

UDK : 628.971

INOVATIVNO KORIŠĆENJE LED DIODA U SISTEMU JAVNE RASVETE SA DALJINSKIM UPRAVLJANJEM – NACIONALNI PROJEKAT KLASTERA „DUNDJER“¹

Đorđe Đorđević², Biljana Avramović³, Dragoslav Stojić⁴

Rezime: Građevinski klaster „DUNDJER“, realizuje nacionalni projekat INOVATIVNO KORIŠĆENJE LED DIODA U SISTEMU JAVNE RASVETE SA DALJINSKIM UPRAVLJANJEM, odobren i sufinansiran od strane Nacionalne Agencije za Regionalni Razvoj.

Ključne reči: LED osvetljenje, daljinsko upravljanje, evropske norme, energetska efikasnost

INNOVATIVE USAGE OF LEDs IN THE REMOTELY CONTROLLED PUBLIC LIGHTING SYSTEM – NATIONAL PROJECT BY „DUNDJER“ CLUSTER

Abstract: The Construction Cluster „DUNDJER“ has implemented national project INNOVATIVE USE OF LED LAMPS IN THE SYSTEM OF STREET LIGHT WITH REMOTE CONTROL, approved and co-financed by National Agency for Regional Development of R. Serbia.

Key words: LED light, remote control, European directives, energy efficiency

¹ This work is in part supported by the National Agency for Regional Development

² Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu, ul. A. Medvedeva 14, Niš, Srbija; Construction Cluster “Dundjer”, Niš, Srbija

³ Construction Cluster “Dundjer”, Niš, Srbija

⁴ Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu, ul. A. Medvedeva 14, Niš, Srbija.

1. UVOD

U savremenim životnim uslovima javno osvetljenje predstavlja bitnu infrastrukturnu komponentu, koja direktno utiče kako na kvalitet života tako i na izgled grada i naselja. Ovo potvrđuju i rezultati ispitivanja javnog mnjenja u Zapadnoj Evropi. U čak 75% ispitanih gradova smatra se da je kvalitetno i dobro održavano osvetljenje jedno od najvažnijih elemenata komunalnih sistema, i veoma je značajno za funkcionisanje celokupne infrastrukture naseljenih mesta i gradova. Danas u strukturi javnog osvetljenja dominiraju svetiljke sa živom pod visokim pritiskom (Hg svetiljke) i svetiljke sa natrijumom pod visokim pritiskom (Na svetiljke).

U Srbiji je instalirano oko 600.000 svetiljki javne rasvete koje su u proseku snage 250W, starosti 25 godina i troše oko 430 GWh električne energije, što na godišnjem nivou čini 1,5% ukupne potrošnje električne energije u Srbiji. U strukturi postojećih svetiljki dominiraju svetiljke sa živom pod visokim pritiskom (Hg svetiljke), kao i drugi tipovi manje energetske efikasne svetiljki, a poslednjih deset godina se intenzivnije uvodi efikasnija natrijumova sijalica visokog pritiska (Na svetiljka).

Razvoj poluprovodničke tehnologije omogućio je da se kao hit na svetskom tržištu osvetljenja pojave svetiljke sa LED (diode koje emituju svetlost) izvorima svetla, kao nova, energetske, ekonomske i ekološke superiorne tehnologije.

LED svetiljke imaju jedinstvene osobine energetske efikasnosti, upravljanja i veka trajanja, zahvaljujući čemu imaju potencijal da zamenom svih svetiljki u Srbiji potrošnju električne energije od približno 25 miliona eura smanje na ispod 3 miliona eura, kao i da troškove održavanja javne rasvete, koja se procenjuje na više od 5 miliona eura, smanje bar za pola kroz duži radni vek novih svetiljki. Troškovi investicije bi bili toliki da bi se isplatili za manje od 4 godine, što je tri puta kraće vreme od radnog veka LED svetiljki.

Uzimajući u obzir sadašnju cenu električne energije od 0,056 €/kWh, kao i cenu LED svetiljke od oko 4 €/W, dolazi se do precizne računice da se investicija zamene natrijumovih svetiljki isplati za manje od 7,7 godina, a halogenih svetiljki za manje od 2,2 godine. U pomenutu uštedu nije uračunata i korist od umanjenja troškova održavanja zbog toga što je

vreme rada LED svetiljki superiorno u odnosu na postojeće svetiljke.

