

**ELEKTRIČNA VOZILA, NAČINI PUNJENJA, UTICAJ PUNJAČA ELEKTRIČNIH VOZILA NA -  
ELEKTROENERGETSKE OBJEKTE****ELECTRIC VEHICLES, CHARGING METHODS, IMPACT OF ELECTRIC VEHICLE CHARGERS ON  
POWER FACILITIES**

Goran ŽIVKOVIĆ, Elektrodistribucija Srbije d.o.o. Beograd, Ogranak Arandelovac, Srbija  
Dejan PETROVIĆ, Elektrodistribucija Srbije d.o.o. Beograd, Ogranak Arandelovac, Srbija  
Aleksandar JANJIĆ, Elektrodistribucija Srbije d.o.o. Beograd, Ogranak Arandelovac-Pogon Topola, Srbija

**KRATAK SADRŽAJ**

U svetu je sve veći broj električnih odnosno hibridnih vozila, što iziskuje potrebu za što većim brojem punjača. Autoindustrija električnih vozila ima dva osnovna cilja, da maksimalno poveća domet sa jednim punjenjem baterija, odnosno da što više smanji vreme punjenja baterija. Brzina punjenja baterija je direktno srazmerna snazi punjača, što dugoročno gledano može imati uticaj na elektroenergetski sistem. U radu je dat osvrt na pojam električnih i hibridnih vozila, obrađeni su načini punjenja vozila, i karakteristike punjača. Obrađen je i uticaj punjača na elektroenergetski sistem.

**Ključne reči:** Električno vozilo, Punjač, Elektroenergetski objekti

**ABSTRACT**

There are a growing number of electric and hybrid vehicles in the world, which necessitates the need for as many chargers as possible. The automotive industry has two main goals, to maximize the reach of a single battery charge, or to reduce the battery charging time as much as possible. Battery charging speed is directly proportional to the power of the charger, which can have a long-term impact on the power system. The paper gives an overview of the concept of electric and hybrid vehicles, discusses ways of charging vehicles, and charger characteristics. The impact of the charger on the power system was also addressed.

**Keywords:** Electric vehicle, Charger, Power facilities

Goran Živković, goran.zivkovic@ods.rs

**UVOD**

Nedugo nakon konstrukcije prvog elektromotora, pojavio se i prvi električni automobil. Početak primene električnih automobila pripisuje se Robertu Andersonu. Prva konstrukcija električnog automobila bila je u periodu od 1832 do 1839 godine, 20 godina pre konstrukcije prvog automobila sa motorom na unutrašnje sagorevanje. Zanimljiva je i činjenica da je prvi automobil koji je konstruisao Ferdinand Porsche bio automobil na električni pogon. Kraj 19 i početak 20 veka je period koji je obeležio razvoj električnih vozila, taj uspešni period za električne automobile se završava 1920 tih godina, kada su ih sa tržišta istisnuli automobili na benzinski pogon. Velika otkrića naftnih zaliha, doprinela su smanjenju cene naftnih derivata, što je uticalo i na razvoj automobila sa benzinskim motorima. Osnovni

razlog zašto su automobili na električni pogon tada izgubili trku sa automobilima koji koriste motore na unutrašnje sagorevanje je daleko manja autonomija i vreme punjenja . Početkom 21 veka električni automobili se ponovo vraćaju u tržišnu utakmicu sa vozilima koja koriste motore sa unutrašnjim sagorevanjem.

