



*Електронски факултет
Универзитета у Нишу*

„Осветљење радних просторија: захтеви, избор светиљки и верификација изведеног осветљења“

Драган Вучковић, дипл.инж.ел



Фактори квалитета унутрашњег осветљења

- Ниво осветљености
- Равномерност осветљености
- Расподела сјајности
- Ограничење бљештања
- Смер упада светлости и моделовање
- Боје
- Ограничење треперења светлости и стробоскопског ефекта



Ниво осветљености

- Минимална средња осветљеност референтне површине ($h=0.85$ m)
- Препоруке ЈКО
- СРПС ЕН 12464-1 2012, Светлост и осветљење - Осветљење радних места - Део 1: Радна места у затвореном простору
- 250 lx - 300 lx – 500 lx
- 1000 lx – 2000 lx ...
- 500 lx - школска табла



Равномерност осветљености

- Однос минималне и средње осветљености површине
- U_0 за референтну површину, најмање 0.7
- U_0 за површину која непосредно окружује референтну површину, најмање 0.5
- U_0 за школску таблу, најмање 0.5



Расподела сјајности

- СРПС ЕН 2464-1 2012, Светлост и осветљење - Осветљење радних места - Део 1: Радна места у затвореном простору
- Фактор рефлексије таванице 0.6 до 0.9
- Фактор рефлексије зидова 0.3 до 0.8
- Фактор рефлексије радне површине 0.2 до 0.8
- Фактор рефлексије пода 0.1 до 0.5



Расподела сјајности





Расподела сјајности





Расподела сјајности





Ограничење бљештања

- Физиолошко бљештање
- Психолошко бљештање

- Ограничење директног бљештања
- Ограничење рефлектованог бљештања

- Јединствени показатељ бљештања,
UGR - Unified Glare Rating

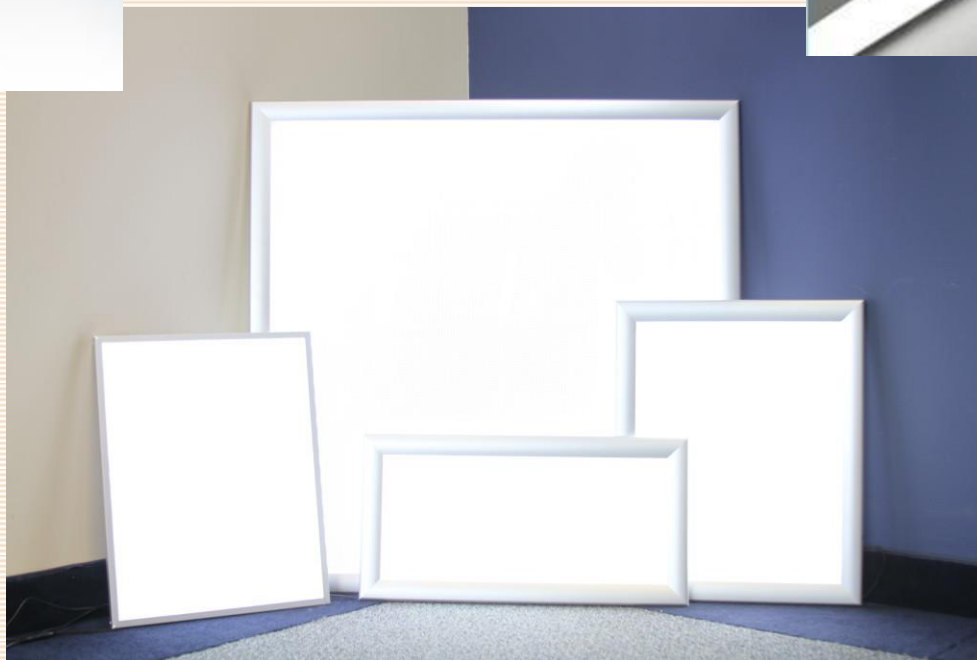
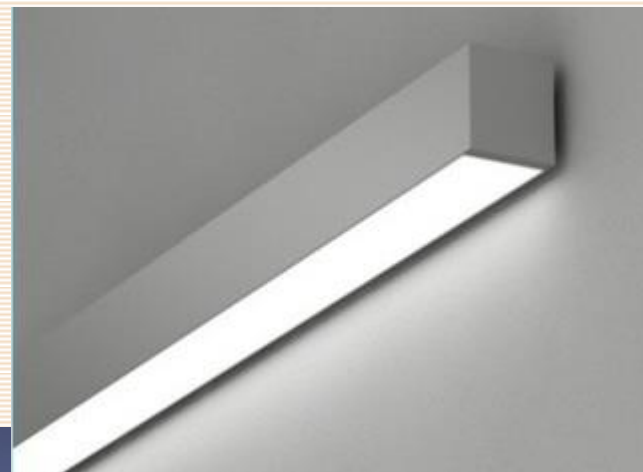


Смер упада светлости и моделовање

- Дефинисати оптимални однос директне и индиректне компоненте осветљености:
 - ▶ Јако усмерена светлост изазива дубоке сенке
 - ▶ Изразито индиректна светлост елиминише сенке и отежава уочавање контура



