



СПЕКТРАЛНЕ РАСПОДЕЛЕ ЛЕД СИЈАЛИЦА ДОСТУПНИХ НА ТРЖИШТУ СРБИЈЕ

Драган Вучковић¹, Дејан Јовановић¹, Горан Вујичић², Ђорђе Илић², Владан Шкеровић²

Универзитет у Нишу, Електронски факултет у Нишу¹
АМСС-Центар за моторна возила²

dragan.vuckovic@elfak.ni.ac.rs, ORCID: 0000-0001-9404-3818

dejan.jovanovic@elfak.ni.ac.rs, ORCID: 0000-0002-7159-7196

goran.vujicic@cmv.rs, djordje.ilic@cmv.rs, vladan@cmv.rs, ORCID: 0009-0006-9417-087X

ДОИ број: <https://doi.org/10.46793/Osvetljenje25.37V>

Апстракт

Последњих година се велика пажња посвећује фото биолошким утицајима светлости на људе. Значајан део истраживања у тој области је усмерен на утицај светлости која се емитује у плавом делу спектра на циркадијални ритам људи. Циркадијални ритам је биолошки сат који регулише бројне процесе у мозгу и на тај начин усклађује дневно-ноћне и бројне друге функције свих најважнијих органа у организму. У овом раду је приказано истраживање засновано на лабораторијским мерењима спектралне расподеле ЛЕД сијалица доступних на тржишту Републике Србије. Мерења су вршена помоћу спектрометра GL Spectis 1.0, компаније GL Optics. Дата су графичка поређења спектралних расподела ЛЕД сијалица, различитих придружених температура боја, у видљивом делу електромагнетног зрачења. У циљу поређења су дате и спектралне расподеле сијалице са ужареним влакном као и спектар зрачења дневне светлости.

1. УВОД

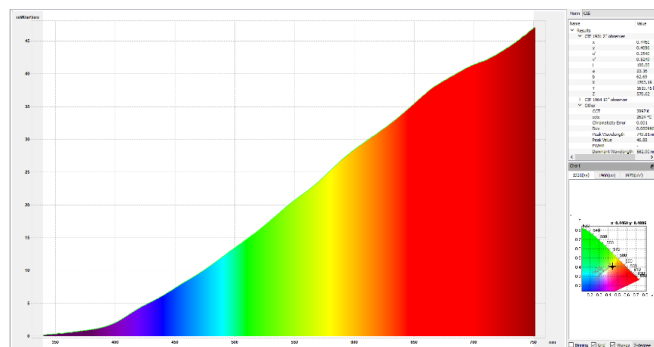
Људи су кроз векове као извор светлости, поред дневне светлости за коју се узима да је придружена температура боје при ведром небу око 6500 К, користили ватру, која има придружену температуру боје светлости од 1800 К до 2000 К. Са појавом сијалица са ужареним влакном нагло почиње њена примена за осветљење просторија у домаћинству, а придружена температура боје ових извора светлости је око 2700 К. Сви напред поменути извори светлости мају континуални спектар. Са појавом флуоресцентних извора светлости се појављују и друге придружене температуре боје електричних светлосних извора (4000 К, 6500 К, ...). Наиме приликом пражњења у гасовима флуоресцентних извора светлости јавља се зрачење у ултраљубичастом делу спектра, али се помоћу премаза који се наносе на стаклену цев обезбеђује, да се ово зрачење помери у опсег видљивог дела спектра. У зависности од премаза добијају се различити спектри зрачења флуоресцентних цеви па самим тим и различите придружене температуре боја. Спектри зрачења флуоресцентних цеви су за разлику од континуалних спектра дневне светлости и светлости коју даје ватра, или сијалица са ужареним влакном линијски. Слична ситуација је и са ЛЕД изворима светлости. ЛЕД извори беле боје, који се користе за осветљавање просторија, се добијају од ЛЕД чипа који зрачи плаву боју светлости. Слично као и код флуоресцентних цеви, код ЛЕД извора светлости се наносе материјали на плави ЛЕД чип, како би се спектар зрачења проширио на читав видљиви део спектра. У почетку, како би се добила што већа ефикасност, највише су се производили ЛЕД



