

# IMPLEMENTACIJA PUNIONICE ZA ELEKTRIČNA VOZILA U STUPOVE JAVNE RASVJETE

---

**Gundić, Patrik**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2024**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Rijeka, Faculty of Engineering / Sveučilište u Rijeci, Tehnički fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:190:198374>

*Rights / Prava:* [Attribution 4.0 International](#)/[Imenovanje 4.0 međunarodna](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-18**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Engineering](#)



SVEUČILIŠTE U RIJECI

**TEHNIČKI FAKULTET**

Diplomski sveučilišni studij elektrotehnike

Diplomski rad

**IMPLEMENTACIJA PUNIONICE ZA ELEKTRIČNA  
VOZILA U STUPOVE JAVNE RASVJETE**

Rijeka, ožujak 2024.

Patrik Gundić  
006971065

SVEUČILIŠTE U RIJECI

**TEHNIČKI FAKULTET**

Diplomski sveučilišni studij elektrotehnike

Diplomski rad

**IMPLEMENTACIJA PUNIONICE ZA ELEKTRIČNA  
VOZILA U STUPOVE JAVNE RASVJETE**

Mentor: izv. Prof. dr. sc. Rene Prenc

Rijeka, ožujak 2024.

Patrik Gundić  
006971065

Rijeka, 10. ožujka 2023.

Zavod: **Zavod za elektroenergetiku**  
Predmet: **Zaštita i automatika električnih postrojenja**  
Grana: **2.03.01 elektroenergetika**

## ZADATAK ZA DIPLOMSKI RAD

Pristupnik: **Patrik Gundić (0069071065)**  
Studij: **Sveučilišni diplomski studij elektrotehnike**  
Modul: **Elektroenergetika**

Zadatak: **Implementacija punionice za električna vozila u stupove javne rasvjete /  
Implementation of electric vehicle charging stations into public lighting  
poles**

### Opis zadatka:

U radu će se najprije opisati sustav rada električnih punionica i opisati trenutni sustav javne rasvjete u RH. Zatim će se obraditi integracija sustava javne rasvjete i punionica za električna vozila. Opisati će se cijeli sustav punjenja vozila na modelu iz rasvjetnog stupa. Predložiti će se sustav zaštite te opisati uređaje korištene u svrhu zaštite vozila i samog sustava. U završnom dijelu će se dati uvid u cijeli sustav i konstatirati prednosti i mane implementacije električnih punionica u stupove javne rasvjete.

Rad mora biti napisan prema Uputama za pisanje diplomskih / završnih radova koje su objavljene na mrežnim stranicama studija.



Zadatak uručen pristupniku: 20. ožujka 2023.

Mentor:



---

Doc. dr. sc. Rene Prenc

Predsjednik povjerenstva za  
diplomski ispit:



---

Prof. dr. sc. Dubravko Franković

## IZJAVA

Izjavljujem da sam završni rad pod naslovom „Implementacija punionice za električna vozila u stupove javne rasvjete“ iz kolegija „Zaštita i automatika električnih postrojenja“ izradio samostalno, sukladno „Uputama za pisanje završnog/diplomskog rada“, koristeći navedenu literaturu i znanje stečeno tijekom studiranja na Tehničkom fakultetu u Rijeci uz konzultacije s mentorom izv. Prof. dr. sc. Rene Prenc.

Rijeka, ožujak 2024.

---

Patrik Gundić



# SADRŽAJ

SADRŽAJ .....	2
1 UVOD.....	4
2 PUNIONICE ELEKTRIČNIH VOZILA.....	5
2.1 Vozila na električni pogon.....	5
2.1.1 Povijest i razvoj električnih vozila .....	5
2.2 Infrastruktura za punjenje električnih vozila .....	6
2.3 Punjenje električnih vozila .....	8
2.3.1 Povijest tehnologije punjenja električnih vozila .....	8
2.3.2 Osnovni pojmovi električnih punionica .....	9
2.3.3 Principi punjenja električnog vozila .....	10
2.3.4 Vrste konektora za punjenje električnih vozila.....	13
3 Zaštita punionica za električna vozila.....	16
3.1 Važnost zaštite .....	16
3.2 Elementi zaštite električnih punionica.....	17
3.2.1 Prenaponska zaštita .....	17
3.2.2 Podnaponska zaštita .....	17
3.2.3 Nadstrujna zaštita .....	18
3.2.4 Niskonaponski prekidači .....	20
3.2.5 Zaštitni uređaj diferencijalne struje.....	21
3.2.6 Zaštita od preopterećenja.....	21
3.2.7 Zaštita od suprotnog polariteta .....	22
3.3 Instalacija električne punionice .....	22
4 Javna rasvjeta.....	26
4.1 Karakteristike sustava javne rasvjete.....	27
4.1.1 Razvodni uređaji javne rasvjete .....	28
4.2 Dijelovi javne rasvjete .....	30
4.2.1 Vodovi i kablovi .....	30
4.2.2 Stup javne rasvjete.....	30
4.2.3 Rasvjetna tijela .....	31
4.3 Primjer analiza stanja sustava javne rasvjete za grad Sveti Ivan Zelina.....	31

5	Punionice za električna vozila u stupu javne rasvjete.....	36
5.1	Razine punjena električnih vozila unutar sustava javne rasvjete .....	37
5.2	Prednosti i nedostaci punjača u stupu javne rasvjete .....	38
5.2.1	Prednosti .....	38
5.2.2	Nedostaci .....	39
5.3	Tehnički uvjeti za implementaciju punionice za električna vozila unutar sustava javne rasvjete 40	
5.4	Punionica za električna vozila unutar stupa javne rasvjete .....	45
5.4.1	Ubitricity.....	45
5.4.2	Char.gy .....	46
5.5	Sheme stupova javne rasvjete s ugrađenom punionicom za električna vozila .....	47
6	Zaključak.....	50
	Literatura .....	51
	Prilozi.....	53
	Sažetak .....	56
	Summary .....	56



# 1 UVOD

U posljednjim desetljećima svjedočimo ubrzanom razvoju električnih vozila kao odgovora na rastuće ekološke izazove i nužnost smanjenja ovisnosti o fosilnim gorivima. U skladu s ovom evolucijom, infrastruktura električnih punionica također se prilagođava potrebama suvremenog društva usmjerenog na održivost. Električne punionice postale su ključni čvorovi u globalnoj mreži mobilnosti, pružajući podršku širenju električne mobilnosti.

Proces elektrifikacije vozila započeo je radom na električnim baterijama i motorima još u 19. stoljeću, no tek suvremene tehnologije i ekološki imperativi ubrzali su masovno usvajanje električnih vozila u posljednjem desetljeću. Uz poticajne mjere i razvoj naprednih baterijskih tehnologija, električna vozila postala su dostupnija, dugotrajnija i prilagodljivija, čime su i potrebe za odgovarajućom infrastrukturom za punjenje postale sve izraženije. Unutar takve infrastrukture, električne punionice predstavljaju značajnu ulogu razvoju elektrifikacije i električne mobilnosti. Raznolike vrste punionica, od kućnih stanica do javnih punionica, omogućavaju vozačima da napune svoja vozila na putu prema radu, kući ili tijekom dužih putovanja. Međutim, kako se infrastruktura električnih punionica širi, javljaju se i povećane potrebe za sigurnošću i zaštitom električnih punionica.

Važnost upotrebe pravilnih zaštitnih elemenata u električnim punionicama ne može se zanemariti, s obzirom na specifičnosti i izazove koje predstavljaju električni sustavi. Zaštita ljudi i imovine predstavlja najbitniji faktor u svemu. Zaštitni elementi osiguravaju sigurnost, pouzdanost i učinkovitost punionica, smanjujući rizik od kvarova, požara ili drugih neželjenih situacija, stoga predstavljaju važnu kariku unutar samih električnih punionica. Sustav zaštite osim očigledne zaštitne funkcije ima i ulogu u prevenciji neovlaštenog pristupa punionicama te nelegalne potrošnje električne energije. Svi zaštitni elementi čine temelj sigurnosti električnih punionica, ne samo tehničke prirode već i za zdravlje i dobrobit korisnika i okoline.

U ovom radu će se opisati sustav punionica za električna vozila, prikazati osnovne karakteristike punionica za električna vozila te principi punjenja vozila. U glavnom dijelu rada će se opisati zaštitni elementi koji se koriste u punjačima za električna vozila, opisati sustav javne rasvjete te prikazati tehničke mogućnosti implementacije punionice za električna vozila unutar stupa javne rasvjete.

## 2 PUNIONICE ELEKTRIČNIH VOZILA

### 2.1 Vozila na električni pogon

Električna mobilnost postaje ključni aspekt društva kako bi se ostvarila tranzicija prema ekološki prihvatljivijim oblicima prijevoza. U procesu prelaska s motora s unutarnjim izgaranjem na električne motore, određene aktivnosti su pokrenute radi postizanja smanjenja emisija stakleničkih plinova i promicanja održive mobilnosti. U tom smislu, pokreću se inicijative s ciljem zamjene tradicionalnih vozila koja se pogone motorima na unutarnje izgaranje s električnim motorima koji postaju sve veći predmet interesa i ulaganja. Sve veću popularnost, električna vozila, uživaju ne samo zbog smanjenog ekološkog utjecaja, već i zbog tišeg rada, čime doprinose smanjenju buke u urbanim područjima koji imaju velike probleme s razinom buke. Prednost vozila na električni pogon su i bolje performanse vozila. Također, električni motori imaju manje pokretnih dijelova u usporedbi s motorima s unutarnjim izgaranjem, što rezultira manjim potrebama za održavanjem i dugotrajnijim vijekom trajanja. Međutim, ušteda CO<sub>2</sub> ključna je prednost električnih automobila. Prema istraživanjima prosječni električni automobil proizvede puno manje CO<sub>2</sub> tijekom svog životnog vijeka usporedbi s vozilima koje posjeduju motore s unutarnjim izgaranjem. S obzirom da cestovni promet zauzima petinu emisija CO<sub>2</sub>, cilj Europske unije je do 2030. godine smanjiti emisije automobila za 55 posto naspram emisijskih razina iz 2021. godine što bi posljedično utjecalo na ostvarenje cilja o klimatskoj neutralnosti do 2050. godine. Stoga se sve veća pažnja daje vozilima na električni pogon. Procesi proizvodnje takvih vozila se usklađuju s normama koje promiču smanjenje ekološkog utjecaja. Kako bi se osigurao pravilan rad potrebno je omogućiti adekvatnu infrastrukturu prilagođenu električnim vozilima. Stoga ulaganja u tehnološki napredak, baterijske inovacije i infrastrukturni razvoj igraju ključnu ulogu u promicanju električnih motora. Stvaranje poticajnog okruženja za razvoj električne mobilnosti postaje prioritet kako bi se olakšao širi prihvata ovih tehnologija. U tom kontekstu, električni motori postaju simbol tehnološkog preporoda u automobilskoj industriji, potičući prilagodbu i promjene kako bi se postigao održiviji i ekološki prihvatljiviji prometni sustav[1].

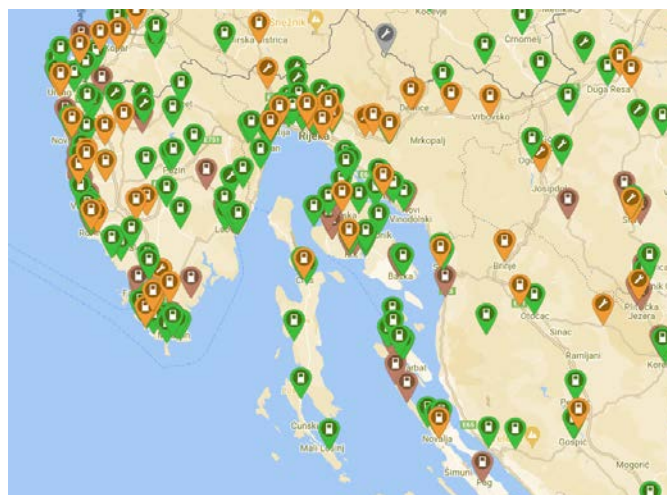
#### 2.1.1 Povijest i razvoj električnih vozila

U drugoj polovici 19. stoljeća, električna vozila su se počela pojavljivati kao inovativno rješenje u svijetu transporta. Razvoj električnih vozila započeo je s radom Thomasa Davenporta, koji je 1834. godine izgradio prvi električni automobil u Sjedinjenim Američkim Državama.

Međutim, tijekom narednih desetljeća, električna vozila nisu odmah pronašla masovnu primjenu zbog ograničenja u tehnologiji baterija. Pravi proboj dogodio se krajem 19. stoljeća, kada je Thomas Edison, poznat po svojim inovacijama u području električne energije, predstavio poboljšane baterije. Ove baterije su znatno produžile domet električnih vozila i potaknule interes širom svijeta. Tijekom istog razdoblja, u Europi su se počela pojavljivati električna taksi vozila u gradovima poput Londona i Pariza. Unatoč ranim uspjesima, električna vozila su tijekom 20. stoljeća izgubila svoju dominaciju na tržištu zbog vozila s unutarnjim izgaranjem. Razlozi za to uključuju jeftinije cijene benzina, poboljšanja u konvencionalnoj automobilskoj tehnologiji te razvoj brze i praktične mreže benzinskih postaja.[2] S kretanjem prema održivosti i rastuće svijesti o ekološkim pitanjima, interes za električna vozila ponovno je porastao tijekom posljednjih nekoliko desetljeća. Tehnološki napredak u baterijama, razvoj elektromotora i potpora državnih poticaja doprinijeli su ubrzanom usponu električnih vozila na tržištu. U zadnjih nekoliko godina ponovno se javlja ogroman interes za električnim automobilima ponajviše zbog ekološke osviještenosti društva (Kuznetskova krivulja). Danas veliki proizvođači automobila aktivno ulažu u istraživanje i razvoj električnih vozila kako bi ispunili zahtjeve tržišta i regulativne standarde koji potiču na smanjenje emisija stakleničkih plinova.[3] Električna vozila predstavljaju ključni element tranzicije prema održivijem i ekološki prihvatljivijem prometu.

## **2.2 Infrastruktura za punjenje električnih vozila**

Infrastruktura za punjenje električnih vozila u Europskoj uniji doživljava značajan razvoj uslijed sve veće popularnosti električnih vozila i ciljeva smanjenja emisija stakleničkih plinova. Europska regulativa za infrastrukturu alternativnih goriva (AFIR) igra ključnu ulogu u poticanju razvoja mreže punionica i osiguravanju njihove dostupnosti. Ova regulativa, koja je službeno prihvaćena kao zakon Europske unije, postavlja standarde za izgradnju punionica za električna vozila te osigurava njihovu dostupnost diljem EU. Prema novoj direktivi, punionice za električna vozila bit će dostupnije u EU od 2024. godine, što uključuje i postavljanje punionica na javnim parkiralištima, benzinskim postajama i drugim javnim mjestima. Prvi dio regulative nalaže da se za svako registrirano električno vozilo postave punionice u ekvivalentu snage 1,3 kW, te 0,8 kW snage za svako hibridno vozilo. S obzirom na trenutno stanje u Hrvatskoj koje broji oko 5850 registriranih električnih vozila te oko 3000 hibridnih vozila, potrebno je planirati postavljanje punjača za električna vozila ukupne snage oko 10000 kW.[5]



*Slika 2.1 Trenutačni popis punionica u Primorsko goranskoj županiji i okolici[8]*

Drugi dio regulative se odnosi na obavezu postavljanja punionica na takozvanom TEN-T koridoru koji povezuje sve glavna prometna središta u Europi te na prometnice koje su povezane s TEN-T koridorom čime se omogućuje jednostavni transport električnim vozilima širom Europske Unije. Za osobne automobile cilj je postaviti punionice na svakih 60 km koridora s minimalnom dostupnom snagom od 400 kW koja se može raspodijeliti na više punionica, ali s minimalno jednom punionicom snage 150 kW. Dugoročni planovi Europske unije uključuju i istraživanje i razvoj naprednih tehnologija za punjenje, poput superbrzih punionica i induktivnih punionica koje omogućuju bežično punjenje vozila. Ovakve inovacije potiču konkurentnost između različitih tvrtki te potiče napredak u tehnologiji kako bi se zadovoljile potrebe rastućeg tržišta električnih vozila.