Избор светиљки

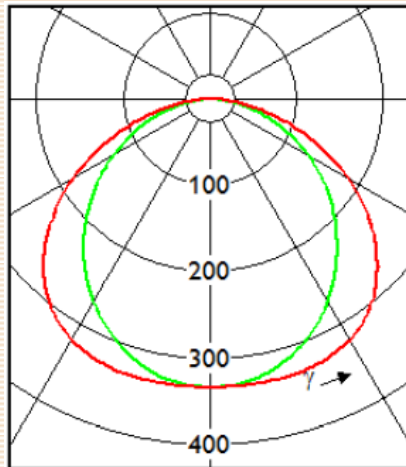
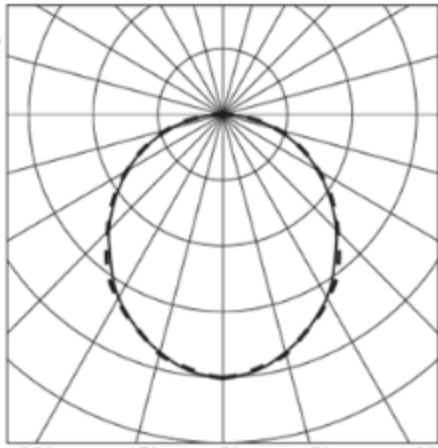




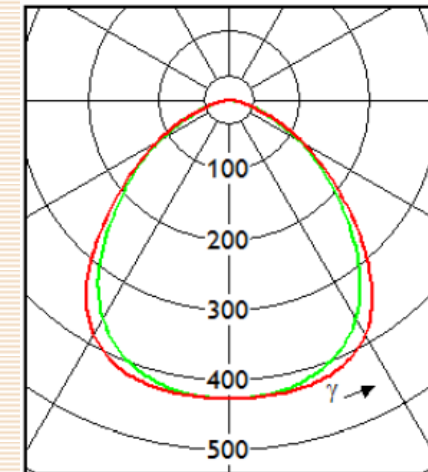
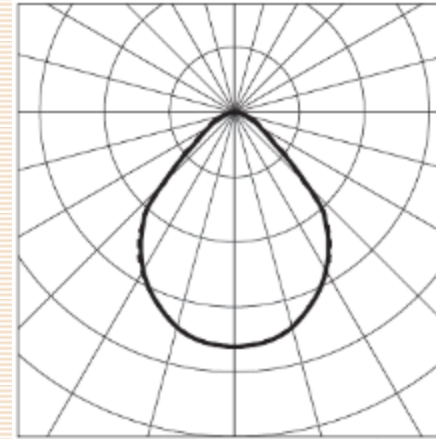
Ограничење бљештања

Смер упада светлости и моделовање

■ Ходници, коридори, ...
UGR < 22



Канцеларије, учионице, ...
UGR < 19





Ограничење бљештања

Смер упада светлости и моделовање

■ UGR < 19 (16)

