

Univerza v Ljubljani
Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za razsvetljavo in fotometrijo

**Predstavitev SIST EN 12464-1:2021
Pregled zahtev nove izdaje standarda**

doc. dr. Matej B. Kobav, u.d.i.e.

Univerza v Ljubljani
Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za razsvetljavo in fotometrijo

Zakonodajne osnove

Zakon o varnosti in zdravju pri delu (Uradni list RS, št. 43/11),
19. člen
Delodajalec mora zagotavljati varnost in zdravje pri delu v skladu z izjavo o varnosti z oceno tveganja zlasti tako, da:

- poveri opravljanje nalog varnosti pri delu strokovnemu delavcu, izvajanje zdravstvenih ukrepov pa izvajalcu medicinske dela;
- obvešča delavce o uvajanju novih tehnologij in sredstev za delo ter o nevarnostih za nezgode, poklicne bolezni in bolezni, povezane z delom, ter izdaja navodila za varno delo;
- usposablja delavce za varno in zdravo delo;
- zagotavlja delavcem osebno varovalno opremo in njeno uporabo, če sredstva za delo in delovno okolje kljub varnostnim ukrepom ne zagotavljajo varnosti in zdravja pri delu;
- **z obdobjimi preiskavami škodljivosti delovnega okolja preverja ustrezne delovne razmere;**
- z obdobjimi pregledi in preizkusi delovne opreme preverja njihovo skladnost s predpisi o varnosti in zdravju pri delu;
- **zagotavlja varno delovno okolje in uporabo varne delovne opreme.**

Izvajanje periodičnih preiskav delovnega okolja
RAZSVETLJAVA

Univerza v Ljubljani
Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za razsvetljavo in fotometrijo


**Zakonodajne osnove -
Umetna razsvetljava**

Pravilnik o zahtevah za zagotavljanje varnosti in zdravja delavcev na delovnih mestih (Ur. list RS, št. 89/99 in 39/05 in 43/11 – ZVZD-1) določa, da mora zagotoviti tudi umetno razsvetljavo. Osvetljenost mora ustrezati **vidnim zahtevam** na delovnih mestih:

- opremljeni z umetno razsvetljavo, **ki zagotavlja osvetljenost delovnih mest v skladu z veljavnimi slovenskimi standardi** oziroma vsaj 200 lx; v primeru večjih zahtev mora biti delovno mesto opremljeno tudi z dodatno **lokalno razsvetljavo**;
- opremljeni z **zasilno razsvetljavo**, če bi bila zaradi izpada ogrožena varnost in zdravje delavcev v takšnih prostorih, ki zagotavlja osvetljenost vsaj 1 % predpisane vrednosti oziroma vsaj 1 lx;
- v primeru **mešane razsvetljave** mora biti ta usklajena z naravno svetlobo (smer vpada, barva svetlobe).

**SIST EN 12464-1: Svetloba in razsvetljava –
Razsvetljava na delovnem mestu – 1. del: Notranji delovni prostori**
**SIST EN 12464-2: Svetloba in razsvetljava –
Razsvetljava na delovnem mestu – 2. del: Delovna mesta na prostem**

Univerza Ljubljana Universitas Ljubecensis



Zakonodajne osnove

Pravilnik o varnosti in zdravju pri delu s slikovnim zaslonom (Ur. list RS, št. 30/00 in 73/05) določa, da:


- mora biti naravna in/ali umetna **osvetljenost** prostora **400 ±100 lx**;
- če je le mogoče, **razmerje svetlosti** med zaslonom in okoljem v neposrednem vidnem polju ne sme presežati vrednosti 1:3, v ožjem vidnem polju 1:10 in v širšem vidnem polju 1:20;
- mora biti delovno okolje oblikovano tako, da viri svetlobe **ne povzročajo motečega bleščanja** oziroma zrcaljenja na zaslonu.

Navodila za graditev osnovnih šol v republiki Sloveniji (2007)

- Za vse druge prostore v šoli je važna predvsem celodnevna pravilna osvetljenost.
- Vse prostore je potrebno locirati, dimenzionirati, urediti in opremiti skladno z veljavnimi ustreznimi predpisi.
- Komunikacije morajo biti dobro osvetljene in prezačevane.

- **Pravilnik o normativih za graditev in opremo osnovnih šol (Uradni list SRS, št. 21/68, 12/71 in 5/80) NE VELJA VEČ (od leta 1980)!**

Univerza Ljubljana Universitas Ljubecensis




Zakonodajne osnove

Pravilnik o normativih in minimalnih tehničnih pogojih za prostor in opremo vrtca (Ur. list RS, št. 73/00, 75/05, 33/08, 126/08, 47/10, 47/13, 74/16 in 20/17) določa glede osvetljenosti z:

- Vrtec mora biti načrtovan in zgrajen tako, da je zagotovljena **čim boljša osvetlitev** z upoštevanjem mikroklimatskih pogojev lokacije (13. člen);
- Omogočati mora senčenje terase, tako da **minimalno zmanjšuje naravno osvetljenost igralnice** (23. člen);
- Prostor za individualno delo z otroki, ki potrebujejo svetovanje ali pomoč, mora biti v bližini igralnic in imeti najmanj 8 m² neto površine. Imeti mora direktno, zadostno in **naravno osvetlitev** ter zračenje (26. člen);
- Vse odprtine za **naravno osvetlitev** morajo imeti vgrajene elemente za preprečitev prekomernega vpliva sončnih žarkov in za zatemnitve (47. člen)
- V sanitarijah in hodnikih je priporočljivo namestiti **senzorje za prižiganje in ugašanje svetilk** (54. člen)

