

# Doprinos električnih vozila suvremenom upravljanju u javnom sektoru

---

**Popović, Danko**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2020**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:187:048299>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-22**



**Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet**  
University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies - FMSRI Repository](#)



**uniri** DIGITALNA  
KNJIŽNICA



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U RIJECI  
POMORSKI FAKULTET U RIJECI

**DANKO POPOVIĆ**

**DOPRINOS ELEKTRIČNIH VOZILA SUVREMENOM  
UPRAVLJANJU U JAVNOM SEKTORU**

**DIPLOMSKI RAD**

Rijeka, 2020

SVEUČILIŠTE U RIJECI

POMORSKI FAKULTET U RIJECI

**DOPRINOS ELEKTRIČNIH VOZILA SUVREMENOM  
UPRAVLJANJU U JAVNOM SEKTORU**

**ELECTRIC VEHICLE'S CONTRIBUTION TO MODERN  
PUBLIC SECTOR GOVERNANCE AND MANAGEMENT**

Kolegij: Upravljanje u javnom sektoru

Mentor: Izv.prof.dr.sc Borna Debelić

Student: Danko Popović

Studijski program: Logistika i menadžment u pomorstvu i prometu

JMBAG: 0112033844

Rijeka, lipanj 2020.

Student: Danko Popović

Studijski program: Logistika i menadžment u pomorstvu i prometu

JMBAG: 0112033844

#### IZJAVA O SAMOSTALNOJ IZRADI DIPLOMSKOG RADA

Kojom izjavljujem da sam diplomski rad s naslovom DOPRINOS ELEKTRIČNIH VOZILA SUVREMENOM UPRAVLJANJU U JAVNOM SEKTORU izradio samostalno pod mentorstvom izv. prof. dr. sc. Borne Debelića.

U radu sam primijenio metodologiju izrade stručnog/znanstvenog rada i koristio literaturu koja je navedena na kraju diplomskog rada. Tuđe spoznaje, stavove, zaključke, teorije i zakonitosti koje sam izravno ili parafrazirajući naveo u diplomskom radu na uobičajen, standardan način citirao sam i povezo s fusnotama i korištenim bibliografskim jedinicama, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Rad je pisan u duhu hrvatskoga jezika.

Suglasan/na sam s trajnom pohranom diplomskog rada u cjelovitom tekstu u mrežnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta Sveučilišta u Rijeci te Nacionalnom repozitoriju Nacionalne i sveučilišne knjižnice.

Za navedeni rad dozvoljavam sljedeće pravo i razinu pristupa mrežnog objavljivanja:

- a) rad u otvorenom pristupu
- b) pristup svim korisnicima sustava znanosti i visokog obrazovanja RH
- c) pristup korisnicima matične ustanove
- d) rad nije dostupan

Student



---

Danko Popović

## **SAŽETAK / SUMMARY**

Tijekom 19. i 20. stoljeća razvoj tehnologije omogućio je napredak svih sfera društvenog života. Veliki dio industrijskih postrojenja razvijao se koristeći čvrsta goriva kao pogonsku energiju. Trend ovakvog razvoja nastavio se do današnjih dana. Prije tridesetak godina znanstvenici su počeli upozoravati na negativne posljedice uporabe fosilnih goriva, efekt staklenika što ima za posljedicu uništavanje okoliša te negativan utjecaj na ljudsko zdravlje. Jedan od načina zaštite predstavlja uporaba proizvoda sa malom stopom emisije štetnih plinova kao što je vožnja električnim automobilima. Električno vozilo je ono koje se pogoni električnom energijom (električno vozilo) ili u kombinaciji sa drugim izvorima energije (hibridno). Da bi uporaba električnih vozila bila u potpunosti prihvatljiva, mora se odvijati na ekološki način. Direktive Europske unije treba ažurirati shodno brzom razvoju inovativnih tehnologija te saznanjima o mogućnostima uporabe električne energije i alternativnih goriva. Republika Hrvatska sa svojim prirodnim bogatstvima i relativno sačuvanim okolišem jedna je od rijetkih zemalja koja ima velike mogućnosti proizvodnje električne energije te može biti jedna od vodećih zemalja u tom segmentu.

Ključne riječi: javni sektor, upravljanje, električna vozila

## **SUMMARY**

During the 19th and 20th centuries, the development of technology enabled the advancement of all spheres of social life. A large proportion of industrial plants developed using solid fuels as propellant. The trend of this development has continued to this day. Thirty years ago, scientists began warning of the negative effects of fossil fuels, the greenhouse effect that has the effect of destroying the environment and its negative impact on human health. One way to protect yourself is to use a low-emission product such as driving an electric car. An electric vehicle is one that is powered by electricity (electric vehicle) or in combination with other energy sources (hybrid). For electric vehicles to be fully acceptable, they must be environmentally friendly. EU directives need to be updated in the light of the rapid development of innovative technologies and the knowledge of the possibilities of using electricity and alternative fuels. The Republic of Croatia, with its natural resources and relatively preserved environment, is one of the few countries with great potential for electricity production and can be one of the leading countries in this segment.

Key words: Public Sector, Governance, Electric Vehicles

# SADRŽAJ

|   |    |
|---|----|
| SAŽETAK / SUMMARY .....   | 1  |
| SADRŽAJ .....   | 2  |
| 1. UVOD.....  | 4  |
| 2. RAZVOJ ELEKTRIČNIH VOZILA .....  | 5  |
| 2.1. NASTANAK VOZILA NA ELEKTRIČNI POGON.....   | 5  |
| 2.2. SUVREMENA ELETRIČNA VOZILA.....  | 8  |
| 2.3. POVIJEST KORIŠTENJA ELEKTRIČNIH VOZILA U HRVATSKOJ .....                             | 13 |
| 3. TEHNOLOŠKA PODLOGA ELEKTRIČNIH VOZILA OD UTJECAJA NA UPRAVLJANJE U JAVNOM SEKTORU..... | 14 |
| 3.1. BATERIJSKI ELEKTRIČNI AUTOMOBIL (BEV).....   | 16 |
| 3.1.1. Baterija .....   | 16 |
| 3.1.2. Elektromotor .....   | 19 |
| 3.1.3. Kontroler .....  | 20 |
| 3.2. PUNJENJE ELEKTRIČNIH AUTOMOBILA.....   | 21 |
| 3.2.1. Bežično punjenje parkiranih električnih vozila .....                               | 21 |
| 3.3. BEŽIČNO PUNJENJE ELEKTRIČNIH VOZILA U POKRETU .....                                  | 24 |
| 4. ELEKTRIČNA VOZILA I OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE .....                                   | 26 |
| 4.1. AUTOPLIN.....  | 26 |
| 4.2. BIOGORIVO BIODIZEL.....  | 27 |
| 4.3. VODIK.....   | 28 |
| 4.4. DUŠIK .....  | 29 |
| 4.5. DIMETIL ETER .....   | 30 |
| 4.6. AMONIJAK.....  | 30 |
| 4.7. ETANOL .....   | 30 |
| 4.8. VOZILA NA SUNČEVU ENERGIJU .....   | 31 |

|      |   |    |
|------|---|----|
| 5.   | UTJECAJ ELEKTRIČNIH VOZILA NA OKOLIŠ.....   | 34 |
| 5.1. | EUROPSKI PLAN POVEĆANJA UDJELA OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE ZA POTREBE<br>CESTOVNOG PRIJEVOZA..... | 36 |
| 6.   | MJERE POTICANJA ENERGETSKE UČINKOVITOSTI U RH.....  | 38 |
| 6.1. | PREGLED NACRTA INTEGRIRANOG I ENERGETSKOG PLANA RH .....  | 39 |
| 6.2. | PROJEKTI E-MOBILNOSTI PO ŽUPANIJAMA .....   | 42 |
| 7.   | ZAKLJUČAK.....  | 45 |

## 1. UVOD

Početak prošlog stoljeća intenzivnijim korištenjem električne energije započeo je razvoj vozila na električni pogon. Tadašnja tehnologija nosila je poteškoće vezane uz problem pohrane energije. Energija za pokretanje vozila bila je inducirana manualnim radom (okretanje pedala) ili iz drugih vanjskih izvora.