2. KOMPARATIVNE PREDNOSTI LED SVETILJKI U ODNOSU NA Na I Hg SVETILJKE

Na svetiljke su znatno efikasnije od Hg svetiljki. Svetlosna efikasnost Hg svetiljki je 60 lumena (lm) po watu (W) električne energije, a Na svetiljke 110-120 lumena po watu (lm/W). Ova svetlosna efikasnost kako Hg svetiljki tako i Na svetiljki je u tehnološkom pogledu dostigla maksimum tako da se dalje ne može poboljšavati.

Međutim, realna efikasnost Hg i Na svetiljki znatno je umanjena zbog problema refleksije i nemogućnosti da se celokupna emitovana svetlost usmeri na korisnu površinu. Samo oko 20% od ukupne svetlosne energije se usmerava na korisnu površinu (put, ulicu, trotoar), ostatak ide u okolni prostor kao nekorisno svetlosno zagađenje.

Iz tehnoloških razloga "dimovanje" Na i Hg svetiljki je skoro nemoguće i ekonomski neopravdano.

LED svetiljke imaju veću energetske efikasnosti od Na svetiljke za 65%, a od Hg svetiljke za 87%. Iz ovoga sledi da bi se prostom zamenom Na i Hg svetiljki LED svetiljkama postigla ušteda za navedene procenete. Uz primenu programabilne regulacije intenziteta svetlosti (dimovanja) prema parametrima, da je jednu trećinu vremena intenzitet svetlosti 100%, a dve trećine vremena intenzitet svetla 25%, postiže se dodatno uvećanje efikasnosti LED svetiljke u odnosu na Na svetiljku do iznosa od 83%, odnosno 94% u odnosu na Hg svetiljku.

Na tržištu su danas komercijalno dostupni LED izvori svetla sa energetske efikasnošću od 150 lumena (lm) po watu (W) električne energije. Uskoro se mogu očekivati i LED izvori sa 180 lm/W.

Kao tačkasti izvori, LED izvori svetlosti omogućavaju da se korišćenjem jednostavne optike (sočiva) skoro 60% proizvedene svetlosne energije usmeri na željenu površinu.

U električnom pogledu LED dioda je linearni element. Ovo nam omogućava da elektronskom kontrolom, programski, regulišemo intenzitet svetla a time i potrošnju električne energije u rasponu od 0% do 100% linearno. Na ovaj način (dimovanjem) možemo postići znatne uštede (do 50%) u sistemu javnog osvetljenja.

Radni vek LED izvora svetlosti je 50000 radnih sati i više, što ih u poređenju sa Na izvorima (16000 sati) i Hg izvorima (10000 sati) čini superiornim. Zahvaljujući ovoj činjenici, LED svetlosni izvori nam i u održavanju sistema javnog osvetljenja omogućavaju znatne uštede.

LED svetiljka primenom niza jedinstvenih tehnoloških rešenja, maksimalno iskorišćava najbolje osobine koje LED izvori svetla nude:

- Tehničko rešenje pasivnog hlađenja koje pruža mogućnost realizacije svetiljke električne snage do 300 W, što je ekvivalent više od 30.000 lumena svetlosne energije;
- Optička kontrola svetla, koja usmeravanjem kroz specijalno projektovana sočiva, omogućava da preko 60% proizvedene svetlosne energije bude usmereno na površinu koja treba da bude osvetljena;
- Daljinska kontrola svetiljki, koja omogućava programsku regulaciju njenog intenziteta tokom noćnog rada;
- Vek trajanja ovih svetiljki od oko 12 godina je dvostruko duži od Na svetiljke.

Na osnovu napred izloženog može se zaključiti da se rekonstrukcijom postojećeg sistema osvetljenja LED svetilkama, dobija funkcionalno i kvalitetno osvetljenje i postižu uštede u eksploataciji.

Rad ovakve svetiljke treba da se daljinski podešava (dimuje) u rasponu od 0% do 100% svetlosne energije. Na ovaj način potrošnja električne energije se može dodatno smanjiti.

