Integracija punionica za električna vozila u sustav javne rasvjete

Miling, Robert

Master's thesis / Diplomski rad

2020

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:200:549455

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-24**

Repository / Repozitorij:

Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek

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

Sveučilišni studij

Integracija punionica za električna vozila u sustav javne rasvjete

DIPLOMSKI RAD

Robert Miling

Osijek, 2020.

FERIT
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA **OSIJEK**

Obrazac D1: Obrazac za imenovanje Povjerenstva za diplomski ispit

Osijek, 22.09.2020.

Odboru za završne i diplomske ispite

Imenovanje Povjerenstva za diplomski ispit

Ime i prezime studenta:	Robert Miling
Studij, smjer:	Diplomski sveučilišni studij Elektrotehnika
Mat. br. studenta, godina upisa:	D-1188, 19.09.2019.
OIB studenta:	32907956416
Mentor:	Izv. prof. dr. sc. Danijel Topić
Sumentor:	
Sumentor iz tvrtke:	
Predsjednik Povjerenstva:	Prof.dr.sc. Damir Šljivac
Član Povjerenstva 1:	Izv. prof. dr. sc. Danijel Topić
Član Povjerenstva 2:	Izv. prof. dr. sc. Goran Knežević
Naslov diplomskog rada:	Integracija punionica za električna vozila u sustav javne rasvjete
Znanstvena grana rada:	**Elektroenergetika (zn. polje elektrotehnika)**
Zadatak diplomskog rada:	Opisati infrastukturu javne rasvjete i detaljne specifičnosti vezane uz javnu rasvjetu. Opisati punionice za električna vozila s aspekta tehničkih karakteristika. Istražiti mogućnosti integracije punionica za električna vozila u sustav javne rasvjete. Ispitati utjecaj integracije punionica za električna vozila na trošak zakupljene snage. Napraviti analizu utjecaja integracije punionica za električna vozila na strujno naponske prilike i gubitke u zadanom dijelu javne rasvjete.
Prijedlog ocjene pismenog dijela ispita (diplomskog rada):	Vrlo dobar (4)
Kratko obrazloženje ocjene prema Kriterijima za ocjenjivanje završnih i diplomskih radova:	Primjena znanja stečenih na fakultetu: 2 bod/boda Postignuti rezultati u odnosu na složenost zadatka: 1 bod/boda Jasnoća pismenog izražavanja: 2 bod/boda Razina samostalnosti: 3 razina
Datum prijedloga ocjene mentora:	22.09.2020.

Potpis mentora za predaju konačne verzije rada u Studentsku službu pri završetku studija:	Potpis:
	Datum:

FERIT
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA **OSIJEK**

IZJAVA O ORIGINALNOSTI RADA

Osijek, 22.09.2020.

Ime i prezime studenta:	Robert Miling
Studij:	Diplomski sveučilišni studij Elektrotehnika
Mat. br. studenta, godina upisa:	D-1188, 19.09.2019.
Turnitin podudaranje [%]:	12

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom**: Integracija punionica za električna vozila u sustav javne rasvjete**

izrađen pod vodstvom mentora Izv. prof. dr. sc. Danijel Topić

i sumentora

moj vlastiti rad i prema mom najboljem znanju ne sadrži prethodno objavljene ili neobjavljene pisane materijale drugih osoba, osim onih koji su izričito priznati navođenjem literature i drugih izvora informacija.
Izjavljujem da je intelektualni sadržaj navedenog rada proizvod mog vlastitog rada, osim u onom dijelu za koji mi je bila potrebna pomoć mentora, sumentora i drugih osoba, a što je izričito navedeno u radu.

Potpis studenta:

Sadržaj

1. UVOD 1

2. PREGLED LITERATURE 2

3. JAVNA RASVJETA 3

3.1. Zakonodavni okvir javne rasvjete 4

3.2. Infrastruktura javne rasvjete 9

3.2.1. Niskonaponski razvodni uređaji 10

3.2.2. Vodovi i kabeli 12

3.2.3. Stupovi 13

3.2.4. Izvori svjetlosti 14

4. PUNIONICE ZA ELEKTRIČNA VOZILA 17

4.1. Električna vozila 17

4.2. Zakonodavni okvir elektromobilnosti 18

4.3. Punionice 19

4.3.1. Podjela punionica 20

4.3.2. Konektori za punjenje električnih vozila 23

4.3.3. Sigurnosni sustav 27

4.3.4. Zamjena baterija 27

5. INTEGRACIJA PUNIONICA ZA ELEKTRIČNA VOZILA U SUSTAV JAVNE RASVJETE 28

5.1. Analiza integracije punionica u infrastrukturu javne rasvjete 30

ZAKLJUČAK 36

LITERATURA 37

SAŽETAK 40

ABSTRACT 40

ŽIVOTOPIS 41

1. UVOD

Koliki je značaj prometnog sektora za gospodarstvo dokazuju brojni indikatori: broj zaposlenih u prometnom sektoru, udio u BDP-u, udio u energetskim potrebama i uvozu energenata, udio u emisiji stakleničkih plinova i zagađivača zraka itd. Promet sudjeluje s 33% u ukupnoj finalnoj potrošnji energije EU. Za 94% energetskih potreba koristi se nafta. Cestovni promet predstavlja najveći izvor emisije dušičnog oksida. [1]

Europska Unija kreira svoje strategije za elektromobilnost s konceptom „mobilnost s niskom razinom emisije“ koji predstavlja ključnu komponentu tranzicije europske ekonomije, a cilj tranzicije je zadržavanje konkurentnosti. Mobilnost s niskom emisijom doprinosi ciljevima Europske Unije vezanim za klimatske promjene i ujedno povećanju energetske sigurnosti Europe.

Jedna od prepreka za bržu elektrifikaciju cestovnog prometa vezana je za infrastrukturu punionica za električne automobile i njenu integraciju u mrežu. Važno je potaknuti razvoj elektromobilnosti kroz povećanje broja punionica. Jedan od načina prevladavanja ove prepreke je integracija punionica u već postojeći sustav javne rasvjete. Na taj način bi se uz minimalne inicijalne troškove iskoristili već postojeći resursi, a povećala bi se i mogućnost dostupnosti punionica na različitim područjima.

2. PREGLED LITERATURE

Uz to što je prometni sektor značajan za gospodarstvo, cestovni promet predstavlja najveći izvor emisije dušičnog oksida, a podaci o tome su vidljivi u literaturi [1]. Danas se sve više nameće potreba učinkovite javne rasvjete sa smanjenjem svjetlosnog zagađenja i ekonomičnijim korištenjem energije. Ušteda u potrošnji električne energije postiže se investicijom u kvalitetniju rasvjetu što se vidi u literaturi [2]. Javna rasvjeta je regulirana s nekoliko zakona u kojima se regulira izgradnja i održavanje javne rasvjete, uporaba ekološki prihvatljivih rasvjetnih tijela i zaštiti od svjetlosnog onečišćenja javnom rasvjetom [3], [4], [5], [6], [7]. Sustav javne rasvjete ovisi o veličini jedinice lokalne samouprave u kojoj se nalazi, o konfiguraciji naselja, broju stanovnika i slično. U infrastrukturu rasvjete spadaju rasvjetni stupovi, rasvjetna tijela, izvori svijetla, sustav upravljanja, obračunsko mjerno mjesto, NN vodovi i kabeli [9], [10], [11], [12], [13], [14]. Broj električnih vozila koji koriste alternativne energente sve je veći i u 2019. Godini je registrirano nešto manje od 5 milijuna električnih vozila [15]. Elektromobilnost u Hrvatskoj regulirana je zakonom o promicanju čistih i energetski učinkovitih vozila u cestovnom prometu te zakonom o uspostavi infrastrukture za alternativna goriva [16], [17]. S obzirom na već postojeću elektroenergetsku mrežu, električna energija je konkurentniji izvor energije od ostalih alternativnih izvora, međutim za masovnije korištenje električne energije postoje i prepreke o čemu se govori u literaturi [18]. Punionice za električna vozila se mogu podijeliti na više načina i to ovisno o vrsti kontakta punionice i automobila, ovisno o brzini punjenja, ovisno o snazi punjenja i o načinu punjenja [19], [20], [21]. Za integraciju punionica za električna vozila u sustav javne rasvjete potrebna je modernizacija javne rasvjete te provođenje odgovarajućih analiza kako bi se smanjio negativan utjecaj zbog preopterećenja i neravnoteže snage u sustavu [23], [24], [25].

3. JAVNA RASVJETA

Čovjekova mobilnost rezultira potrebom za osvjetljenjem ne samo danju prirodnim svjetlom nego i noću putem javne rasvjete. Uz kvalitetnu javnu rasvjetu promet se može odvijati sigurno, a i druge različite aktivnosti kao što su razna okupljanja, bavljenje sportom, druženje i drugi vidovi zabave također se mogu nesmetano provoditi.

Javna rasvjeta može biti cestovna rasvjeta ili rasvjeta prometnica, urbana rasvjeta u što spadaju pješačke zone i trgovi te reflektorska rasvjeta (fasade, reprezentativni objekti, sportski i koncertni događaji). Javna rasvjeta ima dvojaku funkciju. Primarna funkcija je osiguranje sigurnog prometa ljudi i vozila noću kroz gradove i sela. To se postiže minimalnom propisanom vrijednošću osvjetljenja prometnica, ravnomjernom rasvijetljenosti te smanjenjem efekta bliještanja farova. Sekundarna funkcija je isticanje ambijentalnosti prostora putem svijetla, ali da se pri tome ne smanjuje sigurnost prometa i da se ne uzrokuje svjetlosno zagađenje.

Osim zahtjeva funkcije, javna rasvjeta mora zadovoljiti i zahtjev estetike. Tradicionalno se za rasvjetljavanje kulturnih spomenika i drugih sličnih građevina koriste natrijeve žarulje, a za njih je karakterističan loš faktor uzvrata boje odnosno one umrtvljuju ambijent i uspavljuju ljude. Suvremeno rješenje predstavljaju kvalitetni bijeli izvori svijetlosti čiji je efekt sličan prirodnoj sunčevoj svjetlosti.

Važan zahtjev koji mora ispuniti javna rasvjeta je i ekonomičnost. Investicije u kvalitetniju javnu rasvjetu mogu se za samo nekoliko godina vratiti kroz uštedu na manjoj potrošnji električne energije i manjim troškovima za održavanje svjetiljki (Slika 3.1.).

Slika 3.1. Usporedba troškova korištenja skupih vrhunskih i jeftinih cestovnih svjetiljki [2]

Od ukupno potrošene energije u Hrvatskoj na javnu rasvjetu se odnosi 3%. Javna rasvjeta je u posjedu jedinica lokalne samouprave i financira se iz njihovog budžeta. Manjom jačinom javne rasvjete moguće su uštede do 50% energije. Značajne uštede energije može osigurati i zamjena jeftinih svjetiljki sa skupim vrhunskim svjetiljkama.

Da bi javna rasvjeta bila učinkovitija i da bi se na njoj mogle ostvariti uštede potrebno je koristiti napredne tehnologije odnosno energetski učinkovite izvore svijetla. Svjetlosno zagađenje se također može izbjeći korištenjem energetski učinkovitih svjetiljki. Nadalje se preporuča javnu rasvjetu projektirati uz primjenu EU normi i učinkovito upravljati javnom rasvjetom. Učinkovito upravljanje se može postići praćenjem potrošnje i troškova javne rasvjete te njenim redovitim održavanjem.

3.1. Zakonodavni okvir javne rasvjete

Zakon o komunalnom gospodarstvu (NN 68/18)[3] regulira izgradnju i održavanje javne rasvjete koja predstavlja jednu od komunalnih infrastruktura u naseljenim područjima. Javna rasvjeta je u nadležnosti jedinica lokalne samouprave, odnosno gradova i općina.

Stvaranje poželjne vidljivosti za sudionike u prometu, ljude i vozila, kada je vidljivost nedovoljna postiže se poštivanjem minimalnih standarda rasvijetljenosti, odnosno svijetlo-tehničkih parametara definiranih u normi **HRN EN 13201**.

Zakon o energetskoj učinkovitosti (NN 127/14, 116/18, 25/20)[4] i strategija energetskog razvoja Republike Hrvatske određuju da jedinice lokalne samouprave moraju koristiti ekološko prihvatljiva rasvjetna tijela i time smanjiti svjetlosno onečišćenje kako bi se provodile mjere energetske učinkovitosti.

