

Goran Bošković, Nebojša Jovičić, Dušan Gordić,  
Mladen Josijević, Vladimir Vukašinović

Univerzitet u Kragujevcu, Fakultet inženjerskih nauka, Sestre Janjić 6, 34000 Kragujevac

## TEHNO-EKONOMSKA ANALIZA UGRADNJE LED JAVNE RASVETE U OPŠTINI RAČA

### SAŽETAK

*U okviru ovog rada analizirano je javno osvetljenje na teritoriji opštine Rača. Uz pomoć ArgGis softvera omogućen je prikaz prikupljenih prostornih podataka, odnosno rasporeda svetiljki. Zatim je analizirano postojeće stanje javnog osvetljenja, što je zahtevalo prikupljanje podataka o potrošnji električne energije kao i broju i vrsti svetiljke koje su zastupljene. Ova tehno-ekonomska analiza javnog osvetljenja prikazana je kroz četiri scenarija koja su bazirana na zameni postojećih sijalica LED rasvetom. Sve analizirane mogućnosti su pokazale uštedu električne energije i troškova u javnom osvetljenju.*

**Ključne riječi:** LED, javno osvetljenje, opština Rača, svetiljka

### Techno-Economic Analysis of Installation of Led Public Lighting in the Municipality of Raca

### ABSTRACT

*Within this paper the public lighting in the municipality of Rača was analysed. By using ArgGis software, it is possible to representation the collected spatial data, respectively the layout of the lamps. Then the current situation of street lighting was analyze. This analysis required the collection of data on the consumption of electricity, as the number and type of lamps that are used. This techno-economic analysis of street lighting was presented for four scenarios, which were based on the replacement of existing light bulbs with LED illumination. All the analyzed opportunities have shown savings in electricity and street lighting expenses.*

**Key words:** LED, street lighting, municipality of Raca, lamp

### UVOD

Najnoviji podaci pokazuju da se 7% primarne energije u razvijenim zemljama koristi za različite vrste osvetljenja [1]. Prema Američkom Ministarstvu energetike [2], energija koja se koristi za rasvetu ima udeo od oko 7% u ukupnoj potrošnji finalne energije, a 18% u potrošnji električne energije. U Švedskoj udeo energije koji se koristi za rasvetu u ukupnoj potrošnji finalne energije iznosi 23% električne energije [3], a u Italiji je ta vrednost je oko 16,4% [4]. Obzirom da je oko 2/3 svih instaliranih osvetljenja u EU zasnovano na starim, manje efikasnim tehnologijama razvijenim pre 1970. godine, kako bi se postigle uštede energije u smislu osvetljenja [5-7], najbolje rešenje je zamena postojećeg sistema sa energetski efikasnijim [8].

Prema [9], 1/3 puteva i autoputeva u Evropi se još uvek osvetljava tehnologijom iz 1960. godine (živine sijalice). Neke zemlje (Belgija, Holandija, Luksemburg, Velika Britanija) koriste znatno manje živinih sijalica nego druge zemlje (Nemačka, Italija, Španija). Oko 35 miliona živinih sijalica koje su još uvek u upotrebi, troši dvostruko više energije nego što je potrebno i time stvaraju troškove i za

lokalne vlasti i za poreske obveznike i imaju visoku emisiju CO<sub>2</sub>. Trenutni procenat zamene iznosi 3% godišnje, pa će sa sadašnjim tempom biti potrebno više od 30 godina da bi se potpuno realizovale finansijske i ekološke koristi.

Jednu od bitnih stavki u budžetu svake opštine ima upravo potrošnja sistema javnog osvetljenja kao i njihovo održavanje. U 2014. godini ukupna potrošnja električne energije za potrebe javnog osvetljenja u Srbiji na 14.644 merna mesta iznosila je 306.357 KWh, odnosno 1,1% ukupne potrošnje električne energije u zemlji. Procenjeni godišnji trošak za energije javnog osvetljenja u Srbiji iznosi oko 1,7 milijardi dinara, odnosno 14 miliona eura [10]. Sistemi javne rasvete u Srbiji su uglavnom neefikasni i samim tim predstavljaju veliki potencijal u cilju ostvarivanja ušteda. Optimizacija sistema javne rasvete uglavnom se svodi na osnovne mere kao što je promena tipa izvora električnog osvetljenja i svetiljki. Najčešće se stari sistemi rasvete menjaju sa LED rasvetom.