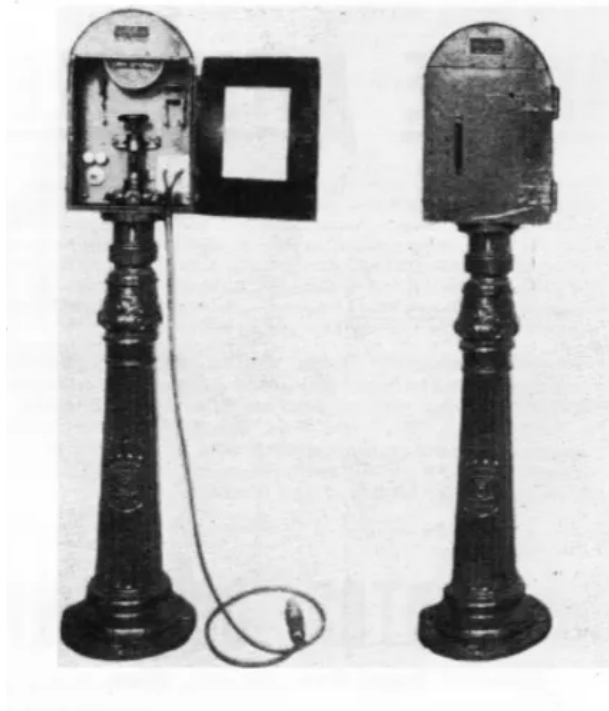


*Slika 2.2 Punionica na odmorištu na autocesti[6]*

## 2.3 Punjenje električnih vozila

### 2.3.1 Povijest tehnologije punjenja električnih vozila

Pojavom prvih električnih vozila koja datiraju još iz 19. stoljeća postojala je i potreba za punjenjem istih vozila. U početku vozila su imala jednokratne baterije koje se nisu mogle nadopunjavati već su se morale mijenjati nakon svake upotrebe. Razvojem punjivih višekratnih baterija omogućile su novim modelima električnih vozila veći domet i pouzdaniju upotrebu. Najveći problem prvih električnih vozila je bilo to što do početka 20. stoljeća mnoga kućanstva nisu imala električnu energiju te nije bilo moguće puniti baterije kod kuće čime se razvila potreba za prvim stanicama za punjenje električnih vozila. Zahvaljujući stanicama i elektrifikaciji kućanstava električna vozila su postala pristupačnija ljudima. Automobili su se punili tako da su se vadile baterije te nadopunjavale te potom vraćale natrag u vozilo. Tvrtka General Electric je postavila prve punionice „Electrant“ na javnim mjestima u velikim američkim gradovima. Bile su nalik telefonskim govornicama, a služile su za punjenje električnih vozila.[4]



Slika 2.3 Prve punionice za električna vozila("Electrant")[7]

S obzirom na ograničene mogućnosti tadašnjih baterija i male domete vozila s električnim motorima, uslijed sve raširenije mreže prometnica i sve većih udaljenosti koje je trebalo prelaziti,

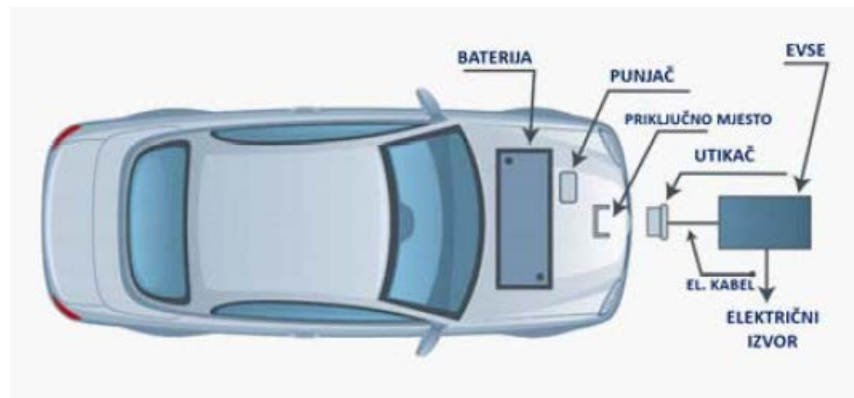
električna vozila postaju nepraktična i neuopotrebljiva što dovodi do masovne upotrebe motora na unutarnje izgaranje radi povoljnije i cijene i boljih performansi te dolazi do potpunog zapostavljanja električnih vozila u automobilskoj industriji. Stagnacija traje sve do kraja 20. stoljeća kada se ljudi prvenstveno radi ekološkog osvješćivanja. Prvi modeli s kraja 20. stoljeća su se mogli puniti kod kuće koristeći običnu kućnu utičnicu. Uz njih su u početku bili jako zastupljeni i hibridni modeli koji su koristili i motor s unutarnjim izgaranjem i električni motor koji nije imao mogućnost nadopunjavanja iz vanjskog izvora.

### 2.3.2 Osnovni pojmovi električnih punionica

Radi potpunog razumijevanja procesa punjenja električnih vozila potrebno je nabrojiti i predstaviti osnovne pojmove koji se nalaze u samoj infrastrukturi električnih punionica. Infrastruktura električnih punionica se sastoji od nekoliko glavnih dijelova[4]:

- Jedinica za napajanje energijom - Osnovni uređaj za punjenje električnih vozila. Postoje različite vrste punionica, uključujući kućne punionice, javne punionice i brze punionice. Svaka od njih ima različite kapacitete punjenja i funkcionalnosti.
- Priključni kabel za vozila - Kabel koji povezuje električno vozilo s punionicom. Različite punionice i vozila mogu koristiti različite vrste priključaka, pa se kabeli često prilagođavaju kako bi odgovarali određenom standardu.
- Priključno mjesto na vozilu – Priključak koji je ugrađen unutar vozila koji povezuje električno vozilo s jedinicom za napajanje energijom pomoću priključnog kabela. Iako ne postoji tipično mjesto priključka na svim vozilima, učestala pojava je da se nalazi na mjestu gdje se kod automobila s motorima na unutarnje izgaranje nalazi poklopac rezervoara. Ne postoji univerzalan tip ulaza za sva vozila, već se oni razlikuju o čemu će se više reći u potpoglavlju 3.3.4.
- Punjač – uređaj integriran unutar vozila čija je svrha konverzija izmjenične u istosmjernu struju. Ukoliko se istosmjerna struja dovodi direktno prema bateriji tada je njegova funkcija kontrolirati punjenje.
- Mjerni sustav – Mjerni uređaj koji prati potrošnju električne energije tijekom punjenja. Mjerna jedinica za praćenje potrošene energije je kilovat-sat (kWh)

- Komunikacijski sustav - Omogućuje komunikaciju između vozila i punionice, pružajući informacije o stanju punjenja, vremenu punjenja i slično. Ovo može uključivati i tehnologije poput bežičnog povezivanja.
- Sigurnosni sustavi – Sustav koji uključuje mjere zaštite on prenapona, strujnih udara, krađe, i slično. Ovi sustavi osiguravaju sigurnost tijekom punjenja.
- Baterije – Jedan od najbitnijih dijelova električnih automobila. One osiguravaju energiju koju vozilo koristi za pogon. O njima ovisi autonomija kretanja koja je ključan faktor prilikom odabira električnog vozila. Postoji puno vrsti baterija koje se razlikuju prema sastavu, masi, dostupnoj energiji i kapacitetu koje se koriste za pohranu energije, ali su trenutno najrasprostranjenije litij-ionske baterije.



Slika 2.4 Sustav za punjenje električnog vozila

### 2.3.3 Principi punjenja električnog vozila

Postoji nekoliko načina punjenja električnih vozila definiranih publikacijom IEC 61851 (Sustavi kontaktnog punjenja električnih vozila) izdanom od strane međunarodnog elektrotehničkog povjerenstva (IEC) koja je na snazi od 2019. godine te norme IEC 62196 (Utikači, utičnice, spojevi i spojnice na vozilima -- Kontaktno punjenje električnih vozila) koja je na snazi od 2022. godine. Sustavi punjenja se dijele na:

- Kućno punjenje(AC): Većina vlasnika električnih vozila puni svoje vozilo kod kuće koristeći standardnu kućnu električnu utičnicu. Ova metoda obično koristi izmjeničnu struju (AC) i prikladna je za noćno punjenje ili kada vozilo nije u upotrebi dulje vrijeme. Punjenje se vrši direktno pasivnom vezom. Maksimalna struja i snaga punjenja je 16A – 3,7 kW ako se radi o jednofaznom priključku te 16 A – 11 kW

ukoliko se radi o trofaznom priključku. Punjenje se vrši bez uzemljenja, zbog čega nailazi na zabrane u mnogim zemljama. Punjenje je sporo, ali ne troši puno energije.

- Javne punionice(AC): Punionice u sklopu objekata gdje se ljudi povremeno zadržavaju te im se omogućuje punjenje vozila, poput trgovačkih centara, parkinga i drugih javnih površina. Vozačima se omogućuje da se pomoću svojih kablova povežu s punionicom te tako napune svoje vozilo dok obavljaju svakodnevne aktivnosti. Punjenje se vrši standardnom utičnicom, ali pod zaštitom koja je integrirana unutar kabela. Maksimalna struja i snaga punjenja je 32A – 7,4 kW ako se radi o jednofaznom priključku te 32 A – 22 kW ukoliko se radi o trofaznom priključku. Punjač je uzemljen, opremljen nadstrujnom zaštitom te zaštitom od pregrijavanja. Sve češće se koristi u kućanstvima.



*Slika 2.5 Kućni punjač za električna vozila*

- Brze punionice(DC): Brze punionice koriste istosmjernu struju (DC) i omogućuju znatno brže punjenje u usporedbi s kućnim punjenjem ili javnim punionicama s izmjeničnom strujom. Ove punionice često se nalaze na autocestama i drugim prometnim točkama te mogu značajno smanjiti vrijeme punjenja. Brzo punjenje je omogućeno pomoću posebnog priključka s više igala, koji kontrolira proces punjenja te služi za zaštitu. Raspon snage ovakvih punionica se kreće u rasponu od 50 kW sve do 350 kW.





*Slika 2.6 Brzi punjač za električna vozila[18]*

- Superbrze punionice: Najnoviji tehnološki razvoji uključuju superbrze punionice koje koriste visokonaponsku istosmjernu struju i omogućuju vrlo brzo punjenje baterija, često unutar nekoliko desetaka minuta. Ove punionice su namijenjene za duže vožnje i omogućuju brzo dopunjavanje na putu. Punjenje se vrši pomoću istosmjerne struje koristeći specifične punjače s ugrađenom kontrolom i zaštitom koje pružaju snagu preko 350 kW pa sve do 1 MW.



*Slika 2.7 Superbrzi punjač za električna vozila[19]*

- Bežične punionice: Inovacije u tehnologiji omogućuju bežično punjenje električnih vozila. Ova metoda koristi elektromagnetsko polje za prijenos energije između punionice i vozila, eliminirajući potrebu za fizičkim priključivanjem kabela. Bežično punjenje trenutno se primjenjuje u nekim modelima električnih vozila i na određenim javnim punionicama.



*Slika 2.8 Bežično punjenje električnog vozila[17]*

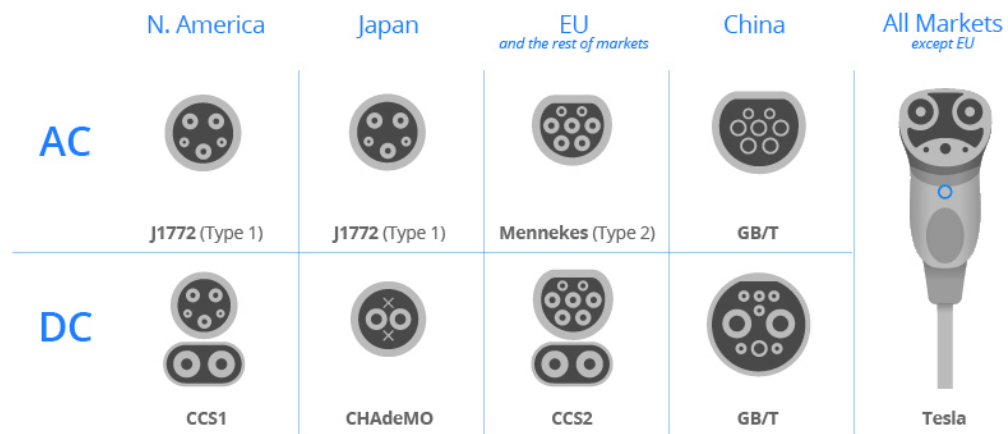
#### 2.3.4 Vrste konektora za punjenje električnih vozila

Postoje različite vrste konektora za punjenje električnih vozila, a svaka vrsta ima svoje karakteristike i pogodna je za određenu vrstu punjenja. Izbor tipa konektora za punjenje električnog vozila ovisi o nekoliko faktora, uključujući vrstu vozila, dostupnost punionica i željenu brzinu punjenja. Najčešći tipovi konektora su:[16,20]

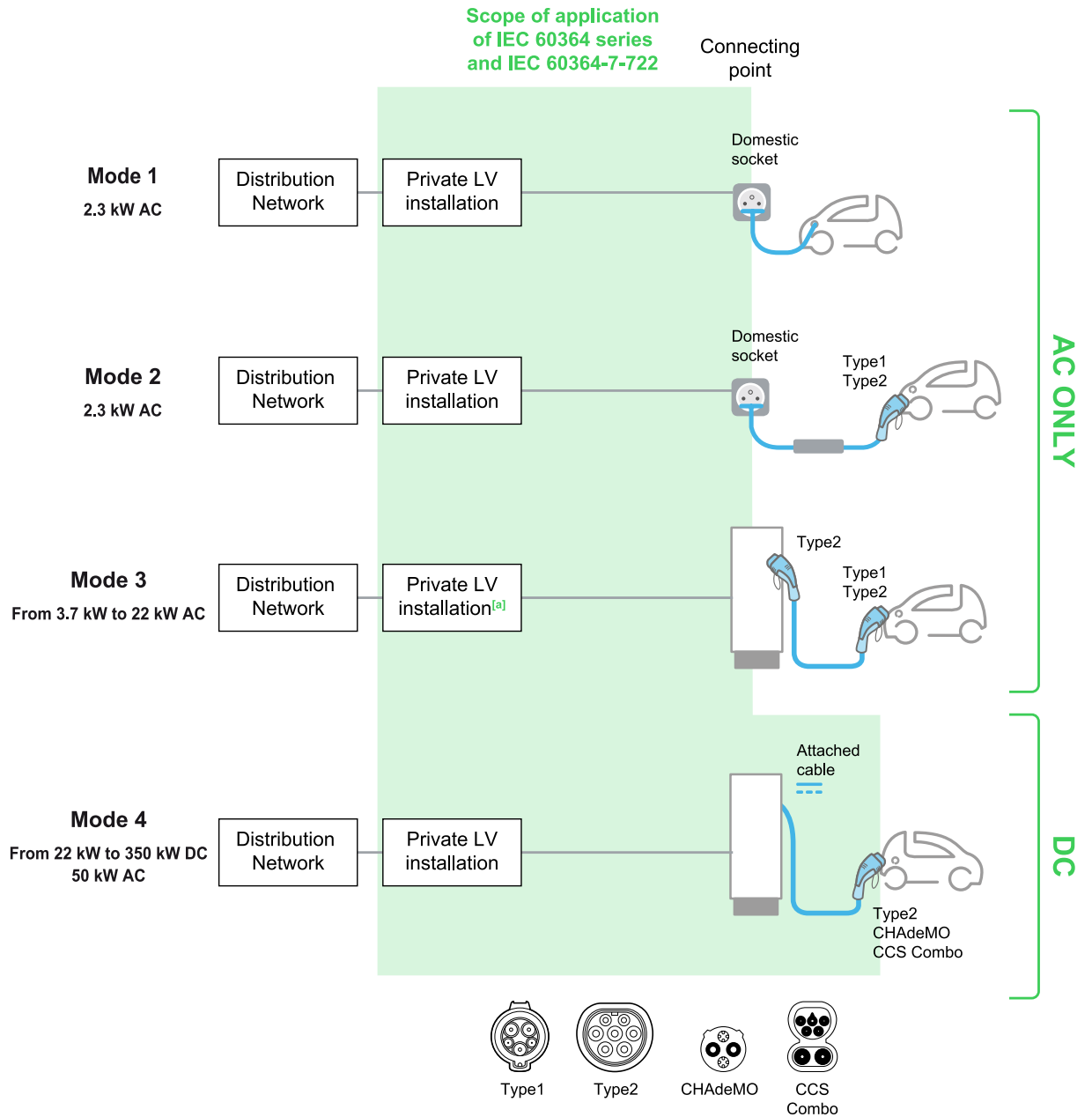
- **Tip 1 (J1772):** Konektor koji omogućava punjenje izmjeničnom strujom do 7,2 kW. Ne podržava punjenje istosmjernom strujom. Najčešće se koristi u Sjevernoj Americi.
- **Tip 2 (Mennekes):** Najčešće korišteni konektor u Europi. Omogućava punjenje izmjeničnom strujom do 43 kW te također ne podržava punjenje istosmjernom strujom. Nastao je prilagodbom konektor a tipa 1 u cilju iskorištenja sve tri faze. Uspostavljen je 2003. godine novim specifikacijama prema IEC 62196 te je brzo postao europski standard. Zbog činjenice da oba tipa utikača (tip 1 i 2) koriste isti J1772 protokol za komunikaciju, proizvođači automobila mogu proizvoditi vozila na isti način i tek na samom kraju instalirati vrstu utikača koja odgovara tržištu na kojem

će automobil biti prodan. Također postoje i pasivni adapteri između ova dva tipa. Još jedna važna prednost Tipa 2 utikača je podrška ugrađenom automatskom sustavu zaključavanja.

- **CCS Combo 2 (Combined Charging System):** Najčešći konektor u Europi za punjenje istosmjernom strujom do 350 kW te podržava i punjenje izmjeničnom strujom do 43 kW. CCS, ili kombinirani sustav punjenja, predstavlja izuzetno elegantno rješenje za brzo punjenje na izmjeničnu struju (DC). To su originalni utikači, bilo Tipa 1 ili Tipa 2, kojima se na dnu dodaju još dva pina. U slučaju punjenja na izmjeničnu struju, ova dva donja pina sudjeluju u samom punjenju, dok se s gornjeg dijela koriste samo komunikacijski pin i zemljoprovodnik koji pruža referentnu točku za sustave zaštite. Ovi konektori mogu podnijeti snagu do 350 kW. CCS nije kompatibilan s CHAdeMO i GB/T punionicama jer koriste različite komunikacijske protokole, stoga su potrebni posebni adapteri.
- **CHAdeMO:** Konektor koji se najčešće koristi kod japanskih proizvođača automobila te omogućava brzo punjenje istosmjernom strujom do 100 kW. Ne podržava punjenje izmjeničnom strujom. Proizvođači automobila postepeno napuštaju korištenje CHAdeMO konektora te se prelazi na CCS tipove konektora. Ovakav tip će ostati standard samo u Japanu i Kini.
- **TESLA:** Tesla automobili imaju vlastiti konektor za priključenje na punionice te ih ne mogu koristiti drugi automobili. Istovremeno Tesla nudi adaptere kako bi se vlasnici njihovih automobila mogli priključiti na punionice s tipom priključka Tip 1 ili CHAdeMO.



