

# ENERGETSKO UČINKOVITA PRENOVA STOPNIŠČNE RAZSVETLJAVE V VEČSTANOVANJSKI, VEČNADSTROPNI STAVBI

## Energy efficient renovation of staircase lighting in a multi-storey block of flats

Srećko Simović, univ. dipl. inž. ele.  
Višja strokovna šola, ŠC Kranj  
[srecko.simovic@guest.arnes.si](mailto:srecko.simovic@guest.arnes.si)

### *Povzetek*

*Pri energetske sanaciji starejših večstanovanjskih stavb eno od področij učinkovite rabe energije predstavlja tudi prenova stopniščne razsvetljave. V prispevku je obdelana energetska učinkovitost stopniščne razsvetljave na konkretnem primeru večstanovanjske, večnadstropne zgradbe v Kranju, ki je bila zgrajena leta 1978. Narejena je analiza obstoječega stanja, opravljene so meritve osvetljenosti na stopnišču v bloku in meritve porabe električne energije za stopniščno razsvetljavo. Za projekt nove svetlobno-tehnične naprave in simulacijo osvetljenosti je uporabljen program DIALux. Izdelane so štiri variante razsvetljave in na podlagi primerjalnih kriterijev in tehničnih lastnostih je izbrana varianta z LED tehnologijo svetil. V objektu so narejene demontaža stare opreme in montaža novih svetilk ter meritve osvetljenosti in porabe električne energije pri novi razsvetljavi. Vse omenjene operacije so izvedene brez dodatnih posegov na obstoječo električno inštalacijo. Primerjave izmerjenih vrednosti kažejo izrazito pozitivne rezultate, predvsem glede občutnega zmanjšanja porabe električne energije za stopniščno razsvetljavo. Zmanjšajo se tudi obratovalni in vzdrževalni stroški, večkrat pa se poveča nivo osvetljenosti. Izračunana doba povrnitve investicijskih stroškov je krajša od garancijske dobe za uporabljeno svetlobno-tehnično napravo in znaša nekaj več kot pet let.*

**Ključne besede:** stopniščna razsvetljava, LED sijalke, merjenje osvetljenosti, energetska učinkovitost.

### *Abstract*

*The renovation of staircase lighting in older multi-storey buildings represents one of the efficient energy uses. This paper presents the energy efficient renovation of the staircase lighting in a multi-storey block of flats in Kranj, built in 1978. The current staircase lighting and electric energy consumption were measured and analysed. In the project the DIALux software was used for creating a new lighting device, light planning and simulation. Four versions of lighting were created. In the end, the LED light technology was chosen as a result of comparative analysis, based on different criteria and technical characteristics. After the old luminaries had been removed, the new ones were installed and the lighting and energy consumption measurements were carried out. No alterations to the existing electrical installation were made. Comparison of measured values has shown extremely positive results regarding the reduced energy use for staircase lighting. The maintenance and operating costs have been reduced, whereas the lighting level has been increased several times. The*

*calculated period of capital cost recovery is just over five years and is hence shorter than the warranty duration of the lighting device.*

**Keywords:** *staircase lighting, LED luminaries, lighting measurement, energy efficiency.*

## 1 Uvod

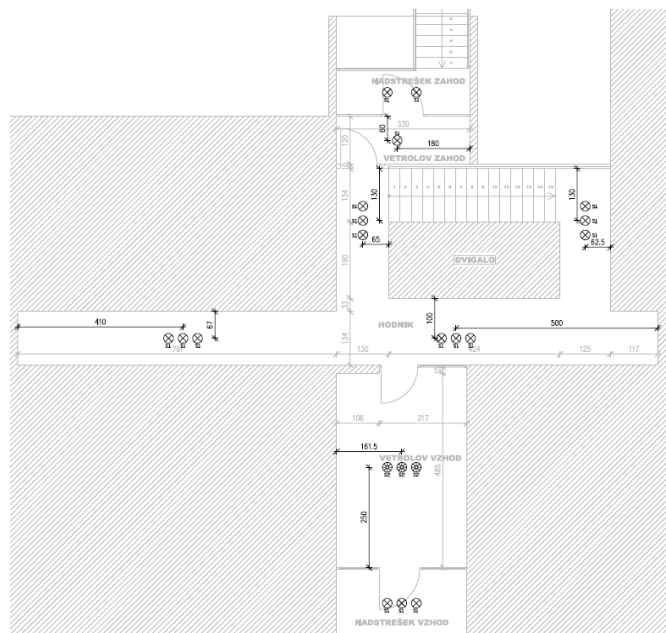
V prispevku se obravnava problematika stopniščne razsvetljave v večstanovanjskem, večnadstropnem stanovanjskem objektu oz. zamenjava obstoječe svetlobno-tehnične naprave s sodobnejšo ter z vidika zmanjšanja porabe električne energije in povečanja energetske učinkovitosti bolj primeren sistem razsvetljave kot sprejemljiv model za morebitno široko rabo pri celostni energetske prenovi večstanovanjskih zgradb.