## SKRACENICE I POJMOVI

- ELEKTRIČNO VOZILO (EV) –vozilo koje pokreće elektromotor koristeći energiju iz akumulatorskih baterija ili drugih uređaja za skladištenje energije.
- HIBRIDNO VOZILO (HV) – vozilo koje za pokretanje koristi dva izvora energije. Najčešća kombinacija električnog motora i motora sa unutrašnjim sagorevanjem.
- AUTO PUNIONICE (AP) – Elektromehanički sklop koji služi za punjenje električnih automobila
- VOZILO SA MOTOROM NA UNUTRAŠNJE SAGOREVANJE (SUS motori) – Vozilo koje se pokreće na osnovu toplotne energije koju proizvodi motor I pretvara je mehanički rad, pokretanje vozila.
- TS – Trafostanica
- SN vod – Srednjenaponski vod (35,20,10 KV)
- NN vod – Niskonaponski vod 0,4KV

## PREDNOSTI I NEDOSTACI ELEKTRIČNIH VOZILA U ODNOSU NA VOZILA SA SUS MOTOROM

Prednosti:

- Nema emisije izduvnih gasova , zaštita životne sredine
- Ne stvaraju buku
- Bolja vozna svojstva
- Stepen iskorišćenosti EV je 80% dok je stepen iskorišćenosti vozila sa unutrašnjim sagorevanjem 36%.
- Jeftiniji prevoz
- Jeftinije održavanje

Nedostaci:

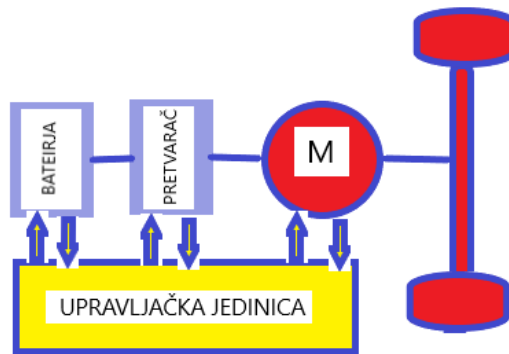
- Cena vozila
- Autonomija
- Brzina punjenja i životni vek akumulatorskih baterija

Tabela 1. Uporedni prikaz troškova energenta na pređenih 100km

	Električni auto 15kWh/100km	Dizel auto 6l/100km	Benzinski auto 8l/100km
Cena energenta po jedinici mere	9,19/kWh	152/l	148/l
Cena za 100km	137.85 din	912 din	1184 din

## PRINCIP RADA ELEKTRIČNIH VOZILA

Tri osnovna dela EV su Upravljački deo, električni motor, akumulatorska baterija. Upravljački deo je mozak vozila, koji reguliše tok energije od baterije ka motoru i obratno. Električna energija koja je skladištena u akumulatorskim baterijama pod komandom upravljačkog dela dovodi se preko kontrolera do električnog motora koji vrši pokretanje EV. Smer energije može biti i obratan, u smeru ka bateriji prilikom kočenja automobila. Električni motor omogućuje linearno ubrzanje vozila. Akumulatorske baterije su litijum-jonske, čija je karakteristika da su lakše konstrukcije, i da se lako mogu puniti. Svetski proizvođači baterija, izuzetno dosta ulažu u razvoj novih tipova baterija, cilj je da se poveća kapacitet baterija, brzina punjenja i produži životni vek. Po mnogima najveći naučnik Nikola Tesla je 1882. godine patentirao asinhroni trofazni motor, koji se istovremeno mogao ponašati i kao generator. Baš takav motor, istih parametara su koristili inženjeri jedne kompanije u proizvodnji svojih prvih EV.



Slika 1. Princip rada Električnog vozila

## PUNJENJE ELEKTRIČNIH VOZILA

Dva osnovna preduslova za masovniju upotrebu električnih vozila je povećanje autonomije, i skraćanje vremena punjenja baterija. Postoje više načina punjenja baterija. U zavisnosti od struje punjenja postoje AC i DC punionice. Osnovna razlika između AC i DC punionice je osim u vrsti struje i snaga, a snaga je direktno proporcionalna brzini punjenja baterije.