Univerza Ljubljana Universitas Ljubecensis



Zakonodajne osnove


Pravilnik o normativih in minimalnih tehničnih pogojih za prostor in opremo vrtca (Ur. list RS, št. 73/00, 75/05, 33/08, 126/08, 47/10, 47/13, 74/16 in 20/17) določa glede osvetljenosti z:

49. člen (osvetlitev)

- Vsi prostori, namenjeni vzgojni dejavnosti otrok, ter prostori, v katerih opravljajo svoje delo zaposleni vrtca, **morajo biti osvetljeni z neposredno naravno osvetlitvijo**.
- **Neposredna naravna osvetlitev** je dosežena, če skupna površina obdelanih zidarskih odprtihnamenjenih osvetlitvi, dosega **najmanj 20 odstotkov** neto tlorisne površine prostora.
- Umetna osvetlitev igralnic mora biti enakomerna in razpršena. V posameznih prostorih naj bo naslednja osvetljenost:
 - v igralnicah – 300 lx,
 - **v prostoru za nego – 500 lx,**
 - na delovnih površinah – 350 lx,
 - v drugih prostorih po veljavnem standardu (SIST EN 12464).

...toliko o zakonodaji


Univerza Ljubljana Universitas Ljubecensis



EN 12464-1:2021 vs EN 12464-1:2011


1. Potrebe uporabnikov so bolje opisane z dodatnimi priporočili.
2. Vpliv vizualnih in nevizualnih učinkov svetlobe je upoštevan (priloga).
3. Zahteve za osvetljenosti sten in stropa ter cilindrično osvetljenost so premaknjene iz glavnega besedila v tabele.
4. Odnos med območjem vidnih nalog in njegovim neposrednim okoljem ter ozadjem je opisan bolj natančno.
5. Zahteve glede bleščanja so pojasnjene za izboljšano uporabnost, vključno s pojasnilom za senčenje.
6. Utripanje in stroboskopski učinek sta posodobljena.

Univerza Ljubljana Universitas Ljubecensis




Uvod

Osvetlitev ljudem omogoča **učinkovito** in **natančno** izvajanje **vizualnih nalog**. **Osvetlitev** vpliva tudi na **cirkadiane ritme** in **razpoloženje** ter izboljša našo **učinkovitost** in **počutje**.




Univerza Ljubljana Universitas Ljubecensis



Uvod

Zasnovan, nameščen in delujoč sistem razsvetljave mora zagotavljati **učinkovito** osvetlitev dobre kakovosti za **potrebe uporabnika**, prilagojeno njihovim **vidnim sposobnostim**, npr. starejših uporabnikov na delovnem mestu.




Univerza Ljubljana
Universitas Ljubecensis

Razsvetljava

Razsvetljava mora poleg ustrezne **osvetljenosti** zadostiti tudi trem osnovnim človekovim potrebam:

- **vidno udobja** (delavci imajo dober občutek o prostoru)
- **vidne sposobnosti** (delavci lahko izvajajo vidne naloge)
- **varnost**



Univerza Ljubljana
Universitas Ljubecensis


Razsvetljavo opisuje

Glavni parametri, ki opisujejo svetlobno okolje so:

- porazdelitev svetlosti,
 - osvetljenost,
 - smer svetlobe,
- spremenljivost svetlobe (nivoji in barve),
- barvna reprodukcija in barva svetlobe,
 - bleščanje,
 - fliker.

Univerza Ljubljana
Universitas Ljubecensis

Svetloba: faktor produktivnosti in varnosti



Dobra **svetloba** prinese večjo **produktivnost**, **kakovost** in **varnost** pri delu ter **motivira** za večje **udejstvovanje** pri delu.

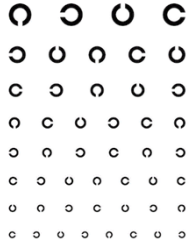
Univerza Ljubljana
Universitas Ljubianensis

Porazdelitev svetlosti

Porazdelitev svetlosti v vidnem polju nadzira stopnjo prilagajanja oči, kar vpliva na **vidnost naloge**.

Dobro **uravnotežena svetlost** lahko poveča:

- **ostrino vida,**
- **zaznavanje kontrasta,**
- **učinkovitost očesnih funkcij.**



Univerza Ljubljana
Universitas Ljubianensis

Porazdelitev svetlosti

Porazdelitev svetlosti v vidnem polju vpliva tudi na **vidno udobje**.

Izogibati se moramo:

- **previsokih svetlosti** in kontrastov v svetlosti (bleščanje);
- **previsoke razlike** v svetlosti (utrujenost);
- **prenizke svetlosti** in **prenizki kontrasti** (nestimulativno delovno okolje).

Univerza Ljubljana
Universitas Ljubianensis


Odsevnost površin

Načrtovalec razsvetljave mora upoštevati in izbrati ustrezne vrednosti **odsevnosti** in osvetljenosti notranjih površin.

Visoke odsevnosti prispevajo k **prihranku energije** in lahko privedejo do **boljšega vizualnega udobja**.

Priporočene odsevnosti:

- strop:** 0,7 to 0,9;
- stene:** 0,5 to 0,8;
- tla:** 0,2 to 0,6.



Univerza Ljubljana
Universitas Ljubianensis

Odsevnost površin

V **simulacijskih programih** je treba vrednosti površinske **odsevnosti** definirati čim bližje **dejanskim** lastnostim površinam.




Univerza Ljubljana
Universitas Ljubianensis

Osvetljenost površin

Osvetljenost na **stenah** in **stropu** skupaj s površinskimi odboji sta indikatorja zaznane **svetlosti prostora**.