Veliko število večstanovanjskih stavb, ki so zgrajene pred tridesetimi ali še več leti, imajo narejeno stopniščno razsvetljava, ki se krmili preko stopniščnih avtomatov in tipkal. Nekateri sistemi stopniščne razsvetljave novejšega datuma oz. naknadno prenovljeni sistemi so izvedeni z uporabo časovnih relejev in kontaktorjev, ki praviloma vklapljajo celotno stopniščno razsvetljava v vseh etažah. Sistem razsvetljave je v veliki večini primerov sestavljen iz svetil z žarnicami z volframovo žarilno nitko. Instalirana nazivna moč obstoječih svetlobno-tehničnih naprav glede na uporabljene svetlobne vire je zelo visoka, kar potrjuje tudi obravnavani primer.

## 2 Posnetek obstoječega stanja

Celotni projekt je zastavljen kot oblika sodelovanja med izobraževalnim zavodom in socialnimi partnerji. Pri realizaciji so sodelovali: dijaki STŠ, program elektroenergetika, v okviru strokovnega modula načrtovanje električnih inštalacij, diplomant elektroenergetike VSŠ ŠC Kranj, podjetje Zumtobel iz Ljubljane in Elektroservis Anton Maček s. p. iz Škofje Loke.

Lastniki stanovanj večstanovanjskega bloka v Kranju na naslovu Janeza Puharja 4 so podprli idejo projekta in so podali pisno soglasje, da se v njihovem bloku lahko izvajajo potrebne meritve ter, kar se je v zaključni fazi projekta pokazalo kot pomemben dejavnik, da so pripravljene preučiti predlagane rešitve in najbolj optimalno rešitev celo financirati do realizacije.

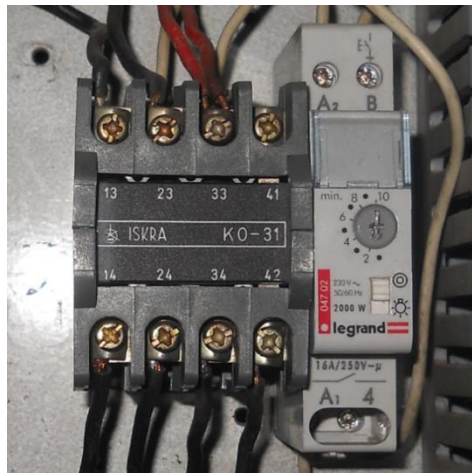


Slika 1 Tloris pritličja in razporeditev svetilk

Omenjena večstanovanjska stavba ima pritličje in osem nadstropij (devet etaž), zgrajena pa je bila leta 1978. Porabniki električne energije v segmentu obračuna skupne rabe energije za vse lastnike stanovanj v bloku so dvigalo, toplotna postaja in stopniščna razsvetljava. Razsvetljava celotnega stopnišča in vhodov v blok je bila narejena s 112 svetilkami za žarnice z žarilno nitko, skupno 115 klasičnih žarnic moči 40 W. V 109 svetilkah je bila nameščena ena žarnica, v vetrolovu na vzhodni strani objekta pa so bile montirane tri svetilke s po dvema žarnicama. Celotna instalirana električna moč stopniščne razsvetljave je bila 4,6 kW.

Svetilke so bile razporejene v štirih skupine po tri svetilke v vsaki etaži, kar je razvidno s slike 2, in montirane na strop (nadometna izvedba).

