

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET  
Preddiplomski studij geološkog inženjerstva

TROŠKOVI JAVNE RASVJETE U  
REPUBLICI HRVATSKOJ

Završni rad

Zdenko Kordić

G1756

Zagreb, 2014. Godina

## TROŠKOVI JAVNE RASVJETE U REPUBLICI HRVATSKOJ

Zdenko Kordić

Završni rad je izrađen: Sveučilište u Zagrebu

Rudarsko-geološko-naftni fakultet

Zavod za matematiku, informatiku i nacrtnu geometriju

Pierottijeva 6, 10 002 Zagreb

### Sažetak

Za troškove javne rasvjete izdvaja se iz proračuna hrvatskih gradova velika svota novca. Neracionalno osvjetljenje ulica, građevina i dr. istim intenzitetom tijekom cijele noći neovisno o ljudskim aktivnostima nepotrebno troši električnu energiju, a time zagađuje okoliš i umjesto povećanja, smanjuje kvalitetu života ljudi. Racionalnijim upravljanjem javnom rasvjetom moguće su znatne financijski uštede, ali i zdravija sredina za život.

Ključne riječi: svjetlosno onečišćenje, troškovi energije javne rasvjete

Završni rad sadrži: 22 stranice, 1 tablica, 3 grafa, 1 prilog

Jezik izvornika: Hrvatski

Mentor: dr. sc. Željko Andreić, redoviti profesor RGNF

Ocjenjivači: 1. Dr. sc. Željko Andreić, redoviti profesor RGNF

2.

3.

Datum obrane: 19.9.2014. godine, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu

## Sadržaj

POPIS TABLICA I GRAFOVA .....	4
POPIS PRILOGA.....	4
1. UVOD .....	1
2. SVRHA OSVJETLJENJA .....	2
3. TEHNOLOGIJE OSVJETLJENJA.....	2
3.1    Lampe sa žarnom niti .....	4
3.2    Izbojni rasvjetni elementi (fluorescentni i lučni).....	5
3.3    Poluvodičke lampe .....	7
4. PRIKUPLJANJE I OBRADA PODATAKA.....	7
5. RAZVOJ I MOGUĆNOSTI UŠTEDE .....	11
6. ZAKLJUČAK .....	16
LITERATURA.....	17
PRILOZI .....	18

## **POPIS TABLICA I GRAFOVA**

Tablica 1. Primjer učinkovitosti pojedine vrste lampi (Narisada i Schreuder 2004) .....	4
Graf 1. Gradovi RH prema broju stanovnika .....	8
Graf 2. Troškovi javne rasvjete u Hrvatskim gradovima .....	9
Graf 3. Cijena el. energije za javnu rasvjetu u hrvatskim gradovima .....	10

## **POPIS PRILOGA**

Prilog 1. Broj stanovnika u hrvatskim gradovima i troškovi javne rasvjete u 2012. godini .....	19
--	----

# 1. UVOD

U suton sunca, kada naša prirodna „rasvjeta“ tone iza horizonta, na uličnim stupovima pali se neka druga, umjetna rasvjeta. Postavljena na stupovima uz sve puteljke i ceste, osvjetljava svaki kutak i najmanjih mjestašaca naše države. Noć u gradu ponovno postaje dan. Žarulje rasvjetnih tijela nezasićeno gutaju ogromne količine električne energije, a sve u svrhu da bi se ljudi, šecući ulicama u gluho doba noći, osjećali sigurno kao po danu. No sve ima svoju cijenu, pa tako i noćna rasvjeta, za koju stanovnici izdvajaju nemale svote novaca. Uvidom u proračune gradova Republike Hrvatske, dobiva se jasnija slika o toj, često neracionalnoj potrošnji.

## **2. SVRHA OSVJETLJENJA**

Vanjska rasvjeta definira se kao fiksna umjetna rasvjeta čiji je cilj osvjetljavanje otvorenih područja kako bi se poboljšala vizualna sposobnost, olakšale ljudske aktivnosti i povećala njihova učinkovitost u noćnom, ali i dnevnom razdoblju. No, često se koristi i za uljepšavanje samih gradova. Osvjetljeni krajolik, građevine i spomenici, noću se bolje ističu, a smjer, raspodjela i boja svjetla razlikuju se od prirodnog svjetla te doslovno predstavljaju objekte u „drugom svjetlu“. To je domena dizajnera svjetla, a ne inženjera. Cilj takvog osvjetljavanja je isticanje dobrih strana određenog mjesta, najčešće u turističke svrhe. Kako bi se izbjeglo vizualno nagrdivanje prekomjernim osvjetljenjem kao i rasipanje energije, trebalo bi uvažiti određene tehničke smjernice. Nažalost, vrlo se malo pažnje pridaje noćnoj arhitekturi velikih urbanih područja (Narisada i Schreuder 2004). Ulice i trgovi osvjetljavaju se prvenstveno zbog sigurnosti. Uvriježeno mišljenje je da dobra ulična rasvjeta znatno doprinosi smanjenju stope kriminala, no o tom aspektu detaljnije je napisano u petom poglavlju. Osnovni zahtjevi ulične rasvjete su da omogući sigurno kretanje i osigura pješacima i vozačima dobru procjenu orijentacije i trenutne pozicije.

Trgovi su često mjesta velike gužve i aktivnosti te se i u ovom slučaju koristi jaka i visoko kvalitetna rasvjeta. Korištenje rasvjete za osvjetljavanja povijesnih spomenika, fontana, parkova, itd. je opravdano, ali vrsta rasvjete i njihova lokacija treba biti pažljivo odabrana. Rasvjeta za prometnice spada pod funkcionalnu rasvjetu. Omogućuje jednaku aktivnost noću kao i danju, na što se može gledati kao na jednu od važnijih prednosti naše civilizacije.

## **3. TEHNOLOGIJE OSVJETLJENJA**

Vanjsku rasvjetu najčešće čini kombinacija više rasvjetnih tijela. Elementi rasvjetnih tijela su potporna struktura - armatura (stupovi i nosači) i lampe - izvori svjetla. Pri odabiru lampi treba paziti na nekoliko faktora: intenzitet svjetlosti, spektar svjetla, karakteristike paljenja, učinkovitost, troškove održavanja, vijek trajanja, utjecaj na okoliš, itd. Također, zahtjevi su povezani i s ranije spomenutim zonama u okolišu.

Smatra se da postoje dvije struje u kontekstu svjetlosnog dizajna. Prva stavlja naglasak na estetiku i trudi se postići da rasvjetna tijela budu estetski lijepa i skladno se uklapaju u okoliš danju i noću. Druga struja teži funkcionalnosti tj. postizanju da površine koje treba osvijetliti budu jasno vidljive uz što manje štetnih utjecaja. Ciljevi oba pristupa su na prvi pogled različiti, ali nisu nužno i međusobno isključivi.