Zakon o zaštiti svjetlosnog onečišćenja (NN 14/19)[5] bi trebao smanjiti pretjeranu noćnu rasvjetu, štetnu po životinjski svijet, ali i zdravlje ljudi. Ovim zakonom je definirana javna rasvjeta i njen način planiranja postavljanja, te otklanjanje nedostataka kod postojeće. Prva verzija zakona donesena je 2011. Godine i Hrvatska je bila jedna od rijetkih zemalja koja je imala taj zakon. Ovim zakonom su dani stroži kriteriji kako bi „onečišćenje mraka“ javnom rasvjetom i drugim izvorima umjetne svjetlosti – reklamama, svjetlosnim snopovima, dekorativnom rasvjetom na fasadama i sl. – bilo što manje. [6]

U ovom zakonu se govori o uvjetima za gradnju, održavanje i rekonstrukciju rasvjete. Također on daje kriterije za određivanje najvećih dopuštenih vrijednosti rasvjetljavanja, kao i za ograničenja i zabrane rasvjetljavanja. Zakon je prvenstveno namijenjen obveznicima zaštite od svjetlosnog zagađenja. Cilj zakona je manja potrošnja električne energije za rasvjetu i time pridonošenje energetskoj učinkovitosti.

U članku 5 zakona kroz objašnjenje pojmova vidimo da se ovdje radi o zračenju jer „svijetlost je elektromagnetsko zračenje u vidljivom i nevidljivom djelu spektra“, a svjetlosni tok „predstavlja snagu zračenja koju emitira izvor svijetlosti u okolni prostor, a izražava se u lumenima [lm]“.

Umjetni izvor svijetlosti je „uređaj koji energiju pretvara u svijetlost“, dok je rasvjeta „sustav rasvjetnih tijela (svjetiljki) i druge opreme projektiran i izgrađen na propisani način koji se koristi za rasvjetljavanje okoline umjetnom svijetlosti“.

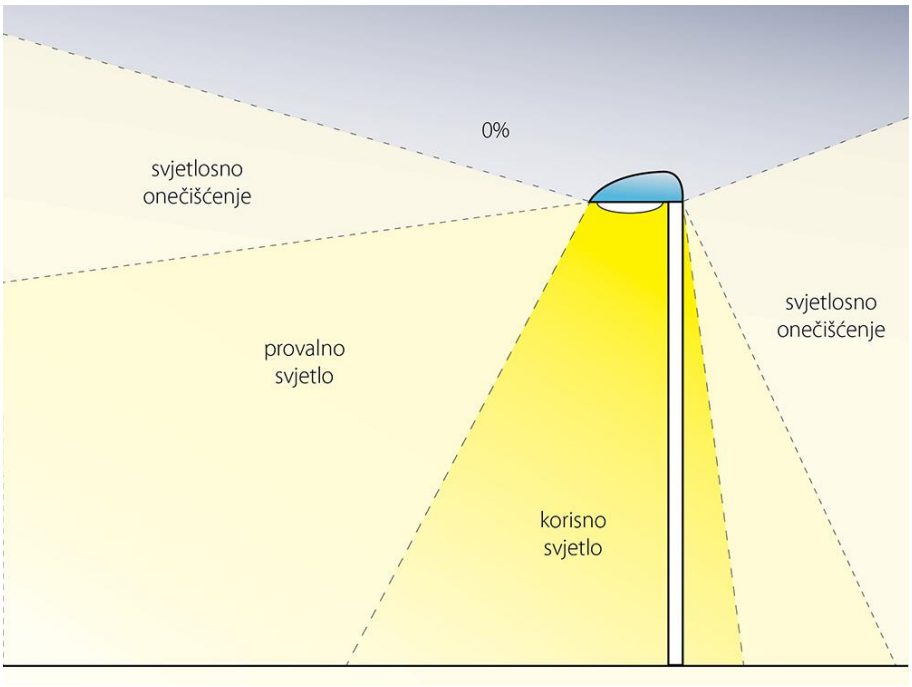
Rasvijetljenost (osvjetljenje) je „mjera za količinu svjetlosnog toka koja pada na jediničnu površinu, a izražava se u luxima [lx]“.

Javna rasvjeta je vanjska rasvjeta koja se koristi za rasvjetljavanje površina javne namjene, a vanjska rasvjeta je „rasvjeta koja se koristi za rasvjetljavanje okoliša i uključuje: cestovnu, javnu, dekorativnu, krajobraznu, prigodnu te rasvjetu za zaštitu i oglasne ploče“.

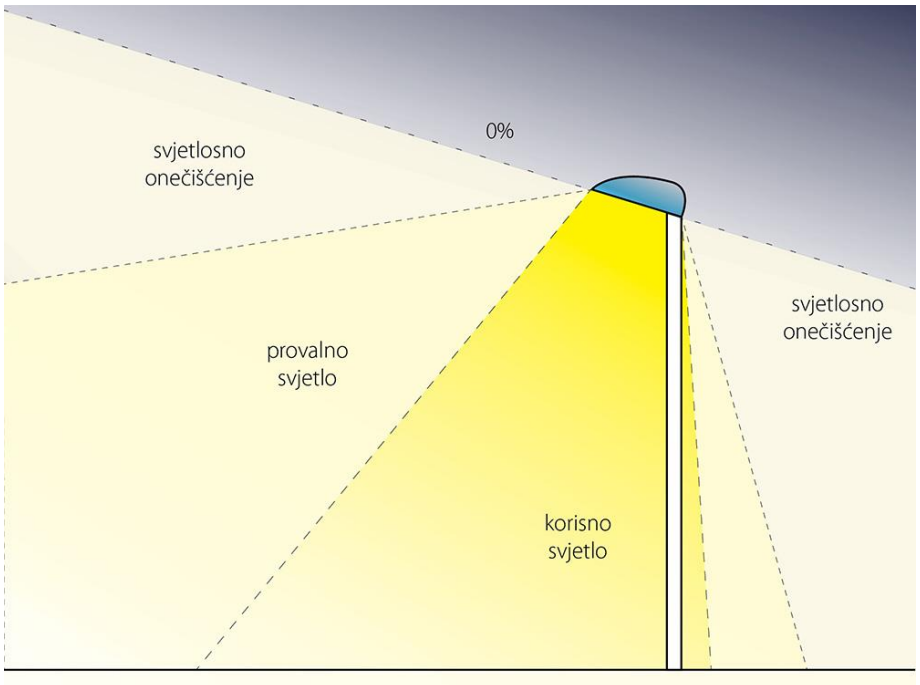
Svjetlosno onečišćenje je „promjena razine prirodne svijetlosti u noćnim uvjetima uzrokovana emisijom svijetlosti iz umjetnih izvora svijetlosti koja štetno djeluje na ljudsko zdravlje i ugrožava sigurnost u prometu zbog bliještanja, neposrednog ili posrednog zračenja svijetlosti prema nebu, ometa život i/ili seobu ptica, šišmiša, kukaca i drugih životinja te remeti rast biljaka, ugrožava prirodnu ravnotežu, ometa profesionalno i/ili amatersko, astronomsko promatranje neba i nepotrebno troši energiju te narušava sliku noćnog krajobraza“.

Mjere zaštite od svjetlosnog onečišćenja u skladu sa člankom 6 dužni su provoditi jedinice lokalne samouprave i Grad Zagreb, pravne i fizičke osobe u svojstvu operatora rasvjete, projektanti projekta rasvjete, investitori, nadzorni inženjeri i izvođači rasvjete. Pod poduzimanjem mjera podrazumijeva se sprječavanje nastanka prekomjernih emisija svjetlosti, smanjivanje postojeće rasvijetljenosti okoliša na dopuštene vrijednosti, osiguravanje zaštite i režima sigurnosti i rada rasvjetnih tijela kao i načina njihova postavljanja.

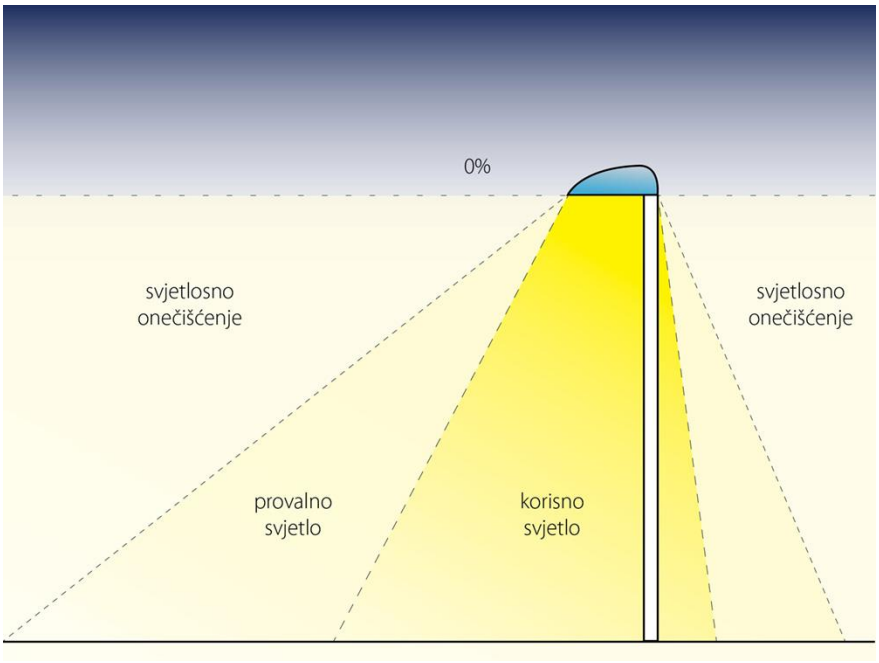
Novu rasvjetu treba planirati, a postojeću prilagođavati tako da se izbjegne emisija svjetlosti u okoliš valnih duljina ispod 500 nanometara [nm]. Takva rasvjeta nepovoljno utječe na ekosustav, ljudsko zdravlje i sigurnost u prometu pri lošim vremenskim uvjetima.



Slika 3.2. Lampa polukugla [7]



Slika 3.3. Lampa s nagibom [7]



Slika 3.4. Pravilno postavljena lampa [7]

Kod postojeće vanjske rasvjete (Slika 3.2. i 3.3.) potrebno je izvor svijetlosti sanirati tako da svjetlosni snop ne prelazi horizontalnu liniju kao što se vidi na slici 3.4. i u skladu s pravilnicima i zakonom.

Hrvatska akreditacijska agencija daje ovlasti pravnim i fizičkim osobama obrtnicima za obavljanje mjerenja rasvijetljenosti okoliša.

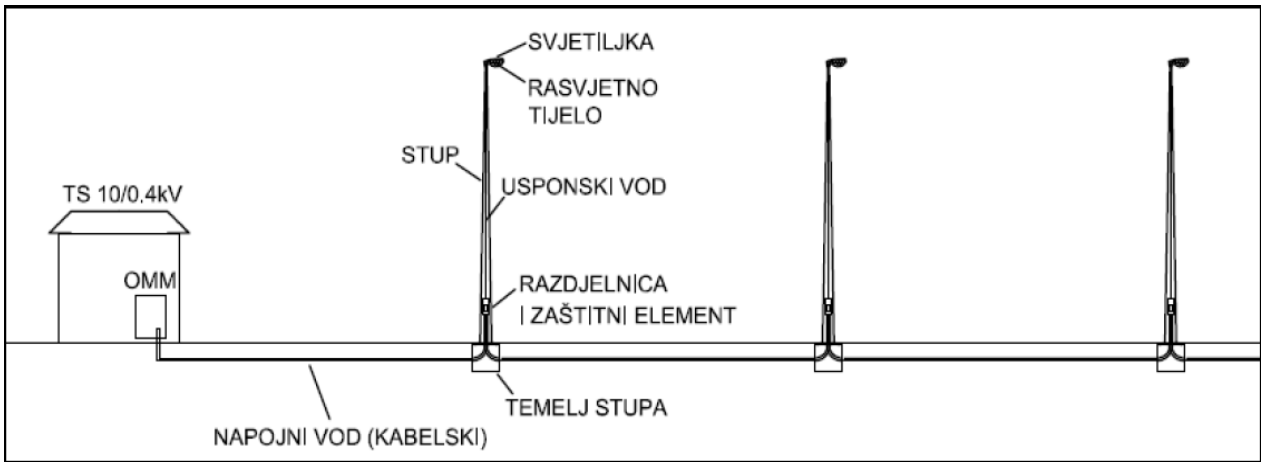
Svjetlosno zagađenje utječe na ljudsko zdravlje, a kod životinja dovodi do skraćenja životnog vijeka, ugibanja te nestanka pojedinih vrsta životinja na određenom području. Zbog toga su zakonom zabranjena korištenja umjetne rasvjete u određenom vremenu, na pojedinim područjima te u određenim smjerovima. Tako je zabranjeno usmjeravati svjetlosne snopove prema nebu ili prema prirodnim vodenim površinama, vanjska rasvjeta ne smije biti usmjerena na vrata i prozore stambenog ili nekog drugog zaštićenog prostora iznad propisane vrijednosti. Također je zabranjeno ugrađivati svjetiljke koje su ekološki neprihvatljive. Kod rasvjetljavanja oglasnih ploča, rasvjete koja ima dekorativnu funkciju ili osvjetljava okoliš kao i pri rasvjetljavanju pročelja građevinskih objekata svjetlosni tok svjetiljki mora biti unutar propisanih mjera osvjetljavanja. Zabranjeno je postavljanje reklamnih ploča tako da onemogućuju vidljivost postavljenih prometnih znakova, a također ne smiju biti osvijetljene tako da zasljepljuju sudionike u prometu ili im skreću pozornost.