Iz navedenega lahko sklepamo, da delež rabe energije za razsvetljava stopnišča v bloku predstavlja pomemben del porabljene energije v skupnih prostorih stavbe. Pomembno je izpostaviti, da je vklop celotne stopniščne razsvetljave izvajan preko kontaktorja (Iskra KO-31) in stopniščnega avtomata (proizvajalca LEGRAND, tip 047 02), ki sta bila nameščena v glavni razdelilni omari v kletnih prostorih (slika 2). Krmiljenje je izvajano s tipkali nameščenih na štirih pozicijah v vsaki etaži.



**Slika 2 Stopniščni avtomat in kontaktor**

Nastavljeni interval obratovanja stopniščne razsvetljave je bil 85 s, ob vsakokratnem delovanju na katerokoli tipko pa je prišlo do vklopa vseh svetilk.

Varčevalne posege na obstoječi svetlobno-tehnični napravi so stanovalci izvajali le v smeri zmanjševanja moči uporabljenih žarnic (40 W) in celo v zmanjševanju števila aktivnih svetilk, kar nazorno prikaže slika 3.



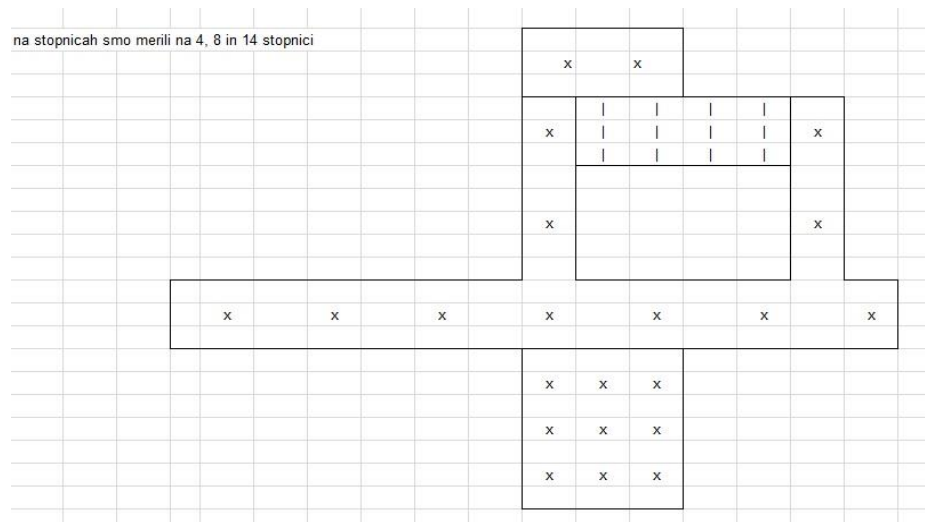
**Slika 3 Primer »varčevalnih« ukrepov**

Ker uporabni načrti osvetljenosti omenjene zgradbe niso bili dostopni, smo naredili meritve osvetljenosti hodnikov in stopnišča ter izrisali potrebne načrte.



Slika 4 Luxmeter VOLTCRAFT LX-1108

Merilne točke so vrisane v tloris pritličja, kar je razvidno s Slike 5.



Slika 5 Merilne točke – merjenje osvetljenosti v pritličju

Izmerjene vrednosti osvetljenosti so podane v Tabeli 1.

Tabela 1 Izmerjene vrednosti osvetljenosti stopnišča – stara razsvetljava

Prostor	$E_{SR}$ (lx)
Vetrolov vzhodna stran (poštni nabiralniki)	15,3
Stopnišče (klet–pritličje)	13,2
Hodnik (pritličje)	24,4
Stopnišče (pritličje–1. nadstropje)	13,2
Stopnišče (5. nadstropje–6. nadstropje)	10,8
Hodnik (7. nadstropje)	15,7
Hodnik (8. nadstropje)	7,9

Meritve porabe električne energije so izvedene z trifaznim enotarifnim števcem električne energije SCHNEIDER ELECTRIC iEM3100 v času od 26. 3. 2015 do 26. 4. 2015 (31 dni in 6 ur). Aktivnih je bilo 95 klasičnih žarnic z žarilno nitko, moči 40 W, kar pomeni 3,8 kW skupne moči. Na podlagi rezultatov meritev (Tabela 2) smo ugotovili, da je povprečna dnevna

poraba električne energije za stopniščno razsvetljavo približno 9,4 kWh. V primeru, da bi vse žarnice (115) bile aktivne oz. če bi svetlobno-tehnična naprava obratovala z nazivno močjo (4,6 kW), bi to pomenilo povprečno porabo elektrike približno 11,25 kWh na dan. Pri vsem tem je treba omeniti, da bi natančne podatke glede obratovalnega časa, ki je odvisen od številnih dejavnikov, lahko pridobili le v primeru natančnega merjenja skozi celotno leto. Vsekakor menimo, da so pridobljeni podatki v omenjenem merilnem času vseeno uporabni za izdelavo določenih ocen in posledično sklepov glede povprečnega časa delovanja stopniščne razsvetljave v konkretnem primeru obravnavanega stanovanjskega objekta.

