

Vedran Radošević, dipl.ing.el  
HEP-ODS d.o.o. – Elektra Zagreb  
[vedran.radosevic@hep.hr](mailto:vedran.radosevic@hep.hr)

## PROMJENE U MREŽI IZAZVANE UPORABOM PUNIONICA ZA ELEKTRIČNA VOZILA

### SAŽETAK

Električna vozila predstavljaju određenu novost u automobilske industriji te su svojevrsan odgovor na potrebe za ekonomičnošću i očuvanjem okoliša uz pomoć korištenja čistih i održivih izvora energije. U posljednje vrijeme električna vozila počinju igrati zamjetnu ulogu u transportu, za sada ljudi, a u dogledno vrijeme i robe, s jedne lokacije na drugu. Kako bi se promet nesmetano odvijao potrebno je napraviti gustu mrežu punionica koja će im omogućiti konkurentnost naspram vozila koja kao pogonsko gorivo koriste benzin ili dizel. Električna vozila se pune električnom energijom iz punionica električne energije koje se spajaju na niskonaponsku elektroenergetsku mrežu.

U ovom članku će biti općenito rečeno nešto o električnim vozilima, punionicama te o njihovom utjecaju na elektroenergetsku mrežu.

**Ključne riječi:** električna vozila, punionica el. vozila, mreža

## CHANGES IN THE NETWORK CAUSED BY USE OF BOTTLING FOR ELECTRIC VEHICLES

### SUMMARY

Electric vehicles represent a new element in the automotive industry, and are a response to the needs of the economy and safeguard the environment through the use of clean and sustainable energy sources. Recently, electric vehicles are beginning to play a remarkable role in transport, people for now and in the foreseeable future and goods from one location to another. For the smooth flow of traffic it is necessary to make a dense network of filling stations that will allow them competitiveness against vehicles using petrol or diesel. Electric vehicles are filled by electricity from electric chargers that are connected to the low voltage electricity network.

This paper describes, in general, something about the electric vehicles, filling stations and their impact on the electrical grid.

**Key words:** electric vehicles, filling stations, network

## 1. UVOD

Posljednjih nekoliko godina dolazi do sve veće pojave električnih vozila na cestama u Republici Hrvatskoj. Jedan od razloga su i subvencije države potaknute potpisanim sporazumom koji je donijela Europska Unija koji je poznat kao ciljevi 20-20-20 gdje je jedan od ciljeva i smanjenje stakleničkih plinova za 20% u odnosu na 1990. godinu. Dio tog cilja se pokušava dostići promjenama u prometnom sektoru.

Europska komisija donijela je u travnju 2010. godine Strategiju o uvođenju čistih i energetski učinkovitih vozila (nastavno na Direktivu 2009/33/EC o promicanju čistih i energetski efikasnih vozila) na temelju koje su mnoge zemlje Europske unije pokrenule projekte vezane uz elektromobilnost i električna vozila. Isto tako i Republika Hrvatska je u listopadu 2009. godine donijela Strategiju energetskog razvoja Republike Hrvatske gdje se u poglavlju 4.2.2. PROMET navodi poticanje primjene električnih vozila.

Posljednjih godina svjedoci smo ubrzanom razvoju novih tehnologija i alternativnih goriva kao odgovor na nestabilnosti u svijetu prouzokovane nestabilnim cijenama nafte na svjetskom tržištu. Donedavno su se električna vozila činila kao nešto nedostižno, neka daleka budućnost. Paralela se može povući s pametnim telefonima. Nekada su bili samo "san" dok ih danas imaju skoro svi. Postali su svakodnevica. Isto tako je i s električnim automobilima. Danas ih se može kupiti u autosalonima kao i svako drugo vozilo.

Da bi električna vozila mogla postati sastavni dio naše svakodnevice potrebno je, zbog samih karakteristika električnih vozila, izgraditi gustu mrežu punionica za električna vozila. Električne punionice su u stvari potrošači spojeni na elektroenergetsku mrežu. Postavlja se pitanje što se događa ili što će se događati s mrežom kada se počne pojavljivati sve veći broj priključenih punionica. Kakve promjene će izazvati u mreži.

U nastavku referata biti će rečeno nešto o električnim vozilima te prednostima odnosno nedostacima u odnosu na vozila na konvencionalna goriva, punionicama te njihovom utjecaju na elektroenergetsku mrežu.

## 2. ELEKTRIČNA VOZILA

### 2.1. Električna vozila

Električna vozila su vozila koja pokreće elektromotor, koristeći električnu energiju pohranjenu u akumulatoru, ili drugim uređajima za pohranu energije. Isto tako postoje i električna vozila koja koriste kombinaciju električnog i klasičnog (benzinskog ili dizelskog) motora [1].