UGR < 22



LED светиљка са
UGR < 16,

Светиљка са растером
са флуоресцентним
цевима

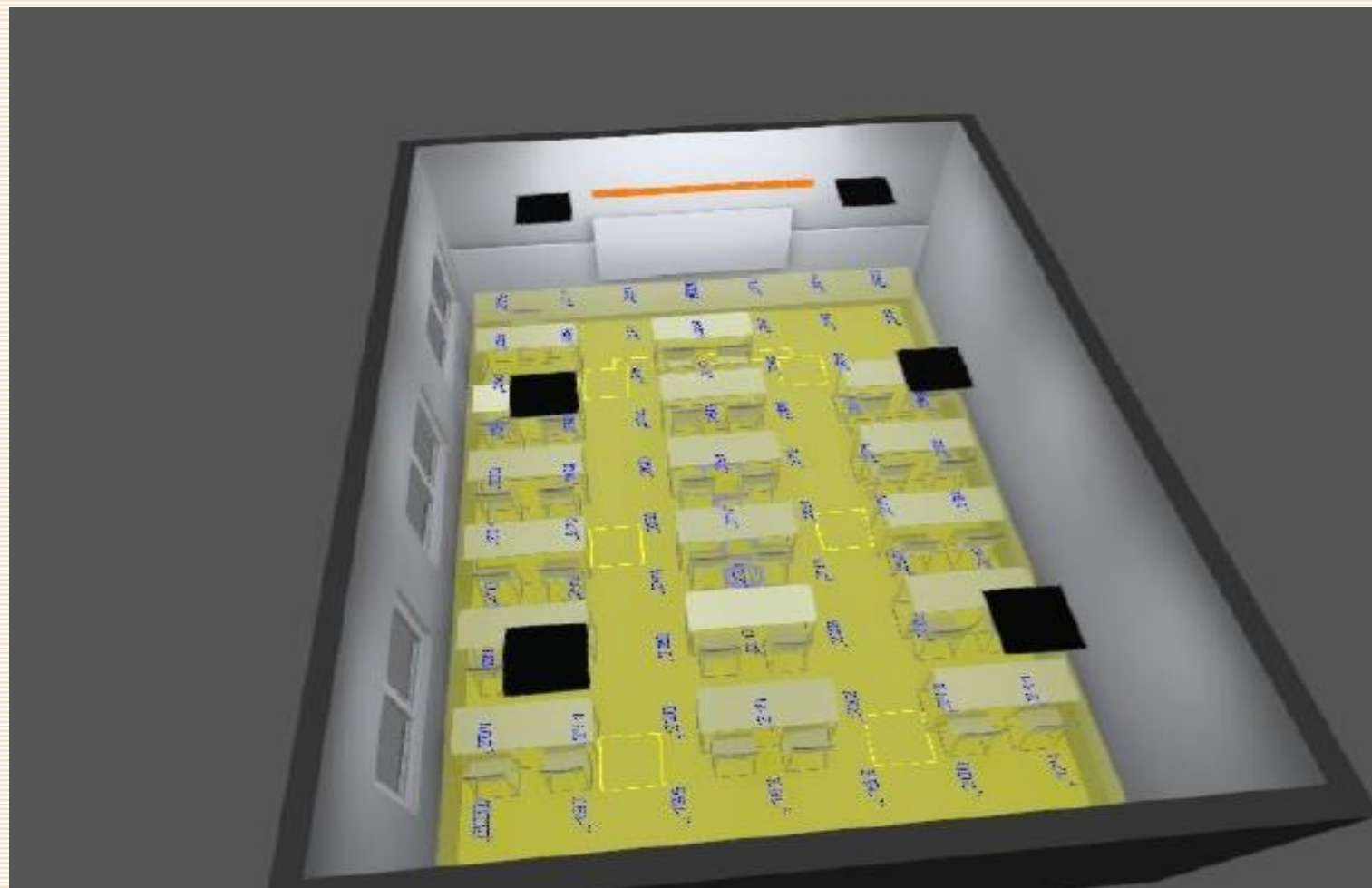
LED светиљка са
UGR < 22,

Светиљка са опал
дифузором са
флуоресцентним цевима



Ограничење бљештања

Смер упада светлости и моделовање