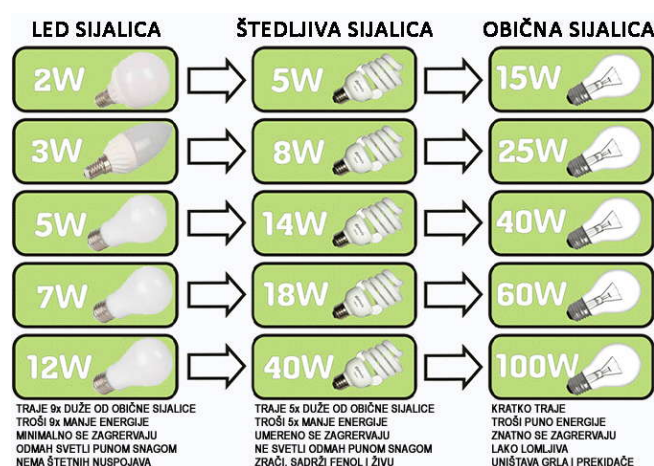
3. PRIMENA LED RASVETE

LED svetiljka je namenjena inicijalno ambijentalnom osvetljenju ulične scene (kolovozne i trotoarske površine), urbanih raskrsnica, trgova, parkovskih površina, kao i drugih saobraćajnih objekata i površina (stanica za snabdevanje gorivom, parking prostora). Zahvaljujući svojim funkcionalnim karakteristikama LED svetlosni izvori predstavljaju pouzdano, trajno, energetski efikasno rešenje obezbeđujući pri tom svetlost optimalnog intenziteta i boje, prilagođenu zahtevima svake konkretne situacije.

Različitim varijantama svetlosne snage LED izvora i optike svetiljke, u kombinaciji sa visinom I međusobnim rastojanjem stubova na koje se postavlja, moguće je odgovoriti različitim zahtevima u pogledu intenziteta i ravnomernosti osvetljenja saobraćajne površine i njenog neposrednog

okruženja. Inicijalno primenjena optika obezbeđuje uniformno osvetljenje (iluminansu) pravougaone površine kolovoza, veću od 0,85 (minimalna/prosečna).

Posebno je značajna mogućnost daljinskog upravljanja radom svetiljki putem žične ili bežične serijske komunikacije. Intenzitet svetlosti se automatski (pomoću svetlosnih senzora ili na osnovu časovnika) ili posredstvom operatera može menjati u rasponu od 0 do 100%. Pri tom je potrošnja energije u potpunoj srazmeri sa intenzitetom svetlosti, što podržava razvoj i primenu inteligentnih i energetski efikasnih strategija upravljanja osvetljenjem.



Slika 1 – Uporedjenje LED, štedljivih i običnih sijalica

3.1 LED rasveta ima širok spektar primene:

- rasveta na otvorenom parking prostoru,
- osvetljenje u pakovima i šetalištima,
- osvetljenje biciklističkih i staza za trčanje,
- rasveta na dokovima i kejevima,
- ulična rasveta i obeležavanje većih i/ili značajnih znakova na putu,
- osvetljenje dvorišta domova, škola, igrališta,
- rasveta farmi i fabričkih postrojenja,
- primena u vojnim bazama.

Prema raspodeli svetlosnog fluksa one spadaju u direktne ili poludirektne svetiljke sa širokom distribucijom ili izuzetno širokom zavisnošću od potreba. Mogu dati **hladnu belu, neutralnu belu i toplu belu svetlost** koju u proseku daju 24-30 LED svetiljki. Po pitanju ekoloških standarda ove lampe spadaju u kategoriju „environmentally friendly“ tj. vrlo malo negativno utiču na sredinu u kojoj su postavljane. Poseduju malu disipaciju, redukovana je emisija CO₂ za 350 kg/god u proseku. Pored toga

ne sadrži teške metale kao i u spektru svetlosti nema ultraljubičastog zračenja, čime su daleko povoljnije po čovekovu okolinu nego li sam propisani standard.

4. EVROPSKI STANDARDI U OSVETLJENJU

Uloga rasvete nije samo ograničena na osvetljavanje puta učesnicima u saobraćaju, već se ona može posmatrati i u drugačijem socijalnom kontekstu. Dobro osvetljenje pomaže u redukciji kriminala i smanjenje straha od kriminala (videti standard BS 5489-1, Annex B, Table B4), unapređuje turističku ponudu datog mesta, olakšava trgovinu. Dakle, samom problemu projektovanja ovih sistema mora se prići vrlo ozbiljno.

Da bi se postavilo osvetljenje projekat osvetljenja mora biti u skladu sa standardima. Osnovni standardi su sadržani u standardima Evrope BS EN 13201 sa tri dela i dodatnim dokumentom PD CEN/TR 13201-1, i standardu Britanije BS 5489 sa svoja dva dela, koji je malo stroži (ostali standardi u sebi sadrže ova dva, npr. DIN EN 13201 u Nemačkoj).