Prema Narisadi i Schreuderu (2004) rasvjetne elemente moguće je podijeliti u tri skupine prema kriteriju generacije razvoja:

- 1) žarulje;
- 2) izbojni rasvjetni elementi (fluorescentni i lučni) i
- 3) poluvodički rasvjetni elementi (LED).

Četiri su osnovna dijela građe električnih lampi, neovisno o njezinom tipu:

- 1) dio koji emitira svjetlo;
- 2) vanjski balon ili omotač koji štiti dio koji emitira svjetlo;
- 3) potporna struktura na koju je emitirajući dio fiksiran unutar same lampe i
- 4) električni vodovi i kontakti koji služe za povezivanje lampe na izvor struje.

Emitirajući elementi žarulja imaju strukturu niti dok izbojni rasvjetni elementi imaju plinove unutar zatvorene cijev. Kod LED-a se emisija svjetla događa unutar posebno konstruiranog poluvodičkog kristala.

Općenito, lampe su uređaji u kojima dolazi do pretvorbe električne energije u vidljivo zračenje tj. svjetlosnu energiju. Manji dio energije vidimo kao svjetlost jer se njezin veliki dio gubi na nevidljivo zračenje (infracrveno uključujući i toplinsko te ultraljubičasto).

Preostala energija prelazi u toplinu pa nije pogrešno reći da se na konvencionalne žarulje više grijemo nego što nam služe za osvjetljavanje. Što se učinkovitosti lampi tiče, ona se definira kao omjer energije pretvorene u svjetlosnu i ukupno utrošene energije.

Učinkovitost nekih vrsta lampi prikazana je u tablici 1. Podaci ukazuju na činjenicu da čak i moderna rasvjeta tek trećinu energije utroši na proizvodnju svjetla.

Tablica 1. Primjer učinkovitosti pojedine vrste lampi (Narisada i Schreuder 2004)

<b>VRSTA LAMPE</b>	<b>UČINKOVITOST (%)</b>
<b>Žarulje i plinske lampe</b>	10,0
<b>Cijevne fluorescentne lampe</b>	28,0
<b>Kompaktne fluorescentne lampe</b>	19,5
<b>Natrijeve lampe pod niskim tlakom (LPS lampe)</b>	40,5
<b>Živine lampe pod visokim tlakom</b>	16,5
<b>Lampe s metalnim halidima</b>	24,0
<b>Natrijeve lampe pod visokim tlakom (HPS lampe)</b>	31,0
<b>Poluvodički rasvjetni elementi (LED)</b>	25-35

### 3.1 Lampe sa žarnom niti

Kao što je ranije rečeno, emitirajući element ove vrste lampi je žarna nit koja se nalazi unutar staklenog balona. Dijele se na dvije vrste: uobičajene ili standardne lampe i halogene lampe. Materijal od koje je nit napravljena je wolfram<sup>1</sup>, a do nastanka svjetla dolazi zagrijavanjem. Što je veća temperatura, to je veći svjetlosni fluks (tok)<sup>2</sup>. Veća temperatura utječe na brzinu isparavanja metala od koje je nit napravljena te na životni vijek žarulja koji u prosjeku iznosi oko 2000 sati. Ispareni metal taloži se na unutarnjoj

<sup>1</sup> kemijski element poznat i pod imenom tungsten. Simbol mu je W, a atomski broj 74. Koristi se zbog izuzetno visoke temperature taljenja.

<sup>2</sup> Svjetlosni fluks (tok) – fotometrijska veličina koja predstavlja snagu zračenja koje emitira izvor svjetla o čemu će više riječi biti u sedmom poglavlju.



stjenci zbog čega se ona nakon dužeg gorenja doima crna što smanjuje učinkovitost same lampe. Prednosti ove vrste lampi su njihova cijena i dostupnost, mogućnost prigušenja svjetla (mijenjanjem ulaznog napona), dobro obojenje i mala površina emitirajućeg elementa. Nedostaci su niska učinkovitost, kratki životni vijek i velik utrošak energije (veći dio utroši se na proizvodnju topline).

Halogene lampe sa žarnom niti razvijene su kako bi se doskočilo problemu kratkog životnog vijeka lampi s žarnom niti. Došlo je do promijene konstrukcije te je stakleni balon zamijenjen onim napravljenim od kvarca<sup>3</sup> koji je ispunjen inertnim plinom (npr. dušik, argon, kripton, itd.) pod tlakom puno većim od atmosferskog. Neke od prednosti su veća učinkovitost u usporedbi s lampama sa žarnom niti, duži životni vijek i bolje obojenje svjetla.

### 3.2 Izbojni rasvjetni elementi (fluorescentni i lučni)

Ova vrsta lampi temelji se na činjenici da prolaskom električne struje kroz razrijeđeni plin ili paru metala nastaje svjetlo. Glavne prednosti ovih lampi su visoka učinkovitost, dug životni vijek i visoka svjetlina. Osnovni dijelovi su staklena cijev kao emitirajući element, armatura koja podupire cijev te električni kontakti. Neke izvedbe imaju i zaštitni omotač (balon) koji štiti cijev koja je najvažniji dio i najčešće je izrađena od stakla ili kvarca, ali se sve češće koristi i aluminijska keramika (korund) koja je otporna na visoke temperature, tlakove i kemijsko djelovanje vrućih metalnih para za vrijeme gorenja.

Razlikujemo tri glavne grupe izbojnih rasvjetnih elemenata:

- Obične izbojne lampe

Rade s različitim plinovima i metalnim parama, no bez halogenih komponenti. Imaju prozirni stakleni balon unutar kojeg su vidljivi cijev i plin za vrijeme gorenja. Danas su najviše korištene natrijeve lampe pod niskim tlakom tzv. LPS lampe (engl. low pressure sodium) i natrijeve lampe pod visokim tlakom ili HPS lampe (engl. high pressure sodium). Za LPS lampe se smatra da imaju najveću učinkovitost od svih lampi, najmanji utrošak energije, dug životni vijek i moguće paljenje i u uvjetima niskih temperatura. Njihovo

---

<sup>3</sup> Kvarc – mineral kemijske formule SiO<sub>2</sub>. Proziran je i u odnosu na staklo bolje podnosi visoke temperature bez gubitka mehaničkih svojstava.

obilježje je žuto monokromatsko svjetlo koje je ujedno i prednost i mana. Jedna od prednosti je i visoka osjetljivost oka na tu valnu duljinu te malo raspršenje u magli. Takvo svjetlo najpovoljnije je i u kontekstu astronomskih promatranja, lako ga je blokirati uskopojasnim filtrom, ali otežava razlikovanje boja pod takvih svjetlom. Osim toga, veličina emitirajućeg elementa otežava dizajn optičkih sustava. HPS lampe imaju slične prednosti, a mana je pretjerano crvenkasto-žuto obojeno svjetlo.