Tehnologija se ubrzano razvijala koristeći druge izvore energije, čvrsta goriva drvo i ugljen. Ovi su izvori jeftiniji, isplativiji i produciraju veću dobit. Uporabom nafte povećala se iskoristivost izvora energije, što je uz manji angažman ljudskog faktora omogućilo i veću dobit. Trend ovakvog razvoja nastavio se do današnjih dana, dok su ostale tehnologije ili pokušaji njihovog uvođenja zanemareni. Prije tridesetak godina znanstvenici su počeli upozoravati na negativne posljedice uporabe fosilnih goriva, gotovo istodobno sa klimatskim promjenama (nestalnim vremenskim prilikama, širenjem pustinja, topljenjem ledenjaka). Detektirani su uzročni čimbenici: uporaba fosilnih goriva u industriji, ispušni plinovi prijevoznih sredstava koji uzrokuju efekt staklenika, industrijski otrovni spojevi koji se kao nusprodukti ispuštaju u atmosferu, te određene ljudske aktivnosti koje imaju za posljedicu uništavanje okoliša. Navedene promjene štetno utječu na ljudsko zdravlje, te kvalitetu života uopće. Većina zemalja izdala je preporuke, poštujući direktive EU, koje obvezuju zemlje članice na njihovu provedbu, ali se iste često ne poštuju i ne provode. Najveći učinci postižu se povećavanjem svijesti stanovništva o potrebi zaštite okoliša. Jedan od načina zaštite predstavlja uporaba proizvoda sa malom stopom emisije štetnih plinova kao što su električni automobili. Pojedine države su duboko kročile u sferu „zelenih društava“. Uspostava ravnoteže između prihodovne dobiti i želje za očuvanjem okoliša, predstavlja imperativ kako budućim generacijama ostaviti zdravi planet.



## 2. RAZVOJ ELEKTRIČNIH VOZILA

### 2.1. NASTANAK VOZILA NA ELEKTRIČNI POGON

Popularnost električnih vozila doživjela je kulminaciju krajem 19. i početkom 20. stoljeća. Ova vrsta vozila bila su prostrana, jednostavna za korištenje, što je bilo u suprotnosti s vozilima koja su koristila pogonska fosilna goriva. Prvi funkcionalni motocikl iz 1906. godine napravljen je kao hibrid, imao je benzinski motor jednog proizvođača, te strujni krug drugog proizvođača, sadržavao je olovne baterije. Riječ hibrid (grčki hybrid) označava cjelinu dobivenu spajanjem dvije različite vrste ili procesa, elementi koji se spajaju predstavljaju gotove proizvode sami za sebe; njihovim spajanjem dobivaju se nova poželjna svojstva [1].

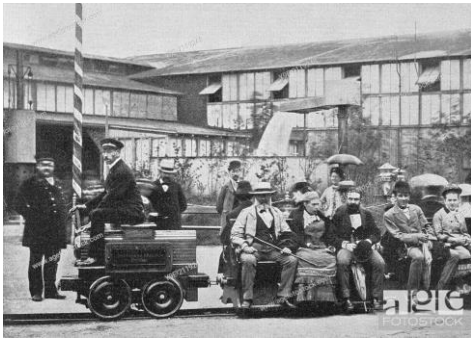
Razvoju električnih automobila prethodio je izum prvog elektromotora, 1828. godine, koji se sastojao od statora i komutatora. Gospodin Robert Anderson proizveo je električno vozilo između 1832. i 1839. godine, što je gotovo 20 godina prije konstrukcije prvog upotrebljivog motora sa unutarnjim izgaranjem, s dvotaktnim motorom 1860. godine te četverotaktnim 1867. godine. Kada govorimo o vozilima koja koriste isključivo električni pogon, 1899. godine napravljeno je prvo takvo vozilo koje je brzinom prestiglo do tada najveću postignutu brzinu od 100 km/h. Ovaj je elektromobil, torpednog oblika, težine 1450 kg, na pisti pored Pariza postigao brzinu od čak 105,8 km/h. Posjedovao je dva 25 kw motora, koji su radili na naponu od 200V i baterijama kapaciteta 124 A [2].

Amerikanac Thomas Davenport je 1834. godine konstruirao prvi istosmjerni motor. Za razliku od prošlih modela koji su bili preslabi za praktičnu uporabu, Davenport-ovi motori postali su dovoljno snažni da pokreću tokarilice, bušilice, tiskarske strojeve [3].

Fizičar rusko njemačkog porijekla Moritz von Jakobi projektira i izrađuje električni motor za pogon prvog električnog čamca na rijeci Nevi u gradu Petrogradu 1838. godine. Duljina mu je iznosila 7,5 metara, mogao je prevoziti 12 putnika uz voznu brzinu od 3mph [4].

U razdoblju od 1837. do 1842. godine supružnici Thomas i Emily Davenport razvili su napredniju verziju Faradejevog istosmjernog motora. Izolirali su jezgru te koristili merkur kao vodič. Motor se koristio najviše u tiskarstvu i pogonu strojnih alata. Kako se napajao iz jednokratnih akumulatorskih baterija, potražnja za ovom vrstom motora nije bila podesna odnosno rentabilna za komercijalnu uporabu. Nešto kasnije 1842. godine Thomas Davenport i Robert Davidson konstruiraju napredniji električni automobil koji je koristio

cinkove jednokratne baterije, koje su se svakim pražnjenjem morale mijenjati, stoga nije doživio komercijalnu uporabu. U drugoj polovini 19. stoljeća radilo se na razvoju električnih cestovnih i željezničkih vozila. Francuski fizičar Gaston Plante 1859. godine razvija prve punjive baterije na principu olova utopljenog u kiselinu [5]. Prvu komercijalno upotrebljivu električnu lokomotivu predstavio je W. Siemens na izložbi u Berlinu 1879. godine (slika 2.1). Dvije godine iza toga elektrificirana je željeznička pruga u blizini Berlina [6].



Slika 2.1. Prva komercijalna lokomotiva Berlin, 1879.godine

(Izvor: <https://www.agefotostock.com/age/en/Stock-Images/Rights-Managed/Y9E-2119248/1>)

Godine 1881. francuski kemijski inženjer Alphonse Faure konstruirao je olovne baterijske članke sa većim kapacitetom, što je bio odlučujući čimbenik u daljnjem razvoju električnih vozila. Frank Julian Sprague je godine 1886. konstruirao prvi komercijalno upotrebljiv, istosmjerni motor koji je održavao konstantnu brzinu, unatoč promjenjivom teretu. Peugeot je iste godine osnovao prvu tvornicu automobila, baziranu na ovom elektromotoru. Gospodin Sprague je osmislio i patentirao metodu vraćanja viška energije u glavno napajanje postrojenja kao što su dizala, vlakovi i sl. [7].

Električne automobile za potrebe taksi prijevoza proizvodi Walter C. Bersey u Londonu. Godine 1897. osnovao je taksi tvrtku koja je posjedovala 25 taksija, a do 1898. uvodi još 50 novih [8].

Iste godine tvrtka „Electric Carriage and Wagon Company of Philadelphia“ osniva prvu grupaciju električnih taksi vozila u New Yorku. Uz sve prednosti elektromobila postajala su i ograničenja: radijus kretanja i prosječna brzina kretanja. Nedostatak vozila sa klasičnim motorima bio je start njihova motora, trebalo ih je startati ručno – polugom.