извори светлости са придруженим температурама боје које су око 6500 K. За добијање ЛЕД извора светлости придружене температуре боје од 2700 K, требало је нанети више материјала преко плавог ЛЕД чипа па су ти извори светлости били мање ефикасни. Временом су ове разлике смањене и сада су ефикасности ЛЕД светлосних извора различитих температура боја приближно иста. У почетку се, због нешто ефикасности, ЛЕД извори светлости „хладнијих боја“ (око 6500K) користили за осветљење улица. Иако је излагање плавој светлости корисно током дана јер поспешује будност, прекомерно излагање оваквој светлости у вечерњим сатима може одложити наступање сна и пореметити природни циркадијални ритам тела. Разлог је тај што су меланопсински рецептори у људском оку нарочито осетљиви на таласну дужину плаве светлости, која даје сигнал телу да остане будно. Овај негативан утицај на циркадијални ритам тела је врло изражен уколико се појави прекомерно излагање екранима електронских уређаја у сатима пред спавање, с обзиром да код ових уређаја екран доминантно зрачи светлост у делу спектра краћих таласних дужина. Због тога су произвођачи уређаја са екраном у оперативне системе уградили опцију промене доминантних таласних дужина које зраче екрани у вечерњим сатима. Тако се из опсега краћих таласних дужина, где доминира плава боја, зрачење помера у опсег таласних дужина где се зрачи црвена боја светлости. Негативни утицај доминантног зрачења светлости у области краћих таласних дужина такође приметно утиче на циркадијални ритам људи уколико се за осветљење просторија у домаћинствима користе сијалице са придруженим температурама боје од 4000 K, познате као „неутрално беле“ а поготову ако се користе сијалице које имају придружену температуру боје од 6500 K, познатије као „хладно бели“ извори светлости.

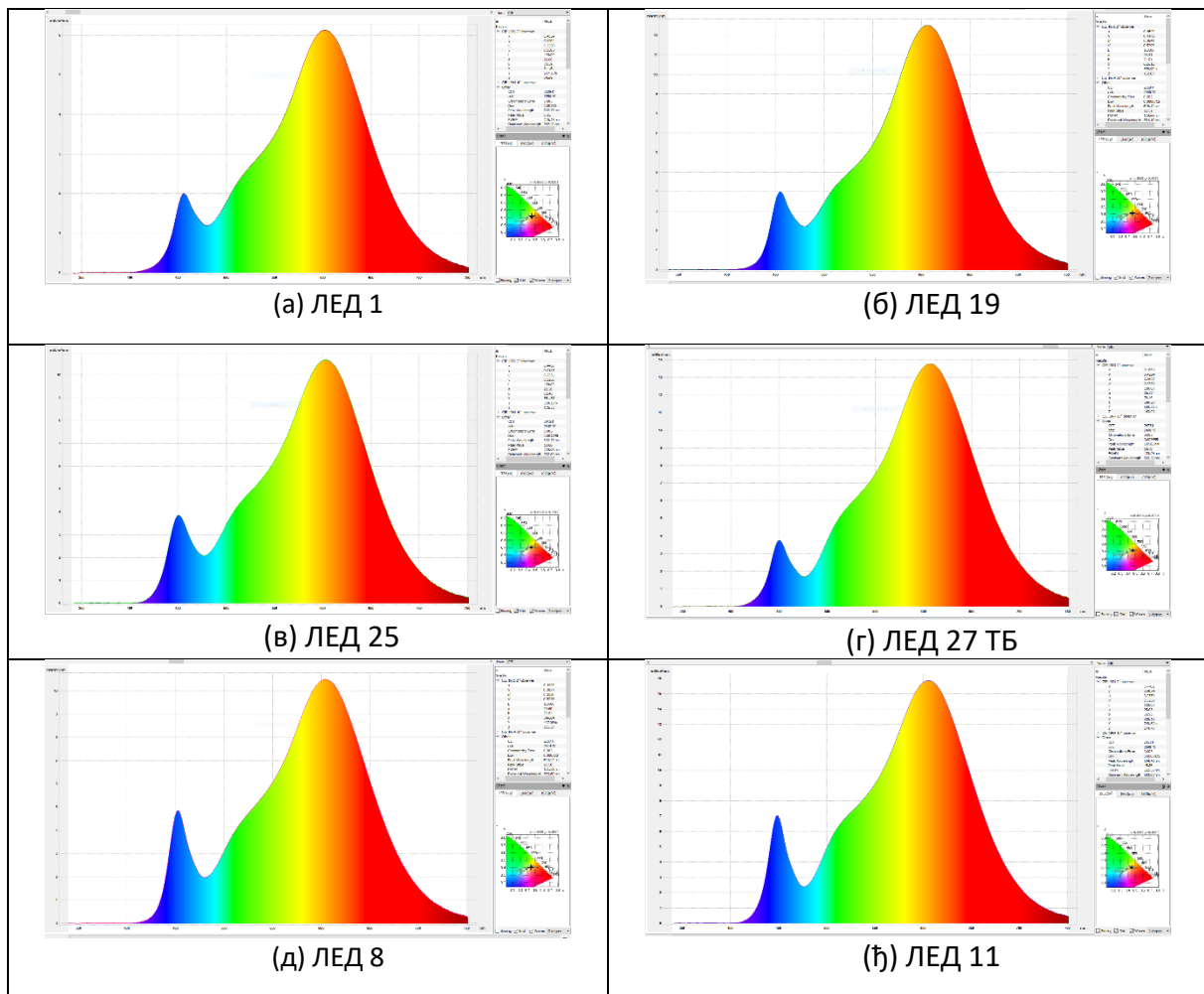
2. СПЕКТРАЛНЕ РАСПОДЕЛЕ ИЗВОРА СВЕТЛОСТИ

