Pametna javna rasvjeta

Paponja, Ivona

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:200:157585

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek

zir.nsk.hr

Image not found or type unknown

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK

Sveučilišni studij

PAMETNA JAVNA RASVJETA

Završni rad

Ivona Paponja

Osijek, 2018.

S A D R Ž A J

1. UVOD 1
1.2. Zadatak završnog rada 1
2. POVIJEST JAVNE RASVJETE 2
2.1. Štetnost i nedostaci zastarjele javne rasvjete 2
2.1.1. Ugrožavanje ljudskog zdravlja 3
2.1.2. Ugrožavanje eko-sustava 3
2.1.3. Ugrožavanje javne rasvjete u prometu 4
2.1.4. Ekonomski gubici 4
3. PAMETNA JAVNA RASVJETA 5
3.1. Uporaba LEDtehnologije 7
3.2. Upravljanje pametnom javnom rasvjetom 10
3.3. Upravljački mrežni protokoli 12
3.4. Sustavi za upravljanje pametne javne rasvjete 14
4. PAMETNA JAVNA RASVJETA U HRVATSKOJ 16
4.1. Fond za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost 16
4.2. ESCO model financiranja 17
4.2.1. Javna rasvjeta Grada Novigrada 17
4.2.2. Javna rasvjeta u Gradu Čakovec 19
4.2.3. Javna rasvjeta u Gradu Duga Resa 21
4.2.4. Javna rasvjeta u Gradu Jastrebarsko 22
4.2.5. Javna rasvjeta u Gradu Karlovcu 24
4.2.6. Javna rasvjeta u Gradu Puli 26
4.2.7. Javna rasvjeta u Gradu Rovinju 28
4.2.8. Javna rasvjeta u gradu Solinu 29
4.2.9. Javna rasvjeta u Gradu Varaždinu 32

4.2.10. Javna rasvjeta u Gradu Zagrebu 32
5. ZAKLJUČAK 35
LITERATURA 36
SAŽETAK 37
ABSTRACT 38
ŽIVOTOPIS 39

1. UVOD

Javna rasvjeta je jedna od najvažnijih stavki svakog naseljenog područja i kao takva ima značajan utjecaj na razvoj i modernizaciju suvremenih naselja i gradova. Njena prvobitna uloga je osiguravanje potrebne vidljivosti i sigurnosti čovječanstva, a isto tako može dati dobar estetski dojam dobro osvjetljenog područja.

Zagađenje okoliša i globalno zatopljenje postaju sve veći problemi današnjice, a nastaju, između ostalog, radi iskorištavanja konvencionalnih oblika energije kao što su ugljen, prirodni plin i nafta. Rješenje ovog problema nalazi se u korištenju obnovljivih izvora energije i energetski učinkovitijim proizvodima, a s obzirom na visoki udio javne rasvjete u svjetskoj potrošnji električne energije, jedan od njih je upravo pametna javna rasvjeta. Dakle, u 2005. godini ukupna svjetska potrošnja električne energije za rasvjetu iznosila je 3 418 TWh, odnosno 19 % ukupne svjetske potrošnje, a od toga 281 TWh odlazi na potrošnju javne rasvejete (1,6 % ukupne svjetske potrošnje električne energije [1].

S obzirom na povećani rast stanovništva u urbanim područjima, procjenjuje se da će do 2050. godine 68% svjetskog stanovništva živjeti upravo u urbanističkim dijelovima. Na temelju takvog brzog rasta, gradovi sve više koriste inovativnu tehnologiju radi poboljšanja održivosti, boljeg upravljanja prometom i infrastrukturom, te energetskom učinkovitosti kako bi ponudli što bolji, kvalitetniji i pametniji način života.

1.2. Zadatak završnog rada

U radu je napravljen pregled povijesti javne rasvjete. Opisane su karakteristike suvremene, pametne javne rasvjete (tehnologije, upravljanje). Navedene su prednosti pametne javne rasvjete u odnosu na klasičnu. Dan je pregled iskustava primjene suvremene učinkovite i pametne javne u Republici Hrvatskoj.

2. POVIJEST JAVNE RASVJETE

U početku, javna rasvjeta koristila se zbog sigurnosti, a koristili su je stari Rimljani i Grci koji su radi spriječavanja pljački i sigurnosti svojih građana rasvjetljavali ulice i ceste. Posao paljenja uljanica u sumrak svakoga dana, obavljali su robovi koji su imali i poseban naziv- *laternarius.*

Nakon uljanica, za rasvjetu gradova koristile su se svijeće, a u Austriji se sredinom 19. stoljeća kao gorivo za rasvjetu počinje koristiti kerozin.

Tek krajem 19. stoljeća nastaje prva električna rasvjeta koja je još poznata i kao „električna svijeća“, a patentirao ju je rus Pavel Yablochkov. Među prvim gradovima koji je uveo ovakav oblik javne rasvjete je Pariz i od tada je poznat kao „grad svjetla“. Nakon Pariza, ovakav sustav javne električne rasvjete proveden je i u drugim europskim i američkim gradovima. U Republici Hrvatskoj, za prvu javnu rasvjetu u gradu Šibeniku zaslužan je Nikola Tesla [2].

U današnjem svijetu, činjenica postojanja javne rasvjete je kao nešto normalno i uobičajeno, ne razmišljajući kako bi život izgledao da ona ne postoji. Nadalje, iako su prednosti javne rasvjete daleko veće od mana, prisutne su i loše strane. Uzimajući u obzir stalnu dostupnost javne rasvjete naše oči su naviknute na to te se mnogim vozačima dogodi gubitak noćnog vida. To se dogodi kada pređemo iz tamnijeg prostora u svjetliji i obrnuto jer se zjenice teže prilagode. Isto tako, veliki problem je i onečišćenje svjetlom, a zbog velike količine svjetla astronomi nisu u mogućnosti promatrati zvijezde. Tolika količina svjetlosti šteti pticama selicama kao i noćnim životinjama, ali i biljkama [2]. Nadalje, u današnjici prilikom vožnje ili šetnje noću potpuno je uobičajeno vidjeti normalno. To možemo zahvaliti javnoj rasvjeti koja nam omogućava normalno odvijanje noćnog života.

2.1. Štetnost i nedostaci zastarjele javne rasvjete

Za razliku od pametne javne rasvjete koja je temeljena na energetski učinkovitoj LED (eng. *Light Emitting Diode*) tehnologiji, zastarjeli sustavi koristili su slijedeće tehnologije:

- Visokotlačnu živu, engleski naziv je *HPL – High Pressure Mercuri;*
- Metal – halogen, engleski naziv je *MH – Metal Halide;*
- Visokotlačni natrij, engleski naziv je *HPS – High Pressure Sodium;*
- Niskotlačni natrij, engleski naziv je *LPS –Low Pressure Sodium.*

Takve vrste tehnologije uzrokovale su mnoge probleme, a najvažnije od njih ćemo opisati.

2.1.1. Ugrožavanje ljudskog zdravlja

Sve se više pažnje pridaje utjecaju neželjenog svijetla na ljudsko zdravlje jer istraživanja dokazuju kako umjetna javna rasvjeta utječe na čovjeka. Zbog svjetiljki koje nisu usmjerene isključivo prema dolje, zbog nepostojanja sjenila i difuzora dolazi do poremećaja sna, životnog ritma te alergijskih i hormonalnih poremećaja. To uzrokuje razna oboljenja koja su u nekim situacijama i tumorozna. Istraživanja su dokazala da neželjena svjetla povećavaju opasnost od tumoroznih oboljenja za 0,16 %. Također, blještavilo koje nastaje neželjenim svjetlom dugotrajno šteti ljudskom oku [3].

2.1.2. Ugrožavanje eko-sustava

Svaka nepotrebna zraka svjetla može stvoriti ogromne probleme za eko-sustav. Dakle, zahvaljujući svjetlosnom zagađenju, odnosno nestankom noći došlo je do poremećaja u prirodnom ciklusu dana i noći. To najviše pogađa noćne životinje jer im je poremećen temeljni faktor življenja u prirodi (ciklus rada/hranjenja i odmora/spavanja), njihova se sredina mijenja, one se na žalost ne uspijevaju prilagoditi te umiru, a s vremenom dolazi i do potpunog nestanka pojedinih vrsta. Noćnim životinjama skraćuje se vrijeme lova i hranjenja, dok se dnevnim životinjama skraćuje vrijeme odmora.

U životinjskom svijetu zbog svjetlosnog zagađenja kukci stradavaju u bizini rasvjetnih tijela jer ih svijetlo privlači. To dovodi do egzistiranja i mutiranja autohtonih vrsta uslijed „produženog dana“ te doseljavaju netipične vrste našeg područja. Npr. krijesnicama je narušen prirodni mehanizam zavođenja i parenja pa one mijenjaju boravište ili čak izumiru na prerasvijetlljenim područjima.

Što se pak ptica tiče, više ih strada upravo zbog svjetlosnog zagađenja nego zbog ostalih ekoloških katastrofa. Dakle, prestaju se gnijezditi u rasvijetljenim područjima, javna rasvjeta ih zaslijepljuje te se sudaraju s građevinama i preprekama kao što su tornjevi, stabla, dalekovodi... Bez zvjezdanog neba ptice selice gube orijentaciju, a zbog hormonskih poremećaja, ptice se počinju gnijezditi u jesen što rezultira ugrožavanjem mogućnosti preživljavanja mladih ptića. Ipak, nekim pticama kao što su vrapci, čvorci, vrane, galebovi nestanak noći odgovara te se one još brže razmnožavaju. Također, doseljavaju netipične vrste, a izumiru ili odlaze autohtone.