Slika 2.9 Različiti tipovi konektora u svijetu



Slika 2.10 Tipovi priključnica i vrste punionica[21]

### **3 ZAŠTITA PUNIONICA ZA ELEKTRIČNA VOZILA**

#### **3.1 Važnost zaštite**

Zaštita električnih punionica od velike je važnosti kako bi se osigurala sigurna i pouzdana isporuka električne energije prilikom punjenja vozila. Pošto električna vozila postaju sve popularnija te se susreće sa sve više korisnika, stoga je osiguravanje sigurnih uvjeta punjenja jako bitno za razvoj održive mobilnosti. Osim zaštite punionica zaštitnim elementima poput odvodnika prenapona, osigurača, diferencijalne zaštite i ostalih zaštitnih elemenata, bitnu stavku zauzima i pasivna zaštita punionica, poput kvalitetne izolacije i pravilnog ožičenja, koja igra ključnu ulogu u sprječavanju električnih udara i požara. Nadalje, redovito održavanje i kontrola punionica također su od velike važnosti kako bi se osigurala ispravnost i sigurnost cijelog sustava punjenja. S obzirom na sve veći broj električnih vozila i širenja infrastrukture za njihovo punjenje, bitno je kontinuirano ulagati u razvoj tehnologija i standarda za zaštitu električnih punionica. To podrazumijeva inovativna rješenja poput pametnih sustava nadzora, automatskog gašenja u slučaju kvara te brze detekcije mogućih problema. Osim toga, edukacija samih korisnika o sigurnom korištenju punionica također je važna stavka za smanjenje rizika od nezgoda i održavanje cijelog sustava. Važnost zaštite električnih punionica dodatno se naglašava činjenicom da su one često javno dostupne te se korisnici različitog iskustva i znanja susreću s njihovim korištenjem te su izložene mnoštvu faktora koje mogu utjecati na siguran rad. Stoga, sama edukacija korisnika poput davanja jasnih uputa o korištenju, kvalitetne signalizacije i zaštite od vremenskih utjecaja igraju ključnu ulogu u sprječavanju nezgoda i osiguravanju sigurnog okruženja za korisnike. Zaštita električnih punionica s električnog stajališta predstavlja izazov u promicanju sigurnog, pouzdanog i učinkovitog punjenja električnih vozila. Bitan element je praćenje i nadzor. Sustavi nadzora omogućuju stalno praćenje performansi punionica, omogućujući ranu detekciju problema i smanjenje vremena neprekidnosti. Električne punionice često su dio šire mreže povezane s centralnim sustavima upravljanja, gdje se informacije o stanju i radu sustava mogu analizirati radi poboljšanja ukupne pouzdanosti. Zaštita od fizičkih prijetnji također igra značajnu ulogu u očuvanju električnih punionica. Ograničen pristup punionicama i implementacija sigurnosnih protokola sprječavaju neovlašteno korištenje, vandalizam i druge potencijalno štetne situacije. Fizička sigurnost igra ključnu ulogu u očuvanju integriteta opreme i osiguranju nesmetanog rada punionica. S aspekta održavanja, redovito provođenje inspekcija opreme, nadogradnja softvera i pridržavanje propisanih protokola održavanja nužni su koraci. Održavanje opreme pomaže u

sprječavanju nepotrebnih kvarova, produžava životni vijek opreme te održava učinkovitost punionica na visokoj razini. Kombinacija pasivnih mjera zaštite, inovativnih tehnoloških rješenja i edukacije korisnika ključna je za osiguravanje sigurne i učinkovite infrastrukture punjenja koja će podržati daljnji razvoj električne mobilnosti.

### 3.2 Elementi zaštite električnih punionica

#### 3.2.1 Prenaponska zaštita

Prenaponska zaštita ključne je važnosti za punionice električnih vozila čija je funkcija sprječavanje štete uzrokovane naglim porastima napona. Punionice električnih vozila trebaju imati zaštitu od prenapona koja isključuje napajanje ako napon premaši maksimalnu vrijednost. Obično se prag zaštite podešava na 10-20% iznad nazivnog napona. Brza reakcija zaštite je ključ jer se prenaponi mogu dogoditi u milisekundi. Nakon uklanjanja prenapona zaštita bi se trebala automatski resetirati.



Slika 3.1 Prenaponska zaštita

#### 3.2.2 Podnaponska zaštita

Do podnaponskog stanja može doći zbog pada napona u mreži, kvara ili velikog opterećenja. Zbog toga se u sustav ugrađuje podnaponska zaštita koja isključuje napajanje punionice ako vrijednost napona padne ispod unaprijed postavljene vrijednosti. Uobičajena razina na koju se podešava zaštita je ako napon padne ispod 80-90% vrijednosti nazivnog napona. Podnaponska zaštita se postavlja radi sprječavanja nekontroliranih oscilacija vrijednosti struja koje nastaju u radu izvan normalnog raspona napona. Zaštita od podnapona važna je prilikom punjenja izmjeničnom strujom, dok kod punjenja istosmjernom strujom pretvarač regulira napon pa zaštita

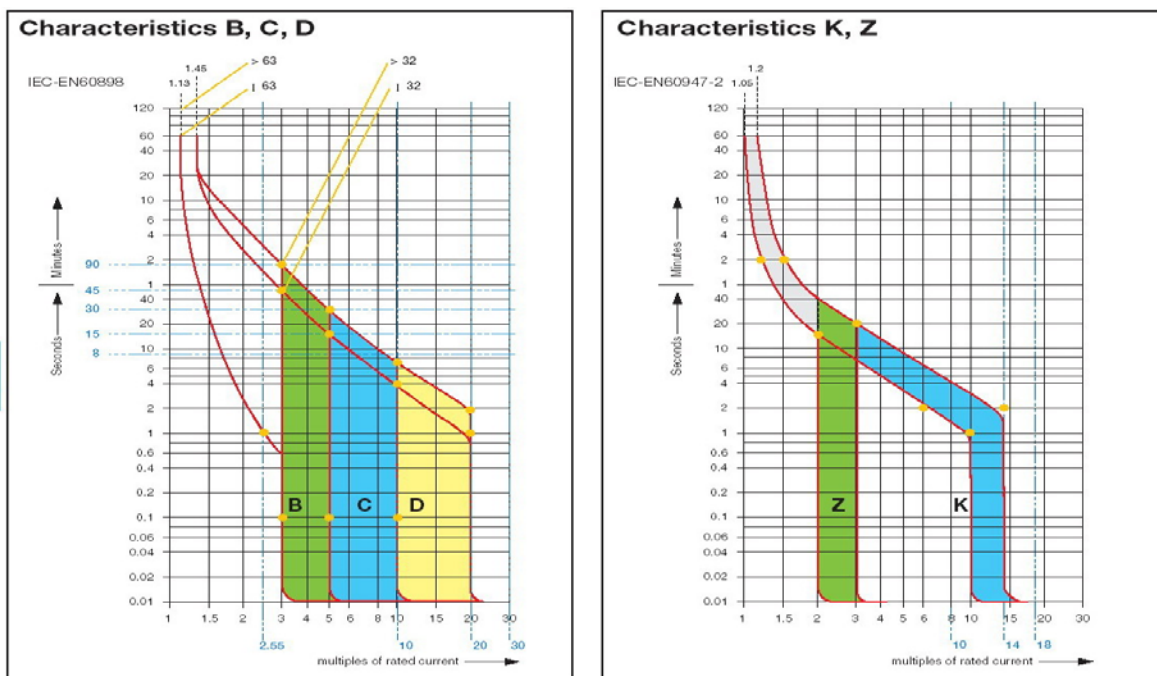
od podnapona nije potrebna, međutim i dalje je bitno pridržavati se specifikacija proizvođača kako bi se jamčilo sigurno i učinkovito punjenje.



*Slika 3.2 Podnapojski uređaj za isklapanje*

### 3.2.3 Nadstrujna zaštita

Nadstrujna zaštita štiti punjač za električna vozila od prevelike struje. Ovakav tip zaštite nadzire struju i isključuje napajanje ako struja premaši točku prekida struje koja obično iznosi 110-150% nazivne vrijednosti struje. Punjači na izmjeničnu struju trebaju nadstrujnu zaštitu i na ulaznoj izmjeničnoj strani, ali i na izlaznoj istosmjernoj strani. Dok je zaštita kod istosmjernih punjača potreba samo na izlaznoj strani. U instalacijama za načine punjenja 1 i 2 zaštita od nadstruje se postiže automatskim osiguračima s ugrađenom bimetalom i elektromagnetom zaštitom. Elektromagnetski dio osigurača gotovo trenutno isklapa ukoliko struja se pojavi struja kratkog spoja tako što se prolaskom struje u namotu stvara elektromagnetna sila koja privlačenjem jezgre oslobađa oprugu koja rastavlja kontakte te prekida strujni krug. Bimetalna zaštita se postiže spajanjem dva metala s različitim temperaturnim koeficijentima širenja te prilikom prolaska struje zagrijava bimetalnu traku koja se savija na stranu metala s manjim koeficijentom te dolazi do prekidanja kontakta i prekida strujnog kruga. Krug punjenja električne punionice mora biti zaštićen osiguračem krivulje C.



Slika 3.3 Krivulje osigurača

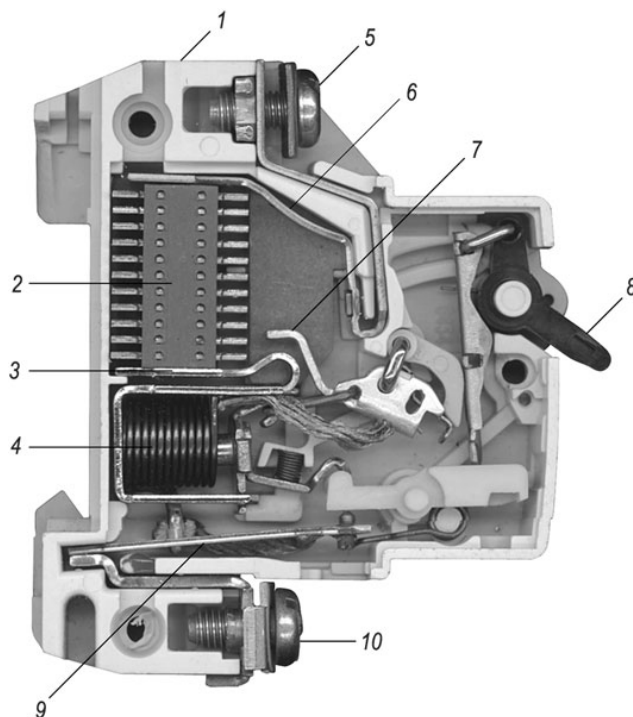
Unutar instalacija s načinom punjenja 1 unutar kojih se priključak punjenja sastoji od utičnica, automatski prekidač koji štiti utičnicu mora biti najvišeg intenziteta 10A, iako se može koristiti i osigurač nazivne struje 16 A pod uvjetom da proizvođač jamči da štice njem ovim prekidačem je osigurano sigurno punjenje vozila u trajanju od 8 sati na jakosti 16 A. Za način punjenja 2, propisana maksimalna struja punjenja je 32 A. U instalacijama planiranim za način punjenja 3, odabir automatskog prekidača koji štiti krug napajanja stanice za punjenje jamči ispravnu zaštitu kruga, u isto vrijeme izbjegavajući prerano aktiviranje zaštite tijekom procesa punjenja.



Slika 3.4 Automatski osigurač do 63 A



Na slici 4.5 prikazan je presjek automatskog osigurača, gdje su brojevima 1-10 označeni dijelovi osigurača: 1-oklop osigurača, 2-komora luka, 3-vodiči luka, 4- elektromagnetni okidač, 5- izlazni priključak, 6-nepomični kontakt, 7- pomični kontakt, 8- ručica, 9 – bimetal, 10- ulazni priključak. [23]



Slika 3.5 Presjek automatskog osigurača

### 3.2.4 Niskonaponski prekidači

U slučaju punjača većih snaga poput brzih i superbrzih punionica električnih vozila gdje se raspon snaga kreće od 50 kW do 1MW koriste se prekidači niskog napona. Niskonaponski prekidač je mehanički sklopni aparat koji služi za vođenje i prekidanje struje u normalnim pogonskim uvjetima do 1,2 kW istosmjerne struje ili 1 kW izmjenične struje, ali i štiti od neprilika prekidanjem struje u nenormalnim pogonskim uvjetima poput kratkog spoja tako što spaja i razdvaja kontakte te pomoću njih otvara ili zatvara strujne krugove te tako doprinosi zaštiti opreme. Raspon nazivnih struja niskonaponskih prekidača je od 20A do 1600A čime se nameću kao dobra zaštita od nadstrujnih neprilika u sustavu brzih istosmjernih punionica, ali kao i alternativna zaštita izmjeničnih punionica iako je učestalija upotreba automatskih osigurača za prekidanje strujnog kruga. [24]

### 3.2.5 Zaštitni uređaj diferencijalne struje

Zaštitni uređaj diferencijalne struje štiti od curenja struje od presudne je važnosti za sigurnost sustava punjenja električnih vozila. Ona štiti od električnog udara koji bi mogao proizaći iz curenja struje iz punjača ili kabela. Zaštita djeluje nadziranjem diferencijala struje i brzo isključuje napajanje ako premaši dopuštenu razinu. Najčešće se dimenzionira na promjenu struje 30-50mA prije isključivanja. I AC i DC punjači trebaju zaštitni uređaj diferencijalne struje. Mnogi EV utikači također imaju ugrađenu zaštitu od diferencijalne struje. Zaštita se resetira kada se otkloni kvar. U većini sigurnosnih standarda, zaštita od curenja struje obavezna je za punjače električnih vozila.



*Slika 3.6 Zaštitni uređaj diferencijalne struje(FID sklopka)*

### 3.2.6 Zaštita od preopterećenja

Zaštita od preopterećenja isključuje punjač električnih vozila ako se premaši maksimalna snaga. To štiti punjač od trajnih prekomjernih opterećenja. Djeluje sporije od zaštite od prekomjerne struje, koja reagira na skokove u opterećenju. Preopterećenje obično ima struju prekida od 110-125% nazivne vrijednosti. Resetiranje zaštite automatski se događa nakon što se preopterećenje ukloni i prođe određeni vremenski odmak radi hlađenja. Zaštita od preopterećenja uobičajena je kod izmjeničnih punjača jer kabel za punjenje električnih vozila i vozilo postavljaju maksimalnu struju. Za istosmjerne sustave, punjač regulira struju pa je zaštita od preopterećenja manje potrebna.

### 3.2.7 Zaštita od suprotnog polariteta

Zaštita od obrnutog polariteta sprječava protok struje ako su istosmjerni kabeli povezani obrnuto. Istosmjerni sustavi trebaju zaštitu od obrnutih terminala koji mogu oštetiti elektroniku. Sklopovi zaštite stopiraju rad ili prekidaju konektor ako je povezivanje netočno. Obrnuti uvjeti polariteta javljaju se isključivo zbog ljudske pogreške pri povezivanju konektora. Provjera ispravne polarizacije i automatsko isključivanje sprječavaju oštećenja. Senzori obrnutog polariteta ugrađeni su u istosmjerne punjače električnih vozila i DC priključne kutije izvan vozila.[25]

### 3.3 Instalacija električne punionice

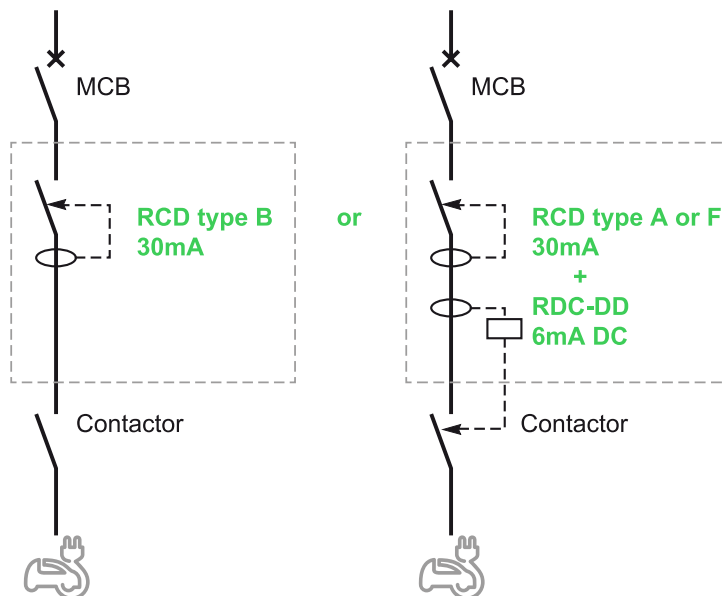
Punjenje električnih vozila predstavlja dodatno opterećenje za električne instalacije niskog napona koje može predstavljati određene izazove. Specificirani zahtjevi za sigurnost i dizajn navedeni su u normi Niskonaponske električne instalacije -- Dio 7-722: Zahtjevi za posebne instalacije ili prostore -- Napajanje električnih vozila (IEC 60364-7-722:2018, MOD; HD 60364-7-722:2018). Opseg primjene navedene norme prikazan je slikom 3.10 za različite načine punjenja električnih vozila. Bitno je napomenuti da se navedena norma mora uskladiti s različitim komponentama koje se upotrebljavaju u instalaciji u skladu s propisanim IEC standardima za različite proizvode. Stoga zaštitni uređaj diferencijalne struje mora biti u skladu s jednim od sljedećih standarda: IEC 61008-1, IEC 61009-1, IEC 60947-2 ili IEC 62423 te nadstrujni zaštitni uređaj u skladu s normama IEC 60947-2, IEC 60947-6-2 ili IEC 61009-1, itd. Prilikom odabira zaštitnih uređaja potrebno je pretpostaviti da će se svi priključci istovremeno koristiti uzimajući faktor istovremenosti jednak 1 pri maksimalnom opterećenju punionice. [28]

Karakteristike	Način punjenja				
	Način 1 i 2	Način rada 3			
Oprema za dimenzioniranje kola	Standardna utičnica	3,7kW jednofazni	7kW monofazni	11kW trofazni	22kW trofazni
Maksimalna struja koju treba uzeti u obzir @230 / 400Vac	16A P+N	16A P+N	32A P+N	16A 3P+N	32A 3P+N

Slika 3.7 Dimenzioniranje vodiča za način rada 1,2 i 3

Radi osiguranja sigurnosti od strujnog udara svaka priključna točka mora biti zaštićena zaštitnim uređajem diferencijalne struje s maksimalnim odmakom struje od 30 mA. Svi zaštitni uređaji diferencijalne struje moraju biti zadovoljavati karakteristike minimalno tipa A. Ukoliko je stanica za punjenje vozila opremljena priključcima za vozila u skladu s IEC 62196, potrebno je poduzeti zaštitne mjere i protiv istosmjerne struje ukoliko nije uključena unutar same punionice te zato što

AD/DC pretvarač unutar električnih automobila može generirati diferencijalnu istosmjernu struju. Odgovarajući RCD („residual-current device“) uređaji su sljedeći: RCD tipa B ili tip A(F) u kombinaciji s uređajem za otkrivanje diferencijalne istosmjerne struje RCD-DD („Residual Direct Current Detecting Device“) koja mora biti u skladu s IEC 62955. Zaštitni uređaj diferencijalne struje ukoliko detektira zaostalu struju mora isključiti sve vodiče pod naponom. Moguće ju je postaviti unutar stanice za punjenje električnih vozila ili unutar razvodnog ormara punionice.[25]