Minimalne zahteve za **osvetlitev sten** in **stropa** so določene za vsako **vizualno nalogo**.



Univerza Ljubljana
Universitas Ljubianensis

Nivo osvetljenosti

Pri **načrtovanju razsvetljave** izhajamo iz potrebne **osvetljenosti** posameznih **vidnih nalog** in območij dela.



Univerza Ljubljana
Universitas Ljubianensis

Nivo osvetljenosti

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 >2000 lx

Univerza Ljubljana
Universitas Ljubianensis

Nivo osvetljenosti

Predpisane vrednosti za posamezne prostore:

- garaže 75 lx
- hodniki 100 lx
- stopnišča 150 lx
- koncertne dvorane 200 lx
- knjižnica (splošna razsvetljava) 300 lx
- knjižnica (področje za branje) 500 lx
- **pisarne (splošno) 500 lx**
- učilnice in predavalnice 300 lx, 500 lx
- risalnice 750 lx
- laboratoriji 500 lx
- zobar (mesto glave) 1000 lx

Univerza Ljubljana
Universitas Ljubianensis

Standard SIST EN 12464/1:2011

Prostori za izobraževanje	E lx	GR _L	U ₀	R _a	Pripombe
Prostor, vidna naloga ali dejavnost					
Učilnice osnovnih in srednjih šol	300	19	0,6	80	Razsvetljavo naj bo moč regulirati.
Učilnice za večerni pouk in izobraževanje odraslih	500	19	0,6	80	Razsvetljavo naj bo moč regulirati.
Predavalnice	500	19	0,6	80	Razsvetljavo naj bo moč regulirati za različne A/V potrebe
Šolska tabla	500	19	0,7	80	Preprečiti je treba refleksije. Učitelj/predavatelj mora biti osvetljen z ustrežno vertikalno osvetljenostjo
Demonstracijska miza	500	19	0,7	80	V predavalnicah 750 lx.
Delovni prostori na umetniških šolah	750	19	0,7	90	T _{sp} > 5000 K
Prostori za tehnično risanje	750	16	0,7	80	
Prostori za praktična dela in laboratorij	500	19	0,6	80	
Spalnici, hodniki	100	25	0,4	80	
Študentski skupni prostori in dvorane za srečanja	200	22	0,4	80	
Učiteljske zbornice, kabineti	300	19	0,6	80	

SIST EN 12464-1 - Svetloba in razsvetljava - Razsvetljava na delovnem mestu – 1. del: Notranji delovni prostori

SIST EN 12464-2 - Svetloba in razsvetljava - Razsvetljava na delovnem mestu – 2. del: Delovna mesta na prostem

matej.kobav@fe.uni-lj.si

8

Univerza Ljubljana Universitas Ljubecensis

Nivo osvetljenosti

Vidna naloga ali področje aktivnosti je lahko:

- horizontalna
- pod naklonom ali
- vertikalna.

Velikost in lokacija vidne naloge mora biti dokumentirana!

Univerza Ljubljana Universitas Ljubecensis

Višina vidne naloge

Na višini, kjer se izvaja vidna naloga ali se lahko pojavi ovira.

Univerza Ljubljana Universitas Ljubecensis

Osvetljenost okolice

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

Velike razlike v osvetljenosti znotraj prostora povzročajo vidni stres, nelagodje, glavobol in utrujenost.

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

Univerza Ljubljana Universitas Ljubecensis

Osvetljenost okolice

Osvetljenost **širše okolice (ozadja)** mora biti usklajena z osvetljenostjo **neposredne okolice** delovne naloge, tako da zagotavlja ustrezno porazdelitev svetlosti.

Širša okolica (ozadje) je pas, ki meji na neposredno okolico v mejah prostora in mora biti osvetljen vsaj z **1/3** vzdrževane osvetljenostjo **neposredne okolice**. Za večje prostore naj bo pas širok najmanj **3 m**. Območje ozadja je vodoravno območje na ravni tal.



Univerza Ljubljana Universitas Ljubecensis

Osvetljenost okolice

Osvetljenost **širše okolice (ozadja)** mora biti usklajena z osvetljenostjo **neposredne okolice** delovne naloge. Osvetljenost **neposredne okolice** delovne naloge pa mora biti usklajena z osvetljenostjo **delovne naloge**. Tako se zagotavlja ustrezno porazdelitev svetlosti v prostoru.

Vidna naloga, neposredna okolica, širša okolica (ozadje)



Univerza Ljubljana Universitas Ljubecensis

Osvetljenost okolice

Ustrezno razmerje med osvetljenostjo delovne naloge, neposredne okolice in ozadja je:

Osvetljenost delovne naloge (lx)	Osvetljenost neposredne okolice (lx)	Osvetljenost širše okolice (lx)
>750	500	150
500	300	100
300	200	67
200	150	50
150	Edn	50
100	Edn	50
<50	Edn	20

Osvetljenost širše okolice (ozadja) mora biti vsaj 1/3 osvetljenosti neposredne okolice delovne naloge.

Univerza Ljubljana Universitas Ljubecensis

Osvetljenost okolice

Standardna pisarna

Vidna naloga: 500 lx
Bližnja okolica: 300 lx
Širša okolica: 100 lx

Število tačk??

Univerza Ljubljana Universitas Ljubecensis

Enakomernost osvetljenosti

Prostorska enakomernost osvetljenosti se podaja kot:

$$U_0 = \frac{E_m}{E_{sr}}$$

pri čemer je:
 E_m ... najmanjša izmerjena osvetljenost v prostoru
 E_{sr} ... povprečna vrednost osvetljenosti (vseh meritev)

Univerza Ljubljana Universitas Ljubecensis

Enakomernost osvetljenosti

Podane vrednosti osvetljenosti so **vedno** povprečne vrednosti in sicer **prostorske povprečne vrednosti**, ker je osvetljenost na različnih delih **vidne naloge** različna.

