

Izjava o stališču

IZJAVA CIE O INTEGRATIVNI RAZSVETLJAVI

PRIPOROČILO ZA USTREZNO SVETLOBO OB USTREZNEM ČASU

doc. dr. Matej B. Kobav, univ. dipl. inž. el.

Uvod

- Prva izdaja v letu 2015
- Druga izdaja v letu 2019
- Tudi prevod v slovenski jezik



SLOVENSKO DRUŠTVO IN INŽENIRSTVO
 LIGHTING ENGINEERING SOCIETY OF SLOVENIA

Izjava CIE o stališču o nesikovnih učinkih svetlobe

IZBIRA USTREZNE SVETLOBE OB PRAVEM ČASU

2. izdaja¹

3. oktober 2019 (15. november 2019 - slovenski prevod)

Ozadije

Svetloba je opredeljena kot elektromagnetno sevanje, ki lahko ustvari vidni občutek z neposrednim spodbujanjem fotoreceptorjev vidnega sistema na mrežnici. Poleg tega, da omogočajo vid, povzročajo ti fotoreceptorji tudi biološke učinke, ki imajo močan vpliv na zdravje, učinkovitost in dobro počutje ljudi. Svetloba je glavni dejavnik sinkronizacije človeške biološke ure. Z njeno pomočjo lahko dosežemo premik faze cirkadianega ritma in lahko uravnavamo čas in kakovost svojega spanja. Svetloba zvečer in ponoči lahko moti spanec in lahko povzroči akutno zaviranje nočnega sproščanja hormona melatonina. Porušila bi tudi običajno navajajo, da lahko svetloba vpliva na poviljanje notranjega utripa, izboljša pozornost, blaži sezonsko in nesezonsko depresijo ter vpliva na termoregulacijo in možgansko aktivnost, merjeno z elektroencefalogramom (EEG). Izpostavljenost svetlobi sproži hitre odzive (v območju milisekund in sekund) pri zaviranju refleksu ali možganske aktivnosti. Da jih razlikujemo od zaznavnega vedenja te učinke pogosto imenujemo nesikovni (NS) ali nevizualni (NV) učinki svetlobe. V zadnjih letih so se pojavili različni tržni izrazi, kot so "na ljudi osredotočena razsvetljava / human-centric lighting" (HCL), "cirkadiana razsvetljava / circadian lighting" in "biodinamična razsvetljava / biodynamic lighting", za opis izvedb razsvetljave, ki upoštevata te učinke. V nastajajoči 2. izdaji Mednarodnega slovarja za razsvetlavo CIE, ki je trenutno na voljo pod imenom DIS (CIE 2018), je INTEGRATIVNA RAZSVETLJAVA usrednjeno pojmovanje za razsvetlavo namenjeno povezavi slikovnih in nesikovnih učinkov, ki povzročajo z znanstvenimi dokazi merljive fiziološke in psihološke učinke na ljudi.

Omenjeni biološki učinki svetlobe nastajajo s stimulacijo očenih fotoreceptorjev. Tradicionalno znani receptori za vid, palčice in čepice, so razmeroma dobro razumljeni in opisani v obstoječih publikacijah CIE. Pionirsko delo v zadnjih 25 letih pa je pokazalo, da se v očesu nahaja še tretja vrsta fotoreceptorjev. Ti fotoreceptorji igrajo pomembno vlogo pri nesikovnih učinkih svetlobe in imajo največjo občutljivost v območju nižjih valovnih dolžin vidnega spektra; znani so kot svetlobno občutljive mrežnične ganglijske celice (intrinsically-photosensitive retinal ganglion cells (ipRGC)). Njihova občutljivost na svetlobo temelji na fotopigmentu melanopsinu.

Na podlagi rezultatov neodvisne delavnice vodilnih znanstvenikov na področju nesikovnih učinkov svetlobe v Manchesteru leta 2013 (glej CIE TN 003: 2018 (CIE 2015)) je CIE izdala mednarodni standard CIE S 028: 2018 (CIE 2018), ki določa merilni sistem optičnega sevanja za odzive, ki jih povzročijo svetloba, in jih lahko izkazuje ipRGC (učinki svetlobe zaradi delovanja ipRGC).