Po prvi puta električni automobili su se pojavili prije više od 100 godina, zajedno s automobilima pokretanim na fosilna goriva. Električna vozila su svoju popularnost imala krajem 19. i početkom 20. stoljeća što je ujedno bilo i zlatno doba za električna vozila zbog većeg komfora i jednostavnosti prilikom korištenja te su tada i zauzimali veći udio u sveukupnom broju automobila u SAD-u. Tada su bili prisutni i motori s unutarnjim izgaranjem, ali zbog visoke cijene nafte nisu bili isplativi. To zlatno doba, kako su ga nazivali tada, električnih vozila trajalo je sve dok nije došlo do unaprijeđenja motora s unutarnjim izgaranjem i masovne proizvodnje jeftinijeg vozila na benzin što je dovelo do smanjenja korištenja vozila na električni pogon.

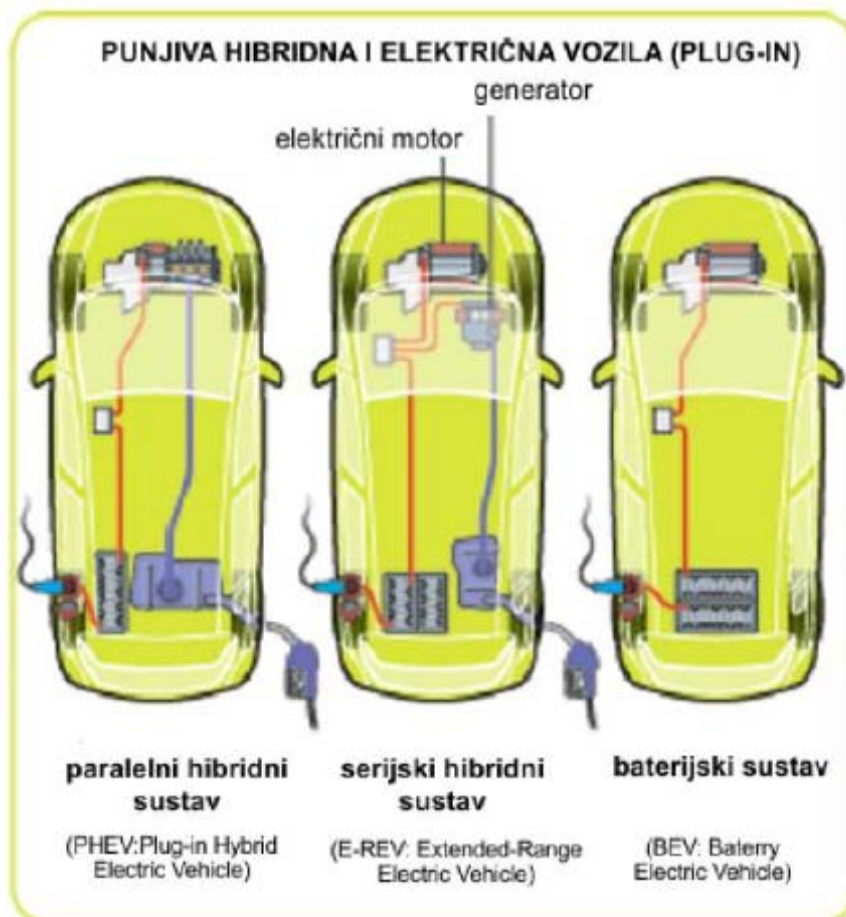
#### 2.1.1. Klasifikacija električnih vozila

Električna vozila dozvoljavaju korištenje različitih izvora električne energije. Na osnovu te činjenice moguće je izvršiti njihovu klasifikaciju na slijedeće kategorije [2]:

- električna vozila koja koriste baterije kao jedini izvor električne energije (Battery electric vehicle, BEV), a električni motor kao uređaj za pokretanje.
- hibridna električna vozila (hybrid electric vehicle, HEV) istovremeno koriste motor s unutarnjim izgaranjem i električni motor za pokretanje. Električna energija se dobiva isključivo putem rekuperativnog kočenja što implicira na zaključak da ova vrsta električnog vozila nema mogućnost punjenja baterija iz elektroenergetske mreže. Dvije su osnovne konfiguracije ovih automobila: serijska i paralelna. Za razliku od ovih vozila postoje plug-in hibridna vozila koja baterije prvenstveno pune iz elektroenergetske mreže, ali iskorištavaju i energiju rekuperativnog kočenja.

- električna vozila koja koriste gorivne ćelije kao osnovni izvor električne energije (fuel cell electric vehicle, FCEV), a električni motor kao uređaj za pokretanje. Baterije su generalno usvojene kao pomoćni izvor električne energije zbog nemogućnosti gorivnih ćelija da prihvate vraćenu energiju (rekuperativno kočenje).