- fluorescentne lampe

Od običnih lampi razlikuje ih fluorescentni premaz na unutrašnjoj strani vanjskog balona kroz koji se ne vidi unutrašnjost. U ovu skupinu spadaju i živine lampe pod visokim tlakom (engl. MV – mercury vapor) koje se često koriste za osvjtljavanje ulica, stadiona, i sl. Osnovna uloga premaza kod živinih lampi je poboljšanje efikasnosti kvalitete boje svjetla (fosfor pretvara nama nevidljivo ultraljubičasto zračenje živinih para u vidljivo svjetlo), dodajući više crvenog svjetla prvobitnom plavičastom svjetlu. Danas su gotovo svugdje zamijenjene HPS lampama i lampama s metalnim halidima (MH lampe) zbog velike količine žive u njima i nepovoljne boje svjetla koje proizvode. Na prostoru EU su ove lampe zabranjene. U unutrašnjoj rasvjeti koriste se i fluorescentne cijevi koje rade sa živinim parama pod niskim tlakom te emitiraju uglavnom ultraljubičasto zračenje. Da bi se dobio vidljiv spektar nužan je fluorescentni premaz.

Prednost fluorescentnih lampi pod niskim tlakom je slična prethodno navedenima, ali su im glave mane veličina emitirajućeg elementa, relativno slaba osvijetljenost, mali izlazni svjetlosni fluks i ovisnost paljenja i učinkovitosti o temperaturi okoline.

- lampe s metalnim halidima

Osnova ovih lampi su živine pare pod visokim tlakom unutar prozirnog balona. U cijevi koja je izrađena od kvarca ili aluminijske keramike se osim žive nalaze i halidne<sup>4</sup> komponente rijetkih metala. Uočeno je da je neugodna obojenost svjetla posljedica nedostataka određenih valnih duljina spektra u svjetlu koje nastaje u ranijoj izvedbi lampi.

Dodavanje metala ima cilj poboljšati boju te ujedno povećava učinkovitost lampi.

Prednosti MH lampi su učinkovitost, kompaktnost, velik izlazni svjetlosni tok, visoka osvijetljenost, bijelo obojenje svjetla i činjenica da dobro prikazuje boju osvijetljenih

---

<sup>4</sup> Halidi su kemijski spojevi koji sadrže jedan halogeni atom i jedan element koji je obično manje elektronegativan od halogena.

predmeta. Glavni nedostaci su kratak životni vijek, ovisnost boje svjetla o vremenu gorenja i položaju lampe i najvažnije živin otpad iz lampi i njegovo zbrinjavanje.

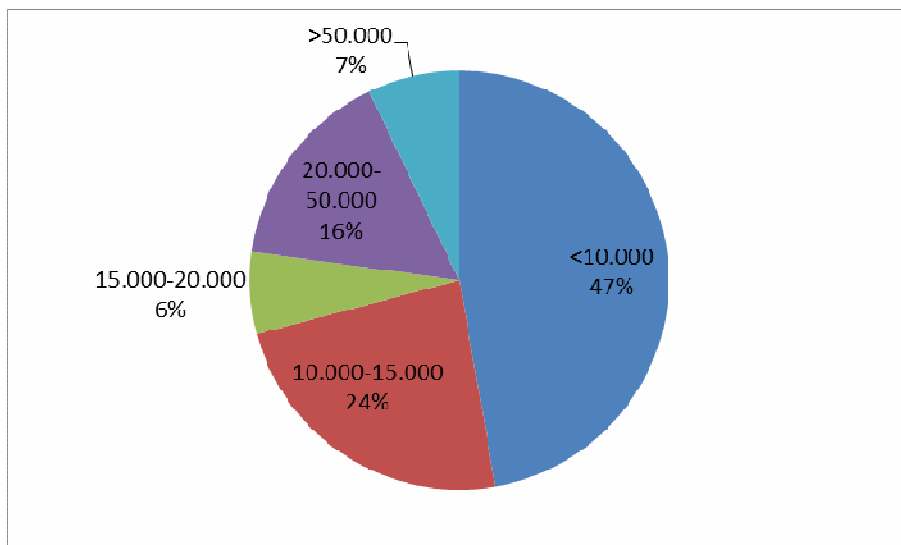
### 3.3 Poluvodičke lampe

Fizikalni principi ove generacije lampi razlikuju se od ranijih generacija. Poluvodičke lampe stvaraju svjetlosni fluks prolaskom električne struje kroz svjetlosnu diodu (LED). Trenutno nemaju široku primjenu u vanjskoj rasvjeti, osim u prometu za signaliziranje, ali se sve više primjenjuju jer se na tržište plasiraju novi, efikasniji i povoljniji modeli LED lampi.

## 4. PRIKUPLJANJE I OBRADA PODATAKA

Prema Zakonu o lokalnoj i područnoj (regionalnoj) samoupravi (NN 33/01) i Zakonu o izmjenama i dopunama zakona o lokalnoj i područnoj (regionalnoj) samoupravi (NN 129/05) grad se definira kao: „Grad je jedinica lokalne samouprave u kojoj je sjedište županije, te svako mjesto koje ima više od 10.000 stanovnika (osim naselja Sesvete), a predstavlja urbanu, povijesnu, prirodnu, gospodarsku i društvenu cjelinu. U sastav grada kao jedinice lokalne samouprave mogu biti uključena i prigradska naselja koja s gradskim naseljem čine gospodarsku i društvenu cjelinu te su s njim povezana dnevnim migracijskim kretanjima i svakodnevnim potrebama stanovništva od lokalnog značenja. Iznimno, gdje za to postoje posebni razlozi (povijesni, gospodarski, geoprometni), gradom se može utvrditi i mjesto koje ne zadovoljava navedene uvjete.“ Prema navedenom kriteriju, u Hrvatskoj postoji 127 gradova. No, samo je devet gradova sa više od 50.000 stanovnika, dok su ostali gradovi mnogo manji, i uglavnom se radi o gradovima sa nešto više od 10.000 stanovnika. Iako bi to trebala biti i donja granica da bi neko naselje uopće dobilo status grada, to nije slučaj. Čak 60 gradova, odnosno 47% ukupnog broja, su gradovi sa manje stanovnika od navedene brojke (Graf 1.)

Graf 1. Gradovi RH prema broju stanovnika



Po „Zakonu o proračunima“ ((NN, 136/12) podaci o proračunima gradova trebali biti transparentni, odnosno javno objavljeni na internetskim stranicama gradova i dostupni svakom građaninu, no to često nije slučaj. Tako sam, za potrebe ovog rada, podatke o proračunima tražio u arhivama „gradskih glasnika“, „županijskih vjesnika“ i dr, otvarajući glasnik po glasnik, budući da veći dio nema generalnog kazala, te listajući stranicu po stranicu, budući da svaki grad ima svoj koncept sastavljanja proračuna. Trebam napomenuti, da za određene gradove podatke nisam mogao pronaći preko internetskih stranica gradova (i županija), a na upit preko e-maila nisam dobio odgovor.