Predpisi, standardi in praksa o razsvetljavi se pogosto še vedno osredotočajo na vidne in energetske vidke svetlobe, nesikovnim učinkom pa se posveča premalo oz. skoraj nič pozornosti. Nasprotno pa

¹ Ta izdaja nadomešča leta 2015 izdano CIE izjavo o stališču o isti temi

Uvod

- Prva izdaja v letu 2015
- Druga izdaja v letu 2019
 - Tudi prevod v slovenski jezik



<http://www.sdr.si/dokumenti/cie%20sporocilo%20za%20javnost.pdf>

Uvod

- Prva izdaja v letu 2015
- Druga izdaja v letu 2019
 - Tudi prevod v slovenski jezik
- Tretja izdaja v letu 2024



cie
International Commission on Illumination
Commission Internationale de l'Éclairage
Internationale Beleuchtungskommission

DOI: 10.25039/PS.b7wa77g

POSITION STATEMENT

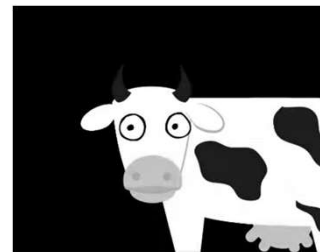
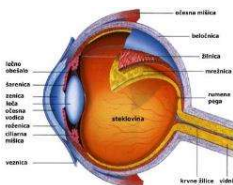
CIE Position Statement on Integrative Lighting
Recommending Proper Light at the Proper Time
3rd Edition

CIE PS 001:2024

Version 2024-08

Vizualni in nevizualni učinki svetlobe

Vizualni (slikovni) učinki (paličnice, čepnice)



Nevizualni (neslikovni) učinki

- hormoni (melatonin, kortizol)
- dnevni ritem

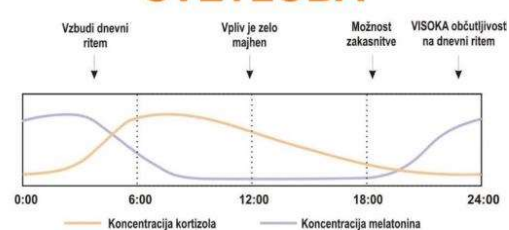
Svetloba

- ob nepravem času
- napačna barva svetlobe

Posledice

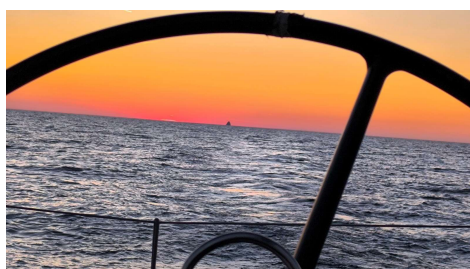
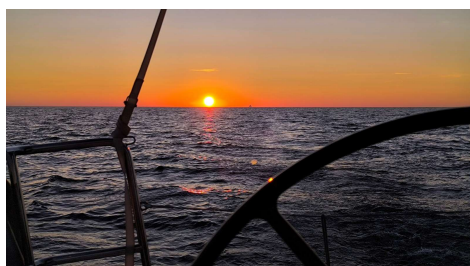
- desinhronizacija
- nespečnost
- poklicne bolezni

SVETLOBA

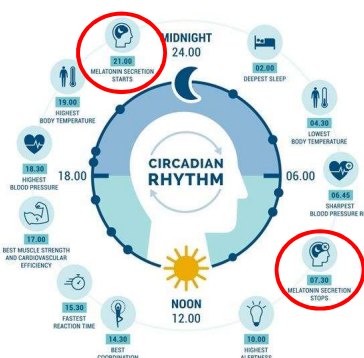


5

Dnevna svetloba...



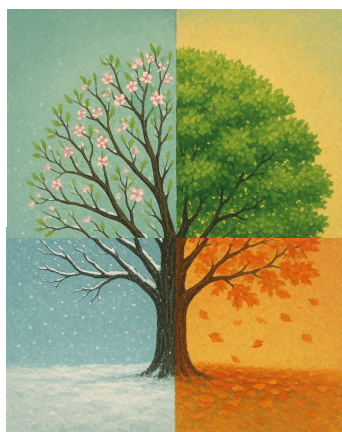
... uravnava našo notranjo uro in tako celotno delovanje našega telesa.