Porsche je konstruirao prvi sportski električni automobil. Jedan od njegovih izuma je pogon na sve kotače ili 4x4. Prvi automobil koji je ima pogon na sve kotače bio je hibridni [10]. Hibridni automobil je uz električne akumulatore koristio i petrolej, kako bi se postiglo veće ubrzanje, a elektromotori su održavali potrebnu brzinu. Ferdinand Porsche vozio je električni sportski automobil Lohner-Porsche 1900.godine na utrci Semmering.

Svi spomenuti izumitelji i oni koji su željeli napredak civilizacije pridonijeli su napretku električnih vozila. Možemo zaključiti da je 19. stoljeće bilo zlatno doba električnih automobila. Tada su automobili s benzinskim motorom pomalo istiskivali električne, na potražnju je uvelike utjecala propaganda, ali i jednostavnije i brže punjenje. Početkom 20. stoljeća električna vozila u SAD-u imaju veći udio zastupljenosti u odnosu na motore s unutrašnjim izgaranjem. Kad su u pitanju električni vlakovi, najveća elektrifikacija nastupila je u Švicarskoj, dok se početkom 20. stoljeća proširila gotovo na sve dijelove razvijenog svijeta. I danas je električni pogon vlakova najzastupljeniji u željezničkom prometu.

Charles Kettering je 1912. godine proizveo elektropokretač za automobile s unutarnjim izgaranjem. Prvi proizvedeni model sa elektropokretačem bio je Ford-ov tzv. Model T, koji je za pogonsko gorivo koristio etanol i benzin, postizao je najveću putnu brzinu od svega 30km/h, a proizveden je u 15 milijuna primjeraka. Godine 1916. proizveden je u tvrtki Woods Motor Vehicle Company of Chicago hibridni automobil, pogonjen električnim motorom, potpomognut motorom s unutarnjim izgaranjem [11].



Slika 2.2. Woodsov hibridni automobil iz 1915. godine

(Izvor: <https://www.hemmings.com/blog/2013/03/21/hybrid-from-a-time-of-transition-the-1916-woods-dual-power-model-44/>)

Početak 20. stoljeća električni automobili bili su zastupljeni sa 38%, vozila na paru 40%, a 22% vozila koristilo je benzin. Pronalaženjem izvora nafte u Teksasu i drugim dijelovima SAD-a i svijeta, cijena nafte naglo pada, što je bio glavni razlog povećanja broja vozila koja koriste benzin kao pogonsko gorivo.

Glavna prednost automobila sa unutrašnjim izgaranjem je njihova autonomija, odnosno udaljenost koju automobil može prijeći s jednim punjenjem. U 20. stoljeću naglo se razvijaju ceste i ostala prometna infrastruktura koja omogućuje bolju povezanost. Električni automobili, posebno parni bili su osjetljivi na niske temperature što je otežavalo njihovo pokretanje. Do izražaja je došao glavni nedostatak električnih automobila, baterijski članci nisu bili dovoljno tehnološki napredni, pa je njihovo punjenje, odnosno zamjena trajala dulje nego punjenje automobila benzinom [11].

## 2.2. SUVREMENA ELETRIČNA VOZILA

Današnji održivi razvoj temelji se na najnovijim saznanjima, neodvojiv je od pojma ekologije. Ekologija označava način čovjekova opstanka na Zemlji. Kvalitetno i pažljivo oplođenje sa okolinom i prirodnim procesima znači zdravlje, duži i kvalitetniji život za sva živa bića.

Motori s unutarnjim izgaranjem jedan su od najvećih zagađivača na planetu, te su u izravnoj suprotnosti ekološkim načelima. Globalne klimatske promjene zainteresirale su svjetsku javnost za električna i ostala ekološka prijevozna sredstva, obzirom je transfer ljudi i roba najvažnija okosnica gospodarskog napretka. Veliki inovator i inicijator napretka, gospodin Nikola Tesla razvio je ideje o ostvarenju prijenosa energije na velike udaljenosti poštujući visoka načela ekologije [12].

Zbog opravdane brige o okolišu mnogi su proizvođači automobila pokrenuli istraživanja o vlastitim modelima električnih automobila. Jedan od najvećih proizvođača, američka tvrtka General Motors GM je šezdesetih godina prošlog stoljeća predstavila električni model automobila s srebro-cink baterijama koje su se mijenjale svakih sto ciklusa punjenja. Izašlo je još nekoliko rješenja raznih proizvođača, ali niti jedan model nije bio komercijalno pouzdan i siguran. Najveće tehnološko dostignuće toga vremena za električna vozila svakako je bilo Lamar Roving Vehicle LVR, električno vozilo NASE-e koje se koristilo u

misijama Apolo (slika 2.3). Prevozilo je astronaute na Mjesecu, za izradu je bila zadužena tvrtka Boeing 1969. godine. Iste je godine čovjek prvi put sletio na Mjesec.



Slika 2.3. Boeingov Lunar Roving Vehicle 1969. godine

(Izvor: [https://en.wikipedia.org/wiki/Lunar\\_Roving\\_Vehicle](https://en.wikipedia.org/wiki/Lunar_Roving_Vehicle))

Za vrijeme misije Apolo 11, tijekom koje se koristilo električno vozilo koje je na Mjesecu prešlo tek 200 metara, LRV model na baterijski pogon u misiji Apolo 15 mogao je prevaliti udaljenost preko 25 km. Vozilo LRV je za svoj rad koristilo baterije srebro-cink, napona 36V [13].

Zbog naftne krize nekoliko je proizvođača konstruiralo i proizvelo vozila u ograničenom broju primjeraka za primjenu na kratkim relacijama. Njemačka tvrtka BMW je 1970. godine predstavila model BMW 1602 (slika 2.4.), koji nije zagađivao zrak u urbanim središtima. Iste je godine u Munchenu na Olimpijskim igrama ovaj model promoviran tako da su maratonci trčali iza automobila, udišući „čisti“ zrak, što je izazvalo veliki interes publike.



Slika 2.4. BMW model 1602 BMW model 1602

(Izvor: [https://en.wikipedia.org/wiki/BMW\\_1602\\_Elektro-Antrieb](https://en.wikipedia.org/wiki/BMW_1602_Elektro-Antrieb))

Baterije su težile 350 kg, dok je izlazna snaga motora iznosila svega 12 Kw, uz najveću brzinu od 100 km/h. Iako ovaj projekt nije doživio komercijalnu proizvodnju, prepoznat je mogući potencijal, te je kompanija 1981. godine inicirala novi projekt, čiji je rezultat bio

model BMW 325ix pogonjen natrij-sumpornim baterijama koje su omogućile daleko veću autonomiju. General Motors je u to doba opskrbio telekomunikacijsku kompaniju AT&T dostavnim električnim kombijima, a 1976. godine je američka pošta dobavila 350 električnih vozila za potrebe poštanske službe. U Europi se tom trendu priključuje nekoliko tvrtki, od kojih je značajnija bila Fiat. U Japanu je vlada pokrenula državne subvencije za razvoj električnih vozila. Nešto kasnije, 1982. godine došlo je do kolaboracije između tvrtki General Electrics i Forda koji su razvili koncept vozila ETX, sa dometom od oko 160 km, te ETX2. Oba su modela ubrzo zaboravljena, zbog pojeftinjenja fosilnih goriva. Između mnogobrojnih koncepata u narednom razdoblju, Audi je 1989. godine predstavio model Audi Duo koji je uz baterijsko napajanje na krovu imao ugrađene solarne panele. I ovaj je model ostao na razini koncepta [16].