Ribe pak gube orijentaciju i genetske navike te odseljavaju u druge djelove mora. Nekim ribama reprodukcijski ciklus vezan je uz obalu i utjecaj Mjeseca, te zbog svjetlosnog zagađenja nastaje

umjetna „mjesečina“ koja rasvjetljuje plićake i smanjuje broj mrijestilišta, dok ribarima narušava mogućnost opstanka. Mlade morske kornjače se također orjentiraju po odbljesku mjeseca s površine mora i ukoliko se u blizini nalazi javna rasvjeta, one kreću prema njoj te završavaju kao plijen grabežljivaca koji inače nisu njihovi prirodni neprijatelji ili pod kotačima vozila [3].

Što se pak biljaka tiče, kod kopnenih dolazi do neprirodnog oprašivanja. Istraživanja dokazuju da se u parkovima gdje je rasvjeta prilično intenzivna i nije postavljena pod pravim kutem te svijetli iznad linije horizonta, u prosincu kad je prava zima, drveće (u ovom slučaju breza) na sebi još uvijek ima lišće dok je ostatak stabala u potpunosti bez lišća [4]. Vodene biljke pak doživljavaju hiperprodukciju uslijed produženog procesa fotosinteze.

2.1.3. Ugrožavanje javne rasvjete u prometu

Dakle, prema „Zakonu o sigurnosti prometa“ već više od petnaest godina stoji odredba prema kojoj rasvjeta uz prometnice mora biti zasjenjena (engl. *cut off*). Nažalost, u praksi je to drugačije. Svjetlo koje proizvodi javna rasvjeta se u velikom broju lokacija nepotrebno rasipa u nebo i kao takvo ometa sudionike u prometu. Izbor nekvalitetnih ili nepravilno postavljenih svjetiljki uzrokuje ometanje vozača. Odnosno, nagli prijelazi iz rasvijetljenog u nerasvijetljeno područje i obrnuto uzrokuje privremenim oslabljenim vidom vozača što najčešće dovodi do prometne nesreće. Veliko blještavilo svjetiljki također izaziva umor i smanjenu pažnju kod vozača. U pravilu, potrebno je što više smanjiti efekt prijelaza iz svijetla u tminu jer je adaptacijski interval ljudskog oka pri takvom prijelazu duži od nekoliko minuta.

2.1.4. Ekonomski gubici

Javna rasvjeta je najčešće u vlasništvu lokalnih jedinica te se njezino održavanje i unaprjeđivanje financira iz lokalnog proračuna. Dakle, oko 3 % ukupne potrošnje energije u Hrvatskoj otpada na javnu rasvjetu. Sadašnja zastarjela regulacija javne rasvjete, zastarjele svjetiljke i rasvjetna tijela troše gotovo 50 % više energije od pametne javne rasvjete.

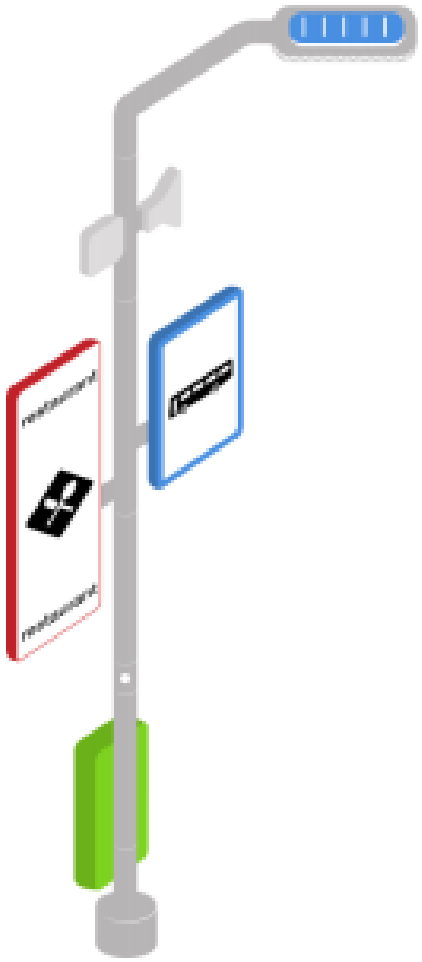
3. PAMETNA JAVNA RASVJETA

U današnjem vremenu sve više gradova prihvaća urbanistički način razvoja grada te stječe naziv „Pametan grad“ ili engleski *Smart City.* Cilj toga je povećanje ugodnosti i standarda života kroz napredna rješenja informacijskih i komunikacijskih tehnologija i internet stvari. Upravo takve vrste tehnologije donose mnoge prednosti i poboljšanja u upravljanju i optimizaciji javnih usluga, a među njima su prijevoz i parking, javna rasvjeta, nadzor i održavanje javnih površina, sakupljanje otpada, očuvanje kulturne baštine itd. Podaci prikupljeni na takav način mogu se koristiti za povećanje transparentnosti i promicanje djelovanja lokalne uprave.

Nadalje, vrlo važna komponenta pametnog gradskog koncepta je upravo sustav javne rasvjete. Korištenjem informacijskih i komunikacijskih tehnologija te interneta stvari, pametni gradovi nastoje poboljšati kvalitetu urbanih usluga i njihovu energetsku učinkovitost. Kako se povećava postotak urbanizacije te se ekonomija razvija, sustav javne rasvjete postaje jedan od ključnih stavki svakog modernog grada. Dakle, pametna javna rasvjeta koristi se kroz napredan nadzor, smanjuje se potrošnja električne energije, optimizira se energetska učinkovitost, povećava se sigurnost te se smanjuju troškovi održavanja.

Osim toga što se svjetiljke mogu napajati solarno, kao što prikazuje Slika 3.1., moguće ih je iskoristi za višestruke svrhe, a neke od njih su:

- bežični daljinski upravljački sustav;
- električne reklame;
- digitalizirani prometni znakovi;
- stanica za napajanje električnih vozila (automobila i bicikala);
- senzori za praćenje prometa
- brojač prometa;
- zvučnici;
- senzori kvalitete zraka;
- dekorativna rasvjeta;
- prikaz razine vode;
- *Push-to-talk* usluga;
- *Wi-Fi* i mobilna mreža itd.

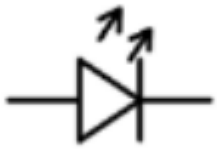


Slika 3.1. *Višenamjenski stup javne rasvjete [5]*

Dakle, ona primarno služi za rasvjetu ulica, trgova, cesta itd. no činjenica je da je javna rasvjeta neiskorištena tijekom dana. Potrebno je omogućiti upravljanje svjetiljkama 24 sata dnevno te ih sve povezati i spojiti na središnji sustav upravljanja. Prije svega, kako bi javna rasvjeta bila učinkovita, preporučuje se korištenje energetski učinkovitih izvora svjetla – prijelaz na LED (engl. *Light Emitting Diode)* tehnologiju, korištenje energetski učinkovitih svjetiljki (radi izbjegavanja svjetlosnog zagađenja), projektiranje javne rasvjete u skladu s normama (u našem slučaju, primjena EU normi iz npr. EN 13201, UNI 10819), učinkovito upravljanje javnom rasvjetom, praćenje troškova i potrošnje javne rasvjete te redovito održavanje. Nadalje, u radu će biti prikazane najvažnije komponente pametne javne rasvjete.

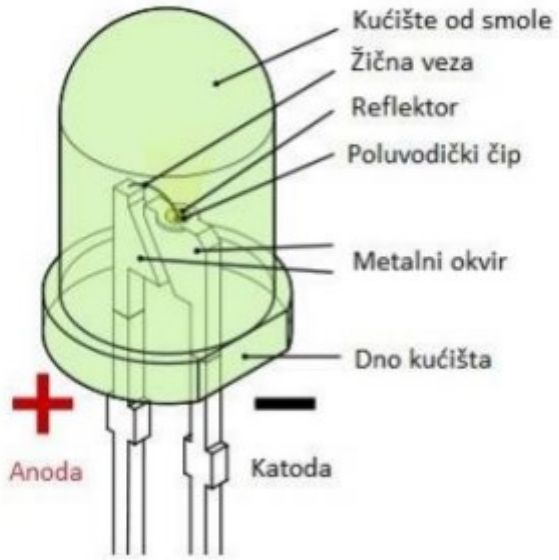
3.1. Uporaba LEDtehnologije

LED (engl. *Light Emitting Diode*) je poluvodički elektronički element koji pretvara elektronički signal u svjetlosni. Takva vrsta pretvorbe naziva se elektroluminiscencija. To je posebna vrsta dioda koje emitiraju svjetlost isključivo kada je propusno polarizirana, u prijevodu, kada kroz nju prolazi struja. LED se koristi kao indikatori u mnogim uređajima i koristi se i za unutarnju i za vanjsku rasvjetu. Na Slici 3.2. prikazan je simbol LED -a.



Slika 3.2. *Simbolički prikaz LED-a [6]*

LED je izumio Nick Holonyak 1962. godine, a radio je za tvrtku General Electric. Već 1967. godine američka tvrtka Monstanto company počinje prvu komercijalnu proizvodnju, a isprva su to bile male LED žaruljei koristile su se kao indikatori. Zahvaljujući T. P. Pearsallu koji je otkrio visoko sjajni LED, počinju se primjenjivati u telekomunikacijama i signalizaciji. Kada govorimo o konstrukciji klasične svjetleće diode, a koja se koristi kao indikator, glavni dijelovi su sljedeći i slikovno su prikazani na Slici 3.3.