7

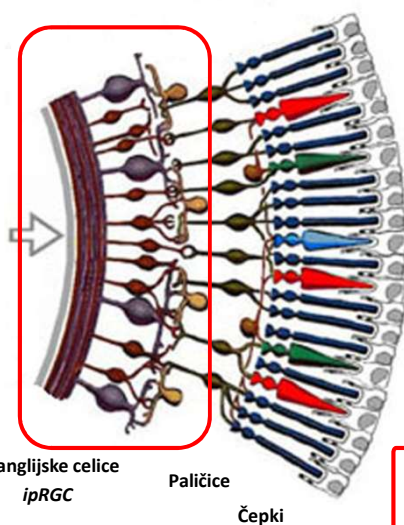
Letne spremembe svetlobe...

... lahko močno vplivajo na naše počutje –
zimsko depresija



8

Kaj pravi znanost?



- Znanstveniki so 2002 odkrili, da **mrežnica** vsebuje še tretji fotoreceptor: **na svetlobo občutljive ganglijske celice**.
- Ni povezan s centrom za vid.
- Gre za posebne ganglijske celice, ki so porazdeljene po celotni mrežnici, vendar so **bolj pogoste na spodnji polovici**.

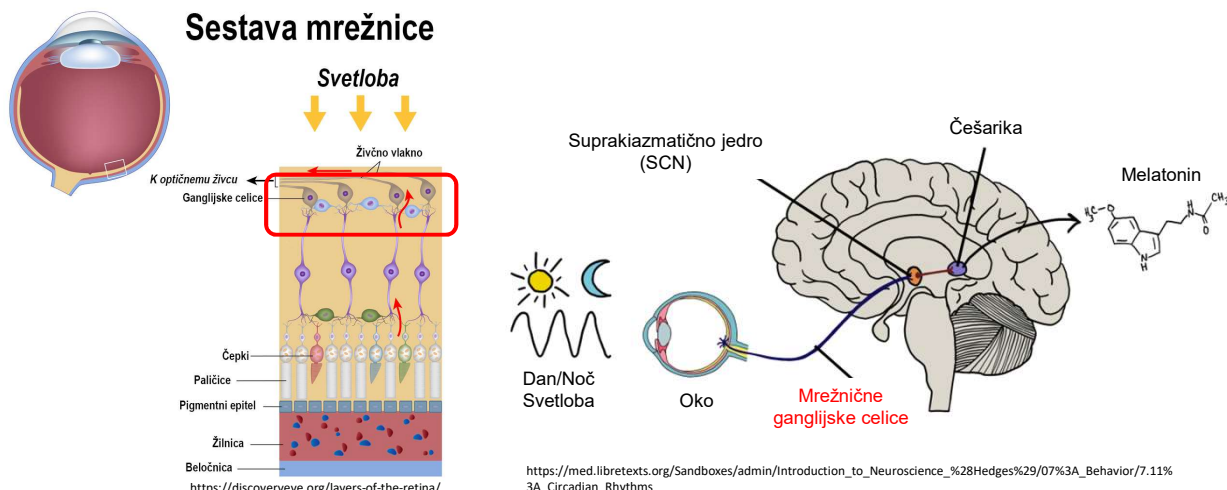
Intrinzično fotosenzitivne ganglijske celice mrežnice
Intrinsically photosensitive retinal ganglion cells (ipRGC)
Intrinzično = notranje, samo po sebi

9

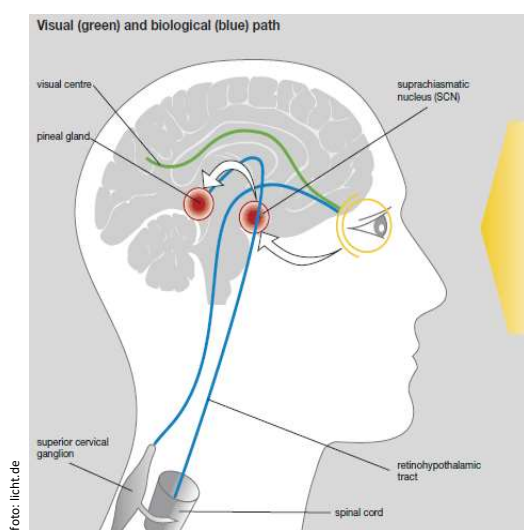
Kako deluje svetloba?

Svetloba ima zelo pomembno vlogo pri sinhronizaciji človeške biološke ure (cirkadianega ritma):

- prek svetlobno občutljivih **mrežničnih ganglijskih celic** zavira izločanje melatonina
- uravnava fiziološke procese, kakovost spanja, zdravje, učinkovitost in dobro počutje



Kako deluje?