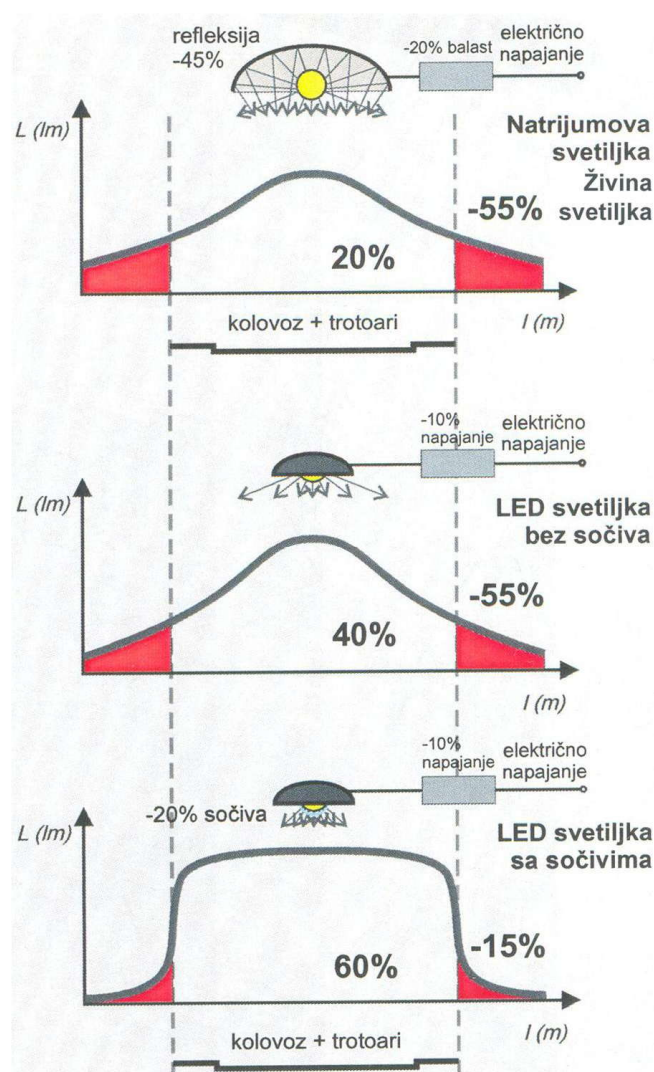
Tabela 1. Lista klasa osvetljenja sa nominalnim vrednostima za L i E (L-luminancija, E-iluminancija)

ME Class		CE class		S class	
Class	\bar{L} (cd/m ²)	Class	\bar{E} (lx)	Class	\bar{E} (lx)
-	-	CE0	50	-	-
ME1	2.0	CE1	30	-	-
ME2	1.5	CE2	20	-	-
ME3	1.0	CE3	15	S1	15
ME4	0.75	CE4	10	S2	10
ME5	0.5	CE5	7.5	S3	7.5
ME6	0.3	-	-	S4	5.0
-	-	-	-	S5	3.0
-	-	-	-	S6	2.0

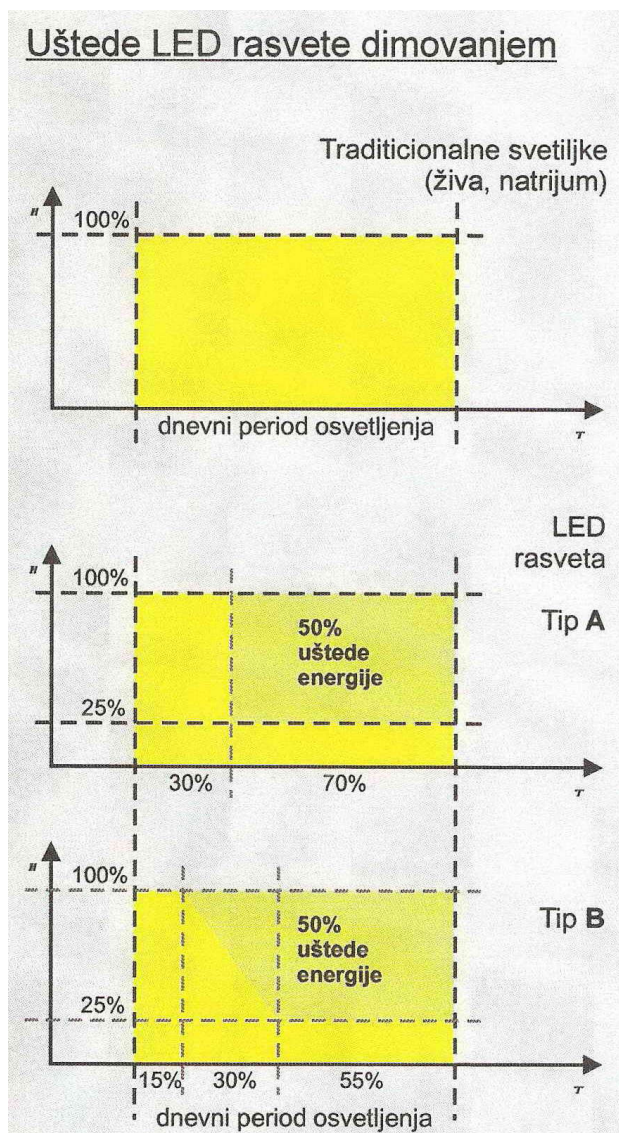
Evropski standard nalaže pre svega precizno **definisanje performansi osvetljenja**, njihovu implementaciju i merenje dobijenog svetla. Uz to se određuje klasa osvetljenja koja zavisi od same namene osvetljene površine i okoline. Danas postoje dva pristupa određivanju klase osvetljenja inkorporirana u navedene standarde. Prvi se odnosi na glavnu putnu mrežu tako da su zahtevi stroži i baziran je na luminanciji - sjajnosti (cd/m²). Drugi se odnosi na sve ostale površine različitih namena i baziran je na osvetljenju-iluminanciji (lx=lux).