Tipovi električnih vozila koja se mogu ili moraju priključiti, preko punionica za električna vozila, na elektroenergetsku mrežu kako bi se napunila su prikazana na slici 1.



Slika 1. Klasifikacija električnih vozila (automobila)

## 2.2. Usporedba električnih vozila s vozilima s motorom na unutarnje izgaranje

Važan cilj za električna vozila je prevladavanje razlika između troškova razvoja, proizvodnje i rada, u usporedbi s ekvivalentnim vozilima s motorom s unutarnjim izgaranjem [1]. Parametri po kojima se vrši usporedba električnih vozila naspram vozila s motorom na unutarnje izgaranje su:

- cijena;
- troškovi rada i održavanja;
- troškovi punjenja;
- domet;
- onečišćenje znaka i emisija ugljičnog dioksida;
- energetska učinkovitost.

### 2.2.1. Cijena

Električna vozila su općenito skuplja od vozila pokretanih konvencionalnim gorivima (benzin i diesel). Glavni razlog tome je cijena akumulatora. Naime, kupci ne žele izdvojiti više novca kod kupnje automobila što sprječava masovni prijelaz s benzinskih i dizelskih automobila na električne automobile.

Cijena baterije u 2007. godini bila je 1300 dolara po kWh, dok je 2012. godine cijena iznosila 320 dolara po kWh. Predviđanja su da bi do 2022. godine cijena mogla pasti na 125 dolara po kWh što bi se

moglo postići napretkom u tehnologiji koja se koristi za izradu baterija što bi u konačnici moglo uzrokovati veću kompetentnost električnih vozila.

### 2.2.2. Troškovi rada i održavanja

Većina tekućih troškova električnog vozila može se pripisati održavanju i zamjeni akumulatora zbog toga što električno vozilo ima samo oko 5 pokretnih dijelova u svome motoru, u usporedbi s benzinskim ili dizelskim automobilom koji ima stotine dijelova u motoru. Električni automobili imaju skupe akumulatora koji se s vremenom moraju zamijeniti, dok su ostali troškovi održavanja vrlo niski.

Za izračun troškova po prijeđenom kilometru potrebno je dodijeliti novčanu vrijednost trošenju akumulatora, što može biti teško s obzirom na činjenicu da će imati nešto manji kapacitet svaki puta kada se napuni, a i smatra se da i na kraju svoga životnog vijeka nije u potpunosti bezvrijedan jer se može ponovno upotrijebiti, reciklirati ili koristiti kao rezervni.

Tvrtka Nissan napravila je proračun troškova održavanja za svoje električno vozilo u usporedbi s benzinskim automobilom. Petogodišnji troškovi održavanja za električno vozilo iznosili su 1800 dolara dok je za benzinski automobil potrebno izdvojiti 6000 dolara.

### 2.2.3. Troškovi punjenja

Troškovi punjenja ovise o cijeni električne energije koja varira od države do države. Isto tako niti cijena konvencionalnih goriva nije u svim državama ista. Uzmimo za primjer Volkswagen Up električni i pogonjen benzinskim motorom (tablica 1.).

Tablica 1. Usporedba troškova punjenja električnog automobila i automobila s unutrašnjim izgaranjem (cijene na dan 28.11.2015. g.)

Volkswagen Up	Cijena „goriva“	Potrošnja	Ukupno
Električni	1,05 kn/kWh (viša tarifa kućanstvo)	9,3 kWh/100 km	9,765 kn/100 km
	0,51 kn/kWh (niža tarifa kućanstvo)		4,743 kn/100 km
Motor s unutrašnjim izgaranjem	9,24 kn/l (INA - Eurosuper 98)	5,9 l/100 km	55,46 kn/100 km

Ovi podaci pokazuju da cijena korištenja električnog automobila, iako je on inicijalno skuplji u početku, opada s vremenom.

### 2.2.4. Domet

Može se smatrati da automobili pogonjeni konvencionalnim gorivima imaju neograničen domet jer mogu biti napunjeni gorivom vrlo brzo i gotovo bilo gdje. S druge strane električna vozila često imaju manji maksimalni domet po punjenju od automobila pogonjenih konvencionalnim gorivima, a i punjenje može potrajati znatno dulje. Zbog tih karakteristika električna vozila se smatraju „dnevnim vozilima“ pogodnima za gradske vožnje.

### 2.2.5. Onečišćenje zraka i emisija ugljičnog dioksida

Električni automobili pridonose čistijem zraku jer ne ispuštaju štetne tvari, tj. imaju nultu emisiju plinova, kao što su ugljični monoksid, ozon, olovo i razni dušikovi oksidi, u okolinu.