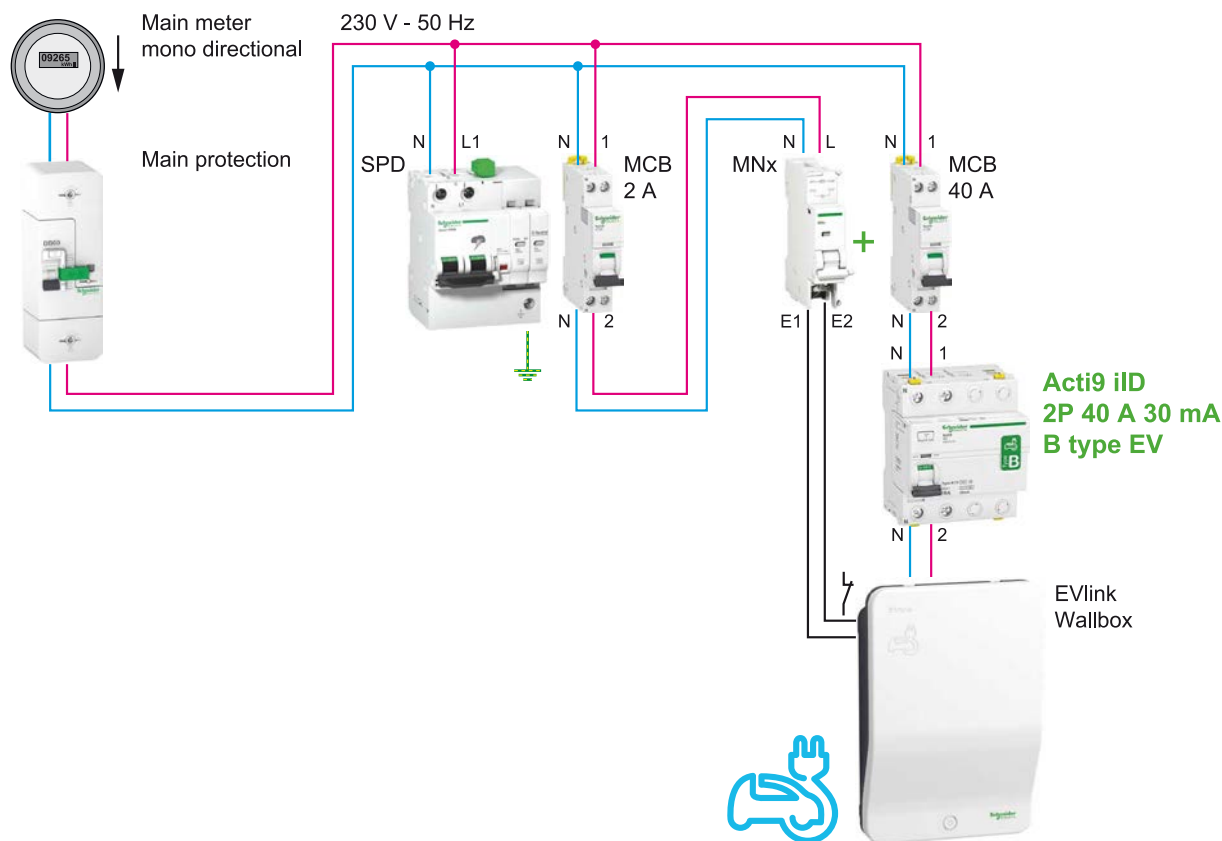


Slika 3.8 Moguća rješenja zaštite

Zaštitu svih vodova od struje kratkog spoja potrebno je izvesti odgovarajućim zaštitnim prekidačima i rastalnim osiguračima. Zaštita od previsokog napona dodira predviđena je automatskim isklapanjem napajanja u TN-C-S sustavu. Svi zaštitni vodiči se spajaju na zaštitnu sabirnicu, a kod trošila na poseban vijak koji je predviđen za zaštitno uzemljenje metalnih masa koje pri normalnoj eksploataciji ne mogu biti pod naponom. Zaštita od direktnog dodira izvodi se izoliranjem i ograđivanjem svih dijelova pod naponom koristeći tipski pribor i materijal. Zaštita indirektnog dodira izvodi se TN-C-S sustavom u kombinaciji sa zaštitnim uređajima diferencijalne struje i zaštitnim prekidačima uz izvedbu instalacije izjednačenja potencijala. Izbor zaštitnih uređaja je u skladu sa zahtjevima važećih Tehničkih propisa koji određuju maksimalni dodirni napon od 50 V, te dozvoljeno vrijeme prisutnosti kvara (za 230 V – 0,4 s; za 400 V – 0,2 s ili 5s za napojne strujne krugove). Zaštita električne instalacije od prenapona sklopnog podrijetla provodi se odvodnikom prenaponan klasa I+II ili samo II koji su u skladu s IEC 61643-11 normom koji se

ugrađuje unutar razvodnog ormara električne punionice. Prilikom odabiranja opreme za električne punionice potrebno je uzeti u obzir i vanjske utjecaje kao što su prodiranje čvrstih vanjskih tijela, prodiranje vode, korozija i UV zrake. Stupanj zaštite od prodora krutih tijela, vode i mehaničkih udaraca postiže se odabirom opreme s IP ili IK stupnjem zaštite. Priključnice i cijevi moraju jamčiti minimalnu zaštitu IP4X ili IPXXD.

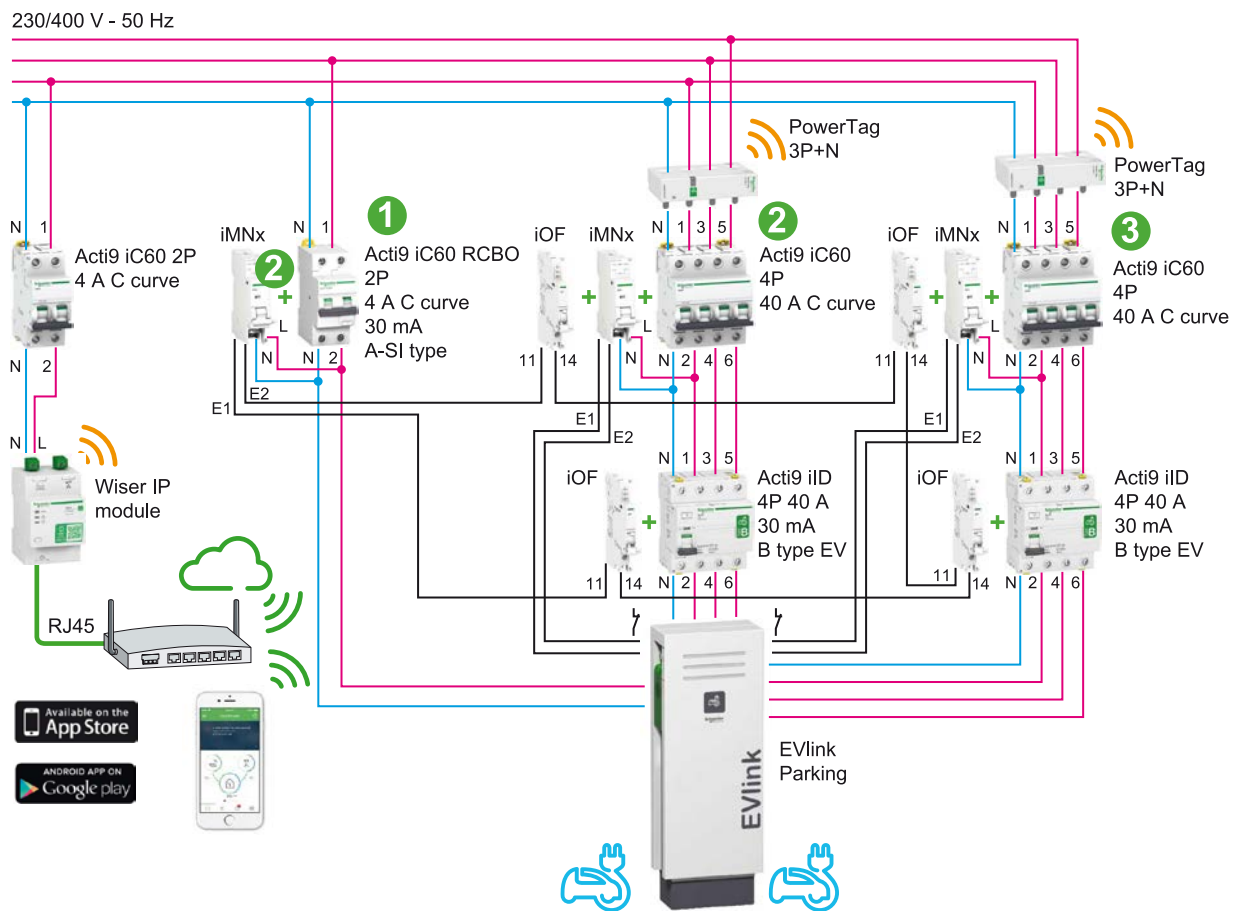
Slike 3.18 i 3.19 prikazuju električne sheme električnih punionica tipa 3 za jednofaznu punionicu (slika 3.18) te trofaznu punionicu (slika 3.19).



Slika 3.9 Električna shema jednofazne punionice

Sustav se štiti glavnom sklopkom koja se postavlja na početak voda od mreže prema punionici. Korištenjem prenaponske zaštite (SPD) postiže se zaštita od prenapona. MNx prekidač u seriji s minijaturnim zaštitnim prekidačem štiti od pojava podnapona u sustavu. Unutar sustava obavezna je i upotreba ZUDS uređaja(Acti9) te nadstrujnog uređaja(MCB) u krugu napajanja. Upotrebom PowerTag senzora(slika 3.19) moguć je mjeriti snagu i energiju u stvarnom vremenu te ukoliko dođe do problema u sustavu upozorenja se šalju direktno korisniku što omogućava

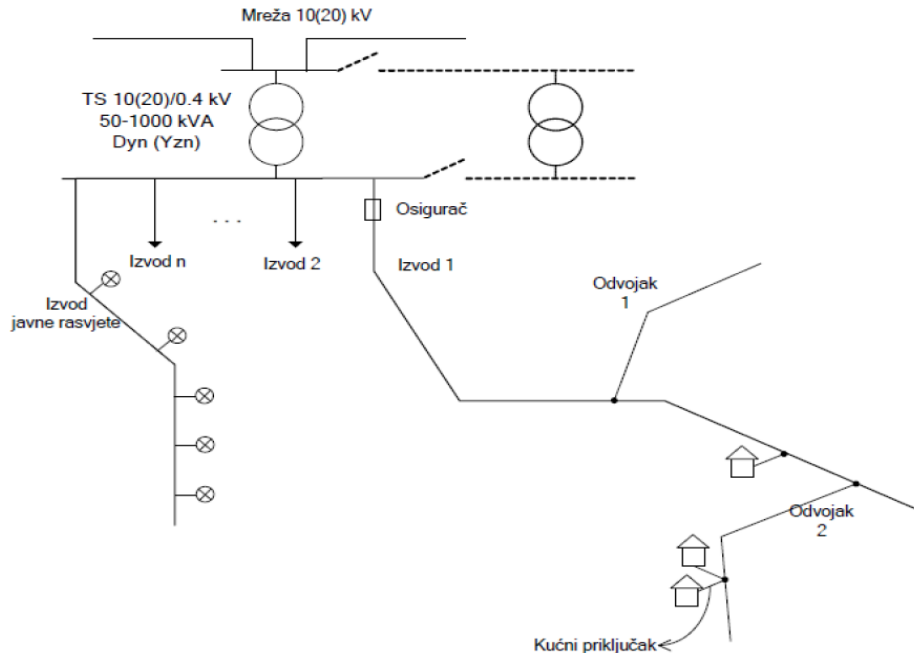
preventivno djelovanje od mogućih problema s punjenjem. Pomoćni kontakt iOF predstavlja pomoćni kontakt koji se koristi za praćenje stanja glavnog prekidačkog kontakta te signalizaciju o statusu sklopa(open/closed). Bitno je osigurati sustav zaštite za svaki priključak za punjenje vozila zasebno.[26,27]



Slika 3.10 Električna shema trofazne punionice

## 4 JAVNA RASVJETA

Javna rasvjeta je naziv za sustav rasvjete koji se koristi za osvjetljavanje javnih prostora poput ulica, trgova, parkova i javnih zgrada. Ovaj sustav pruža svjetlost za osiguranje sigurnosti, olakšavanje kretanja i stvaranje ugodne atmosfere za građane. Upravljanje javnom rasvjetom uključuje postavljanje, održavanje i nadzor nad rasvjetnim tijelima i infrastrukturom. Rasvjetna tijela su postavljena duž prometnica i drugih javnih prostora kako bi osigurala dovoljnu svjetlost za sigurno kretanje pješaka i vozača. Infrastruktura uključuje stupove, kabele i ostale komponente koje podržavaju rasvjetu i omogućuju njezino funkcioniranje. Javna rasvjeta može biti osnovna ili dekorativna, ovisno o potrebama i estetskim zahtjevima određenog područja. Osnovna rasvjeta obično se koristi na prometnicama i drugim područjima gdje je osvjetljenje ključno za sigurnost i funkcionalnost. S druge strane, dekorativna rasvjeta često se koristi u urbanim središtima ili povijesnim četvrtima kako bi se stvorila estetski privlačna atmosfera i istaknule arhitektonske značajke. Iako javna rasvjeta pruža brojne koristi, poput poboljšane sigurnosti i vizualnog dojma, također može imati negativne učinke ako nije pravilno dizajnirana ili održavana. Na primjer, loše postavljena ili prejaka rasvjeta može uzrokovati tzv. light pollution (svjetlosno onečišćenje) što može imati štetne učinke na noćni ekosustav i ljudsko zdravlje. Također, zastarjela ili neefikasna infrastruktura može rezultirati nepotrebnim troškovima energije i održavanja. Stoga je važno redovito provjeravati i održavati javnu rasvjetu te primjenjivati nove tehnologije i strategije kako bi se osigurala učinkovita i održiva rasvjeta koja zadovoljava potrebe zajednice i minimalizira negativne utjecaje na okoliš i ljude. Javnu rasvjetu čine jednofazni potrošači te se na njih dovodi napajanje putem niskonaponskih izvoda iz transformatorskih stanica 10(20)/0,4 kV. Najčešće su ti izvodi izvedeni zasebno, odvojeno od izvoda drugih potrošača.



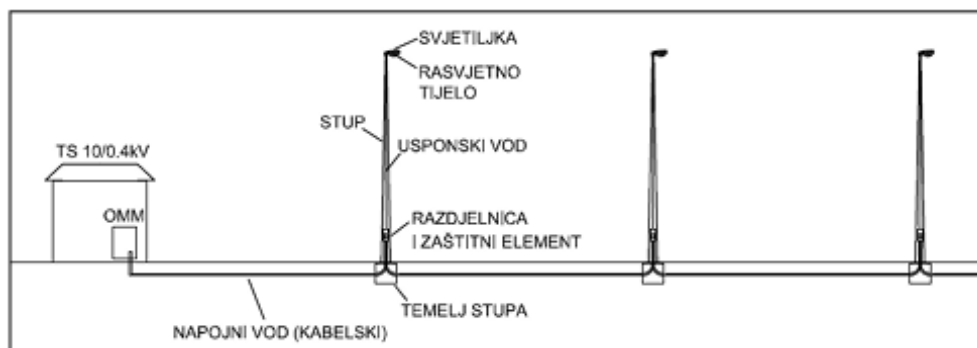
Slika 4.1 Topološki prikaz NN mreže[29]

#### 4.1 Karakteristike sustava javne rasvjete

Sustav javne rasvjete moguće je razdijeliti na nekoliko segmenata(5): Mjesto razgraničavanja rasvjete ili obračunsko mjerno mjesto(OMM), vodovi napajanja koji mogu biti kabelske izvedbe ili nadzemne, temelj stupa javne rasvjete, rasvjetni stup i lampe. [29]

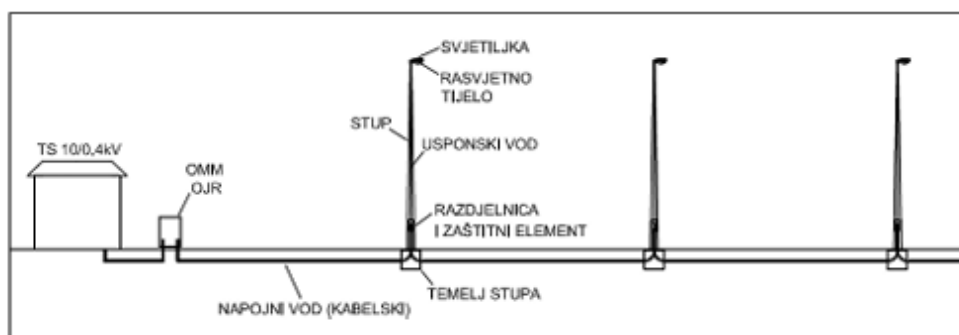
Mogu se sresti dvije generacije sustava javne rasvjete, starija generacija i kojoj se OMM nalazi unutar trafostanice te sustav novije generacije gdje se brojilo obračunsko mjerno mjesto postavlja unutar slobodnostojećeg razvodnog ormara javne rasvjete. U jednoj trafostanici obično se nalazi nekoliko izvoda, obično između 3 i 10, koji služe za napajanje javne rasvjete na jednom ili više mjernih mjesta za obračun. Za napajanje javne rasvjete najčešće se koriste trofazni napojni vodovi ili kabeli, koji mogu biti dugi do 800 metara. Odabir presjeka kabela prilagođen je instaliranoj snazi u strujnom krugu i zahtjevima naponske infrastrukture, u skladu s relevantnim standardima. Napojni vodovi su povezani na razdjelnicu smještenu u rasvjetnom stupu. Svaki rasvjetni krug obično opslužuje do 30 rasvjetnih mjesta ili stupova, pri čemu su razmaci između stupova određeni prema normama ili projektiranim tehničkim rješenjima. Veza s osvjetljenjem ili rasvjetnim tijelima ostvaruje se putem usponskog voda, osiguravajući pravilno napajanje svjetiljke.