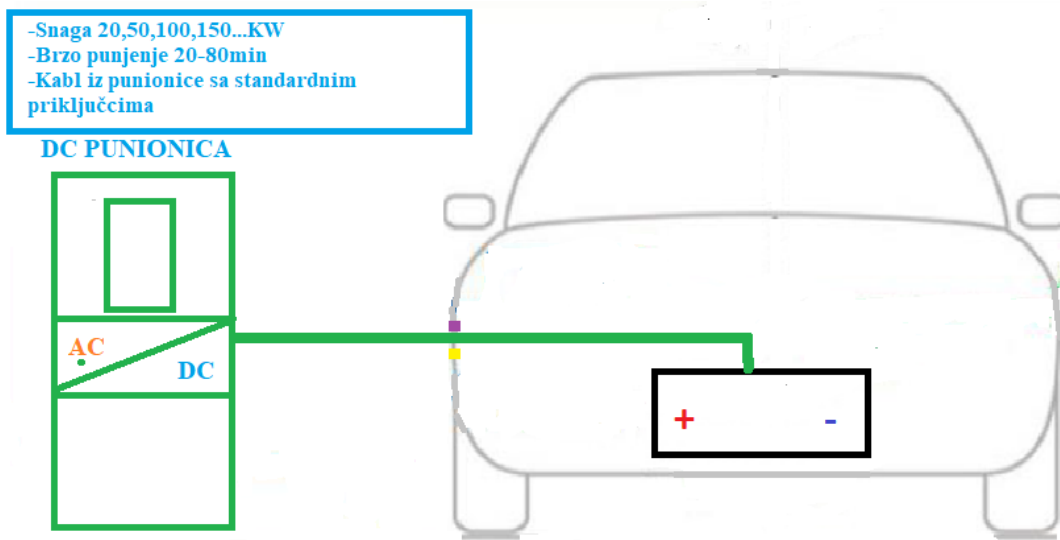
Tabela 2. Načini punjenja baterija

	Načini punjenja baterija				
	1F	1F	3F	DS	DC Supercharger
Napon V	230	230	400	500	480
Struja A	10-16	16-32	16-63	125	250
Snaga KW	2-3.7	3.7-7.4	11-44	50	120

DC punionice imaju u sebi ugrađen ispravljač što omogućava veću snagu punjenja, (50,100,120,150KW, u budućnosti se očekuju 250KW i više) a samim tim skraćuje se vreme punjenja baterije. U tehničkim dokumentacijama superpunionica se navodi da vreme punjenja u zavisnosti od kapaciteta baterije iznosi do 40min, ali do 80% kapaciteta baterije. A to je zato što bi vreme punjenja preostalih 20% kapaciteta duže trajalo nego predhodnih 80%, jer baterije sa povećanjem napona pružaju sve veći "otpor" punjenju. Određeni proizvođači automobila ograničavaju snagu punjenja baterija, iz razloga što velika snaga i brzina punjenja nisu dobre za baterije niti elektroniku u EV. Kapacitet aku baterija trenutno se kreće od 17,6KWh do 100KWh.

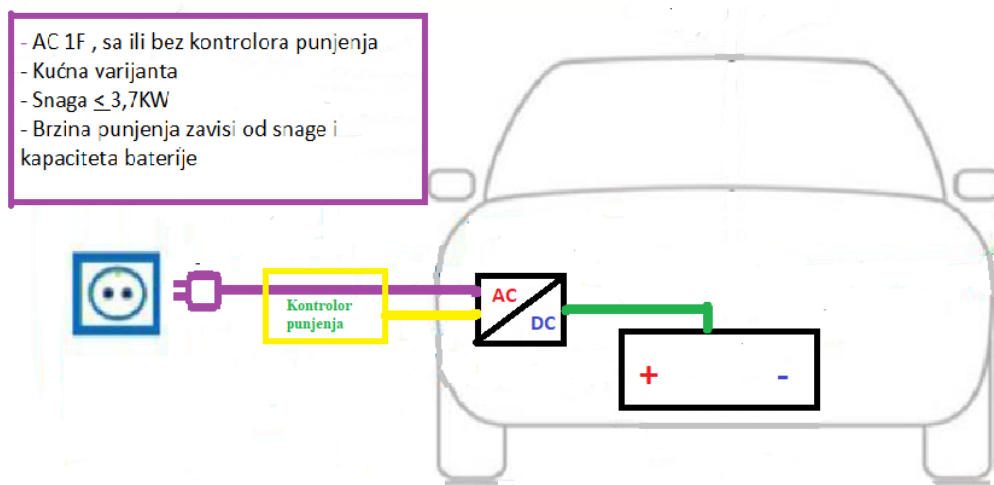
Tabela 3. Vreme punjenja različitih baterija u zavisnosti od načina punjenja