### 2.2.6. Energetska učinkovitost

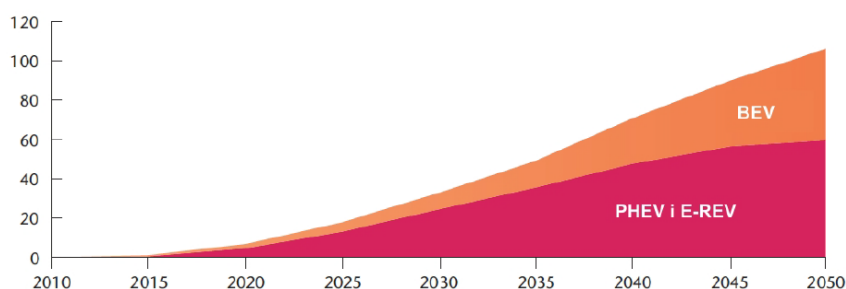
Motori s unutarnjim izgaranjem su relativno neučinkoviti u pretvaranju energije goriva za pogon jer se većina energije troši u obliku topline. S druge strane, elektromotori su učinkovitiji u pretvorbi pohranjene energije u energiju potrebnu za vožnju. Vozilo na električnu energiju ne troši energiju dok miruje, a dio od energije izgubljen prilikom kočenja se ponovno koristi kroz regenerativno kočenje, koje koristi do jedne petine energije normalno izgubljene tijekom kočenja. Benzinski motori učinkovito koriste

samo 15% energetskog sadržaja goriva za kretanje vozila ili za napajanje dodatne opreme. Dizel motorima učinkovitost može dosegnuti do 20%. Učinkovitost vozila na električni pogon kreće se oko 80%.

### 3. PUNJENJE ELEKTRIČNIH VOZILA

Za razliku od ostalih alternativnih goriva, električna vozila zahtijevaju znatno manja ulaganja i napore u razvoj infrastrukture za njihovo punjenje. Razlog tome je taj što je električna energija dostupna „svugdje“, u svakom kućanstvu, na radnom mjestu, shopping centru ili u centru grada.

U odnosu na postojeći raspored i zastupljenost klasičnih benzinskih postaja za konvencionalna vozila, gustoća zastupljenosti punionica za električna vozila na razini urbanih područja biti će znatno veća. Razlog zašto je to tako je karakteristika procesa punjenja električnih vozila koji je znatno duži, u odnosu na punjenje klasičnog automobila gorivom, i može trajati do nekoliko sati na punionicama karakterističnim za instalaciju na urbanim površinama poput javnih garaža, trgovačkih centara, kino dvorana, itd. Zbog toga će u budućnosti biti potrebno osigurati znatno veći broj električnih punionica kako bi se omogućilo nesmetano korištenje električnih vozila kojih će u budućnosti na prometnicama biti sve više (slika 2).



Slika 2. Procjena prodanih plug-in hibridnih automobila i električnih automobila do 2050. g. u milionima primjeraka ukupno u svijetu [2]

#### 3.1. Vrste punjenja električnih vozila

U načelu postoji nekoliko koncepata punjenja električnih vozila koji se razlikuju na temelju dva isključiva i recipročna parametra: cijena punionice i vrijeme punjenja. U cijenu punionice ulazi snaga koju je potrebno zakupiti za potrebe punionice te sama oprema punionice.

Vrijeme punjenja baterije ovisi o snazi punionice te o karakteristikama baterije koja se puni.

Tablica 2. Prikaz vremena punjenja za prijelaz puta od 100 km ovisno o snazi punjenja i tipu opskrbe energijom [3]

Vrijeme punjenja potrebno za put od 100 km	Opskrba energijom	Snaga [kW]	Napon	Maksimalna struja [A]
6-8 sati	1F	3,68	230 V AC	16
3-4	1F	7,32	230 V AC	32
2-3	3F	10	400 V AC	16
1-2	3F	22	400 V AC	32
20-30 min	3F	43	400 V AC	63
20-30 min	DC	50	400-500 V DC	100-125
10 min	DC	120	300-500 V DC	300-350

Tehnološka dostignuća današnjice omogućavaju punjenje električnih vozila jednakom, pa čak i većom brzinom u odnosu na konvencionalna vozila putem punionica na principu zamjene baterija. S obzirom na njihovu specifičnost, takve punionice zahtijevaju širi konsenzus automobilske industrije te nije za očekivati da će se njihovo korištenje početi odvijati prije 2020. godine.

Promatrajući priključnu snagu potrebnu za rad punionice razlikujemo tri glavne skupine punjenja električnih automobila (tablica 3.), sporo, brzo i jako brzo punjenje. Treća skupina ili jako brzo punjenje se može podijeliti na dvije skupine ovisno o tome da li se radi o izmjeničnoj ili istosmjernoj struji pa na taj način dobivamo četiri skupine punjenja električnih automobila.

