

# Pregled i usporedba punionica za električna vozila

---

Golić, Luka

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:200:736511>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-19**

*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek](#)



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

**SVEUČILIŠNI STUDIJ**

**PREGLED I USPOREDBA PUNIONICA ZA ELEKTRIČNA**  
**VOZILA**

**Završni rad**

**Luka Golić**

**Osijek, 2020.**

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA  
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK**Obrazac Z1P - Obrazac za ocjenu završnog rada na preddiplomskom sveučilišnom studiju**

Osijek, 24.09.2020.

Odboru za završne i diplomske ispite

**Prijedlog ocjene završnog rada na  
preddiplomskom sveučilišnom studiju**

<b>Ime i prezime studenta:</b>	Luka Golić
<b>Studij, smjer:</b>	Prediplomski sveučilišni studij Elektrotehnika i informacijska tehnologija
<b>Mat. br. studenta, godina upisa:</b>	4370, 30.09.2019.
<b>OIB studenta:</b>	27203664072
<b>Mentor:</b>	Izv. prof. dr. sc. Danijel Topić
<b>Sumentor:</b>	
<b>Sumentor iz tvrtke:</b>	
<b>Naslov završnog rada:</b>	Pregled i usporedba punionica za električna vozila
<b>Znanstvena grana rada:</b>	<b>Elektroenergetika (zn. polje elektrotehnika)</b>
<b>Predložena ocjena završnog rada:</b>	Vrlo dobar (4)
<b>Kratko obrazloženje ocjene prema Kriterijima za ocjenjivanje završnih i diplomskih radova:</b>	Primjena znanja stečenih na fakultetu: 2 bod/boda Postignuti rezultati u odnosu na složenost zadatka: 2 bod/boda Jasnoća pismenog izražavanja: 2 bod/boda Razina samostalnosti: 2 razina
<b>Datum prijedloga ocjene mentora:</b>	24.09.2020.
<b>Datum potvrde ocjene Odbora:</b>	30.09.2020.
Potpis mentora za predaju konačne verzije rada u Studentsku službu pri završetku studija:	Potpis:
	Datum:

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA  
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK**IZJAVA O ORIGINALNOSTI RADA**

Osijek, 30.09.2020.

**Ime i prezime studenta:**

Luka Golić

**Studij:**

Preddiplomski sveučilišni studij Elektrotehnika i informacijska tehnologija

**Mat. br. studenta, godina upisa:**

4370, 30.09.2019.

**Turnitin podudaranje [%]:**

6

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom: **Pregled i usporedba punionica za električna vozila**

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

i sumentora

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

Potpis studenta:

# Sadržaj

<b>1. UVOD</b> .....	1
<b>2. PREGLED LITERATURE</b> .....	3
<b>3. ELEKTRIČNA VOZILA</b> .....	4
<b>3.1 Hibridna električna vozila (HEV– engl. <i>Hybrid electric vehicles</i>)</b> .....	4
<b>3.2 Plug-in električna vozila (PHEV – engl. <i>Plug-in electric vehicles</i>)</b> .....	5
<b>3.3 Električna vozila proširenog dometa (EREV – engl. <i>Extended range electric vehicles</i>)</b> .....	6
<b>3.4 100%-tna električna vozila (BEV – engl. <i>Battery electric vehicles</i> ili FEV – engl. <i>Fully electric vehicles</i>)</b> .....	7
<b>4. PUNIONICE</b> .....	9
<b>4.1 Načini punjenja</b> .....	13
<b>4.2 Priključci</b> .....	18
<b>4.3 Trošak punjenja</b> .....	25
<b>5. IZBOR PUNIONICE</b> .....	27
<b>5.1 Punjenje kod kuće</b> .....	27
<b>5.2 Punjenje na javnim mjestima</b> .....	29
<b>6. ZAKLJUČAK</b> .....	34

## 1. UVOD

Električna vozila su vozila koja za svoj pogon koriste elektromotor i to im donosi brojne prednosti u usporedbi s vozilima pogonjenim motorom sa unutarnjim izgaranjem. Vozila pogonjena elektromotorom ne ispuštaju ispušne plinove, ne stvaraju buku, imaju bolja vozna svojstva... Ipak, vozila pogonjena elektromotorom primjenu su našla isključivo u javnom prijevozu poput željeznice i tramvaja dok su osobna elektromotorna vozila počela dobivati popularnost tek početkom stoljeća. Možda najistaknutiji razlog zašto su vozila pogonjena motorom sa unutarnjim izgaranjem postala popularnija je kratak doseg električnih vozila između dva punjenja. Električna vozila u javnom prijevozu nemaju takav problem jer preuzimaju električnu energiju direktno iz elektroenergetske mreže pomoću kontaktnog voda, pantografa koji klizi po vodu ili pomoću posebne tračnice. Takva vozila nazivaju se još i zavisna električna vozila. Shodno tome, postoje i nezavisna električna vozila, a u njih se ubrajaju vozila čiji je izvor energije akumulator, bio samostalan ili u kombinaciji s benzinom ili dizelom (hibridni pogon), gorivni članak ili sunčana baterija. Kako se tržište i broj električnih vozila povećava, sve se više susrećemo s već navedenim problemom kratkog doseg a i trajanjem punjenja pojedinog električnog vozila. Kao jedno od potencijalnih rješenja za ove probleme javljaju se raznovrsne punionice koje nastoje navedene probleme učiniti zanemarivim.

Rješavanjem postojeće problematike u tom području potiče rast globalnog tržišta električnih vozila. Svake godine tržište električnim vozilima se sve više povećava. Najveće svjetsko tržište električnim vozilima nalazi se u Kini, a slijede ga europsko i američko tržište. Promatrajući udjele takvih vozila po državama, Norveška je sa 46% udjela na vrhu svjetskog tržišta. Prema podacima navedenim u [1] iz 2018. godine, količina električnih vozila na dva kotača u svijetu dosegla je brojku od 260 milijuna dok su električni busevi dosegali brojku od 460 000. U teretnom transportu električna vozila su najviše korištena kao „laka komercijalna vozila“ (LCV). Takvih vozila u 2018. godini bilo je oko 250 000 dok se brojka „srednjih“ električnih kamiona kretala između 1000 i 2000. Globalne zalihe punjača za LDV vozila (laka teretna vozila + putnička vozila) iznosile su 5.2 milijuna od kojih su 540 000 dostupni javno i nadopunjeno sa 157 000 brzih punjača za električne buseve. Gledajući iz potrošačke perspektive, električna vozila potroše godišnje oko 58 TWh električne struje.

Rad je strukturiran kroz poglavlja i potpoglavlja gdje se opisuju karakteristike vozila, punionica i samog punjenja. U poglavlju 2 nalazi se podjela električnih vozila uz njihov opis, a na kraju se prikazuje porast broja pojedine vrste električnih vozila u svijetu u vremenskom razdoblju od 5 godina. Treće poglavlje opisuje punionice i projekt u kojem su se pratile navike korisnika pri punjenju električnih vozila te njihovo opterećenje na elektroenergetsku mrežu. U potpoglavlju spomenuti su standardi prema kojima su kategorizirani načini punjenja u svijetu i opisane su karakteristike priključaka koji se koriste pri punjenju. Također navedene su dvije vrste troškova koji se javljaju prilikom instalacije pojedine punionice. Četvrto poglavlje sadrži podjelu punionica prema mjestu punjenja i navedene su neke punionice i njihove karakteristike. Zadnje poglavlje sadrži glavne zaključke rada.

## 2. PREGLED LITERATURE

Početak stoljeća pojavljuje se sve veći broj električnih vozila. Sukladno svakodnevnim porastom broja takve vrste vozila javlja se potreba za sve više punionica koja će opskrbljivati takva vozila sa električnom energijom. Podaci navedeni u [1] govore broju koji premašuje iznos od 260 milijuna električnih vozila u svijetu. Promatrano sa ekološkog gledišta vozila na električni pogon su prihvatljivija od konvencionalnih vozila koji prema [2] uzrokuju 28% stakleničkih plinova u SAD-u. Diljem svijeta nastoje se takve emisije svesti na što je moguću manju razinu. To je proces koji traje godinama, a jedan od načina smanjenja emisije je povećano korištenje električnih vozila. Stoga se na tržištu pojavljuju raznolika vozila u kojima elektromotor ima svoju ulogu. Prema [3], električna vozila su podijeljena prema ulozi koju elektromotor obavlja u samom vozilu. U [7], prikazan je porast broja električnih vozila na najvećim svjetskim tržištima u razdoblju od 5 godina, točnije od 2013. godine do 2018. godine. Budući da je zabilježen takav porast vozila, javila se potreba da se prouče navike korisnika pri punjenju i njihov utjecaj na elektroenergetsku mrežu. Upravo se u [8] opisuje jedan takav projekt u kojem se osim proučavanja navika korisnika pri punjenju i utjecaja na niskonaponsku elektroenergetsku mrežu, nudi potencijalno rješenje za preopterećenje mreže. Kako bi se razumjela cjelokupna infrastruktura punjenja u [9] se nalazi prikaz izvedbe jednog sustava za punjenje. Najčešće karakteristike kojima se opisuje sam proces punjenja su struja i snaga. Načine punjenja koje su definirani su dvama standardima koji su opisani su [10, 11]. Ovisno o načinu punjenja, standardu i lokaciji punionice koriste se različiti priključci za punjenje. Primjerice, u [14] se nalazi opis priključka koji je najviše zastupljen na europskom tržištu. Prema navodima u [18], definirane su 2 dostupne mogućnosti punjenja. Shodno tome, postoje posebno napravljene punionice za svaku takvu mogućnost punjenja čije karakteristike su opisane u nastavku rada.