Tabela 2 Merjenje porabe električne energije – stara razsvetljava - 95 (40 W) žarnic

Št. meritve	Datum odčitavanja	Ura odčitavanja	Odčitana vrednost (kWh)
1. meritev	26. 3. 2015	10.41	412,9
2. meritev	26. 4. 2015	16.41	703,2
<b>Porabljena električna energija v merilnem obdobju 31 dni</b>			<b>290,3</b>

### 3 Projekt nove svetlobno-tehnične naprave

Osnovne predpostavke pri iskanju rešitve za zamenjavo obstoječe stopniščne razsvetljave so bile naslednje: povečati učinkovitost rabe energije za razsvetljavo, doseči priporočeno vrednost srednje osvetljenosti, 100 lx, zmanjšati porabo energije (zmanjšati instalirano moč) svetlobno-tehnične naprave, uporabiti sodobnejše svetlobne vire z daljšo življenjsko dobo, minimalno poseči na obstoječo električno inštalacijo v bloku, po možnosti doseči čim krajšo povračilno dobo za celotno investicijo.

#### 3.1 Računalniška orodja

##### 3.1.1 AutoCAD

AutoCAD je program proizvajalca Autodesk, ki nam omogoča 2D načrtovanje, 3D modeliranje in izdelavo vizualizacij. Uporablja se na vseh področjih projektiranja kot so arhitektura, gradbeništvo, strojništvo, elektrotehnika ... To programsko orodje smo uporabili za izris tlorisa objekta in vnos razmestitve svetilk na stopnišču (<http://www.arhinova.si/autocad.html>, 20. 9. 2015).

##### 3.1.2 DIALuxevo4

DIALux je profesionalni programski paket za snovanje razsvetljave in je prosto dostopen. Program uporabljajo arhitekti, projektanti razsvetljave in strokovnjaki za razsvetljavo. Omogoča simulacijo razsvetljave notranjih in zunanjih prostorov ter izračuna in preveri skladnost z vsemi parametri v sistemu razsvetljave. Pri našem projektu smo uporabili najnovejšo verzijo programa DIALux, imenovan DIALuxevo4 (Dial light building software, 2015).

##### 3.1.3 ecoCALC

Program ecoCALC, podjetja Zumtobel, izračuna in primerja ekonomičnost svetlobno-tehničnih rešitev v celotnem času obratovanja. EcoCALC upošteva tudi finančne vidike za okolju prijazno osvetlitev kot so: emisije CO<sub>2</sub>, poraba energije, stroški vzdrževanja ali odstranjevanja. Program je za uporabnike brezplačen in dostopen preko spletne strani podjetja Zumtobel (<http://www.zumtobel.com/com-en/ecoCALC.html>, 20. 9. 2015).

### 3.1.4 See Electrical Caddy ++

See Electrical Caddy ++ je profesionalna programska oprema za načrtovanje v elektrotehniko in za pripravo elektrotehnične dokumentacije.

S pomočjo računalniškega programa lahko zelo učinkovito in hitro izdelujemo enopolne in večpolne sheme, kosovnico uporabljenega materiala, samodejno številčenje varovalk in spenk, številčenje risb in strani ter ostalih inštalacijskih elementov. Uporabljamo ga na vseh področjih elektrotehniko in sicer v energetiki, avtomatizaciji, vzdrževanju ter za jako-točne in šibko-točne instalacije.

### 3.2 Izbrana rešitev

Pri izdelavi projekta nove svetlobno-tehnične naprave za stopnišče v omenjeni stanovanjski stavbi je uporabljen program DIALux. Izdelane so štiri kompletne variante z različnimi svetilkami, kar je razvidno iz tabele 3.