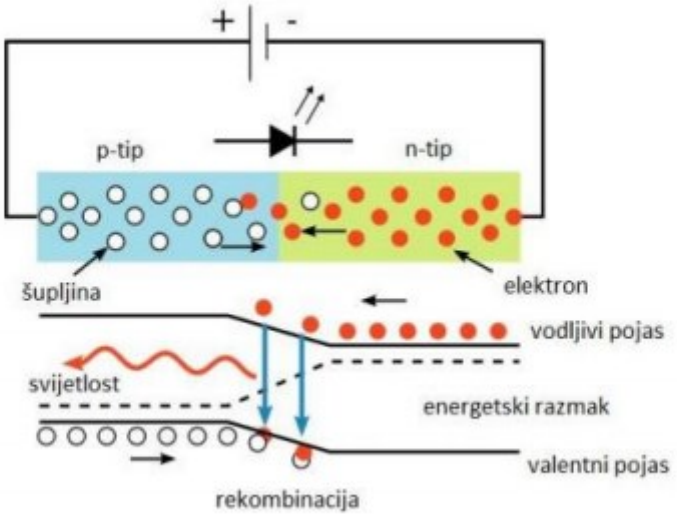


Slika 3.3. *Glavni dijelovi svjetleće diode [6]*

Dakle, dioda ima dva vodiča, a to su anoda i katoda. Kako bi dioda funkcionirala, potrebno je anodu spojiti na pozitivnu stranu strujnog kruga, a katodu na negativnu stranu. Upravo zato, dno kućišta je sa strane katode ravno, dok je s ostalih strana zaobljeno (vidljivo je i na slici). Poluvodički čip je pak smješten na prošireni dio katode i povezan je s anodom putem žičane veze. Dijelovi metalnog okvira su nakovanj i klin. Zahvaljujući obliku metalnog okvira možemo raspoznati vodiče. Isto tako, drži okvir na mjestu te se cijela dioda zatvara u epoksidnu smolu. Iznad poluvodičkog čipa smješten je reflektor, a on omogućuje bolje isijavanje fotona. Kućište je pak najčešće iste boje kao i emitirana svjetlost same diode.

Što se pak principa rada LED-a tiče isti je kao i kod standardne diode. Dakle, LED ima poluvodički materijal (poluvodički čip) koji je dotiran određenim primjesama kako bi bio stvoren p – n spoj. Ovdje „p“ označava anodu, a „n“ katodu. Kada električna energija dođe do diode, izazivaju se kretnje elektrona između anode i katode. Tada elektroni popunjavaju praznine i padaju na nižu energetsku razinu, a rezultat je oslobađanje energije u obliku fotona. Razmak između vodljivog i valentnog pojasa materijala utječe na valnu duljinu svjetlosti. Na Slici 3.4. možemo vidjeti shemu rada LED-a koja jasno pokazuje energetski razmak između vodljivog i valentnog pojasa. Takav

energetski razmak može biti direktan i indirektan. Kako bi postigli vidljivu emisiju svjetla kod LED-a koriste se materijali s direktnim energetskim razmakom.



Slika 3.4. *Shema rada LED-a [6]*

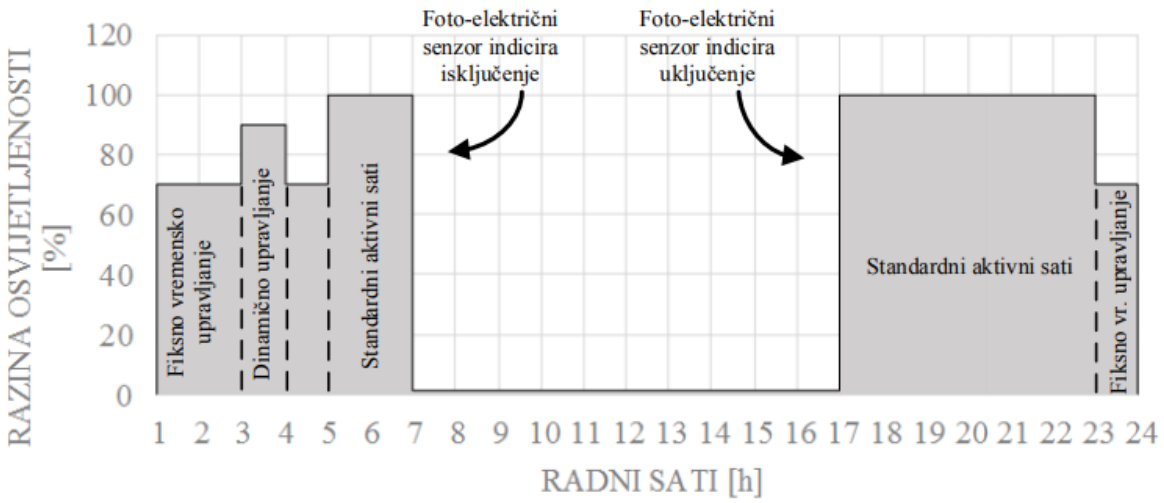
Nadalje, prednosti LED žarulja su 50 puta manja snaga u usporedbi s klasičnom žaruljom i polovica snage u usporedbi s fluorescentnom, u prijevodu, manja snaga jednaka je manjoj potrošnji električne energije. LED žarulje traju pak 10 puta duže nego fluorescentne te 133 puta duže nego li obična žarulja. Također se ne oštećuju lako jer imaju visoki stupanj zaštite od prodora stranih tijela i vode kao i mehaničkih udara te su izdržljivije u odnosu na druge vrste žarulja. Nisu osjetljive na hladnoću, a imaju i nisku radnu temperaturu. U usporedbi sa živinim žaruljama, u njima ne postoje štetni sastojci koji su loši za čovjeka i okoliš te radi manje potrošnje, manje se i zagađuje svijet oko nas. Prednost im je i brzo postizanje pune izlazne jakosti svjetlosti kao i brzi prijelaz iz uključenog i isključenog stanja bez štetnih učinaka.

Iako je daleko više prednosti nego nedostataka, mana LED žarulja je velika početna cijena u odnosu na ostale vrste žarulja. Pripadajuća oprema je izrazito skupa i vrlo često kratkog životnog vijeka. Moraju raditi na strogo određenom naponu i struji te im temperatura okoline utječe na radne karakteristike. Također, isijavaju veću količinu plavog svjetla u odnosu na druge vrste rasvjete.

3.2. Upravljanje pametnom javnom rasvjetom

Ukoliko je dobro postavljena infrastruktura javne rasvjete, moguće ju je iskoristiti za više stvari. Jedna od njih je upravo instalacija senzora i detektora za pješake i promet. Budući da se u kasnim večernjim satima promet smanji, a ljudi odlaze u svoje domove nije potrebno rasvjetljavati ulicu maksimalnom svjetlinom. Dakle, rasvjetna tijela postaju upravljivi izvori svjetlosti (dimanje) te današnji upravljački sustavi omogućavaju optimizaciju svakog rasvjetnog tijela pojedinačno kao i točnu lokaciju kvara ili oštećenja.

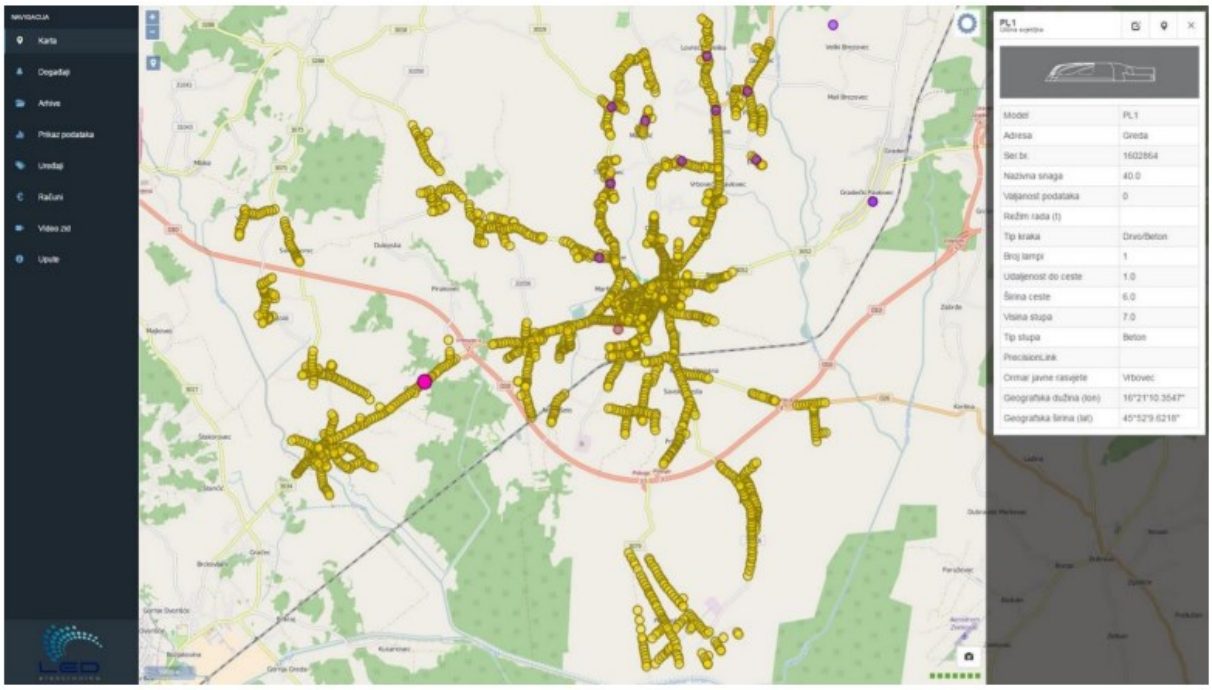
Razina rasvjetljenosti pametne javne rasvjete je fleksibilna te može kombinirati različite okidače, tj. događaje uključenja. Neki od njih su gustoća prometa, vrijeme izlaska sunca, intenzitet svjetlosti i ostalo. Na Slici 3.5. prikazan je jedan od primjera operativnog profila javne rasvjete za jedan dan.



Slika 3.5. *Primjeroperativnog profila javne rasvjete za 24 sata [5]*

Dakle, primjer prikazuje razinu rasvjetljenosti javne rasvjete u jednom danu (24 sata). Ovaj operativni profil temeljen je na fiksnim vremenskim periodima koji su temeljeni na unaprijed određenom rasporedu i dinamičkim periodima koji je implementiran u fiksni period, a temeljen je na promjenama događaja u prometu. Primjer, mogu se instalirati razni senzori i detektori koji registriraju vozilo ili pješaka i šalju informacije u središnji upravljački sustav (engl. *CMS - Central Management System*) koji na temelju tih podataka mijenja razinu rasvijetljenosti za odgovarajuću vrijednost u određenom vremenu. Kada osoba ili vozilo prođe, razina rasvijetljenosti se vraća na odgovarajuću vrijednost u određenom vremenu.