### 3. ELEKTRIČNA VOZILA

Električna vozila će u budućnosti predstavljati jedan od ključnih razloga poboljšanja učinkovitosti transporta i transportnog sustava na način da su čišći, tiši i manje ovisni o naftnim rezervama. Prema podacima SAD-ove Agencije za zaštitu okoliša, u SAD-u 28% stakleničkih plinova uzrokuje transportni sustav [2]. Smanjenje emisije stakleničkih plinova u svrhu zaštite okoliša je globalni cilj kojem teži većina svjetskih zemalja, a smatra se da će tome cilju uvelike pomoći postupno unošenje električnih vozila u transportni sustav. Također pogonska jedinica električnih vozila u pravilu stvara manju buku od vozila koja su pogonjena motorom sa unutrašnjim izgaranjem. Ovisnost o naftnim rezervama je minimalna zato što električna vozila djelomično ili u potpunosti ovise o električnoj struji.

#### Vrste električnih vozila

Prema [3] električna vozila dijele se prema sljedećim karakterističnim grupama:

- Hibridna električna vozila (HEV – engl. *Hybrid electric vehicles*)
- Plug-in električna vozila (PHEV – engl. *Plug-in electric vehicles*)
- Električna vozila proširenog dometa (EREV – engl. *Extended range electric vehicles*)
- 100%-tni električni automobili (BEV – engl. *Battery electric vehicles* ili FEV – engl. *Fully electric vehicles*)

#### 3.1 Hibridna električna vozila (HEV– engl. *Hybrid electric vehicles*)

Hibridna električna vozila su vozila koja za pogon kombiniraju motor sa unutarnjim izgaranjem i elektromotor. Većina snage dobiva se iz motora sa unutarnjim izgaranjem dok elektromotor uglavnom služi za dobivanje dodatne snage. Punjenje preko vanjskog izvora električne energije nije potrebno za rad elektromotora budući da se energija potrebna za rad generira tijekom vožnje i skladišti u baterije. Elektromotor ima, osim funkcije isporuke dodatne snage vozilu, funkciju generiranja električne energije prilikom regenerativnog kočenja. Regenerativno kočenje podrazumijeva sustav kočenja u kojem se dio kinetičke energije vozila prilikom kočenja pretvara u električnu energiju koju skladišti u baterije. Takav sustav kočenja i generiranja električne energije omogućava smanjenu potrošnju goriva, a time i smanjenu emisiju stakleničkih plinova.

Najpoznatiji primjer hibridnog vozila na tržištu je Toyotin model Prius kojeg često smatraju „prvakom među hibridima“ budući da se pojavio na tržištu 2001. godine. Do kraja 2012. godine prodano je ukupno više od 2.5 milijuna primjeraka u više od 70 zemalja. Najveća tržišta ovog modela su u Japanu i SAD-u. Toyotin model Prius koristi elektromotor za pokretanje s mjesta i vožnju do 40 km/h što rezultira nultom emisijom stakleničkih plinova i gotovo bešumno vožnju. Kada brzina bude veća od 40 km/h, automatski se pali benzinski motor. Razvoj takve tehnologije omogućio je smanjenu potrošnju benzina koja se kreće oko 3.7 l/100 km i emisiju CO<sub>2</sub> od 84 g/km. Najnoviji Prius model može sa svojim 1.8 benzinskim motorom i nikal-metal hibridnom baterijom kombinirano razviti maksimalnu snagu od 122 KS. Svoje tehničko znanje kao i tehnologiju, Toyota prodaje dalje kompanijama poput Forda i Mazde.



Slika 3.1 Toyota Prius [4]

### 3.2 Plug-in električna vozila (PHEV – engl. *Plug-in electric vehicles*)

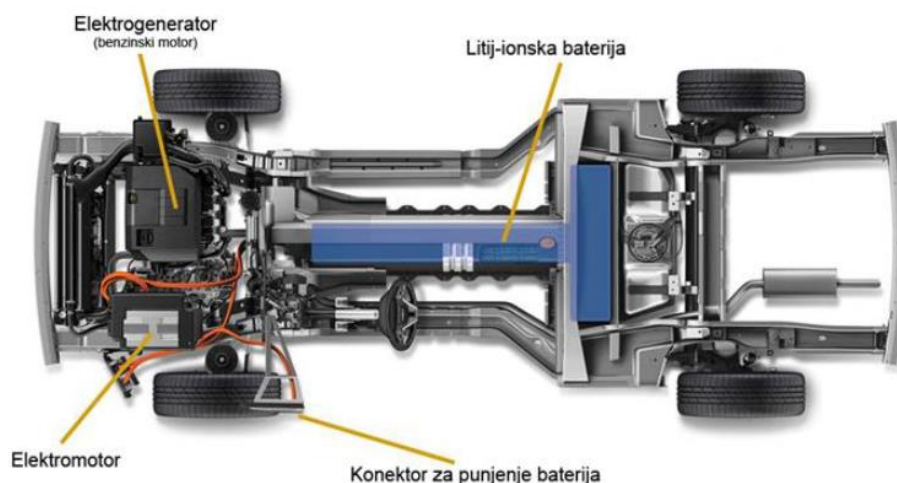
Plug-in hibridna vozila rade na sličan način kao i hibridna vozila. Oba tipa vozila imaju motor sa unutarnjim izgaranjem i jedan ili više elektromotora. Razlika je u tome što u plug-in hibridnim vozilima elektromotor ima primarnu ulogu. Osim toga, ovaj tip vozila mora koristiti vanjski izvor električne energije za punjenje što se može primijetiti i u nazivu „plug-in“. Nedostatak ovakvog tipa električnih vozila je relativno mal doseg u potpuno električnom načinu rada koji iznosi između 10 i 60 km. Kako se baterija tijekom vožnje prazni, motor sa unutarnjim izgaranjem postepeno preuzima ulogu izvora energije sve dok je u potpunosti ne preuzme. Motor sa unutarnjim izgaranjem u potpunosti preuzima ulogu izvora energije onda kada je baterija do kraja ispražnjena. Tada se plug-in hibridno vozilo ponaša kao i obično hibridno vozilo u kojemu elektromotor nadopunjuje snagom

motor sa unutarnjim izgaranjem. Baterija elektromotora se osim punjenjem može napuniti i regenerativnim kočenjem. Osim Toyote, ovakav tip vozila proizvode: Audi, BMW, Mercedes, Porsche, Ford, Chrysler, Mini, Fiat, Hyundai i Volvo [5].

U praksi PHEV vozila su ekološki prihvatljivija od običnih HEV vozila, ali i dalje nemaju dovoljan ekološki doprinos kao potpuno električna vozila. Ipak PHEV vozila imaju važnost jer predstavljaju sponu između tehnologija vozila pokretanih motorom sa unutarnjim izgaranjem i vozila sa elektromotorom.

### 3.3 Električna vozila proširenog dometa (EREV – engl. *Extended range electric vehicles*)

Električna vozila produljenog doseg razlikuju se od HEV i PHEV vozila u tome što kotače uvijek pokreće elektromotor. Takva tehnologija naziva se Voltec tehnologija i koriste ju Opel Ampera i Chevrolet Volt. Ovakav tip vozila karakterizira mogućnost punjenja iz bilo koje utičnice napona 230 V u kućanstvu. Energijom pohranjuju litij-ionsku bateriju od 16 kWh koja zadovoljava potrebe električnog agregata koji omogućuje pogon vozilu u doseg između 40 i 80 kilometara. Ako je putovanje veće od navedenog doseg, u pogon se uključuje ugrađeni benzinski motor za produljen doseg. Benzinski motor generira dodatnu električnu energiju za napajanje električnog automobila i povećava doseg ovakvog tipa električnih vozila za vožnju dužu od 500 km.



Slika 3.2 Dijelovi pogonskog sustava EREV vozila [3]

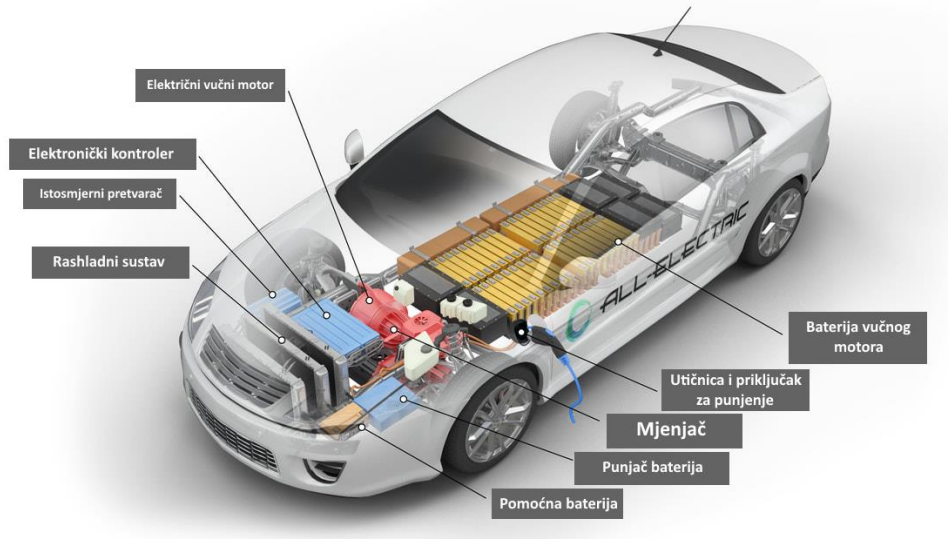
### **3.4 100%-tna električna vozila (BEV – engl. *Battery electric vehicles* ili FEV – engl. *Fully electric vehicles*)**

100%-tna električna vozila ili potpuno električna vozila su vozila koja u potpunosti za pogon koriste elektromotor. U pogonskom sustavu takvih vozila nalaze se još baterije visokog kapaciteta u kojima se pohranjuje električna energija potrebna za pogon samog vozila i napajanje sve elektroničke opreme koja je ugrađena u vozilo. Najčešći model motora koji služi za pogon potpunih električnih vozila je izmjenični (AC) asinkroni motor. Razlog čestog ugrađivanja tog modela motora je njegov jednostavan dizajn i mali trošak proizvodnje. Potpuna električna vozila mogu se puniti na svim mjestima gdje se nalazi električna utičnica. Vrijeme punjenja ovisi o vrsti punionice tako da punjenje baterija može trajati između 20 i 30 minuta ako punimo u brzim sustavima punjenja ili kod sporijeg sustava punjenja od 6 do 8 sati.