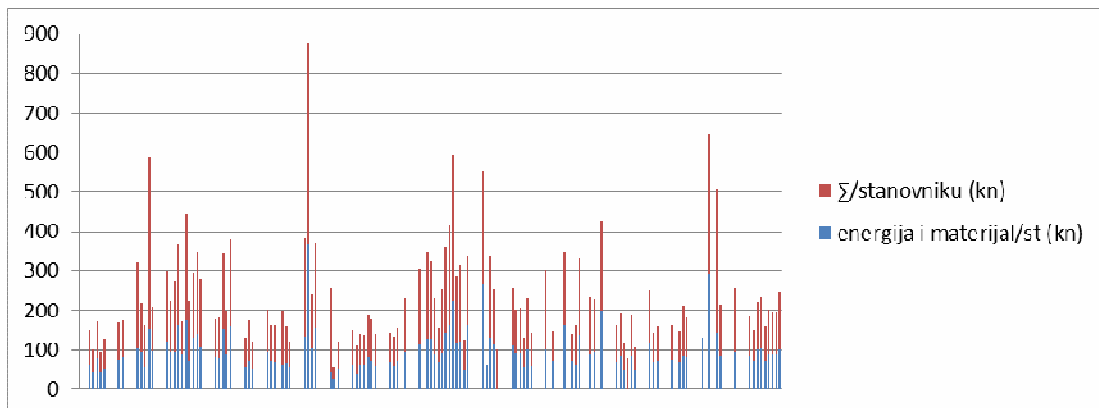
U programu „Microsoft Excel 2010“ sastavio sam odgovarajuću tablicu sa popisom svih gradova Republike Hrvatske (Prilog 1.). Podaci o broju stanovnika za pojedine gradove uzeti su sa web stranica Državnog zavoda za statistiku, prema popisu stanovništva iz 2011.

Podatke za troškove javne rasvjete, tamo gdje ih je bilo, uzeo sam iz Godišnjih izvještaja o izvršenju proračuna gradova za 2012. godinu. Za ostale, uzeti su podaci iz planova proračuna za istu godinu. Uvidom u planove i obračune proračuna za istu godinu za pojedine gradove koji su na internetskim stranicama imali dostupna oba dokumenta, ili unutar samog dokumenta obračuna proračuna imali stupce za plan i izvršenje za tekuću godinu, utvrđena su uglavnom manja, pozitivna ili negativna odstupanja izvršenja od plana, tako da su i podaci iz planova proračuna relevantni za ovo istraživanje.

U navedenim dokumentima, pod odjeljkom „Održavanje komunalne infrastrukture“, uzimani su podaci iz stavke „održavanje javne rasvjete“ ili samo „javna rasvjeta“. Navedena je ukupna svota izdataka grada za javnu rasvjete, te unutar te stavke razdjel ukupne svote. Prvo je navedena točka „materijal i energija“, i tu se uglavnom radilo o energiji, što je u nekim dokumentima obračuna proračuna i navedeno. Pod drugom točkom nalazila se suma izdvojena za stavke „usluge tekućeg održavanje“, „održavanje javne rasvjete“, „tekuće i investicijsko održavanje“ i dr. U nekim obračunima proračuna bile su navedene i svote za „božićna dekoracija i ukrašavanje grada“, „zbrinjavanje staklenog otpada“ i dr., a koje su ušle u ukupnu sumu troškova održavanja javne rasvjete.

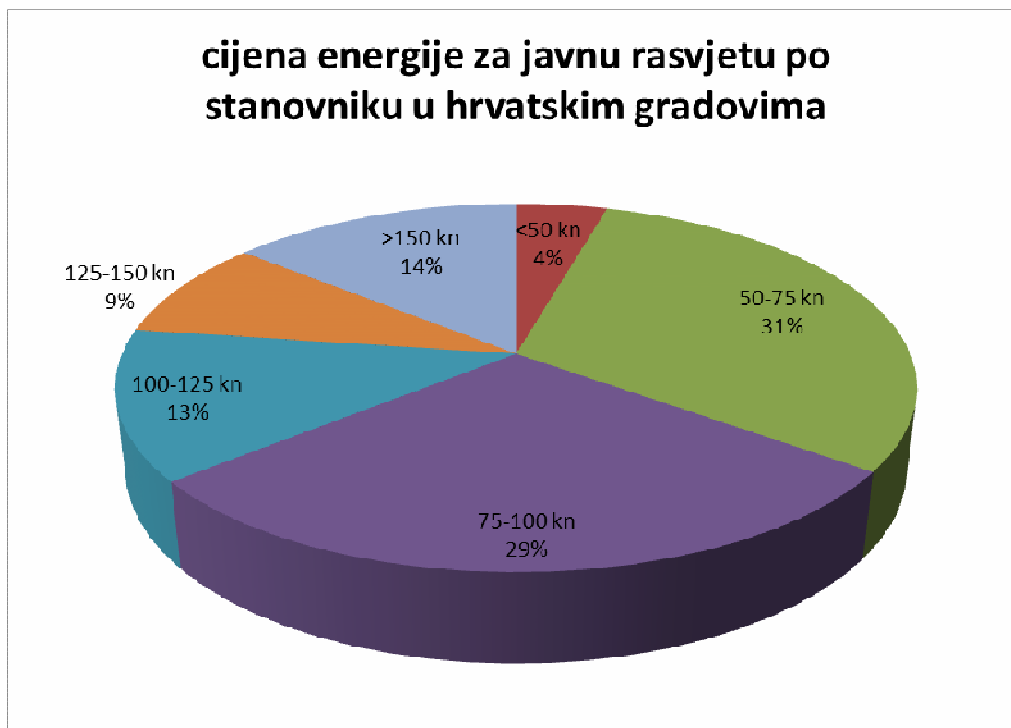
Prema gore navedenom, u tablici (Prilog 1.) je kreirano nekoliko stupaca. U prvom stupcu popis je svih gradova Hrvatski županija. Zatim slijedi stupac sa brojem stanovnika po gradovima. U iduća dva stupca navedeni su troškovi javne rasvjete za 2012. godinu. U prvom od njih, stupcu naziva „materijal i energija“ navedena je svota iz proračuna iz te točke, dok je pod stupcem ukupno ( $\Sigma$ ) naveden ukupan trošak održavanja javne rasvjete. Ukupna svota kod nekih se gradova znatno razlikuje odnosno višestruko je veća od svote izdvojene za materijal i energiju (Graf 2.), jer su uračunati i izdaci investicijskog održavanja (obnova rasvjetne infrastrukture).