Rasveta bazirana na LED (Light-emitting Diode) osvetljenju je u poslednje vreme postala veoma zastupljena na tržištu. Svojstva LED rasvete su efikasnije korišćenje električne energije, znatno duži životni vek, visok stepen

svetlosne efikasnosti, fleksibilan dizajn, zanemarljiv prenos toplote, što ovu vrstu osvetljenja čini veoma atraktivnom alternativom tradicionalnim izvorima svetlosti. Sistemi LED rasvete nisu aktuelni samo kao rešenja za savremeno arhitektonsko osvetljenje već mogu naći svoju upotrebnu vrednost kao aplikacije za zamenu u već izvedenim sistemima rasvete [11, 12]. LED rasveta ima višestruke kvalitete što se tiče zdravlja i zaštite životne sredine, jer se ona izrađuje po RoHS (Restriction of Hazardous Substance Directive) principima i u sebi ne sadrži olovo, živu, kadmijum, šestovalentni hrom, koji su štetni po životnu okolinu. Fluorescentna rasveta ima tendenciju intenzivnog smanjenja životnog veka kada se integriše sa različitim senzorima i/ili drugim kontrolnim uređajima. Nasuprot tome, LED rasveta radi savršeno u sprezi sa kontrolnim sistemima [13, 14].

## METODOLOGIJA

Kako bi se precizno utvrdili benefiti koji se ostvaruju zamenom nekog sistema rasvete drugim (energetski efikasnijim), neophodno je izvršiti detaljnu analizu trenutnog stanja sistema. Nakon prikupljanja podataka o broju i vrsti sistema rasvete, potrebno je na osnovu njihovih karakteristika (nominalne snage, nivoa osvetljenja, efikasnosti, itd.) i procene godišnjeg časovnog angažovanja, utvrditi godišnju potrošnju električne energije koju ti svetlosni izvori ostvaruju. Dobra procena, godišnjeg časovnog angažovanja svakog sijaličnog mesta je značajna za preciznu tehno-ekonomsku analizu.

Nakon prikupljanja podataka o sistemu javne rasvete i utvrđivanja potrošnje energije, razmatraju se mogućnosti zamene postojeće rasvete energetski efikasnijom. Prilikom zamene sistema javne rasvete neophodno je zadovoljiti odgovarajuće opšte i posebne tehničke uslove. Svetiljke javnog osvetljenja treba da budu u saglasnosti sa postojećim bezbednosnim propisima koji su na snazi u Republici Srbiji i da zadovolje uslove elektroenergetske mreže Srbije. Preporučuje se da tehničke karakteristike svetiljki budu u skladu sa zahtevima međunarodnog standarda *IEC 60598* i u skladu sa međunarodnim preporukama kao što su "Preporuke za osvetljenje puteva za motorni i pešački saobraćaj" koje je objavila *CIE* (Međunarodna komisija za osvetljenje). U tabeli 1 prikazane su osnovne karakteristike najčešće korišćenih sijalica za javnu rasvetu.

Iz tabele se može videti da je najefikasniji sistem rasvete baziran na LED tehnologiji, a da su natrijumove sijalice energetski efikasnije od živinih. Pored efikasnije transformacije električne energije u svetlost, važan faktor pri izboru sistema rasvete je i životni vek sistema koji je u slučaju LED i natrijumovih sijalica znatno duži u odnosu na živine sijalice Tabela 2.