Tablica 3. Načini punjenja električnih vozila

Način punjenja	Glavni priključak	Snaga [kW]	Struja [A]	Intenzitet punjenja po satu	Snaga punjenja
1	AC, 1F	≤ 3,68	10 - 16	< 20 km	niska
2	AC, 1F	3,68 - 22	16 - 32	20 - 110 km	srednja
	AC, 3F				
3	AC, 3F	> 22	> 32	> 110 km	visoka
4	DC	> 22	> 32	> 110 km	visoka

### 3.1.1. Način punjenja 1

Prvi način punjenja ili sporo punjenje je najčešći način punjenja električnih vozila. U većini slučajeva standardni jednofazni priključak struje 16 A može isporučiti snagu do 3,68 kW. S maksimalnom snagom potrebno je bateriji od 6 do 8 sati da se napuni, što naravno ovisi o kapacitetu baterije. Ovakve punionice se najčešće koriste u kućanstvima gdje ljudi pune svoja vozila preko noći. Prvi tipovi javno dostupnih punionica su bili ovakvog tipa, no iste su sada zamijenjene punionicama većih snaga.

### 3.1.2. Način punjenja 2

Drugi način punjenja ili brzo punjenje skraćuje period potreban bateriji električnog vozila da se napuni. U ovom načinu možemo imati jednofazni priključak snage do 7,36 kW. Vrijeme potrebno bateriji da se napuni je prepolovljeno u odnosu na prvi način punjenja te ono sada iznosi od 3 – 4 sata što ovisi o kapacitetu baterije.

Isto tako u ovom načinu moguće je i trofazno punjenje električnog vozila snagom do 22,08 kW čime se vrijeme potrebno za punjenje baterije još smanjuje. Ovaj način punjenja bi mogao postati najčešće upotrebljavan iz razloga što omogućuje relativno brzo punjenje baterije u kratkom periodu.

### 3.1.3. Način punjenja 3

Treći način punjenja ili jako brzo punjenje pruža mogućnost punjenja baterije električnog vozila izmjeničnom strujom do 63 A što iznosi do 43 kW snage. Na ovoj snazi baterija električnog vozila obično se može napuniti do razine od 80% u manje od pola sata.

Ovakav model punionica biti će postavljan na onim lokacijama gdje se ljudi kratko zadržavaju, npr. benzinske postaje.

### 3.1.4. Način punjenja 4

Četvrti način punjenja ili jako brzo punjenje istosmjernom strujom napaja se snagom do 50 kW, a moguće je i više. Ovakav način punjenja omogućuje dostizanje od 80% kapaciteta baterije za manje od pola sata. Ukoliko se snaga poveća, vrijeme punjenja se još smanjuje.

### 3.1.5. „Pametno“ punjenje

Pametno punjenje električnih automobila možemo promatrati kao proces upravljanja punjenjem istih [4]. Prilikom spajanja manjeg broja električnih vozila preko punionica na elektroenergetsku mrežu, utjecaj na istu nije značajan. No u slučaju velikog udjela električnih vozila koja bi se istovremeno punila postoji mogućnost izazivanja raznih promjena u mreži koje bi mogle ugroziti kontinuiranu opskrbu električnom energijom. Da bi se spriječile te neželjene promjene ili bar u velikoj mjeri ublažile, moguće je određenim zahvatima u mreži izvršiti određene promjene ili uvesti sustav pametnog punjenja.

Prema EUELECTRIC-u definicija pametnog punjenja je: „Pametno punjenje je kontrolirani proces punjenja koji optimizira korištenje mreže i raspoložive električne energije kako bi se smanjila dodatna ulaganja u infrastrukturu i olakšala integracija obnovljivih izvora energije.“

Kontrolni mehanizam može biti omogućen od strane mreže, stanice za punjenje ili samog električnog vozila, dok komunikacijski sustav s mrežom omogućuje postupak punjenja uzimajući u obzir stvarno stanje u mreži.