Sve jedinice lokalne samouprave kao i Grad Zagreb moraju izraditi planove rasvjete za svoje administrativno područje. Prema planu rasvjete dužne su izraditi i akcijski plan rasvjete koji mora odobriti ministarstvo u čijoj je nadležnosti zaštita okoliša. One jedinice lokalne samouprave koje nisu proveli rekonstrukciju postojeće rasvjete moraju u roku od 12 mjeseci nakon donošenja pravilnika (čl. 9. i 12. zakona) izraditi akcijske planove i planove rasvjete i dostaviti ih ministarstvu, a ukoliko su obavili rekonstrukciju rasvjete oslobođeni su spomenute obveze. U roku od 12 godina nakon što stupi na snagu pravilnik jedinice lokalne samouprave i operator vanjske rasvjete moraju uskladiti postojeću javnu rasvjetu s odredbama Zakona.

Nadzor nad izvršenjem ovog zakona je u nadležnosti Državnog inspektorata. Za nadzor ispunjavanja propisanih obveza nadležne su inspekcija zaštite okoliša, inspekcija u području elektroenergetike, građevinska inspekcija, tržišna inspekcija. Inspekcija putem rješenja koje donosi provodi mjere zaštite od svjetlosnog onečišćenja. Operatoru rasvjete mogu biti izrečene i mjere zabrane dok ne otkloni sve nedostatke. Uz inspekciju i komunalni redari na terenu donose rješenja kojima određuju mjere i rok za otklanjanje nepravilnosti i nedostataka u djelu provedbe ovog Zakona.

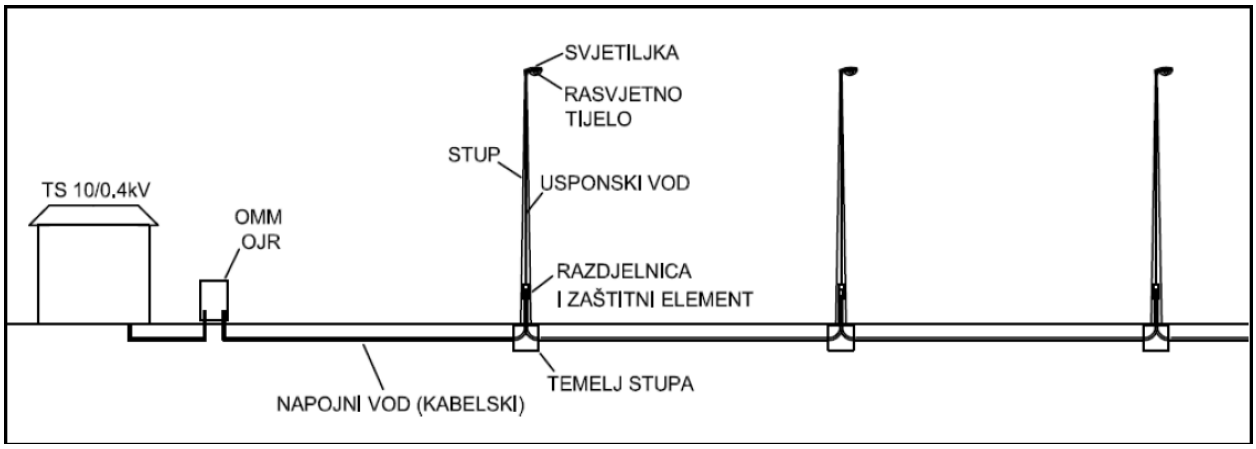
3.2. Infrastruktura javne rasvjete

Sustavi javne rasvjete u pojedinim jedinicama lokalne samouprave ovise o veličini te jedinice, o njenoj teritorijalnoj rasprostranjenosti, o konfiguraciji naselja, o gustoći izgrađenosti poslovnih i stambenih objekata, broju stanovnika, dužini prometnica i dr. U infrastrukturu javne rasvjete spadaju: rasvjetni stupovi, rasvjetna tijela, izvori svijetla, sustav upravljanja, obračunsko mjerno mjesto, napojni NN vodovi (nadzemni ili kabelski).



3.5. Javna rasvjeta starije generacije [9]

U trafostanici se može nalaziti od 3 do 10 izvoda kojima se napaja javna rasvjeta. Izvodi iz jedne trafostanice mogu ići na jedno ili više obračunskih mjernih mjesta. Vodovi odnosno kabeli kojima se napaja javna rasvjeta su trofazni i mogu biti duljine do 800 metara. Presjeci kabela trebaju biti u skladu s instaliranom snagom i potrebnim naponom u strujnom krugu. U rasvjetnom stupu nalazi se razdjelnica na koju su povezani napojni vodovi. Uobičajeno je da se nalazi do 30 rasvjetnih stupova po rasvjetnom strujnom krugu. U projektnom tehničkom rješenju određeni su razmaci rasvjetnih stupova i to u skladu s normama. Veza sa svjetiljkom uspostavlja se usponskim vodom. [9]



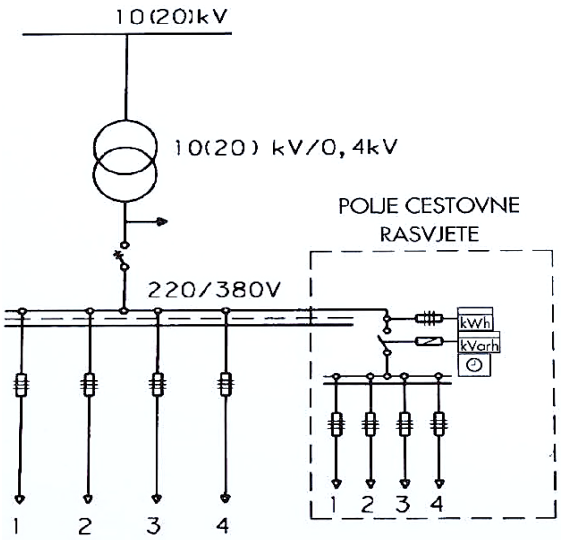
Slika 3.6. Javna rasvjeta novije generacije [9]

Kod novije generacije javne rasvjete obračunsko mjerno mjesto je ujedno i ormar javne rasvjete preko kojeg se ostvaruje napajanje rasvjetnih strujnih krugova. Kod ove javne rasvjete se koriste učinkovitije svjetiljke nego kod starije generacije. Stupovi javne rasvjete se montiraju na sidrene vijke na temelju stupa. Sustav regulacije i uređaj za obračun potrošnje električne energije se nalaze u ormaru javne rasvjete. Također u ormaru je i uređaj za zaštitu rasvjetnih strujnih krugova. [9]

3.2.1. Niskonaponski razvodni uređaji

Obračunsko mjerno mjesto odnosno uređaj za napajanje i razvod je mjesto odakle se uključuje i isključuje sustav rasvjete. Niskonaponski razvodni uređaj rasvjete može biti u distributivnoj transformatorskoj stanici (starija generacija) ili izvan nje (novija generacija).

Unutar distributivnih transformatorskih stanica se nalazi posebno niskonaponsko polje iz kojeg se napajaju strujni krugovi rasvjete, a moguće je napajati i druge potrošače.



Slika 3.7. Niskonaponsko polje rasvjete u distributivnoj transformatorskoj stanici [10]

Izvan transformatorske stanice mogu biti sljedeći niskonaponski razvodni uređaji: samostojeći razvodni ormar rasvjete, razvodni ormar rasvjete u tunelu, razdjelnik za napajanje rasvjete.

Slika 3.8. Slobodnostojeći razvodni ormar javne rasvjete [11]

Razvod električne energije od mjesta priključnog kabela u stupu do izvora svijetlosti na stupu obavlja se putem razdjelnice. Razdjelnica u stupu obično ima samo stezaljke i osigurače, ali i predspojne naprave.

Slika 3.9. Izgled razdjelnice u stupu [12]

3.2.2. Vodovi i kabeli

Kod javne rasvjete koriste se nadzemni i instalacijski vodovi te kabeli. Kod nadzemnih vodova najčešće se koristi kabelski snop koji se sastoji od tri fazna i nultog aluminijskog vodiča, čeličnog nosivog užeta i odgovarajuće izolacije. Instalacijski vodovi se primjenjuju za razvode u stupovima rasvjete i u razvodnim uređajima. Kabeli se najčešće polažu u zemlju i betonski kanal.

Presjek i tip kabela i vodova određuje se u skladu s trajnom dopuštenom strujom opterećenja i dopuštenim padom napona. Pri tome su važni uvjeti polaganja kabela i vodova, ograničavajući faktori zaštitnih mjera, karakteristike uređaja za zaštitu od kratkog spoja i preopterećenja i temperature spojnih mjesta.

Presjeci izoliranih vodova kod javne rasvjete ne smiju biti manji od 1,5 mm^2 za bakrene vodiče, a 2,5 mm^2. Presjeci kabela ne smiju biti manji od 16 mm^2 za bakrene i 25 mm^2 za aluminijske vodiče. [10]

3.2.3. Stupovi

Prema materijalu od kojeg su napravljeni stupovi za javnu rasvjetu mogu biti čelični (najčešći), betonski i drveni (nosači niskonaponske zračne mreže) te stupovi od lijevanog željeza (stilski stupovi). Po obliku stupovi mogu biti stožasti i segmentni, okruglog poprečnog presjeka te konusnog osmerokutnog poprečnog presjeka.

Stupovi koji imaju na sebi razdjelnicu imaju poseban otvor odgovarajućih dimenzija koji omogućavaju pristup razdjelnici. Taj otvor se nalazi pri dnu stupa približno 1 metar od tla ili pri vrhu kada se rasvjeta napaja samonosivim kabelskim snopom.

Slika 3.10. Čelični rasvjetni stup [13]

3.2.4. Izvori svjetlosti

Postoje tri načina proizvodnje umjetnog svijetla, a to su termičko zračenje, izboj u plinu i luminiscentno zračenje. U javnoj rasvjeti najčešće se koriste četiri različite tehnologije žarulja. Te sijalice su metal-halogena, natrijeva, živina i LED.

a) Živina žarulja

Živina žarulja radi na principu izboja u plinu i među prvim je žaruljama koje su se primjenjivale u javnoj rasvjeti. Danas su je iz upotrebe istisnule natrijeve i metal-halogene žarulje. Živina žarulja najčešće svijetli neutralno bijelom svijetlošću. Nedostatak joj je slab indeks uzvrata boja. Električna snaga živine žarulje doseže snagu od 50 do 1000 W. Učinkovitost ove žarulje je oko 40 lm/W, a životni vijek je od 8.000 do 10.000 sati.

Slika 3.11. Živina žarulja [14]

b) Natrijeva žarulja

Natrijeva žarulja je slična živinoj samo što se umjesto žive koristi natrij. Postoje dvije vrste natrijevih žarulja: niskotlačna i visokotlačna.

Niskotlačne su relativno velike, a kako imaju niski indeks uzvrata boje danas se skoro pa uopće više ne koriste. Zračni spektar ove žarulje ima indeks uzvrata boje 0 s obzirom da ima samo jednu spektralnu liniju valne duljine 589 nm i zato mu je indeks uzvrata boje 0. Životni vijek ove žarulje je 16.000 sati, a električna snaga doseže vrijednost do 180 W. Učinkovitost kod natrijeve žarulje dostiže 180 lm/W.

Visokotlačna ima veći indeks uzvrata boje i nešto manju svjetlosnu učinkovitost, stoga se danas najčešće koristi za uličnu rasvjetu. Ova vrsta natrijeve žarulje ima nižu svjetlosnu učinkovitost

od 95 do 150 lm/W. Životni vijek visokotlačne natrijeve žarulje može dosegnuti do 24.000 sati rada, a električna snaga im doseže vrijednost do 1000 W.

Slika 3.12. Niskotlačna (lijevo) i visokotlačna (desno) natrijeva žarulja [14]

c) Metal-halogena žarulja

Metal-halogene žarulje rade na sličan način kao živine žarulje. One međutim imaju veći indeks uzvrata boje i bolji zajednički svjetlosni spektar što je posljedica metalne soli koja se nalazi kao dodatak u plinu žarulje. Vijek trajanja ove žarulje je oko 15.000 sati. Učinkovitost žarulje se kreće od 67 do 95 lm/W. Električna snaga ove žarulje iznosi do 1000 W. Ova žarulja se koristi u urbanim sredinama zbog dobre reprodukcije boja.

Slika 3.13. Metal-halogena žarulja [14]

d) LED žarulje

Temelj rada LED žarulja, koji su poluvodički uređaji, je elektroluminiscencija kod p-n spoja do koje dolazi zbog rekombinacije elektrona i protona. Danas postoje LE diode u različitim bojama.