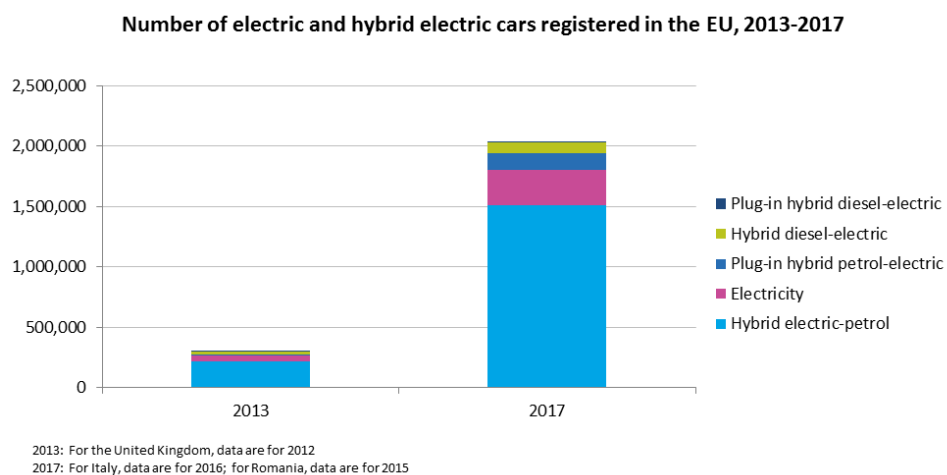
Ipak, nakon mnogobrojnih inovacija u devedesetim godinama prošlog stoljeća dolazi do ozbiljnijeg razvoja električnog automobila. Tome je prethodilo nesigurno i nestabilno tržište nafte i sve veće zagađenje okoliša. Bilo je neuspjelih pokušaja američke vlade u pokušaju utjecanja na proizvođače automobilske industrije po pitanju smanjenja emisije ispušnih plinova. Ured tadašnjeg američkog predsjednika Billa Clintona sa potpredsjednikom Al Gorom utjecao je na brži razvoj vozila koja ne koriste isključivo fosilna goriva. Vodeći cilj je bio proizvesti vozilo koje može prevaliti 80 milja (128,7 km) po galonu (3,8L) goriva, čime bi prosječna potrošnja bila 3L/100 km. Kalifornijski odbor je 1990. godine donio odredbu da 10% automobila prodanih u Kaliforniji moraju biti bez-emisijska vozila. Kasnije je odbor povukao ovu odredbu zbog nedostupnosti zadovoljavajuće tehnologije.

Unatoč daljnjem razvoju električnih i hibridnih vozila, odaziv kupaca je i dalje bio lošiji u odnosu na vozila koja koriste klasična fosilna goriva. Razlozi su tome ekonomski, nerazvijena mreža punionica te dugo vrijeme samog punjenja. Godine 2000. nakon tužbe General Motors-a, dolazi do promjene plana o uvođenju bez-emisijskih vozila s početnih 10% na 2% , nadalje 2% hibridnih te 6% vozila na prirodni plin ili neki drugi čisti izvor energije [17].

Početkom 2000. godine proizvođači General Motors, Chrysler i Ford predstavili su nekoliko modela vozila, ali samo na razini koncepta. Američki proizvođači nisu uspjeli u namjeri masovnije proizvodnje, zasluge za to preuzela je Toyota, hibridni auto Prius prvo je masovno proizvedeno hibridno vozila u Japanu proizvedeno 1997. godine. Značajni

pomak uslijedio je osnutkom Kalifornijske tvrtke Tesla, sa istoimenim električnim vozilom, predstavljenim 2006. godine. Pogonila ga je baterija od 6000 litij-ionskih ćelija. Teslin Roadster imao je domet od oko 400 km, sa ubrzanjem od 0-100 km/h za oko četiri sekunde i to linearnog ubrzanja, te je razvijao brzinu od oko 200 km/h. Cijena Roadstera od 100 000 američkih dolara nije omela kupce, prodano je oko 1200 primjeraka [18].

Danas svi veći proizvođači u svojim ponudama imaju električne i hibridne automobile, koji se razlikuju po svojim performansama. Godine 2017. broj električnih automobila u svijetu prešao je brojku od dva milijuna, što uključuje baterijska i hibridna električna vozila (slika 2.5).



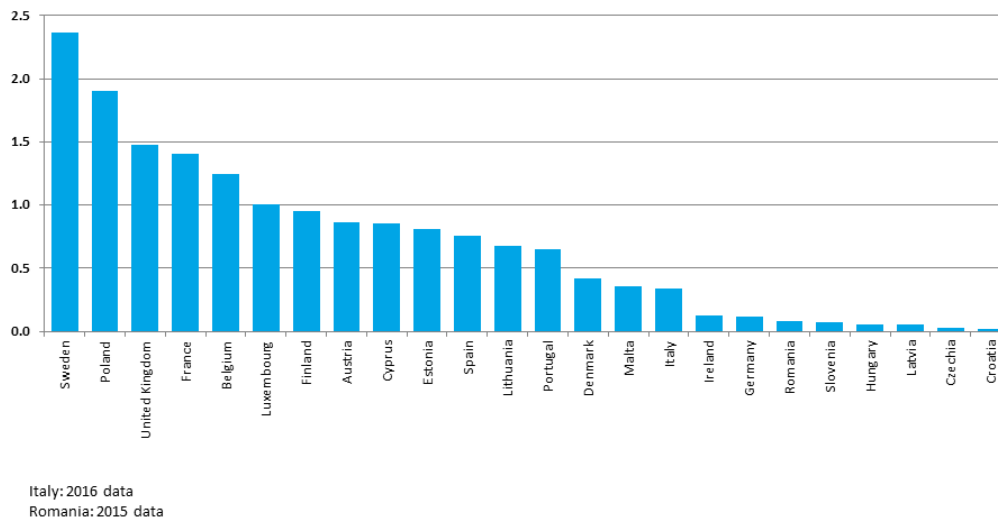
ec.europa.eu/eurostat

Slika 2.5. Broj registriranih električnih i hibridnih automobila

(Izvor: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/DDN-20190507-1?inheritRedirect=true>)

Udio električnih i hibridnih vozila u zemljama Europe prikazan je na slici 2.6. Zastupljenost ove vrste vozila najveći je u Švedskoj, Poljskoj, Velikoj Britaniji. Hrvatska raspolaže značajno manjim brojem ovakvih vozila što predstavlja važan podatak koji mora potaknuti na osvješćivanje javnosti o utjecaju vozila na okoliš.

Share of registered cars that are electric or hybrid electric, 2017  
(%)



ec.europa.eu/eurostat 

Slika 2.6. Postotni udio električnih i hibridnih vozila

(Izvor: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/DDN-20190507-1?inheritRedirect=true>)

Današnji naftni lobiji upravljaju cijenom nafte, koja je uglavnom visoka, nafta predstavlja izvor najveće zagađenosti, njezine rezerve nisu neiscrpne. U tom kontekstu, električna i hibridna vozila ponovno kroče putem daljnjeg razvoja, te pronalaze put do potrošača. Razvoj prihvatljivijih akumulatorskih baterija i ostalih alternativnih goriva predstavlja imperativ u pokušaju očuvanja okoliša. Za potrebe transporta troši se oko 40% - 60% fosilnih goriva, što uvjetuje dodatno zagađenje čovjekova okoliša.

Problemu uvođenja električnih vozila doprinosi nerazvijeni opskrbeni energetska sustav. Trenutno su električna vozila idealna za kratke udaljenosti i gradsku vožnju, bilo da se radi o javnom gradskom, tramvajskom ili osobnom prijevozu. Ohrabruje činjenica da se svi poznatiji proizvođači u automobilske industrije bave proizvodnjom i razvojem električnih vozila (npr. BMW, GM, Toyota, Honda, Volkswagen, Tesla, Renault, Peugeot, Citroen i drugi). Pojedine tvrtke koje se bave automatikom i proizvodnjom elektro opreme kao Siemens, pridružuju se razvoju električnih i hibridnih vozila.