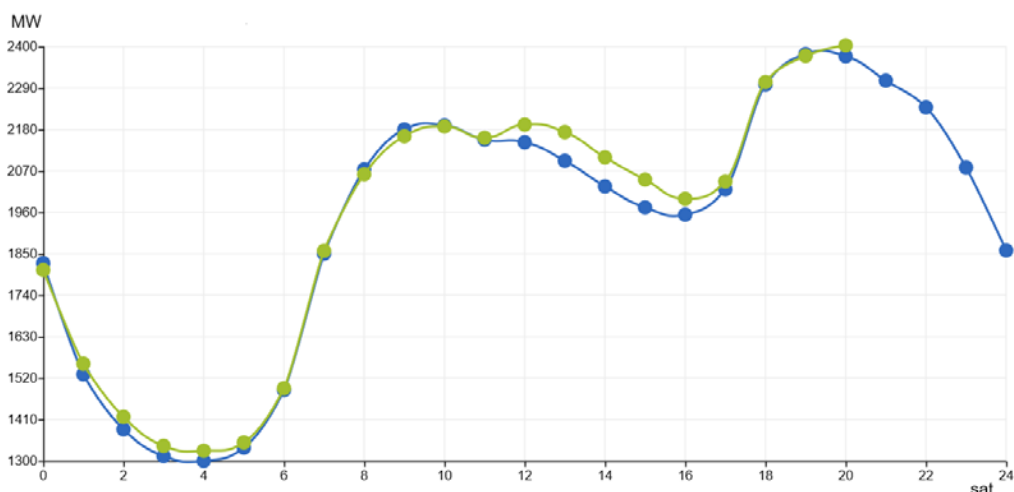
#### 4. PROMJENE U MREŽI IZAZVANE PUNJENJEM ELEKTRIČNIH VOZILA

Iz tablica 2. i 3. može se lako prepoznati da će s porastom broja električnih automobila porasti i potreba za zakupljenom snagom u elektroenergetskoj mreži. S porastom broja automobila te pojačane potrebe za zakupljenom snagom doći će i do izraženije pojave istovremenog opterećenja što do sada nije bio slučaj u elektroenergetskom sustavu. Osim utjecaja na dijagram opterećenja, električna vozila i njihove punionice predstavljaju nove potrošače u elektroenergetskom sustavu te se mogu očekivati i ostali utjecaji na elektroenergetsku mrežu:

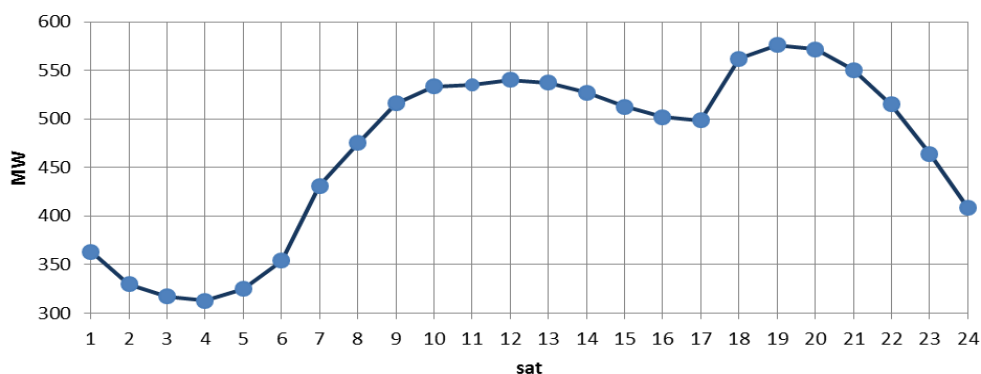
- promjene naponskih prilika u SN i NN mreži,
- utjecaj na kvalitetu električne energije,
- nesimetrično opterećenje,
- promjene tokova snaga.

##### 4.1. Promjena opterećenja u sustavu

Rađene su mnoge studije koje su se bazirale na dijelovima dana u kojima bi se vršilo punjenje električnih vozila. Periodi koji se najviše spominju su 10h do 16h, zatim 18h do 21h i od 21h do 06h.



Slika 3. Dnevni dijagram opterećenja RH



Slika 4. Krivulja opterećenja grada Zagreba

Najveću opasnost po elektroenergetski sustav predstavlja slučaj da se veći broj električnih automobila puni tokom vršnog opterećenja, koje nastupa između 18 i 21 h (slika 3 i slika 4). U tom vremenskom periodu je i najveća vjerojatnost da će se većina vozača odlučiti na punjenje električnih

vozila nakon povratka s posla i parkiranja vozila u garažu. Neke studije su pokazale da elektroenergetski sustavi mogu bez problema podnijeti punjenje manjeg broja električnih vozila. Potencijalno veći broj električnih vozila i uvođenje punjača većih snaga mogli bi dovesti do značajnih problema u radu elektroenergetskog sustava [2].

Punjenje većeg broja električnih vozila za vrijeme vršnog opterećenja znači i potrebu za dodatnom gradnjom vršnih elektrana. Prijenosne mreže mogu podnijeti značajnije povećanje opterećenja budući da ima dovoljno slobodnog prijenosnog kapaciteta, ali se očekuju zagušenja u distributivnim mrežama. S obzirom da prodaja i korištenje električnih vozila neće biti geografski podjednako raspoređeni, mogu se očekivati lokalni utjecaji na distributivnu mrežu. Potencijalni problemi podrazumijevaju prepterećenje srednjenaponskih i niskonaponskih vodova u slučaju istovremenog punjenja većeg broja električnih vozila na ograničenom području.