	1F	1F	1F	3F	3F	DC	DC	DC
Snaga punjenja kW	2.4	3.7	7.7	11	22	50	100	120
Kapacitet %	0-100	0-100	0-100	0-100	0-100	10-80	10-80	10-80
28KWh	14h30min	9h	5h			30min	20min	
40KWh	19h30min	12h15min	7h			40min		
100KWh	48h45min	30h15min	15h15min	10h15min	7h			40min

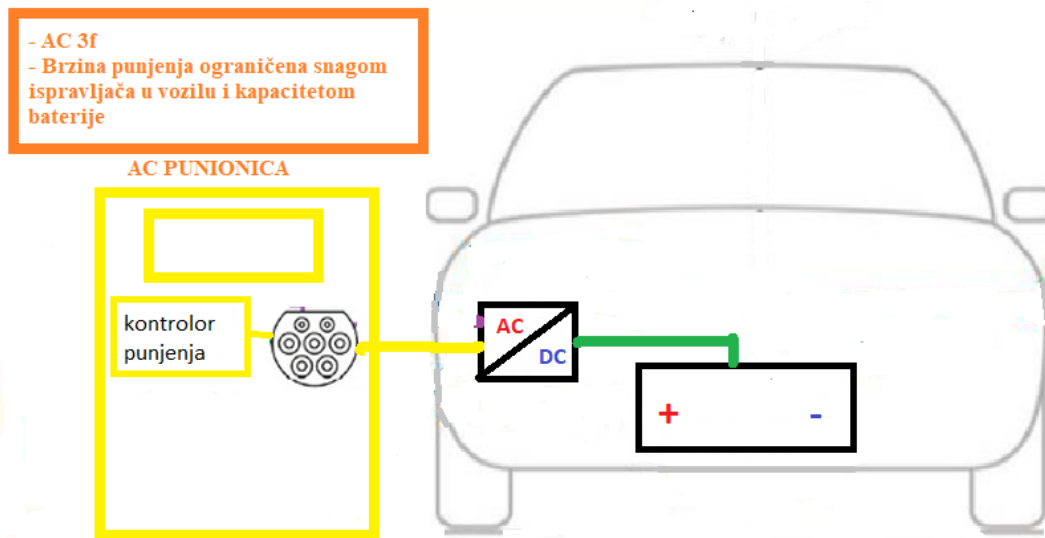


Slika 2. DC Punionica

Kod AC punionica usko grlo je snaga ispravljača koji je ugrađen u vozilo.