Tabela 3 Izbrane svetilke za 4 variante izračunov

Tip svetilke	Priključna moč	Svetlobni tok	Svetlobni donos
Thorn Lightnig PRISMA LED HF 4200 FR L840	39W	4183 lm	107 lm/W
Thorn Lightnig FORCELED 4000 HF L840	40,5 W (42 W)	4150 lm	102 lm/W (98,8 lm/W)
ZUMTOBEL PERLUCE O 36W LED840	30 W	2710 lm	90 lm/W
Thorn Lightnig NOVALINE 2000 LED HF E3	53 W	2479 lm	89 lm/W

Upoštevajoč svetlobno-tehnične karakteristike in tudi estetski videz bi bila nedvomno najbolj prava rešitev varianta s svetilkami Thorn Lightnig PRISMA LED HF 4200 FR L840, ampak za končno, izvedbeno varianto smo se vseeno odločili za varianto s svetilkami Thorn Lightnig FORCELED 4000 HF L840. Odločilni dejavnik, ki je botroval taki odločitvi je razlika v ceni (cca 40 %), kar se je potrdilo pozneje tudi pri investitorju projekta (lastniki stanovanj v večstanovanjskem objektu). Treba je poudariti, da izbrana svetilka s svetlobno tehničnega vidika nima bistveno slabših lastnosti.

112 svetilk pri stari razsvetljavi je nadomestilo 40 svetilk Thorn Lightnig FORCELED 4000 HF L840. Instalirana moč nove svetlobno-tehnične naprave je 1,68 kW.

## ForceLED

96617235 FORCELED 4000 HF L840

THORN

LED	42W LED_4150	EN	60598	IP66	IK08	⊕	CE	850°C	T <sub>a</sub>	-20	+35
-----	--------------	----	-------	------	------	---	----	-------	----------------	-----	-----

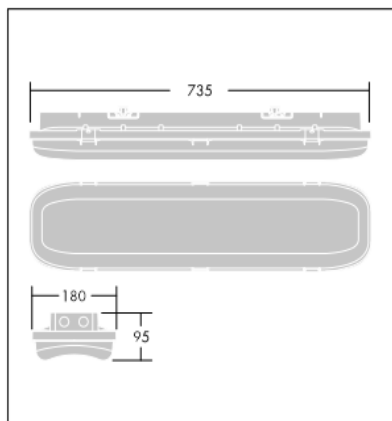
### ForceLED

A compact IP66, dust and moisture proof LED luminaire. Electronic, fixed output control gear. Class I electrical, IK08. Canopy: fully recyclable Aluminium painted white. Diffuser: Polycarbonate (PC) with linear prisms. Toggles: stainless steel. For surface, BESA or suspended mounting. Quick-fix brackets supplied for surface mounting. Mounting kits for conduit, chain suspension and catenary suspension are available as accessories. Complete with 4000K LED.

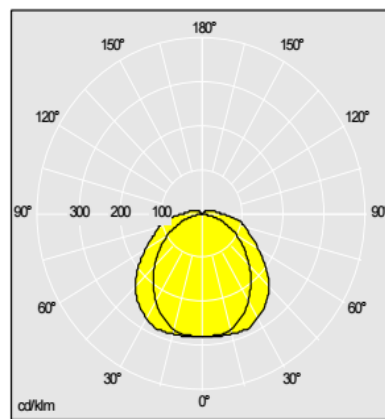
Dimensions: 750 x 165 x 50 mm  
Total power: 40.5 W  
Weight: 2.61 kg



TLG\_FORL\_F\_PDBUNLIT.jpg



TLG\_FORL\_M\_LED.wmf



TLG\_SP\_0041630.idt

Lamp position: STD - standard  
Light Source: LED  
Total luminous flux\*: 4150 lm  
Luminaire efficacy\*: 102 lm/W  
Lamp efficacy: 102 lm/W

Rated median useful life\*: 50000h L70 at 35°C  
Ballast: 1x HF, Tridonic LCI  
Luminaire input power\*: 40.5 W Lambda = 0.95  
Dimming: Fixed output  
LOR: 1,00 ULOR: 0,08 DLOR: 0,92