Slika 4.2 Sustav rasvjete stare generacije

U novijim generacijama javne rasvjete, napajanje rasvjetnih strujnih krugova obično se osigurava putem razvodnog ormara javne rasvjete, koji istovremeno služi i kao obračunsko mjerno mjesto. Kod tih građevina često se koriste učinkovitije svjetiljke u usporedbi s prethodnim generacijama, dok su stupovi obično dizajnirani za montažu na sidrene vijke temelja. Ako postoji sustav regulacije osvjetljenja, obično je smješten u ormaru javne rasvjete, zajedno s uređajem za mjerenje potrošnje električne energije i zaštitnim uređajima za rasvjetne strujne krugove.[30]

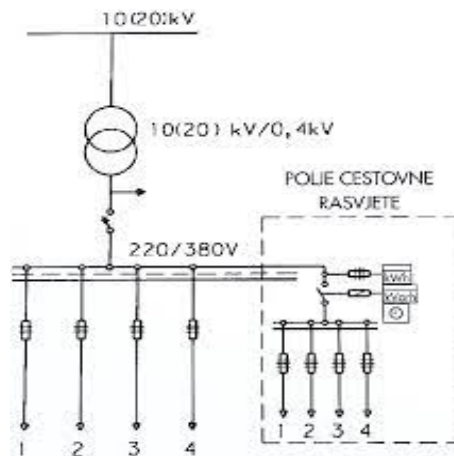


Slika 4.3 Sustav rasvjete nove generacije

#### 4.1.1 Razvodni uređaji javne rasvjete

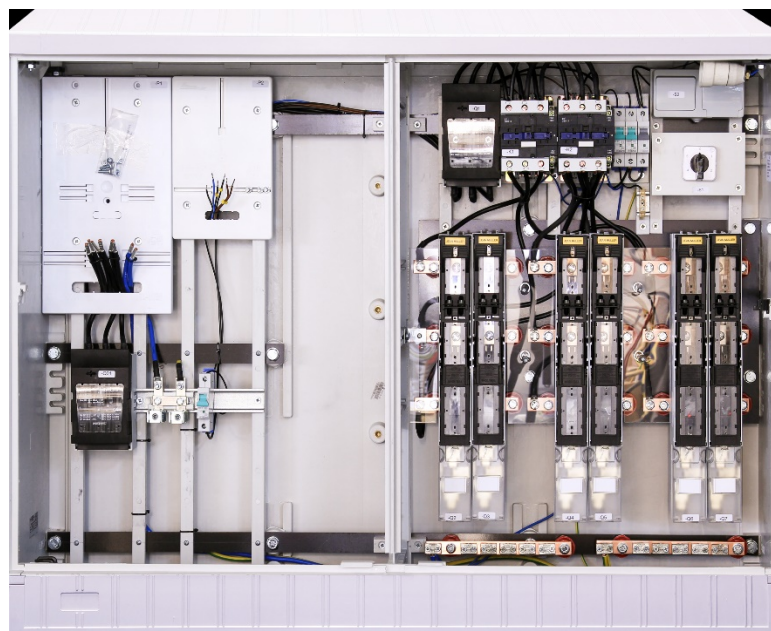
Razvodni uređaji javne rasvjete uključuju mjesto razgraničenja ili obračunsko mjerno mjesto (OMM) što predstavlja mjesto gdje se priključuje sustav javne rasvjete na niskonaponsku mrežu. Razvodni uređaj na niskonaponskoj strani nalazi se ili unutar ili izvan distributivne transformatorske stanice, ovisno o kojoj generaciji javne rasvjete se radi. Ukoliko se razvod javne rasvjete nalazi unutar transformatorske stanice, unutar nje nalazi se zasebno niskonaponsko polje koje napaja javnu rasvjetu, ali može napajati i druge potrošače. Unutar niskonaponskog polja za napajanje strujnog kruga javne rasvjete nalazimo nekoliko elemenata poput: uređaja za mjerenje

potrošnje električne energije, svjetlosnih releja, osigurača, sklopnika za upravljanje, uklopnog sata te ostale dodatne opreme koje se koriste u sustavu javne rasvjete.



*Slika 4.4 Napajanje javne rasvjete*

Razvod javne rasvjete može biti izveden pomoću slobodnostojećeg razvodnog ormara. Najčešće se koristi u novijim generacijama javne rasvjete te kada je javna rasvjeta udaljena od transformatorske stanice. Uređaji koji se ugrađuju u slobodnostojeći razvodni ormar je ista kao i oprema unutar polja u transformatorskoj stanici. U pojedinim stupovima se koriste razdjelnice za razvod električne energije od napojnog priključnog kabla koji dolazi u stup do izvora svjetlosti na stupu, na kojima se nalaze priključne stezaljke, osigurači i predspojne naprave.[31]



*Slika 4.5 Ormar javne rasvjete(ORJ)*

## 4.2 Dijelovi javne rasvjete

### 4.2.1 Vodovi i kablovi

Za potrebe javne rasvjete, najčešće se primjenjuju nadzemni vodovi, samonosivi kabelski snopovi, instalacijski vodovi koji se koriste za razvode u stupovima javne rasvjete, te kabeli s odgovarajućom izolacijom i plaštem koji se polažu u zemlju, betonski kanali itd. Nadzemni vodovi, koji služe za napajanje potrošača električne energije i imaju svrhu napajanja javne rasvjete, uglavnom se izvode kao kabelski snopovi postavljeni na stupove. Odabir presjeka kabela i vodova ovisi o trajnoj dopuštenoj struji opterećenja, dopuštenom padu napona te uvjetima polaganja, zaštitnim faktorima, osobinama uređaja za zaštitu od kratkog spoja i preopterećenja te temperaturama spojnih mjesta. Presjeci izoliranih vodova u instalacijama javne rasvjete ne smiju biti manji od  $1,5 \text{ mm}^2$  za bakrene i  $2,5 \text{ mm}^2$  za aluminijske vodiče, odnosno  $16 \text{ mm}^2$  za bakrene i  $25 \text{ mm}^2$  za aluminijske kablove. Dopušteni pad napona između mjernog mjesta i mjesta koje se napaja ne smije biti veći od 3 posto ako se javna rasvjeta napaja preko distributivne mreže te 5 posto ako se napaja neposredno iz transformatorske stanice.

### 4.2.2 Stup javne rasvjete

Nosači svjetiljki javne rasvjete mogu biti: zidne konzole, nosive žice i stupovi. Zidne konzole se najčešće koriste u gradovima i naseljima na zgradama koje moraju biti dovoljno visoke kako bi se postigla optimalna geometrija instalacije javne rasvjete. Nosive žice su obične žice postavljene između dvije nasuprotne fasade ili stupa i koriste se u užim dijelovima većih gradova. Stupovi se najčešće koriste kao nosači svjetiljki javne rasvjete, a mogu biti izrađeni od različitih materijala (čelik, beton, drvo itd.), visina i oblik poprečnog presjeka (stožasti, okrugli itd.). Također, stupovi mogu biti opremljeni krakom na kojemu je postavljena svjetiljka ili bez kraka, pri čemu je svjetiljka postavljena izravno na vrh stupa. Osnovni dijelovi stupa uključuju nasadnik na vrhu za pričvršćenje svjetiljke ili kraka, otvor za pristup razdjelnici te temeljna ploča koja služi za pričvršćivanje stupa na temelj. Temelj stupa se izrađuje od betona ili armiranog betona kao blok temelj na terenima s dobrom nosivošću tla, dok se na terenima smanjene nosivosti tla koristi temelj s proširenom osnovom. Pri betoniranju temelja stupa, potrebno je ugraditi sidrene vijke za pričvršćenje stupa i plastične cijevi za dovod kabela.

### 4.2.3 Rasvjetna tijela

Najčešće korišteni izvori svjetlosti se baziraju na pretvaranju električne energije u svjetlosnu energiju emitirajući svjetlosni tok iz izvora svjetlosti prema željenom smjeru koji se želi osvijetliti. Rasvjetna tijela koja se koriste u sustavu javne rasvjete mogu biti fluorescentne žarulje, živine žarulje, visokotlačne i niskotlačne natrijeve žarulje, metal halogene visokotlačne žarulje te LED žarulje čije korištenje prevladava u novijim sustavima javne rasvjete te se prelazi s drugih oblika rasvjete na LED rasvjetu. LED žarulje su poznate po nekoliko prednostima u usporedbi s drugim oblicima rasvjete. Primjećuje se njihova izuzetna energetska učinkovitost, budući da se manje električne energije troši za postizanje iste razine osvijetljenja u usporedbi s tradicionalnim žaruljama poput žarulja sa žarnom niti ili fluorescentnih svjetiljki. Također, primjećuje se da LED žarulje imaju znatno dulji vijek trajanja od tradicionalnih žarulja. Dok su tradicionalne žarulje često podložne zamjeni nakon nekoliko tisuća sati, LED žarulje mogu trajati desetljećima, što rezultira smanjenim troškovima održavanja i zamjene.

Izvor svjetlosti	Snaga [W]	Životni vijek [h]	Temperatura boje [K]	Učinkovitost [lm/W]	Indeks uzvrata boje
Fluorescentna T8 žarulja	14 – 70	20000	2700 – 6500	90	60 – 93
Kompaktna fluorescentna žarulja	5 – 80	< 20000	2500 – 6000	60 – 75	80 – 90
Visokotlačna živina žarulja	< 1000	> 16000	3200 – 4000	< 60	20 – 55
Niskotlačna natrijeva žarulja	< 180	16000	1800	< 180	0
Visokotlačna natrijeva žarulja	50 – 1000	< 24000	2000	< 130	20 – 65
Metal-halogen žarulja	20 – 1000	12000 – 24000	2700 – 4200	67 – 95	< 95
LED žarulja	1 - 3	50000	2700 – 6000	50 - 70	60 - 80

Slika 4.6 Svojstva različitih rasvjetnih tijela

### 4.3 Primjer analiza stanja sustava javne rasvjete za grad Sveti Ivan Zelina

U ovom potpoglavlju će se prikazati rezultati stanja sustava javne rasvjete u gradu Sveti Ivan Zelina[32]. Energetski pregled je proveden temeljem važećih propisa i drugih dokumenata:

- Zakon o energetske učinkovitosti (NN 127/14, 116/18)

- Pravilnik o energetsom pregledu zgrade i energetsom certificiranju (NN 48/14, 150/14, 133/15, 22/16, 49/16 i 87/16, 17/17, 77/17, 88/17)
- Pravilnik o sustavu za praćenje, mjerenje i verifikaciju ušteda energije (NN 71/15)

Sustav javne rasvjete je u vlasništvu tvrtke PETROL d.o.o. dok je Grad Sveti Ivan Zelina korisnik iste koja je namijenjena uglavnom rasvijeti prometnica ali i za rasvjetu pješačkih staza, trgova, parkova, pročelja građevina i sportskih terena. Svjetiljke su montirane većinom na armiranobetonske stupove (82,46%), drvene stupove (14,53%) i čelične stupove (3,01%). Stupovi su pretežito u vlasništvu distributera električne energije (stupovi niskonaponske mreže) a svjetiljke su u najvećem dijelu montirane na visini od 6 m do 8 m pomoću krakova duljine od 0,5 m do 2,0 m. Za cestovnu rasvjetu, koja je u najvećem dijelu zastupljena u sustavu javne rasvjete (96,48% svih svjetiljki), su korištene:

- Nove cestovne svjetiljke Philips BGP307 u više različitih snaga i optika (94,93% svih svjetiljki),
- Postojeće cestovne LED svjetiljke različitih proizvođača i tipova (1,55% svih svjetiljki).

Kao izvor svjetlosti prevladavaju svjetiljke sa LED izvorima svjetlosti korelirane temperature bijele boje (CCT) od 3000K pa zadovoljavaju trenutno važeću regulativu u smislu zaštite okoliša odnosno Zakon o zaštiti od svjetlosnog onečišćenja (NN 14/19). Svjetiljke su u pravilu postavljene na svaki drugi stup čime nisu zadovoljeni svi uvjeti nadležene norme HRN EN 13201:2016. Sustav javne rasvjete je zbog provedene veće rekonstrukcije u 2019. godini praktički nov u većem dijelu i baziran je isključivo na svjetiljkama s LED izvorima svjetlosti.

*Tablica 4.1 Režimi rada sustava javne rasvjete*

Regulacija	Početak rada	Smanjenje na 65%	Smanjenje na 50%	Povećanje na 65%	Povećanje na 100%	Kraj rada
bez	astrosat					astrosat
REG1	astrosat	23:30			4:30	astrosat
REG2	astrosat	23:30	0:30	4:00	4:30	astrosat

Javna rasvjeta u vlasništvu Grada Sveti Ivan Zelina napaja se iz ukupno 125 obračunskih mjernih mjesta, 80,00 % odnosno 100 obračunskih mjernih mjesta se nalaze unutar transformatorskih stanica, a 20,00 % odnosno 25 obračunskih mjernih mjesta se nalazi izvan transformatorskih stanica u ormaru javne rasvjete. Mjerna mjesta koja se nalaze unutar

transformatorskih stanica potrebno je izmjestiti u samostojeće ormare jer nisu bile predmet provedbe projekta modernizacije sustava javne rasvjete putem ugovora o energetsom učinku. Upravljanje sustavom javne rasvjete (paljenje i gašenje) se vrši putem uklopnih satova sa astro programom koji uključuju i isključuju sustav javne rasvjete po unaprijed definiranom vremenu obzirom na mjesto ugradnje (geografska dužina i širina) te datumu (Real Time Clock – RTC kojeg održava ugrađena baterija dugog vijeka trajanja). U tablicama 4.2-4.8 prikazani su osnovni podaci analize sustava javne rasvjete u gradu Sveti Ivan Zelina.

*Tablica 4.2 Osnovni podaci o sustavu javne rasvjete*

Naziv JLS	GRAD SVETI IVAN ZELINA
Broj stanovnika	15.959
Broj obračunskih mjernih mjesta	125
Broj svjetiljki	3.493
Broj stupova (bez svjetiljki)	3.063
Godišnja simulirana potrošnja električne energije (kWh)	347.713,0
Godišnja emisija CO2 (t)	81,646

*Tablica 4.3 Pozicija obračunskog mjernog mjesta*

OMM pozicija	Broj	Udio (%)
Izvan TS	25	20,00%
Unutar TS	100	80,00%
Sveukupno:	125	100,00%

*Tablica 4.4 Starost rasvjetnih tijela*

Starost svjetiljke	Broj	Udio (%)
Od 0 do 5 godina	3.493	100,00%
Od 6 do 10 godina	0	0,00%
Više od 10 godina	0	0,00%
Sveukupno:	3.493	100,00%

Tablica 4.5 Tipovi rasvjetnih tijela

<b>Proizvođač i tip svjetiljke:</b>	<b>Količina:</b>	<b>Udio (%):</b>
Philips BGP307 LED25-4S/830 DM12 II SRG10 D18 REG2	2.281	65,30%
Philips BGP307 LED35-4S/830 DM12 II SRG10 D18 REG1	263	7,53%
Philips BGP307 LED40-4S/830 DM12 II SRG10 D18 REG1	275	7,87%
Philips BGP307 LED40-4S/830 DM12 II SRG10 D18 REG2	21	0,60%
Philips BGP307 LED40-4S/830 DW10 II SRG10 D18 REG2	31	0,89%
Philips BGP307 LED45-4S/830 DM12 II SRG10 D18 REG1	122	3,49%
Philips BGP307 LED69-4S/830 DM12 II SRG10 D18 REG1	323	9,25%
Philips BDP102 PCC LED40/830 DS II SRG10 D18 REG2	4	0,11%
<b>Ukupno:</b>	<b>3.320</b>	
<b>Proizvođač i tip svjetiljke:</b>	<b>Količina:</b>	<b>Udio (%):</b>
Philips BVP125 LED80-4S/740 S I + SRG10 -	4	0,11%
Philips BVP125 LED120-4S/740 A I + SRG10 -	4	0,11%
Philips BVP130 LED160-4S/740 A I + SRG10 -	8	0,23%
Philips BVP130 LED210-4S/740 S I + SRG10 -	16	0,46%
GUELL 1 LED 53W/830 C/I I + SRG10 -	16	0,46%
GUELL 1 LED 53W/830 C/IW I + SRG10 -	25	0,72%
GUELL 2 LED 105W/830 C/I I + SRG10 -	2	0,06%
GUELL 2 LED 105W/830 C/IW I + SRG10 -	2	0,06%
<b>Ukupno:</b>	<b>77</b>	
<b>Proizvođač i tip svjetiljke:</b>	<b>Količina:</b>	<b>Udio (%):</b>
WU-M 425-D-0,7A/730 Area I + SRG10 REG2	23	0,66%
<b>Ukupno:</b>	<b>23</b>	
<b>Proizvođač i tip svjetiljke:</b>	<b>Količina:</b>	<b>Udio (%):</b>
Postojeća LED svjetiljka 24W	6	0,17%
Postojeća LED svjetiljka 30W	22	0,63%
Postojeća LED svjetiljka 40W	19	0,54%
Postojeća LED svjetiljka 70W	7	0,20%
<b>Ukupno:</b>	<b>54</b>	
<b>Proizvođač i tip svjetiljke:</b>	<b>Količina:</b>	<b>Udio (%):</b>
Postojeći LED reflektor 70W	3	0,09%
Postojeći LED reflektor 80W	8	0,23%
Postojeći LED reflektor 90W	8	0,23%
<b>Ukupno:</b>	<b>19</b>	
<b>Sveukupno:</b>	<b>3.493</b>	

Tablica 4.6 Tipovi stupova bez svjetiljki

Tip stupa (bez svjetiljki)	Broj	Udio (%):
Betonski usadni betonski temelj	137	4,47%
Betonski usadni u zemlju	2.388	77,96%
Drveni usadni betonski temelj	501	16,36%
Drveni usadni u zemlju	21	0,69%
Konzola	4	0,13%
Željezni cinčani usadni betonski temelji	1	0,03%
Ostalo	11	0,36%
<b>Ukupno (bez svjetiljki):</b>	<b>3.063</b>	

Tablica 4.7 Tipovi stupova sa svjetiljkama

Tip stupa (sa svjetiljkom)	Broj	Udio (%):
Betonski usadni betonski temelj	247	7,15%
Betonski usadni u zemlju	2.602	75,31%
Drveni usadni betonski temelj	486	14,07%
Drveni usadni u zemlju	16	0,46%
Konzola	9	0,26%
Željezni cinčani usadni betonski temelji	4	0,12%
Željezni cinčani vijčani betonski temelji	69	2,00%
Željezni usadni betonski temelji	1	0,03%
Željezni vijčani betonski temelji	21	0,61%
<b>Ukupno (sa svjetiljkom):</b>	<b>3.455</b>	
<b>Sveukupno(s i bez svjetiljki):</b>	<b>6.518</b>	

Tablica 4.8 Vlasništvo stupova

Vlasništvo stupa (sa svjetiljkom)	Broj	Udio (%):
Distributer električne energije	3.237	93,69%
Tijelo lokalne samouprave	218	6,31%
<b>Ukupno (sa svjetiljkom):</b>	<b>3.455</b>	
Proizvođač i tip svjetiljke:	Količina:	Udio (%):
Distributer električne energije	3.029	87,67%
Tijelo lokalne samouprave	34	0,98%
<b>Ukupno (bez svjetiljki):</b>	<b>3.063</b>	
<b>Sveukupno:</b>	<b>6.518</b>	