Ограничење бљештања

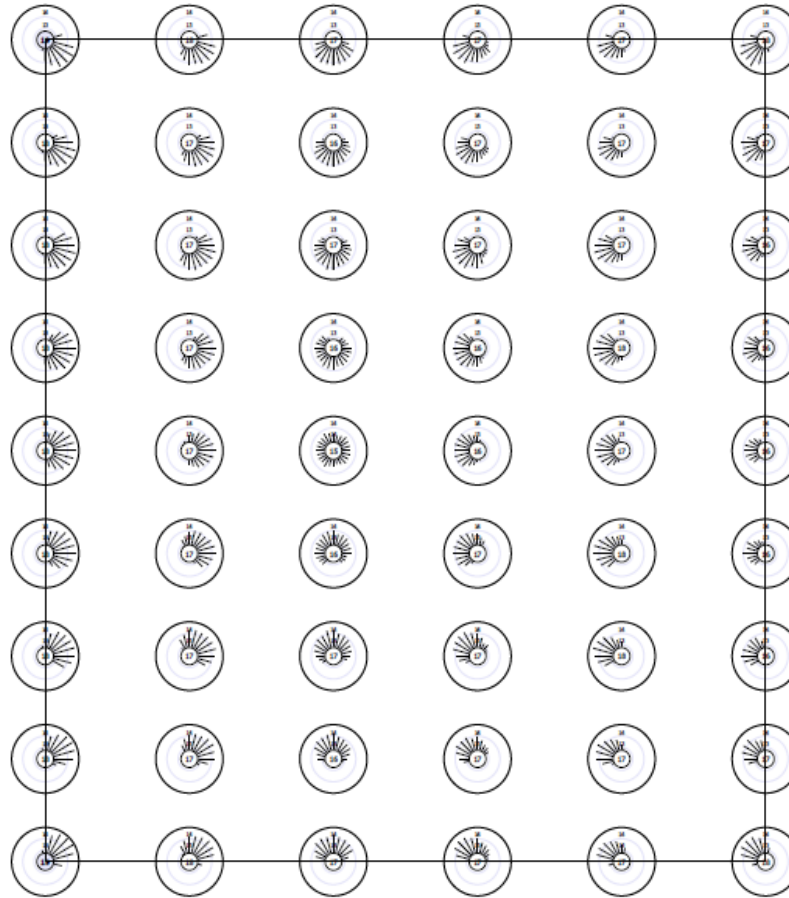
Смер упада светлости и моделовање





Ограничење бљештања

Смер упада светлости и моделовање - UGR

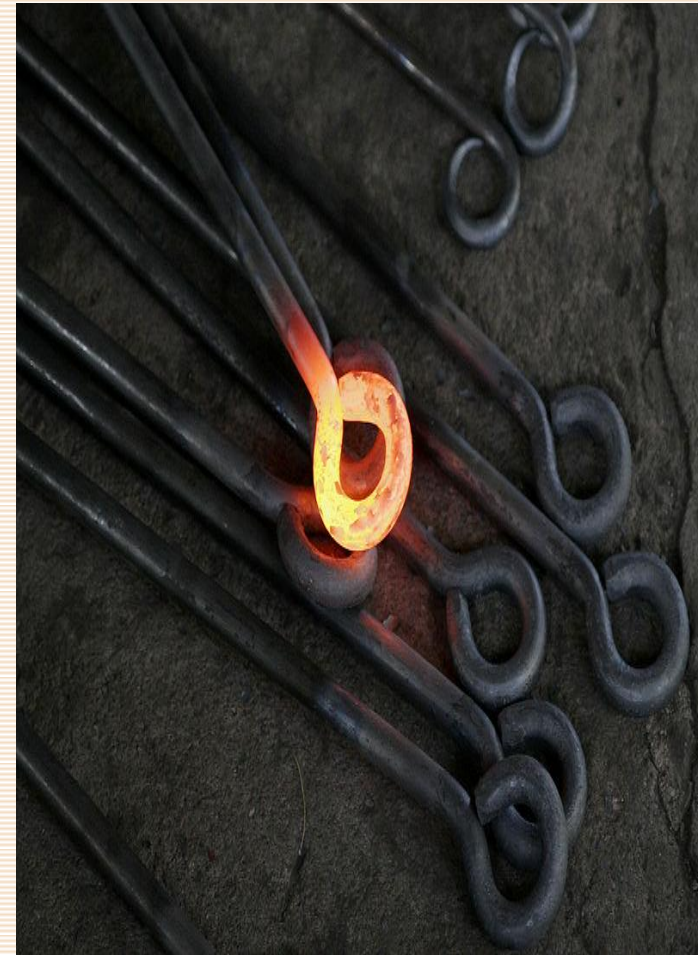
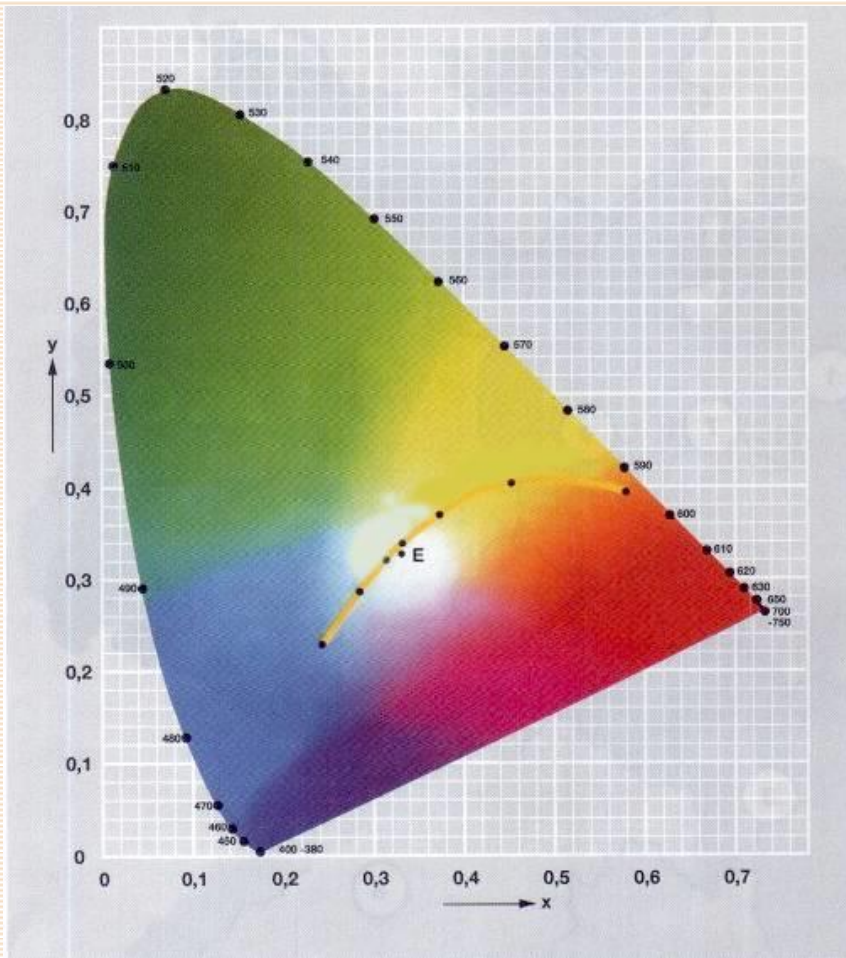