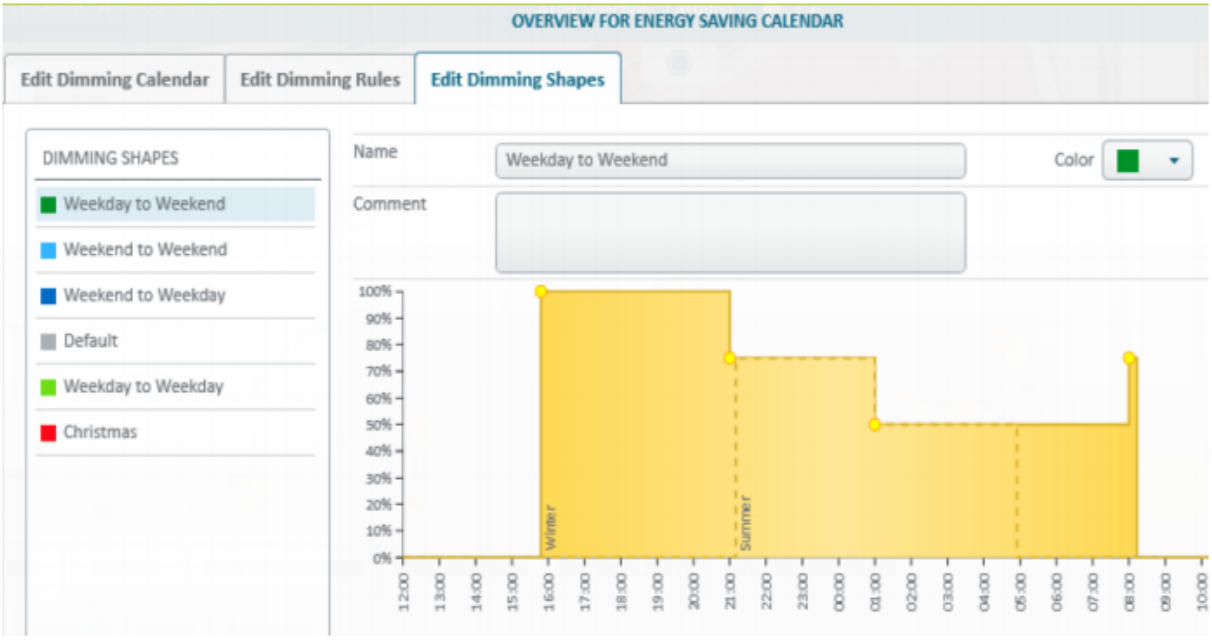
Za funkcioniranje pametne javne rasvjete potrebno je specijalizirano programsko sučelje za daljinsku kontrolu, nadzor i upravljanje. Takva vrsta sučelja povezana je preko mrežnih kontrolnih protokola sa svim rasvjetnim tijelima na određenom području. Geografska karta je baza programskog sučelja na kojoj je prikazano svako rasvjetno tijelo što jasno pokazuje Slika 3.6.



Slika 3.6. *Programsko sučelje za upravljanje pametnom javnom rasvjetom [5]*

Dakle, korisne informacije kao što su adresa rasvjetnog tijela, serijski broj, tip modela, režim rada, tip kraka, udaljenost od ceste, visina i tip stupa, geografska dužina i širina itd. postaju vidljive kada odaberemo rasvjetno tijelo koje nas zanima. Isto tako moguće je vidjeti i transformatorsku stanicu koja je odgovorna za napajanje određenog rasvjetnog tijela kao i njene osnovne informacije zajedno s angažiranom snagom.

Softveromogućuje pregled stanja javne rasvjete, njezinu potrošnju električne energije i razinu osvjetljenosti. Šalje informacije, odnosno upozorava na moguće greške i kvarove rasvjetnih tijela. Moguće je izraditi i vlastite operativne profile za svaki sat, tjedan ili godinu pomoću kojih se upravlja razinom osvjetljenosti i potrošnjom energije (Slika 3.7.).



Slika 3.7. *Softverski operativni profil [5]*

3.3. Upravljački mrežni protokoli

Za neprestanu komunikaciju između pojedinih komponenti u sustavu pametne javne rasvjete kao i sustava javne rasvjete i središnjeg računalnog sustava koriste se jedan ili više različitih upravljačkih mrežnih protokola. Dakle, takav mrežni protokol predstavlja skup pravila i standarda koji omogućuju prikaz i ovjeru prikupljenih podataka te detekciju i ovjeru mogućih pogrešaka u sustavu javne rasvjete [5]. Ukoliko je geografsko područje šire tada postoji i više mreža javne rasvjete, a svaka ima svoj upravljački mrežni protokol. Najčešće ti upravljački protokoli nisu povezani te svaki mrežni sustav zahtijeva posebni centralni upravljački sustav. Najčešće korišteni upravljački mrežni protokoli u javnoj rasvjeti su:

- DALI (engl. *Digital Addressable Lighting Interface*) – to je najčešće korišteni digitalni komunikacijski protokol u području rasvjete. Napravljen je za jednostavnu instalaciju i prilagodbu i kompatibilan je s različitim proizvođačima rasvjete. Svaka jedinica u DALI mreži ima svoju vlastitu adresu. Nedostatak ovog digitalnog komunikacijskog protokola je ograničeni broj čvorova koji može kontrolirati, samo 64;
- TCP/IP (engl. *Transmission Control Protocol/Internet Protocol*) –ovo je najrasprostranjenija vrsta protokola. Koristi ga Internet, World Wide Web i većina mrežno

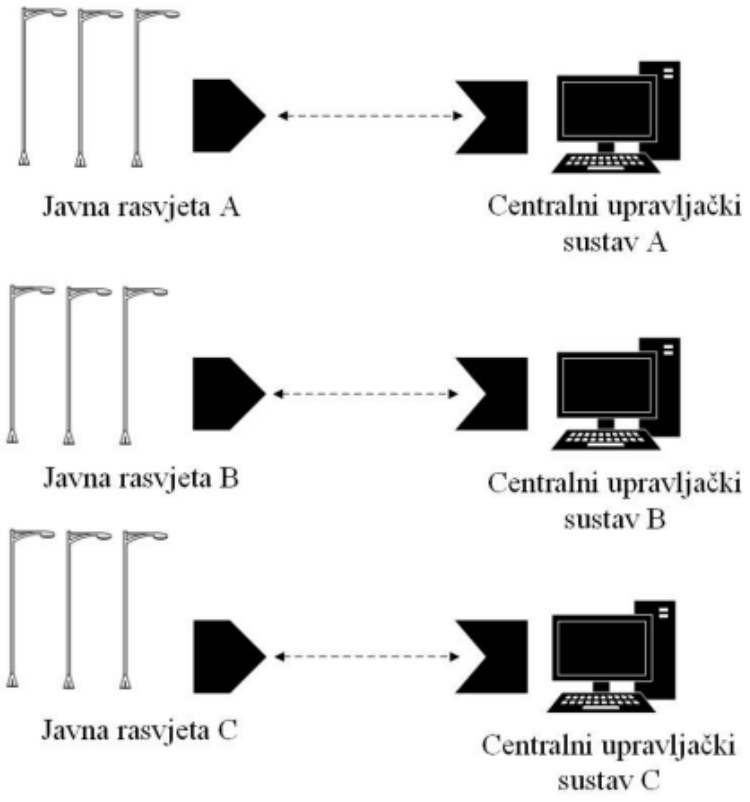
povezanih računalnih sustava za razmjenu podataka. TCP/IP protokol omogućuje upravljanje velikim sustavima za rasvjetu što uključuje i javnu rasvjetu. Zbog bežične (WiFi) komunikacije, upravljanje javnom rasvjetom je moguće sa bilo kojeg mjesta s internetskom vezom i za neograničen broj korisnika. Sam po sebi nema informacijski sadržaj ili podatke i zbog toga je potrebna interakcija s ostalim sustavima kao što je DALI ili ZIGBEE sustav;

- 6LoWPAN (engl. *Low power Wireless Personal Area Networks)* – zbog kompitabilnosti i primjene ovog protokola postaje novo rješenje za sustave javne rasvjete. Baziran je na IP protokolu, a sastavljen je od više protokola (CoAP, UDP, Ipv6, ICMP, RPL, IEEE 802.15.4) koji čine cjelinu koja omogućuje upravljanje sustava javne rasvjete. Također ima bežićnu komunikaciju između tijela javne rasvjete i upravljačkog sustava što omogućuje *Smart metering* sustav. Takav sustav omogućuje pametno upravljanje i evidenciju nad svim komponentama sustava;
- ZIGBEE – ovo je bežična komunikacijska tehnologija za nadzor i kontrolu. Koristi digitalni radio odašiljač male snage koji je baziran na IEEE 802.15.4 protokolu za WPANs (engl. *Wireless Personal Area Networks)*. ZIGBEE koristi radio – frekvencijske aplikacije koje imaju nisku brzinu prijenosa podataka, ali sigurnu mrežnu razmjenu podataka. Vrlo je jednostavan i siguran za korištenje te je upravo zato dobar odabir za sustave javne rasvjete. Dakle, on omogućuje samo osnovne mogućnosti upravljanja;
- KNX (engl. *Konnex*) – najprije je predviđen za kontrolu i nadzor unutarnje javne rasvjete, ali u manjem postotku se koristi i u sustavima za javnu rasvjetu. U potpunosti je usklađen s normom EN 50090. Koristi radio – frekvencijske ili IP aplikacije koje imaju nisku brzinu prijenosa podataka kao i nizak frekvencijski doseg;
- 0 – 10V – ovo je analogna vrsta upravljačkog protokola koja koristi napon između 0 i 10 volti istosmjerne struje u svrhu proizvodnje različite razine rasvijetljenosti. Dva paralelna vodakoja su povezana sa svim kontrolnim uređajimai paralelni priključci osjetljivi na polaritet čine ga najjednostavnijom i najstarijom vrtom protokola. Ova vrsta upravljačkog protokola sve se više zamjenjuje digitalnim kontrolnim protokolima koji imaju bežično upravljanje javnom rasvjetom;
- PLC (engl. *Power Line Communication*) – možemo ga okarakterizirati kao isplativ način komunikacije zbog korištenja već postojeće mreže za napajanje, a baziran je na prijenosu signala frekvencije 50 Hz pri naponu i do 230 V. Iz tog razloga nisu potrebni dodatni vodovi za komunikaciju između rasvjete i centralnog upravljačkog sustava te možemo reći

da je vrlo jednostavan i isplativ sustav. Negativna strana PLC protokola je nesiguran način komunikacije i gubljenje informacija zbog prisutnosti mnogo elemenata u prijenosnoj mreži.