Tako BS EN 13201 prvi standard definiše šest kategorija ME klasa **luminancije** suvog kolovoza sa parametrima prosečne vrednosti i parametara uniformnosti. Poželjno je da vrednosti osvetljenja budu što veće, ali kako bi se troškovi prilagodili značaju puta i njegovoj frekventnosti definisane su kategorije. Tako se ME1 odnosi na autoput, dok ME5 na lokalni put sa manje prometa.

Pored toga postoji i MEW za vlažan kolovoz. Inače, sjajnost zavisi od fotometrijskih karakteristika sijalica, položaja sijalice-svetiljke u odnosu na put, kao i od refleksije tj. albeda površine i položaja posmatrača.



Slika 2 – Usmerenost Na, Hg i LED svetiljki

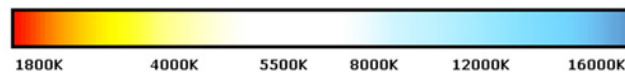


Slika 3 – Efikasnost različitih svetlosnih izvora

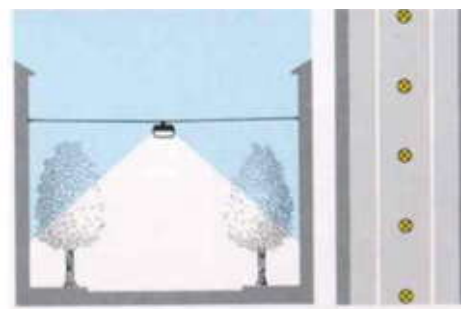
Drugi standard BS EN 13201 definiše sledeće klase osvetljenja zasnovanog na **iluminaciji**: CE (putevi sa trgovinskim radnjama, kružni tokovi, raskrsnice, pešačke i biciklističke staze; od 7.5 do 50 lux), S i A (takođe pešačke i biciklističke staze, i sve staze koje su fizički odvojene od kolovoza; od 2 do 15 lux), ES (tamo gde je potrebno razaznati lica, objekte, na mestima sa povećanom mogućnošću kriminala; od 0.5 do 10 lux), EV (odnosi se na vertikalne površine, zgrade sa posebno obeleženom spoljašnjošću, sa posebnim značajem, kao što su objekti na carini, putarini; od 0.5 do 50 lux).

Kada se projektuje jedan sistem osvetljenja potrebno je znati kako postaviti nosač i koliko svetlećih jedinica instalirati na njemu, jer pravilna analiza može u mnogome smanjiti troškove. Drugo, ako se zna klasa osvetljenja za datu površinu može se

odrediti da li je potrebno postaviti jednu ili više lampi kao i njihov međusobni položaj, slika 5. Iz takvih polaznih analiza proizilaze dalje projektovanje ostalih parametara.



Slika 4. Temperatura boje svetlosti sijalice



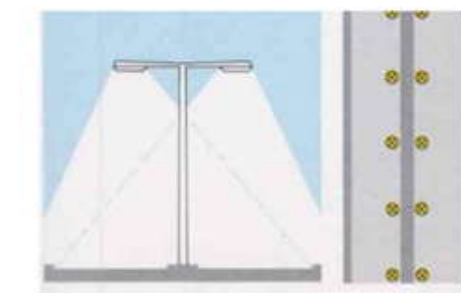
Aksijalni raspored (nosive žice)



Dvostrani raspored (izvori paralelno)



Jednostrani raspored



Centralni raspored

Slika 5 – Različiti raspored svetiljki

Prilikom prikaza karakteristika osvetljenja figurišu fotometrijski parametri:

- **svetlosni fluks** Φ (lm),
- **svetlosna jačina** I (cd),
- **osvetljenost** E (lux),
- **sjajnost** L (cd/m²).