Tip svetiljke	Životni vek svetiljke
Živine sijalice	4000h (1 god)
Kompaktne fluorescentne sijalice	8000h (2 god)
Metal halogene sijalice	8000h (2 god)
Natrijumske sijalice	16000h (4 god)
LED sijalice	(preko 50000 h)

Tabela 2: Životni vek najčešće korišćenih svetlosnih izvora u sistemima javne rasvete

Nakon određivanja adekvatne zamene za svaki od postojećih svetlosnih izvora, pristupa se proračunu potencijalnih ušteda koje bi se ostvarile sprovođenjem mera zamene. Kako bi se pored uštede u potrošnji električne energije odredile uštede u ekonomskom smislu, neophodno je utvrditi prosečnu cenu struje po jedinici utrošene energije sistema rasvete. Pri proračunu potencijalne uštede za neki analizirani period (najčešće godinu dana), neophodno je uzeti u obzir i troškove održavanja sistema koji se procenjuju na osnovu časovnog angažovanja i projektovanog radnog veka koji garantuju proizvođači. Period povraćaja investicije računa se kao odnos troškova investicije i godišnje ostvarene uštede umanjene za iznos godišnjeg održavanja. Osnovne karakteristike natrijumovih i LED sijalica koje će biti razmatrane kao zamena za postojeći sistem rasvete prikazane su u tabelama 3 i 4.

U nastavku su prikazani rezultati četiri scenarija, tehno-ekonomske analize zamene sistema javne rasvete u opštini Rača. Opisanim metodologijom, izračunati su različiti periodi povraćaja investicija koji bi donosiocima odluke pomogli pri izboru adekvatne zamene za postojeći sistem ulične rasvete u ovoj opštini.

HPM - Živa visokog pritiska		HPS - Natrijum visokog pritiska		LED - Elektro-luminiscentni izvori	
Snaga	Svetlosni fluks izvora*	Snaga	Svetlosni fluks izvora*	Snaga	Svetlosni fluks izvora*
W	lm	W	lm	W	lm
400	22 000	250	28 000	150	23 000
		150	16 000	100	
250	13 000	100	9 800	70	10 500
160	8 000			50	7 500
125	6 200	70	6 000	30	4 500
		50	3 500		
80	3 200			20	3000

Tabela 1: Najčešće korišćeni svetlosni izvori u sistemima javne rasvete

	70W SON Pro I E27 elipsa Philips	100W SON Pro I E27 elipsa Philips	250W SON Pro I E27 elipsa Philips
<b>Dimenzije</b>	C=155 mm D=71 mm	C=209 mm D=47 mm	C=227 mm D=91 mm
<b>Vek trajanja</b>	25 000h	25 000h	25 000h
<b>Boja svetlosti</b>	2000 K (toplo bela)	2000 K (toplo bela)	2000 K (toplo bela)
<b>Cena po komadu (din)</b>	1866,00	1192,44	2072,40
*C-dužina sijalice, D-širina sijalice			

Tabela 3: Karakteristike natrijumovih Philips sijalica [15]

Tip svetiljke	Vek trajanja sijalice	Boja svetlosti	Cena po komadu (din)
V-tac LED 30W	45 000h	6000K	7.917
V-tac LED 50W	45 000h	3000K	11.229
V-tac LED 70W	45 000h	3500K	13.452
V-tac LED 100W	45 000h	6000K	18.745
V-tac LED 150W	45 000h	4500K	28.275

Tabela 4: Karakteristike LEDsvetiljki [16]

## ANALIZA REZULTATA I DISKUSIJA

Prva faza tehno-ekonomske analize podrazumeva prikupljanje podataka o broju i vrsti svetiljki ulične rasvete. Javno osvetljenje u opštini Rača čini ukupno 513 svetiljki, a više od polovine su živine svetiljke od 125 W (Tabela 5). Njih karakteriše mala efikasnost, kao i mala svetlosna iskoristivost koja se kreće od 40-60 lm/W. Na slici 1. prikazan je raspored uličnih svetiljki u opštini Rača.