Tablica 4.9 Pokazatelji sustava javne rasvjete

Pokazatelji sustava javne rasvjete (instalirana snaga, procijenjena potrošnja, regulacija)	
Instalirana snaga sustava (kW)	103,59
Procijenjeno vrijeme rada sustava javne rasvjete (h/god.)	4.100
Procijenjena potrošnja sustava javne rasvjete (kWh/god.)	355.199,9
Koeficijent regulacije cijelog sustava javne rasvjete (K)	83,63%
Reducirano vrijeme rada sustava javne rasvjete (h/god.)	3.429



## 5 PUNIONICE ZA ELEKTRIČNA VOZILA U STUPU JAVNE RASVJETE

U doba razvoja e-mobilnosti te sve veće elektrifikacije vozila javlja se potreba za proširenjem i razvojem infrastrukture za punjenje električnih vozila. Lokalne i regionalne vlasti, kao i operateri distribucijskog sustava električne energije, ne bi trebali promatrati infrastrukturu javne rasvjete samo kao sredstvo za osvjetljavanje cesta. Mora se promatrati kao zajednička infrastruktura uzimajući u obzir druge mogućnosti kao što su stanice za punjenje električnih vozila. Punjači za električna vozila smještena uz rub pločnika mogu pomoći vlasnicima vozila bez pristupa svojoj električnoj punionici. Međutim, instalacijama uz rubnike često nedostaje prostor potreban za instalaciju punjača ili je sama instalacija preskupa. Kao alternativa koja pomaže u rješavanju problema s pozicijom punionica javlja se mogućnost instaliranja punjača za električna vozila unutar ili pričvršćen na stup javne rasvjete. Instalacijom na stup rasvjete može se uštediti između 55 i 70 posto troškova instalacije u usporedbi s klasičnim postavljanjem punjača na javnoj površini, međutim ograničen položaj i električni kapacitet sustava javne rasvjete predstavljaju prepreku prilikom instalacije, stoga nemaju svi stupovi mogućnost ugradnje punionice. Integracija punjača za električna vozila u postojeću infrastrukturu stupova javne rasvjete predstavlja obećavajući je pravac za proširenje javne mreže punjenja električnih vozila u mnogim gradovima koji imaju problema s postavljanjem električnih punionica zbog nedostatka prostora za njihovu instalaciju. Ovakav pristup koristi široku rasprostranjenost stupova za rasvjetu i stupova za komunalne usluge, koji već su povezani na električnu mrežu, kako bi pružili pristupačna i praktična rješenja za punjenje električnih vozila, posebno u urbanim područjima gdje je prostor ograničen i mnogi stanovnici nemaju pristup privatnom parkingu ili postavljenim punionicama. Stoga, punjači smješteni na stupu javne rasvjete mogu se strateški smjestiti na javnim mjestima, parkinzima ili duž cesta, poboljšavajući dostupnost korisnicima električnih vozila. Kao velika prednost simbioze javne rasvjete i električnih punionica ističe se sam trošak instalacije punionica i njihova dostupnost. Korištenjem postojeće infrastrukture javne rasvjete mogu se uvelike smanjiti troškovi postavljanja novih električnih punionica prvenstveno jer se zaobilazi potreba za građevinskim radovima, čime se osim financijskih, smanjuje i utjecaj na okoliš. Osim same zaštite punionica potrebno je imati sustav autentifikacije korisnika, sustava plaćanja i daljinskog nadzora kako bi se osigurala sigurna i pouzdana usluga punjenja vozila. Implementacija punjača povezanih na stupove javne rasvjete savršeno se uklapa u ciljeve Europske unije za smanjenje emisija stakleničkih plinova i promicanje održivog sustava e-mobilnosti. [33]

## 5.1 Razine punjena električnih vozila unutar sustava javne rasvjete

Punjači postavljeni unutar stupova javne rasvjete mogu podržavati različite razine punjenja, ovisno o tehničkim karakteristikama i električnom kapacitetu električne mreže na koju su spojeni. Najosnovnija razina punjenja koja koristi standardiziranu kućnu utičnicu prikladna je za područja gdje vozila ostaju duže parkirana, kao što su stambene četvrti. Razina punjenja s posebnim punjačima koji su spojeni na napon pružaju brže punjenje od prve razine punjenja, ali uzimaju više energije iz mreže. Pogodniji su na javnim parkinzima ili mjestima gdje se kraće boravi stoga se javlja potreba za bržim punjenjem vozila. DC vrste punjača je tehnički moguće implementirati u stup javne rasvjete, ali takvi punjači zahtijevaju veliku nadogradnju sustava javne rasvjete radi velikih opterećenja koja pružaju, one se trenutno ne upotrebljavaju u sustavu javne rasvjete. Standardizirani priključak za punjenje vozila na području europskih zemalja je priključak tipa 2 prikazan na slici 5.2. Slika 5.2 predstavlja vrstu konektora koje je potrebno ugraditi unutar stupa javne rasvjete kako bi se podržalo punjenje električnih vozila, dok slika 5.2 predstavlja izgled stupa s ugrađenim priključkom za punjenje vozila. Ugradnja priključka za punjenje unutar stupa javne rasvjete zahtijeva samo ugradnju elektroničke jedinice unutar stupa te ugradnju navedenog priključka koji mora biti opremljen nadstrujnom zaštitom.



Slika 6.2 Priključak za punjenje vozila koji je potrebno ugraditi unutar stupa



Slika 6.1 Stup s ugrađenim priključkom za punjenje vozila

## 5.2 Prednosti i nedostaci punjača u stupu javne rasvjete

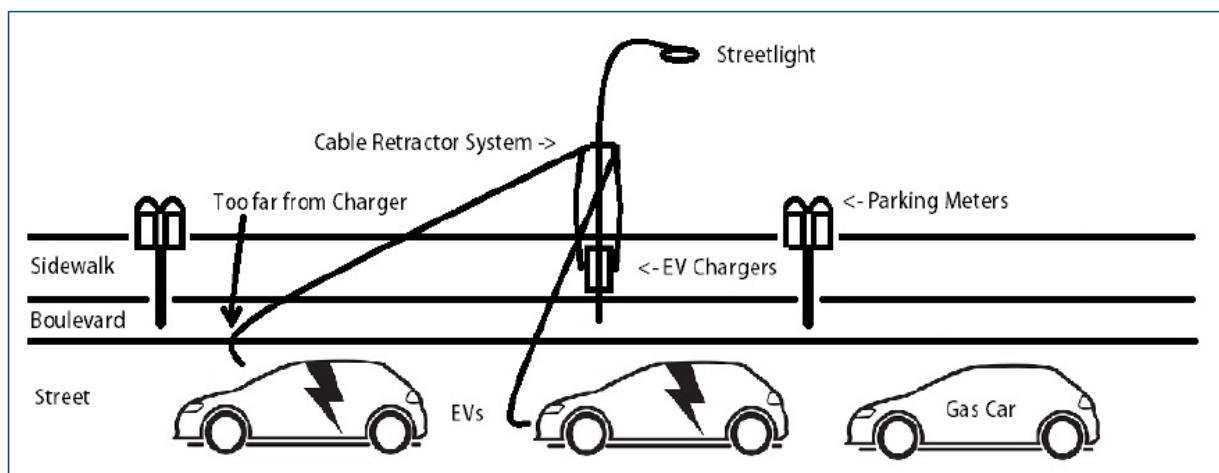
### 5.2.1 Prednosti

Integracija punjača za električna vozila u stupove javne rasvjete donosi mnoštvo benefita, kako ekoloških tako i praktičnih, koje podupiru prijelaz na održiviji sustav prijevoza. Punjači za električna vozila u stupovima javne rasvjete proizvode značajno manje emisija ugljika u usporedbi s novom infrastrukturom punjenja, s ukupnim ugljičnim otiskom puno manjim nego u samostalnim punjačima, čak i do 88%. Upotrebom postojeće infrastrukture smanjuje se potreba za dodatnim materijalima i građevinskim radovima, što dovodi do manjeg ekološkog utjecaja. Nadalje, ovi punjači mogu se povezati s obnovljivim izvorima energije, dodatno smanjujući njihovu emisiju ugljika. Implementacija punjača za električna vozila u stupove javne rasvjete je i ekonomično rješenje, pri čemu je punjenje iz stupa javne rasvjete jeftinije od punjenja standardnom punionicom na cesti. Pružanje korisnicima električnih vozila mogućnost punjenja iz stupa javne rasvjete može ubrzati proces usvajanja električnih vozila pružajući dostupnost električnih punionica svim korisnicima električnih vozila. Punjači u stupovima javne rasvjete također koriste postojeću infrastrukturu ulica, čime se štedi ionako prenapučeni urbani prostor, što je posebno korisno u gusto naseljenim područjima. Instalacija punjača u stupovima javne rasvjete obično je brža i manje ometajuća od postavljanja novih punionica, što dovodi do bržeg uvođenja infrastrukture punjenja kako bi se zadovoljila rastuća potražnja za električnim vozilima. Punjači u stupovima javne rasvjete pružaju pravednije rješenje nudeći opcije punjenja za one bez pristupa privatnom parkingu ili kućnim punjačima, poput stanara stambenih zgrada ili najmoprimaca. Integracijom punjača u stupove javne rasvjete, dodatni nered na ulicama se smanjuje, održavajući estetiku urbanog okoliša i smanjujući moguće prepreke za pješake omogućavajući prostore pločnika slobodnima za neometan prolaz pješaka. Praktičnost i niži troškovi punjača u stupovima javne rasvjete mogu potaknuti više vozača da prijeđu na električna vozila, podržavajući ciljeve Europske Unije za smanjenje emisija stakleničkih plinova i prijelaz na ekonomije s nultom neto emisijom. Punjači u stupovima javne rasvjete mogu biti opremljeni pametnom tehnologijom, omogućavajući značajke poput praćenja dostupnosti u stvarnom vremenu, integriranog upravljanja kabelima i sigurnih sustava plaćanja. Implementacija punjača u stupovima javne rasvjete usklađena je s lokalnim i nacionalnim politikama usmjerenim na povećanje broja javnih točaka za punjenje i promicanje upotrebe električnih vozila. U skladu ekološkim ciljevima, podržava usvajanje električnih vozila i pruža pravedan pristup sadržajima za punjenje. Kako gradovi i zemlje teže zelenijoj budućnosti,

punjači za električna vozila u stupovima javne rasvjete predstavljaju strateški korak prema ostvarenju tih ciljeva.

### 5.2.2 Nedostaci

Iako implementacija punionica za električna vozila pruža mnoštvo benefita, mogu se susresti i određeni nedostaci i potencijalni problemi. Punjači na stupovima podržavaju niže izlazne snage u usporedbi s namjenskim stanicama za punjenje. Većina punjača unutar stupova je u rasponu od 3,6 kW do 7 kW ovisno o stvarnom kapacitetu pojedinog stupa, što u konačnici rezultira sporijim punjenjem što neće zadovoljavati korisnike s većim kapacitetima baterija ili onima koje je potrebno brzo punjenje. Bez namjenskih parkirnih mjesta za punjenje električnih vozila na stupovima, vozačima može biti teško pristupiti punjačima, posebno ako stupovi nisu smješteni uz rub ceste, što je prikazano na slici 5.3. Produžni kablovi preko pločnika mogu stvarati opasnosti i obično nisu dopušteni, što bi moglo ograničiti praktičnost punjenja na stupovima u određenim područjima.



Slika 5.3 Udaljenost parkiranog auta od stupa punjača

Smještaj punjača na stupovima može rezultirati nejednakim pristupom ako nisu ravnomjerno raspoređeni ili ako su postavljeni samo u područjima s većim vlasništvom električnih vozila, potencijalno oštećujući stanovnike u drugim područjima, stoga je potrebno pomno planiranje i analiza lokacija na kojima se planiraju postaviti električne punionice. Iako su punjači na stupovima dizajnirani kako bi minimizirali dodatno nered na ulicama, prisutnost kabela i potencijalno veće prisustvo vozila moglo bi umanjiti estetiku stambenih ulica i urbanih okoliša. Negativan utjecaj može se prenijeti i na psihološki aspekt stanovnika koji žive u blizini rasvjetnih stupova s

punjačima za električna vozila iz razloga što bi povećan promet i korištenje punjača mogao doprinijeti povećanom prometu u mjestima te rezultirati smanjenim brojem dostupnim parkirnih mjesta za stanovnike toga kraja te u konačnici izazvati neugodnosti među stanovništvom radi povećane prisutnosti nepoznatih ljudi na duža vremenska razdoblja. Nadalje, postojeća električna infrastruktura, uključujući starost i kapacitet kabela na stupovima, možda neće podržati dodatno opterećenje punjenja električnih vozila, pogotovo u krajevima sa starijom infrastrukturom što bi moglo rezultirati skupim nadogradnjama ili ograničiti izvedivost instaliranja punjača na određenim stupovima. Punjači na stupovima, poput svih električnih uređaja, mogu doživjeti kvarove ili zahtijevati održavanje, što može rezultirati prekidima u radu i smanjenom pouzdanošću za korisnike[33].

### **5.3 Tehnički uvjeti za implementaciju punionice za električna vozila unutar sustava javne rasvjete**

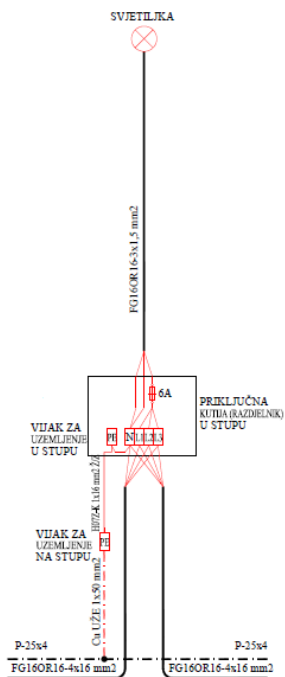
Sustav javne rasvjete je podešen tako da se rasvjeta sinkronizira s izlaskom i zalaskom sunca. To znači da je rasvjetu potrebno paliti samo u večernjim satima. Najčešće uličnom rasvjetom upravljaju fotoćelije i mjerači vremena koji se nalaze unutar razvodnog ormara javne rasvjete te uključuju rasvjetu noću, što za sobom ostavlja posljedicu da je rasvjetni stup pod naponom samo u večernjim satima što za korisnike električnih vozila nije pogodno, stoga je za implementaciju punjača u stup javne rasvjete potrebno omogućiti konstantno napajanje stupa koje će omogućiti pružanje usluge punjenja u svakom trenu, a ne samo noću. To se može ostvariti na dva načina, prvi je ugradnjom kontrolnog uređaja u svaki stup koji bi davao nalog za uključivanje prema unaprijed definiranom rasporedu ili prilagodbom kabelaške infrastrukture na način da se dvije faze koriste za sustav rasvjete, a treća je isključivo rezervirana za punionice. Opcija ugradnje kontrolnog uređaja omogućuje ugradnju i monofaznih i trofaznih punionica, dok rezerviranje jedne faze omogućava ugradnju samo monofaznih punionica. Iz razloga što ugradnja kontrolnog uređaja iziskuje puno veće troškove i kompliciraniju izvedbu, provesti će se analiza samo sustava s rezerviranom jednom fazom za punionice električnih vozila. [36]

Većina stupova ulične rasvjete još uvijek koristi visokotlačna natrijeva ili metalhalogena rasvjetna tijela. Njihovom nadogradnjom na LED smanjuje se električno opterećenje za najmanje 50%, što rasvjetne stupove čini prikladnijima za postavljanje stanica za punjenje električnih vozila. Većina rasvjete je postavljena unutar starih. Rasvjetna infrastruktura mnogih gradova prilično je

stara i zbog toga nisu dostupni njeni tehnički podaci. Također, neki gradovi su otkrili da su električne instalacije dotrajale (vodiči bez odgovarajuće izolacije, slomljeni vodovi, itd.) te zbog toga su mnogi gradovi odbacili određene lokacije koje bi bile potencijalno korisne za korisnike iz sigurnosnih razloga.

U električnim sustavima, dozvoljeni pad napona odnosi se na maksimalnu razliku u naponu koja je dopuštena između izvora napajanja i krajnjih potrošača unutar strujnog kruga. Ovaj parametar je ključan za osiguranje pouzdane isporuke električne energije potrošačima. Dozvoljeni pad napona obično se izražava kao postotak nominalnog napona u strujnom krugu. Na primjer, u distribucijskim mrežama za opću upotrebu, dozvoljeni pad napona može biti ograničen na 3% ili manje. To znači da ako je nominalni napon 230 V, dozvoljeni pad napona ne smije premašiti 6,9 V (3% od 230 V) duž cijelog strujnog kruga.

Prilikom integracije unutar rasvjetnog stupa punionice također je potrebno i znati kojim kabelom se stup napaja kako bi se moglo vidjeti hoće li izdržati dodatna opterećenja koja prouzrokuje dodana punionica. Rasvjetni stupovi novije generacije napajaju se kabelom presjeka 16-25mm<sup>2</sup> radi mogućnosti ugradnje pametnih sustava i podnošenja većih opterećenja, dok se do same svjetiljke dovodi kabel presjeka 1,5mm<sup>2</sup>.