Slika 3. AC 1F Punionica

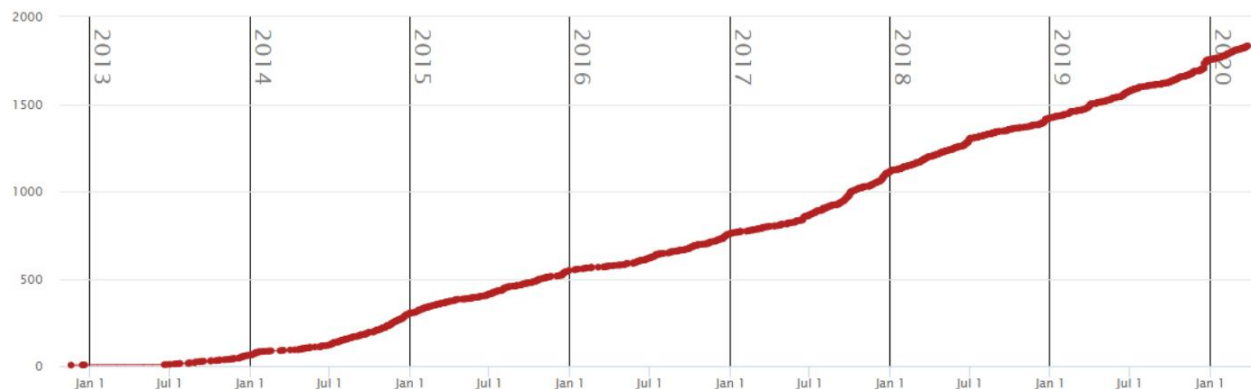


Slika 4. AC 3F Punionica

Punjenje baterija zavisi i od temperature ambijenta, u koliko su temperature u minusu punjenje baterija je duže. Kapacitet baterije zavisi od spoljne temperature, primer  $-30^{\circ}\text{C}$  kapacitet može opasti i za 50%, nasuprot tome na temperaturi od  $50^{\circ}\text{C}$  kapacitet može narasti i do 12%. Obrnuto proporcionalno je sa životnim vekom baterije na nižim temperaturama duži je životni vek, dok je na višim temperaturama životni vek kraći.

U cilju smanjenja vremena provedenog na punionicama, došlo se do raznih ideja. Neki od proizvođača automobila su razvijali ideju zamemna baterija gde bi se na stanicama vršila zamena istrošene baterije drugom punom, i taj proces bi trajao najduže 3 minuta. Jedna Nemačka kompanija razvijao ideju ugrađivanja benzinskih agregata u automobile koji bi u slučaju prazne baterije se uključivao i punio baterije.

Projekat po imenu Fabric započeo je 2014 god i za cilj ima dinamičko bežično punjenje električnih vozila u pokretu. Instalirano je 100m dugačke test staze koja omogućava bežično punjenje baterija vozila koje prolazi iznad nje snagom od 22kW, brzinom do 100km/h. U stazi je instalirana instalacija, a vozilo je opremljeno sekundarnim kalemom, čime je omogućeno indukciono punjenje baterija. Određene kompanije su usavršile i bežično punjenje na mestima za punjenje ili privatnim garažama, bez fizičke konekcije sa vozilom.



Dijagram 1. Porast broja super-punjača (stanica) u svetu

Broj super-punjača u 2019 god. samo od jedne kompanije iznosio je 16.103, što je 1.826 stanica širom sveta. Amerika 908 stanica, Kanada 98, 16 Meksiko, 520 Evropa, 398 Azisko-Pacifička regija.

Prosečna cena baterija je oko 200 USD/KWh .Uzimajući u obzir da je životni vek baterija od 7 do 10 godina po studiji koja je rađena, za prelazak vozila od 64km na dnevnom nivou, što za 7 godina iznosi 164.500km, a sobzirom na cenu baterije od 12.000 USD (u koliko se kupi u napred), cena baterije po pređenom 1km bi iznosila 0,073 USD.

Sve nove punionice sadrže:

- Daljinsko praćenje rada (monitoring) i podršku
- Daljinsko ažuriranje (update) i nadograđivanje (upgrade) punjača
- Displej (touchscreen)
- Prikaz procesa punjenja
- Detekciju zauzetosti parkinga
- Konektore koji omogućavaju punjenje svih vrsta vozila