	Tip svetiljki	Broj svetiljki
<b>HPM</b>	Živina svetiljka stubna 125W	342
	Živina svetiljka stubna 250W	9
	Živina svetiljka stubna 400W	28
<b>HPS</b>	Natrijumova svetiljka-stubna 70W	59
	Natrijumova svetiljka-stubna 100W	41
	Natrijumova svetiljka-stubna 250W	4
	Natrijumova svetiljka-stubna 400W	19
<b>MH</b>	Metal halogeni reflektor 400W	11

Tabela 5: Broj i tipovi svetiljki na teritoriji opštine Rača [17]

Ukupna nominalna snaga svih sijalica ulične rasvete na teritoriji opštine Rača je 77.430 kW. Od ukupne instalirane snage 72,6% su živine svetiljke, 21,7% su natrijumove, a najniži udeo imaju metal halogene sa 5,7%. Prikupljanjem informacija o utrošenoj električnoj energiji za javno osvetljenje u opštini Rača u periodu od godinu dana za 2015/2016 godinu, dobija se podatak da iz budžeta opštine na godišnjem nivou treba izdvojiti 4.420.461,13 dinara za troškove javnog osvetljenja od čega čak 55% pada na teret troškova za održavanje sistema ulične rasvete.

## I scenario

U prvom scenariju razmatrana je zamena živinih sijalica, natrijumovim sijalicama. Pritom je neophodno voditi računa o količini svetlosti koje novi svetloni izvor mora da zadovolji. Zamena živinih sijalica, natrijumovim sijalicama manje nominalne snage prikazana je u tabeli 6.

Živina sijalica 125W	→	Natrijumova sijalica 70W
Živina sijalica 250W	→	Natrijumova sijalica 100W
Živina sijalica 400W	→	Natrijumova sijalica 250W

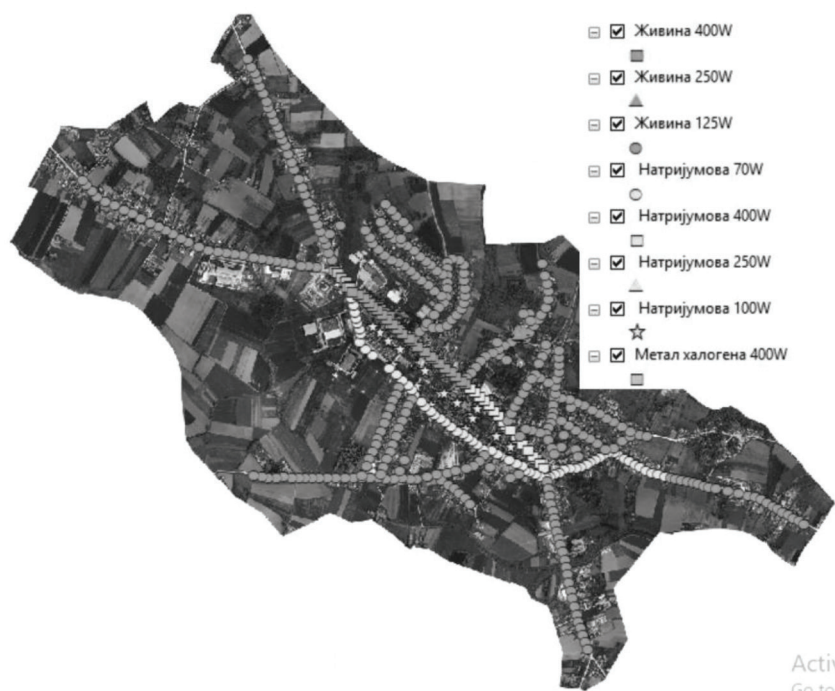
Tabela 6: Zamena živinih sijalica adekvatnim natrijumovim sijalicama

Ukupna instalirana snaga nakon zamene svetiljki iznosi 53.070 kW što je za 24.360 kW manje od instalirane snage u postojećem sistemu. U ovom slučaju, uzimajući u obzir godišnje časovno angažovanja svih sijalica, javna rasveta u opštini Rača trošila bi 238.683 kWh/god. Računato za srednju cenu struje od 2,55 dinara/kWh, godišnje je na ulično osvetljenje u ovoj opštini neophodno izdvojiti oko 600.000 dinara. U tabeli 7, prikazano je poređenje postojeće rasvete i rasvete nakon zamene sijalica natrijumovim sijalicama.