Graf 2. Troškovi javne rasvjete u Hrvatskim gradovima



Svrha istraživanja, bila je istražiti koliko građani gradova godišnje izdvajaju za osvjtljenje javnih površina. Shodno tome, došlo se do podataka, da se ta svota uvelike razlikuje od grada do grada. Napravljen je stupac u tablici (Prilog 1.) u kojem je podijeljena svota izdvojena za „materijal i energiju“ sa brojem stanovnika, te su dobiveni podaci o tome koliko svaki građanin određenog grada izdvaja godišnje samo za energiju javne rasvjete. Podaci su prikazani u grafu 3. Kako je vidljivo na grafu, najveći je broj gradova gdje se za troškove energije javne rasvjete izdvaja između 50 i 100kn (60%). 50-75kn po stanovniku za materijal i energiju izdvaja se u 35 gradova, a 75-100kn izdvaja se u 33 hrvatska grada. Također je izračunat prosjek, te se dobio podatak da je prosječna cijena struje za javnu rasvjetu za hrvatske građane 100,22kn. Također, izračunata je ukupna suma po stanovniku, te su dobiveni podaci ukupnog izdvajanja po stanovniku za javnu rasvjetu. Time se ukupni trošak po stanovniku u prosjeku penje još 40kn, pa je prosjek izdvajanja novčanih sredstava po glavi stanovnika sveukupno za javnu rasvjetu iznosio 140,83kn na godišnjoj razini za 2012. godinu.

Graf 3. Cijena el. energije za javnu rasvjetu u hrvatskim gradovima



U gradovima živi oko tri milijuna ljudi, što je nešto više od 70% ukupnog broja stanovnika države. U ovom istraživanju tako nije obuhvaćeno oko 30% stanovnika RH, kojima je

prebivalište u manjim mjestima. Zbog starijih tehnologija osvjetljenja i rjeđe naseljenosti po km<sup>2</sup>, cijena energije i održavanja javne rasvjete u ovim je mjestima možda još i viša nego u gradovima.

## **5. RAZVOJ I MOGUĆNOSTI UŠTEDE**

Danas je u svijetu sve više prisutan problem zagađenja okoliša, problem globalnog zatopljenja te s time u vezi potreba za ograničenjem emisije stakleničkih plinova. To znači da treba smanjiti proizvodnju električne energije iz fosilnih goriva, odnosno potrošnju tako proizvedene električne energije.

S obzirom da je javna rasvjeta često dominantan dio javne potrošnje, uštede su moguće na više načina, npr. korištenjem energetski učinkovitih izvora svjetlosti, elektroničkih priгуšnica (umjesto elektromagnetskih), energetski učinkovitih izvora s dobrim uzvratom boje (Ra > 60), regulacijom javne rasvjete, smanjenjem svjetlosnog zagađenja i sl.

Potrošnju javne rasvjete smanjit ćemo i putem regulacije rasvjete. Tijekom noći mijenja se potreba za intenzitetom osvjetljenosti pa je i regulacija rasvjete opravdana na dva načina: ekonomski i ekološki. Osim toga, svečanu rasvjetu (iluminaciju građevina i spomenika) u jednom dijelu noći treba isključiti. U suvremenim gradovima tijekom noći dolazi do smanjenja prometa, a smanjeni promet ne zahtijeva tako visoku luminanciju kolnika, a to znači da se u dijelu noći smije smanjiti srednja luminancija kolnika (ne i jednolikost luminancije), odnosno da se treba regulirati rasvjeta i uštedjeti i znatna količina energije.

Mnogi gradovi i jedinice lokalne samouprave nalaze se u situaciji da je cestovna rasvjeta u dijelovima naselja, ako ne i u cijelom naselju, riješena zastarjelim svjetiljkama na kraju životnog vijeka. Iako je u naprednijim sredinama izvršena zamjena izvora sa žive na dvostruko učinkovitiji natrij, od vremena instaliranja stare rasvjete došlo je do značajnih tehnoloških pomaka u tehnologiji svjetiljki i žarulja. Efikasnost novih žarulja sa sinteriranom propaljivačkom elektrodom porasla je 15 do 20% u odnosu na klasične natrijeve žarulje renomiranih proizvođača.

Efikasnost svjetiljki dosegla je 88% u odnosu na 70% uobičajeno za kvalitetne proizvođače prije 20-ak godina. Ukupan napredak tehnologije svjetiljki kreće se od 30% za ekonomične modele do 55% za vrhunske modele. Ako se pomnože pomaci u tehnologiji žarulja i tehnologiji svjetiljki, ukupno je potrebno utrošiti minimalno 35% manje električne energije za isti svjetlosni učinak. To otprilike odgovara jednom koraku snage žarulje prema dolje, odnosno prometnica nekada rasvjetljavana s 400 W, uz jednak učinak može se rasvijetliti s 250 W, a ona rasvjetljavana s 250 W sa svjetiljkom od 150 W. Dodatni efekt je manje zagrijavanja i manje nekontrolirano raspršenje svjetlosti. S obzirom na karakteristike opterećenja prometnica, tijekom duboke noći npr. od 1 do 5 sati, kategorizacija prometnice može se reducirati te prijeći na još jedan stupanj snage žarulje na niže. Ovime se ostvaruje dodatna ušteda energije od minimalno 15%. Najjednostavniji način realizacije ovog tzv. polunoćnog režima rasvjete je ugradnja samostalnog programibilnog kontrolera te prigušnice s redukcijским namotom u svjetiljku. Kontroler i redukcijška prigušnica mogu se ugraditi u postojeće svjetiljke ili naručiti kao opcija novih svjetiljki te jednostavno programirati za samostalan rad. Ovo tehnološko rješenje podiže cijenu svjetiljke za cca 20 do 25%. S obzirom na ukupne uštede koje realno dostižu 45%, te uzimajući u obzir činjenicu da u godišnjem trošku energija sudjeluje s minimalno 45%, a investicija s maksimalno 40%, te da se održavanje reducira za barem 35%, izračuni pokazuju da se investicija u vrhunske svjetiljke isplaćuje za 10 do 15 godina. Investicija u ekonomične suvremene svjetiljke ovisno o trenutnom stanju stare rasvjete isplaćuje se za 6 do 10 godina uključujući i tržišne kamate na angažirani kapital za investiciju. Vrhunske se svjetiljke osim superiornih svjetlotehničkih karakteristika i trajnosti odlikuju također vrhunskim industrijskim dizajnom.

Postoji nekoliko sustava upravljanja, a funkcije tih sustava osiguravaju: cjelonoćno ili polunoćno paljenje i gašenje javne rasvjete, smanjenje i povećanje intenziteta svjetla objekata javne rasvjete, daljinsko konfiguriranje algoritma uključenosti i intenziteta prema potrebama korisnika, rezolutno upravljanje svakim stupom javne rasvjete posebno, geometrijsku podjelu objekata rasvjete prema lokaciji (centar, prsteni oko centra, predgrađa), podjelu stupova rasvjete prema funkciji (križanja, prometnice, škole, šetališta, kulturni objekti i spomenici...), deklariranu uštedu potrošnje električne energije do 50%, povratnu informaciju o stanju objekta (ispravnost žarulje i osigurača, indikacija potrebne zamjene), upravljanje sekundarnim objektima u interesu korisnika (izlozi, reklame i dr.).