## **ULOGA ELEKTOROPRIVREDNIH KOMPANIJA U PROCESU PUNJENJA ELEKTRIČNIH VOZILA**

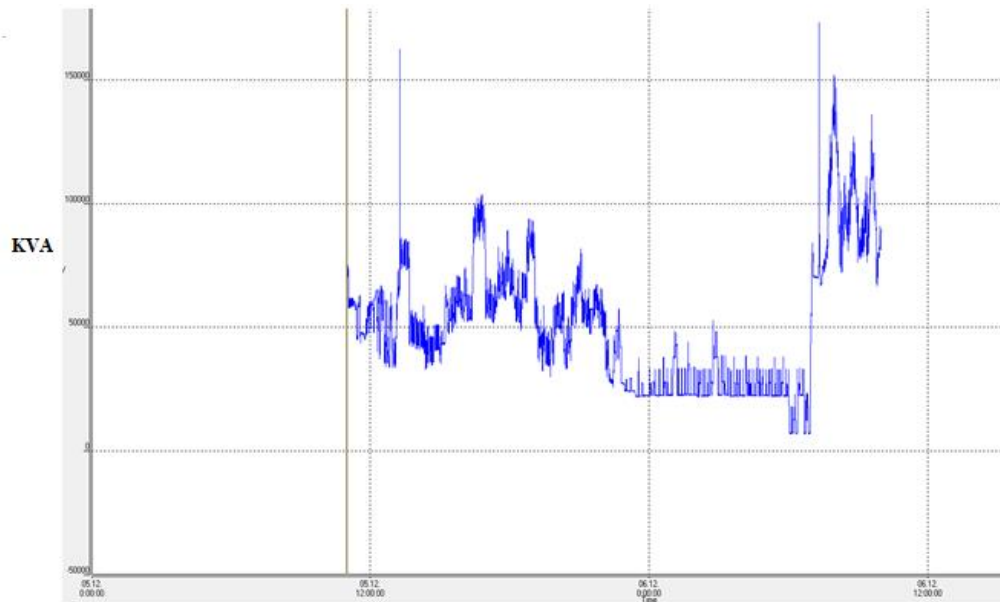
Sve veće elektroprivredne kompanije u Evropi, već duži niz godina u nazad se pripremaju za masovni dolazak EV, i njihovo povezivanje na elektroenergetski sistem. Mnoge kompanije priključenje velikog broja punionica smatraju za strateški cilj razvoja. U mnogim Evropskim državama već su rađeni pilot projekti za izgradnju infrastrukture punionica , i vršena su testiranja sa više punionica. Navedeni pilot projekti imali su za cilj pripremu elektroenergetskih kompanija za trenutak masovne upotrebe EV, odnosno njihovo punjenje i uticaj na elektroenergetski sistem.

Elektro kompanije u masovnoj prodaji EV vide svoj interes u povećanju prodaje električne energije, odnosno povećanju profita. EV se mogu posmatrati kao novi potrošači na mreži, i to pre svega punionice koje će biti priključene kroz izdavanje novih rešenja za priključenje, punionice su do neke predvidivi potrošači, ali šta se dešava sa punjenjem EV u kućnoj varijanti na već odobrenim priključcima. Najveći uticaj na elektroenergetski sistem može se očekivati u koliko se veliki broj vozila priključi na elektromrežu u periodu vršnih opterećenja. Studije koje su rađene u Evropi, pokazale su da istovremeno punjenje manjeg broja vozila u trenutcima vršnog opterećenja nebi imalo veliki uticaj na elektro sistem, dok veći broj priključenih vozila i punionice velikih snaga u vremenu vršnog opterećenja mogu imati značajnog uticaja na proizvodnju električne energije, a takođe i na zagušenja u distributivnoj mreži .Doćiće do povećanja opterećenje u TS, SN i NN vodovima, što će prouzrokovati lošije naponske prilike i povećanje gubitaka.Takođe uticaj može biti i na kvalitet električne energije, posebno sa aspekta harmonika. U prenosnoj mreži nebi trebalo imati problema.