## **4.2. Utjecaj na kvalitetu električne energije**

### **4.2.1. Promjene naponskih prilika u SN i NN mreži**

Prilikom priključenja električnih vozila na distribucijsku elektroenergetsku mrežu dolazi do potrebe za dodatnom angažiranom snagom. To dodatno opterećenje može prouzrokovati promjene naponskih prilika u NN i SN mreži čime se narušava kvaliteta električne energije koja se isporučuje ostalim kupcima. Naravno promjene napona uvelike će ovisiti o karakteristikama mreže na mjestu punjenja, ali uslijed većeg broja električnih vozila te uslijed većih snaga punionica te promjene mogu biti zamjetne i mogu ozbiljno narušiti kvalitetu električne energije.

Isto tako dodatno opterećenje vodova i transformatora nastalo uslijed punjenja električnih vozila uzrokuje veće cikluse u povećanju i smanjenju opterećenje, što može dovesti do skraćenja životnog vijeka transformatora i povećanja gubitaka u mreži.

### **4.2.2. Pojava flikera**

Punjenje baterija električnih vozila odvija se preko električnih konvertora, koji izmjenični napon iz mreže pretvaraju u istosmjerni, te se zbog toga očekuje negativan utjecaj ovih uređaja na kvalitetu električne energije posebno s aspekta emisije harmonika u mrežu. Mjerenjima je utvrđeno da se prilikom jednofaznog punjenja električnih vozila pojavljuje visok sadržaj trećeg harmonika koji može proizvesti velike struje u neutralnom vodiču što u konačnici može utjecati na smanjenje životnog vijeka transformatora.

## **4.3. Nesimetrično opterećenje**

Prilikom izgradnje priključaka za mala kućanstva u ruralnim sredinama jako se malo pažnje posvećuje prilikom priključenja istih na niskonaponsku distribucijsku mrežu. Dok je nadzemna mreža bila „gola“ uglavnom su se priključci priključivali na najnižu žicu. Danas, budući da imamo samonosivi kabelski snop, takozvani SKS, priključak se izvede na bilo koju fazu što je u konačnici smanjilo mogućnost „namjerne“ nesimetrije ali ju nije u potpunosti eliminiralo. Situacija je ista i s podzemnom kabelskom mrežom.

Ovakvim načinom izgradnje priključaka u ruralnim sredinama možemo naići na velike nesimetrije u transformatorskim stanicama gdje neke faze mogu biti jako opterećene dok druge mogu biti pod opterećene. Električna vozila prilikom priključenja na jednofaznu kućnu instalaciju mogu uvelike doprinijeti postojećoj nesimetriji elektroenergetskog sustava što za posljedicu može imati nepoželjne pojave kao što su povećanje gubitaka snage, gubitaka energije, grijanje namota transformatora itd.

## **5. Prijedlozi rješenja priključenja punionica električnih vozila na elektroenergetsku mrežu**

Kako bi se spriječili nepoželjni događaji, nastali priključenjem punionica za električna vozila na elektroenergetsku mrežu, koji bi mogli ugroziti opskrbu krajnjih kupaca potrebno je pronaći neka rješenja koja će osigurati daljnji tijek sigurne i kvalitetne opskrbe električnom energijom.



Nadogradnja mreže kao rezultat negativnog utjecaja električnih automobila je izrazito skupo rješenje problema. Umjesto toga bi se mogli smisliti tarifni modeli koji bi „prisilili“ vlasnike električnih vozila na punjenje u noćnim satima kada je opterećenje malo te bi se time izbjegao negativan utjecaj na distributivnu mrežu. Punjenje u noćnim satima povećava minimalno dnevno opterećenje sustava te omogućava veću iskoristivost baznih elektrana uz manje dnevne ciklusa. Time se isto tako neutralizira potreba za gradnjom dodatnih vršnih elektrana.

Metoda koja bi pripomogla regulaciji prilikom punjenja električnih automobila je daljinska regulacija procesa punjenja. Ovakav način punjenja bi se mogao primijeniti kod vozila koja se pune kod kuće zbog duljine vremena za koje je automobil parkiran i zbog potrebe napunjenosti baterije u jutro. Prioritet kod ove metode je da se ne ugrožavaju potrebe vozača za punom baterijom na početku idućeg korištenja vozila.

Kod javnih punionica je problem zagušenja distribucijske mreže moguće riješiti odabirom mjesta priključenja punionice na distribucijsku mrežu. Može se i ovdje sprovesti regulacija punjenja baterije i ona će ovisiti o planiranom trajanju procesa punjenja baterije i njezinoj napunjenosti. Pri brzom punjenju baterije regulacija nije moguća zbog potrebe za što bržom napunjenosti baterije kako bi se što prije nastavilo putovanje.