Ugrađeni uređaji prate rad žarulja i vraćaju podatke o statusu ispravnosti (npr. žarulja poluispravna i uskoro je treba zamijeniti ili žarulja ne radi). Statusne informacije dojavljuju se u upravljački centar za svaki objekt javne rasvjete posebno. Time je ostvarena dodatna ušteda jer nije potrebno slati kontrolne ekipe na teren i paliti rasvjetu po danu, već se precizno utvrđuje koja je i kakva žarulja neispravna. U svaki objekt javne rasvjete montira se prijemni ili kod proširenih aplikacija primopredajni uređaj kojemu je primarna zadaća upravljati objektom prema predefiniranome algoritmu. Razlikujući objekte prema prioritetu (križanja, prometnice, škole, šetališta, kulturni objekti i spomenici itd.) omogućeno je upravljanje rasvjetnim tijelom u funkciji intenzitet – vrijeme. Ovisno o dobu dana intenzitet rasvjete se mijenja dinamički prema algoritmu i time direktno štedi na potrošenoj električnoj energiji. Upravljanje rasvjetnim objektima može biti unikatno, dakle prepoznaje se i izdvojeno upravlja jednim objektom ili grupno, pri čemu se grupa formira prema lokacijskim ili električnim karakteristikama. Lokacija podrazumijeva grupe (obično koncentrične prstenove) u centru grada ili mjesta koje se razlikuju prema tome koliko su udaljene od centra, a time i više ili manje interesantne za različite razine uštede.

Svjetlotehnički zahtjevi za prometnicu ili pješačku površinu vezani su uz frekvenciju prometa koja je promjenjiva i ovisi o dobu noći, tjedna ili godine. Isto vrijedi i za rasvjetu pješačkih zona koja regulacijom svjetlosnog toka može pratiti frekvenciju prolaznika tijekom noći. Naime, pokazalo se kako se planskim održavanjem sustava javne rasvjete postižu značajne uštede, a radi toga je potrebno odrediti strategiju održavanja sustava javne rasvjete, u sklopu koje se izrađuje program održavanja javne rasvjete te način njegova provođenja. Koristeći potencijalne mogućnosti sustava mrežnotonfrekventnog upravljanja, moguće je ostvariti izravnu uštedu u potrošnji električne energije i dijela opreme i materijala koji se koriste u realizaciji funkcije javne rasvjete.

Primjenom ovog rješenja ostvaruje se novčana korist za:

- vlasnika javne rasvjete – jer smanjuje troškove električne energije kao i troškove održavanja te osigurava izolirano i automatsko upravljanje javnim, kulturnim, sportskim i drugim tehničkim objektima
- koncesionara za upravljanje i održavanje – jer ostvaruje mogućnost centraliziranog upravljanja, jer ima uvid u stanje ispravnosti žarulja i osigurača i njihovu zamjenu prema vrsti i tipu.

Prvi korak učinkovitosti su dobro popunjene baze podataka i mjerenja potrošnje. Naravno, da bismo imali jasne potencijale ušteda, potrebno je znati osnovne kriterije kakvoće: srednja, opća i uzdužna razina luminancije (svjetline kolnika), razina rasvijetljenosti neposredne okoline ceste, ograničenje bliještanja, svjetlosno onečišćenje, vizualno vođenje i optičko vođenje.

- Srednja razina luminancije (svjetline) – (engl. luminance) (L) je pojam koji ustvari opisuje svjetlinu rasvijetljene ili svjetleće površine kako je vidi i doživljava ljudsko oko. Srednja razina luminancije kolnika vozaču jamči sigurnost zamjećivanja prepreke
- Opća jednolikost luminancije površine kolnika jamči sigurno zamjećivanje prepreke
- Uzdužna jednolikost luminancije površine kolnika jamči udobnost vožnje
- Bliještanje je trajno ili trenutačno smanjenje viđenja zbog prevelikoga kontrasta u vidnom polju promatrača (vozača) prouzročeno umjetnim svjetlom, pri kojem snop svjetla ulazi izravno u oko. S aspekta javne (cestovne) rasvjete utvrđene su dvije vrste bliještanja: fiziološko bliještanje koje trenutačno smanjuje sposobnost sigurnog zamjećivanja i psihološko bliještanje koje trajno smanjuje sposobnost ugodnog zamjećivanja.
- Svjetlosno onečišćenje je svaki oblik rasvjetljavanja umjetnim svjetlom koji dopire izvan područja rasvjetljavanja, a posebno onaj koji se rasprostire iznad horizontalne ravnine.
- Vizualno vođenje – dobrim vizualnim viđenjem rasvijetljenog toka prometnice u odnosu na okolinu te dobrom zamjetljivošću horizontalne i vertikalne prometne signalizacije te pješačkih prijelaza udovoljava se kriteriju za dobrim vizualnim vođenjem na određenoj instalaciji javne rasvjete, a što u konačnici jamči sigurnost odvijanja motornog prometa.
- Optičko vođenje – čini sklop kompleksnih mjera koje vozaču nedvosmisleno pružaju trenutačnu jasnu sliku toka ceste i njezinih pravaca, i to preko udaljenosti koja omogućuje sigurno zaustavljanje. To se u praksi postiže dobrim i promišljenim postavljanjem rasvjetnih stupova.

Svjetlotehnički zahtjevi za prometnicu ili pješačku površinu vezani su uz frekvenciju prometa koja je promjenjiva i ovisi o dobu noći, tjedna ili godine. Isto vrijedi i za rasvjetu

pješaćkih zona koja regulacijom svjetlosnog toka može pratiti frekvenciju prolaznika tijekom noći.

Regulacija osigurava nekoliko stupnjeva regulacije svjetlosnog toka koji se prilagođava razdobljima niže frekvencije prometa ili posjećenosti pješaćkih zona bez ugrožavanja opće rasvijetljenosti i sigurnosti. Primjenom sustava za regulaciju rasvjete smanjuje se potrošnja električne energije, produžuje vijek trajanja žarulja i olakšava održavanje sustava rasvjete.

Često je situacija takva da je problem neučinkovitog vođenja i korištenja javne rasvjete prepoznat, ali su sredstva lokalnih proračuna nedovoljna. U Hrvatskoj je više desetaka projekata provedeno uz potporu Fonda za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost. Fond financira projektnu dokumentaciju (kod izgradnje nove javne rasvjete ili proširenja) s troškovnikom opreme i radova, demontažu neučinkovite i ekološki neprihvatljive opreme, nabavu i ugradnju odgovarajuće opreme i materijala, rasvjetna tijela (svjetiljke) u zasjenjenoj izvedbi sa svom potrebnom opremom, visokotlačne natrijeve žarulje (izvori svjetlosti), sustav upravljanja javnom rasvjetom (paljenje i gašenje cjelonoćno, polunoćno, prepolovljivanje izvora svjetlosti, smanjenje i povećanje intenziteta svjetla) sa svom potrebnom opremom, sustave za nezavisno mjerenje utroška električne energije sa svom potrebnom opremom, samostojeće razdjelne ormariće, ispitivanje i primopredaju te ostalu opremu u funkciji priznatih dijelova instalacije.