Kako bi se razumelo njihovo značenje potrebno ih je ukratko objasniti. Ovo je nužno jer se danas pojavilo mnogo proizvoda čija upotreba zavisi od njihovih vrednosti. Svetlosni fluks je ukupna količina svetlosne energije koju izvor svetla emituje u okolni prostor u jedinici vremena, tj. jednoj sekundi. Svetlosna jačina je količina svetlosti koju izvor (tačkasti izvor) svake sekunde emituje u određenom smeru definisan jediničnim prostornim uglom. Osvetljenost je količina svetlosne energije koja svake sekunde padne na jediničnu površinu. Sjajnost je količina svetla koja dolazi sa posmatrane površine u jedinici vremena. Temperatura boje lampe se može slikovito objasniti na slici 4. Prema ovom parametru se može tačno videti koju boju daje lampa. Veća temperatura boje znači da je svetlost „hladnija“. Potom, svetlosna iskoristivost koja predstavlja odnos dobijenog **svetlosnog fluksa** i uložene energije η (lm/W).

Bitno je znati da svako osvetljenje ima svoj **vek eksploatacije (vek trajanja)** i da fluks opada sa vremenom isijavanja. Električna snaga same sijalice predstavlja parametar na osnovu kojeg se obračunava potrošnja. Na kraju ove liste bitnih parametara su cena i troškovi održavanja.

Pored parametara bitni su i grafici koji daju raspodelu svetlosne jačine u prostoru (**izokandelni dijagram** - svetlosna raspodela). Karakteristika se obično normira za 1000 lm, odnosno izražava u cd/klm. Prostor oko svetiljke se deli na nekoliko ravni takozvani **C sistem ravni**. Na primer ravan 0°-180° je normalna na uzdužnu osu svetiljke i obeležava se C0-180. Prema simetriji koju pokazuju dele se na: rotaciono simetrične, osno simetrične i asimetrične. Još jedna stavka je bitna kod postavljanja osvetljenja: mora se znati prosečna brzina **vetrova** za datu lokaciju. Uglavnom se tim analizama ne pridaje značaj u urbanim mestima ali na dokovima, kejevima, pri planinskom osvetljenju, potrebno je prilagoditi visinu, prečnik i temelj nosećeg stuba.

Tako su definisane tri kategorije sa odgovarajućim visinama od 3-20m u zavisnosti od potreba saobraćaja i zastupljenih vetrova.

U savremenim građevinskim i arhitektonskim tokovima od osvetljenja se očekuje **kvalitetno svetlo**, mala potrošnja električne energije, pouzdan rad i vreme eksploatacije preko 40000h, kao i **jeftino održavanje**. Kao rešenje se nude mnoge mogućnosti ali jedna se izdvaja po ekonomičnosti i kvalitetu.

Naime, radi se o novoj vrsti lampi na bazi LED sijalice (pravilnije dioda, što se da videti u nazivu „**Light Emitting Diode**“), bazirane na tehnologiji belih led dioda gde se kao završni sloj dodaju jedan do dva sloja žutog fosfora tako da se od plave izvorne svetlosti dobija bela svetlost. Današnje LED sijalice poseduju hladnu ili umerenu belu svetlost sa svetlosnom iskoristivošću preko 120lm/W, dok prognoze idu dalje na fantastičnih 150lm/W. Na taj način postale su konkurentne **natrijumovim sijalicama** visokog pritiska (200lm/W)



Slika 6 – Izgled jedne LED ulične svetiljke

5. ZAŠTO LED ULICNA RASVETA

- LED sijalica troši 5 puta manje električne energije od sijalice sa užarenim vlaknom.
- LED sijalica troši 3 puta manje električne energije od fluorescentnih i štedljivih sijalica.
- LED sijalica traje 100 puta duže od sijalice sa užarenim vlaknom.
- LED sijalica traje 10 do 20 puta duže od fluorescentnih i štednih sijalica.
- Fluorescentne cevi, štedne sijalice, sijalice za ulično osvetljenje, osvetljenje hala, benzinskih pumpi i ostalog zrače nevidljivi spektar koji je izuzetno

opasan po zdravlje. Isto tako utiču i na psihu ljudi zbog efekta treperenja i izuzetno siromašnog svetlosnog spektra.