Ukupna investicija kupovine natrijumovih sijalica koje se u ovom scenariju predlažu kao adekvatna zamena za živine sijalice je 870.000 dinara. Uzimajući u obzir uštede u potrošnji električne energije (31%) i u održavanju, koje se ovakvim vidom zamene ostvaruju, dobija se period povraćaja investicije od 36 meseci.

## II scenario

U drugom scenariju razmatrana je zamena natrijumovih sijalica LED sijalicama. Tehno-ekonomska analiza zamene svetlosnih izvora vršice se na način prikazan u tabeli 8.



Slika 1: Raspored uličnih svetiljki u opštini Rača

	Postojeći sistem javnog osvetljenja	Novi sistem javnog osvetljenja
Ukupna instalisana snaga sijalica	77.430 kW	53.070 kW
Prosečna snaga svetiljke javnog osvetljenja	0,15 kW	0,10 kW
Potrošnja električne energije na osnovu instalisanog kapaciteta	345.325,41 kWh	236.683,71 kWh
Troškovi električne energije na osnovu instalisanog kapaciteta	879.199,19 dinara	602.597,20 dinara
Emisija CO <sub>2</sub>	326.322,51 kg	223.666,10 kg

Tabela 7: Poređenje postojećeg i novog sistema javnog osvetljenja, za I scenario

Natrijumova sijalica 70W	→	LED 30W
Natrijumova sijalica 100W	→	LED 50W
Natrijumova sijalica 250W	→	LED 100W
Natrijumova sijalica 400W	→	LED 150W

Tabela 8: Zamena natrijumovih sijalica adekvatnim LED sijalicama

Ukupna instalirana snaga nakon zamene svetiljki iznosi 67.670 kW što je za 9.760 kW manje od instalirane snage u postojećem stanju. Na godišnjem nivou izračunata potrošnja električne energije javne rasvete sa LED sijalicama je 301.797 kWh/god. Za troškove energije u ovom slučaju potrebno je izdvojiti oko 770.000 dinara. Poređenje postojećeg i novog sistema javnog osvetljenja za II scenario prikazano je u tabeli 9.

Ušteda koja se ostvaruje ovakvim vidom zamene sistema rasvete je 12,6%, pa se za investiciju od 1.000.000 dinara, dobija relativno dug period otplate od preko 9 godina.

### III scenario

U trećem scenariju razmatra se zamena živinih sijalica odgovarajućim LED sijalicama (Tabela 10).

Živina sijalica 125W	→	LED 30W
Živina sijalica 250W	→	LED 70W
Živina sijalica 400W	→	LED 100W

Tabela 10: Zamena živinih sijalica adekvatnim LED sijalicama

Ukupna instalirana snaga nakon zamene živinih sijalica LED sijalicama je 34.920kW, što je za više od 50% manja angažovana snaga u odnosu na trenutnu situaciju javne rasvete u Rači. Ostali podaci dobijeni tehno-ekonomskom analizom prikazani su u tabeli 11.

Ukupna investicija zamene 359 živinih svetiljki, LED svetiljkama iznosi 3.353.458 dinara. Period otplate investicije je 6 godina i 11 meseci, obzirom da je ušteda u potrošnji el. energije koja se ovakvim vidom zamene ostvaruje preko 50%.

### IV scenario

U četvrtom scenariju analizirana je zamena svih svetlosnih izvora, LED izvorima svetlosti. U tabeli 12, prikazano je koji LED svetlosni izvor predstavlja adekvatnu zamenu za postojeće izvore svetlosti.