Na kraju, treba imati na umu da je javna rasvjeta veliki potrošač električne energije. Razboritom regulacijom (smanjenjem intenziteta) javne rasvjete može se uštedjeti i do 50% energije, a sustavom daljinskog upravljanja i nadzora značajno smanjiti troškove održavanja jer će energija i njezino održavanje biti sve skuplji, a širenje mreže uz spomenute uvjete može imati vrlo visoki prirast ukupnih troškova.

## 6. ZAKLJUČAK

Za javnu rasvjetu u rasvjetnim tijelima u ruralnim područjima još se uvijek uvijek koriste živine žarulje, čija učinkovitost nije velika (Tablica 1). U današnje vrijeme, živina žarulje mijenjaju se natrijskim, ali ta je promjena kod nas spora i iziskuje veća početna financijska ulaganja. Isto tako vrlo polako uvodi se regulacija rasvjete, a s time i manja potrošnja energije. Svim tim promjenama ostvarile bi se uštede od gotovo 50%, što daje prosječno 50 kn manje izdvajanje po stanovniku u hrvatskim gradovima u godini dana. Na državnoj razini, hrvatski bi gradovi time mogli uštedjeti više od sto milijuna kuna godišnje.

A danas, kada živine lampe pomalo nestaju, a natrijeve smatramo mnogo učinkovitijima, pojavljuje se novi, još ekonomičniji oblici. LED rasvjeta razvija se sve više, postaje sve učinkovitija i povoljnija, pa je za očekivati u budućnosti nove uštede na potrošnji električne energije.

## LITERATURA

www. izvori:

DRŽAVNI ZAVOD ZA STATISTIKU, Popis stanovništva 2011. URL:

<http://www.dzs.hr/Hrv/censuses/census2011/censuslogo.htm>

Arhive „Gradskih glasnika“, „Županijskih vjesnika“ i dr.

Chee-ipa, Javna rasvjeta, URL:

<http://www.chee-ipa.org/hr/energetska-efikasnost/javna-rasvjeta>

NARODNE NOVINE, 2005. Zakon o izmjenama i dopunama zakona o lokalnoj i područnoj (regionalnoj) samoupravi. Zagreb: NN, broj 129/05

<http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/289907.html>

NARODNE NOVINE, 2001. Zakon o lokalnoj i područnoj (regionalnoj) samoupravi. Zagreb: NN, broj 33/01

<http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/232153.html>

NARODNE NOVINE, 2012. Zakon o izmjenama i dopunama zakona o proračunu. Zagreb: NN, broj 136/12

[http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2012\\_12\\_136\\_2878.html](http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2012_12_136_2878.html)

NARISADA, K., SCHREUDER, D., 2004. Light Pollution Handbook. Dordrecht: Springer

MOSTEČAK A., 2013. Ovisnost svjetline noćnog neba o atmosferskim uvjetima, diplomski rad, RGNF, Zagreb

## **PRILOZI**

Prilog 1. Broj stanovnika u hrvatskim gradovima i troškovi javne rasvjete u 2012. godini

BROJ STANOVNIKA U GRADOVIMA ŽUPANIJA (PREMA POPISU IZ 2011.G.)	troškovi javne rasvjete - 2012. godina				
	energija i materijal (kn)	Σ (kn)	energija i materijal/st (kn)	Σ/stanovniku (kn)	
Bjelovar	40.276	2.515.069,00	3.484.507,00	62,45	86,52
Čazma	8.077	341.538,00	475.698,00	42,29	58,90
Daruvar	11.633	927.275,63	1.091.563,03	79,71	93,83
Garešnica	10.472	432.350,81	537.698,17	41,29	51,35
Grubišno Polje	6.478	339.017,41	496.127,89	52,33	76,59
Nova Gradiška	14.229	1.070.096,61	1.359.925,45	75,21	95,57
Slavonski Brod	59.141	4.834.591,00	5.633.929,00	81,75	95,26
Dubrovnik	42.615	4.425.799,83	9.298.300,42	103,86	218,19
Korčula	5.663	530.848,98	705.000,00	93,74	124,49
Metković	16.788	950.000,00	1.800.000,00	56,59	107,22
Opuzen	3.254	496.439,00	1.413.490,00	152,56	434,39
Ploče	10.135	1.000.407,00	1.119.068,00	98,71	110,42
Buje	5.182	625.667,00	924.766,00	120,74	178,46
Buzet	6.133	580.487,68	796.827,45	94,65	129,92
Labin	11.642	1.100.000,00	2.080.000,00	94,49	178,66
Novigrad	4.345	699.172,20	887.991,25	160,91	204,37
Pazin	8.638	750.160,90	750.160,90	86,84	86,84
Poreč	16.696	2.935.185,62	4.489.245,05	175,80	268,88
Pula	57.460	4.105.055,86	8.803.270,19	71,44	153,21
Rovinj	14.294	1.882.418,81	2.332.418,81	131,69	163,17
Umag	13.467	1.854.663,16	2.830.320,83	137,72	210,17
Vodnjan	6.119	652.617,06	1.060.237,41	106,65	173,27
Duga Resa	11.180	911.346,47	1.070.893,29	81,52	95,79
Karlovac	55.705	4.457.157,29	5.635.278,83	80,01	101,16
Ogulin	13.915	2.139.941,27	2.636.491,59	153,79	189,47
Ozalj	6.817	598.507,04	754.753,04	87,80	110,72
Slunj	5.076	799.369,74	1.124.568,54	157,48	221,55
Đurđevac	8.264	465.011,46	603.912,61	56,27	73,08
Koprivnica	30.854	2.245.012,60	3.206.310,42	72,76	103,92
Križevci	21.122	1.139.256,59	1.440.544,63	53,94	68,20
Donja Stubica	5.680	540.883,97	605.038,97	95,23	106,52
Klanjec	2.915	216.385,11	258.567,35	74,23	88,70
Krapina	12.480	843.576,00	1.181.375,00	67,59	94,66
Oroslavje	6.138	484.717,13	746.898,88	78,97	121,68
Pregrada	6.594	404.350,71	898.711,19	61,32	136,29
Zabok	8.994	584.717,59	833.021,84	65,01	92,62
Zlatar	6.096	353.023,82	392.627,75	57,91	64,41