### 2.3. POVIJEST KORIŠTENJA ELEKTRIČNIH VOZILA U HRVATSKOJ

Hrvatska nije zaostajala za naprednim tehnologijama, pa tako i u korištenju električnih vozila, koja se u javnom gradskom i željezničkom prijevozu koriste već krajem 19. stoljeća. Električni tramvaji prometovali su u Rijeci 1899.godine, u Zagrebu 1910.g, u Osijeku 1926. godine. Elektrifikacija željeznice započinje instaliranjem istosmjernog 3kV sustava na relaciji Rijeka-Šapjane, te elektrifikacijom pruge Rijeka-Ogulin. Na ostalim prugama u Hrvatskoj bile su elektrificirane 25kV izmjeničnim naponom sa frekvencijom od 50 Hz. Duljina pruga u Hrvatskoj 2000.godine iznosi ukupno 2700 Km, a elektrificirano je 915 Km, odnosno 34%. I proizvodnja lokomotiva, odnosno elektrovučnih sredstava ima dugu tradiciju u Hrvatskoj. Najpoznatije tvrtke u tom području su Končar, Đuro Đaković. Godine 1962. proizveden je dizelsko-električni motorni vlak, a 1981. godine tiristorska lokomotiva koje je bila jedna od najmodernijih u svijetu. Centralni dio lokomotive činio je glavni transformator zajedno s prigušnicama za glađenje struje vučnih motora. Kod transformatora lokomotive najveći je problem bio smještaj razmjerno velike snage unutar malog sanduka. Zadaća ovih transformatora velike snage bila je napajanje četiri vučna motora i svih pomoćnih pogona lokomotive. Glavni pretvarač radio je na tiristorskoj tehnologiji te je za razliku od prethodne diodne, predstavljao značajan napredak u pogledu fleksibilne regulacije pogona te brzine prilagodbe na promjene režima rada lokomotive [19,20].

U posljednje vrijeme se hrvatski inovatori pridružuju razvoju električnih vozila, npr Doking koji je razvio prvi električni motocikl i kamion manjih dimenzija s autonomijom do 100km namijenjen distribuciji roba u urbanim središtima. U izradi su projekti za razvoj osobnog vozila, ali proizvodnja nije krenula za javnost zbog nedostatne financijske konstrukcije prototipa [21]. Ohrabrujuće je da je Hrvatska dostigla zadani cilj dobivanja energije iz obnovljivih izvora, zadan do 2020. godine.

### 3. TEHNOLOŠKA PODLOGA ELEKTRIČNIH VOZILA OD UTJECAJA NA UPRAVLJANJE U JAVNOM SEKTORU

Podjela električnih automobila nije standardizirana. Može se općenito reći da postoje podjele s obzirom na pogonske agregate i ekonomske – prema predviđenoj namjeni vozila. [22].

Podjela prema načinu punjenja baterija i vrsti pogonskog agregata:

- Baterijski električni automobil (engl. Battery Electric Vehicle BEV)
- Hibridni električni automobil (engl. Hybrid Electric Vehicle HEV)
- Punjivi hibridni električni automobil (engl. Plug-in Hybrid Electric Vehicle PHEV)

Podjela prema potrebnoj energetske snazi:

- Mala hibridna vozila
- Srednja hibridna vozila
- Potpuna hibridna vozila

Energetska snaga jačine motora u kW, razina voltaže i moguće operative funkcije hibridnih vozila prikazane su u tablici 3.1.

|              | Power of electrical machine | Voltage range | Possible functions   |
|--------------|-----------------------------|---------------|--|
| Micro hybrid | 2 to 3 kW                   | 12 V          | • Start-Stop function  |
| Mild hybrid  | 10 to 15 kW                 | 42 to 150 V   | • Start-Stop function<br>• Boost function<br>• Energy recovery                         |
| Full hybrid  | > 15 kW                     | > 100 V       | • Start-Stop function<br>• Boost function<br>• Energy recovery<br>• Electrical driving |

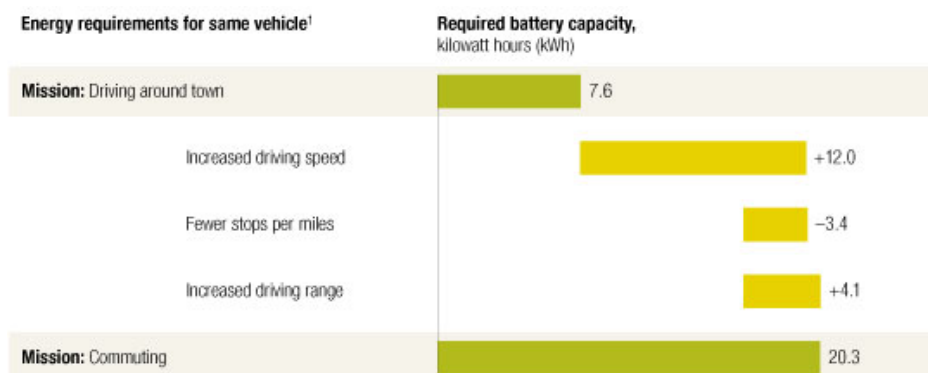
Tablica 1. Podjela prema potrebnoj energetske snazi

(Izvor: Servisna dokumentacija BMW)

Podjela prema broju električnih motora:

- električni automobili s jednim električnim motorom (prednji ili stražnji pogon)
- električni automobili s dva električna motora (prednji i stražnji pogon)
- električni automobili s četiri električna motora (pogon svakog kotača zasebno).

Podjelu prema zahtjevima vožnje prikazuje tablica 2.



<sup>1</sup>Average figures; assumes level ground and standard driving conditions; does not include incremental storage for nonmotion activities (eg, heating, cooling, lights).

Tablica 2. Podjela prema zahtjevima energetskega sklopa

(Izvor: <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/a-new-segmentation-for-electric-vehicles>)

Podjela vozila prema veličini baterija prikazuje tablica 3.

Illustration of optimum battery sizes for plug-in hybrid-electric vehicle (PHEV), based on range in miles (all-electric driving)



Tablica 3. Podjela prema načinu korištenja

(Izvor: <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/a-new-segmentation-for-electric-vehicles>)

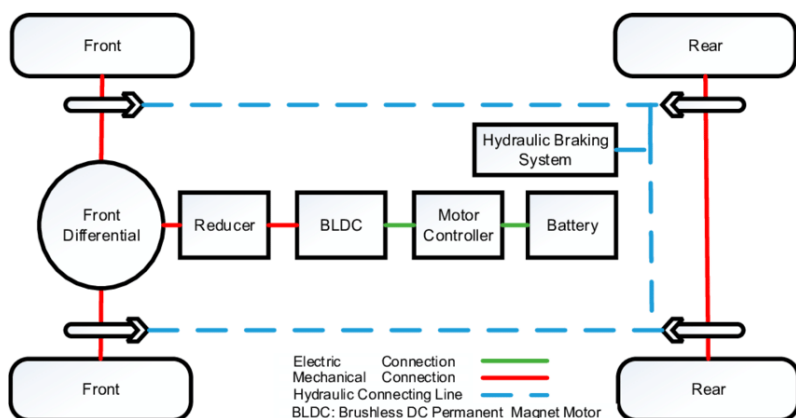
Podjela prema konfiguraciji pogona:

- Serijski hibrid
- Paralelni hibrid
- Hibrid s raspodjelom snage
- Paralelni hibrid s osovinskim prijenosom

Razvojem električnih vozila ove podjele zasigurno nisu konačne, već će se mijenjati, nadopunjavati i optimizirati, a glavnu riječ preuzeti će stručna i politička tijela koja će unificirati klasifikacije. Globalno tržište, potrošnja i posebno eksploatacija električnih vozila moraju biti međusobno komplementarne, a teritorijalne i druge razlike ne smiju biti ograničavajući faktor njihove uporabe.

### 3.1. BATERIJSKI ELEKTRIČNI AUTOMOBIL (BEV)

Električni baterijski automobil koristi električnu energiju koja je uskladištena u baterijama, a ista se prenosi do električnog ili električnih motora, odnosno porivnog elektromotora. Kada se baterije isprazne do unaprijed određene i kontrolirane zaštitne ispražnjenosti, iste se mogu na elektro postajama mijenjati za pune, mogu se puniti u punionicama ili biti spojene na niskonaponsku električnu mrežu u vlastitim domovima i sl. Shema električnog vozila prikazana je na slici 3.1 [23].