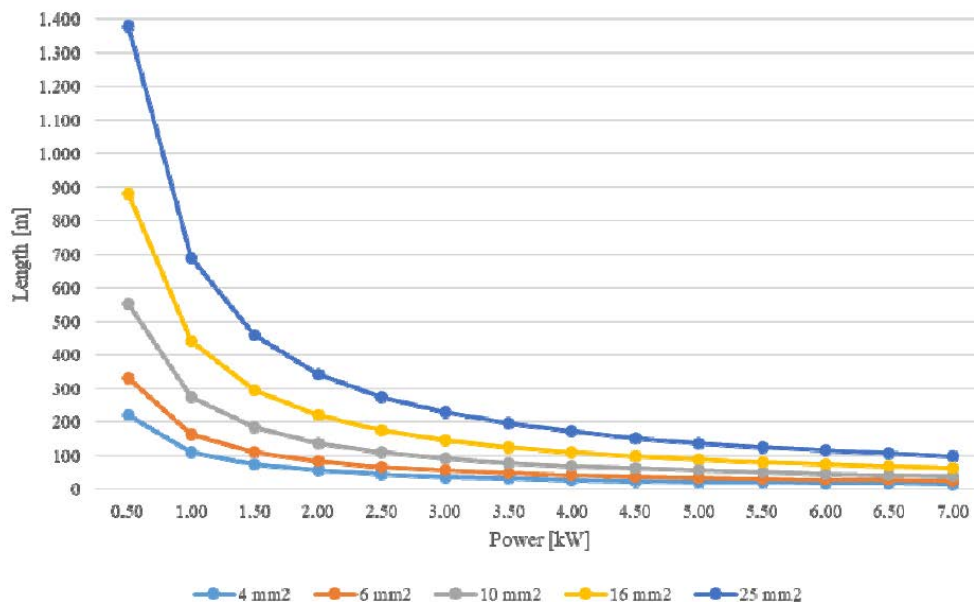


Slika 5.5 Shema spajanja stupa i svjetiljke

OPTERETIVOST KABELA				
Presjek mm <sup>2</sup>	Struja Cu (A)		Struja Al (A)	
	Osigurač Cu (A)	Osigurač Al (A)	Osigurač Cu (A)	Osigurač Al (A)
0,75	12	6		
1	15	10		
1,5	18	10		
2,5	26	20	20	16
4	34	25	27	20
6	44	35	35	25
10	61	50	48	35
16	82	63	64	50
25	108	80	85	63
35	135	100	105	80
50	168	125	132	100
70	207	160	163	125
95	250	200	197	160
120	292	250	230	200
150	335	250	263	200
185	382	315	301	250
240	453	400	357	315
300	504	400	409	315

Slika 6.4 Odabir presjeka kabela

Odabir presjeka kabela vrši se prema strujnom opterećenju priključenog trošila kao što je prikazano na slici 5.4 iz čega se može vidjeti da bakreni kabel presjeka 16mm<sup>2</sup> može podnijeti stujna opterećenja do 82A, što zadovoljava uvjete za ugradnju električne punionice. Također, potrebno je i imati informaciju o zakupljenoj snazi pojedinog mjernog mjesta iz kojeg se napaja javna rasvjeta te usporediti ju s budućim opterećenjima nakon ugradnje električne punionice. Ukoliko je ukupno opterećenje mjernog mjesta u kontinuiranom radu ispod zakupljene snage barem za iznos nazivne snage punionice, moguće je integrirati punionicu na to mjerno mjesto. Presjek napojnog kabela je također potrebno znati kako bi se odredila duljina odvojenog kraka trase od trafostanice. Prije realizacije integracije potrebno je izbalansirati opterećenje javne rasvjete po fazama.



Slika 5.6 Ovisnost maksimalne dulje kabela o snazi punionice

Npr. Mjerno mjesto na određenoj lokaciji ima zakupljenu snagu od 22 kW, a mjerenjem snage rasvjetnih tijela u strujom krugu su pokazala da ukupno opterećenje u neprekidnom pogonu iznosi 15 kW, dolazi se do zaključka da je moguće integrirati punionicu od 7 kW unutar tog obračunskog mjernog mjesta. Sustav zaštite od direktnog dodira u punionici se rješava pravilnom izolacijom i izvedbom spojeva tako da dijelovi instalacije pod naponom nisu dostupni za dodir. Sustav zaštite od neizravnog dodira omogućava se s diferencijalno-magnetnom toplinskom zaštitom, tj. zaštitom od diferencijalne struje (RCD).

S obzirom da je električna punionica jedini potrošač električne energije, ukupno opterećenje na početku niskonaponskog izlaza jednako je maksimalnoj snazi punionice. Kao primjer će se uzeti zidna stanica koja će biti integrirana u rasvjetni stup javne rasvjete dimenzija 632 (v) x 170 (d) x 380 (š) mm, s opremom za kontrolu punjenja. S vanjske strane nalazi se jednofazna „shuko“ utičnica maksimalne snage 3,7 kW (230 VAC – 16 A) i jednofazna utičnica MENNEKES (tip 2) maksimalne snage 3,7 kW (230 VAC – 16 A). Punionica ima mogućnost proširenja maksimalne snage do 7 kW po utikaču, što će se primijeniti tijekom instalacije, a utičnice se mogu koristiti naizmjenično

Poznavajući izlazno opterećenje, vršna struja opterećenja izračunava se kao što je prikazano sljedećom formulom s poznatim faznim naponom od 230 V i faktorom snage od 0,96:

$$I_{peak} = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi} = \frac{7000}{230 \cdot 0,96} = 31,70 \text{ A} \quad (5.1)$$

Gdje je:

- $P$  – ukupno opterećenje na početku NN izlaza [kW]
- $I_{peak}$  – vršna struja faze u kojoj se nalazi osigurač
- $U$  – fazni napon sustava [V]
- $\cos \varphi$  – faktor snage

Maksimalnu struju određuje napojni kabel javne rasvjete. Često korišteni kabel je presjeka  $4 \times 25 \text{ mm}^2$  čija maksimalna dopuštena struja prema slici 5.4 iznosi 108 A. Na temelju izračunatih struja odabiru se vodiči i osigurači. Odabrani vodič zadovoljava kriterije struje opterećenja ako je ispunjeno sljedeće:

$$I_{peak} \leq C_t \cdot I_{cond} \quad (5.2)$$

Gdje je:

- $C_t$  – faktor korekcije za utjecaj temperature o
- $I_{cond}$  – strujno opterećenje vodiča

Za faktor korekcije utjecaja temperature okoline promatra se najnepovoljniji slučaj, odnosno najveće opterećenje pri  $+30 \text{ }^\circ\text{C}$  gdje je  $C_t=1$ . Budući da je  $I_{peak}$  (31,70 A) znatno manji od  $I_{cond}$  (108 A), može se zaključiti da tip vodiča zadovoljava kriterij strujnog opterećenja.



Odabir osigurača vrši se na temelju dvaju kriterija navedenih u formulama (5.1) i (5.2). Nazivna struja osigurača mora biti veća od vršne struje opterećenja kroz dio gdje se nalazi osigurač.

$$I_{fuse} > I_{peak} \quad (5.3)$$

Gdje je:

- $I_{fuse}$  – nominalna struja osigurača

Nazivna struja osigurača mora biti manja ili jednaka od maksimalne dopuštene trajne struje voda na kojem se nalazi, kao što se prikazuje na slici 5.4 „Odabir presjeka kabela“ gdje je prikazano koji osigurač se može koristiti za određeni kabel.

$$I_{fuse} \leq I_{cond} \quad (5.4)$$

Jalova i prividna snaga se računaju prema izrazima 5.5 i 5.6.

$$Q = U \cdot I_{peak} \cdot \sin\varphi \quad (5.5)$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (5.6)$$

Najveća dopuštena jakost struje osigurača se računa tako da se struja osigurača  $I_{fuse}$  pomnoži s faktorom 1,25, što u slučaju osigurača od 32A iznosi 40A. U slučaju izračunate maksimalne struje od 31,70 A za punionicu snage 7 kW dobiveni su sljedeći rezultati:

Tablica 5.1 Proračun dopuštenih strujnih opterećenja i odabir osigurača

<b>P</b> <b>[kW]</b>	<b>Q</b> <b>[kVAr]</b>	<b>S</b> <b>[kVA]</b>	<b><math>I_{peak}</math></b> <b>[A]</b>	<b><math>I_{cond}</math></b> <b>[A]</b>	<b><math>I_{fuse}</math></b> <b>[A]</b>	<b><math>I_{fusem}</math></b> <b>[A]</b>
7,00	2,04	7,29	31,70	108	32	40

Kao što je prikazano, izračunata vršna struja je 31,70 A, što je znatno manje od dopuštene mrežne struje i navedene maksimalne struje osigurača. Dakle, može se zaključiti da punionica kao potrošač odgovara odabranom osiguraču, uvjetima vodiča i rasponu zaštite.

Prema hrvatskom zakonodavnom okviru dopušteni pad napona između točke napajanja električne instalacije i bilo koje druge točke ne smije biti veći od 3 % za krug rasvjete ili veći od 5 % za krug

ostalnih potrošača u slučaju da se električna instalacija napaja niskonaponskom mrežom. Ako se električna instalacija napaja izravno iz trafostanice priključene na viši napon, dopušteni pad napona je 5 % za krug rasvjete i 8 % za krug za ostale potrošače. Za električnu instalaciju duljine veće od 100 m dopušteni pad napona povećava se za 0,005 % po metru, ali ne više od 0,5 %. Gubitak napona u mreži koja je simetrično opterećena izračunava se kao postotak prema izrazu 5.7 gdje je specifični otpor za aluminijski vodič 0,0288 Ωmm:

$$u_{\%} = \frac{2 \cdot P \cdot l \cdot \rho}{U^2 \cdot A} \cdot 10^5 \quad (5.7)$$

Gdje je:

- $u_{\%}$  – pad napona [%]
- $l$  – duljina vodiča [m]
- $P$  – specifični otpor vodiča [Ωmm<sup>2</sup>/m]
- $A$  – presjek vodiča [mm<sup>2</sup>]

Na posljetku potrebno je izvesti proračun maksimalne duljine napojnog kabela. Kablovi se moraju provjeriti prije postavljanja stanice za punjenje. Presjek kabela može varirati i važno je uzeti u obzir specifikacije dobavljača, vrstu kabela, način instalacije, vrstu instalacije, duljinu i druge čimbenike. nja. Za integraciju jednofaznih stanica za punjenje maksimalna duljina kabela može se izračunati pomoću sljedećeg izraza:

$$l = \frac{u_{\%} \cdot U^2 \cdot A}{2 \cdot P \cdot \rho} \cdot 10^{-5} \quad (5.8)$$

Uzimajući u obzir da je nazivni fazni napon 230 V i specifični otpor za aluminijski vodič 0,0288 Ωmm<sup>2</sup> /m s najgorim slučajem dosljednog pada napona od 3 %, maksimalne duljine kabela različitih presjeka za ugradnju punionica različite snage prikazane su na slici 5.6.

## 5.4 Punionica za električna vozila unutar stupa javne rasvjete

### 5.4.1 Ubitricity

U svijetu postoji nekolicina punjača za električna vozila koja su predviđena za implementaciju unutar stupa javne rasvjete. Jedan od njih je punjač tvrtke Ubitricity, startup tvrtke osnovane 2008. godine u Berlinu koja je razvila jedinstvenu mobilnu mjernu tehnologiju za pametno punjenje električnih vozila izmjeničnom strujom, na ulici i izvan nje. Punjači tvrtke

Ubitricity koriste se u većini njemačkih gradova te nekoliko velikih svjetskih gradova poput Londona, Pariza, Los Angelesa, Osla, itd. Ovo rješenje omogućuje vlasnicima nekretnina da iskoriste znatno niže troškove infrastrukture za punjenje, prenoseći dio tih troškova na korisnike. Korisnik mora kupiti pametni kabel koji ima ugrađen pametni mjerač potrošnje ako želi pristupiti Ubitricity mreži električnih punionica. Unutar stupa javne rasvjete mora se instalirati Ubitricityjev „SimpleSocket“, što je utičnica bez uključenog mjernog uređaja. Međutim, ova utičnica ima sustav provjere autentičnosti koji komunicira sa SmartCableom kako bi se omogućilo punjenje.[35]



*Slika 5.7 Ubitricity punionica[34]*

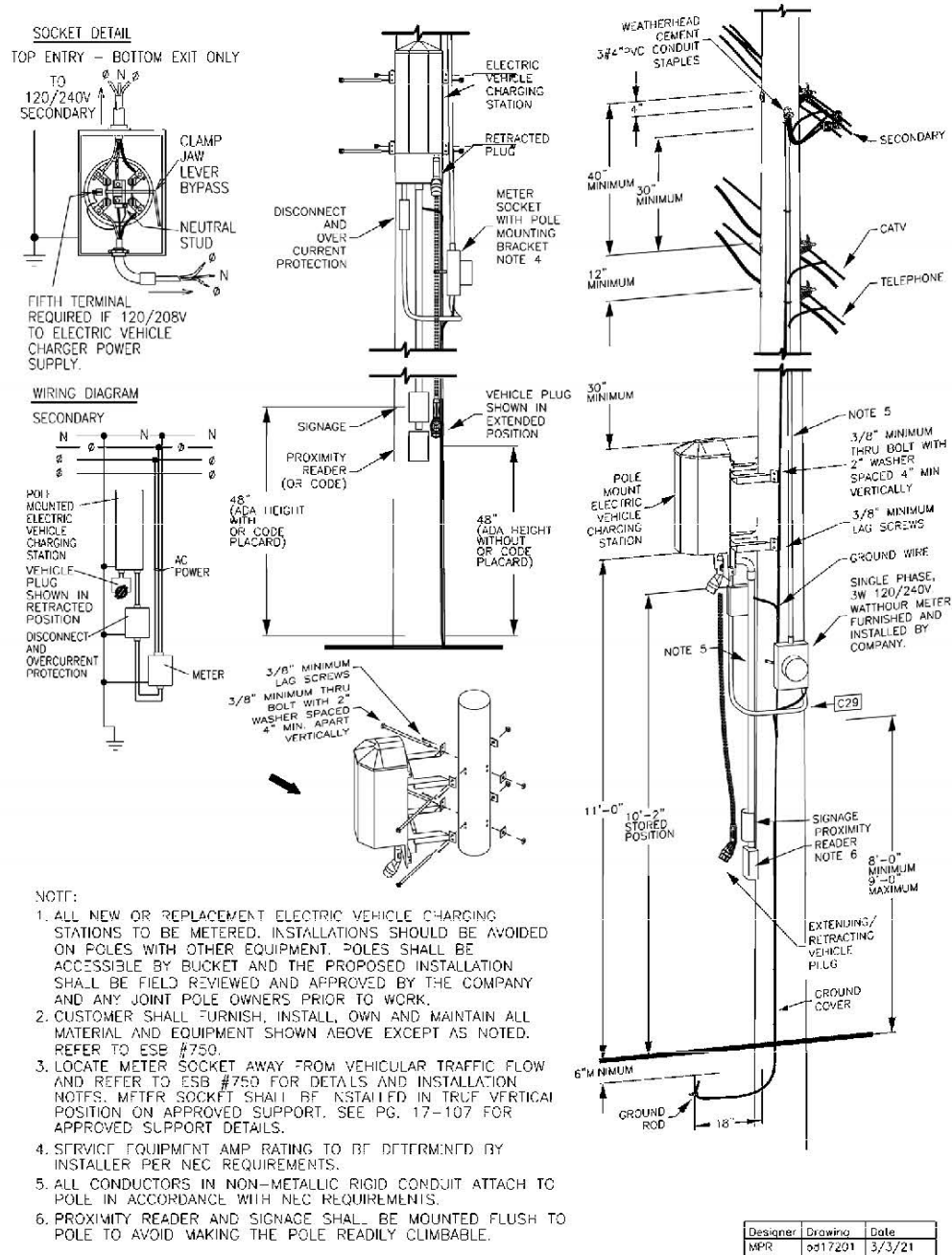
#### 5.4.2 Char.gy

Char.gy je startup tvrtka sa sjedištem u Londonu (Ujedinjeno Kraljevstvo) osnovan 2016. kako bi riješio problem punjenja električnih vozila u stambenim objektima za osobe koje nemaju parking izvan ulice. Krajem 2017. instalirali su svoju prvu javnu punionicu u gradu Richmondu. Njihovo rješenje sastoji se od kompaktnog punjača koji se može pričvrstiti na postojeće rasvjetne stupove ili kao samostalni ili satelitski stup. U ovoj tehnologiji korisnik mora spojiti vlastiti kabel na stanicu za punjenje.