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

Univerza Ljubljana / Universitas Ljubecensis

Enakomernost osvetljenosti

Prostorska enakomernost osvetljenosti se podaja kot:

$$U_0 = \frac{E_m}{E_{sr}}$$

Uporaba **AR111** žarnic/sijalk:



Univerza Ljubljana / Universitas Ljubecensis

Enakomernost osvetljenosti



Univerza Ljubljana / Universitas Ljubecensis

Enakomernost osvetljenosti

Zahtevana **enakomernost osvetljenosti** za vidne naloge (površine) je podana v standardu:

Type of task/activity area	E_{min} lx	E_{av} lx	U_0	R_a	R_{UOL}	E_{wall} lx	$E_{reflected}$ lx	Specific requirements
Classroom - General activities in primary schools	300	750	0,60	80	19	100	75	If activities in a class room are not completely clear in the design phase these general activities shall be taken. Lighting should be controllable. Room brightness see 5.7
Classroom - General activities in secondary schools and higher	500	1 000	0,60	80	19	150	100	If activities in a class room are not completely clear in the design phase these general activities shall be taken. Lighting should be controllable. Room brightness see 5.7
Auditorium, lecture halls	500	750	0,60	80	19	150	50	Lighting should be controllable to accommodate various A/V needs. Room brightness see 5.7
Attending lecture in seating areas in auditoriums and lecture halls	200	300	0,60	80	19	75	50	Reduction by dimming. DSE-work, see 4.9.
Black, green and white boards	500	750	0,70	80	19	150	100	Vertical illuminances. Specular reflections shall be prevented. Presenter/teacher shall be illuminated with suitable vertical illuminance.
Black, green and white boards in auditorium and lecture halls	500	750	0,60	80	19	150	50	Specular reflections shall be prevented

Univerza Ljubljana Universitas Ljubecensis

Enakomernost osvetljenosti



MINI
Track

To ni problem slabe svetilke, ampak **slabe** izbire svetilk!



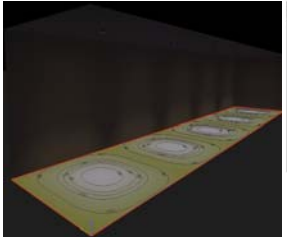
Univerza Ljubljana Universitas Ljubecensis

Enakomernost osvetljenosti



MINI
Track

Število točk??



Osvetljena površina (Prostor 1)		
	194 lx	0,17
Osvetljena površina (Pravokotna moč osvetlitve)		
	Dij	Žel
Srednja	194 lx	≥ 100 lx
Min	32,4 lx	-
Maks	481 lx	-
min/sred.	0,17	-
min/maks	0,067	-
Parametri		
Vilna	0,00 m	

Zahtevana enakomernost osvetljenosti za hodnik je **0,4**.

Univerza Ljubljana Universitas Ljubecensis

Osvetljenost okolice

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

$U_0 = 0,4$

in za **širšo okolico (ozadje)** je:

$U_0 = 0,1$

Št. točk??

Univerza Ljubljana / Universitas Ljubecensis

Število točk

Število merilnih točk:
Merilna mreža je sestavljena iz (približno) kvadratnih celic s stranico:

$$p = 0,2 \times 5^{\log_{10}(d)}$$

kjer je:
 $p < 10$ m;
 d .. daljša dimenzija obravnavanega področja, če je krajša od dvakratnika druge dimenzije (drugače krajša);
 p .. največja dimenzija celice mreže.

Velikost A3 (300 x 420 mm) 3x3=9 točk
Meritve se izvajajo v središču celic!

Univerza Ljubljana / Universitas Ljubecensis

Število točk

Meritve se izvajajo v središču celic!

a .. daljša dimenzija obravnavanega področja
 b .. krajša dimenzija obravnavanega področja
 x .. število točk v daljši smeri
 y .. število točk v krajši smeri

DIALux

Znotraj polja
 Prvi in zadnji objekt se postavita na polovico razdalje med objekti glede na razdaljo od okolice.

Univerza Ljubljana / Universitas Ljubecensis

Število točk

Length of the area m	Maximum distance between grid points m	Minimum number of grid points
0,40	0,15	3
0,60	0,20	3
1,00	0,20	5
2,00	0,30	6
5,00	0,60	8
10,00	1,00	10
25,00	2,00	12
50,00	3,00	17
100,00	5,00	20


Število merilnih točk:

Velikost A2 (40 cm x 60 cm) $p=0,15/0,2$ m $n= 3 \times 3 = 9$ točk
 Velikost 1 m x 1 m $p=0,2$ m $n= 5 \times 5 = 25$ točk
 Velikost 10 m x 2 m $p=0,3$ m $n= 33 \times 6 = 198$ točk

Univerza Ljubljana Universitas Ljubecensis

Področje ob stenah

Da zmanjšamo neenakomernost zaradi senc ob stenah lahko, izvzamemo lahko 15% krajše dolžine ali 0,5 m ob steni (kar je manj)



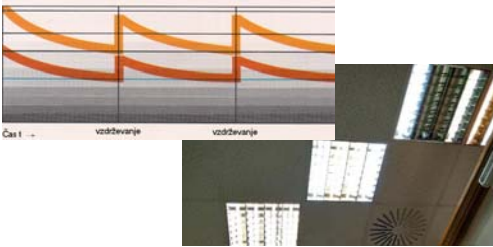
266 lx 0.45

341 lx 0.47

Univerza Ljubljana Universitas Ljubecensis

Časovna enakomernost osvetljenosti

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



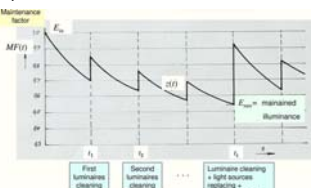
Čas t → vzdrževanje vzdrževanje

Univerza Ljubljana Universitas Ljubecensis

Faktor vzdrževanja

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.