### Slika 6 Izbrana svetilka Thorn Lightnig FORCELED 4000 HF L840

Demontažo starih svetilk na stopnišču in montažo novih ter priključek na že obstoječo električno instalacijo je izvedlo podjetje Elektro servis Maček, Anton Maček s. p. iz Škofje Loke. Pri omenjenih delih so aktivno sodelovali tudi dijaki STŠ ŠC Kranj, izobraževalni program elektroenergetika. Zelo pomembno je še posebej izpostaviti, da pri zamenjavi svetilk ni bilo potrebno izvajati nobenih dodatnih posegov na obstoječo električno inštalacijo v objektu. Po priklopu svetilk na omrežno napetost je nastavljena senzorska tehnika (senzor gibanja, nivo osvetljenosti, območje delovanja). Z uporabo izbranih svetilk, ki imajo vgrajene senzorje gibanja ter možnost nastavljanja praga vklopa glede na dnevno svetlobo, je prav zaradi kombinacije z dnevno svetlobo dodatno povečana energetska učinkovitost celotne razsvetljave.



Po zaključku montažnih del smo opravili meritve osvetljenosti (Tabela 4) in meritve porabe električne energije prenovljene stopniščne razsvetljave (Tabela 5).

Tabela 4 Primerjava rezultatov meritev osvetljenosti stopnišča

Prostor	Stara razsvetljava	Izračun DIALux	Nova razsvetljava
	$E_{sr}$ (lx)		
Vetrolov vzhodna stran (poštni nabiralniki)	15,3	245	285
Stopnišče (klet–pritličje)	13,2	120	118
Hodnik (pritličje)	24,4	254	166
Stopnišče (pritličje–1. nadstropje)	13,2	162	136
Stopnišče (5. nadstropje–6. nadstropje)	10,8	101	115
Hodnik (7. nadstropje)	15,7	155	166
Hodnik (8. nadstropje)	7,9	126	131

Tabela 5 Merjenje porabe električne energije – nova razsvetljava

Št. meritve	Datum odčitavanja	Ura odčitavanja	Odčitana vrednost (kWh)
1. meritev	10. 06. 2015	22:03	960,7
2. meritev	01. 07. 2015	06:50	1035,3
<b>Poraba električne energije v obdobju 20 dni (kWh)</b>			<b>74,6</b>