Suprakiazmatično jedro (SCN):

- SCN deluje kot nadzorna ura, ki uravnava delovanje notranjih ur v različnih delih telesa.
- To uravnavanje poteka s pomočjo izločanja in zaviranja izločanja predvsem hormonov.

Svetloba – najhušja droga?

“Vpliv svetlobe na naš cirkadiani ritem je večji od vpliva katerekoli droge.”

Chuck Czeisler: Perspective: Casting light on sleep deficiency.
Nature, 2013; 497(7450):S13.



Ritem spanje - budnost sledi ritmu melatoninina

- Običajen čas za spanje: ~2 uri po začetku tvorjenja melatoninina (v temi)
- Običajen čas za prebujanje: ~10 ur po začetku tvorjenja melatoninina (v temi)

Nevizualni učinki svetlobe...



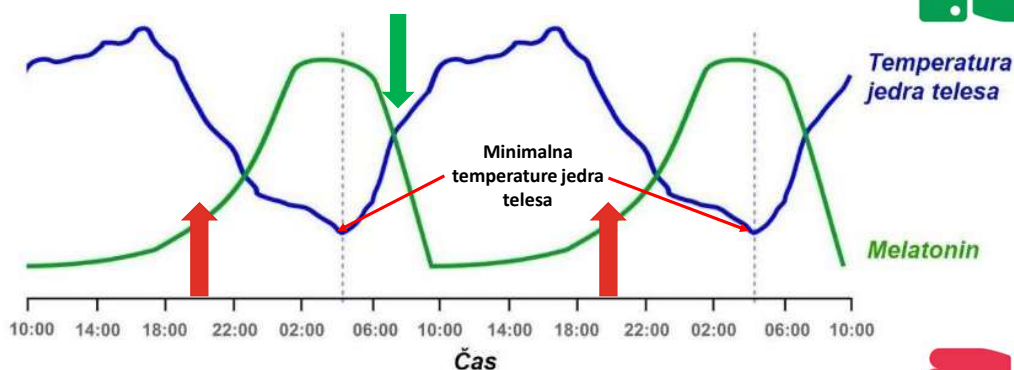
UL | FE

Nevizualni učinki svetlobe...

Jutranja svetloba „pospeši“ biološko uro (prejšnje spanje)

Svetloba po minimumu temperature jedra telesa = jutranja svetloba

Premakne izločanje melatonina na zgodnejšo uro (spanje prej)



Večerna svetloba „zakasni“ biološko uro (kasnejše spanje)

Svetloba **red** minimumom temperature jedra telesa = večerna svetloba

Premakne izločanje melatonina na kasnejšo uro (spanje kasneje)



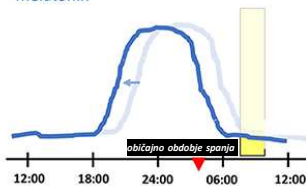
Cirkadiani ritem...

UL | FE

GOOD COP

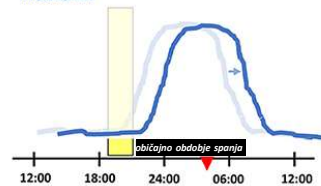

Jutranja svetloba pospeši čas izločanja melatonina (zgodnejše spanje in prebujanje).

melatonin

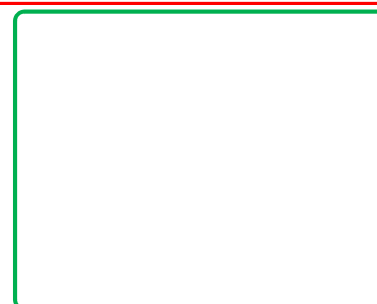

B

Večerna svetloba zakasni izločanje melatonina (kasnejše spanje in prebujanje).

melatonin


BAD COP

VERY BAD COP

VERY GOOD COP


Komercialna imena za isto zadevo

HUMAN CENTRIC LIGHTING

BIOLOGICALLY EFFECTIVE LIGHTING

CIRCADIAN LIGHTING

BIOLOŠKO AKTIVNA RAZSVETLJAVA

BIO-ADAPTIVE LIGHTING

BIO-DYNAMIC LIGHTING

INTEGRATIVE LIGHTING

INTEGRATIVNA RAZSVETLJAVA

17-29-028 - integrativna razsvetljava (<https://cie.co.at/eilvterm/17-29-028>)

Razsvetljava, ki združuje **vizualne** in **nevizualne** učinke ter ustvarja **fiziološke** in/ali **psihološke** koristi za ljudi

Opomba 1: Izraz "integrativna razsvetljava" se nanaša samo na ljudi.