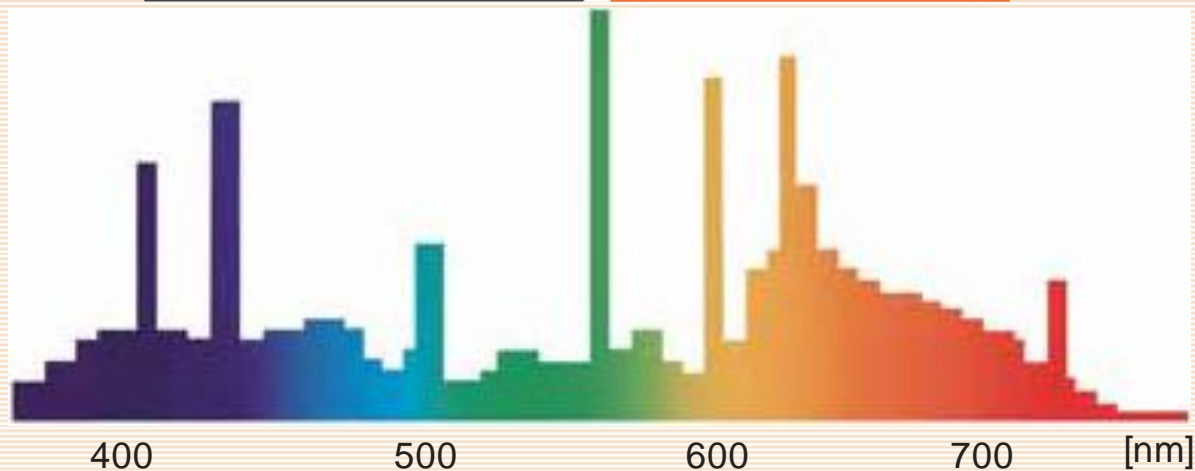
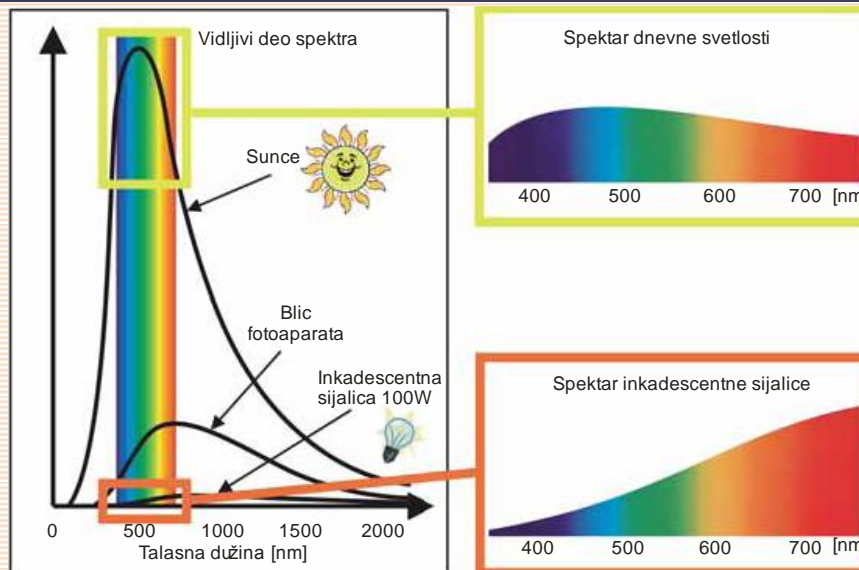
Боје

- СРПС ЕН 12464-1 Светлост и осветљење - Осветљење радних места - Део 1: Радна места у затвореном простору
- $T \leq 3300 \text{ K}$, топле боје
- $3300 \text{ K} < T < 5300 \text{ K}$, неутрално беле боје
- $T \geq 5300 \text{ K}$, боје дневне светлости
- Препоручена вредност: $T = 4000 \text{ K}$
- Индекс репродукције боје за унутрашње просторије, где људи дуже бораве не би требало да буде мањи од 80