Rešavanje navedenih problema mogu biti višestruka, i svaki deo elektroenergetskog sistema je jedinstven za sebe i kao takvom mu se treba i pristupiti. Izgradnja novih elektroenergetskih objekata je jedno od rešenja ali je skupo, stoga treba razmatrati i model gde bi se punjenje električnih vozila prebacilo iz perioda vršnih opterećenja u noćni period (novo tarifiranje,akumuliranje energije).

## **ANALIZA UTICAJA PUNJENJA EV NA ODABRANU TS 10/0,4KV I NJENE NN IZVODE**

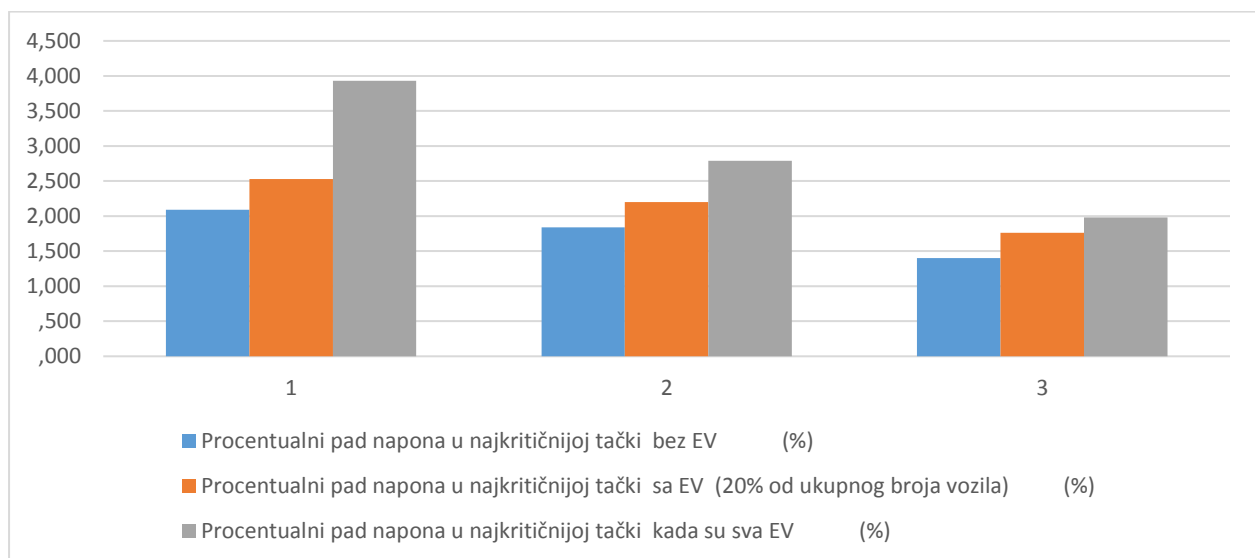
Za analizu uticaja odabrana je prigradska stubna TS 10/0,4KV Ljubeseo 3. Na dijagramu 2. prikazana je kriva opterećenja predmetne TS. TS je stubna sa transformatorom snage 250 KVA, broj priključenih kupaca je 73, broj registrovanih vozila iznosi 83.



Dijagram 2. Kriva opterećenja predmetne TS

Tabel 4. Uporedni prikaz procentualnog pada napona po izvodima

red. Broj izvoda	Dužina izvoda (m)	Broj kupaca na predmetnom izvodu	Broj registrovanih automobila SUS motor	Procentualni pad napona u najkritičnijoj tački bez EV (%)	Procentualni pad napona u najkritičnijoj tački sa EV (20% od ukupnog broja vozila) (%)	Procentualni pad napona u najkritičnijoj tački kada su sva EV (%)
1	400	27	31	2.09	2.53	3.93
2	320	25	29	1.84	2.20	2.79
3	385	21	23	1.40	1.76	1.98