Opomba 2: Razsvetljava predvsem za terapevtske namene (svetlobna terapija) ni vključena.

Opomba 3: Izraz „Human centric lighting“, ali „biološko aktivna razsvetljava“, se uporablja s podobnim pomenom.



International Commission on Illumination
Commission Internationale de l'Éclairage
Internationale Beleuchtungskommission

17

Izrazoslovje...

α - opic $\rightarrow$ α - opski

Angleški izrazi

S-cone-opic $\rightarrow$ 450 nm

Cyanopsin (OPN1SW)

M-cone-opic $\rightarrow$ 540 nm

Chlorolabe (OPN1MW)

L-cone-opic $\rightarrow$ 570 nm

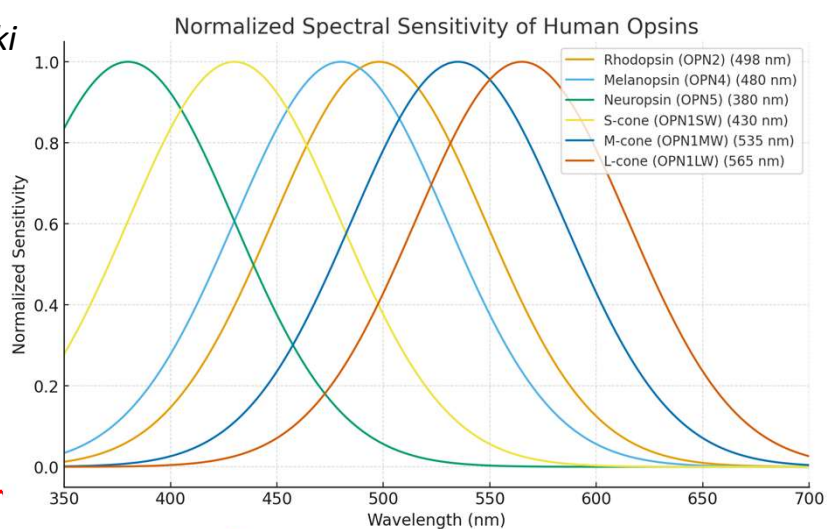
Erythrolabe (OPN1LW)

Rhodopic $\rightarrow$ 508 nm

Rhodopsin (OPN2)

Melanopic $\rightarrow$ 490 nm

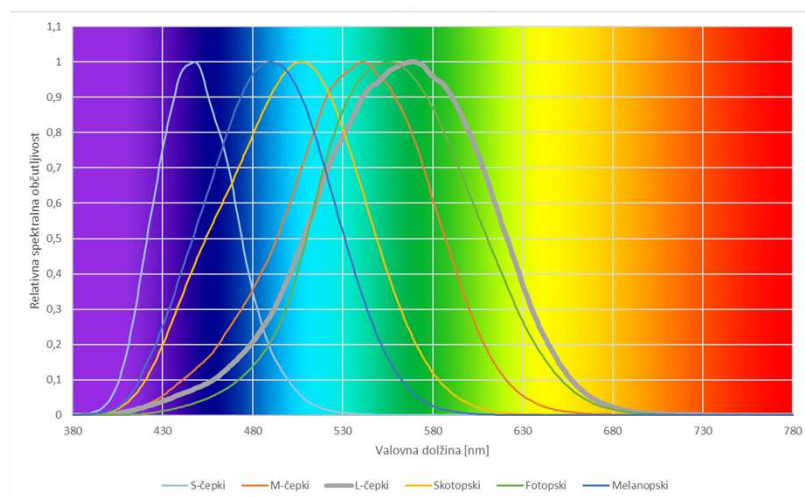
Melanopsin (OPN4)



18

Spektralni odziv očesa na svetlobo...