U javnoj rasvjeti se koriste dva načina proizvodnje bijelog svijetla s LE diodama. Prvi i najčešći način je pomoću plave LE diode s fluorescentnim premazom. Drugi način je miješanje svijetla crvene, zelene i plave LE diode, a to omogućuje mijenjanje boje svijetla

LE diode se brzo razvijaju, a značajke kao što su svjetlosna učinkovitost i indeks uzvrata boje se vremenom poboljšavaju. Učinkovitost LE dioda u javnoj rasvjeti se kreće u rasponu od 50 do 70 lm/W, a indeks uzvrata boja je u rasponu od 60 do 80. Životni vijek LE diode je oko 50.000 sati što ovisi o kvaliteti hlađenja LE diode. Da bi hlađenje bilo bolje proizvođači svjetiljki javne rasvjete proizvode LED module u kojima se kombinira LE dioda sa sustavom hlađenja u istom kućištu.

Kada su se počele koristiti LE diode promijenio se izgled svjetiljki javne rasvjete. U svjetiljci se nalazi veći broj LE dioda s obzirom da su one kompaktnog oblika i imaju nizak intenzitet. Svaka LE dioda u svjetiljci ima zasebno usmjeren svjetlosni tok.

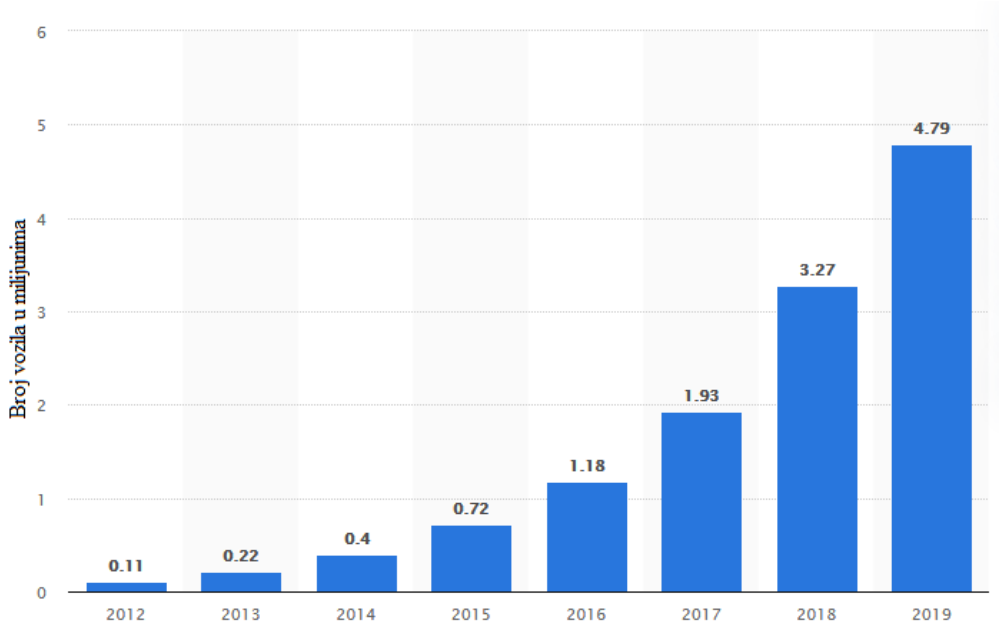
Slika 3.14. LED žarulja [14]

4. PUNIONICE ZA ELEKTRIČNA VOZILA

4.1. Električna vozila

Promet je jedan od važnijih sektora gospodarstva. Prometni sustav koji se temelji na korištenju neobnovljivih izvora za posljedicu ima onečišćenje okoliša i ovisnost o korištenju nafte i naftnih derivata. To su osnovni razlozi za razvoj korištenja alternativnih energenata u prometu.

Jedan od korisnika alternativnih energenata su električna vozila. Ona u globalnoj ekonomiji 21. stoljeća nisu pionirski poduhvat. Krajem 2015. godine u svijetu je bilo registrirano preko 700.000 električnih vozila. Već dvije godine poslije ta brojka se popela na skoro 2 milijuna. U 2019. godini bilo je registrirano nešto manje od 5 milijuna električnih vozila. Može se očekivati sve veće učešće električnih vozila u ukupnom broju registriranih vozila.



Slika 4.1. Broj električnih vozila u svijetu od 2012. do 2019. godine u milijunima [15]

Neke od njihovih **prednosti** su što nema emisije štetnih stakleničkih plinova, snažnija su i jednostavnija za upotrebu i održavanje što znači da su lakši za popravak i sastavljanje jer imaju puno manje pokretnih dijelova što zahtjeva manje vremena za održavanje i manju mogućnost mehaničkog kvara. Pogonski agregati električnih vozila „proizvode“ kretnju i to bez izravnog kontakta između motora i pogonske osovine, dok agregati s unutarnjim izgaranjem „proizvodi“ toplinu uz izrazite toplinske gubitke. Razmjerno jednostavan princip rada s malim gubicima i naprednim oblicima upravljanja predstavlja i veću iskoristivost raspoložive snage.

Električni automobili se svugdje u svijetu prodaju uz državne potpore i to ili putem poreznih olakšica, sustavima „bonusa“ za električne automobile i premija (kazni) za one na fosilna goriva, ili kao u Hrvatskoj – subvencijama.

Međutim postoje i neki **nedostaci** električnih vozila, a to su kratko trajanje baterije, punjenje baterije traje nekoliko sati ovisno o modelu, trenutno još nema dovoljno punionica za električne automobile, posebno uz ceste. Nadalje nedostatak je i vrlo visoka cijena električnih automobila.

Unatoč ovim nedostacima, električni automobil je „najzelenije“ rješenje koje postoji, no najveći nedostatak je manjak infrastrukture na kojima bi se takvi automobili mogli puniti.

4.2. Zakonodavni okvir elektromobilnosti

U Hrvatskoj je od 2013. Godina na snazi **zakon o promicanju čistih i energetski učinkovitih vozila u cestovnom prometu (NN 127/13)**[16]. U njega su unesena pravila i preporuke iz **Direktive 2009/33/EZ** Europskog parlamenta i Vijeća. Na temelju ovog Zakona donesen je pravilnik (**NN 136/13**) u kojem je određen način izračuna operativnih troškova tijekom životnog vijeka vozila za cestovni prijevoz.

U Hrvatskoj je 2016. godine donesen **Zakon o uspostavi infrastrukture za alternativna goriva (NN 120/16)**[17]. Ovim Zakonom se donose mjere za uspostavljanje infrastrukture za alternativna goriva (najviše za električnu energiju), odnosno utvrđuju se minimalni zahtjevi za izgradnju infrastrukture u što su uključena i mjesta za punjenje kao i zajedničke tehničke specifikacije za mjesta za punjenje. Zakonom su prenesene u pravni sustav Hrvatske odredbe Direktive 2014/94/EU Europskog parlamenta i Vijeća. Prema podacima navedenima u ovom Zakonu u Hrvatskoj je 2016. godine bilo 856 registriranih, i to 299 osobnih, 55 teretnih, 3 autobusa, 250 mopeda, 183 motocikla, 66 traktora i necestovnih pokretnih strojeva (građevinski strojevi, poljoprivredni strojevi i sl.), a javno dostupnih punionica je bilo 126.

Mreža punionica koja se treba uspostaviti prema ovom Zakonu je jedan od preduvjeta za poticanje razvoja prometa koji neće ovisiti o nafti i imati negativan utjecaj na okoliš. Prepreka povećanju broja električnih vozila bila bi situacija u kojoj ne bi bilo dovoljno punionica, dok bi s druge strane prevelik broj punionica rezultirao prevelikim uzaludnim trošenjem resursa. Poželjna situacija je da bude dovoljan ali ne preveliki broj punionica u urbanim sredinama kao i uz prometnu mrežu. Zakonom su predviđene poticajne mjere za sufinanciranje nabave električnih vozila i za sufinanciranje izgradnje infrastrukture alternativnih goriva.

4.3. Punionice

Uz električnu energiju kao zamjena za fosilna goriva u prometu razmatrani su i drugi alternativni izvori energije. No zbog izgrađenosti infrastrukture koja se koristi za punjenje vozila, a to je elektroenergetska mreža, električna energija je konkurentnija od ostalih alternativnih izvora.

Za masovnije korištenje električne energije postoje i prepreke jer današnja elektroenergetska mreža nije građena za električna vozila. Najvažnije prepreke su:

1. Priključkom električnih vozila dolazi do dodatnog opterećenja pa je presjek vodova srednjeg i niskog napona nedovoljan. Ovo je slučaj kod vodova javne rasvjete koji bi se mogli koristiti za izgradnju punionica i kod kućnih i industrijskih priključaka
2. U postojećim energetskim transformatorima (SN/NN) nedovoljna je rezerva snage
3. Uporaba obnovljivih izvora energije na lokaciji punionice
4. Kod predviđanja opterećenja kada se planira izgradnje elektroenergetske mreže i ne uzimaju se u obzir električna vozila kao buduća trošila [18]

Potrebno je da punionica za električna vozila omogući brzo punjenje baterije električnog vozila, a da se pri tome izbjegnu nezgode. Dostupnost punionica danas se može provjeravati putem posebnih aplikacija na internetu ili putem web portala. Uz pojedinu lokaciju postoji informacija o vrsti konektora, načinu punjenja, broju parkirnih mjesta i dr.

Punionice su organizirane u mrežni sustav punionica kojeg vode davaoci usluga punjenja i vlasnici infrastrukture punionica. U Hrvatskoj trenutno uslugu punjenja pruža Hrvatski telekom d.d. i HEP. S pružateljima usluga na javno dostupnim punionicama potrebno je sklopiti ugovor o pravu pristupa mreži. Iako vlasnik električnog vozila sklapa ugovor s pojedinim pružateljem usluge, kroz roaming sustav njemu se pruža mogućnost korištenja infrastrukture drugih pružatelja usluga. Roaming sustav omogućuje jednostavniji način korištenja javno dostupnih punionica na domaćem i na inozemnom tržištu.

Osim ovih javno dostupnih usluga punjenja postoje i pojedinci koji su i sami korisnici električnih vozila i koji na svojim lokacijama i utičnicama omogućavaju punjenje korisnicima električnih vozila. Takvu uslugu također mogu nuditi i lokali svojim gostima. Ovo nije javno dostupna usluga, već je potrebno s vlasnikom priključka prethodno provjeriti uvjete pristupa.

4.3.1. Podjela punionica

Postoji više načina podjele punionica.

a) Podjela s obzirom na vrstu kontakta između punionice i automobila na punionice s konduktivnim i punionice s induktivnim punjenjem

Pri **konduktivnom punjenju** automobil se preko kabela i odgovarajućih utikača i utičnica spaja sa stanicom za punjenje.

Induktivno punjenje podrazumijeva prijenos energije korištenjem promjenjivog elektromagnetskog polja između predajnika na stanici za punjenje i prijemnika na automobilu. Ovo je siguran način punjenja jer nema metalnih kontakata i doticaja dijelova pod naponom. Nedostatak ovog načina punjenja su što su ovdje veći gubici nego kod konduktivnog punjenja, a i punjenje je sporije.

b) Podjela punionica s obzirom na brzinu punjenja

Punionice sporog punjenja obično su instalirane kao privatne, a osnovna karakteristika ovog načina punjenja je da je priključak izmjeničnog napona spojen na vozilo sa svojim vlastitim punjačem.