	Postojeći sistem javnog osvetljenja	Novi sistem javnog osvetljenja
Ukupna instalisana snaga sijalica	77.430 kW	67.670 kW
Prosečna snaga svetiljke javnog osvetljenja	0,15 kW	0,13 kW
Potrošnja električne energije na osnovu instalisanog kapaciteta	345.325,41 kWh	301.797,373 kWh
Troškovi električne energije na osnovu instalisanog kapaciteta	879.199,19 dinara	769.583,30 dinara
Emisija CO <sub>2</sub>	326.322,51kg	285.198,51 kg

Tabela 9: Poređenje postojećeg i novog sistema javnog osvetljenja za II scenario

	Postojeći sistem javnog osvetljenja	Novi sistem javnog osvetljenja
Ukupna instalisana snaga sijalica	77.430 kW	34.920 kW
Prosečna snaga svetiljke javnog osvetljenja	0,15 kW	0,068 kW
Potrošnja električne energije na osnovu instalisanog kapaciteta	345.325,41 kWh	155.737,613 kWh
Troškovi električne energije na osnovu instalisanog kapaciteta	879.199,19 dinara	397.130,913 dinara
Emisija CO <sub>2</sub>	326.322,51 kg	147.172,04 kg

Tabela 11: Poređenje postojećeg i novog sistema javnog osvetljenja, za III scenario

Natrijumova sijalica 70W	→	LED 30W
Natrijumova sijalica 100W	→	LED 50W
Natrijumova sijalica 250W	→	LED 100W
Natrijumova sijalica 400W	→	LED 150W
Živina sijalica 125W	→	LED 30W
Živina sijalica 250W	→	LED 70W
Živina sijalica 400W	→	LED 100W
Metal halogena 400W	→	LED 150W

Tabela 12: Zamena svih trenutno instaliranih sijalica adekvatnim LED sijalicama

Ukupna instalirana snaga nakon zamene svih izvora svetlosti, LED svetilkama iznosi 22.410 kW što je za čak 70% niže u odnosu na trenutno stanje. Na godišnjem nivou, na osnovu instalisanog kapaciteta, potroši se oko 100.000 kWh/god. električne energije za javno osvetljenje, što predstavlja uštedu od 245.000 kWh/god. u poređenju sa trenutnim sistemom javne rasvete u Rači. Rezultati dobijeni tehno-ekonomskom analizom prikazani su u tabeli 13.

Zamenom svih sijalica ulične rasvete u Rači, sijalicama čije se rad bazira na LED tehnologiji može se ostvariti ušteda u potrošnji električne energije od 71,05%. Za kupovinu 513 LED svetiljki, neophodno je izdvojiti preko pet miliona

dinara. Period otplate investicije je u ovom slučaju oko 100 meseci pa se ne može smatrati prihvatljivim.

### Upoređivanje dobijenih rezultata

Prethodno analizirana četiri scenarija svakako imaju određen značaj u unapređenju javnog osvetljenja na teritoriji opštine Rača. Kao što se vidi iz tabele 14, scenario I, u kome je analizirana zamena dotrajalih živinih sijalica natrijumovim sijalicama, koje su bolje efikasnosti od živinih, zahteva najmanja ulaganja, ali je zato i ušteda energije znatno niža od uštede energije u ostalim slučajevima. Uzima se u obzir da tehnološka dostignuća napreduju, tako da natrijumove sijalice koje su nekada bile na vodećoj listi efikasnih izvora svetlosti za javno osvetljenje sada padaju u senku LED rasvete. Ukoliko sredstava koje lokalna samouprava može da omogućiti u cilju zamene neefikasnog osvetljenja nisu na visokom nivou ovaj slučaj bi mogao da predstavlja rešenje za uštedu energije u nekom kraćem periodu.

Kako bi se najefikasnije izvršila rekonstrukcija javnog osvetljenja potrebno je uporediti period otplate, uštedu i investiciona ulaganja u zamenu postojećeg sistema rasvete energetski efikasnijim. Scenario II u kome je analizirana zamena natrijumovih sijalica LED sijalicama ima najduži period otplate, a uštedu svega 12,6% na osnovu realnog stanja, što je najmanja ušteda u poređenju sa ostalim scenarijima.