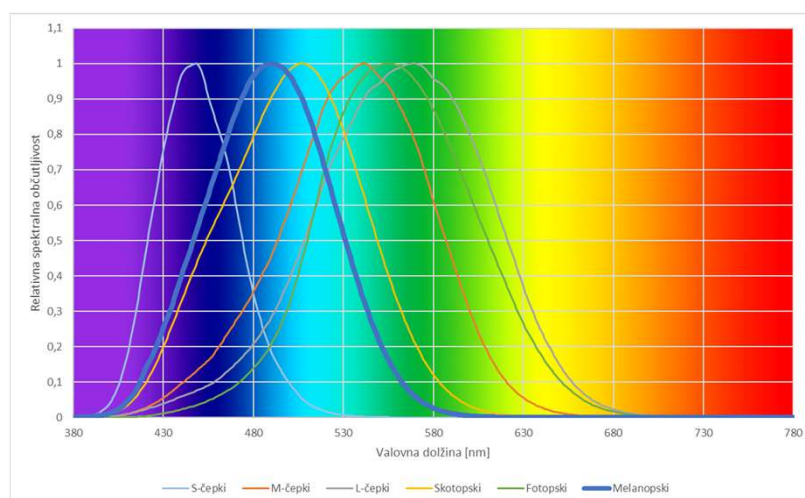
S-čepki (modri)
M-čepki (zeleni)
L-čepki (rdeči)
Skotopski (nočni)
Fotopski (dnevni - $V(\lambda)$)
Melanopski



19

Spektralni odziv očesa na svetlobo...

S-čepki (modri)
M-čepki (zeleni)
L-čepki (rdeči)
Skotopski (nočni)
Fotopski (dnevni - $V(\lambda)$)
Melanopski



20

CIE standard S 026:2018

CIE standard

- Navodila
- Excel tabela za izračun

[CIE S 026 Toolbox](#)

[CIE S 026 User Guide](#)



CIE S 026/E:2018

CIE System for Metrology of Optical Radiation for ipRGC-Influenced Responses to Light

Système CIE de métrologie des rayonnements optiques dédié à la réponse à la lumière des cellules ganglionnaires photosensibles de la rétine (ipRGC)
CIE-System für die Metrologie optischer Strahlung für ipRGC-beeinflusste Antworten auf Licht

CIE International Standards are copyrighted and shall not be reproduced in any form, entirely or partly, without the explicit agreement of the CIE.

CIE Central Bureau, Vienna
Sabenbergerstrasse 9, A-1010 Vienna, Austria

CIE S 026/E:2018

UDC: 612.014.481-06

Descriptor: Optical radiation effects on humans

21

Odziv človeka na svetlobo...

Hitri odzivi (v milisekundah in sekundah)
v refleksu zenice ali v možganski aktivnosti.

- povečanje srčnega utripa in spremembe v možganski aktivnosti,

Srednje hitri odzivi (v minutah):

- izboljša budnost, vpliva na termoregulacijo in lajša sezonsko in nesezonsko depresijo

Počasni odzivi (dnevi, tedni)

- sprememba faze cirkadianega ritma, uravnavanje časa in kakovosti spanja



22

Povzetek priporočil za...

UL | FE

...pravo svetlobo ob pravem času

- **Visoka melanopska EDI** (zelo visoka izpostavljenost svetlobi) med dnevom spodbuja budnost, cirkadiani ritem in dober nočni spanec.
- **Nizka melanopska EDI** (v velikosti 1/25 ali manj dnevne izpostavljenosti) zvečer olajša začetek spanja in utrjuje spanje.
- **Tema** (zelo nizka melanopska EDI, tj. skoraj nič) ponoči podpira močan cirkadiani ritem in kakovost spanja, kar ima pozitivne učinke na zmogljivost in dobro počutje zaradi fizioloških procesov, ki potekajo med spanjem.

23

Povzetek priporočil za pravo svetlobo...

UL | FE

...ob pravem času v ŠTEVILKAH

Podnevi:

- **Minimalna** vertikalna osvetljenost **250 lx melanopske ekvivalentne dnevne osvetljenosti (EDI)**
 - Priporočljiva je neprekinjena osvetljenost čez dan (ni mogoče)
 - Brez bleščanja in nelagodja
 - Ni jasno, ali obstaja dnevna doza svetlobe (izražena v lx*urah)
 - Če doza obstaja, potem povečati količino dnevne svetlobe!