Brze punionice se javljaju uglavnom u sklopu javnih punionica. Ovdje se punjač nalazi u samoj stanici za punjenje koja ima relativno visok istosmjerni naponom i struju za punjenje

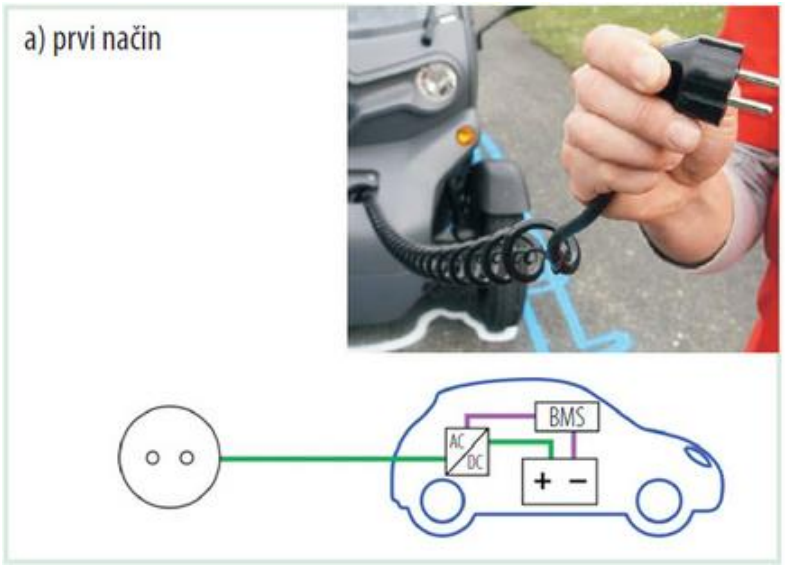
c) Podjela punionica s obzirom na snagu punjenja

Punionice male snage do 3,7 kW su smještene na privatnim objektima. AC punionice snage 2x22 kW se nalaze na javno dostupnim mjestima. Na javno dostupnim lokacijama gdje je potrebno brže punjenje nalaze se DC/AC punionice sa snagom od 50 kW i više za DC i snagom od 43 kW za AC.

d) Podjela punionica prema načinu punjenja

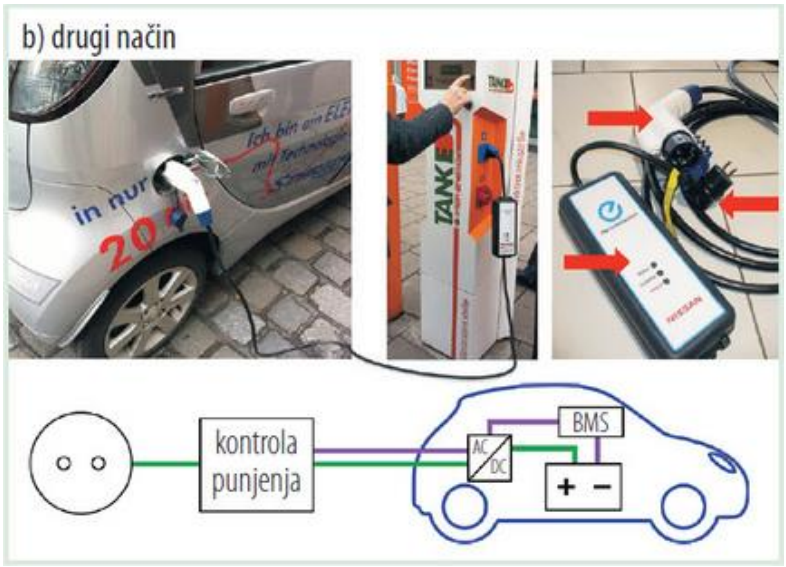
U normama niza HRN EN 61 851 određena je vanjska oprema punionica za napajanje električnom energijom i načini punjena električnih vozila. Ima četiri vrste punjenja električnih vozila o čemu ovisi brzina punjenja, a time i vrsta punionice.

Prvi način (Mod 1) punjenja je iz obične utičnice (jednofazne ili trofazne). To je sporo punjenje i nema komunikacije između utičnice i vozila jer se punjač i sustav za nadzor baterije nalaze u vozilu.



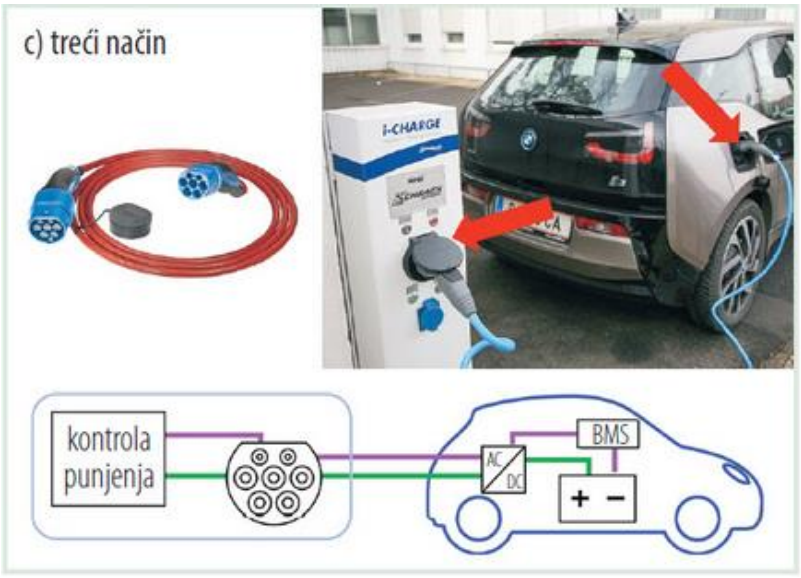
Slika 4.2. Prvi način punjenja električnih vozila [19]

Drugi način (Mod 2) je sličan prvome i također je sporo punjenje iz obične utičnice s upravljačkim uređajem ICCB (In Cable Control Box) u napojnom kabelu. U ovom slučaju upravljački uređaj nije u komunikaciji s utičnicom punionice, a punjač se nalazi u vozilu.



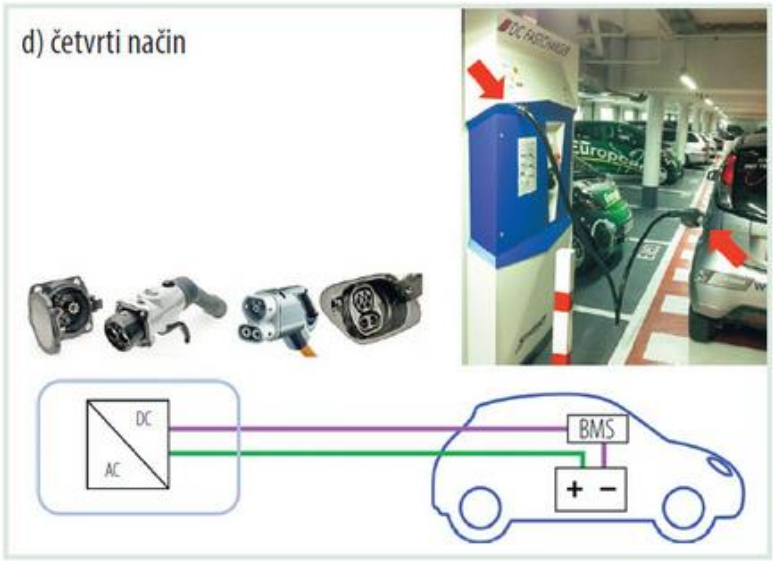
Slika 4.3. Drugi način punjenja električnih vozila [19]

Treći način (Mod 3) podrazumijeva sporo ili brzo punjenje putem izmjenične struje i to preko utičnice tipa 2 na punionici i uz posebni kabel do vozila. Uspostavljena je komunikacija između punionice i vozila, a punjač se nalazi u vozilu.



Slika 4.4. Treći način punjenja električnih vozila [19]

Četvrti način (Mod 4) je brzo punjenje, a koristi se istosmjerna struja. Uspostavlja se komunikacija između vozila i punionice u kojoj se nalazi punjač. Punjenje se odvija uz veću snagu, pa je zato brzo. Standardizirani priključak na vozilu može biti u izvedbi CHAdeMO ili CCS.



Slika 4.5. Četvrti način punjenja električnih vozila [19]

Osim već navedenih načina punjenja električnih vozila u razvoju je i **bežični način punjenja**, a razvija ga nekoliko značajnih predstavnika automobilske industrije (Tesla, BMW, Nissan). Istraživanja na ovom području su utvrdila ključne tehničke komponente i tehnologije za bežično punjenje. Kako kod ovog načina punjenja nema potrebe za priključnim kablom moraju se pronaći druge mogućnosti za dinamično punjenje dok je električno vozilo u pokretu, a to zahtjeva i novu infrastrukturu. [20]

4.3.2. Konektori za punjenje električnih vozila

Koji se jedinstveni konektori za punjenje električnih vozila mogu koristiti na prostoru čitave Europske Unije stoji u Direktivi 2014/94/EU koju je propisala Europska komisija.

Za punjenje električnih vozila izmjeničnom strujom (Mod 2 i 3) postoje četiri tipa konektora (Tip1, Tip2, Tip 3A, Tip 3C), dok za punjenje vozila istosmjernom strujom (Mod 4) postoje dva tipa konektora (CHAdeMO i CCS).

Tip 1

Tip 1 je monofazni priključak s dva kontakta. Maksimalno 32 A, 230V (7,4 kW) i koristi se samo na Američkim i Japanskim vozilima.

Slika 4.6. TIP 1 – Yazaki – SAE J 1772-2009 [21]

Tip 2

Na Europskim vozilima koristi se konektor Tip 2. To je monofazni ili trofazni priključak s dva kontakta. Maksimalno 32A (63A), 230/400 V.

Slika 4.7. TIP 2 – Mennekes – VDE-AR-E 2623-2-2 [21]

Tip 3A

Tip 3A, koji se koristi samo za laka vozila je monofazni priključak s jednim kontaktom. Maksimalno 16A, 230V.

Slika 4.8. Tip 3A [21]

Tip 3C

Tip 3C je monofazni ili trofazni priključak sa dva konektora. Maksimalno 32A (63A), 230/400V. Više gotovo nije u upotrebi.

Slika 4.9. Tip 3C [21]

CHAdeMO

CHAdeMO je standardiziran priključak za brzo punjenje istosmjernom strujom DC. Koristi se većinom na Japanski vozilima. Vozila opremljena tim priključkom imaju i konektor za AC punjenje.

Slika 4.10. CHAdeMO [21]

CCS COMBO2

CCS COMBO2 je standardizirani priključak koji se sastoji od konektora na vozilu i omogućava brzo DC punjenje i sporo AC punjenje. U ovom priključku je kombiniran konektor Tip 2 i priključak za brzo punjenje. Koristi se većinom u Europskim vozilima.

Slika 4.11. CCS COMBO2 [21]

Na sljedećoj slici (Slika 4.12.) nalazi se tablica s parametrima punjenja za različite izvedbe konektora (priključaka).

Tablica 4.1 Parametri punjenja električnih vozila za različite konektore [19]

Parametri punjenja	Izvedba priključka (utičnice)				
	Šuko	Tip 1	Tip 2	CHAdeMO	CCS
Napon, V	230	230	400	500	500
Jakost struje, A	10-16	16-32	16-63	125	125
Faznost i smjer struje punjenja	Jednofazna izmjenična	Jednofazna izmjenična	Trofazna izmjenična	Istosmjerna	Istosmjerna
Snaga, kW	2-3,7	3,7-7,4	11-44	50	50
Trajanje	8-10 h	3-5 h	< 1-3 h	20 min	20 min

4.3.3. Sigurnosni sustav

Zbog sigurnosti punjenja vozila sustav punjenja mora napraviti nekoliko sigurnosnih radnji i povezati se s vozilom tijekom spajanja i punjenja.

Na punionicama se nalaze strujni senzori koji detektiraju kada dolazi do uspostavljanja kontakta. Njihova uloga je i da u trenutku kada se električno vozilo više ne puni odspoje vezu. Da nema tih strujnih senzora moglo bi biti opasno naglo odspojiti vozilo od punionice.[1]

Sigurnosni senzori mogu biti:

1. Strujni senzor koji održava vezu ako se izmjerena vrijednost struje nalazi u dozvoljenim granicama
2. Senzor u obliku jednog pina unutar posebnog višepinskog konektora koji radi na principu signala povratne veze

4.3.4. Zamjena baterija

Osim do sada spomenutih punionica električnih vozila postoje i takozvane stanice za zamjenu baterija gdje se prazna baterija zamjeni s punom baterijom.

Prednosti zamjene baterija su: brzina zamjene baterije, neograničena autonomija kod stanica za zamjenu baterija, prilikom zamjene baterija nije potrebno izaći iz automobila, baterija u automobilu nije vlasništvo vozača, baterije u stanicama se mogu koristiti i u drugu svrhu osim za električna vozila npr. za opskrbu kupaca distributivne mreže električnom energijom.

Problemi kod zamjene baterija su što proizvođači vozila još nisu napravili lagan pristup baterijama. Problem predstavlja i način na koji se baterija priključuje na vozilo. Njene dimenzije, mjesto u kojem se ona nalazi u vozilu i sam tip baterije.[1]

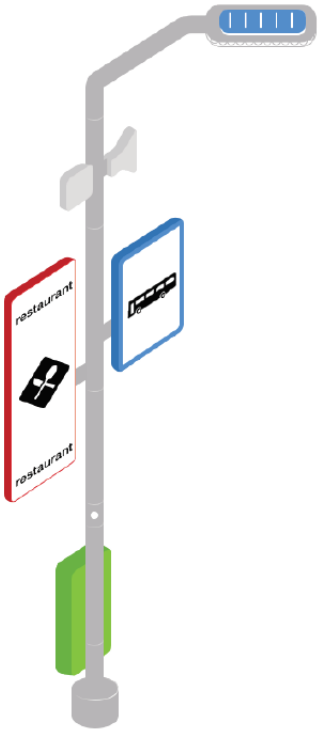
5. INTEGRACIJA PUNIONICA ZA ELEKTRIČNA VOZILA U SUSTAV JAVNE RASVJETE

Postavljanje punionica za električna vozila i njihovo širenje zbog sve većeg korištenja električnih vozila zahtjeva temeljito planiranje koje se nažalost u praksi često ne provodi. To onda negativno utječe na dijelove distribucijskog sustava kao što je, na primjer, infrastruktura javne rasvjete jer to netemeljito planiranje može izazvati preopterećenje i neravnotežu snage u sustavu. U tom slučaju je potrebno provesti odgovarajuće analize kako bi se smanjio taj negativan utjecaj.