Dijagram 3. Procentualni pad napona po izvodima

Vršena je analiza padova napona po izvodima TS, kada nema priključenih EV (postojeće stanje), kada je priključeno 20 % EV u odnosu na ukupan broj vozila, i slučaj kada bi bila sva EV. Izvodi predmetne trafostanice nisu velike dužine i izvedeni su provodnikom preseka 50mm<sup>2</sup>, evidentno je da u oba slučaja kada bi bila priključena EV-a, ne bi bilo padova napona većih od dozvoljenih na izvodima. Jedновременna snaga priključenih vozila u zbiru sa postojećom snagom prevazilazila bi snagu instaliranog transformatora, a i gubici u mreži bi se povećali.

## TREKUTNI STATUS ELEKTRIČNIH VOZILA

- **Norveška**, od ukupnog broja prodatih EV u 2019 god. 42,4% su bili čisto EV. Na kraju 2018 god. udeo EV u ukupnom broju registrovanih vozila iznosio je 31,25%. Odluka vlade je da se 2025 god prodaju samo vozila na električni pogon. Trenutno su EV oslobođena poreza prilikom kupovine.
- **Holandija**, Po broju prodatih EV u 2019 god. Holandija je postala rekorder sa 67.695 prodatih novih EV. Država je omogućila izuzetno velike subvencije za kupovinu EV. Aerodrom Schiphol u Amsterdamu je 2014 god angažovao 3 taksi kompanije sa preko 100 EV za prevoz putnika, a u cilju smanjenja zagađenja životne sredine.
- **Nemačka**, U 2019 god prodato 63.491 EV, plan je da do 2030 god. bude 10 miliona registrovanih EV
- **Austrija**, U Beču je u planu da se na svakih 400m postavi punionica, u cilju stimulacije povećanja broja EV u gradskom području.
- **Amerika**, 2008 god u Americi je započela od strane jedne kompanije ozbiljna proizvodnja EV. Trenutno je u Americi instaliran najveći broj super brzih punionica, 908 stanica.
- **Srbija**, U 2020 god započinje dodela subvencija za kupovinu EV

## ZAKLJUČAK

Električna vozila su zasigurno budućnost autoindustrije. Masovna pojava EV će doprineti zaštiti životne sredine i smanjenju buke u gradskim područjima. Srbija bi zasigurno trebala napraviti studiju uvođenja EV u gradska područja sobzirom na zagađenost gradova. U cilju masovnije upotrebe EV neophodno je povećati autonomiju, skratiti vreme punjenja baterija, povećati broj punionica. (jedno puniono mesto na 10 vozila). Sa omasovljenjem EV, pojavice se i broj samostalnih pre svega malih solarnih elektrana gde će se električna energija proizvedena preko dana predavati mreži, a u toku noći bi vlasnici tih objekata koristili energiju iz distributivne mreže za punjenje EV. Na osnovu napred navedenog elektrodistributivne kompanije bi trebale što pre izraditi svoju strategiju za nastupajuće vreme.

## LITERATURA

1. Vedran Radošević, 2018, "Tehnički i regulatorni uvjeti priključenja punionica električnih vozila na električnu mrežu", 4
2. Hrvoje Dokoza, 2016, "Doprinos električnih vozila održivom razvoju" 2,11
3. Tehničke preporuke direkcije za distribuciju, TP 14
4. [https://sr.wikipedia.org/sr-ec/Elektri%20Dni\\_automobil#Ubrzanje\\_i\\_ko%20Denje](https://sr.wikipedia.org/sr-ec/Elektri%20Dni_automobil#Ubrzanje_i_ko%20Denje)
5. [https://sr.wikipedia.org/sr-ec/%D0%A2%D0%B5%D1%81%D0%BB%D0%B0\\_\(%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%98%D0%B0\)](https://sr.wikipedia.org/sr-ec/%D0%A2%D0%B5%D1%81%D0%BB%D0%B0_(%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%98%D0%B0))
6. <https://www.tesla.com/models>