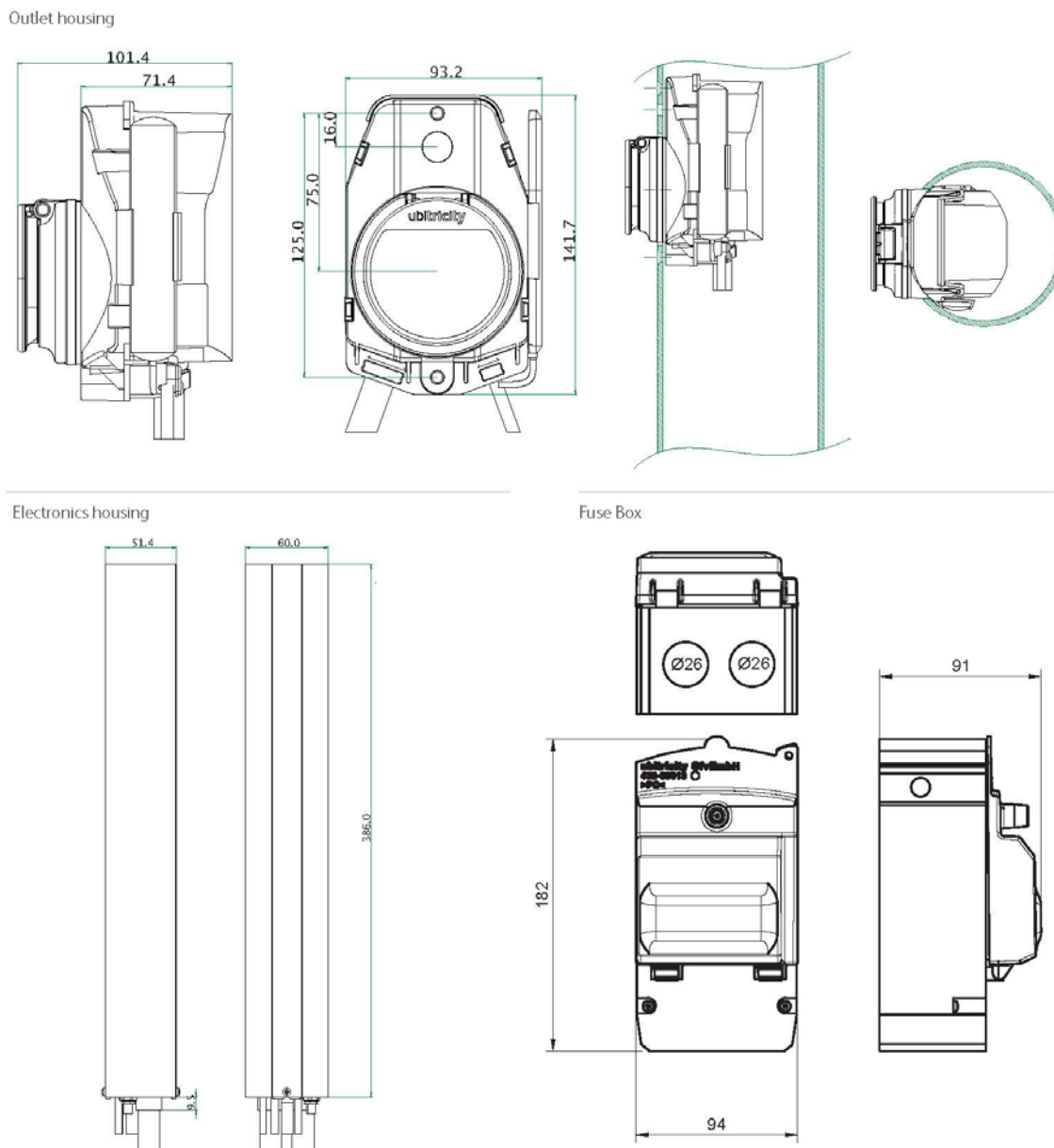
*Slika 6.8 Char.gy punjač za vozila*

## 5.5 Sheme stupova javne rasvjete s ugrađenom punionicom za električna vozila



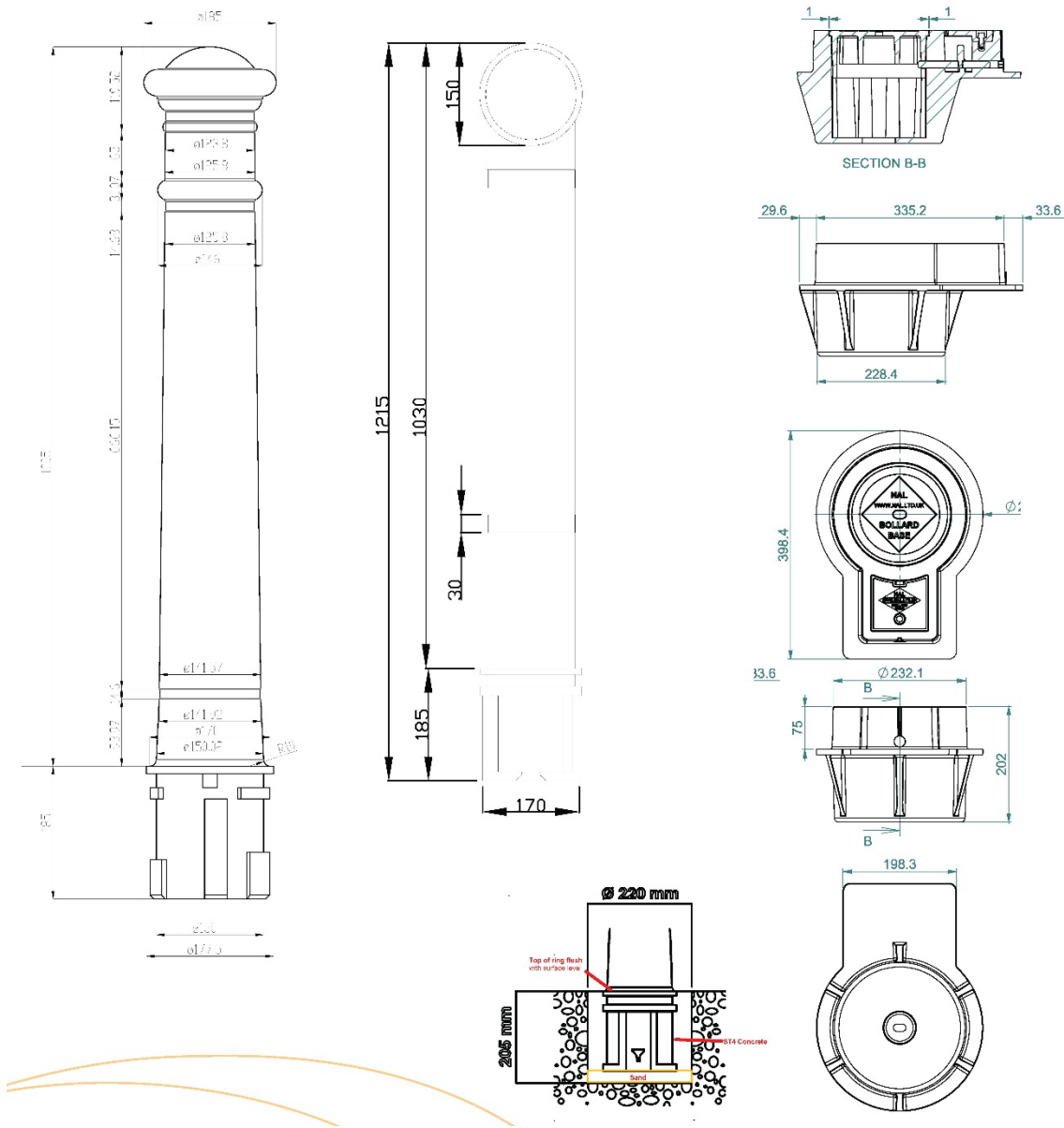
Slika 5.10 Shema postavljanja punionice za električna vozila na stup javne rasvjete

Na slici 5.9 prikazan je način postavljanja punionice za električna vozila na stup javne rasvjete. Prikazani su detalji razvoda kablova te načini povezivanja različitih dijelova vijčano ili spajanjem odgovarajućim konektorima. Na slikama 5.10 i 5.11 se prikazuje shema Ubitricityeva stupa s integriranim punjačem za električna vozila.



Slika 5.11 Dimenzije stupa s integriranom električnom punionicom(1)

Dimensions NAL Bollards



Slika 5.12 Dimenzije stupa s integriranom električnom punionicom(2)

## 6 ZAKLJUČAK

U svijetu koji sve više teži održivosti i smanjenju emisija štetnih plinova. Istraživanje mogućnosti i ograničenja integracije punionica za električna vozila u sustav javne rasvjete zbog dobro raspoređene infrastrukture javne rasvjete koja je neiskorištena tijekom dana kada je uporaba automobila najčešća, daje uvid u potencijal višestruke namjene javne rasvjete. S tehničke strane, vidljivo je da je realizacija punionice unutar stupa javne rasvjete moguća. . Izračun maksimalne duljine kabela pokazao je da integracija punionica u infrastrukturu javne rasvjete ovisi o snazi punionice i presjeku kabela. Budući da su gradovi dobro pokriveni infrastrukturom javne rasvjete, a grane javne rasvjete obično su dugačke do 300 metara, stanice za punjenje električnih vozila mogle bi pokriti većinu gradskog područja, ovisno o presjeku kabela. Ovakvi projekti će sigurno potaknuti ljude na kupnju električnih vozila zbog osiguranja odgovarajuće infrastrukture za punjenje istih što će u konačnici rezultirati osvježenijem odnosu prema globalnim problemima s emisijama CO<sub>2</sub> i ostalih štetnih plinova. Iako ovaj koncept može pružiti brojne druge prednosti, kao što su smanjenje troškova i poboljšanje estetike urbanih okoliša, potrebno je uzeti u obzir i tehničke izazove i moguće sigurnosne probleme kako bi se donio konačni zaključak o isplativosti ugradnje punionica za električna vozila unutar stupa javne rasvjete.

## LITERATURA

- [1] H. Glavaš, M. Antunović, T. Keser: Cestovna vozila na električni pogon, Zbornik radovaKoREMA '06, Split, 2006, str. 78-81, dostupno: <https://www.bib.irb.hr/281150>
- [2] M. Stojkov, et. al.: Električni automobil - povijest razvoja i sastavni dijelovi, 12. skup o prirodnom plinu, toplini i vodi, 5. međunarodni skup o prirodnom plinu, toplini i vodi, Strojarski fakultet Sveučilišta u Slavonskom Brodu, Osijek, 2014, str. 222-230, dostupno: <https://www.bib.irb.hr/717355>
- [3] [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2022/698920/EPRS\\_BRI\(2022\)698920\\_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2022/698920/EPRS_BRI(2022)698920_EN.pdf)
- [4] <https://ec.europa.eu/programmes/erasmus-plus/project-result-content/5ed45e21-15a4-4b04-b1c3-30e589c0f114/LEMO%20prirucnik%20hrv.pdf>
- [5] <https://n1.info.hr/magazin/prihvacena-nova-direktiva-evo-sto-to-znaci-za-vozace-diljem-europe/>, s interneta, veljača 2024
- [6] <https://www.poslovni.hr/hrvatska/foto-hep-ova-ultra-brza-punionica-omogucuje-punjenje-elektricnog-automobila-za-samo-15-minuta-3996859>
- [7] <https://electrek.co/2020/02/18/nyc-will-get-curbside-ev-charging-but-coneds-pricing-will-make-people-sad/>, s interneta, veljača 2024
- [8] <https://www.plugshare.com/>, s interneta, veljača 2024
- [9] HRN EN IEC 61851-1:2019(Sustav kontaktnog punjenja električnih vozila -- 1. dio: Opći zahtjevi (IEC 61851-1:2017; EN IEC 61851-1:2019))
- [10] HRN EN IEC 62196-1:2022(Utikači, utičnice, spojevi i spojnice na vozilima -- Kontaktno punjenje električnih vozila -- 1. dio: Opći zahtjevi (IEC 62196-1:2022; EN IEC 62196-1:2022))
- [11] HRN EN IEC 61851-21-2:2021(Sustav kontaktnog punjenja električnih vozila -- Dio 21-2: Zahtjevi za kontaktno spajanje električnog vozila na izmjenični/istosmjerni izvor -- Zahtjevi za elektromagnetsku kompatibilnost sustava za punjenje izvan vozila (IEC 61851-21-2:2018; EN IEC 61851-21-2:2021))
- [12] HRN EN 60947-2:2017/A1:2020(Niskonaponska sklopna aparatura -- 2. dio: Prekidači (IEC 60947-2:2016/am1:2019; EN 60947-2:2017/A1:2020))
- [13] HRN EN IEC 61439-1:2021(Niskonaponski sklopni blokovi -- 1. dio: Opća pravila (IEC 61439-1:2020; EN IEC 61439-1:2021))
- [14] HRN EN 61851-23:2014/Ispr.1:2016(Sustav kontaktnog punjenja električnih vozila -- 23. dio: Stanica za punjenje vozila istosmjernom strujom (IEC 61851-23:2014/Corr.1:2016; EN 61851-23:2014/AC:2016-06))
- [15] HRN HD 60364-7-722:2019(Niskonaponske električne instalacije -- Dio 7-722: Zahtjevi za posebne instalacije ili prostore -- Napajanje električnih vozila (IEC 60364-7-722:2018, MOD; HD 60364-7-722:2018))
- [16] [https://afdc.energy.gov/fuels/electricity\\_infrastructure.html](https://afdc.energy.gov/fuels/electricity_infrastructure.html), s interneta, veljača 2024
- [17] <https://www.press.bmwgroup.com/global/article/detail/T0281369EN/charging-even-easier-than-refuelling>, s interneta, veljača 2024



- [18] <https://www.se.com/hr/hr/product-subcategory/80408-evlink-punionice-za-elektri%C4%8Dna-vozila/>, s interneta, veljača 2024
- [19] <https://www.vanarama.com/guides/cars/what-are-tesla-superchargers-and-how-do-i-use-them>, s interneta, veljača 2024
- [20] <https://www.evexpert.eu/eshop1/knowledge-center/connector-types-for-ev-charging-around-the-world>, s interneta, veljača 2024
- [21] <https://bestchargers.eu/blog/different-types-of-ev-charging-connectors/>, s interneta, veljača 2024
- [22] <https://zdwl-tec.com/news/protection-requirements-of-ev-charger/>, s interneta, veljača 2024
- [23] <https://tehnicki.lzmk.hr/clanak/osigurac-automatski#clanak>, s interneta, veljača 2024
- [24] <https://www.eti.hr/pdf-katalozi-2/energetika/etibreak-niskonaponski-kompaktni-prekidaci-i-niskonaponski-rastavljac>, s interneta, veljača 2024
- [25] <https://zdwl-tec.com/news/protection-requirements-of-ev-charger/>, s interneta, veljača 2024
- [26] Priručnik od Schneider Electric: „Safety measures for electric vehicle charging“
- [27] EV charging - electrical installation design, s interneta, [https://www.electrical-installation.org/en/wiki/EV\\_charging\\_-\\_electrical\\_installation\\_design](https://www.electrical-installation.org/en/wiki/EV_charging_-_electrical_installation_design), veljača 2024
- [28] Tehnički vodič za primjenu ITC-BT 52: „Instalaciones con fines especiales. Infraestructura para la recarga de vehiculos electricos.“
- [29] Pravilnik o projektima JPP-a male vrijednosti, s interneta, <https://www.mingo.hr/public/documents/Prijedlog%20Pravilnika%20o%20projektima%20JPPa%20male%20vrijednosti.pdf>, veljača 2024.
- [30] Priključak javne rasvjete na elektrodistributivnu mrežu, s interneta, <https://www.studocu.com/row/document/univerzitet-u-sarajevu/masinski-fakultet/skripta-77-80/67991909>, veljača 2024
- [31] E. Širola, Cestovna rasvjeta, ESING, Zagreb, 1997.
- [32] Energetski pregled: „Izvještaj o energetskom pregledu javne rasvjete grada Sveti Ivan Zelina“, izrađen od tvrtke K-tim d.o.o.
- [33] Jurica Perko, Danijel Topic, Goran Knežević, Matej Znidarec, Technical Conditions of EV Charging Stations Integration into Public Lighting Infrastructure
- [34] <https://ubitricity.com/en>, s interneta, veljača 2024
- [35] EMMETT WERTHMANN AND VISHANT KOTHARI, POLE-MOUNTED ELECTRIC VEHICLE CHARGING: PRELIMINARY GUIDANCE FOR A LOW-COST AND MORE ACCESSIBLE PUBLIC CHARGING SOLUTION FOR U.S. CITIES
- [36] Andres Puentes, ON-STREET ELECTRIC VEHICLE CHARGING FROM LIGHT POLES

## PRILOZI

### POPIS SLIKA

Slika 2.1 Trenutačni popis punionica u Primorsko goranskoj županiji i okolici[8] .....	7
Slika 2.2 Punionica na odmorištu na autocesti[6] .....	7
Slika 2.3 Prve punionice za električna vozila("Electrant")[7].....	8
Slika 2.4 Sustav za punjenje električnog vozila .....	10
Slika 2.5 Kućni punjač za električna vozila .....	11
Slika 2.6 Brzi punjač za električna vozila[18].....	12
Slika 2.7 Superbrzi punjač za električna vozila[19].....	12
Slika 2.8 Bežično punjenje električnog vozila[17].....	13
Slika 2.9 Različiti tipovi konektora u svijetu .....	14
Slika 2.10 Tipovi priključnica i vrste punionica[21].....	15
Slika 3.1 Prenaponska zaštita .....	17
Slika 3.2 Podnapojnski uređaj za isklapanje .....	18
Slika 3.3 Krivulje osigurača .....	19
Slika 3.4 Automatski osigurač do 63 A .....	19
Slika 3.5 Presjek automatskog osigurača .....	20
Slika 3.6 Zaštitni uređaj diferencijalne struje(FID sklopka) .....	21
Slika 3.7 Dimenzioniranje vodiča za način rada 1,2 i 3 .....	22
Slika 3.8 Moguća rješenja zaštite .....	23
Slika 3.9 Električna shema jednofazne punionice .....	24
Slika 3.10 Električna shema trofazne punionice .....	25
Slika 4.1 Topološki prikaz NN mreže[29].....	27
Slika 4.2 Sustav rasvjete stare generacije.....	28
Slika 4.3 Sustav rasvjete nove generacije.....	28
Slika 4.4 Napajanje javne rasvjete.....	29
Slika 4.5 Ormar javne rasvjete(ORJ).....	29
Slika 4.6 Svojstva različitih rasvjetnih tijela .....	31
Slika 6.1 Stup s ugrađenim priključkom za punjenje vozila .....	37
Slika 6.2 Priključak za punjenje vozila koji je potrebno ugraditi unutar stupa .....	37

Slika 5.3 Udaljenost parkiranoa auta od stupa punjača.....	39
Slika 6.4 Odabir presjeka kabela .....	41
Slika 5.5 Shema spajanja stupa i svjetiljke.....	41
Slika 5.6 Ovisnost maksimalne dulje kabela o snazi punionice .....	42
Slika 5.7 Ubitricity punionica[34] .....	46
Slika 6.8 Char.gy punjač za vozila .....	46
Slika 6.9 Char.gy punionica za električna vozila .....	47
Slika 5.10 Shema postavljanja punionice za električna vozila na stup javne rasvjete .....	47
Slika 5.11 Dimenzije stupa s integriranom električnom punionicom(1).....	48
Slika 5.12Dimenzije stupa s integriranom električnom punionicom(2).....	49

## POPIS TABLICA

Tablica 4.1 Režimi rada sustava javne rasvjete .....	32
Tablica 4.2 Osnovni podaci o sustavu javne rasvjete .....	33
Tablica 4.3 Pozicija obračunskog mjernog mjesta .....	33
Tablica 4.4 Starost rasvjetnih tijela.....	33
Tablica 4.5 Tipovi rasvjetnih tijela .....	34
Tablica 4.6 Tipovi stupova bez svjetiljki.....	35
Tablica 4.7 Tipovi stupova sa svjetiljkama.....	35
Tablica 4.8 Vlasništvo stupova.....	35
Tablica 4.9 Pokazatelji sustava javne rasvjete.....	35
Tablica 5.1 Proračun dopuštenih strujnih opterećenja i odabir osigurača .....	44

## **SAŽETAK**

U radu je bio potrebno opisati princip rada punionica za električna vozila te opisati sustav javne rasvjete u Republici Hrvatskoj. Opisani su zaštitni uređaji koji se mogu koristiti za zaštitu punionica i njihove okoline te na poslijetku samih korisnika punionica za električna vozila. Prikazana je analiza sustava javne rasvjete na primjeru grada Sveti Ivan Zelina. Prikazan je model električne punionice integriran unutar rasvjetnog stupa te su dane konstatacije o prednostima i manama korištenja električnih punionica unutar sustava javne rasvjete. Kroz primjer tehničkog proračuna prikazana je mogućnost integracije punjača unutar stupa javne rasvjete.

Ključne riječi: punionica za električna vozila, zaštitni uređaj, rasvjetni stup

## **SUMMARY**

The paper required describing the operation principle of electric vehicle charging stations and explaining the public lighting system in the Republic of Croatia. Protective devices that can be used to safeguard charging stations and their surroundings, as well as users of electric vehicle charging stations, were outlined. An analysis of the public lighting system was presented using the example of the city of Sveti Ivan Zelina. A model of an electric charging station integrated into a lighting pole was demonstrated, along with observations regarding the advantages and disadvantages of employing electric charging stations within the public lighting system. Through an example of technical calculation, the possibility of integrating chargers within public lighting poles was illustrated.

Keywords: electric vehicle(EV) charging station ,protective device, lighting pole