Slika 3.1. Blok shema električnog vozila (BEV)

(Izvor: [https://www.researchgate.net/figure/Topological-structure-of-the-battery-electric-vehicles-BEV-platform\\_fig3\\_321089883](https://www.researchgate.net/figure/Topological-structure-of-the-battery-electric-vehicles-BEV-platform_fig3_321089883))

#### 3.1.1. Baterija

Kod električnih vozila bez motora s unutrašnjim izgaranjem, baterija je glavni pogonski sustav električnog vozila (BEV). Glavne karakteristike električnog vozila: doseg, ubrzanje, karakteristika pražnjenja, punjenja i sl. ovise o karakteristikama baterijskog sklopa. Kada govorimo o bateriji, ne možemo više predočavati prethodne vrste i tipove baterija, koje su

imale mogućnost nadopunjavanja destilirane vode i sl. Ovdje je riječ o novim komponentama tj. o baterijskom sklopu – baterija, kontroleri, procesne jedinice, automatske jedinice.

Ovakve baterije nije moguće zamijeniti van servisne radionice. Oklopljena baterija zaštićena je od vanjskih utjecaja, mehaničkih oštećenja, nestručnog rukovanja. Baterija predstavlja jednostavan uređaj. Najveći zadatak konstruktora baterijskog sklopa je sačuvati energiju za ciljanu pogonsku uporabu, npr. vozilo koje teži 900 i više kilograma, sa zahtjevima za ubrzanjem, načinom gradske vožnje i sl. Ubrzanje do maksimalne brzine je linearno, što vodi do zagrijavanja baterijskog sklopa. Na bateriju povoljno djeluje manja težina vozila koja zahtjeva manji porivni napor. Duljina trajanja baterije izravno ovisi o vrste baterije. U konačnici i cijena vozila određena je kapacitetom baterije.

U tablici 4. prikazane su karakteristike najpoznatijih tipova baterija, čiji izbor ovisi o namjeni i vrsti vozila.

|                           | Olovna         | NiCd            | NiMH            | Li-ion          |
|---------------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| <b>Napon članka</b>       | 2V             | 1.2V            | 1.2V            | 4V              |
| <b>Radna temperatura</b>  | -40 do 55°C    | -40 do 50°C     | -20 do 50°C     | -20 do 50°C     |
| <b>Samo-pražnjenje</b>    | 4-6% mjesečno  | 10-20% mjesečno | 15-25% mjesečno | 2% mjesečno     |
| <b>Speifična energija</b> | 30 do 50 Wh/kg | 45 do 80 Wh/kg  | 60 do 120 Wh/kg | 90 do 250 Wh/kg |
| <b>Vijek trajanja</b>     | 6 godina       | 10 godina       | 2-5 godina      | 10 godina       |
| <b>Broj ciklusa</b>       | 500-1000       | 500-2000        | 300-600         |                 |

Tablica 4. Tablica karakteristika pojedinih vrsta baterija

(Izvor: <https://www.pveducation.org/pvcdrom/battery-characteristics/summary-and-comparison-of-battery-characteristics>)

Za punjenje električne baterije koriste se baterijski punjači, koji se spajaju na izvor niskonaponske izmjenične struje, te ga pretvaraju u istosmjerni napon. Napon baterije obično iznosi 12V, u nekim modelima 24V. Neispravnim punjenjem može se prouzročiti:

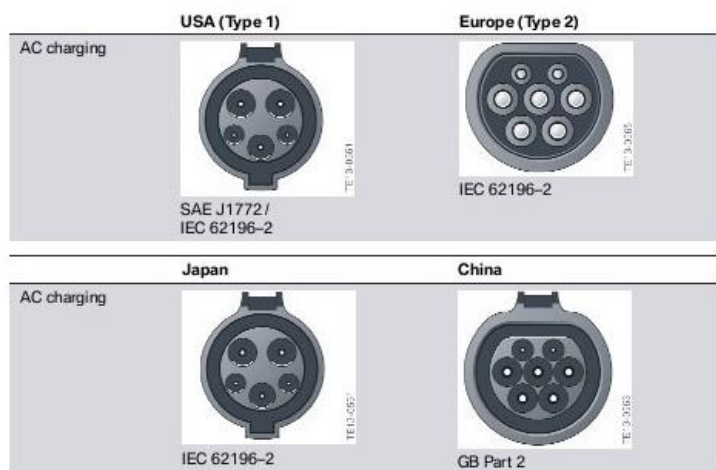
- Nedovoljna napunjenost do vršnog kapaciteta
- Prejaka struja koja uzrokuje pregrijavanje baterije, te moguća mikro oštećenja

- Prejaka struja koja može uzrokovati kraći vijek trajanja baterije ili trenutno uništenje iste
- Prejaka struja koja može dovesti do istjecanja punjenog sredstva ili požara
- Prejaka struja koja može dovesti do puknuća baterije.

Klasične akumulatorske baterije pune se do 12 sati. Uobičajeno punjenje se računa na način da se za cca svakih 150 prijeđenih kilometara na 50kW punjaču utroši 35 minuta na punjenje [24]. Za pojedine baterije npr. litij-ionske, proizvođač preporučaju pražnjenje baterije do 40% kapaciteta. Ako se ignorira navedena preporuka mogu se razviti mikrooštećenja na elektrodama, što uvjetuje gubitak kapaciteta baterije. Iz istih razloga treba izbjeći punjenje baterije do 200%-tnog kapaciteta. Optimalno stanje napunjenosti litij-ionske baterije tako iznosi između 50% i 80% kapaciteta [25].

Potrošnja i učestalost punjenja ovisi o dodatnoj opremi koja je ugrađena u vozilo. Luksuzno vozilo s dodatnom opremom zahtijeva veći kapacitet baterija. Nadzor vozila i određenih komponenti može se vršiti 24 sata na dan. Poznato je da napredno vozilo Tesla tijekom vožnje prati parametre same vožnje i određene radnje vozača, preko specijaliziranih osjetnika, procesorskih i kontrolnih jedinica. Primjer, obzirom na dan u tjednu, sustav će pretpostaviti kada će vozilo biti u pogonu, kontrolira se temperatura kabine, vrši se dijagnostika pogonskog sustava, statistika i sl. Kada vozač uđe u vozilo, računalo nudi informacije o stanju pojedinih sklopova vozila [25].

Slika 3.2. prikazuje standardizirane priključke vodiča za punjenje akumulatorskog sklopa. Standardizacija priključnica velik je korak u jednostavnosti samog punjenja, dok u mnogim zemljama, među kojima je i Hrvatska ne postoji organizirana mreža elektro punionica. Uvriježeno je da se punionice nalaze na postojećim lokacijama punionica fosilnih goriva. Isplativost nadogradnje postojećih ili izgradnja novih elektro punionica u uzročnoj je vezi sa brojem prodanih električnih vozila. Potencijalni kupci rijetko će kupovati električna vozila ako je prisutan nedostatak odgovarajućih elektro punionica [26].



Slika 3.2. Standardizirani priključci za punjenje električnih vozila

Izvor:

Pregled regionalne Hrvatske mreže punionica dostupno: <http://puni.hr>.