3.4. Sustavi za upravljanje pametne javne rasvjete

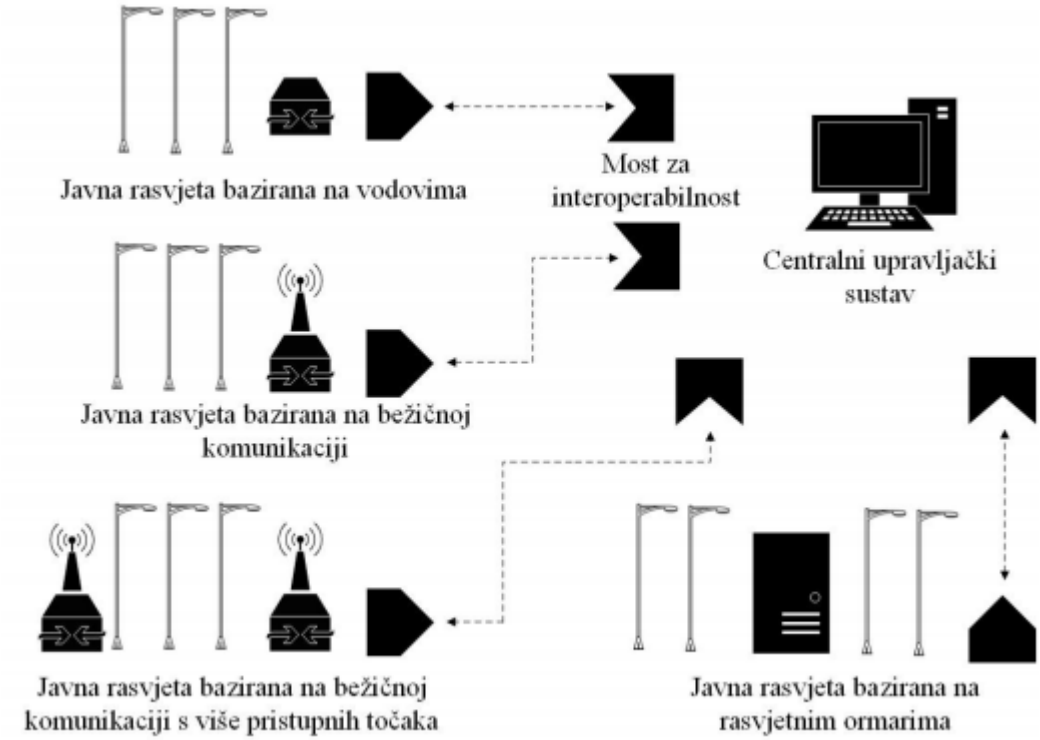
Za praćenje i upravljanje javnom rasvjetom postoje brojna softverska i hardverska rješenja od strane različitih proizvođača javne rasvjete. To može predstavljati problem jer se može dogoditi da u jednom gradu svaka mreža javne rasvjete ima svog proizvođača i svoj upravljački mrežni protokol. Tada dispečeri i održavatelji javne rasvjete moraju raditi s nekoliko različitih programskih sučelja što ni malo nije lako. Ukoliko dođe do ovakve vrste problema, kao što je prikazano na Slici 3.8. potrebno je za svako područje javne rasvjete imati i centralni upravljački sustav.



Slika 3.8. *Različita područja javne rasvjete sa zasebnim centralnim upravljačkim sustavima [5]*

Kako bi postigli međusobnu kompatibilnost između različitih sustava javne rasvjete i njihovim centralnim upravljačkim sustavima potrebno je uvesti posebni standardizirani mrežni upravljački

protokol koji ima mnogo standardiziranih interoperabilnih mostova što dovodi do smanjenja broja CMS-ova na jedan. Takva vrsta tehnologije povezuje i pretvara različite upravljačke protokole javne rasvjete na jedan zajednički standardni protokol (Slika 3.9.)



Slika 3.9. *Kompatibilnost između različitih sustava javne rasvjete sa centralnim upravljačkim sustavom [5]*

S ovakvim načinom upravljanja koji podržava sve vrste mreža javne rasvjete (mreže bazirane na vodovima, bežične mreže s jednom ili više pristupnih točaka ili mreže bazirane na rasvjetnim ormarima) moguće je jednostavno i lako upravljanje sa mrežom javne rasvjete. Budući da je dovoljan samo jedan centralni upravljački sustav predviđene su velike uštede u održavanju i upravljanju.

4. PAMETNA JAVNA RASVJETA U HRVATSKOJ

4.1. Fond za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost

Prema podacima Fonda za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost otprilike 3% ukupne potrošnje energije u Hrvatskoj otpada upravo na javnu rasvjetu. Oni ističu da je dovoljno samo regulacijom (smanjivanje intenziteta) javne rasvjete uštedjeti i do 50% energije, a ugradnjom sustava za daljinsko upravljanje i nadzor značajno će se smanjiti i troškovi održavanja. Osnovne preporuke za dinamičke uštede je korištenje napredne tehnologije (npr. LED tehnologija), energetski učinkovitih svjetiljki, projektiranje javne rasvjete u skladu s normama (primjena EU normi, npr. EN 13201, UNI 10819), učinkovito upravljanje javnom rasvjetom, praćenje troškova i potrošnje javne rasvjete (izrada katastra svjetiljki, odabir adekvatnog tarifnog modela) te redovito održavanje.

Nadalje, Fond za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost do danas je financirao:

- energetske preglede;
- projektne dokumentacije s troškovnikom opreme i radova (za izgradnju nove javne rasvjete ili proširenje već postojeće);
- demontažu neučinkovite i ekološki neprihvatljive opreme;
- nabavu i ugradnju odgovarajuće opreme i materijala;
- rasvjetna tijela (svjetiljke) u zasjenjenoj izvedbi sa svom potrebnom opremom;
- izvore svjetlosti (visokotlačne natrijeve žarulje);
- sustav upravljanja javnom rasvjetom (cjelonoćno ili polunoćno paljenje i gašenje, prepolovljivanje izvora svjetlosti, smanjivanje i povećavanje intenziteta svjetla...) sa svom potrebnom opremom;
- sustave za nezavisno mjerenje utroška električne energije sa potrebnom opremom;
- samostojeće razdjelne ormariće itd.

Isto tako, Fond za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost sufinancirao je 310 projekata vezanih za energetsku učinkovitost sustava javne rasvjete. Dakle, vrijednost tih projekata je viša od 257 milijuna kuna, a Fond je isplatio više od 123 milijuna kuna. S tim je projektima godišnje uštađeno 26 milijuna kuna i CO_2 emisija je smanjena za gotovo 10 tisuća tona [7].