Punionice za električna vozila mogu biti postavljene na namjenskoj ili na zajedničkoj infrastrukturi. Namjenska infrastruktura se koristi samo u svrhu punjenja električnih vozila, dok je zajednička infrastruktura prilagođena i integrirana s drugim tehnologijama kao što je npr. sustav javne rasvjete.

Zbog složenosti integracije punionica u zajedničku infrastrukturu potrebno je minimalizirati njen utjecaj i odrediti što je potrebno učiniti kako bi se ti utjecaji smanjili. Zbog toga praćenje i kontrola sustava javne rasvjete su bitni dijelovi integracije punionica kako bi se mogli provoditi pouzdane analize, pravovremene evaluacije, predviđanje budućih događanja i učinkovito planiranje promjena instalacije punionica. Sustav upravljanja energijom također može pomoći smanjenju utjecaja instalacije punionica tako da pruži načine spajanja s javnom rasvjetom kojima će smanjiti gubitke i pretjeranu potrošnju energije. Da bi se ovo sve postiglo potrebno je modernizirati sustave javne rasvjete u gradovima.

Rezultat te modernizacije je **pametna javna rasvjeta** čijim korištenjem se pridonosi kvaliteti života građana. Pametnu javnu rasvjetu čine razne funkcionalne jedinice kao što je sustav daljinskog upravljanja, senzori za nadzor prometa, opskrba rasvjetnog stupa energijom putem fotonaponskog sustava, digitalni prometni znakovi, integrirane punionice za električna vozila, reklame, Wi-Fi, te senzorska mreža putem koje je moguće dobiti podatke za pronalazak mjesta za parkiranje, informacije o kvaliteti zraka i slično. Prvi korak za uspostavljanje pametne rasvjete je zamjena već postojećih svjetiljki s LED svjetiljkama s kojima se može pravovremeno inteligentno upravljati. To će rezultirati smanjenjem potrošnje električne energije, ali integracijom dodatnih funkcija u stup svjetiljke povećati će korištenje snage. [23]



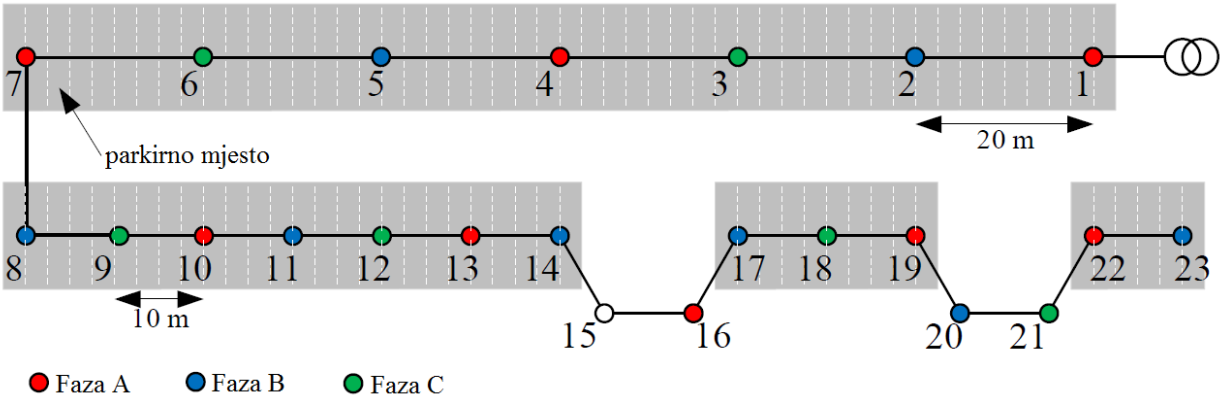
Slika 5.1. Stup pametne rasvjete [23]

U Hrvatskoj je u tijeku modernizacija javnih sustava rasvjete. Planiranje i koordinacija odvija se između jedinica lokalne samouprave i operatera distribucijskog sustava. Za grad Koprivnicu je napravljena analiza mogućnosti integracije punionica za električna vozila i fotonaponskog sustava u sustav javne rasvjete [24]. Ta analiza je pokazala da se fotonaponski sustav i punionice mogu integrirati u sustav javne rasvjete bez negativnog utjecaja na napon, opterećenje vodova ili gubitke snage.

Također je u Koprivnici napravljena i analiza mogućnosti integracije maksimalnog broja punionica na javnu rasvjetu. Analiza se sastojala od dva dijela. U prvom dijelu analiziran je tok snage i profil napona kada nije bilo integriranih punionica na javnu rasvjetu. Rezultat analize je pokazao da su svi vodovi bili opterećeni ispod 5% dozvoljene vrijednosti što je ukazivalo na veliki neiskorišteni kapacitet mreže. Nakon toga je metodologijom određivanja maksimalnog broja punionica koje se mogu integrirati u javnu rasvjetu u konkretnom primjeru izračunato da se može integrirati najviše 9 punionica u tu infrastrukturu javne rasvjete odnosno 3 punionice po fazi. U drugom dijelu analizirani su tokovi snaga nakon integracije tih 9 punionica. Vodovi su bili opterećeni ispod 90% kada su radile sve punionice, a profil napona pokazuje da su vrijednosti napona unutar dozvoljenih granica. [25]

5.1. Analiza integracije punionica u infrastrukturu javne rasvjete

Cilj analize je dobiti uvid kako punionice utječu na tokove snaga, opterećenja vodova i naponske profile u mreži. Za analizu integracije punionica korišten je primjer mreže javne rasvjete modeliran za grad Koprivnicu.



Slika 5.2. Raspored stupova javne rasvjete

Promatrana mreža ima 23 stupa javne rasvjete. Između prvog i osmog stupa razmak je 20 metar, a od osmog i dvadeset i trećeg stupa razmak je 10 metara. Stupovi su povezani podzemnim kablom XP00-A 4x25 mm^2. Svaki stup rasvjete ima na sebi dva rasvjetna tijela. Analiza utjecaja punionica će se provesti za tri različite vrste žarulja: živina, natrijeva i metal-halogena žarulja.

Infrastruktura javne rasvjete prikazana na slici 5.2. je modelirana u programu DIgSILENT PowerFactory. Svaki rasvjetni stup je modeliran kao jednofazni potrošač s aktivnom potrošnjom snage. Prvi potrošač (svjetiljka) je spojen na fazu A, druga na fazu B i treća na fazu C. Ovaj uzorak spajanja se dalje nastavlja kroz cijelu mrežu.

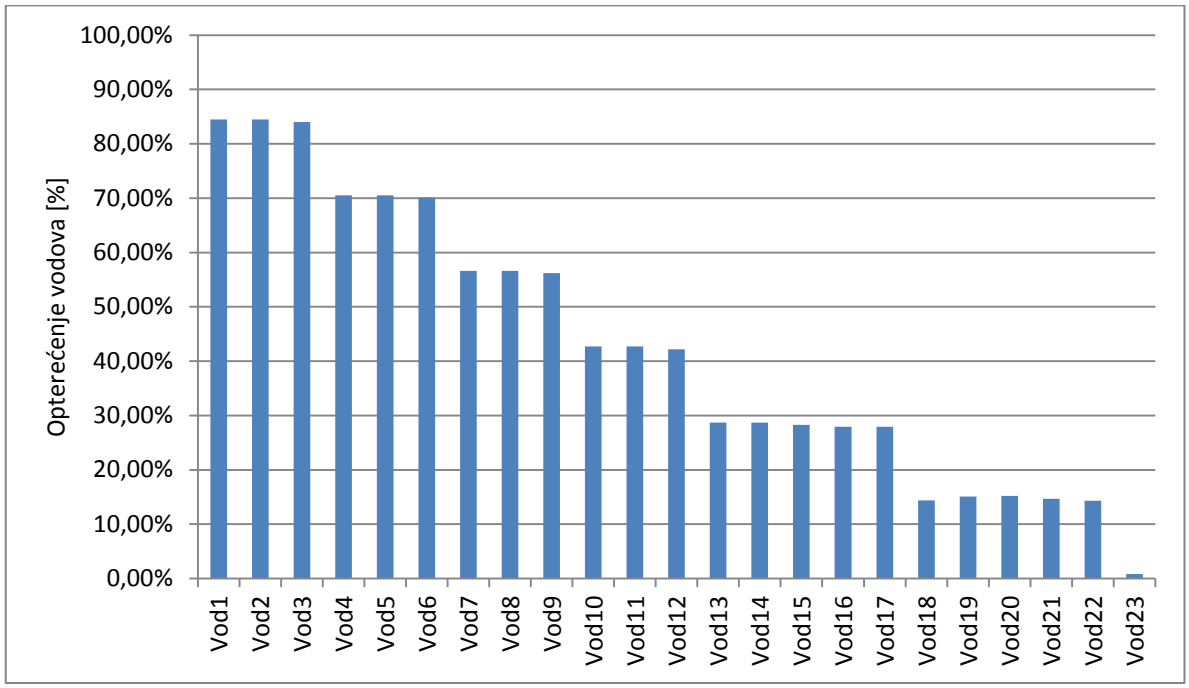
Ova infrastruktura javne rasvjete ne koristi svoj puni kapacitet i zbog toga nudi mogućnost integracije sporih punionica za električna vozila. Korištenjem sljedećeg izraza (1)[25] može se izračunati broj punionica koje se mogu integrirati u sustav javne rasvjete po fazi. Kod izraza se uzima u obzir broj i nazivna struja svjetiljki, nazivna struja punionica i nazivna struja kabla.

$$n \leq \frac{\sqrt{I_r^2 - (m \cdot I_L \cdot \sin \varphi_L)^2} - m \cdot I_L \cdot \cos \varphi_L}{I_{CS}} \quad (1)$$

I_r – nazivna struja kabela
n – broj punionica
m – broj svjetiljki
I_{CS} – nazivna struja punionica
I_L - nazivna struja svjetiljki

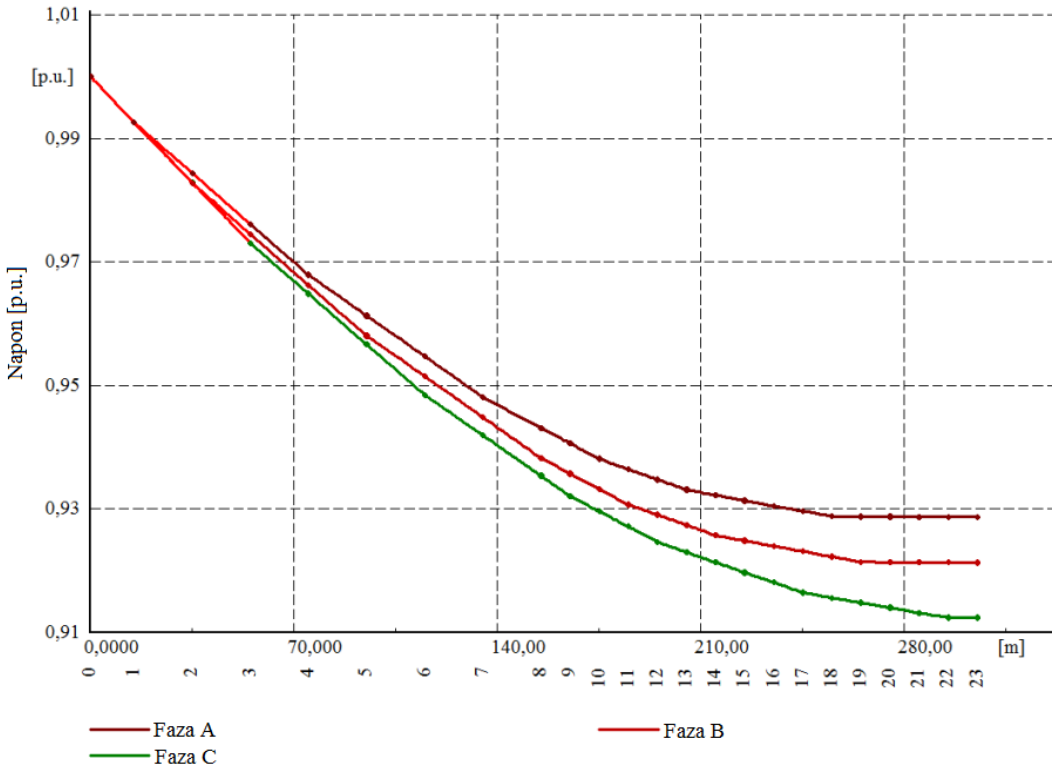
a) Integracija punionica u javnu rasvjetu sa živinim žaruljama

Izabrana je živina žarulja snage 50 W (100 W po stupu) i faktora snage 0,5. Snaga punionica iznosi 3500 W, a faktor snage im je 1. Korištenjem izraza (1) dobiven je rezultat $n \leq 6{,}617$, što znači da se može instalirati maksimalno 6 punionica po fazi odnosno ukupno 18 punionica. Analiza tokova snaga ovog slučaja provedena je u programu DiGSILENT PowerFactory. Na osnovu te analize određeni su podaci o opterećenju vodova (Slika 5.3.) i naponski profili (Slika 5.4.).