### 3.1.2. Elektromotor

Najveću razliku između automobila na fosilna goriva i električna vozila čini porivni agregat. Konvencionalna vozila koriste razne varijante benzinskih i dizel motora, dok električna vozila pokreću elektromotori – jedan ili više njih, različite snage, namjene i sl. Električni motor pretvara dobivenu električnu energiju u mehanički rad, koristeći princip elektromagnetske indukcije. Definicija elektromagnetske indukcije glasi: „elektromagnetska indukcija je pojava da se u zavoju vodljive žice stvara (inducira) električni napon (elektromotorna sila) ako se mijenja magnetski tok što ga zavoj obuhvaća. Ako promjenljivi magnetski tok umjesto kroz jedan zavoj prolazi kroz zavojnicu s  $N$  zavoja, bit će ukupni inducirani napon zavojnice  $N$  puta veći, jer se naponi svih zavoja zbrajaju. Zbog tih napona teći će i električna struja ako se zavoju ili električnoj zavojnici zatvori strujni krug“ [27].

Dok se klasični motori sastoje od nekoliko stotina statičnih i pokretnih dijelova, elektromotor se uglavnom sastoji u prosjeku do pet pokretnih dijelova. Ukupna težina elektromotora je daleko manja. U pravilu imaju dva namota – stator i rotor od kojih je jedan uzбудni, a drugi radni ili armaturni[28].

Elektromotor omogućava linearno ubrzanje sa povoljnijom karakteristikom vuče. Električni automobili nemaju mjenjačku kutiju, zato je smanjena masa automobila što doprinosi uštedi energije [29].

### 3.1.3. Kontroler

Razvoj električnih automobila varira posljednjih 40 godina. Tijekom razvoja definirani su glavni elementi električnih vozila, a jedan od njih je kontroler. Kontroler je modul električnog vozila koji se može svrstati u funkcionalnu cjelinu s elektromotorom. Za bateriju kažemo da je gorivo za pokretanje elektromotora, u generatorskom modu događa se suprotni preobražaj, mehanička se energija pretvara u električnu. Kontroler je dio cjeline koji možemo nazvati mozak električnog vozila. Cjenovno je ovaj sklop najčešće skuplji od cijene samog elektromotora.

Kontroleri nadziru rad svih sklopova električnog automobila. Kod hibridnog sustava nadzor i regulaciju treba osigurati za daleko više sklopova, stoga je i konfiguracija kontrolera složenija. U slučaju da je vozilo opremljeno istosmjernim motorom, kontroler se brine o potrebnoj opskrbljenosti struje iz izvora (baterije) obzirom na pritiskanje papučice gasa. Na osnovu njegovog rada vozač dobiva uvid u cjelokupan rad i stanje ispravnosti vozila. Iz navedenog je jasno da se za određeno vozilo i njegovu konfiguraciju ugrađuje točno određeni tip kontrolera, čiji su logički i procesorski sklopovi, ulazno izlazne jedinice dizajnirane i podešene za tip opreme [30].

Ranije verzije kontrolera dizajnirane su kako bi preuzeli kontrolnu funkciju za samo nekoliko važnih kontrolnih funkcija, a svaki proizvođač morao je imati vlastiti razvoj kontrolera koji bi odgovarao tipu proizvedenih vozila. Takva pojedinačni razvoj i proizvodnja malog broja kontrolerskih jedinica značajno je utjecala na cijenu gotovog proizvoda. Tvrtka Bosch proizvela je kontroler koji je programibilan u potpunosti, može zadovoljiti zahtjevima raznolike opreme električnih vozila gotovo svih proizvođača. Takav proizvod nazvan je Bosche Controller Area Network (CAN). Ovaj protokol kasnije je postao standardom za ugradnju ne samo u električna vozila, već i vozila sa motorima na fosilna goriva. Kontrolna jedinica automobila VCU (engl. Vehicle Controll Unit) i kontrolna jedinica motora ECU (engl. Engine Controll Unit), postala je centralna upravljačka jedinica ili kao se u žargonu navodi – mozak automobila [31].





Slika 3.6. GEVCU (Generalized Electric Vehicle Control Unit)

(Izvor: [https://www.researchgate.net/figure/Generalized-Electric-Vehicle-Control-Unit-GEVCU\\_fig20\\_313770104](https://www.researchgate.net/figure/Generalized-Electric-Vehicle-Control-Unit-GEVCU_fig20_313770104))

Na slici 3.6 prikazan je kontroler nove generacije, nazvan GEVCU (engl. Generalized Electric Vehicle Control Unit). Predstavlja univerzalnu kontrolersku programibilnu jedinicu, otvorenog koda. Kontroler se prema potrebama može programirati i prilagoditi različitim sklopovima vozila. Programiranje se vrši pute sučelja USB te serijskog sučelja.

Pri kratkotrajnom zaustavljanju npr. na semaforu, motor s unutrašnjim izgaranjem se gasi te time pridonosi uštedi energije i manjem onečišćenju okoliša. Nakon stiskanja papučice gasa, odnosno zahtjevom za pokretanjem vozila, motor se pokreće putem elektropokretača, koji potrebnu energiju dobije od prethodno nabijenog kondenzatora. Stajanje vozila u koloni, na semaforima, mogu biti učestala, na ovaj način se čuva od pražnjenja i oštećenja glavno baterijsko ili akumulatorsko napajanje, manje se zagađuje okoliš [31].

## 3.2. PUNJENJE ELEKTRIČNIH AUTOMOBILA

### 3.2.1. Bežično punjenje parkiranih električnih vozila

Izgradnja punionica za električne automobile predstavlja kompleksan zadatak obzirom na potreban kapacitet, projektiranje vodiča, mjesta za parkiranje vozila na punionicama i dr. Industrija električnih vozila normirala je priključke za žično ili kontaktno punjenje električnih automobila, nazvano „plug-in“. Također su normirani sustavi za punjenje AC Level 1 i AC Level2.

Najveći broj tvrtki bazira poslovanje tehnologije bežičnog punjenja na principu rezonantnog prijenosa električne energije elektromagnetskom indukcijom.

Jedno od mogućih rješenja je bežično punjenje parkiranih električnih automobila.



Slika 3.7. Primjer postavljanja bežičnog punjenja BEV

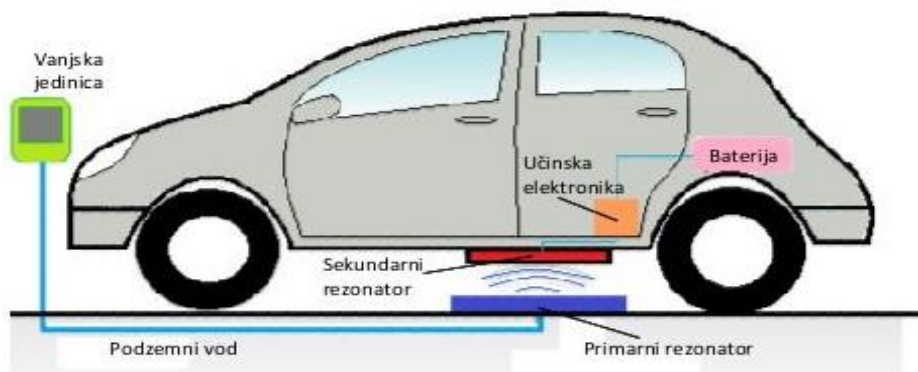
(Izvor: <https://www.powerelectronics.com/markets/automotive/article/21864097/wireless-charging-of-electric-vehicles>)

Radi se o dva elektromagneta, odnosno dvije zavojnice u kojima se prolaskom struje inducira magnetizam. Primarna jedinica pozicionira se na tlu, ispod vozila. Sekundarna jedinica ugrađuje se na donji dio vozila. Zaustavljanjem vozila iznad primarne jedinice aktivira se protok struje kroz zavojnicu, stvarajući magnetsko polje koje inducira struju u sekundarnoj, odnosno prijemnoj zavojnici. Zavojnica je spojena preko pretvarača s baterijama električnog automobila [32].

Jedna od dobrih strana ovog sklopa je prijenos energije kroz sve nemetale, bez opasnosti za žive organizme. Stoga se primarna jedinica može ugraditi u pod garaže odnosno parkinga, a asfalt ili slična ploha iznad primarnog sklopa ne remeti prijenos energije. Primarni sklop je zaštićen od destrukcije nepažnjom, vandalizmom i sl. Ugradnjom primarne jedinice ispod asfalta djelotvornost ostaje u zadovoljavajućim granicama od 50 cm [33].