- LED sijalice ne zrače, ne trepere, a svetlosni spektar im je veoma približan sunčevom, što znači da predstavlja izuzetno zdrav izvor svetlosti.
- LED sijalice su dostupne u milionima boja.
- LED sijalica ne rasipa svetlost u sferu, nego samo u trećinu sfere, što znači da je za istu svetlosnu snagu 3 puta efikasnija od fluorescentnih cevi i štedljivih sijalica.
- LED sijalica svetli u vodi, a kiša joj prija.
- Sve vrste svetiljki osim LED svrstavaju se u opasan otpad.
- LED sijalice su dimenziono i težinski izuzetno male i smatraju se dvodimenzionalnim izvorom svetlosti.
- Vek trajanja LED sijalice je preko 100.000 sati, što znači, oko 35 godina za svakodnevni osmočasovni rad.

5.1 DALJI RAZVOJ

- Sijalice sa užarenim vlaknima, fluorescentne cevi i štedljive sijalice odlaze u istoriju.
- Potrošnja električne energije u globalnim razmerama smanjiće se za 3 do 4 puta.
- Emisija CO² koju prouzrokuju svetlosni izvori kao potrošači smanjiće se 3 do 4 puta.
- Godišnja količina proizvedenih i pokvarenih svetlećih tela smanjiće sa za 10 puta.
- Prestaće potreba za održavanjem rasvete.

Tabela 2. - Ekonomski pokazatelji poređenja karakteristika za fluorescentnu i LED cev

	Fluorescentna cev T5 1500mm	LED cev 1500mm
Aktivna snaga	80 W	25 W
Reaktivna snaga	120 VA	0 VA
Emisija CO ₂ za godinu dana	120 kg	40 kg
Vek trajanja	10.000 sati	100.000 sati
Izjednačeni vek trajanja	Potrebno 10 cevi	Potrebna 1 cev
Potrošnja za 100.000 sati	8.000 kWh	2.500 kWh
Reaktivna energija za 100.000 sati	12.000 kVAr	0 kVAr

Trošak za energiju	1.200 €	375 €
Trošak za prekomernu reaktivnu energiju	120 €	0 €
Ukupni trošak za energiju	1.320 €	375 €
UŠTEDA ENERGIJE	0 €	945 €
Trošak ugradnje i zamene za 100.000 sati	35 €	55 €
UKUPNA UŠTEDA	0 €	925 €

6.1 IZBOR LED SVETILJKI

Radi ispravnog definisanja snage LED svetiljki treba da se uzmu u obzir sledeće činjenice:

a) Efikasnost Na-svetiljki je 115 lm/W (lumena po vatu)

Efikasnost Hg-svetiljki je 60 lm/W

Efikasnost LED svetiljki je 150 lm/W

Koeficijent efikasnosti (Ke) između LED svetiljki i Na svetiljki je:

$$Ke_{Na}=150/115=1.31$$

Koeficijent efikasnosti (Ke) između LED svetiljki i Hg svetiljki je:

$$Ke_{Hg}=150/60=2.5$$

b) Kao što se vidi na sl. 2 kod Hg svetiljki i Na svetiljki samo 20% od ukupno emitovane svetlosti padne na korisnu površinu (put, ulicu i trotoar).

Od ukupno emitovane svetlosti kod LED svetiljki bez dodatne optike (sočiva) 40% padne na korisnu površinu, dok kod LED svetiljki sa dodatnom optikom (usmeravajuća sočiva) 60% svetlosti padne na korisnu površinu.

Snaga LED svetiljki koje imaju dodatnu optiku za usmerenje (sočiva) za isti nivo osvetljenja može biti 7,5 puta manja u odnosu na snagu Hg svetiljki i 4 puta manja u odnosu na Na svetiljke.

Na osnovu prethodne analize može se zaključiti da pri rekonstrukciji javnog osvetljenja u cilju uštede električne energije treba koristiti isključivo LED svetiljke sa optikom za usmerenje svetlosti na korisnu površinu (put, ulicu, trotoar).

6.2 DALJINSKO UPRAVLJANJE U SISTEMU LED RASVETE

Diode koje emituju svetlost (LED) su poluprovodnički elementi, koji imaju linearnu karakteristiku kada je u pitanju odnos između emitovane svetlosti i električne snage diode. Snaga emitovane svetlosti se može kontinualno podešavati od 0% do 100%. Ova činjenica nam omogućava da ugradnjom mikrokontrolera u okviru svake svetiljke daljinski kontroliramo nivo svetlosti koju ona emituje, a time i potrošnju električne energije.

Komunikacija sa svakom svetiljkom se može realizovati radio putem (bežično) ili korišćenjem kablova.

Bežični komunikacioni sistem se može realizovati kao namenski radio sistem ili korišćenjem GPRS-veze. Ovo rešenje je dosta skupo i kritično sa aspekta smetnji.