Večer:

- **Maksimalna** vertikalna osvetljenost **10 lx melanopske ekvivalentne dnevne osvetljenosti (EDI) tri ure pred spanjem**
 - težko uskladiti z zahtevami posameznikov glede vidljivosti nalog
 - skrbno izbran spekter svetlobnih virov lahko pomaga doseči cilj

Ponoči:

- **Osvetljenost vek** čim bližje **ničli**

24

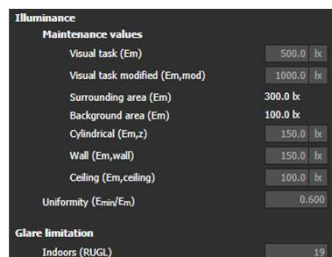
Primer pisarn

Kakšna je osvetljenost na očesu, če projektiramo po
SIST EN 12464-1:2021?

Zahteve

Simulacija

Rezultati

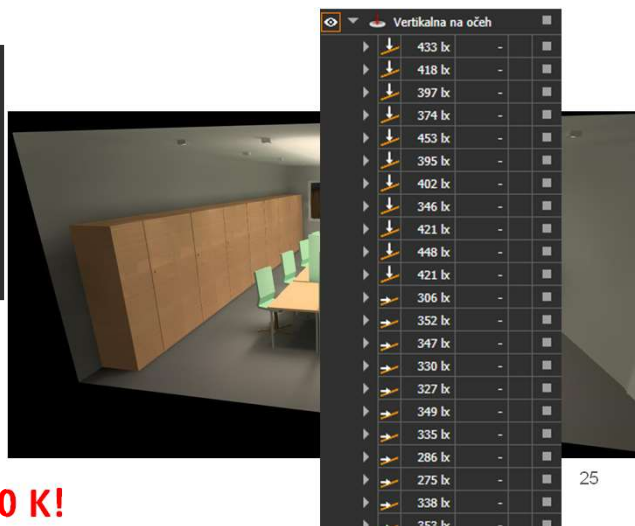


Vertikalna osvetljenost na očeh?

Od 286 lx do 348 lx.

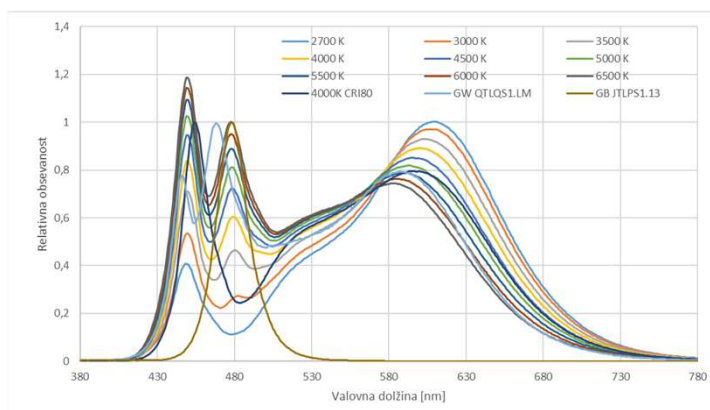
Je to dovolj?

Da, če imajo svetilke 6500 K!



Kaj pa drugi spektri?

Izračun MDER



CCT	2700 K	3000 K	3500 K	4000 K	4500 K	5000 K	5500 K	6000 K	6500 K	4000K CRI80	GW QTLQ51.LM	GB JTLPS1.13
MDER	0,395	0,488	0,603	0,689	0,765	0,828	0,888	0,940	0,986	0,647	0,859	5,598

Kaj pa drugi spektri?

Če je zahtevano **250 lx** vertikalno melanopskih luksov, potrebujemo:

CCT	2700 K	3000 K	3500 K	4000 K	4500 K	5000 K	5500 K	6000 K	6500 K	4000 K CRI80	GW QTLQS1.LM	GB JTLPS1.13
MDER	0,395	0,488	0,603	0,689	0,765	0,828	0,888	0,940	0,986	0,647	0,859	5,598
Osvetljenost [lx]	633	512	415	363	327	302	282	266	254	386	291	45

Vedno upoštevamo spekter svetlobe!

- Nižje CCT, višja osvetljenost
- Višja CCT, nižja osvetljenost

PODNEVI

27

Kaj pa drugi spektri?

