delno indirektna razsvetljava;
 - razmerje med E_{min}/E_{pov} vsaj 1/1,5
- ne premajhne odsevnosti površin (strop vsaj 70%, stene vsaj 50%, tla vsaj 20%)

EIR: Razsvetljava z umetno svetlobo

63

Harmonična porazdelitev svetlosti

Pri višji odsevnosti sten in stropa je tudi poraba električne energije za razsvetljavo manjša.



direktna in indirektna razsvetljava

a: strop:	80%
stene:	70%
tla:	30%
b: strop:	70%
stene:	50%
tla:	20%
c: strop:	30%
stene:	30%
tla:	10%

EIR: Razsvetljava z umetno svetlobo

64

Harmonična porazdelitev svetlosti



Primer svetlosti v delovnem okolju

(v cd/m²)

EIR: Razsvetljava z umetno svetlobo

65

Barva svetlobe

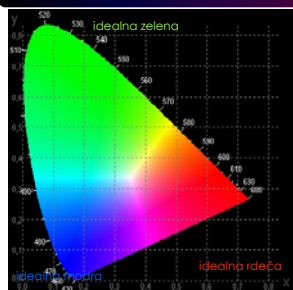
Ljudje svet okoli nas ne doživljamo samo "temno - svetlo" ampak tudi v barvah!

Barvo svetlobe največkrat podajamo s pomočjo temperature barve (v kelvinih).

EIR: Razsvetljava z umetno svetlobo

66

Barva svetlobe

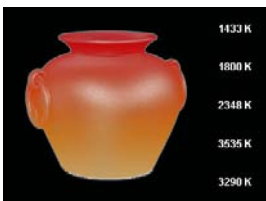


Barva je po CIE določena z dvema barvnima koordinatama x (delež rdeče) in y (delež zelene). Koordinati $x=0,333$ in $y=0,333$ definirata točko beline. V barvnem trikotniku so zajete vse realne barve.

EIR: Razsvetljava z umetno svetlobo

67

Barva svetlobe



Če (kovinski) predmet segrevamo, začne oddajati energijo v obliki vidne svetlobe. Najprej je temno rdeč, nato njegova barva prehaja preko oranžne in rumene v belo in na koncu v modro.

Torej lahko določene barve opišemo s temperaturo, ki jo ima predmet, ko žari v določeni barvi.

EIR: Razsvetljava z umetno svetlobo

68

Barva svetlobe



8000K
6500K xenonska sijalke za bliskavice
5000K "blue bulb" bliskavice
4000K fluorescentne cevi "Warm white"
3000K fotografski reflektorji
2000K navadne žarnice: 150-200W 40-60W 25 W
sveča

Karakteristične barve svetlobe električnih virov:

- navadna žarnica: 2700K
- halogenska žarnica: 3000K
- fluo - ww (toplo bela): 3000K
- fluo - nw (nevtralnno bela): 4000K
- fluo - tw (dnevno bela): 6000K

EIR: Razsvetljava z umetno svetlobo

69

Barva svetlobe



Glede na obnašanje naravne svetlobe, na katero smo najbolj prilagojeni je ustrezna barva svetlobe:

- svetloba nižje barvne temperature (3000K) za prostore, kjer so osvetljenosti manjše in
- svetloba višje barvne temperature (5000K) za prostore, kjer so osvetljenosti večje.

BR: Razsvetljava z umetno svetlobo

70

Reprodukcija barve

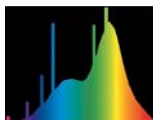
Svetlobni viri z enako barvo svetlobe imajo lahko različno spektralno vsebino in s tem reprodukcijo barve. Na podlagi barve svetlobe ni mogoče oceniti reprodukcijo barve.



Sončna svetloba na severnem nebu.



Svetloba navadne žarnice.



Svetloba fluorescenčne sijalke.

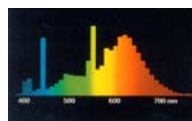
BR: Razsvetljava z umetno svetlobo

71

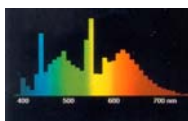
Reprodukcija barve

Spektralna vsebina svetlobe določa barvni videz predmetov.

Vir z več rdeče svetlobe poudari rdečo barvo predmetov.



Pri viru z manj rdeče svetlobe so rdeče barve predmetov bolj medle.

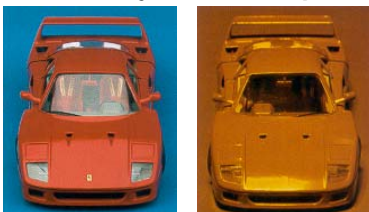


BR: Razsvetljava z umetno svetlobo

72

Reprodukcija barve

Še nekoliko bolj ekstremen primer:



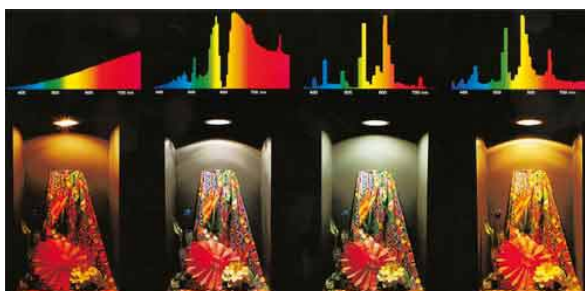
Sončna svetloba: $R_a=100$

NT Na sijalka: $R_a=0$

EIR: Razsvetljava z umetno svetlobo

73

Reprodukcija barve



EIR: Razsvetljava z umetno svetlobo

74

Reprodukcija barve

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

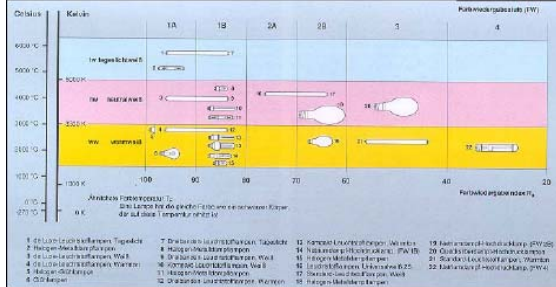
Table 5.2: Industrial activities and crafts (continued)

Ref. no.	Type of interior, task or activity	E_{av}	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 ≥ 0.1 mm	300	22	60	

EIR: Razsvetljava z umetno svetlobo

75

Barva svetlobe in Reprodukcija barve



EIR: Razsvetljava z umetno svetlobo

76

Smer svetlobe in senčnost



Smer svetlobe
pogojuje sence
na opazovanem
predmetu, te pa
omogočajo
lažje plastično
(3D) zaznavanje
predmeta.

EIR: Razsvetljava z umetno svetlobo

77

Smer svetlobe in senčnost



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

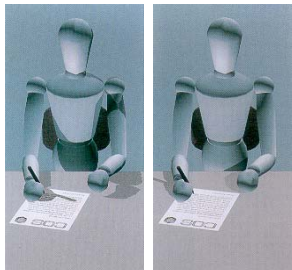


Pri difuzni svetlobi, ki je
pravokotna na opazovano
površino, neravnine precej
težje (če sploh) opazimo.

EIR: Razsvetljava z umetno svetlobo

78

Smer svetlobe in senčnost



Lahko pa sence tudi motijo pri delu, če je svetloba tako usmerjena, da se sence nahajajo v področju dela.

EIR: Razsvetljava z umetno svetlobo

79

Smer svetlobe in senčnost

Smer svetlobe oziroma sence so odvisne od oblike svetilke (porazdelitev svetilnosti) ter njihove razporeditve v prostoru.

EIR: Razsvetljava z umetno svetlobo

80

Smer svetlobe in senčnost



En sam svetlobni vir meče trde sence, ki lahko popačijo predmet.



Dva svetlobna vira iz različnih smeri dasta boljšo sliko o predmetu.



Svetlobni viri razporejeni v dolgi ravni črti dajo mehke in zabrisane sence.

EIR: Razsvetljava z umetno svetlobo

81

Smer svetlobe in senčnost

Pri razsvetljavi notranjih prostorov moramo doseči uravnotežene sence z mehкими robovi. Če senc ni, je oteženo plastično zaznavanje predmetov, če so pretemne, lahko popačijo sliko predmeta.

EIR: Razsvetljava z umetno svetlobo

82

Smer svetlobe in senčnost



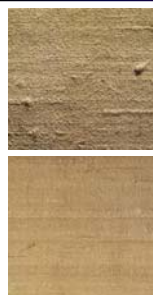
Temne sence popačijo dožemanje predmeta. Če senc ni, predmet ne moremo dojemati plastično.

Sence so forej potrebne, vendar pa ne smejo biti preostre in pretemne.

EIR: Razsvetljava z umetno svetlobo

83

Smer svetlobe in senčnost



Za določena opravila (na primer kontrolo kakovosti površine) namenoma izberemo smer svetlobe, ki da v primeru hrapave površine temne in ostre sence. S tem olajšamo ali sploh omogočimo delavcu ustrezno opravljanje vidne naloge brez prevelikih naporov.

EIR: Razsvetljava z umetno svetlobo

84

Smer svetlobe in senčnost

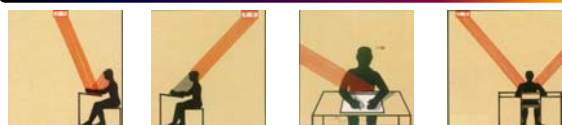
V delovnih prostorih delovna mesta običajno postavljamo tako, da je smer dnevne svetlobe ustrezna (prihaja od levo - zgoraj). V takih primerih je potrebno umetno razsvetljavo tudi prilagoditi tej razporeditvi. Uporabimo linijske svetilke, razporejene paralelno z okni, ki omogočajo, da lahko preostre sence zaradi močne dnevne svetlobe omilimo.



EIR: Razsvetljava z umetno svetlobo

85

Smer svetlobe in senčnost ter Smer svetlobe in bleščanje



Narobe:
Svetloba od spredaj se odbija od delovne površine naravnost v oči in blešči.

Narobe:
Pri svetlobi od zadaj telo meče senco na delovno površino in tako zmanjšuje osvetljenost.

Narobe:
Pri svetlobi z desne si pri pisanju z desno roko delamo senco, ki moti.

Pravilno:
Svetloba z leve strani se odbije od delovne površine mimo oči pa tudi sence ni.

EIR: Razsvetljava z umetno svetlobo

86

... in še:

Vprašanja?

EIR: Razsvetljava z umetno svetlobo

87