	Postojeći sistem javnog osvetljenja	Novi sistem javnog osvetljenja
Ukupna instalisana snaga sijalica	77.430 kW	22.410 kW
Prosečna snaga svetiljke javnog osvetljenja	0,15 kW	0,043 kW
Potrošnja električne energije na osnovu instalisanog kapaciteta	345.325,41 kWh	99.945.01 kWh
Troškovi električne energije na osnovu instalisanog kapaciteta	879.199,19 dinara	254.859,776 dinara
Emisija CO <sub>2</sub>	326.322,51 kg	94.448,03kg

Tabela 13: Poređenje postojećeg i predloženog sistema javnog osvetljenja za IV scenario

	I scenario	II scenario	III scenario	IV scenario
Ostvarena ušteda [%]	31.46%	12.60%	54.90%	71.05%
Investiciona ulaganja [din.]	874.204	3.353.458	1.158.381	5.204.168
Period otplate investicije [meseci]	38	109	83	100

Tabela 14: Ekonomska analiza za četiri različita scenarija

Period otplate u scenariju III je 17 meseci kraći od perioda otplate u scenariju IV, ali je zato i ušteda manja za 16,15%. Za investiciju u slučaju IV (postavljanje celokupog LED osvetljenja) potrebno je izdvojiti 1.850.710 dinara više nego u slučaju III gde je vršena zamena samo živinih sijalica. Na osnovu ovih poređenja zaključuje se da je i jedno i drugo rešenje isplativo.

## ZAKLJUČAK

Rekonstrukcija javnog osvetljenja predstavlja veliki potencijal za uštedu električne energije. U okviru ovog rada, zamenom starih sijalica novim LED sijalicama u opštini Rača, pokazano je da ovakav vid rekonstrukcije znatno utiče na uštedu električne energije, ali i na uštedu u budžetu lokalne samouprave. Gledano sa tehničkog aspekta javnog osvetljenja, reorganizacija osvetljenja pospešuje veću iskorišćenost osvetljenja i bolji vizuelni komfor.

Scenariji koji su analizirani pokazali su da ušteda može da varira u zavisnosti od tipa svetlosnih izvora koji se primenjuju. U analizi prvog scenarija, gde je izvršena zamena živinih sijalica natrijumovim, ušteda na godišnjem nivou iznosi 31,46%. Iako natrijumova svetiljka ima bolje karakteristike od živine sijalice, ipak je pala u senku najnovije tehnologije LED rasvete. Analiziranjem scenarija II dolazi se do podatka da je ušteda električne energije 12,60%, što znači da se samo zamenom natrijumovih sijalica LED svetiljkama dolazi do najmanje uštede na godišnjem nivou. Period otplate za investiciju prikazanu u drugom scenariju je 9 godina i 1 mesec. U scenariju III vrši se zamena najneefikasnijih živinih sijalica LED svetiljkama. Ovaj slučaj pokazuje godišnju uštedu od 54,91%. Potrebno ulaganje za ovu investiciju je 3.353.458,00 dinara, a period otplate je 6 godina i 11 meseci. Ovaj slučaj je dao zadovoljavajuće rezultate. Zamena svih sijalica na teritoriji opštine Rača i adaptiranje kompletne LED rasvete (scenario IV) prouzrokovalo je uštedu na godišnjem nivou od 71,05%. Vrednost koju je potrebno uložiti u ovu investiciju je 5.204.168,00 dinara, što znači da je za ovu investiciju potrebno izdvojiti 1,73% od ukupnog godišnjeg budžeta opštine. Period otplate ove investicije je 8 godina i 4 meseca.