Стандардни дијаграм боја CIE – Температура боје

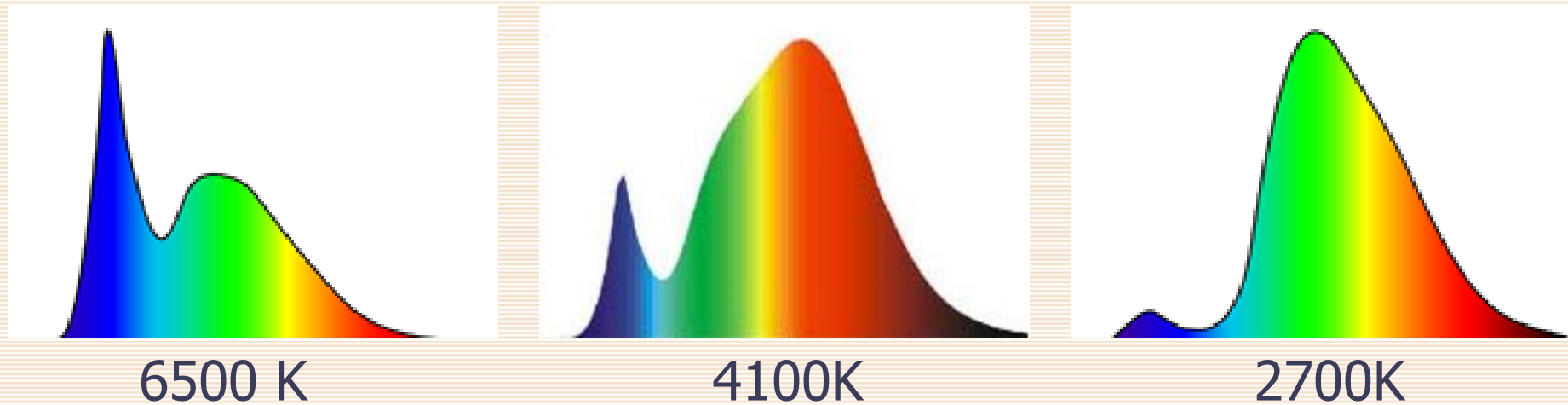
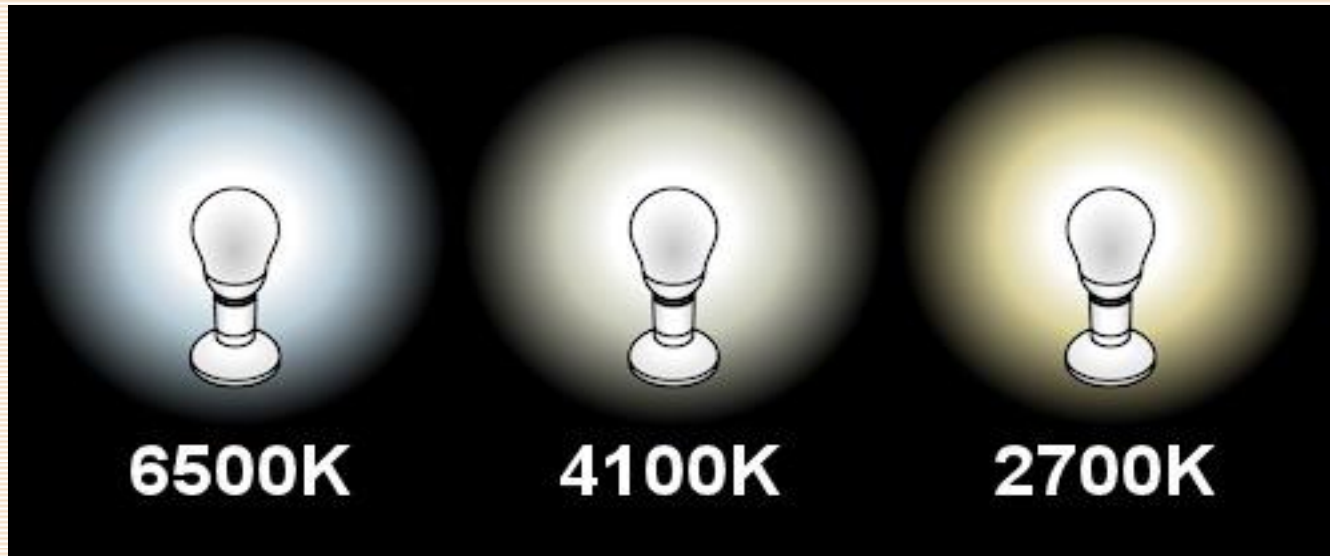