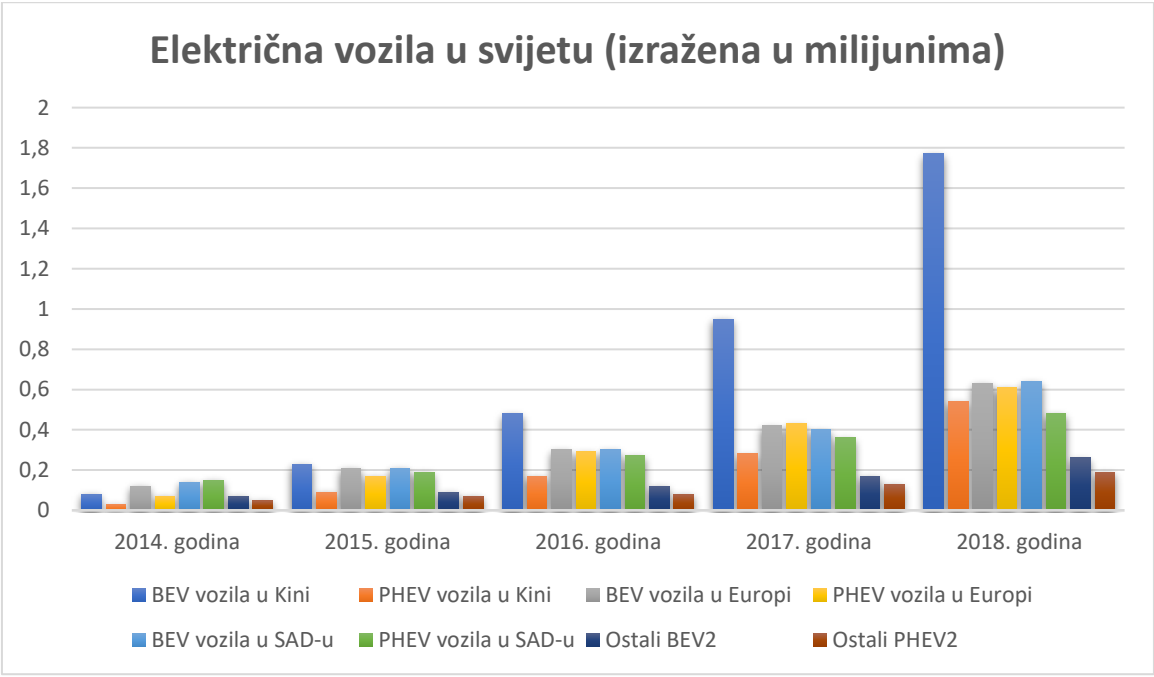
Performanse vozila pogonjenih elektromotorom nerijetko znaju biti bolje nego kod vozila sa konvencionalnim motorom. Primjerice, elektromotor daje bolje ubrzanje u usporedbi sa benzinskim motorom. To znači da će većini električnih vozila trebati manje vremena za postizanje brzine od 0 do 100 km/h nego benzinskim motorima. Uz to, potpuno električna vozila koriste već spomenutu tehnologiju regenerativnog kočenja kojom dodatno opskrbljuju svoje baterije energijom tijekom vožnje.

Još jedna prednost elektromotora nalazi se u njegovoj jednostavnosti. Elektromotori imaju samo nekoliko pokretnih dijelova, stoga su lakši za održavanje i njihovi troškovi su smanjeni. Također ističe se smanjen vozački umor zbog automatskog mjenjača i manje proizvedenih vibracija kao i već spomenuta manja buka koju proizvode električna vozila.

**Potpuno električno vozilo**



Slika 3.3 Pogonski sustav potpuno električnog vozila [6]



Slika 3.4 Rast broja električnih vozila u pojedinim dijelovima svijeta u vremenskom razdoblju od 5 godina [7]

## 4. PUNIONICE

Električna punionica definira se kao stanica za punjenje koja opskrbljuje električnu energiju za punjenje električnih vozila. Kako bi korisnici imali olakšano punjenje, mnoge punionice kojima upravljaju električne komunalne tvrtke su smještene na samim prometnicama dok su one upravljane privatnim kompanijama smještene uz maloprodajne trgovačke centre. Kada govorimo o punjenju električnih automobila, za njih vrijedi referentni standard IEC 61851-1. Standard nalaže kontrolnu elektroniku koja koristi univerzalni komunikacijski sustav između stanice za punjenje i vozila preko pulsno - širinske modulacije (PMW – engl. *Pulse Width Modulation*) koja osigurava sigurnost samog procesa punjenja za ljude, opremu i samu bateriju vozila.

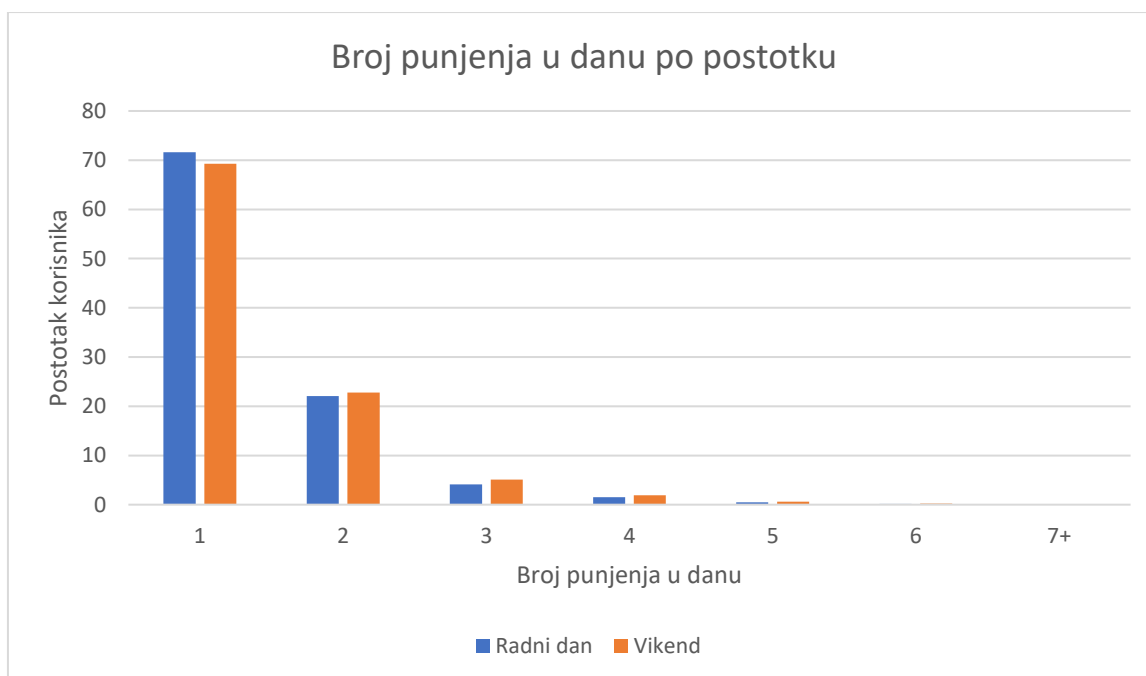
Kako bi razumjeli zahtjeve i zadovoljili potrebe korisnika električnih vozila prilikom njihove adaptacije u transportni sustav, koncentrirajući se pri tome najviše na putnička električna vozila, u različitim zemljama napravljeni su brojni projekti. Jedan od najvećih svjetskih projekata takve vrste je proveden u Velikoj Britaniji. Zvao se „My Electric Avenue“, a proveden je od siječnja 2013. godine do prosinca 2015. godine. Prema [8] organizatori su članovi britanske organizacije EA Technology zajedno sa akademskim partnerima i operaterima distribucijske mreže. Testiranje je financirano iz fonda namijenjenog za smanjenje emisije ugljika. Projekt je uključivao više od 200 Nissan LEAF vozila čiji su korisnici dolazili iz različitih dijelova Velike Britanije. Time su organizatori željeli steći „širu sliku“ o vozačkim navikama i navikama punjenja po kriterijima različitog zemljopisnog položaja i socioekonomskog statusa. Osim toga, proučavani su tehnološki efekti koje uzrokuju električna vozila na niskonaponsku mrežu i testirana je kontrola punionice u svrhu povećanja kapaciteta vozila za pojedinu punionicu.