MF=0,8

First luminaires cleaning, Second luminaires cleaning, Luminaires cleaning + light sources replacing + surface cleaning

Univerza Ljubljana Universitas Ljubecensis

Časovna enakomernost osvetljenosti

Osvetljenost prostora s časom pada zaradi **staranja, odpoved svetlobnih virov, prahu** in s tem **zmanjšanje odsevnosti površin ...**

Čas t → vzdrževanje vzdrževanje

Univerza Ljubljana Universitas Ljubecensis

Časovna enakomernost osvetljenosti

Glavni razlog je padanje svetlobnega toka virov svetlobe (Lamp Lumen Maintenance Factor).

Fluo (T8) LLMF=0,75 Fluo (T5) LLMF=0,90
 CFL LLMF=0,83 MH LLMF=0,66

Univerza Ljubljana Universitas Ljubecensis

Časovna enakomernost osvetljenosti

Glavni razlog je padanje svetlobnega toka virov svetlobe (Lamp Lumen Maintenance Factor).

LED
 L80
 L70
 T (h)
 50000

Univerza Ljubljana Universitas Ljubecensis

Življenjska doba

Vrednost B opiše **kakovost elementov**
L85/B10: 50.000 h
 Po 50.000 h bo vsaj 90% (B10) komponent še imelo 85% (L85) svetlobnega toka.
 Če B ni podan, se smatra, da je B50!

Vrednost C opiše **odpoved elementov**
L85/B10/C0: 50.000 h
 Po 50.000 h 0 % LED ne dela (vse delajo)
L85/B10: 50.000 h – L0/C5: 150.000 h
 Po 150.000 h 5 % LED ne dela

Univerza Ljubljana Universitas Ljubecensis

Faktor vzdrževanja

Faktor vzdrževanja je produkt:
LLMF x LSF x LMF x RSMF
 LLMF = Lamp Lumen Maintenance Factor
 LSF = Lamp Survival Factor (1,0)
 LMF = Luminaire Maintenance Factor (0,93–0,98 za čista okolja)
 RSMF = Room Surface Maintenance Factor (0,95–0,97 za čista okolja)

Primer 1
 Vgradne LED z oznako L90: 50.000 h, čisto okolje, čiščenje 2x letno, refleksivnosti sten 70, 50, 20.
 $MF = LLMF \times LSF \times LMF \times RSMF = 0,9 \times 1 \times 0,96 \times 0,96 = 0,83$

Primer 2
 Vgradne LED z oznako L80: 50.000 h, čisto okolje, čiščenje 2x letno, refleksivnosti sten 70, 50, 20.
 $MF = LLMF \times LSF \times LMF \times RSMF = 0,8 \times 1 \times 0,96 \times 0,96 = 0,74$

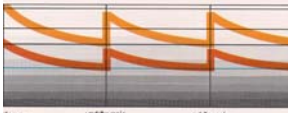
Univerza Ljubljana Universitas Ljubecensis

Faktor vzdrževanja

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.

Faktor vzdrževanja:
MF=0,8



Univerza Ljubljana Universitas Ljubecensis

Omejevanje bleščanja

Bleščanje je občutek, ki ga povzročajo **svetle površine v vidnem polju**.

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

Univerza Ljubljana Universitas Ljubecensis

Omejevanje bleščanja

Bleščanje je občutek, ki ga povzročajo **svetle površine v vidnem polju**.

R_{UGL} (nekoč: UGR) vrednosti ne smejo biti presežene.

Velikost je pomembna!

Univerza Ljubljana Universitas Ljubecensis

Omejevanje bleščanja

Če je **svetlobni vir neposredno viden**, se glede na svetlost svetlobnega vira uporabijo najmanjši koti senčenja.

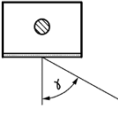
Svetlost vira svetlobe Kcd/m ²	Najmanjši kot senčenja α
20 to < 50	15°
50 to < 500	20°
≥ 500	30°

Modular optics
 Aesthetic appeal. Low glare.
 Wide and narrow light distribution.


Univerza Ljubljana Universitas Ljubecensis

Omejevanje bleščanja

Če je neposredni pogled na vir svetlobe zakrit z optiko, so podane največje povprečne svetlosti.



Kot gama γ	Največja povprečna vrednost svetlosti svetilke kcd/m ²
$75^\circ \leq \gamma < 90^\circ$	≤ 20
$70^\circ \leq \gamma < 75^\circ$	≤ 50
$60^\circ \leq \gamma < 70^\circ$	≤ 500



Microprismatic optics
High quality diamond-like prism structure for glare protection and lower UGR.

Univerza Ljubljana Universitas Ljubecensis

Omejevanje bleščanja

Načrtovalec razsvetljave mora preveriti lastnosti svetilke.



Kot gama γ	Največja povprečna vrednost svetlosti svetilke kcd/m ²
$75^\circ \leq \gamma < 90^\circ$	≤ 20
$70^\circ \leq \gamma < 75^\circ$	≤ 50
$60^\circ \leq \gamma < 70^\circ$	≤ 500

Vrednosti se lahko preveri v simulacijskem orodju!