Како би се утврдиле снаге зрачења појединих таласних дужина у видљивом делу спектра ЛЕД извора светлости, за различите придружене температуре боје светлости, извршена су мерења спектралних расподела ЛЕД сијалица доступних на тржишту Републике Србије.



Слика 1. Спектрална расподела сијалице са ужареним влакном, $T = 2897\text{ K}$

На слици 1 је дата спектрална расподела сијалице са ужареним влакном која је доступна на нашем тржишту. Иако је у старту, кад је кренула производња сијалица са ужареним влакном договорено да придружена температура боје буде око 2700 K, и да животни век буде око 1000 h, сада су као што може да се примети производе овакве врсте сијалица кроз које пролазе веће струје па је самим тим и придружена температуре боје виша.

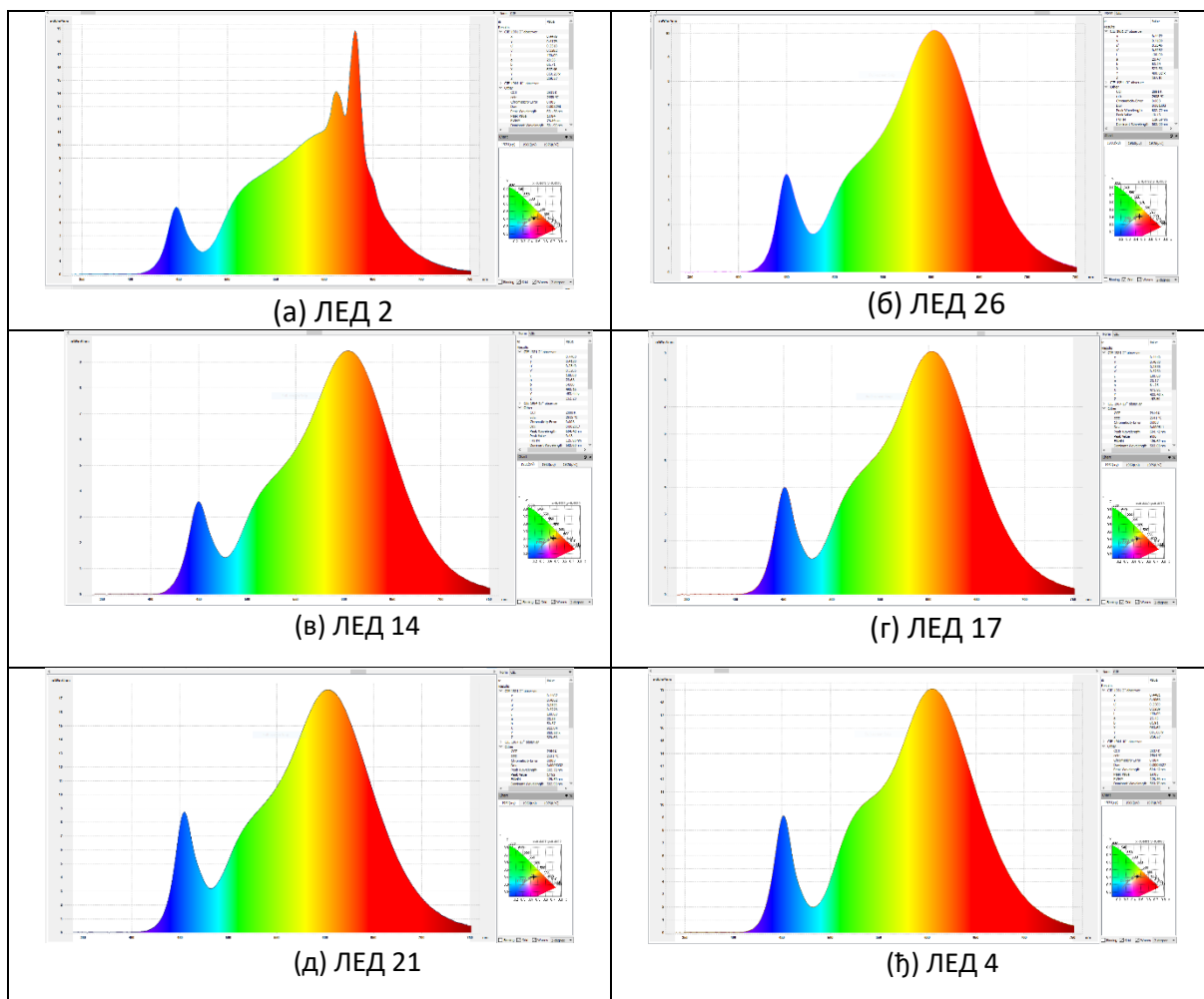


Слика 2. Спектрална расподела ЛЕД сијалица, T - 2700 K

На слици 2 је дат приказ спектралних расподела различитих врста сијалица декларисане температуре боје светлости 2700 K. Може се приметити да је код неких сијалица (а, б и г) зрачење у плавом делу спектра мање него код других сијалица (в, д и ђ).