Glavni navedeni ciljevi projekta su sljedeći:

- proučiti vozačke navike korisnika i navike punjenja
- razviti i testirati novu opremu i utvrditi složenost njihove instalacije
- procijeniti broj mreža koje će imati tehničke probleme (pri naponima manjima od zakonskih ograničenja i preopterećenja)
- istražiti u kojim mrežama se Esprit tehnologija može uspješno provoditi

Kako bi se ispunili planirani ciljevi i kako bi sam projekt bio uspješan, organizatori su podijelili projekt na dva pokusa: tehnički i socijalni. Tehnički dio je podrazumijevao je 10 klastera uključujući

ukupno 101 električno vozilo grupirano od 7 do 13 električnih vozila po jednoj niskonaponskoj mreži. Taj dio proučavao je rješenja za upravljanje električnim vozilom i za njega je korištena već postojeća infrastruktura, samo je trebalo ugraditi senzore na električne vodove, točku punjenja (punionicu) i logički kontroler (PLC) na trafostanicu. Socijalni dio projekta uključivao je 118 članova sa svrhom proučavanja korisničkih navika kod punjenja električnih vozila. Proučavanje i razumijevanje kada i koliko dugo korisnici električnih vozila pune svoje vozilo jedan je od najvažnijih čimbenika pri proučavanju interakcije između električnih vozila i električne mreže. Zbog toga je bitno istaknuti važnost potrebe ispitivanja navika punjenja električnog vozila kako bi dobiveni podaci mogli vjerodostojno pokazati stvarno stanje potreba pojedinih korisnika električnih vozila. Sukladno tomu, tijekom izvođenja projekta zabilježeno je više od 85 000 punjenja električnih vozila uključujući samo ona vozila koja su uključena u projekt.



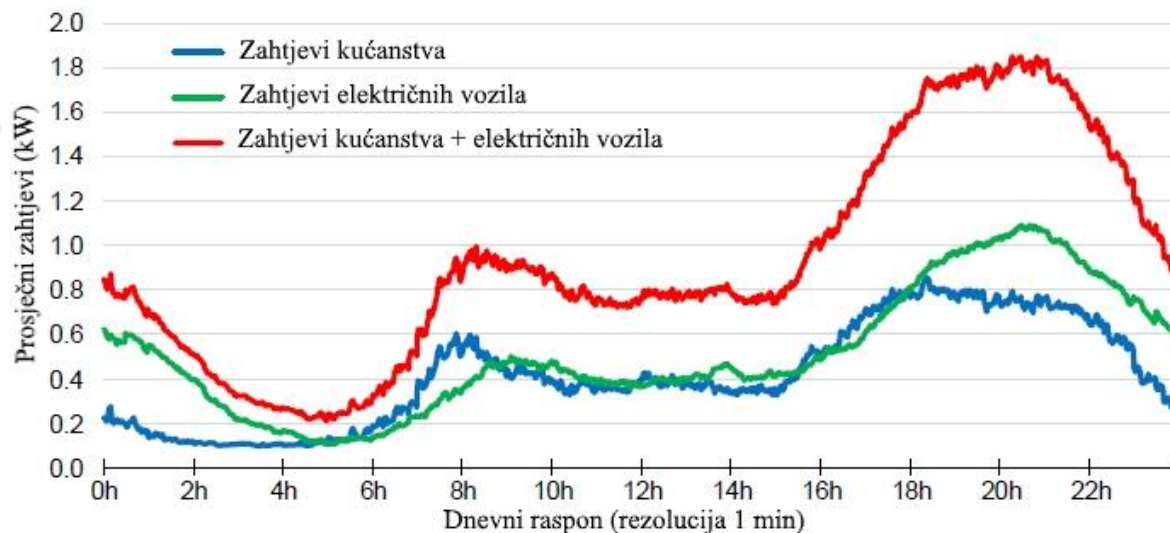
Slika 4.1 Broj punjenja električnog vozila u danu [8]

Slika 4.1 prikazuje trend punjenja električnog vozila u jednom danu. Zabilježeni podaci podijeljeni su na radne dane i vikende. Prema prikazu sa slike, vidi se da većina ispitivanih korisnika (više od 90%) puni svoje električno vozilo jednom ili dva puta u danu. Otprilike 70% ispitivanih korisnika puni svoje

vozilo jednom dok malo više od 20% puni svoje vozilo dva puta dnevno. Osim toga, iščitava se da ne postoji velika devijacija između broja punjenja radnim danom i vikendom. Radnim danom se češće puni jednom dok se vikendima češće puni 2 do 3 puta. Također proučavano je u kojem dijelu dana se puni električno vozilo. Rezultati su pokazali da se dva dijela dana najviše ističu po učestalosti punjenja. Prvo je punjenje ujutro, otprilike u 8 sati što je uobičajeno vrijeme prije odlaska na posao, a drugo je poslijepodnevno punjenje od 18 sati pa nadalje što je uobičajeno vrijeme nakon dolaska s posla. Ako korisnik jednom u danu puni svoje električno vozilo, najčešće će ga puniti u poslijepodnevnom terminu. Ukoliko se vozilo puni više puta dnevno, primjerice dva puta, najčešće će se prvo punjenje dogoditi u jutarnjem terminu, a drugo u poslijepodnevnom. Vikendima se vozila najčešće pune između 9 i 18 sati.

Punjenje električnih vozila može potencijalno imati negativan utjecaj na elektroenergetsku mrežu i uzrokovati tehničke probleme. Pretpostavlja se da većina korisnika puni svoja vozila u poslijepodnevnom terminu. To znači da bi se zahtjevi električnih vozila za električnom strujom mogli podudarati sa zahtjevima ostalih uređaja koji koriste električnu struju, na primjer rasvjetom. Distribucijske mreže bi se zbog toga mogle suočiti sa tehničkim problemima budući da bi sveukupni zahtjevi mogli premašiti vrijednosti previđene za distribucijsku mrežu. Primjerice, niskonaponska mreža je dizajnirana s obzirom na prosječnu maksimalnu potražnju po kućanstvu koja iznosi od 1 kW do 1.5 kW. Dodajući pri tome zahtjeve električnih vozila, kao posljedica može se pojaviti preopterećenje. Slika 4.2 prikazuje 3 krivulje koje predstavljaju pojedine zahtjeve prema elektroenergetskoj mreži s obzirom na određeno doba dana. Iz slike se vidi da krivulja koja predstavlja zahtjeve električnih vozila premašuje krivulju koja predstavlja zahtjeve kućanstva, a to može predstavljati problem posebno u vremenskom periodu između 18 i 22 sata gdje su sveukupni zahtjevi (zahtjevi električnih vozila i kućanstva) najveći i premašuju vrijednost od 1.5 kW.





Slika 4.2 Zahtjevi kućanstva i električnih vozila [8]

Sukladno tome, operateri distribucijske mreže dužni su procijeniti kako će broj električnih vozila utjecati na njihovu mrežu. Kako bi se ublažili zahtjevi i opterećenja na niskonaponsku mrežu, ponuđeno je rješenje u vidu upravljanja punionicama. Rješenje predlaže isključenje punionica iz mreže u slučaju pojave tehničkih problema, odnosno preopterećenja. Punionice bi se ponovo priključile na mrežu kada ona više ne bi bila preopterećena. Za realizaciju ponuđenog rješenja potrebno je izgraditi određenu infrastrukturu koja uključuje ugrađivanje sljedećih elemenata: naponskih senzora i aktuatora na punionicama, komunikacijske veze, strujne i naponske senzore na počecima vodova i PLC uređaj na trafostanicama. Kada bi došlo do preopterećenja, regulator bi koristio hijerarhijski pristup za isključenje samo nekih ili ako je potrebno svih punionica u toj mreži. Sličan princip slijedio bi za postupno uključivanje istih punionica natrag u elektroenergetsku mrežu. Hijerarhija isključivanja i uključivanja određene punionice temelji se na vremenu i količini punjenja. To znači da će se prije isključiti punionica na kojoj se češće i duže vršilo punjenje jer se pretpostavlja da je to električno vozilo postiglo veće „stanje napunjenosti“. Punionice koje se prve uključuju natrag u mrežu su one koje su bile najdulje vremena isključene iz mreže.

Ishod cijelog projekta doveo je organizatore i ostale sudionike do bitnih saznanja pri unaprjeđenju i adaptaciji punionica na elektroenergetsku mrežu. Dobiveni su podaci koji su služili kao pokazatelj ponašanja i navika korisnika pri punjenju električnih vozila, testirano je ponašanje niskonaponske elektroenergetske mreže pri priključivanju punionica na njih te su predložena rješenja za potencijalne tehničke probleme s kojima bi se distribucijski operateri suočavali pri takvom opterećenju na

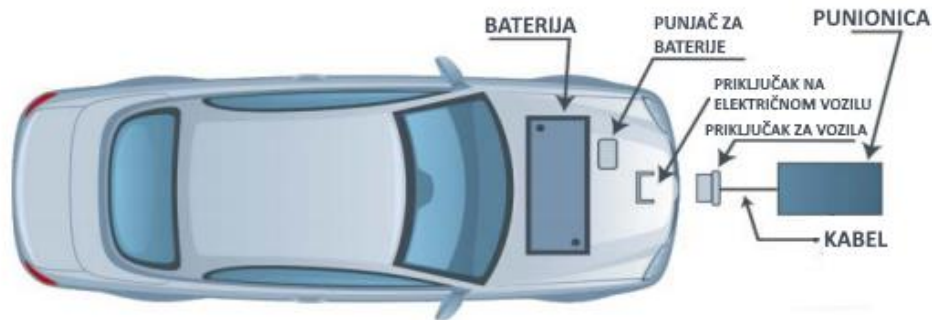
niskonaponsku mrežu. Podaci sa My Electric Avenue projekta će sigurno poslužiti kao temelj za buduća istraživanja i projekte i za razvijanje novih tehnologija za punjenje električnih vozila koja bi u budućnosti trebala imati široku primjenu u transportnom sustavu.