Kablovski prenos je pouzdan ali zahteva ugradnju dodatnih komunikacionih kablova. Zbog cene i narušavanja gradske infrastrukture (dodatno kopanje) ovo rešenje je skoro neprihvatljivo.

Problem se može prevazići ako se za komunikaciju koriste već postojeći energetska kablovi.

Prenos podataka preko energetskih kablova (PLC - POWER line communication) danas je poznat i veoma je pogodan za ovu aplikaciju. Imamo pouzdan sistem za prenos podataka koje ne zahteva dodatno ulaganje u kablove.

Hardverska realizacija daljinske kontrole rasvete bazirana na PLC, zahteva ugradnju lokalne kontrolne jedinice (LCU - local control unit) u svakoj trafostanici. LCU se direktno povezuje na isti izvod na kome su povezane i svetiljke.

Kontrolne jedinice LCU se mogu povezati sa komandnim centrom nekim od postojećih kablova ili preko GPRS-veze.

Režim rada svake svetiljke može se podešavati i nadgledati lokalno (preko LCU iz svake trafo stanice ili iz komandnog centra).

Ovako koncipiran sistem daljinske kontrole može potrošnju električne energije LED svetiljki smanjiti za još 50%, a da se bitno ne naruši kvalitet osvetljenja.

Skup dodatnih informacija, koje nam obezbeđuje sistem daljinske kontrole u realnom i prošlom vremenu (funkcionalni parametri, alarmi u slučaju

kvara, nivo potrošnje i.t.d.) znatno unapređuje i pojeftinjuje održavanje sistema rasvete.

6.3 UŠTEDA KOJU OMOGUĆAVA DALJINSKO UPRAVLJANJE

Ako u sistemu rekonstruisanog javnog osvetljenja imamo daljinsko upravljanje (podešavanje nivo osvetljenosti od 0% do 100% - dimovanje) možemo dodatno uštedeti električnu energiju jer nam najviši nivo osvetljenja nije potreban tokom cele noći.

Ako 30% vremena sistem LED osvetljenja radi sa obračunskom snagom, 30% vremena sa 30% obračunske snage i 40% vremena sa 25% obračunske snage, što, obzirom na logaritamsku karakteristiku oka, neće bitno uticati na kvalitet osvetljenja, imaćemo koeficijent uštede zahvaljujući daljinskom upravljanju. Pregled godišnje potrošnje električne energije za postojeći sistem, rekonstruisani sistem bez dimovanja i rekonstruisani sistem koji ima mogućnost daljinskog upravljanja dat je u tabeli 3. Pri tome je računato da je prosečan broj radnih sati dnevno 12, a cena električne energije 0,05 €/kWh.

Tabela 3. Godišnja potrošnja električne energije

Sistem	Snaga kW	Obračun. energija kWh	Cena godišnje potrošnje u RSD
Postojeći	100,628	440.851,26	2.556.937,00 RSD
LED bez dimovanja	22,786	99.825,47	578.987,00 RSD
LED sa dimovanjem	11,39	49.908,35	289.469,00 RSD

Garantovani radni vek LED svetiljki bez promene optičkih parametara je 50.000 radnih sati – 12 godina. I nakon tog peioda LED svetiljke će nastaviti sa normalnim radom uz pad nivoa osvetljenosti od 10%, što se, obzirom na logaritamsku karakteristiku oka, neće ni primetiti.

Radni vek Na svetlećih tela (sijalica) je 16.000 sati – oko 4 god.

Radni vek Hg svetlećih tela je 10.000-12.000 radnih sati – oko 3 god.

Znači da se za 12 godina **Na** sijalice moraju menjati najmanje 3 puta, a **Hg** sijalice najmanje 4 puta.

7. LITERATURA

- [1] EN 15459 : *Energy performance of buildings – Economic evaluation procedure for energy systems in buildings.*
- [2] EN ISO 15686-5 : *Buildings and constructed assets – Service life planning - Part 5: Life cycle costing.*
- [3] EN ISO 15686-9 : *Buildings and constructed assets – Part 8 Reference service life and service life information.*
- [4] *Sustainability and property valuation: a risk-based approach.* Meins, Wallbaum et al. (2010). *Building Research & Information* 2010, 38(3), 281-301.
- [5] *Upgrading the flexibility of buildings*, Rob P. Geraedts, CIB World Congress, April 2001.
- [6] Recommendation SIA 112/1, 2004: *Sustainable Building –Building Construction*; Swiss Society of Engineers and Architects.
- [7] Six steps resulting in a flexibility index of the building. Source: LEnSE: *Methodology Development towards a Label for Environmental, Social, and Economic Buildings*, Indicator: Increase Ease of Building Adaptability.