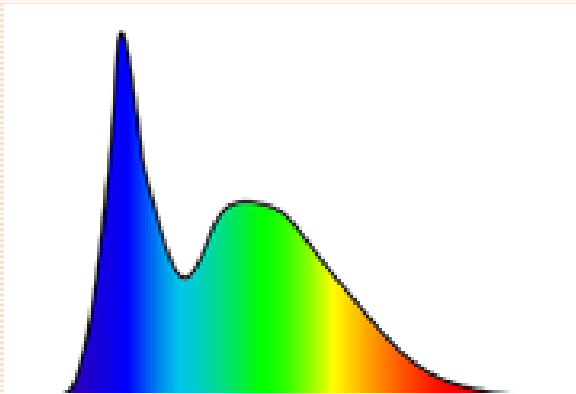
Спектар зрачења светлости - линијски



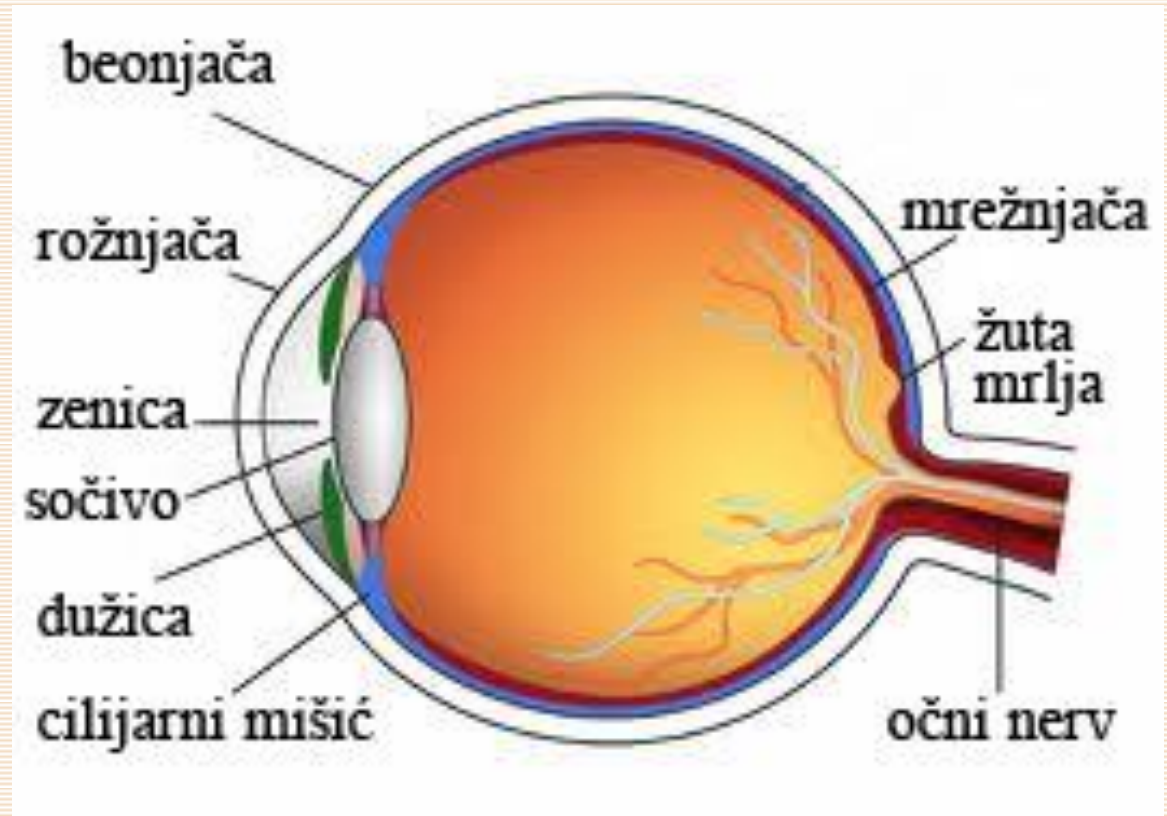
Спектар sijalice sa pražnjenjem u gasovima

Спектар зрачења светлости - LED



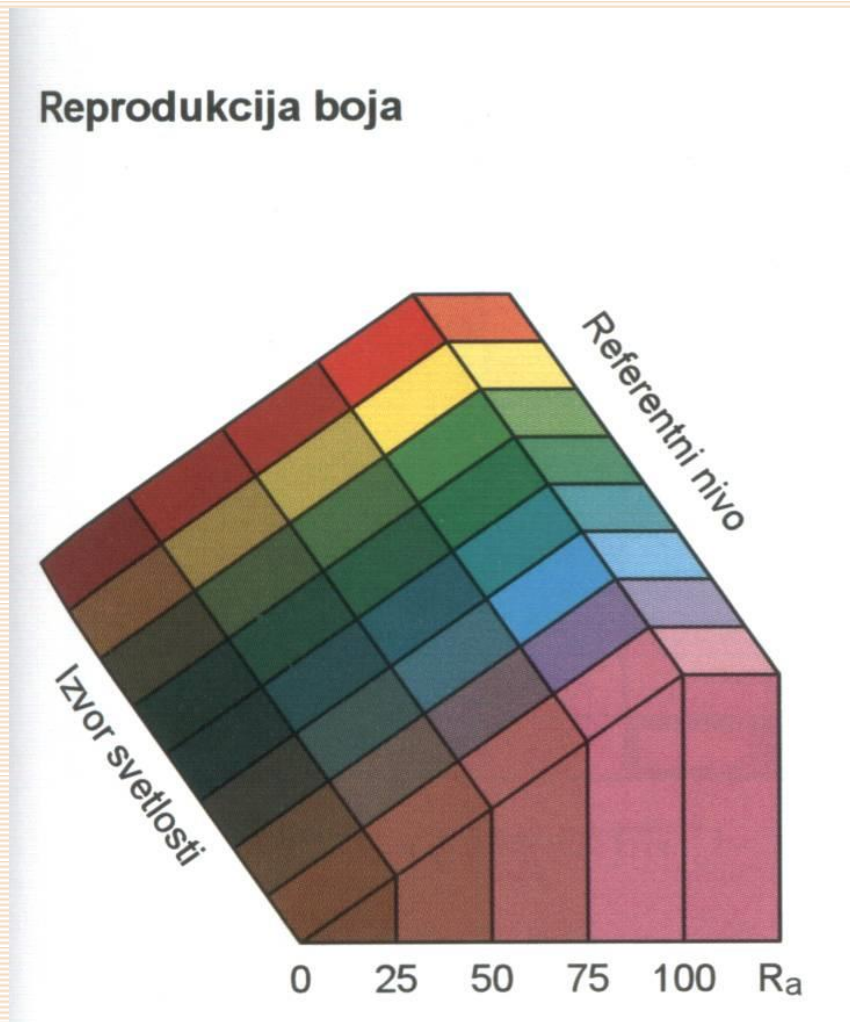


6500 K





Индекс репродукције боје - R_a (CRI), недовољно за LED светиљке, разматрају се нове методе (TM-30)



Због преплављености тржишта у Србији некавалитетним и неодговарајућим LED производима, као и некавалитетним реализацијама унутрашњег и спољашњег осветљења изведеног применом LED технологије, дана 27.10.2016. године Српско друштво за осветљење организовало је округли сто на којем су донети следећи