#### 4.1 Načini punjenja

Za lakše razumijevanje tehnologije punjenja električnog vozila, potrebno je razumjeti dijelove infrastrukture koji se koriste pri punjenju. Osim same punionice dijelovi su:

- Priključak za vozila
- Priključak na električnom vozilu
- Punjač za baterije
- Baterije električnog vozila
- Kabel

Priključak za vozila predstavlja uređaj koji omogućava fizičku vezu između punionice i električnog vozila. Trenutno ne postoji standardizirani tip priključka, već se koristi nekoliko različitih priključaka ovisno o proizvođaču. Priključak na električnom vozilu je dio koji povezuje električno vozilo i priključak za vozila. Također ne postoji standardizirani tip priključka na električnim vozilima, već taj faktor ovisi isključivo o proizvođaču. Sukladno, ne postoji standardizirano mjesto gdje će se nalaziti priključak na električnom vozilu. Neki proizvođači ga stavljaju na isto mjesto gdje konvencionalna vozila imaju ulaze rezervoara za benzin ili dizel dok drugi proizvođači stavljaju priključak na prednji ili zadnji dio vozila. Punjač za baterije je uređaj koji pri punjenju pretvara izmjeničnu struju (AC) u istosmjernu (DC) kojom se puni baterija električnog vozila. Osim toga, uloga punjača za baterije je praćenje procesa punjenja ukoliko se istosmjerna struja dovodi direktno iz punionice. Baterije električnog vozila nazivaju se još i vučne baterije zbog toga što omogućuju pogon električnim vozilima. Postoje različite vrste izvedbi baterija koje također ovise o proizvođaču, a najčešće se primjenjuju litij ionske baterije. Veći kapacitet baterije omogućava veći raspon vožnje između punjenja. Slika 4.3 prikazuje jednu izvedbu sustava za punjenje u kojoj se priključak na električnom vozilu nalazi na prednjem dijelu vozila.



Slika 4.3 Infrastruktura sustava za punjenje [9]

Prema međunarodnom standardu IEC 62196-2 kojeg je objavilo Međunarodno elektrotehničko povjerenstvo (IEC) definirani su načini punjenja prema brzini i snazi. Osim prema navedenoj snazi i brzini način punjenja ovisi o karakteristikama pojedinih punjača i modela električnih vozila koje korisnik posjeduje. Prema [10, 11] načini punjenja su:

- **Punjenje kod kuće bez PWM-a**

Naziva se Način 1 punjenje. Sastoji se od izravne veze između vozila i izvora električne energije. Odvija se jednofazno sa strujom od 16 A i snagom od 3.7 kW i trofazno sa strujom 16 A i snagom 11 kW. Upravljačka elektronika ne postoji, stoga zbog navedenog standarda nije više u uporabi, a čak je u nekim zemljama i zabranjen. Brzina punjenja je jako mala, a primjenjuje se samo kod nekih električnih bicikala i motocikala.

- **Sigurno punjenje kod kuće, sporo ili brzo**

Naziva se Način 2 punjenje. Odvija se jednofazno sa strujom od 32 A i snagom od 7.4 kW i trofazno sa strujom 32 A i 22 kW. Ukoliko kabel sadrži upravljačku kutiju sa sigurnosnim sustavom, dozvoljeno je punjenje izravno iz utičnice. Sigurnosni sustav obuhvaća uzemljenje te zaštitu od veće struje i veće temperature. Takav način predstavlja najsporiji tip sigurnog punjenja.

- **Sigurno punjenje kod kuće ili na javnim mjestima, sporo ili brzo**

Naziva se Način 3 punjenje. Sastoji se od posebnog uređaja ugrađenog na zid ili stup u kojem se nalazi sigurnosni sustav. Odvija se jednofazno sa maksimalnom strujom od 63 A i snagom od 14.5 kW i trofazno sa strujom od 63 A i snagom od 43.5 kW. Punjenje može biti sporo ili

brzo te se često nudi mogućnost regulacije snage. Zbog takve omogućene komunikacije između električnog vozila i rešetke, ovakav način punjenja moguće je integrirati u pametne mreže. Obavezno je za sve javne stanice za punjenje kao i za privatna kućanstva koja žele imati potpunu kontrolu nad energijom i troškovima.

- **Direktno punjenje istosmjernom strujom**

Naziva se Način 4 punjenje. Ovaj način podrazumijeva direktnu vezu između punjača i baterije. Punjači imaju ugrađenu funkciju kontrole i zaštite. Koristi se istosmjerna struja do 200 A, napona 400 V i snage do 350 kW. Sa takvim karakteristikama moguće je napuniti vozilo za svega nekoliko minuta. Za punjenje koriste se sljedeći standardi: CHAdeMo za japanska vozila, CCS COMBO za europska vozila. Većina punjača ima ugrađena oba standardizirana priključka. Koristi se isključivo u komercijalne svrhe zbog izrazito velike cijene instalacije takve tehnologije.

Tablica 4.1 Podjela punjenja prema IEC standardu

	Način 1	Način 2	Način 3	Način 4
<b>Struja - jednofazno</b>	<b>16 A</b>	<b>32 A</b>	<b>63 A</b>	<b>200 A</b>
<b>Snaga – jednofazno</b>	<b>3.7 kW</b>	<b>7.4 kW</b>	<b>14.5 kW</b>	<b>350 kW</b>
<b>Snaga - trofazno</b>	<b>11 kW</b>	<b>22 kW</b>	<b>43.5 kW</b>	<b>X</b>

Postoji još jedan standard prema kojemu su kategorizirani načini punjenja električnog vozila. Standard je izdalo Društvo automobilskih inženjera (SAE – engl. *Society of Automotive Engineers*), a njihovu kategorizaciju prikazuje Tablica 4.2.

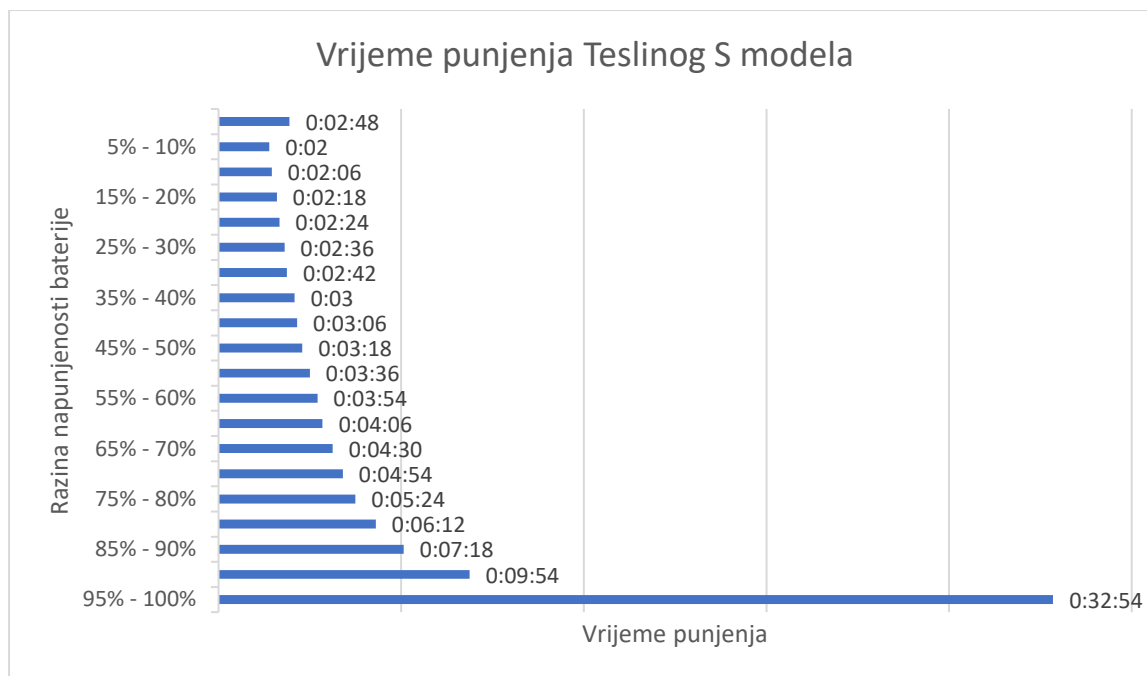
Tablica 4.2 Načini punjenja prema SAE standardu [11]

Izvor	Način	Napon	Broj faza	Maksimalna struja	Maksimalna snaga [kW]	Vrijeme punjenja
<b>Izmjenični (AC)</b>	Način 1	120 V	Jednofazno	16 A	1.9	6-24 h
	Način 2	240 V	Jednofazno	do 80 A (obično 40 A)	19.2	2-8 h
	Način 3	ND*	ND*	ND*	ND*	ND*
<b>Istosmjerni (DC)</b>	Način 1	200 – 450 V	x	≤ 80 A	≤ 19.2	~ 20 min
	Način 2	200 – 450 V	x	200 A	90	~ 15 min
	Način 3	ND* (pretpostavka 200 – 600 V)	x	ND* (pretpostavka do 400 A)	ND* (pretpostavka do 240)	ND*

**ND\* - nije definirano**

U tablici 4.2 se vidi da SAE definira 6 načina punjenja električnih vozila: 3 načina za izmjenični izvor i 3 načina za istosmjerni izvor. Načini 3 u izmjeničnom i istosmjernom radu nisu u potpunosti definirani standardom. Prema IEC-u Način 3 u istosmjernom izvoru, budući da nije do kraja definiran, još ne postoji te se on smatra ili kao Način 1 ili kao Način 2. Standardi se uzimaju u obzir ovisno o dijelu svijeta.