γ	C0°	C15°	C30°	C45°	C60°	C75°	C90°
65°	4442.35	4442.35	4391.48	4527.13	4611.91	4611.91	4425.40
70°	4137.85	4043.57	4075.00	4158.81	4242.61	4075.00	4012.15
75°	3599.21	3599.21	3640.74	3696.11	3585.37	3502.31	3502.31
80°	2867.97	2950.50	3033.03	3033.03	2744.17	2744.17	2826.70
85°	2137.65	2178.76	2178.76	2137.65	1891.00	1767.67	1685.46

Luminance Table [cd/m²]

Univerza Ljubljana Universitas Ljubecensis

Omejevanje bleščanja

Standard EN 12464-1 določa dovoljeno raven bleščanja za vsako vrsto vidne naloge, ki je opredeljena z uporabo UGR (Unified Glare Rating):

UGR	Discomfort Glare Criterion
10	Neopazno
13	Komaj opazno
16	Zaznavno
19	Sprejemljivo
22	Nesprejemljivo
25	Malo neudobno
28	Neudobno

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

Univerza Ljubljana Universitas Ljubecensis

Omejevanje bleščanja

Standard **SIST EN 12464-1** podaja za vsako vrsto dela dovoljeno stopnjo bleščanja, ki je definirana s pomočjo indeksa bleščanja UGR (Unified Glare Rating):

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

Univerza Ljubljana Universitas Ljubecensis

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)

Univerza Ljubljana Universitas Ljubecensis

Omejevanje bleščanja

Serijska R_{UGL} (UGR) je: **10, 13, 16, 19, 22, 25, 28.**


Educational premises – Educational buildings									
Type of task/activity area	E _{av} /lx	E _{min} /lx	Uo	Ra	R _{UGL}	E _{lx}	E _{av,wall} /lx	E _{av,refl} /lx	Specific requirements
Classroom - General activities in primary schools	300	750	0,60	80	19	100	100	75	If activities in a class room are not completely clear in the design phase these general activities shall be taken. Lighting should be controllable. Room brightness see 5.7
Classroom - General activities in secondary schools and higher	500	1000	0,60	80	19	150	150	100	If activities in a class room are not completely clear in the design phase these general activities shall be taken. Lighting should be controllable. Room brightness see 5.7
Auditorium, lecture halls	500	750	0,60	80	19	150	150	50	Lighting should be controllable to accommodate various A/V needs. Room brightness see 5.7
Attending lecture in seating areas in auditoriums and lecture halls	200	300	0,60	80	19	75	75	50	Reduction by dimming. DSE-work, see 4.9.
Black, green and white boards	500	750	0,70	80	19	150	150	100	Vertical illuminances. Specular reflections shall be prevented. Presenter/teacher shall be illuminated with suitable vertical illuminance.
Black, green and white boards in auditorium and lecture halls	500	750	0,60	80	19	150	150	50	Specular reflections shall be prevented
Task or activity related requirements					appearance of objects and areas	Brightness appearance of rooms (4.2.2/4.2.3)			
Task or activity area design					Room or space design				19 Sprejemljivo

Univerza Ljubljana Universitas Ljubecensis

Omejevanje bleščanja - odsev



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




Uncoated Matte Gloss UV Gloss

Univerza Ljubljana Universitas Ljubecensis

Modelling

Poleg osvetlitve vidnih nalog in območij dela je treba tudi **osvetliti prostor**, ki ga zasedajo ljudje. Ta svetloba je potrebna za **poudarjanje predmetov, prepoznavo teksture in prepoznavo mimike** (vizualna komunikacija).

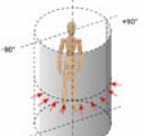


Univerza Ljubljana Universitas Ljubecensis

Modeliranje

Razsvetljava ne sme biti preveč **direktna**, ker povzroča **ostre sence** in ne sme biti preveč **difuzna**, ker se izgubi prepoznavna 3D oblika predmetov.

Večkratnim sencam, ki jih povzročajo **direktni svetlobni vir na različnih lokacijah**, se je potrebno izogibati, ker lahko povzročajo zmedo.



Modeliranje opiše ravnotežje med **difuzno in direktno svetlobo**

Univerza Ljubljana Universitas Ljubecensis

Harmonična porazdelitev svetlosti

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

Porazdelitev svetlosti v vidnem polju nadzira stopnjo prilagajanja oči, kar vpliva na **vidnost naloge**.

Univerza Ljubljana Universitas Ljubecensis

Harmonična porazdelitev svetlosti

Za zmanjšanje mračnosti in povečanje akomodacije in udobja ljudi v stavbah, je zelo zaželeno imeti svetle notranje površine. Svetlost prostora se izraža z osvetljenostjo sten in stropa.

Visoke reflektivnosti površin v prostoru zmanjšajo porabo električne energije in povečajo vidno udobje.

Priporočene vrednosti reflektivnosti so:

strop: 0,7 do 0,9
stene: 0,5 do 0,8
tla: 0,2 do 0,6

Univerza Ljubljana Universitas Ljubecensis

Harmonična porazdelitev svetlosti

Svetlost prostora se izraža z osvetljenostjo sten in stropa.