BROJ STANOVNIKA U GRADOVIMA ŽUPANIJA (PREMA POPISU IZ 2011.G.)		troškovi javne rasvjete - 2012. godina			
		energija i materijal	Σ	energija i materijal/st	Σ/stanovniku
		(kn)	(kn)	(kn)	(kn)
Gospić	12.745	1.689.017,00	3.185.212,00	132,52	249,92
Novalja	3.663	1.337.241,10	1.868.842,39	365,07	510,19
Otočac	9.778	1.023.705,74	1.346.816,43	104,69	137,74
Senj	7.182	1.128.328,19	1.513.293,28	157,11	210,71
Čakovec	27.104	1.162.374,87	5.761.763,62	42,89	212,58
Mursko Središće	6.307	169.653,56	181.860,09	26,90	28,83
Prelog	7.815	414.037,38	538.450,35	52,98	68,90
Beli Manastir	10.068	613.897,30	899.092,65	60,98	89,30
Belišće	10.825	427.008,00	761.530,00	39,45	70,35
Donji Miholjac	9.491	597.346,82	751.285,59	62,94	79,16
Đakovo	27.745	1.749.687,66	2.040.265,23	63,06	73,54
Našice	16.224	1.340.271,01	1.754.447,04	82,61	108,14
Osijek	108.048	8.024.508,00	11.236.311,52	74,27	103,99
Valpovo	11.563	676.548,06	916.473,72	58,51	79,26
Kutjevo	6.247	432.561,35	475.256,85	69,24	76,08
Lipik	6.170	369.387,09	454.031,70	59,87	73,59
Pakrac	8.460	608.508,76	710.757,42	71,93	84,01
Pleternica	11.323				
Požega	26.248	2.500.000,00	3.500.000,00	95,25	133,34
Bakar	8.279	948.548,62	1.592.386,95	114,57	192,34
Cres	2.879	636.313,83	794.211,80	221,02	275,86
Crikvenica	11.122	1.406.008,79	2.480.937,47	126,42	223,07
Čabar	3.770	481.132,00	744.081,00	127,62	197,37
Delnice	5.952	514.393,73	848.831,47	86,42	142,61
Kastav	10.440	718.471,00	914.473,00	68,82	87,59
Kraljevica	4.618	422.533,00	746.738,00	91,50	161,70
Krk	6.281	910.032,30	1.361.037,97	144,89	216,69
Mali Lošinj	8.116	1.340.738,00	2.035.985,37	165,20	250,86
Novi Vinodolski	5.113	1.143.352,30	1.895.775,37	223,62	370,78
Opatija	11.659	1.393.184,00	1.947.885,00	119,49	167,07
Rab	8.065	980.000,00	1.550.000,00	121,51	192,19
Rijeka	128.624	6.555.072,61	9.436.979,61	50,96	73,37
Vrbovsko	5.076	825.709,63	895.577,40	162,67	176,43
Drniš	7.498	2.001.087,11	2.119.455,95	266,88	282,67
Knin	15.407	958.229,05		62,19	
Skradin	3.825	494.530,00	798.722,00	129,29	208,82
Šibenik	46.332	5.196.224,06	6.495.732,27	112,15	140,20
Vodice	8.875		900.000,00		101,41



BROJ STANOVNIKA U GRADOVIMA ŽUPANIJA (PREMA POPISU IZ 2011.G.)		troškovi javne rasvjete - 2012. godina			
		energija i materijal	Σ	energija i materijal/st	Σ/stanovniku
		(kn)	(kn)	(kn)	(kn)
Glina	9.283	1.016.006,79	1.358.302,91	109,45	146,32
Hrvatska Kostajnica	2.756	248.830,30	309.797,18	90,29	112,41
Kutina	22.760	2.081.842,38	2.579.990,12	91,47	113,36
Novska	13.518	763.275,82	981.300,71	56,46	72,59
Petrinja	24.671	2.500.000,00	3.200.000,00	101,33	129,71
Sisak	47.768	2.829.336,04	4.031.247,95	59,23	84,39
Hvar	4.251	436.244,00	851.560,00	102,62	200,32
Imotski	10.764				
Kaštela	38.667	2.739.772,97	2.931.355,55	70,86	75,81
Komiža	1.526				
Makarska	13.834				
Omiš	14.936	2.394.571,19	2.759.688,59	160,32	184,77
Sinj	24.826	2.026.640,13	2.476.491,76	81,63	99,75
Solin	23.926	1.685.289,28	1.728.061,46	70,44	72,23
Split	178.102	11.245.280,56	17.960.351,63	63,14	100,84
Stari Grad	2.781	375.125,65	544.914,17	134,89	195,94
Supetar	4.074				
Trilj	9.109				
Trogir	13.192	1.155.762,76	1.912.240,43	87,61	144,95
Vis	1.934	178.627,12	259.514,91	92,36	134,19
Vrgorac	6.572				
Vrlika	2.177	430.000,00	500.000,00	197,52	229,67
Ivanec	13.758	947.830,29	1.333.587,16	68,89	96,93
Lepoglava	8.283	693.944,28	893.934,73	83,78	107,92
Ludbreg	8.478	425.000,00	565.000,00	50,13	66,64
Novi Marof	13.246		1.050.000,00		79,27
Varaždin	46.946	4.011.415,09	4.868.120,26	85,45	103,70
Varaždinske Toplice	6.364	319.580,00	357.921,00	50,22	56,24
Orahovica	5.304	636.546,00	694.611,00	120,01	130,96
Slatina	13.686	937.417,96	1.033.961,27	68,49	75,55
Virovitica	21.291	1.573.225,52	1.829.323,37	73,89	85,92
Ilok	6.767	509.155,00	578.898,00	75,24	85,55
Otok	6.343				
Vinkovci	35.312	2.393.384,70	2.861.495,38	67,78	81,03
Vukovar	27.683	2.352.277,05	3.547.726,18	84,97	128,16
Županja	12.090	1.006.608,00	1.182.514,00	83,26	97,81
Benkovac	11.026	1.441.873,70		130,77	
Biograd nM.	5.569				

BROJ STANOVNIKA U GRADOVIMA ŽUPANIJA (PREMA POPISU IZ 2011.G.)		troškovi javne rasvjete - 2012. godina			
		energija i materijal	Σ	energija i materijal/st	Σ/stanovniku
		(kn)	(kn)	(kn)	(kn)
<b>Nin</b>	2.744	801.369,64	978.796,49	292,04	356,70
<b>Obrovac</b>	4.323	899.372,92	1.017.175,33	208,04	235,29
<b>Pag</b>	3.846	552.674,84	1.405.714,74	143,70	365,50
<b>Zadar</b>	75.062	6.472.151,13	9.657.334,23	86,22	128,66
<b>Zagreb</b>	790.017	77.022.252,07	124.748.095,67	97,49	157,91
<b>Dugo Selo</b>	17.466	1.470.915,78	1.729.979,15	84,22	99,05
<b>Ivanić-Grad</b>	14.548	1.059.675,73	1.115.438,23	72,84	76,67
<b>Jastrebarsko</b>	15.866	1.597.260,53	1.899.391,22	100,67	119,71
<b>Samobor</b>	37.633	3.907.181,74	4.907.181,74	103,82	130,40
<b>Sveta Nedelja</b>	18.059	1.344.000,00	1.534.000,00	74,42	84,94
<b>Sveti Ivan Zelina</b>	15.959	1.421.497,00	1.771.084,00	89,07	110,98
<b>Velika Gorica</b>	63.517	5.558.549,30	6.933.238,22	87,51	109,16
<b>Vrbovec</b>	14.797	1.318.069,03	1.560.054,18	89,08	105,43
<b>Zaprešić</b>	25.223	2.589.895,24	3.613.864,94	102,68	143,28
<b>ukupno:</b>	3.016.137	255.791.487,80	prosjek:	100,22	140,83
			stan. devijacija	51,84	