Jedna od najbitnijih karakteristika punjenja električnih vozila je brzina punjenja. Prilikom punjenja električnog vozila brzina punjenja nije jednolika, već varira ovisno o postotku napunjenosti baterije. Punjenje je brže pri nižim postocima napunjenosti, a kako razina napunjenosti raste tako se povećava vrijeme potrebno da se baterija u potpunosti napuni. Takva pojava naziva se prigušivanje i najbolje se uočava na 80% napunjenosti baterije, a najizraženije je na zadnjih 5% napunjenosti, odnosno u intervalu od 95% do 100%.



Slika 4.4 Vrijeme punjenja u ovisnosti o razini napunjenosti [12]

Slika 4.4 prikazuje primjer nejednolike brzine punjenja „superpunjačem“ kod Teslinog S modela zabilježeno od strane jednog od vlasnika. Vrijeme punjenja znatno raste kada vozilo dosegne 80% napunjenosti što potvrđuje pojavu prigušivanja pri punjenju. Najizraženije prigušivanje se pojavljuje na zadnjih 5% napunjenosti, u intervalu od 95% do 100%, gdje je potrebno čak 16 puta više vremena da se vozilo napuni nego primjerice na početku punjenja u intervalu od 5% do 10%.

Trajanje punjenja električnog vozila ovisi o više faktora, a to su:

- **Kapacitet baterije**

Što je veći kapacitet baterije, to joj više vremena treba da se napuni. Električna vozila koriste baterije različitih kapaciteta u rasponu od 10 kWh do 90 kWh.

- **Stanje popunjenosti (SoC)**

Stanjem popunjenosti (SoC – engl. *State of Charge*) nazivamo informaciju koja govori na kojoj razini je baterija napunjena. Sukladno tome, što je baterija na nižoj razini napunjenosti, trebat će joj više vremena da se napuni.

- **Način punjenja**

Način punjenja je mjera snage koja se isporučuje tijekom punjenja baterije, a može se prikazati nizom različitih mjerenja. Najčešće se prikazuje maksimalnom strujom i isporučenom snagom.

Prema međunarodnom standardu IEC 62196-2 postoje 4 načina punjenja od kojih je najsporiji Način 1 koji koristi snagu do 3.7 kW a najbrži Način 4 koji koristi do 350 kW.

- **Punjač baterije**

Punjač baterije je dio same infrastrukture koja omogućuje punjenje električnog vozila pretvarajući izmjeničnu struju u istosmjernu kojom se puni baterija. Osim toga, punjači reguliraju kapacitet snage koji se koristi pri punjenju. Najzastupljeniji su punjači snage 3.3 kW. Također postoje brži punjači, snage 6.6 kW koji će povećati brzinu punjenja, ali oni najčešće dolaze u paketu dodatne opreme za električno vozilo.

Trajanje samog procesa punjenja povezano je sa učestalošću punjenja. Za razliku od trajanja punjenja, vozač električnog vozila može u potpunosti utjecati na učestalost punjenja. Slično kao kod vozila sa unutarnjim izgaranjem, agresivna vožnja, učestala jaka ubrzavanja i jako kočenje više troše bateriju što dovodi do bržeg pražnjenja i naposljetku učestalijeg punjenja.

## **4.2 Priključci**

Pri punjenju električnih vozila ne postoji standardizirani tip priključaka, već se koriste različiti tipovi ovisno o proizvođaču i načinu punjenja. Primjerice, proizvođač Tesla je razvio vlastiti jedinstven priključak koji koriste u cijelom svijetu. Za punjenje električnih vozila izmjeničnom strujom (Način 2 i Način 3 prema IEC standardu i Način 1 i Način 2 prema SAE standardu) koriste se sljedeći tipovi konektora:

- **Tip 1 SAE J1772**

Tip 1 SAE J1772 predstavlja jednofazni priključak koji se najčešće koristi za električna vozila na sjevernoameričkom i japanskom tržištu. Priključak je razvilo Društvo automobilskih inženjera, a može dosegnuti maksimalnu snagu iznosa 7.4 kW. Namijenjen je za Način 1 i Način 2 punjenja prema SAE standardu pri naponima od 120 V i 240 V.



Slika 4.5 Priključak Tip 1 SAE J1772 [13]

- **Tip 2 „Mennekes“**

Tip 2 priključak (naziva se još i „Mennekes“ priključak) namijenjen je za punjenje električnih vozila izmjeničnom strujom na europskom tržištu. Ovaj tip priključka razvila je njemačka tvrtka za proizvodnju industrijskih utikača i priključaka Mennekes, a 2013.godine Europska komisija preporučila ga je kao univerzalan priključak na europskom tržištu. Potreba za priključkom tipa 2 javlja se zbog različitog napona kućanstva u Europi (230 V) i zbog različitog standarda načina punjenja. Naime, u Europi proizvođači kategoriziraju načine punjenja prema već spomenutom IEC standardu. Čak je i Tesla kompanija prilagodila svoja vozila za priključak Tipa 2 za svoj Tesla Model 3. Gledano iz tehničke perspektive, Tip 2 priključak može biti jednofazni i trofazni što omogućuje brže punjenje vozila. U načinu 2 prema IEC standardu snaga u trofaznom načinu rada iznosi do 22 kW, a u načinu 3 do 44.5 kW. Slika 3.4 prikazuje Tip 2 priključak i njegove izvedbe utičnica.





Slika 4.6 Tip 2 priključak i njegove izvedbe utičnice [14]

- **Tip 3**

Tip 3 priključak koristi se najviše u Francuskoj i nešto slabije u Italiji. Razlog tomu je zakon u Francuskoj koji nalaže da svaka javno dostupna električna utičnica mora imati poklopac kako bi se spriječio dodir sa kontaktnim iglama. Međutim, priključak ima sve manju primjenu upravo zbog činjenice da većina električnih vozila na europskom tržištu se okreće priključku Tip 2. Tip 3 priključak ima nekoliko podvrsta koji mogu biti monofazni i trofazni, a najzastupljenija podvrsta je Tip 3C koju prikazuje slika ispod. Namijenjen je za Način 2 punjenja prema IEC standardu, odnosno maksimalna snaga mu je 7.4 kW.



Slika 4.7 Priključak Tip 3C [15]

Punjenje istosmjernom strujom se uvelike razlikuje od punjenja izmjeničnom. Osim najuočljivije razlike koja se očituje u smjeru toka električne struje, istosmjerna struja omogućuje puno brže punjenje nego izmjeničnom. Zbog toga je takvo punjenje uglavnom dostupno na javnim površinama ili uz prometnice. Ipak, preporučuje se da se takva vrsta punjenja ne prakticira više od dva puta u tjednu zbog velike brzine punjenja koja može skratiti životni vijek baterije. Pri punjenju električnih vozila istosmjernom strujom koriste se sljedeći tipovi priključaka:

- **CHAdEMO**

CHAdEMO priključak je razvila japanska kompanija TEPCO (engl. *Tokyo Electric Power Company*) u suradnji sa Nissanom, Mitsubishijem i Fuji Heavy Industries (koji je danas dio Subaru korporacije). Ideja je bila razviti priključak koji će omogućiti brzo punjenje. To je omogućeno kombinacijom CHAdEMO priključka i istosmjerne struje. Priključak se koristi pretežno na japanskom tržištu, a u manjem obujmu se koristi u Sjevernoj Americi, ali to se odnosi prvenstveno za japanska vozila poput Nissana i Mitsubishija. Novije verzije CHAdEMO priključka omogućuju punjenje snagom do 200 kW.



Slika 4.8 CHAdeMO priključak [16]

- **CCS COMBO**

CCS COMBO (engl. *Combined Charging System*) priključak je pojačana verzija Tip 1 ili Tip 2 priključka sa dodatne dvije kontaktne igle za potrebe brzog punjenja. Ovakav priključak omogućava brzo punjenje istosmjernom strujom ili sporo punjenje izmjeničnom strujom. Za potrebe sjevernoameričkog tržišta javlja se CCS1 COMBO priključak koji se sastoji od SAE J1772 (Tip 1) priključka i dvije kontaktne igle dok se na europskom tržištu koristi kombinacija Tip 2 i dvije kontaktne igle. Snaga pri punjenju s ovakvim priključcima može dosegnuti do 350 kW. Slika 3.7 i Slika 3.8 prikazuju CCS1 i CCS2 COMBO priključke sa pripadnim utičnicama.



*Slika 4.9 CCS1 COMBO priključak sa pripadnom utičnicom [17]*



*Slika 4.10 CCS2 COMBO priključak sa pripadnom utičnicom [17]*

- **Teslin priključak**

Tesla je proizveo svoj jedinstveni priključak koji koristi za sve načine punjenja. Priključak prihvata sve napone, stoga nisu potrebni dodatni priključci koji bi omogućavali brzo punjenje istosmjernom strujom kao što je slučaj sa već spomenutim CCS COMBO priključkom koji ima dodatne dvije kontaktne igle za punjenje istosmjernom strujom. Teslin priključak se nalazi

samo na njihovim punionicama i samo vlasnici njihovih električnih vozila ih mogu koristiti. Snaga koja se razvija pri brzom punjenju istosmjernom strujom doseže do 250 kW.



Slika 4.11 Teslin priključak [13]

- **GB/T priključak**

GB/T priključak je priključak koji se razvija i koristi na kineskom tržištu. Koristi se uglavnom jednofazno kod izmjeničnog punjenja sa strujom od 32 A. Također postoji opcija istosmjernog punjenja, a snaga koja se dosegne u tom slučaju iznosi 237.5 kW.