Slika 5.3. Prikaz opterećenja vodova s živinim žaruljama i integriranim punionicama

Iz prikazanog grafa (Slika 5.3.) možemo vidjeti kako svi vodovi opterećeni ispod granice opterećenja što znači da sve punionice mogu raditi kontinuirano s nazivnim kapacitetom. Najviše opterećeni vodovi su prva tri voda (vodovi 1-3) s 84,5% opterećenja, a najmanje opterećeni vodovi su zadnjih šest (vodovi 18-23) s opterećenjem ispod 20%.

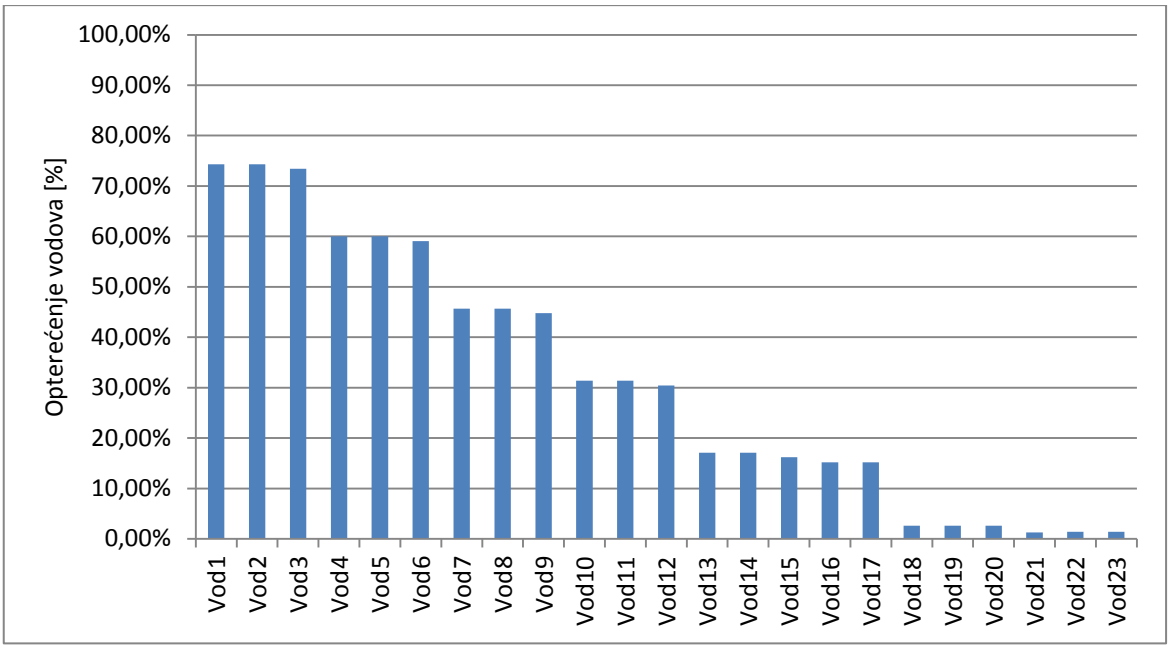


Slika 5.4. Naponski profil javne rasvjete s živinim žaruljama i integriranim punionicama

Iz grafa (Slika 5.4.) možemo vidjeti kako su vrijednosti napona svih sabirnica u dozvoljenim granicama. Najveći napon je na početku i iznosi 1,00 p.u., dok najmanji napon iznosi 0,92.

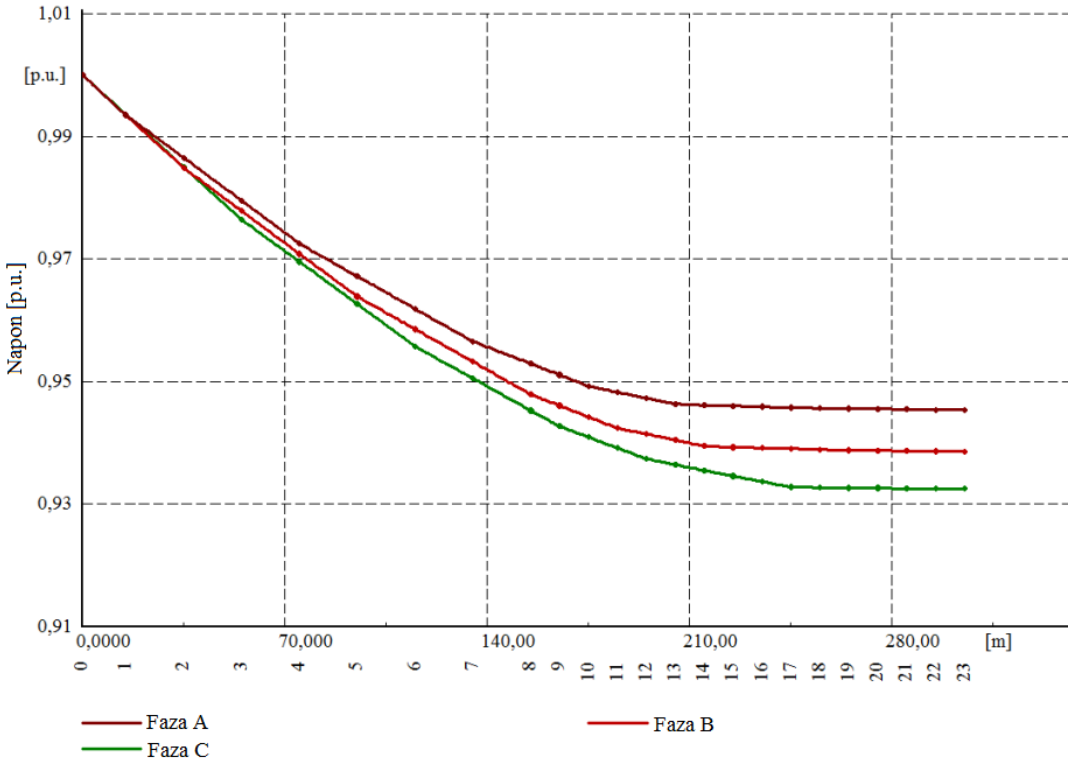
b) Integracija punionica u javnu rasvjetu sa natrijevim žaruljama

Izabrana je natrijeva žarulja snage 100 W (200 W po stupu) i faktora snage 0,6. Snaga punionica iznosi 3500 W, a faktor snage im je 1. Korištenjem izraza (1) dobiven je rezultat $n \leq 5{,}84$, što znači da se može instalirati maksimalno 5 punionica po fazi odnosno ukupno 15 punionica.



Slika 5.5. Prikaz opterećenja vodova s natrijevim žaruljama i integriranim punionicama

Iz prikazanog grafa (Slika 5.5.) možemo vidjeti kako svi vodovi opterećeni ispod granice opterećenja što znači da sve punionice mogu raditi kontinuirano s nazivnim kapacitetom. Najviše opterećeni vodovi su prva tri voda (vodovi 1-3) s 74,3% opterećenja, a najmanje opterećeni vodovi su zadnjih šest (vodovi 18-23) s opterećenjem ispod 10%.

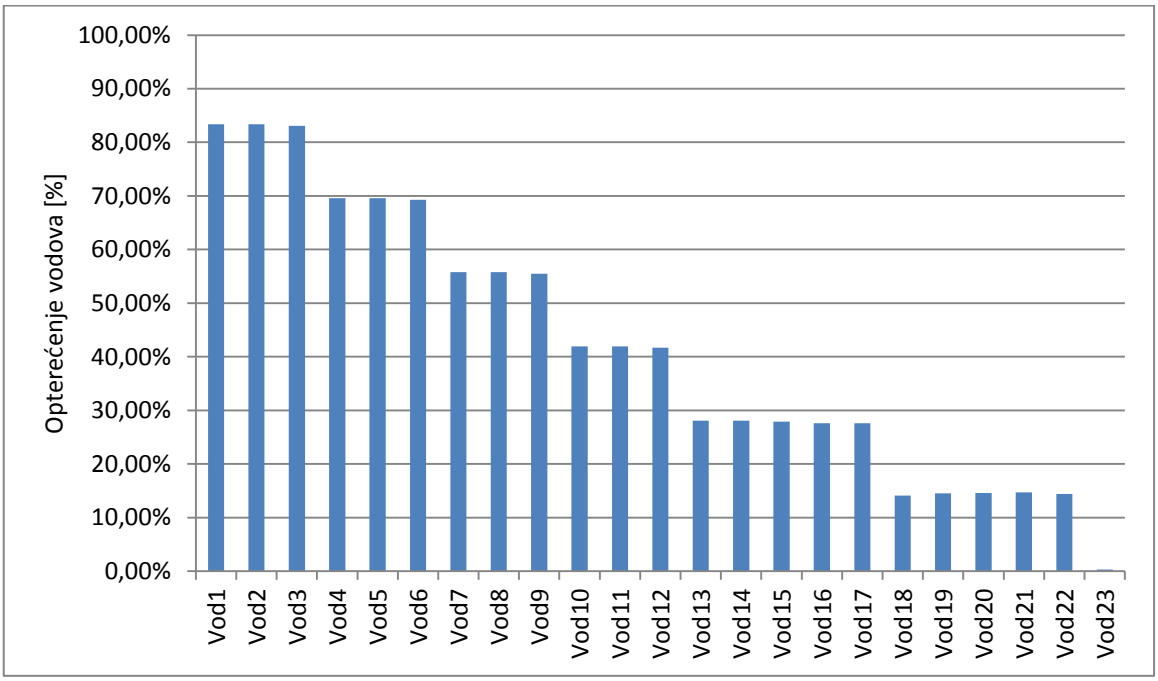


Slika 5.6. Naponski profil javne rasvjete s natrijevim žaruljama i integriranim punionicama

Iz grafa (Slika 5.6.) možemo vidjeti kako su vrijednosti napona svih sabirnica u dozvoljenim granicama. Najveći napon je na početku i iznosi 1,00 p.u., dok najmanji napon iznosi 0,94.

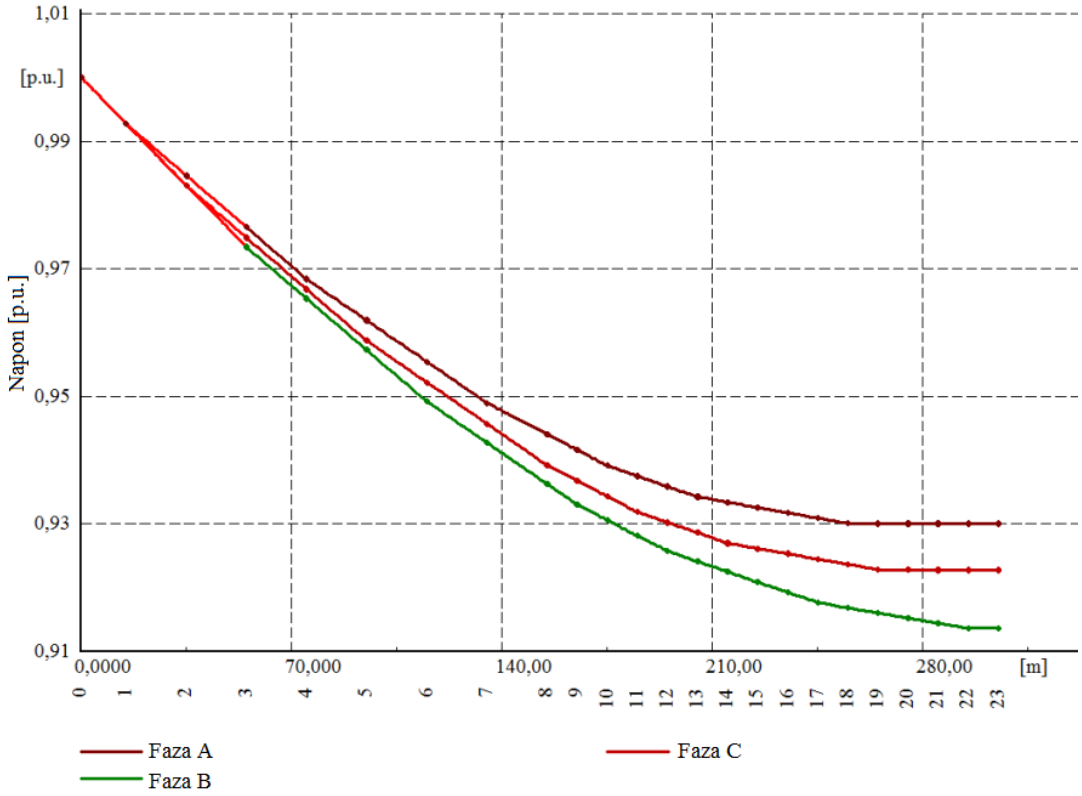
c) Integracija punionica u javnu rasvjetu sa metal-halogenim žaruljama

Izabrana je metal-halogena žarulja snage 35 W (70 W po stupu) i faktora snage 0,99. Snaga punionica iznosi 3500 W, a faktor snage im je 1. Korištenjem izraza (1) dobiven je rezultat $n \leq 6{,}9$, što znači da se može instalirati maksimalno 6 punionica po fazi odnosno ukupno 18 punionica.