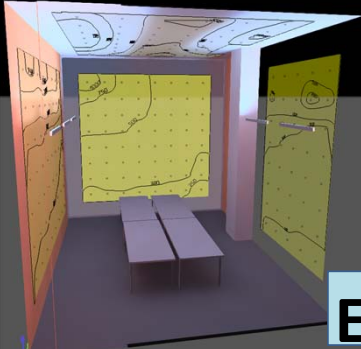
Educational premises – Educational buildings									
Type of task/activity area	E_{ref} lx	E_{min} lx	Uo	Ra	R _{total}	E_{wall} lx	E_{ceiling} lx	E_{floor} lx	Specific requirements
Classroom - General activities in primary schools	300	750	0,60	80	19	100	100	75	If activities in a class room are not completely clear in the design phase these general activities shall be taken. Lighting should be controllable. Room brightness see 5.7
Classroom - General activities in secondary schools and higher	500	1000	0,60	80	19	150	150	100	If activities in a class room are not completely clear in the design phase these general activities shall be taken. Lighting should be controllable. Room brightness see 5.7
Auditorium, lecture halls	500	750	0,60	80	19	150	150	50	Lighting should be controllable to accommodate various A/V needs. Room brightness see 5.7
Attending lecture in seating areas in auditoriums and lecture halls	200	300	0,60	80	19	75	75	50	Reduction by dimming. DSE-work, see 4.9.
Black, green and white boards	500	750	0,70	80	19	150	150	100	Vertical illuminances. Specular reflections shall be prevented. Presenter/teacher shall be illuminated with suitable vertical illuminance.
Black, green and white boards in auditorium and lecture halls	500	750	0,60	80	19	150	150	50	Specular reflections shall be prevented

Task or activity related requirements: Room or space design

Enakomernost: $U_0 \geq 0,10$

Univerza Ljubljana
Universitas Ljubecensis

Harmonična porazdelitev svetlosti



SIST EN 12464/1:2021 podaja vrednosti **osvetljenosti sten in stropa** glede na izbrano zahtevnost vidne naloge.

Izračun in meritve za vse površine!

SIST EN 12464/1:2011

E > 50 lx z $U_0 \geq 0,10$ na stenah
> 30 lx z $U_0 \geq 0,10$ na stropu

Univerza Ljubljana
Universitas Ljubecensis

Harmonična porazdelitev svetlosti



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

Univerza Ljubljana
Universitas Ljubecensis

Harmonična porazdelitev svetlosti



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

Univerza Ljubljana Universitas Ljubecensis

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.

Univerza Ljubljana Universitas Ljubecensis

Harmonična porazdelitev svetlosti



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

Univerza Ljubljana Universitas Ljubecensis

Harmonična porazdelitev svetlosti



Primer svetlosti v delovnem okolju

(v cd/m²)

Univerza Ljubljana Universitas Ljubecensis

Barva svetlobe


Pomembna je tudi **barva svetlobe**. Čeprav je svetloba bela, ločimo:

- **toplo belo svetlobo** (<3300 K);
- **nevtralnno belo svetlobo** (3300 K – 5300 K);
- **hladno belo svetlobo** (> 5300 K).

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

Univerza Ljubljana Universitas Ljubecensis

Barva svetlobe



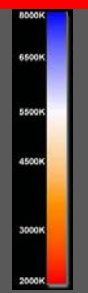
Če (kovinski) predmet segrevamo, začne oddajati energijo v obliki vidne svetlobe. Najprej je temno rdeč, nato njegova barva prehaja preko oranžne in rumene v belo in na koncu v modro.

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

Univerza Ljubljana Universitas Ljubecensis

Barva svetlobe

Karakteristične barve svetlobe električnih virov:



- navadna žarnica: 2700 K
- halogenska žarnica: 3000 K
- fluo - ww (toplo bela): 3000 K
- fluo - nw (nevtralnno bela): 4000 K
- fluo - cw (dnevno bela): 6500 K
- LED – WW: 3000 K
- LED – NW: 4000 K
- LED – CW: 6000 K

neonaska sijalke za bliskavice
 "blue bulb" bliskavice
 fluorescentne cevi "Neutral white"
 fotografski reflektorji
 navadne žarnice: 150-200W 40-60W 25 W
 sveča

Univerza Ljubljana / Universitas Ljubecensis

Barva svetlobe

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

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

Univerza Ljubljana / Universitas Ljubecensis

Barva svetlobe

Standard **SIST EN 12464-1** podaja v določenih primerih tudi podobno barvno temperaturo svetlobe

Educational premises – Educational buildings									
Type of task/activity area	Em, lx	Em, m lx	Uo	Ra	RUGL	Ez, lx	Em, wall, lx	Em, ceiling, lx	Specific requirements
Computer work only	300	500	0,60	80	19	100	100	75	DSE-work, see 4.9. Lighting should be controllable. Room brightness, see 5.7
Art rooms	500	750	0,60	80	19	150	150	100	Lighting should be controllable. Ambient light should be considered, see annex C, room brightness see 5.7.
Art rooms in art schools	750	1000	0,70	90	19	150	150	100	Lighting should be controllable. Ambient light should be considered, see annex C, room brightness see 5.7.
Technical drawing rooms	750	1000	0,60	80	19	150	150	100	Lighting should be controllable. Ambient light should be considered, see annex C, room brightness see 5.7.
Practical rooms and laboratories	500	750	0,60	80	19	150	150	100	Lighting should be controllable. Ambient light should be considered, see annex C, room brightness see 5.7.
Computer work only	300	500	0,60	80	19	100	100	75	DSE-work, see 4.9. Lighting should be controllable. Room brightness, see 5.7
Task or activity related requirements						Brightness appearance of rooms (4.2.2/4.2.3)			
Task or activity area design						Room or space design			

Univerza Ljubljana / Universitas Ljubecensis

Barva svetlobe

Univerza Ljubljana Universitas Ljubecensis

Indeks barvnega videza

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

Sončna svetloba na severnem nebu. Svetloba navadne žarnice.