Slika 4.12 GB/T priključak [23]

Velika prednost koja omogućuje manje briga korisnicima električnih vozila prilikom odabira vozila je mogućnost kombinacija između punionica i priključaka. Primjerice, moguće je kupiti kabel s priključkom Tipa 2 za ulaz vozila, a koristiti punionicu koja koristi ulaz Tipa 1.

### 4.3 Trošak punjenja

Trošak punjenja električnih vozila je vjerojatno najvažniji faktor gledajući iz perspektive isplativosti. Govoreći o trošku punjenja, podrazumijevaju se dvije vrste troškova:

- **Trošak nabave i instaliranja opreme za punjenje električnog vozila (EVSE – engl. *Electric Vehicle Supply Equipment*)**

Ovaj trošak nije obavezan zbog toga što vlasnik električnog vozila može svoje vozilo puniti direktno iz utičnice. Međutim, ukoliko korisnik želi kraći period punjenja, može se odlučiti za instalaciju opreme za punjenje električnog vozila, odnosno ugradnju punionice. Željeni rezultat (kraće vrijeme punjenja) može se dobiti ugradnjom punionice koja svojim karakteristikama odgovara Načinu 2 punjenja prema SAE-ovoj kategorizaciji. Punionica se može kupiti putem interneta ili kod lokalnih trgovaca ovlaštenih za rad, a cijena se kreće ovisno o karakteristikama same punionice. Najčešći raspon cijene pojedine punionice iznosi između \$450 i \$750. Neke punionice je moguće instalirati za tek \$200, ali cijena može jako varirati jer se u troškove instalacije ubrajaju i lokacijski i „fizički“ zahtjevi zbog kojih cijena ugradnje može biti znatno viša. Punionice smiju ugrađivati jedino električari kvalificirani za takvu vrstu posla.

- **Korištenje energije**

Kalkulacija troškova korištenja energije kod kućnog punjenja se najbolje može prikazati izračunom koliko se koristi kWh za put od 100 km. Na primjer, ako električno vozilo ima bateriju od 30 kWh i raspon od 150 km, znači da mu je 20 kWh električne energije koja se koristi u kućanstvu potrebno za putovanje od 100 km. Za punjenje na javnim mjestima kalkulacija je malo drugačija. Svaka tvrtka koja ugradi punionicu namijenjenu za komercijalnu upotrebu odlučuje samostalno o sustavu naplate. Punionice nude različite načine plaćanja: kovanicama, papirnatim novcem, kreditnim karticama, mobitelom ili RFID identifikacijom. Cijena se može odrediti potrošenim kW po satu, količinom vremena potrebnom za punjenje

ili paušalnim plaćanjem unaprijed. Osim toga, postoje i „besplatna“ punjenja. Takav slučaj najčešće se pojavljuje kao praksa kod tvrtki koje se bave opskrbom energije, a taj trošak je uključen u mjesečne naknade. Poseban slučaj se nudi korisnicima Teslinih S i X modela koji mogu Tesline „superpunjače“ doživotno koristiti besplatno.

## 5. IZBOR PUNIONICE

Pri punjenju električnih vozila, važno je znati odabrati koji proizvod odnosno punionica korisniku najviše odgovara. Govoreći u kontekstu lokacije punjenja vozila, nude se dvije moguće opcije punjenja [18]:

- Punjenje kod kuće
- Punjenje na javnim mjestima

### 5.1 Punjenje kod kuće

Većina korisnika električnih vozila oslanja se na punjenje svojih vozila kod kuće. To znači da korisnici imaju mogućnost punjenja koristeći spore punjače koji se direktno spajaju na kućnu utičnicu ili ugradnjom punionice koja bi pružila Način 2 punjenja prema IEC standardu. Korištenje kućne utičnice predstavlja najsporiji tip punjenja. Korisnici koji se odluče za takav tip punjenja, najčešće moraju puniti svoje vozilo preko noći. Iako se preko noći osigurava višesatno punjenje, to ponekad nije dovoljno da se vozilo u potpunosti napuni. Na primjer, punjenje snagom 3.3 kW koje se postiže naponom od 230 V i strujom iznosa 16 A tijekom 8 sati punjenja može napuniti najviše 26.4 kWh koristeći jednu fazu, a to nije dovoljno da se napuni Teslin Model S.

Zbog toga korisnici imaju opciju instalacije punionice koja omogućuje Način 2 punjenja, odnosno omogućuje punjenje na većoj snazi, a time se smanjuje vrijeme potrebno da se vozilo napuni. Takve punionice je moguće instalirati na zidove garaže i kuća ili ih instalirati kao zasebnu punionicu na otvorenom. Punjenje na otvorenom predstavlja sigurno punjenje bez obzira na nepovoljnije vremenske uvjete poput kiše. Trenutno postoji oko 40 proizvođača koji nude punionice namijenjene punjenju kod kuće. Obično dolaze sa kabelom koji sadrži priključak Tipa 1 ili Tipa 2 ili dolaze sa utičnicom za Tip 2, a kabel se koristi onaj koji dolazi zajedno sa vozilom.

U nastavku se nalaze 2 primjera različitih proizvođača punionica namijenjenih za punjenje kod kuće sa njihovim karakteristikama:



- **EVBox Elvi**



*Slika 5.1 EVBox Elvi punionica [19]*

Ovakva punionica je praktična budući da je prilagođena za oba priključka namijenjena punjenju izmjeničnom strujom. Osim toga, ugrađuje se na zid što omogućava manje troškove ugradnje. Karakteristike ove punionice su:

Dimenzije (širina × dužina × visina): 161 × 186 × 328

Modularna snaga punjenja: 3.7 kW – 22 kW

Vrsta punjenja: MODE 3 punjenje

Tip konektora: Tip 1 ili Tip 2

Duljina kabla: 4 m ili 8 m

Radna temperatura: -25°C – 60°C

Ugradnja: na zid

- **Zappi eco-smart EV charger**

Još jedna punionica sličnih karakteristika kao prethodna je punionica od proizvođača Zappi.

Omogućuje jednofazni ili trofazni način 2 punjenja, a karakteristike su joj sljedeće:

Dimenzije (u mm): 439 × 282 × 122

Modularna snaga punjenja: 7 kW jednofazno, 22 kW trofazno

Vrsta punjenja: Način 2 punjenja

Tip konektora: Tip 1 ili Tip 2

Frekvencija: 50 Hz

Maksimalna struja: 32 A

Maksimalni napon: 230 V jednofazno, 400 V trofazno (+/- 10%)



Slika 5.2 Zappi Eco-smart EV charger [20]

## 5.2 Punjenje na javnim mjestima

Punjenje na javnim mjestima podrazumijeva punjenje na svim javnim površinama poput parkirališta, trgovačkih centara, benzinskih stanica ili turističkih lokacija. Budući da se često zna dogoditi nastanak gužve na takvim mjestima, punionice više opcija punjenja: obično, odnosno sporo punjenje, brzo punjenje ili „superbrzo“ punjenje. Kako se nastoji da vrijeme punjenja bude što kraće, punionice na javnim mjestima najčešće omogućuju Način 2 i Način 3 punjenje. Način 4 punjenja se ne pojavljuje na svim punionicama zbog toga što takav način punjenja nije jeftina opcija.

Korisnici električnih vozila imaju na raspolaganju niz web stranica i aplikacija pomoću kojih mogu pronaći lokacije gdje se nalaze javne punionice. Osim lokacije, nude se informacije o pojedinim punjačima i njihovoj dostupnosti. Budući da velika većina punionica ima ugrađen komunikacijski modul i software za upravljanje, može se vidjeti koja je punionica dostupna, a također se nudi mogućnost za rezervaciju određene punionice. Potencijal razvitka električnih vozila i njihova potreba za javnim mjestima za punjenje prepoznat je od strane ostalih poslovnih grana poput turizma i trgovine

koji punionice koriste kao interesnu točku kako bi privukli kupce. Nerijetko se punionice navode kao sredstvo oglašavanja nekog hotela ili trgovačkog centra. Osim toga neke web stranice za rezervaciju smještaja nude pri pretraživanju filtriranje prema kriteriju dostupnosti punionice.

Korištenje punionica namijenjenim za javno punjenje uglavnom se ne razlikuje kod različitih proizvođača, ali način identifikacije i plaćanja se razlikuje. Poseban primjer je već spomenuta kompanija Tesla, koja je razvila svoj „superpunjač“ koji omogućava „superbrzo“ punjenje namijenjeno isključivo Teslinim modelima S i X. Kako bi se omogućilo punjenje samo Teslinim modelima, osim što imaju poseban priključak, punionice sadrže posebne protokole kojim se identificira je li vozilo Teslin model. Jedna od prednosti koju je proizvođač Tesla pružio svojim korisnicima je jedinstvenost svih svojih „superpunjača“ u cijelom svijetu potpuno besplatno. Uz to, modeli S i X imaju instaliran software koji omogućava planiranje putovanja prema lokacijama već postojećih „superpunjača“ kako bi korisnici mogli biti sigurni da im se tijekom puta uvijek u blizini nalazi punionica.