ЗАКЉУЧЦИ

- Резултати бројних независних истраживања показују да повећано бљештање и значајно присуство компоненте плаве светлости у спектру LED извора светлости могу негативно да утичу на здравље човека. Због тога се препоручује да LED светиљке које се користе у унутрашњим просторима у којима људи дуже бораве поседују одговарајуће сертификате којима се доказује да тих ефеката нема. У унутрашњим просторима у којима је битно распознавање боја (учионице, канцеларије, продајни простори итд.) препоручује се да индекс репродукције боја не буде мањи од 80.
- LED технологија се препоручује за декоративно спољашње осветљење (разлози: висока енергетска ефикасност, веома дуг век трајања, уски светлосни снопови, могућност подешавања боје светлости и ефектно динамично осветљење (како по питању промене боје, тако и по питању промене интензитета), које је могуће захваљујући тренутном одзиву LED извора светлости).
- LED технологија се може препоручити за амбијентално осветљење (осветљење паркова, тргова и шеталишта), под условом да је боја светлости адекватна (придružене температуре боје не веће од 4000 K, при чему се препоручује да не буде већа од 3000 K), као и да је бљештање елиминисано (препоручује се употреба дифузора, штитника, рефрактора и сл.). Препоручује се да индекс репродукције боја не буде мањи од 80.
- Препоручује се примена LED технологије за осветљавање тунела, индустријских и спортских објеката. Генерално, препоручује се да индекс репродукције боја не буде мањи од 70, док се за спортско осветљење које треба да испуни захтеве ТВ преноса препоручује индекс репродукције боја не мањи од 80.
- Замена конвенционалних светиљки LED светиљкама треба да буде заснована на фотометријским прорачунима и важећим стандардима или CIE препорукама, а не на проценама о потенцијалним уштедама електричне енергије.
- Препоручује се извођење пилот пројеката уличног осветљења са LED светиљкама како би се установиле жеље грађана у вези са бојом светлости. Пошто бројна искуства у градовима широм света показују да су LED чипови хладне боје неадекватни (због максималног бљештања, значајно повећаног сјаја неба и креирања непријатног, хладног амбијента), пилот инсталације треба изводити са чиповима топло беле боје (око 3000 K) и неутралне беле боје (око 4000 K). Напомињемо да је плава компонента светлости, која је штетна по здравље, најмање присутна у светлости LED чипова топло беле боје. Препоручује се да индекс репродукције боја не буде мањи од 70.
- Пошто се битне карактеристике LED технологије (које се односе на енергетску ефикасност, боју светлости, репродукцију боја, бљештање, фактор снаге, коефицијент старења и одвођење топлоте) сваке године (значајно) побољшавају, а цена LED светиљки опада, препоручује се да се масовна примена LED светиљки у уличног осветљењу спроводи поступно када је у питању замена натријумових светиљки, а у складу са њиховом старошћу. Препоручује се локалним самоуправама да консултују стручњаке по овом питању, као и да независни стручњаци ураде техно-економску анализу оправданости замене.
- У комплетном јавном осветљењу у најкраћем могућем року живине светиљке треба заменити светиљкама са енергетски ефикасним LED, натријумовим или метал-халогеним изворима светлости. Препоручује се локалним самоуправама да консултују стручњаке по овом питању, као и да независни стручњаци ураде техно-економску анализу оправданости замене.

- Препоручује се да се за улично осветљење примењују LED светиљке са програмабилним драјверима, како би се постигле највеће уштеде електричне енергије. Уколико се користе и системи даљинског управљања, драјвери могу бити и димабилни и управљиви (помоћу неког од општеприхваћених контролних протокола – DALI, 1-10 V итд.).
- Да би примена LED технологије у уличног осветљењу била оптимална, препоручује се да градске управе израде светлотехничке карте, у којима ће се за сваку улицу одредити светлотехничка класа, одговарајућа боја светлости и режими са редукованим светлосним флуksom у каснијим ноћним сатима (уз дефинисан проценат редукције и дужину трајања сваког режима).
- Сва LED опрема обухваћена овим закључцима мора да задовољи све важеће стандарде из ове области.
- За осветљење учионица помоћу светиљки са флуоресцентним цевима препоручује се примена цеви са кодом 840, јер су оне енергетски ефикасне и обезбеђују како одговарајућу боју светлости (4000 K), тако и веома добру репродукцију боја (индекса не мањег од 80). Флуоресцентне цеви са кодом 765 се никако не препоручују, јер су енергетски неефикасне и емитују светлост хладне боје (6500 K).



Председник Српског Друштва за осветљење

Мр Небјаша Радовановић, дипл. ел. инж.



Ограничење треперења светлости и стробоскопског ефекта

- Треперење светлости може да изазове психолошко бљештање
- Стробоскопски ефекат може да изазове несрећу уколико се осветљава простор у коме се налазе ротационе машине



Ограничење треперења светлости и стробоскопског ефекта



- Мерење нивоа хоризонталне осветљености



- Одређивње UGR-а



Хвала на пажњи!