SunLike Ordinary LED (B-YR)

Univerza Ljubljana Universitas Ljubecensis

Indeks barvnega videza

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.

Univerza Ljubljana Universitas Ljubecensis

Indeks barvnega videza

CRI: 50-70
 Fair
 CRI: 70-80
 Good
 CRI: 80-90
 Excellent


60 80 90

Univerza Ljubljana Universitas Ljubecensis

Delovna mesta s slikovnimi zasloni

Razsvetljava delovnih mest s slikovnimi zasloni mora biti primerna za vsa opravila, ki se izvajajo na delovnem mestu:

- branje z zaslona,
- branje tiskanega besedila,
- pisanje na papir,
- delo s tipkovnico.



Univerza Ljubljana Universitas Ljubecensis

Delovna mesta s slikovnimi zasloni

Standard opisuje zgornje meje za **svetlost svetilke**, ki bi se lahko odsevale v zaslonih pri normalnih smereh opazovanja.

Zgornja svetlost zaslona	Zaslon velike svetlosti $L > 200 \text{ cd-m}^{-2}$	Zaslon srednje svetlosti $L \leq 200 \text{ cd-m}^{-2}$
Primer A (pozitivna polarnost in običajne zahteve glede barve in podrobnosti prikazanih informacij, kot se uporabljajo v pisarni, izobraževanju itd.)	$\leq 3\,000 \text{ cd-m}^{-2}$	$\leq 1\,500 \text{ cd-m}^{-2}$
Primer B (negativna polarnost in/ali višje zahteve v zvezi z barvo in podrobnosti prikazanih informacij, kot se uporabljajo za pregled barv CAD itd.)	$\leq 1\,500 \text{ cd-m}^{-2}$	$\leq 1\,000 \text{ cd-m}^{-2}$


Univerza Ljubljana Universitas Ljubecensis

Conclusion

Requirements:

- Illuminance:
 - visual task (e.g. 500 lx)
 - immediate surrounding (e.g. 300 lx)
 - background (e.g. 100 lx)
- Illuminance uniformity (e.g. 0,6)
- UGR (e.g. 19)
- Ra (e.g. 80)
- CCT (based on required illuminance)
- Cylindrical illuminance (e.g. 150 lx)
- Well balanced adaptation luminance
 - illuminance of walls (150 lx) and ceiling (100 lx)
 - uniformity (0,1)

Univerza Ljubljana Universitas Ljubianensis




Kaj merimo?

Zahteve standarda SIST EN 12464-1:

- osvetljenost:
 - vidne naloge (npr. 500 lx)
 - neposredna okolica (npr. 300 lx)
 - širša okolica (npr. 100 lx)
- enakomernost osvetljenosti (npr. 0,6)
- UGR (npr. 19)
- Ra (npr. 80)
- CCT (glede na zahtevano osvetljenost)
- cilindrična osvetljenost (npr. 150 lx)
- harmonična porazdelitev svetlosti
 - osvetlitev sten (150 lx) in stropa (100 lx)
 - enakomernost (0,1)
- Flaker in stroboskopski efekt

Univerza Ljubljana Universitas Ljubianensis



Kaj merimo?

Zahteve Pravilnika o varnosti in zdravju pri delu s slikovnim zaslonom:


- svetlost slikovnega zaslona L_{SZ} (cd/m^2),
- svetlost okolja v neposrednem VP L_{NVP} (cd/m^2),
- svetlost okolja v ožjem VP L_{OVP} (cd/m^2),
- svetlost okolja v širšem VP L_{SVP} (cd/m^2).

Zasilna razsvetljava:

- povprečno vrednost osvetljenosti delovnega mesta z zasilno razsvetljavo E_{zas} (lx).

Merimo v ustreznem številu točk!

Univerza Ljubljana Universitas Ljubianensis



Meritve razsvetljave

Kdaj merimo?

Merimo lahko razmere pri razsvetljavi z **dnevno svetlobo, umetni razsvetljavi** ali pri **kombinaciji obeh**.

Če merimo samo umetno razsvetljavo, je meritve najbolje izvajati **ponoči**. Če je kljub temu prisotna vsiljena svetloba (npr. cestnih svetilk, sosednjih prostorov ..) izvedemo dve meritvi (umetna + vsiljena, samo vsiljena) in rezultate odštejemo.

Če merimo podnevi, NUJNO izvedemo dve meritve!!!!

Univerza Universitas
Ljubljana Ljubecensis

Meritve osvetljenosti

Merilna oprema:
Podajanje rezultata z merilno negotovostjo!
Merilna NEGOTOVOST? 5%, 10%, 15%

Merilna negotovost: 10%
Izmerjena vrednost: $E = 525 \text{ lx}$
Podan rezultat: $E = 525 (1 \pm 0,1) \text{ lx}$
 $E = (525 \pm 53) \text{ lx}$
 $[472 - 578] \text{ lx}$

Za pisarne (500 lx) NI SKLADNO!!!

Certifikat? Ali se ga po kalibraciji preveri?

Univerza Universitas
Ljubljana Ljubecensis

Meritve osvetljenosti

Univerza v Ljubljani
Fakulteta za arhitekturo
Laboratorij za razsvetljavo in fotometrijo



**MERJENJE OSVETLJENOSTI
NA DELOVNI POVRŠINI**
Primer mize 180 cm x 80 cm
doc. dr. Matej B. Kobav

<https://youtu.be/PEw36wrZ4Z4>

Univerza Universitas
Ljubljana Ljubecensis

Hvala!