Uzimajući u obzir proizvodnju emisije CO<sub>2</sub>, u scenariju III na godišnjem nivou proizvede se 147.172,04kg ovog gasa, dok je u scenariju IV ukupna emisija CO<sub>2</sub> 94.448,03 kg, zaključuje se da je scenario IV posmatrano sa ekološkog aspekta prihvatljivije rešenje.

Na osnovu ove tehnno-ekonomske analize javnog osvetljenja na teritoriji opštine Rača, može se zaključiti da je analizirani scenario IV najefikasniji i ekološki najplativiji predlog rekonstrukcije.

Napomena: Rad nastao kao rezultat istraživanja na

projektu III 42013, koji finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

## LITERATURA

- [1] Powell K., Lessons from the field, Solid-state lighting program: U.S. Department of energy <http://apps1.eere.energy.gov>, (assessed on: 02-17-2016)
- [2] DoE, 2012. U.S. Lighting market Characterization. Solid-State Lighting Program: U.S. Department of Energy
- [3] Bladh M., Krantz H., Towards a bright future?, Household use of electric light: a microlevel study, Energy Policy 2008:36:3521-30
- [4] Program Agreement MSE/ENEA. Financial-economic solutions for the redevelopment of public lighting, Lumiere; March 2011
- [5] International Organization for Standardisation, ISO 13790: Energy performance of buildings – calculation of energy use for space heating and cooling, ISO Publication, Geneve, 2008
- [6] European Committee for Standardisation, EN 15193: Energy performance of buildings- Energy requirements for lighting, Available: [http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/normas%20e%20relat%F3rios/en\\_15193-1\\_energy\\_requirements\\_for\\_lighting.pdf](http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/normas%20e%20relat%F3rios/en_15193-1_energy_requirements_for_lighting.pdf)
- [7] European Committee for Standardisation, EN 12464-1: Light and lighting – lighting of work places – Part1: Indoor work places, Brussels, 2011
- [8] Salata F., Lieto A. V., Ferraro A., An economic perspective on the reliability of lighting systems in building with highly efficient energy: A case study, Energy Conversion and Management, 2014
- [9] Prezentacija energetske efikasnost, dostupno na internet stranici: [www.vtsnis.edu.rs/Predmeti/energetska\\_efikasnost.../9\\_EE.ppt](http://www.vtsnis.edu.rs/Predmeti/energetska_efikasnost.../9_EE.ppt) Pristupljeno: 22.9.2017
- [10] Gordić D. Energo-ekološki menadžment, skripta za predavanje, Fakultet inženjerskih nauka, Kragujevac 2016. Dostupno na: <http://moodle.mfkg.rs>
- [11] D. Caicedo, A. Pandharipande, G. Leus, Occupancy-based illumination control of LED lighting systems, Lighting Research and Technology 43 (2011) 217-234
- [12] C. Hoelen, H. Borel, J. De Graaf, M. Keuper, M. Lankhorst, C. Mutter, L. Waumans, R. Wegh, Remote phosphor LED modules for general illumination: towards 200 lm/W general lighting LED light sources, in: Proceedings of SPIE – Eight International Conference on Solid State Lighting, San Diego, CA,

- USA, August, 2008.
- [13] Marco Rossi, Ashish Pandharipande, Personal lighting control with occupancy and daylight adaptation, *Energy and Buildings*, Vo105, (2015), 263-272
- [14] [14] David Caicedo, Ashis Pandharipande, Daylight-adaptive lighting control using light sensor calibration prior-information, *Energy and Buildings*, Vo73, (2014), 105-114
- [15] <http://www.exel.rs/rasveta/sijalice-fluo-cevi/natrijum-sijalice/natrijum-sijalica-250w-son-pia-plus-e40-elipsa-philips> Pristupljeno: 3.10.2017
- [16] <http://www.ledshopsrbija.rs/proizvodi/led-rasveta/ulicna-rasveta/ulicna-lampa-150w-4500ksmd-vt> Pristupljeno: 3.10.2017
- [17] Intervju: Opštinska uprava Rača, davanje informacija od javnog značaja po zahtevu br. O37-7 /2017-IV-03