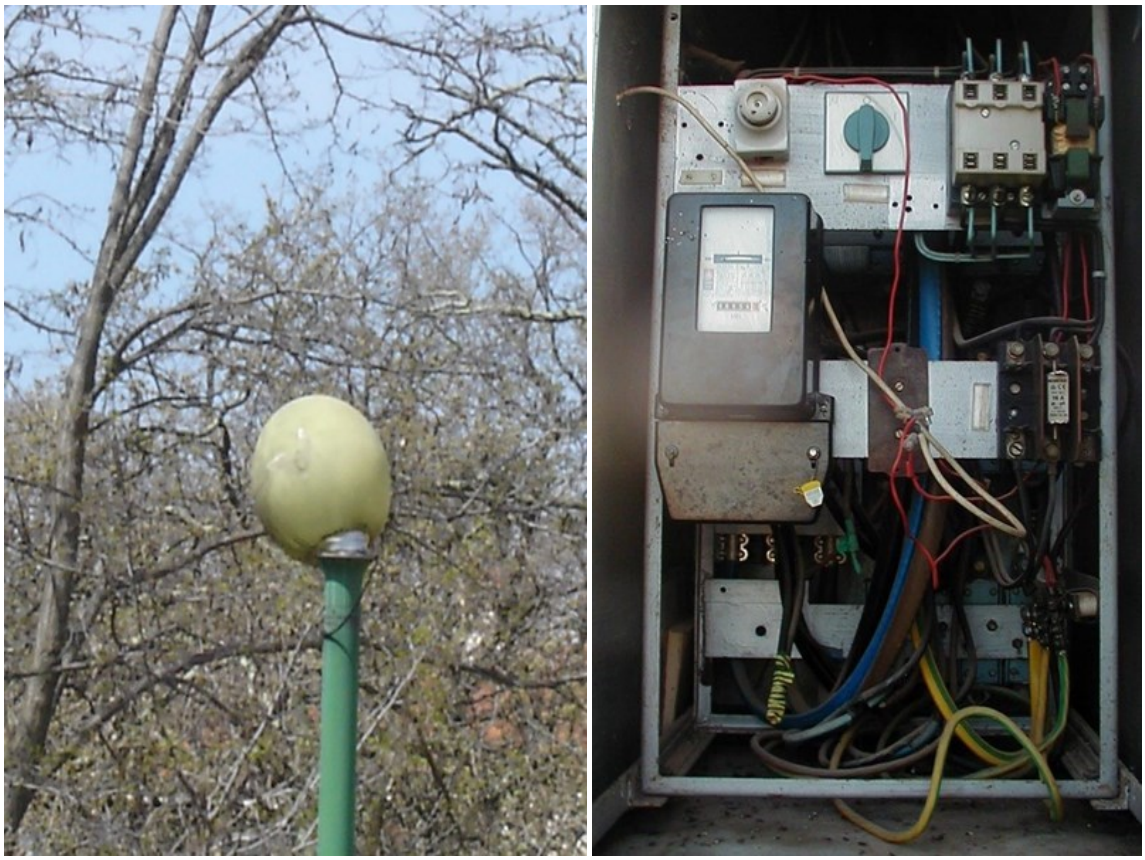
4.2. ESCO model financiranja

HEP ESCO ili „čuvar noćnog neba“ je tvrtka u vlasništvu HEP grupe koja razvija, provodi i financira projekte energetske učinkovitosti na tržišnom utemeljenju. Naziv ESCO skraćeno je od engleskog naziva *Energy Service Company*i taj naziv poznat je u cijelom svijetu, a karakterizira tvrtke koje pružaju usluge u energetici s otplatom kroz uštede. Dakle, tvrtke provode razvoj, izvedbu i financiranje projekta, a kroz uštede u troškovima za energiju i održavanje ostvaruju povrat investicije.Između ostalog, do kraja 2017. godine HEP ESCO je u skladu s navedenim načelima modernizirao javnu rasvjetu u 10 gradova u Republici Hrvatskoj. Investicije su vrijedne preko 43.042.892 kune, a ostvarena je godišnja ušteda preko 4 milijuna kuna. I ono najbitnije, godišnja emisija CO_2 smanjena je za 2.549.157 kilograma. Gradovi koji su modernizirali javnu rasvjetu preko ESCO modela su: Novigrad, Čakovec, Duga Resa, Jastrebarsko, Karlovac, Pula, Rovinj, Solin, Varaždin i Zagreb.

4.2.1. Javna rasvjeta Grada Novigrada

Dakle, Novigrad je među prvim gradovima koji su koristili usluge HEP ESCO-a te realizirao projekt vrijedan 1.986.065,00 kuna (bez PDV-a). Financiranje projekta energetske učinkovitosti snosio je HEP ESCO dok je Grad Novigrad osigurao novčana sredstva za dodatnu rekonstrukciju.

Javna rasvjeta se modernizirala i obnovila na cijelom području Grada. Dakle, stari i neučinkoviti sustav (Slika 4.1.) zamijenjen je suvremenom opremom vrhunske kvalitete (Slika 4.2.) dok je u naselju Mareda dodatnom rekonstrukcijom osposobljen dio rasvjete koji uopće nije bio u funkciji.



Slika 4.1. *Stari i neučinkoviti sustav javne rasvjete u Novigradu[8]*



Slika 4.2. *Suvremena oprema javne rasvjete u Novigradu*

Kao što je vidljivo na slikama, zajedničkim odabirom rasvjetnih tijela upotpunjen je novi ekološki rasvjetni sustav grada, a stare živine žarulje zamijenjene su novim i modernim natrijevim žaruljama. Također je ugrađena i regulacija svjetlosnog toka koji je donio smanjenje troškova za energiju i svjetlosno onečišćenje grada. Ovakvom modernizacijom javne rasvjete, Grad je godišnje uštedio preko 70.181,00 kunu (bez PDV-a) i dobitnik je prestižne nagrade Svjetske organizacije IDA (engl. *International Dark-Sky Association)* za Najbolju ekološku javnu rasvjetu za Europski kontinent u 2006. godini.

Tablica 4.1. prikazuje najbitnije podatke projekta Grada Novigrada koji su prethodno opisani.

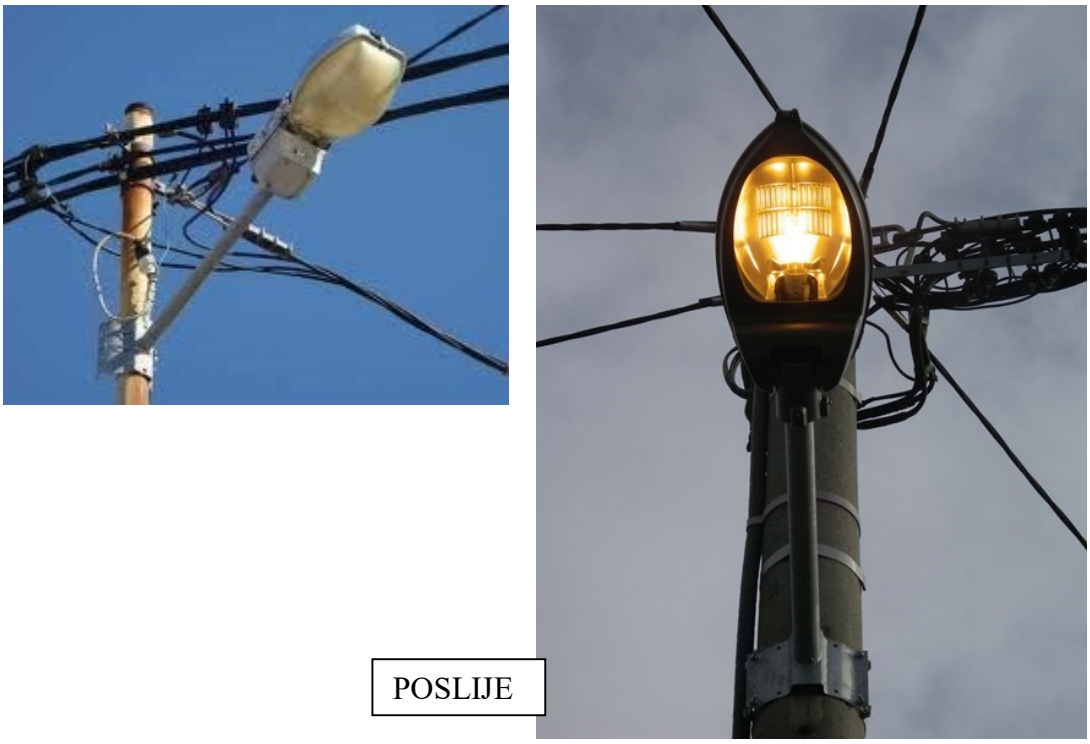
Tablica 4.1. *Najbitniji podaci projekta za Grad Novigrad [8].*

GODINA UGOVARANJA PROJEKTA	VRIJEDNOST INVESTICIJE (KN)	GODIŠNJE FINANCIJSKE UŠTEDE (KN)	GODIŠNJE ENERGETSKE UŠTEDE (kWh)	GODINA ZAVRŠAVANJA PROJEKTA
siječanj, 2005. godine	1.986.065,00 kuna	**70.181,00 kn**	**163.888 kWh**	travanj, 2006.

4.2.2. Javna rasvjeta u Gradu Čakovec

U prosincu 2008. godine Grad Čakovec i HEP ESCO su potpisali ugovor za provedbu projekta energetske učinkovitosti. Projekt je obuhvatio područje grada Čakovca i 12 prigradskih naselja. Prije izvedbe napravljen je snimak stanja cijelog sustava javne rasvjete koji je također u sklopu projekta, a njegova vrijednost iznosila je 5.549.881,00 kuna (bez PDV-a).

Obuhvaćeno je 2.780 pojedinačnih zahvata te je rekonstruirano 953 postojećih svjetiljki dok je ugrađeno 1.331 novih svjetiljki, od toga 975 cestovnih i 356 ambijentalnih (Slika 4.3.). Dakle, zamijenjeni su svi dotrajali elementi, a ugrađeni su učinkoviti izvori svjetlosti s regulacijom svjetlosnog toka na svjetiljkama snage 250W. Također su relocirane 154 svjetiljke dok je 191 stup zamjenjen (Slika 4.4.) i 151 saniran.



Slika 4.3. *Svjetiljke prije (lijeva slika) i poslije (desna slika)rekontrukcije [8]*



Slika 4.4. *Novi rasvjetni stup u Čakovcu[8]*

Dakle, ovim projektom uštađeno je 465.613,00 kuna godišnje (bez PDV-a), a godišnja energetska ušteda iznosi oko 750000 kWh. Primopredaja projekta izvršena je u siječnju 2011. godine. Tablica 4.2. prikazuje najbitnije podatke projekta grada Čakovca koji su prethodno opisani.

Tablica 4.2. *Najbitniji podaci projekta zagrad Čakovec [8].*

GODINA UGOVARANJA PROJEKTA	VRIJEDNOST INVESTICIJE (KN)	GODIŠNJE FINANCIJSKE UŠTEDE (KN)	GODIŠNJE ENERGETSKE UŠTEDE (kWh)	GODINA ZAVRŠAVANJA PROJEKTA
prosinac, 2008. godine	5.549.881,00 kn	**465.613,00 kn**	**749.170 kWh**	siječanj, 2011. godine

4.2.3. Javna rasvjeta u Gradu Duga Resa

Projekt enegretske učinkovitosti na sustavima javne rasvjete dogovoren je u prosincu 2009. godine između Grada Duga Resa i HEP ESCO-a. Vrijednost projekta iznosila je 1,8 milijun kuna, a samom gradu i širem području projekt je donio uštedu od 144.000,00 kuna godišnje.

Prije početka projekta napravljen je snimak stanja cijelog sustava javne rasvjete u Dugoj Resi i na temelju toga su sanirane stare (Slika 4.5.), a ugrađeno je 697 novih svjetiljki (Slika 4.6.), od čega 671 cestovna i 26 ambijentalnih. Također je u svrhu veće rasvijetljenosti značajnijih prometnica razmješteno 83 cestovne svjetiljke.