Diagram 1 Primerjava osvetljenosti

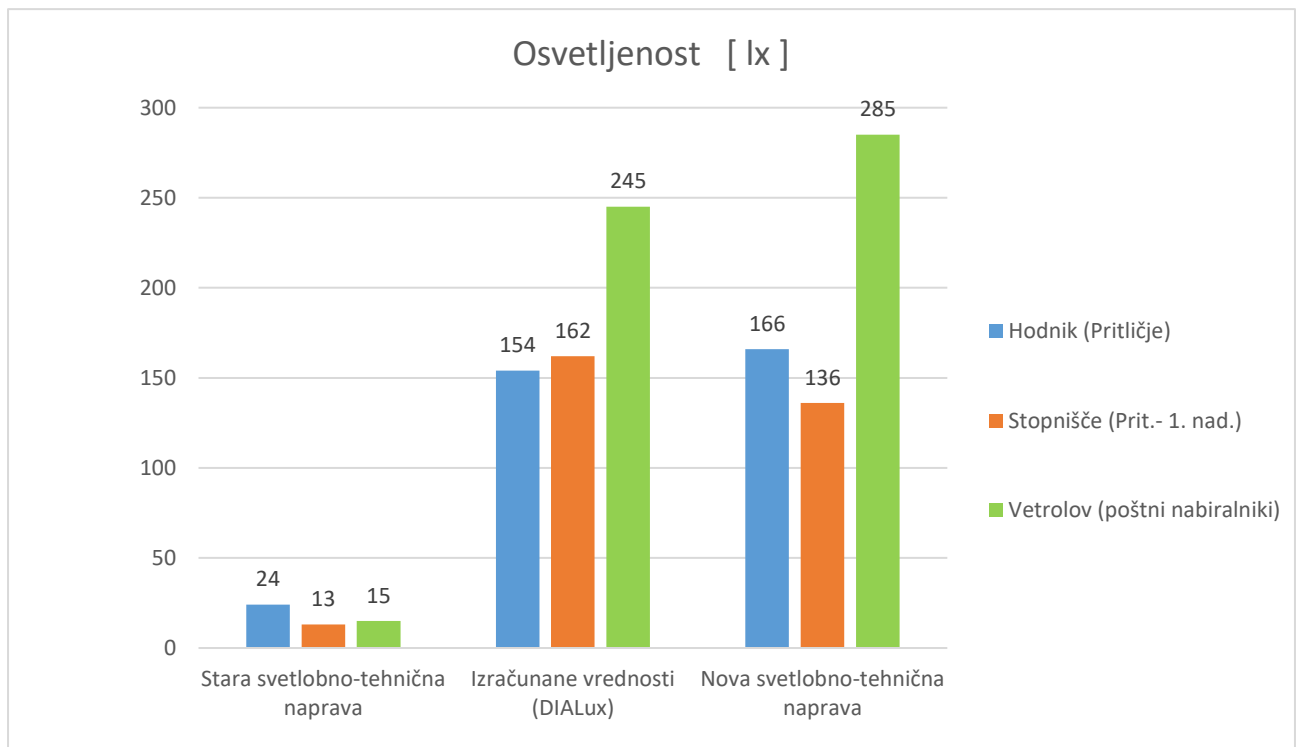


Diagram 2 Instalirana električna moč

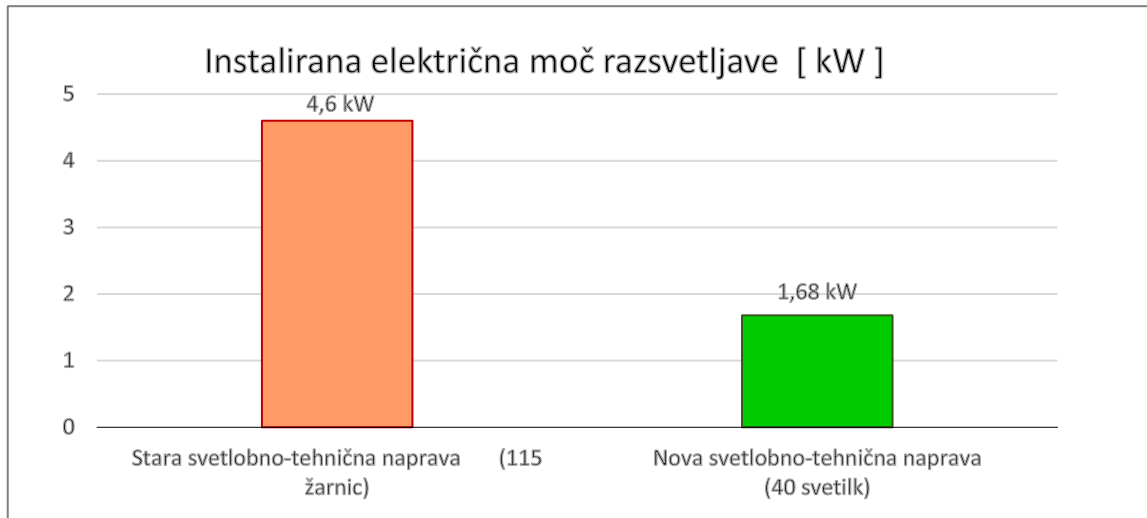
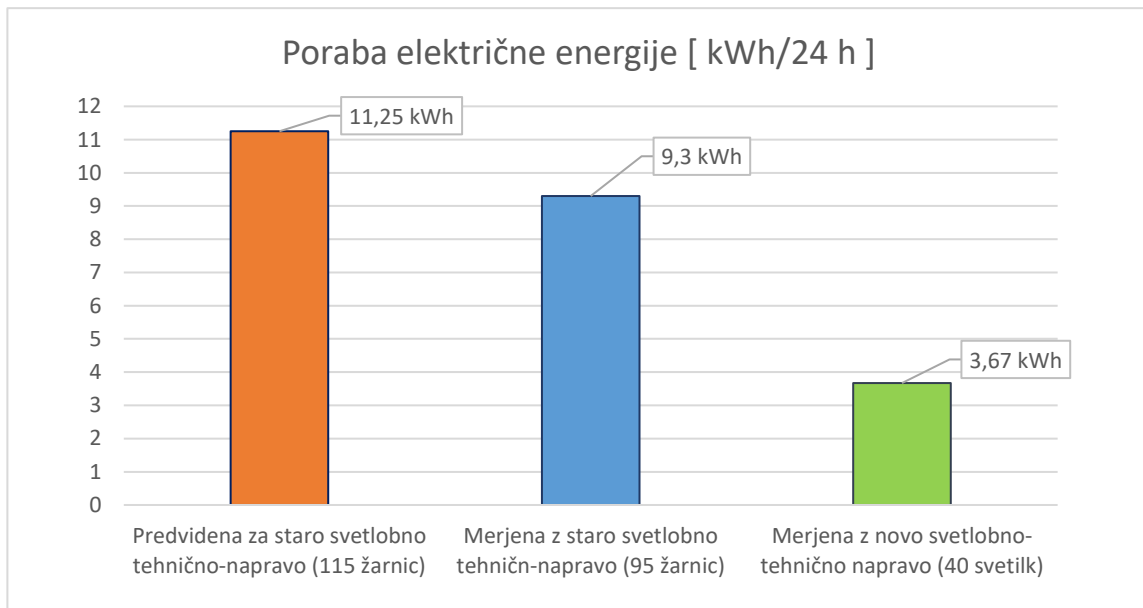