Табела 1: Односи снага зрачења за светиљке температуре боје T - 2700 K

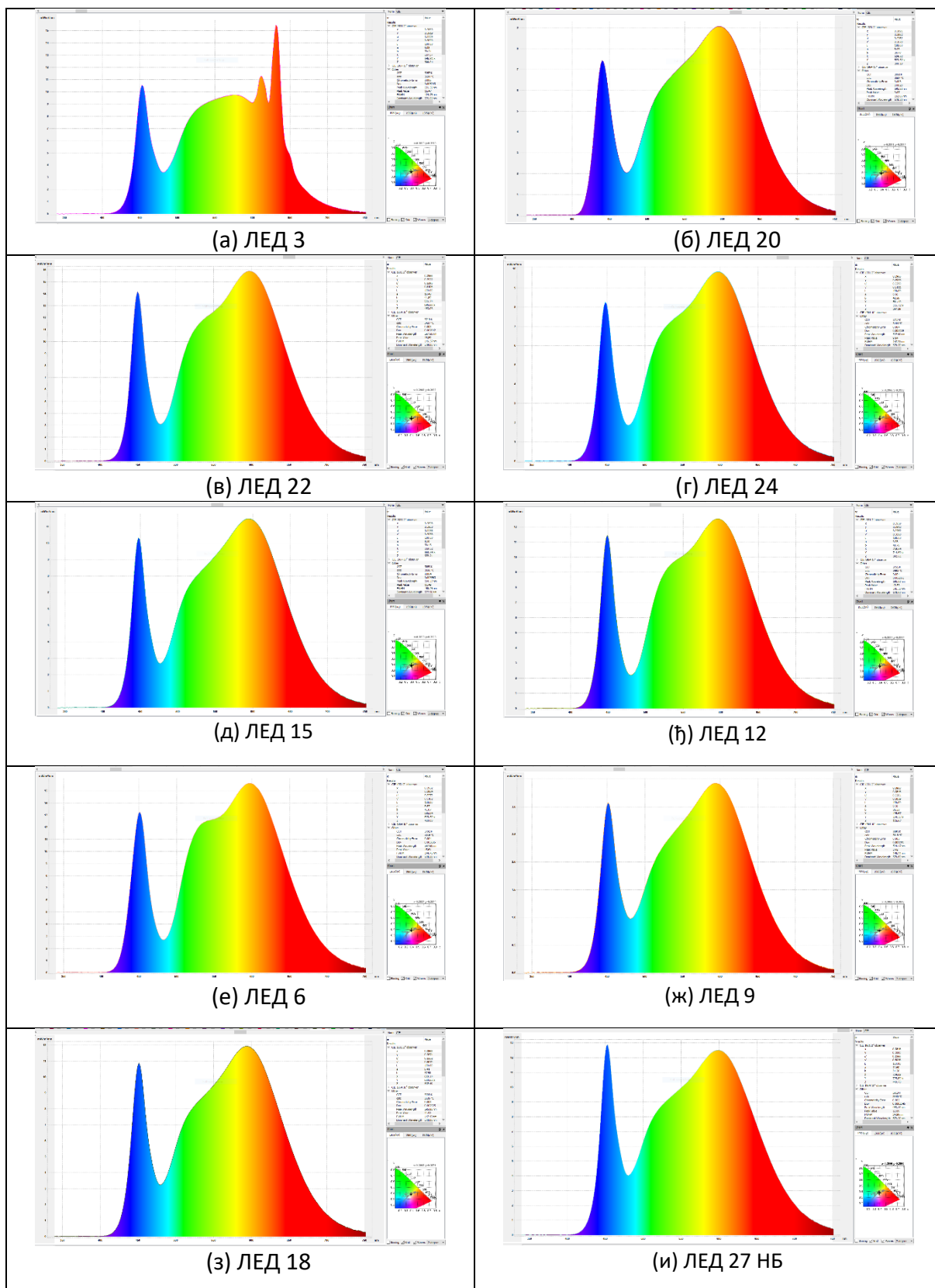
Број светиљке	Однос снаге зрачења у плавом делу спектра (од 420nm до 480nm) у односу на укупну снагу зрачења у видљивом делу спектра	Однос максималне снаге зрачења у плавом делу спектра у односу на укупну снагу зрачења у видљивом делу спектра
27 ТВ	6.03%	0.33%
25	7.06%	0.40%
1	7.44%	0.41%
19	8.67%	0.44%
11	8.87%	0.53%
8	9.28%	0.55%

Слика 3. Спектрална расподела ЛЕД сијалица, $T = 3000\text{ K}$

На слици 3 је дат приказ спектралних расподела различитих врста сијалица декларисане температуре боје светлости 3000 K. И овде се може уочити да је удео зрачења у плавом делу спектра различит и да се разликује од произвођача до произвођача.

Табела 2: Односи снага зрачења за светиљке температуре боје $T = 3000\text{ K}$

Број светиљке	Однос снаге зрачења у плавом делу спектра (од 420nm до 480nm) у односу на укупну снагу зрачења у видљивом делу спектра	Однос максималне снаге зрачења у плавом делу спектра у односу на укупну снагу зрачења у видљивом делу спектра
2	7.78%	0.46%
17	8.26%	0.45%
26	8.64%	0.53%
14	9.08%	0.53%
4	8.98%	0.59%
21	9.52%	0.59%