Če je zgornja meja **10 lx** vertikalno melanopskih luksov, imamo lahko:

CCT	2700 K	3000 K	3500 K	4000 K	4500 K	5000 K	5500 K	6000 K	6500 K	4000 K CRI80	GW QTLQS1.LM	GB JTLPS1.13
MDER	0,395	0,488	0,603	0,689	0,765	0,828	0,888	0,940	0,986	0,647	0,859	5,598
Osvetljenost [lx]	25	20	17	15	13	12	11	11	10	15	12	2

Vedno upoštevamo spekter svetlobe!

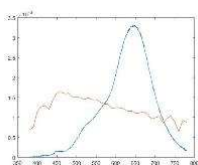
- Nižje CCT, višja osvetljenost
- Višja CCT, nižja osvetljenost

ZVEČER

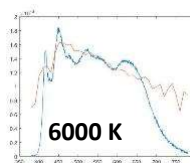
28

Svetilka „Morning to evening“

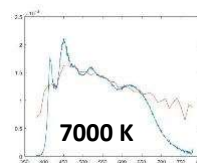
CCT	MDER
2.000 K	0,2783
3.000 K	0,5223
4.000 K	0,6908
5.000 K	0,8239
6.000 K	0,9508
7.000 K	1,0411
8.000 K	1,1084
9.000 K	1,1770
10.000 K	1,2282
11.000 K	1,2753
12.000 K	1,3060
13.000 K	1,3465
14.000 K	1,3675
15.000 K	1,4012



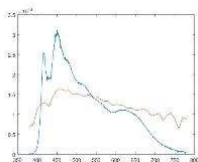
2000 K



6000 K



7000 K

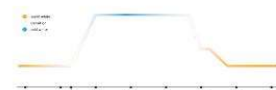
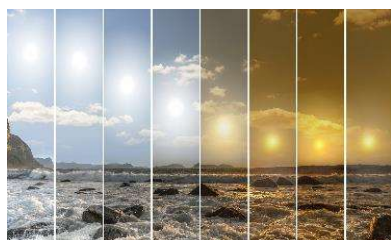


15.000 K

Ali imamo tehnologijo?

ULFE

V svetilko se namesti LED z različnimi barvami svetlobe...



Ali jo znamo pravilno uporabljati? ³⁴

Dnevna svetloba je ključ do rešitve...

Če se ravnamo po dnevni svetlobi, potem potrebujemo:

- višje nivoje osvetljenosti,
- dovolj visoko barvno temperaturo,
- velike svetleče površine,
- svetlobo od zgoraj in od strani in
- dinamične spremembe preko dneva (in leta).

35

Nevizualni učinki svetlobe...

Razmere pri dnevni in umetni svetlobi



Premalo jutranje svetlobe

ne „prebudi“ telesa, zakasni biološko uro in začetek spanja.



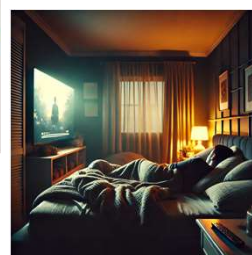
Premalo dnevne svetlobe

zavira tvorjenje melatonina ponoči + poveča občutljivost na večerno svetlobo.



Preveč večerne svetlobe

zakasni tvorjenje melatonina, zakasni biološko uro in začetek spanja.



36

Nevizualni učinki svetlobe...

Razmere pri dnevni in umetni svetlobi



Več dnevne svetlobe:

- okrepi nočno izločanje melatonina
- zmanjša občutljivost na večerno svetlobo.



37

In končno....

...nekaj uporabnih priporočil:

Tekom dneva spreminjajte spekter in intenziteto svetlobe

1. **Povečajte osvetljenost in vsebnost modre svetlobe za povečanje pozornosti (zjutraj in tekom dneva).**
2. **Zmanjšajte osvetljenost in vsebnost modre svetlobe za sprostitvev in spanje (zvečer in ponoči).**
3. **Svetloba tekom noči mora biti ustrezno načrtovana, da ne moti spanja in zdravja.**

Zelo svetla jutra in dnevi!

Mračni večeri (3 ure pred spanjem)

Temno temna noč!

39



Hvala!

MOČ SVETLOBE

Bioluč d.o.o. Informacije in naročila **090 69 69**

Izdelki so na voljo tudi v elektro in drugih specializiranih trgovinah



 **FE**
UNIVERZA V LJUBLJANI Fakulteta za elektrotehniko

Hvala!

Matej B. Kobav
matej.kobav@fe.uni-lj.si

44