Diagram 3 Poraba električne energije za razsvetljavo



#### 4 Zaključek

Pri realizaciji projekta zamenjave stare stopniščne razsvetljave s klasičnimi žarnicami z novo svetlobno-tehnično napravo z LED tehnologijo in pripadajočo senzorsko tehniko smo dosegli do desetkratno povečanje osvetljenosti v prostoru, občutno zmanjšanje (približno 3 krat) porabe električne energije za razsvetljavo in posledično zmanjšanje izpustov CO<sub>2</sub>, vse to pa je v celoti narejeno brez dodatnih posegov na obstoječo električno instalacijo.

Pričakovana doba povrnitve stroškov celotne investicije je nekaj več kot pet let in je v času garancijske dobe za uporabljeno opremo, ki znaša sedem let.

Rezultati obravnavanega primera jasno kažejo na realno možnost uporabe predstavljene rešitve kot modela pri reševanju podobnih posegov energetske prenove razsvetljave stopnišč v večstanovanjskih stavbah.

## Viri

- [1] KONCUT, J.: Diplomsko delo – *Modeliranje, vrednotenje in izbira variant razsvetljave zunanlega okolja*, Univerza v Novi Gorici, Poslovno-tehniška fakulteta, Nova Gorica, 2013.
- [2] PODLIPNIK, P., ČOP A.: *Svetlobnotehnični priročnik*, Elektrokovina, Maribor, 1978.
- [3] RAVNIKAR, I.: *Električne inštalacije: učbenik za predmet elektrotehnika in električne inštalacije v 3. in 4. letniku programa elektrotehnik energetik*, 3., predelana izd., 6. natis, Tehniška založba Slovenije, Ljubljana, 2007.
- [4] DIALux, <http://www.dial.de/DIAL/en/dialux.html> [20. 9. 2015].
- [5] See Electrical Caddy ++, <http://www.caddy-electrical.net/> [20. 9. 2015].
- [6] THORN LIGHTING, <http://www.thornlighting.com/en> [20. 9. 2015].
- [7] ZUMTOBEL, <https://www.zumtobel.com/com-en/products.html> [20. 9. 2015].
- [8] ZUMTOBEL, *The Lighting Handbook*, Zumtobel, Dornbirn, AUSTRIA, 2013.
- [9] ZUMTOBEL ECOCALC, <http://www.zumtobel.com/com-en/ecocalc.html>.
- [10] ŽALAR, Z.: *Osnove elektrotehnike 1: učbenik za elektrotehniko v 1. in 2. letniku gimnazijskega in srednje tehniškega ter strokovnega izobraževanja*, 3. natis, Tehniška založba Slovenije, Ljubljana, 2007.
- [11] ŽALAR, Z.: *Osnove elektrotehnike II: učbenik za predmet Osnove elektrotehnike v 2. letniku programov Elektrotehnik elektronike, Elektrotehnik energetik, Elektrotehnik računalništva, Elektrotehnik telekomunikacij*, 10. ponatis, Tehniška založba Slovenije, Ljubljana, 2007.
- [12] ŽUMAN, S.: Diplomsko delo – *Analiza energetske učinkovite prenove razsvetljave na primeru tehniških fakultet*, Univerza v Mariboru Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, Maribor, 2014.