Slika 4.5. *Uklonjene svjetiljke Grada Duga Resa [8]*



Slika 4.6. *Nove svjetiljke u Gradu Duga Resa*

Projekt je završen u ožujku 2011. godine i ovim projektom energetske učinkovitosti Grad Duga Resa ostvaruje značajne uštede u energiji i troškovima održavanja. Osim isplativosti, ovaj projekt pridonosi i biološkoj raznolikosti kao i zaštiti noćnog neba na području cijelog grada. Tablica 4.3. prikazuje najbitnije podatke projekta Grada Duga Resa koji su prethodno opisani.

Tablica 4.3. *Najbitniji podaci projekta zagrad Duga resa [8].*

GODINA UGOVARANJA PROJEKTA	VRIJEDNOST INVESTICIJE (KN)	GODIŠNJE FINANCIJSKE UŠTEDE (KN)	GODIŠNJE ENERGETSKE UŠTEDE (kWh)	GODINA ZAVRŠAVANJA PROJEKTA
prosinac, 2009. godine	1.800.000,00 kn	**144.000,00 kn**	**210.000 kWh**	ožujak, 2011. godine

4.2.4. Javna rasvjeta u Gradu Jastrebarsko

Jastrebarsko je prvi grad s ekološkom javnom rasvjetom u Zagrebačkoj županiji. Projekt energetske učikovitosti ugovoren je u rujnu 2007. godine i vrijedan je 5.000.000,00 kuna.

Stara rasvjeta je zastarjela (Slika 4.7.) te je 1.600 rasvjetnih tijela modernizirano, a stare živine žarulje zamijenjene su novim natrijevim koje su štedne i ekološke. Ove nove žarulje, osim manje potrošnje energije, gradu omogućuju i veću količinu svjetlosti. Svjetiljke su također ekološke te su usmjerene prema tlu čime je povećana sigurnost u prometu i smanjuju svjetlosno onečišćenje (Slika 4.8.).



Slika 4.7. *Zastarjela javna rasvjeta u gradu Jastrebarsko[8]*



Slika 4.8. *Modernizirana javna rasvjeta u gradu Jastrebarsko*

Provedbom ovog energetskog projekta Grad Jastrebarsko ostvaruje godišnju uštedu od 230.000,00 kuna, a ukupna se investicija otplatila kroz osam godina. Neke od pognosti su jeftinije održavanje, niži troškovi energije, kvalitetnija rasvjeta itd. U tablici 4.4. prikazani su najbitniji podaci projekta energetske učinkovitosti Grada Jastrebarsko koji su prethodno opisani.

Tablica 4.4. *Najbitniji podaci projekta ekološke učinkovitosti za grad Jastrebarsko [8].*

GODINA UGOVARANJA PROJEKTA	VRIJEDNOST INVESTICIJE (KN)	GODIŠNJE FINANCIJSKE UŠTEDE (KN)	GODIŠNJE ENERGETSKE UŠTEDE (kWh)	GODINA ZAVRŠAVANJA PROJEKTA
rujan, 2007. godine	5.000.000,00 kn	**230.000,00 kn**	**516.291 kWh**	svibanj, 2008. godine

4.2.5. Javna rasvjeta u Gradu Karlovcu

Dakle, projekt energetske učinkovitosti javne rasvjete za grad Karlovac razvio je HEP ESCO. Radi se o projektu vrijednom 6.437.047,00 kuna (bez PDV-a). Od toga je HEP ESCO invenstirao 4.275.860,00 kuna (bez PDV-a) dok je preostali dio financirao Grad Karlovac.

Projekt obuhvaća zamijenu čak 2.100 komada svjetiljki sa živinim sijalicama (Slika 4.9.) sa novim učinkovitijim natrijevim sijalicama (Slika 4.10.). Ugrađena je i regulacija svjetlosnog toka što noću dodatno štedi energiju.



Slika 4.9. *Rasvjeta prije realizacije projekta energetske učinkovitosti javne rasvjete u gradu Karlovcu [8]*



Slika 4.10. *Rasvjeta poslijerealizacije projekta energetske učinkovitosti javne rasvjete u gradu Karlovcu [8]*

Izvedenim projektom, grad će uštedjeti 535.747,00 kuna (bez PDV-a) godišnje, odnosno 25%. Osim financijskih, uštede su vidljive i na energiji kao i troškovima održavanja. U tablici 4.5. prikazani su najbitniji podaci projekta energetske učinkovitosti Grada Karlovca koji su prethodno opisani.

Tablica 4.5. *Najbitniji podaci projekta ekološke učinkovitosti za grad Karlovac [8].*

GODINA UGOVARANJA PROJEKTA	VRIJEDNOST INVESTICIJE (KN)	GODIŠNJE FINANCIJSKE UŠTEDE (KN)	GODIŠNJE ENERGETSKE UŠTEDE (kWh)	GODINA ZAVRŠAVANJA PROJEKTA
ožujak, 2007. godine	6.437.047,00 kn	**535.747,00 kn**	**1.286.584 kWh**	svibanj, 2008. godine

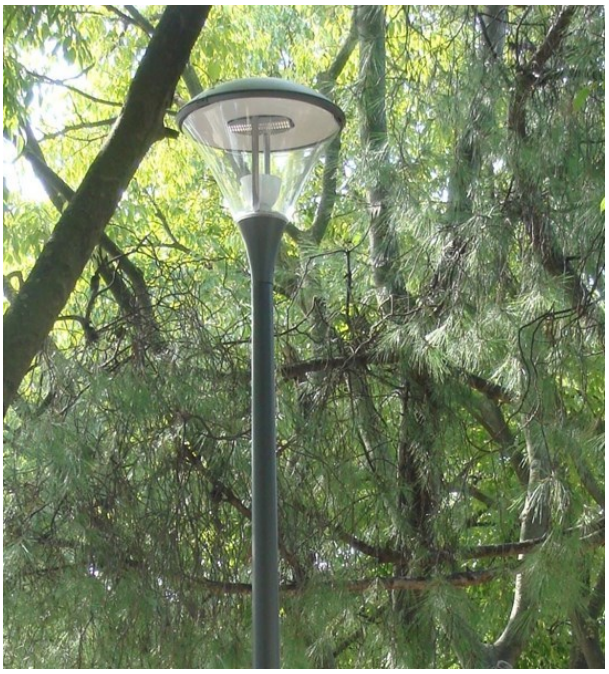
4.2.6. Javna rasvjeta u Gradu Puli

U svibnju 2008. godine Grad Pula i HEP ESCO su potpisali ugovor o projektu energetske učinkovitosti javne rasvjete. Riječ je o projektu vrijednom 9.232.795,00 kuna (bez PDV-a), od toga Grad Pula sudjeluje sa 5.040.048,00 kuna (bez PDV-a), a HEP ESCO sa 4.192.702,00 kuna (bez PDV-a).

Projektom je obuhvaćen i snimak stanja cijelog sustava javne rasvjete prije realizacije Projekta. Zamijenjeno je 2.100 starih svjetiljki (Slika 4.11.), odnosno 45% dok su 203 postojeće svjetiljke premještene na druge lokacije, a još 133 modernizirane svjetiljke (Slika 4.12.) su nadodane.



Slika 4.11. *Stare svjetiljke u Puli [8]*



Slika 4.12. *Modernizirane ulične svjetiljke u Puli [8]*

Rezultat modernizacije je godišnja ušteda od 858.181,00 kuna (bez PDV-a), od toga 743.683,00 kn na potrošnji električne energije, a 114.498,00 kn na održavanju sustava. Potrošnja električne energije smanjena je za više od 1.000.000 kWh, odnosno 21%. Projektom je, između ostalog, obuhvaćeno cjelovito rješenje modernizacije, izrada dokumentacije izvedbenog stanja, smanjenje emisija onečišćujućih tvari itd. U tablici 4.6. prikazani su najbitniji podaci projekta energetske učinkovitosti Grada Pule koji su prethodno opisani.

Tablica 4.6. *Najbitniji podaci projekta ekološke učinkovitosti za grad Pulu [8].*

GODINA UGOVARANJA PROJEKTA	VRIJEDNOST INVESTICIJE (KN)	GODIŠNJE FINANCIJSKE UŠTEDE (KN)	GODIŠNJE ENERGETSKE UŠTEDE (kWh)	GODINA ZAVRŠAVANJA PROJEKTA
svibanj, 2008. godine	9.232.795,00 kn	**858.181,00 kn**	**1.033.652 kWh**	studeni, 2010. godine

4.2.7. Javna rasvjeta u Gradu Rovinju

U travnju 2008. godine grad Rovinj i HEP ESCO potpisuju Izvedbeni ugovor za projekt energetske učinkovitosti na javnoj rasvjeti čija je vrijednost 1.800.000,00 kuna. Sredstva za realizaciju projekta osigurao je HEP ESCO te ih je grad Rovinj kroz osmogodišnju ušteduisplatio.

Projektom je obuhvaćena zamjena starih svjetiljki (Slika 4.13.) te su stavljene nove i modernije s manjom snagom i poboljšanom geometrijom. Zamijenje su i stare živine žarulje sa racionalnim natrijevim žaruljama. Također je ugrađena regulacija svjetlosnog toka čime se tokom večernjih sati smanjila potrošnja. Osim toga, zamijenjena su i rasvijetna tijela koja su zasjenjene izvedbe što smanjuje svjetlosno onečišćenje (Slika 4.14.).



Slika 4.13. *Rasvjetna tijela prije rekonstrukcije u gradu Rovinju [8]*



Slika 4.14. *Rasvjetna tijela nakon rekonstrukcije u gradu Rovinju [8]*

Projekt ekonomske učinkovitosti javne rasvjete je dovršen u prosincu 2007. godine te su gradu Rovinju smanjeni troškovi za više od 120.000,00 kuna godišnje (bez PDV-a), a 207.870 kWh je uštađeno električne energije za godinu dana. U tablici 4.7. prikazani su najbitniji podaci projekta energetske učinkovitosti Grada Rovinja koji su prethodno opisani.