Regulacija procesa punjenja baterija podrazumijeva aktivno praćenje procesa punjenja, procjenu negativnih utjecaja na mrežu te poduzimanje mjera u cilju sprječavanja istih tih negativnih utjecaja. Regulacijom procesa punjenja je moguće odgoditi punjenje određenih automobila te time izbjeći preopterećenje distributivnih vodova, transformatorskih stanica i poboljšati naponske prilike u mreži. Utjecanjem na ukupno opterećenje može se utjecati na životni vijek transformatora i opreme te smanjiti gubitke u mreži. Moguće je smanjiti i negativan utjecaj na kvalitetu električne energije, a koordinacijom punjenja moguće je smanjiti i nesimetriju u mreži.

Osim regulacije punjenja električnih automobila kao jedan od načina na koji se može smanjiti utjecaj na naponske prilike, iste je moguće i regulirati primjenom transformatora s automatskom regulacijom napona. Ovo možda u startu skupo rješenje bi se na određenim lokacijama moglo pokazati jako isplativim. No kako i za sve ostalo tako je i za ovo potrebno provesti analizu isplativosti primjene ovakvog rješenja.

Elektroenergetski sustavi trenutno ne koriste skladištenje električne energije pa se iz tog razloga proizvodnja mora konstantno prilagođavati potrošnji. Električni automobili zbog svojih karakteristika imaju mogućnost skladištenja električne energije. Budući da se u samo 4% vremena koriste u prometu a ostatak vremena miruju, to ih čini dostupnim za korištenje u druge svrhe. Ukoliko bi se na mjestima gdje su parkirani ugradile punionice s mogućnošću daljinske komunikacije i dvosmjernog toka električne energije, po potrebi je energiju uskladištenu u baterijama električnih automobila moguće vraćati u mrežu (V2G – Vehicle to grid). S obzirom na ograničen kapacitet baterija, električna energija iz automobila je pogodna samo za visokotarifni i kratkoročni plasman električne energije koji odgovara pomoćnim uslugama regulacije frekvencije u sustavu.

Električni automobili isto tako mogu doprinijeti integraciji obnovljivih izvora električne energije u sustav preuzimajući električnu energiju iz obnovljivih izvora kada je ona dostupna i vraćajući dio iste u mrežu kada je proizvodnja iz obnovljivih izvora smanjena.

## **6. Zaključak**

Današnja mreža, a s obzirom na trenutni broj električnih vozila, ne bi imala problema s isporukom električne energije potrebne za njihovo punjenje. No „sutra“ se ta situacija može promijeniti. Može doći do naglog povećanja udjela električnih vozila u prometu čime će doći i do pojave sve većeg broja punionica što u konačnici može predstaviti određeni šok za elektroenergetski sustav, pogotovo za distribucijsku mrežu.

Da bi se moglo na vrijeme reagirati i omogućiti implementaciju punionica za električna vozila u elektroenergetski sustav te time omogućiti konkurentnost električnim vozilima naspram konvencionalnih vozila potrebno se što prije uloviti u koštac s ključnim pitanjima i promjenama do kojih dolazi priključenjem punionica na elektroenergetsku mrežu, a ona su:

- zahtjev za većom priključnom snagom?
- vršna opterećenja?
- promjena naponskih prilika, kvalitete električne energije, nesimetrično opterećenje?

- pomoćna usluga u elektroenergetskom sustavu?

Isto tako ne smije se zaboraviti niti na krajnjeg korisnika električne energije koji ne smije na negativan način kroz opskrbu električnom energijom osjetiti prisutnost sve većeg broja punionica priključenih na elektroenergetsku mrežu. To je još jedan bitan razlog zbog kojega je važno suočiti se s gore navedenim pitanjima.

Na kraju krajeva električna vozila više nisu budućnost, ona su postala naša sadašnjost i svakodnevica te im se mora omogućiti normalno funkcioniranje kroz stabilnost elektroenergetskog sustava.

## 7. Literatura

- [1] [https://hr.wikipedia.org/wiki/Elektri%C4%8Dni\\_automobil#Usporedba\\_s\\_vozilima\\_s\\_motorom\\_na\\_unutarnje\\_izgaranje](https://hr.wikipedia.org/wiki/Elektri%C4%8Dni_automobil#Usporedba_s_vozilima_s_motorom_na_unutarnje_izgaranje)
- [2] Dženana Begić, „Problem priključivanja električnih automobila na distributivnu mrežu“, Univerzitet u Sarajevu, Elektrotehnički fakultet, 2011 g.
- [3] [https://en.wikipedia.org/wiki/Charging\\_station#Mode\\_1: Household socket and extension cord](https://en.wikipedia.org/wiki/Charging_station#Mode_1: Household socket and extension cord)
- [4] Goran Piškor, Krešimir Ugarković, „Električna vozila, utjecaj infrastrukture za punjenje na distribucijsku mrežu i poslovni modeli javne infrastrukture za punjenje električnih vozila“, HO CIRED, Svibanj 2012