Primjeri punionica namijenjenih za punjenje na javnim mjestima:

- **EVBox PublicLine**

Ova punionica je kompatibilna sa svim električnim vozilima. Omogućuje punjenje izmjeničnom strujom. Njene karakteristike su prikazane u nastavku:

Dimenzije (širina × dužina × visina): 350 × 220 × 1250

Modularna snaga punjenja: 11 kW – 22 kW

Vrsta punjenja: MODE 3 punjenje

Tip konektora: Tip 1 ili Tip 2

Broj priključaka: 2

Radna temperatura: -25°C – 60°C

Ugradnja: na betonski temelj

Lokacije povoljne za ugradnju: javne površine



*Slika 5.3 EVBox PublicLine punionica [21]*

- **Brzi DC punjači**

Ove punionice karakterizira velika snaga što im omogućuje iznimno kratko vrijeme punjenja.

Neke karakteristike ovakvih punionica su:

Modularna snaga punjenja: <350 kW

Vrsta punjenja: MODE 4 punjenje

Tip konektora: CHAdeMO i CCS COMBO

Radna temperatura: -30°C – 70°C

Duljina kabla: 3.95 m

Brzina punjenja: 15 minuta za sljedećih 400 km (punjač snage 350 kW)

Lokacije povoljne za ugradnju: trgovački centri, javne površine, benzinske postaje



*Slika 5.4 Brza istosmjerna punionica [22]*

- **Teslin „superpunjač“**

Tesla ima već spomenute jedinstvene „superpunjače“ namijenjene isključivo Teslinim modelima. Također imaju unikatan priključak koji omogućava istosmjerno i izmjenično punjenje. Karakteristike ovih „superpunjača“ su navedene u nastavku:

Izlazna struja: 330 A

Modularna snaga punjenja: do 135 kW

Frekvencija: 50/60 Hz

Vrsta punjenja: izmjenično i istosmjerno

Tip konektora: Teslin priključak

Radna temperatura: -30°C – 50°C

Brzina punjenja: 109 min za Tesla S model (prema Slici 4.4)



*Slika 5.5 Teslin superpunjač*

## 6. ZAKLJUČAK

Postupno uključivanje električnih vozila u transportni sustav donijet će brojne pogodnosti na globalnoj razini. Primjena električnih vozila i sve veća uključenost u promet dovest će do razvoja brojnih novih tehnologija na području punjenja i skladištenja električne energije budući da će široka primjena električnih vozila zahtijevati konstantnu pristupačnost i korištenje električne energije u svrhu pogona električnog vozila. Inženjeri, distribucijski operateri i proizvođači neprestano provode projekte i testove u kojima istražuju navike i ponašanje korisnika pri korištenju električnih vozila te opterećenje elektroenergetske mreže pri punjenju jednog ili više vozila. Broj punionica za električna vozila svakodnevno je u porastu. Punionice se razlikuju po fizičkim dimenzijama, namjeni, načinu punjenja, nazivnoj struji, snazi te naposljetku brzini kojom je sposobna napuniti električno vozilo. Svi ti faktori utječu na izbor punionice. Punionice koje brže pune električna vozila i koje imaju veliku instaliranu snagu zahtijevaju velika sredstva za instalaciju i održavanje. Stoga je potrebno dobro procijeniti i razumjeti zahtjeve korisnika pri izboru punionice za instalaciju.

## LITERATURA

- [1] International Energy Agency (IEA): Global EV Outlook 2019; IEA Publications; svibanj 2019.
- [2] J.Shah et al.: Cost-Optimal, Robust Charging of Electrically-Fueled Commercial Vehicle Fleets via Machine Learning; Systems Conference (SysCon); 8th Annual IEEE, Ottawa, ON, Canada, 2014
- [3] Lemo Learning e-mobility: Tipovi elektro vozila, URL: <https://hr.lemo-project.eu/wp-content/uploads/2015/01/TIPOVI-ELEKTRO-VOZILA.pdf> [14.7.2020.]
- [4] Toyota Prius: Oprema i specifikacije; URL: <https://www.toyota.hr/new-cars/prius/oprema-i-specifikacije.json> [14.7.2020.]
- [5] EVgo: Types of Electric Vehicles; URL: <https://www.evgo.com/why-evs/types-of-electric-vehicles/> [14.7.2020.]
- [6] Z.Hurst: What's in BEV?; 2019; URL: <https://www.ev-resource.com/bev-system-components.html> [22.9.2020.]
- [7] International Energy Agency (IEA): Electric car deployment in selected countries, 2013-2018; URL: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/electric-car-deployment-in-selected-countries-2013-2018> [14.7.2020.]
- [8] J. Quiros.Tortos, T. Butler, L. Ochoa: How Electric Vehicles and the Grid Work Together; IEEE Power and Energy Magazine, studeni 2018
- [9] D.Kettles: Electric Vehicle Charging Technology Analysis And Standards, University of Central Florida, veljača 2015.
- [10] E punjači: O punjenju električnih vozila; URL: <https://epunjaci.hr/o-punjenju-elektricnih-vozila/> [14.7.2020.]
- [11] A.Ayob, M.Z.Che Wanlk, A.Mohamed, M.F.M.Slam: Review on Electric Vehicle, Battery Charger, Charging Stations and Standards; Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology, siječanj, 2014.
- [12] Lemo Learning e-mobility: Tehnologija punjenja, URL <https://hr.lemo-project.eu/wp-content/uploads/2015/01/Tehnologija-punjenja.pdf> [18.7.2020.]
- [13] C.Lilly: EV connector types, travanj 2020., URL: <https://www.zap-map.com/charge-points/connectors-speeds/> [18.7.2020.]



- [14] Mennekes solutions: The solution for Europe: Type 2 charging socket with or without socket, URL: <https://amonev.ie/uploads/UJzbtptS/TYPE2.pdf> [18.7.2020.]
- [15] evChargeking: T3 Charging cables for France; URL: <https://www.evchargeking.com/en/t3-charging-cables-for-france> [18.7.2020.]
- [16] Senku Machinery, URL: <http://www.senkumachinery.com/product/-chademo-plug.html> [18.7.2020.]
- [17] Electric Car Home: Charging point connector types – Explained; URL: <https://electriccarhome.co.uk/charging-points/charging-point-connector-types/> [22.9.2020.]
- [18] Lemo Learning e-mobility: Stanice za punjenje električnih vozila/punionice prema mjestima za ugradnju, URL: <https://hr.lemo-project.eu/wp-content/uploads/2015/01/Stanice-za-punjenje-elektri%C4%8Dnih-vozila.pdf> [18.7.2020.]
- [19] EVBox: EVBox HomeLine, the electric car charging station for residential locations; URL: <https://evbox.com/en/products/home-chargers/homeline> [18.7.2020.]
- [20] Myenergi: Zappi eco smart EV charger; URL: <https://myenergi.com/product/zappi/#product-overview> [18.7.2020.]
- [21] EVBox: EVBox HomeLine, the electric car charging station for residential locations; URL: <https://evbox.com/en/products/public-chargers/publicline> [18.7.2020.]
- [22] ABB: Terra 53 CJ cost effective multi-standard DC fast charger; URL: <https://new.abb.com/ev-charging/products/car-charging/multi-standard/terra-53-cj-ul> [18.7.2020.]
- [23] MiDA: GB/T Fast Charger Plug; URL: <https://midapower.com/china-gb/t-ev-connector/gbt-dc-fast-charger-plug-1000v-ev-charging-connector-nv3-dsd-ev80p.html> [23.9.2020.]

## SAŽETAK

Završni rad „Pregled i usporedba punionica za električna vozila“ se bavi opisom i prikazom električnih vozila i njima pripadajućih punionica. Električna vozila podijeljena su prema utjecaju elektromotora unutar istih vozila. Naveden je jedan od projekata u kojem su se proučavale navike korisnika kod punjenja električnih vozila poput učestalosti punjenja i utjecaja na elektroenergetsku mrežu te rješenja za potencijalne probleme s kojima bi se mreža mogla susresti prilikom punjenja. Rad opisuje načine punjenja električnih vozila i karakteristike svakog od tih načina kroz kategorizaciju punjenja kojeg su opisali IEC i SAE standardi. Uz navedene načine punjenja prikazana je i opisana podjela pripadajućih priključaka koji se koriste za postojeće punionice. Ukratko su opisani troškovi koji se mogu pojaviti kod punjenja te su predstavljene neke punionice koje se koriste u punjenju kod kuće ili na javnim mjestima.

Ključne riječi: električna vozila, način punjenja, priključci za punjenje, punionice, punjenje kod kuće, punjenje na javnim mjestima

## **ABSTRACT**

Final paper „Review and comparison of charging stations for electric vehicles“ contains description and review of electric vehicles and their charging stations. Electric vehicles are divided by the role of electric motor within the vehicle itself. One of the projects is presented in which the habits of users when charging electric vehicle were studied, such as the frequency of charging and the impact on the electricity network, as well as solutions to potential problems that the network could face when vehicles are charging. The paper describes the ways of charging electric vehicles and characteristic of each of these ways through the categorization of charging described by IEC and SAE standards. In addition to the listed charging methods there is also shown and defined classification of connectors used for mentioned charging stations. The cost of charging that occurs are briefly described and some charging stations that could be used in home charging and public charging are presented.

Key words: categorization of charging, charging at home, charging in public, charging stations, connectors, electric vehicles

## **ŽIVOTOPIS**

Luka Golić rođen je 9. lipnja 1998. godine u Slavanskom Brodu. Osnovnu školu pohađa u Slavanskom Brodu. Nakon završene osnovne škole upisuje Klasičnu gimnaziju fra Marijana Lanosovića u Slavanskom Brodu. Uspješno završava srednju školu i polaže državnu maturu te upisuje preddiplomski sveučilišni studij elektrotehnike na Fakultetu elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija u Osijeku. Na drugoj godini studija odabire izborni blok elektroenergetike.