Slika 5.7. Prikaz opterećenja vodova s metal-halogenim žaruljama i integriranim punionicama

Iz prikazanog grafa (Slika 5.7.) možemo vidjeti kako svi vodovi opterećeni ispod granice opterećenja što znači da sve punionice mogu raditi kontinuirano s nazivnim kapacitetom. Najviše opterećeni vodovi su prva tri voda (vodovi 1-3) s 83,4% opterećenja, a najmanje opterećeni vodovi su zadnjih šest (vodovi 18-23) s opterećenjem ispod 20%.



Slika 5.8. Naponski profil javne rasvjete s metal-halogenim žaruljama i integriranim punionicama

Iz grafa (Slika 5.8.) možemo vidjeti kako su vrijednosti napona svih sabirnica u dozvoljenim granicama. Najveći napon je na početku i iznosi 1,00 p.u., dok najmanji napon iznosi 0,92.

Kod sve tri vrste žarulja integracija punionica za električna vozila u javnu rasvjetu pomoću izračuna prema izrazu (1) neće negativno utjecati na naponski profil mreže.

ZAKLJUČAK

Javna rasvjeta važan je element urbanog okruženja. Stanovnicima pruža osjećaj sigurnosti i socijalne uključenosti, a također stvara i primamljivu atmosferu za turizam i poslovanje vezano uz noćni život. Od ukupno potrošene energije u Hrvatskoj na javnu rasvjetu se odnosi 3%. Manjom jačinom javne rasvjete moguće su uštede do 50% energije, a centralnim sustavom daljinskog upravljanja i nadzora ti troškovi se još značajnije mogu smanjiti.

Važan potencijal javne rasvjete u budućnosti je razvijanje novih usluga koje se mogu uklopiti u njenu infrastrukturu. Neke od tih usluga su: praćenje okoliša (temperatura, kvaliteta zraka, buka i dr.), optimizacija prometa, javna sigurnost, punjenje električnih vozila, dostupnost interneta, digitalna signalizacija i javna komunikacija. Javna rasvjeta se koristi kao platforma za ove usluge jer je povezana na energetsku mrežu, u vlasništvu je lokalnih jedinica i ulice na kojima se nalazi su sveprisutne (koriste ih pješaci, vozači i dr.).

Općenito je prihvaćeno da su električna vozila budućnost automobilske industrije. Međutim nedostatak punionica za električna vozila prepreka je njihovom daljnjem bržem razvoju i korištenju. Moguće rješenje za ovaj problem su električne točke za punjenje vozila koje treba integrirati u stupove javne rasvjete. To rješenje je ujedno i puno jeftinije od izgradnje posebnih punionica. Ograničenja kod integracije punionica na javnu rasvjetu je lokacija rasvjetnog stupa u odnosu na cestu zbog parkiranja prilikom punjenja, rasvjetni stup mora imati najmanji promjer od 140 mm kako bi se dijelovi punionice mogli smjestiti u njega i javna rasvjeta mora imati odgovarajuću vezu s mrežom da bi punjenje bilo sigurno.

U ovom radu analizirana je integracija punionica za električna vozila u infrastrukturu javne rasvjete uz primjenu tri različite vrste žarulja (živina, natrijeva i metal-halogena žarulja). Pri analizi je korištena metodologija za određivanje maksimalnog broja integriranih punionica po fazi. Rezultati analize pokazuju da su u sva tri primjera s različitim žaruljama vodovi bili opterećeni ispod 90% kada sve punionice rade s nazivnim kapacitetom. Također se vidi u svim naponskim profilima da su vrijednosti napona kod svih točaka javne rasvjete unutar dozvoljenih granica. Iz toga proizlazi da se punionice sporog punjenja lako mogu integrirati u dosada relativno nekorištenu infrastrukturu javne rasvjete.

LITERATURA

[1] JP elektro-privreda Bosne i Hercegovine d.d. Sarajevo, Studija elektromobilnosti u JP elektro-privreda BiH d.d. Sarajevo, prosinac 2018., dostupno na: https://www.epbih.ba/upload/documents/dokumenti/Studija_elektromobilnosti.pdf , [srpanj 2020.]

[2] Regionalna energetska agencija sjeverozapadne Hrvatske, Suvremena energetski učinkovita javna rasvjeta, dostupno na: http://regea.org/wp-content/uploads/2018/05/Suvremena-energetski-u%C4%8Dinkovita-javna-rasvjeta-sije%C4%8Danj-2009..pdf , [srpanj 2020.]

[3] Zakon o komunalnom gospodarstvu (NN 68/18), dostupno na: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2018_07_68_1393.html, [srpanj 2020.]

[4] Zakon o energetskoj učinkovitosti (NN 127/14, 116/18, 25/20), dostupno na: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2020_03_25_601.html, [srpanj 2020.]

[5] Zakon o zaštiti svjetlosnog onečišćenja (NN 14/19), dostupno na: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019_02_14_271.html, [srpanj 2020.]

[6] B. Mrvoš Pavić, NOVI ZAKON O ZAŠTITI OD SVJETLOSNOG ONEČIŠĆENJA: Obvezatno smanjivanje pretjerane noćne rasvjete, Glas Istre, dostupno na: https://www.glasistre.hr/hrvatska/novi-zakon-o-zastiti-od-svjetlosnog-oneciscenja-uskoro-u-primjeni-obvezatno-smanjivanje-pretjerane-nocne-rasvjete-584469 , [srpanj 2020.]

[7] Ekorasvjeta – građanska inicijativa, 5 kriterija ekološke rasvjete, dostupno na: http://www.ekorasvjeta.net/svjetlosno_oneciscenje/288/ , [srpanj 2020.]

[8] M. Ivanović, H. Glavaš, D. Blažević, Program učinkovitog korištenja energije u neposrednoj potrošnji na području OBŽ za razdoblje 2012.-2014. S osvrtom na 2016. godinu, dostupno na: http://www.etfos.unios.hr/~hglavas/120722_Program_Enu_OBZ.pdf , [rujan 2020.]

[9]Pravilnik o projektima JPP-a male vrijednosti, dostupno na: https://www.mingo.hr/public/documents/Prijedlog%20Pravilnika%20o%20projektima%20JPP-a%20male%20vrijednosti.pdf , [rujan 2020.]

[10] E. Širola, Cestovna rasvjeta, ESING, Zagreb, 1997.

[11] Končar – niskonaponske sklopke i prekidači d.o.o., Katalog razvodnih ormara, dostupno na: http://www.koncar-nsp.hr/docs/koncarnspHR/documents/59/2_1/Original.pdf , [rujan 2020.]

[12] TEP – Tvornica elektrotehničkih proizvoda d.o.o., dostupno na: http://www.tep.hr/razdjelnice/serija-mvf.html , [rujan 2020.]

[13] ARTA-ZIP d.o.o, dostupno na: https://www.arta-zip.com/proizvodi/urbano-komunalna-oprema/javna-rasvjeta/stup-oslo/3469 , [rujan 2020.]

[14] Regionalna energetska agencija sjeverozapadne Hrvatske, Svjetlotehnički priručnik katalog energetski učinkovite rasvjete, dostupno na: http://regea.org/wp-content/uploads/2018/05/Svjetlotehni%C4%8Dki-priru%C4%8Dnik-Katalog-energetski-u%C4%8Dinkovite-rasvjete-sije%C4%8Danj-2013..pdf , [srpanj 2020.]

[15] I. Wagner, Battery electric vehicles in use - worldwide 2012-2019, dostupno na: https://www.statista.com/statistics/270603/worldwide-number-of-hybrid-and-electric-vehicles-since-2009/ , [srpanj 2020.]

[16] Zakonom o promicanju čistih i energetski učinkovitih vozila u cestovnom prometu (NN 127/13), dostupno na: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2013_10_127_2752.html, [srpanj 2020.]

[17] Zakon o uspostavi infrastrukture za alternativna goriva (NN 120/16), dostupno na: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2016_12_120_2608.html, [srpanj 2020.]

[18] D. Škrlec, Fakultet elektrotehnike i računarstva, Elektroenergetska infrastruktura za prihvat hibridnih i električnih vozila, Zbornik radova Dani ovlaštenih inženjera elektrotehnike 2011.

[19] Schrack Technik d.o.o., Kako i čime najbolje puniti električna vozila?, dostupno na: https://www.schrack.hr/know-how/alternativni-izvori/elektromobilnost/punjenje-elektricnih-vozila/ , [srpanj 2020.]

[20] R. Raff, V. Golub, D. Pelin, D. Topić, Overview of charging modes and connectors for the electric vehicles, 2019 7th International Youth Conference on Energy (IYCE), srpanj 2019.

[21] Piraex d.o.o., O punjenju električnih vozila, dostupno na: https://epunjaci.hr/o-punjenju-elektricnih-vozila/ , [srpanj 2020.]

[22] H. Griffiths, The future of street lighting, Future cities catapult, dostupno na: https://iotuk.org.uk/wp-content/uploads/2017/04/The-Future-of-Street-Lighting.pdf , [srpanj 2020.]

[23] J. Perko, D. Topić, D. Šljivac, Exploitation of Public Lighting Infrastructural Possibilities, 2016 International Conference on Smart Systems and Technologies (SST), listopad 2016.

[24] D. Topić, H. R. Chamorro, G. Knežević, R. Rye, F. Gonzalez-Longatt, V. K. Sood, J. Perko, Analysis of PV Systems and Charging Stations Integration into the Public Lighting Infrastructure, 2019 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Europe (ISGT-Europe), rujan-listopad 2019.

[25] D. Topić, G. Knežević, D. Šljivac, M. Žnidarec, J. Perko, Integration of the EV charging stations into the public lighting infrastructure, 2019 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Europe (ISGT-Europe), rujan 2019.

SAŽETAK

Cilj ovog rada je ispitati mogućnosti integracije punionica za električna vozila u već postojeći sustav javne rasvjete. Kroz rad su opisane osnovne karakteristike javne rasvjete, zakonodavstvo koje sadrži propise za javnu rasvjetu i infrastruktura javne rasvjete. Nadalje je spomenuta važnost električnih vozila u promicanju čistih i energetski učinkovitih vozila u cestovnom prometu. Opisane su punionice za električna vozila te načini punjenja vozila. Izrađena je analiza integracije punionica za EV u infrastrukturu javne rasvjete uz korištenje 3 različite vrste žarulja (živina, natrijeva i metal-halogena žarulja).

Ključne riječi: Električna vozila, punionice za električna vozila, žarulje, integracija punionica u sustav javne rasvjete, infrastruktura javne rasvjete.

ABSTRACT

The aim of this paper is to examine the possibilities of integrating charging stations for electric vehicles into the already existing public lighting system. The paper describes the basic characteristics of public lighting, legislation containing regulations for public lighting and public lighting infrastructure. Further mentioned was the importance of electric vehicles in promoting clean and energy efficient vehicles in road transport. Charging stations for electric vehicles and methods of charging vehicles are described. An analysis of the integration of EV charging stations into the public lighting infrastructure was made using 3 different types of lamps (mercury, sodium and metal-halide lamps).

Keywords: Electric vehicles, charging stations for electric vehicles, lamps, integration of charging stations into the public lighting, infrastructure of public lighting.

ŽIVOTOPIS

Rođen je u Osijeku 26. prosinca 1993. godine. Osnovnu školu „Dobriše Cesarića“ u Osijeku završava 2008. godine s odličnim uspjehom. Nakon završene osnovne škole upisuje III. Gimnaziju (Matematičku) u Osijeku koju završava 2012. godine s vrlo dobrim uspjehom. Od sedmog razreda osnovne škole bavi se streljaštvom i aktivni je član streljačkog kluba „GSK Centar 1784“. Godine 2009. osvaja prvo mjesto u disciplini brzog gađanja malo kalibarskim pištoljem na državnom prvenstvu u Solinu. Nakon završene srednje škole upisuje Elektrotehnički fakultet u Osijeku, te se kasnije odlučuje za smjer elektroenergetike. Preddiplomski studij završava 2018. godine i upisuje te iste godine diplomski studij na Fakultetu elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija u Osijeku, smjer Održiva elektroenergetika.