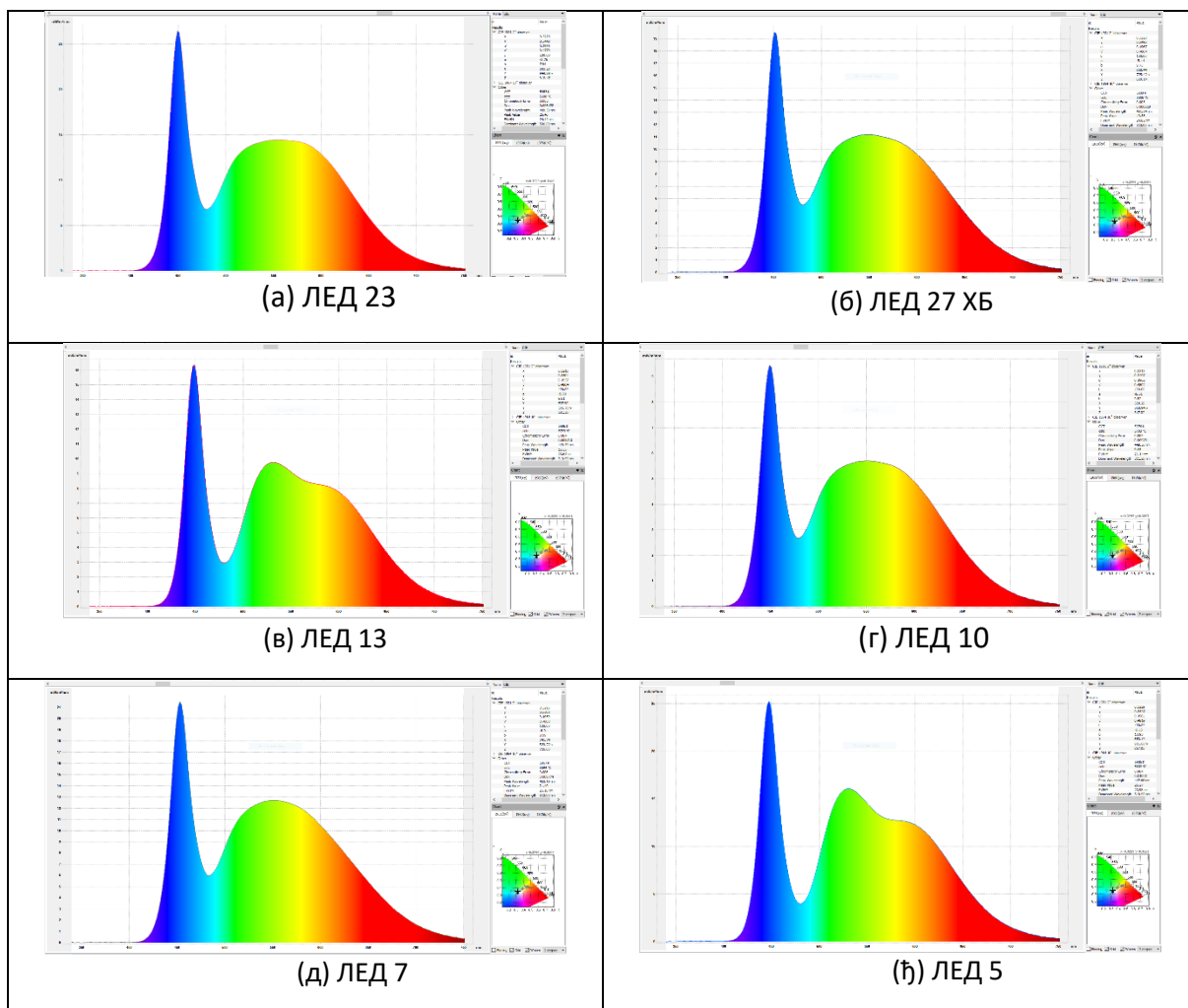
Слика 4. Спектрална расподела ЛЕД сијалица, T - 4000 K



На слици 4 је дат приказ спектралних расподела различитих врста сијалица декларисане температуре боје светлости 4000 K. Код ових сијалица је знатан удео снаге зрачења у плавом делу спектра али такође постоје разлике у зависности од произвођача, па су самим тим неке од њих, са мањим уделом снаге зрачења у плавом делу спектра, нпр. сијалица дата на слици 4 (б), у односу на сијалицу чији је спектар зрачења дат на слици 4 (и). Ове врсте светлосних извора се према стандарду користе у канцеларијама, учионицама и другим радним просторијама.