Tablica 4.7. *Najbitniji podaci projekta ekološke učinkovitosti za grad Rovinj [8].*

GODINA UGOVARANJA PROJEKTA	VRIJEDNOST INVESTICIJE (KN)	GODIŠNJE FINANCIJSKE UŠTEDE (KN)	GODIŠNJE ENERGETSKE UŠTEDE (kWh)	GODINA ZAVRŠAVANJA PROJEKTA
travanj, 2006. godine	1.800.000,00 kn	**120.000,00 kn**	**207.870 kWh**	prosinac, 2007. godine

4.2.8. Javna rasvjeta u gradu Solinu

Grad Solin je u suradnji sa HEP ESCO-m dogovorio projekt energetske učinkovitosti u vrijednosti od 2.600.000,00 kuna (bez PDV-a). Tim projektom modernizacije obuhvaćeno je skoro cijelo

područje grada Solina. Dakle, zastarjela i neučinkovita javna rasvjeta zamijenjena je suvremenom opremom vrhusnke kvalitete.

Modernizirano je 1.024 komada starih svjetiljki (Slika 4.15.), a zastarjele živine žarulje zamijenje su novim i modernim natrijevim žaruljama dok su zajednički odabrana rasvjetna tijela (Slika 4.16.) u zasjenjenoj izvedbi upotpunila izgled grada Solina.



Slika 4.15. *Zastarjela javna rasvjeta u gradu Solinu [8]*



Slika 4.16. *Nova modernizirana javna rasvjeta u Solinu [8]*

Ova vrsta rekonstrukcije javne rasvjete gradu Solinu je donijela uštede od 315.000,00 kuna (bez PDV-a) jer su se smanjili troškovi električne energije i troškovi održavanja. U tablici 4.8. prikazani su najbitniji podaci projekta energetske učinkovitosti Grada Solina koji su prethodno opisani.

Tablica 4.8. *Najbitniji podaci projekta ekološke učinkovitosti za grad Solin [8].*

GODINA UGOVARANJA PROJEKTA	VRIJEDNOST INVESTICIJE (KN)	GODIŠNJE FINANCIJSKE UŠTEDE (KN)	GODIŠNJE ENERGETSKE UŠTEDE (kWh)	GODINA ZAVRŠAVANJA PROJEKTA
studeni, 2008. godine	2.600.000,00 kuna	**315.000,00 kn**	**442.829 kWh**	listopad, 2009. godine

4.2.9. Javna rasvjeta u Gradu Varaždinu

Grad Varaždin i HEP ESCO ugovaraju Projekt enegretske učinkovitosti na sustavima javne rasvjete u kolovozu 2006. godine. Vrijednost investicije iznosila je 6.248.752,00 kune (bez PDV-a), a ušteda je iznosila 517.833,00 kuna godišnje.

Zastarjelai rastrošna javna rasvjeta zamijenjena je suvremenom ekološkom *cut-off* armaturom. Stare žarulje zamijenje su novima koje proizvode jednaku količinu svjetlosti uz manju potrošnju energije dok ravna stakla usmjeravaju cjelokupnu svjetlost prema tlu te iznad rasvjetnih tijela ostaje mrak što je u skladu s ekološkim trendovima. U tablici 4.9. prikazani su najbitniji podaci projekta energetske učinkovitosti Grada Varaždina koji su prethodno opisani.

Tablica 4.9. *Najbitniji podaci projekta ekološke učinkovitosti za grad Varaždin [8].*

GODINA UGOVARANJA PROJEKTA	VRIJEDNOST INVESTICIJE (KN)	GODIŠNJE FINANCIJSKE UŠTEDE (KN)	GODIŠNJE ENERGETSKE UŠTEDE (kWh)	GODINA ZAVRŠAVANJA PROJEKTA
kolovoz, 2006. godine	6.248.752,00 kn	**517.833,00 kn**	**1.157.805 kWh**	ožujak, 2008. godine

4.2.10. Javna rasvjeta u Gradu Zagrebu

HEP ESCO je upravo u Zagrebu izveo prvu fazu pilot projekta energetske učinkovitosti u području javne rasvjete. Vrijednost prve faze projekta iznosila je 3.507.846,00 kuna (bez PDV-a).

Modernizacijom je obuhvaćena Avenija Dubrovnik i jedan dio Zelenog vala. Budući da je Zeleni val dio starogradske jezgre, odabrale su se nove suvremene svjetiljke u zasjenjenoj verziji te rasvjetna tijela koja se vizualno uklapaju u povijesno-arhitektonsku jezgru grada.

Na slici 4.17. prikazana je javna rasvjeta prije modernizacije dok je na slici 4.18. prikazano stanje rasvjete poslije modernizacije.



Slika 4.17. *Javna rasvjeta grada Zagreba prije modernizacije [8]*



Slika 4.18. *Javna rasvjeta grada Zagreba nakon modernizacije [8]*

Ova investicija grada Zagreba donijela je uštedu od 714.944,00 kune godišnje (bez PDV-a) dok je uštođeno 1.019.000 kWh električne energije. U tablici 4.10. prikazani su najbitniji podaci projekta energetske učinkovitosti Grada Zagreba koji su prethodno opisani.

Tablica 4.10. *Najbitniji podaci projekta ekološke učinkovitosti za grad Zagreb [8].*

GODINA UGOVARANJA PROJEKTA	VRIJEDNOST INVESTICIJE (KN)	GODIŠNJE FINANCIJSKE UŠTEDE (KN)	GODIŠNJE ENERGETSKE UŠTEDE (kWh)	GODINA ZAVRŠAVANJA PROJEKTA
travanj, 2005. godine	3.507.846,00 kn	**714.944,00 kn**	**1.019.000 kWh**	listopad, 2006. godine

5. ZAKLJUČAK

Javna rasvjeta jedna je od najvažnijih dijelova svakog naseljenog mjesta jer osim primarnog cilja rasvjetljavanja i sigurnosti građana, može dati i dobar estetski ambijent.Budući da oko 3% ukupne potrošnje električne energije u Hrvatskoj otpada upravo na javnu rasvjetu, uštede su moguće već i samom regulacijom svjetlosnog toka. Uvođenjem energetski učinkovitih izvora svjetlosti (LED), daljinskog upravljanja i nadzora kao i rekontrukcijom rasvjetnih tijela pridonosi se održavanju eko-sustava.

Uvođenjem pametne javne rasvjete, upravo ona dobija drugu dimenziju. Više nije isključivo rasvjetno tijelo nego može imati višestruke svrhe kao što su električne reklame, senzori za praćenje prometa, stanicu za napajanjje električnih vozila i bicikala, brojač prometa, senzore kvalitete zraka, dekorativna svjetla, prikaz razine vode itd.

LITERATURA

[1] L.R. Brown: *World on the Edge: How to Prevent Environmental and Economic Collapse*, New York, W.W. Norton & Company, 2010, part of supporting dataset, dostupno na: http://www.earth-policy.org/datacenter/pdf/book_wote_energy_efficiency.pdf, [29.09.2018.]

[2] S. Horvatić: *Javna rasvjeta,* Završni rad, Veleučilište u Šibeniku, Šibenik, 2015, dostupno na: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:143:404627, [29.09.2018.]

[3] R. Skansi: *Svjetlozagađenje – ekonomski i ekološki problem*, INTERLIGHT d.o.o., Zagreb, dostupno na: https://www.lightpollution.org/files/clanci/ranko_skansi/SVJETLOZAGADENJE_by_Ranko%20Skansi.pdf, [30.09.2018.]

[4] Ekorasvijeta: *Svjetlosno onečišćenje – Mračna strana svjetla,* dostupno na: http://www.ekorasvjeta.net/ekosustav/utjecaj-led-rasvjete-u-parku-borovje/, [30.09.2018.]

[5] Z. Perko: *Standardizirani sustav za nadzor i upravljanje javnom rasvjetom,* Diplomski rad, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek, Osijek, 2017, dostupno na: https://repozitorij.etfos.hr/islandora/object/etfos:1291/preview, [01.10.2018.]

[6] M. Gavran: *Primjena LED tehnologije u javnoj rasvjeti velikih gradova,* Završni rad, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek, Osijek, 2017, dostupno na: https://repozitorij.etfos.hr/islandora/object/etfos:1499/preview, [01.10.2018.]

OSTALI IZVORI:

[7] Fond za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost: Javna rasvjeta, dostupno na: http://www.fzoeu.hr/hr/energetska_ucinkovitost/javna_rasvjeta/, [03.10.2018.]

[8] HEP ESCO: ESCO projekti, dostupno na: http://www.hep.hr/esco/esco-projekti-1830/projekti/javna-rasvjeta/1547, [04.10.2018.]

SAŽETAK

Cilj ovog završnog rada je prikazati sve prednosti i razvoj pametne javne rasvjete. Također su prikazane i objašnjene najvažnije komponente pametne javne rasvjete.

U završnom radu je prikazana modernizacija gradova po HEP ESCO modelu.

Ključne riječi: pametna javna rasvjeta, LED, HEP ESCO modeli financiranja.

ABSTRACT

The purpose of this final work is to show all the benefits and the development of smart public lighting. The most important components of smart public lighting are also shown and explained.

In the final paper, the modernization of cities is presented by the HEP ESCO model.

Key words: smart public lighting, LED, HEP ESCO financing models.

ŽIVOTOPIS

Ivona Paponja rođena je 21. siječnja 1997. godine u Đakovu. Nakon završetka Osnovne škole „Josipa Antuna Ćolnića“ u Đakovu, upisuje Prirodoslovno-matematičku gimnaziju Antuna Gustava Matoša u Đakovu. Godine 2015. upisuje sveučilišni preddiplomski studij elektrotehnike na Elektrotehničkom fakultetu Osijek, danas Fakultetu elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek. Na drugoj godini studija opredjeljuje se za izborni blok elektroenergetika.