Табела 3: Односи снага зрачења за светиљке температуре боје T - 4000 K

Број светиљке	Однос снаге зрачења у плавом делу спектра (од 420nm до 480nm) у односу на укупну снагу зрачења у видљивом делу спектра	Однос максималне снаге зрачења у плавом делу спектра у односу на укупну снагу зрачења у видљивом делу спектра
24	13.75%	0.87%
22	13.90%	0.93%
12	14.32%	0.94%
6	14.43%	0.88%
15	14.46%	0.92%
20	14.81%	0.82%
3	14.97%	0.98%
18	15.18%	0.94%
27 NB	15.35%	0.99%
9	15.56%	0.93%

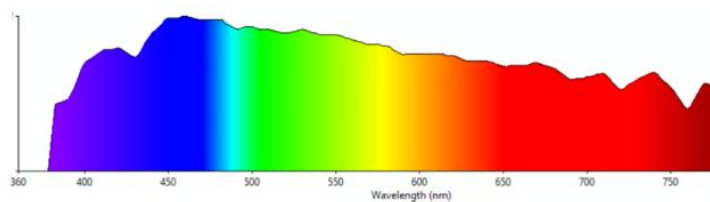


Слика 5. Спектрална расподела ЛЕД сијалица, T - 6500 K

На слици 5 је дат приказ спектралних расподела различитих врста сијалица декларисане температуре боје светлости 6500 K. Код ових сијалица доминира снага зрачења у плавом делу спектра сличне су код свих произвођача.

Табела 4: Односи снага зрачења за светиљке температуре боје T - 6500 K

Број светиљке	Однос снаге зрачења у плавом делу спектра (од 420nm до 480nm) у односу на укупну снагу зрачења у видљивом делу спектра	Однос максималне снаге зрачења у плавом делу спектра у односу на укупну снагу зрачења у видљивом делу спектра
5	23.40%	1.54%
27 HB	23.56%	1.50%
7	23.71%	1.48%
10	23.87%	1.45%
13	23.96%	1.59%
23	24.36%	1.57%



Слика 6. Спектрална расподела дневне светлости, $T = 6500\text{ K}$

На слици 6 је дат спектар зрачења дневне светлости, и приметно је да су снаге зрачења у опсегу свих таласних дужина у видљивом делу спектра приближно исте за разлику од ЛЕД извора светлости где је снага зрачења у плавом делу спектра знатно већа од снаге зрачења у осталом делу спектра.

4. ЗАКЉУЧАК

ЛЕД сијалице које су доступне на нашем тржишту имају приближно исте спектралне расподеле зрачења за исту декларисану температуру боје светлости, али разлике ипак постоје и сијалице појединих произвођача могу да се сматрају прихватљивим у односу на сијалице других произвођача. Однос снаге зрачења у плавом делу спектра у односу на укупну снагу зрачења сијалице се највише разликује код сијалица температуре боје светлости $T = 2700\text{ K}$, које се највише користе у домаћинствима. Тај однос се креће од 6,03 % до 9,28 %. Код других температура боје тај однос је мање изражен у односу на разлике које се јављају код топло белих извора светлости. Нажалост, у нашој земљи не постоји регулатива која сагледава ове разлике и купци се ослањају само на температуру боје извора светлости која је декларисана од стране произвођача.

ЗАХВАЛНОСТ

Овај рад је подржан од стране Министарства науке, технолошког развоја и иновација Републике Србије [Број уговора: 451-03-137/2025-03/ 200102].

РЕФЕРЕНЦЕ

- [1] Tsankov, P.T. (2020). Lighting Technologies. In: Pavlovic, T. (eds) The Sun and Photovoltaic Technologies. Green Energy and Technology. Springer, Cham, 2020, pp. 213-270.
- [2] Xue, C. et al. High Performance Non-Doped Blue-Hazard-Free Hybrid White Organic Light-Emitting Diodes with Stable High Colour Rendering Index and Low Efficiency Roll-Off. Opt. Mater., vol. 106, 2020.
- [3] Bauer, S. Blue-Light Hazard of Light-Emitting Diodes Assessed with Gaussian Functions. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2021, pp. 4-8. doi. org/10.3390/ijerph18020680.
- [4] Pawlak, A. Evaluation of the Hazard Caused by Blue Light Emitted by LED Sources. Lighting Conference of the Visegrad Countries (Lumen V4), 2018.
- [5] Dai, Q. et al. Circadian-Effect Engineering of Solid-State Lighting Spectra for Beneficial and Tunable Lighting. Opt. Exp., vol. 24, pp. 20049–20059, 2016.