Glavne komponente bežičnog napajanje električnih vozila (slika 3.8.) jesu:

- Vanjska jedinica – sastavljena od pretvarača, sklopa za prepoznavanje vozila te centralne procesorske jedinice sustava
- Primarna i sekundarna zavojnica (rezonatori)
- Sustav pretvarača sa odgovarajućom elektronskom podrškom na vozilu
- Komunikacijska oprema ( preferirana je Bluetooth tehnologija)



Slika 3.8. Glavne komponente bežičnog napajanje električnih vozila

(Izvor: <http://spectrum.ieee.org/transportation/advanced-cars/the-allelectric-car-you-neverplug-in>)

Tijek bežičnog punjenja:

- Vozilo se parkira na poziciji mjesta za punjenje
- Primarna i sekundarna jedinica su u granicama tolerancije – obavijest vozaču
- Primarna jedinica identificira i prepoznaje punjenje
- Provjera zadanih uvjeta za punjenje za punjenje (stanje računara, vrsta vozila i sl.)
- U pretvaraču primarne jedinice vrši se pretvorba električne energije iz gradske mreže u električnu energiju specifične frekvencije te se dovodi u zavojnicu primarne jedinice
- U zavojnici primarne jedinice stvara se promjenjivo magnetsko polje koje rezonira sa zavojnicom u sekundarnoj jedinici u vozilu
- Iz sekundarne jedinice inducirani napon se dovodi do pretvarača, te se pretvara u istosmjerni napon odgovarajuće vrijednosti, te se započinje punjenje
- Detektira se napunjenost baterija, iz vozila se šalje informacija primarnoj jedinici te se punjenje prekida [34].

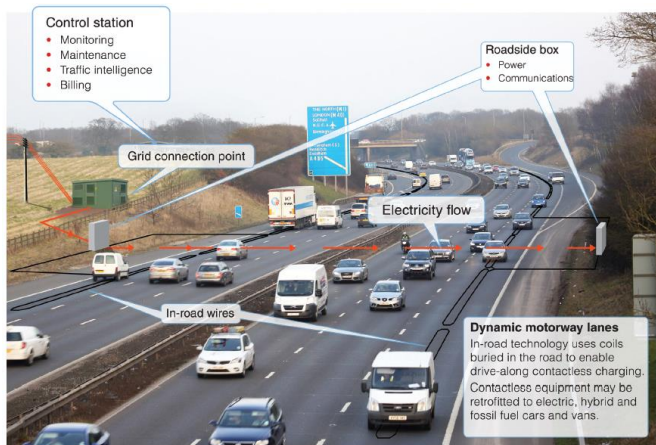
Pozitivna iskustva bežičnog punjenja:

- Komotno punjenje, ne priključuju se kablovi
- Vozilo se puni automatski (nemoguće je zaboraviti napuniti vozilo)
- Prijenos započinje i završava automatski (sprječava se oštećenje baterija ili ostalih aktivnih sklopova)
- Vremenske prilike ne utječu na prijenos
- Nije potrebno precizno pozicioniranje vozila

- Obavijest o početku, tijeku i završetku informiraju vozača na komandnoj ploči vozila
- Visoka djelotvornost prijenosa do 97%.

### 3.3. BEŽIČNO PUNJENJE ELEKTRIČNIH VOZILA U POKRETU

Bežično punjenje električnih vozila u pokretu naziva se dinamičko bežično punjenje odnosno DWPT (eng. Dynamic Wireless Power Transfer). Kako su migracije ljudi i roba jedan od glavnih čimbenika napretka gospodarstva, projektiran je način punjenja električnih vozila u pokretu. Najveća prednost ovog sustava je punjenje prema potrebi vozila, bez nepotrebnih stajanja, te time neograničeno povećanje doseg samog električnog vozila.



Slika 3.9. Infrastruktura potrebna za DWPT

(Izvor: <https://www.altenergymag.com/article/2016/02/the-dynamic-road-ahead-england-to-conduct-trials-of-dynamic-wireless-charging-for-electric-cars/22820/>)

Najveći nedostatak ovog sustava je skupa rekonstrukcija, odnosno izgradnja potrebne infrastrukture. Parametri koji utječu na punjenje su;

- Brzina kretanja vozila
- Vrijeme vožnje koje vozilo provede u zoni punjenja
- Snaga sustava punjenja
- Snaga sustava napajanja

Dinamičko punjenje može se izvesti pomoću dva tipa prijenosa. Jedan je prijenos sa jednostrukim predajnikom, koji se sastoji od jednog predajnika duž staze punjenja, te je spojen na izvor električne energije [35]. Magnetski je tok kojim se prenosi energija

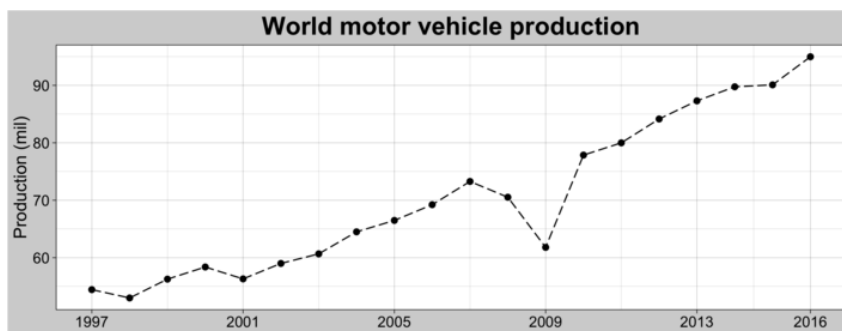
jednolik duž cijele staze pokrivanja, koja može iznositi od nekoliko metara do nekoliko desetina metara. Nedostatak ovog sustava su veliki gubici u prijenosu [36].

Prijenos po segmentima odvija se uz pomoć više predajnika koji imaju djelokrug svaki u svom segmentu staze za punjenje. Ovim načinom povećava se djelotvornost prijenosa.

Također se eliminira nedostatak rasipanja magnetskog toka, te kompenzacijski problemi. Ipak i ovaj prijenos ima svoje moguće nedostatke. Potrebno je da sustav prepoznaje poziciju vozila s obzirom na poziciju prijemnika, kako bi se uključio pravovremeno odgovarajući predajnik. Treba voditi računa o potrebnoj razdaljini predajnika. Ako su previše razmaknuti, punjenje će se provoditi isprekidano ili će biti potpuno onemogućeno. Ukoliko je razdaljina predajnika mala, doći će do međusobnog utjecaja između predajnika producirajući moguće gubitke zbog induciranja struje suprotnog smjer [36].

## 4. ELEKTRIČNA VOZILA I OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE

Električno vozilo je ono koje se pogoni električnom energijom (električno vozilo) ili u kombinaciji sa drugim izvorima energije (hibridno). Zbog potrebe čovjeka za stalnim migracijama na manje ili veće udaljenosti broj prometala u svijetu je već desetljećima u stalnom porastu (Slika 4.1.).



Slika 4.1. Svjetski trend proizvodnje vozila u milijunima proizvedenih jedinica

(Izvor: [https://en.wikipedia.org/wiki/Automotive\\_industry](https://en.wikipedia.org/wiki/Automotive_industry))

Prometna povezanost omogućuje transport ljudi, roba, usluga te doprinosi kvaliteti suvremenog života. Veći životni standard, masovna proizvodnja omogućili su dostupnost vozila. Zbog sve veće zagađenosti uobičajeno je da krajnji korisnik plaća određene naknade za očuvanje okoliša. Hibridna vozila koja u manjoj mjeri koriste fosilna goriva, pogodnija su za korištenje zbog manjeg zagađenja [19].

### 4.1. AUTOPLIN

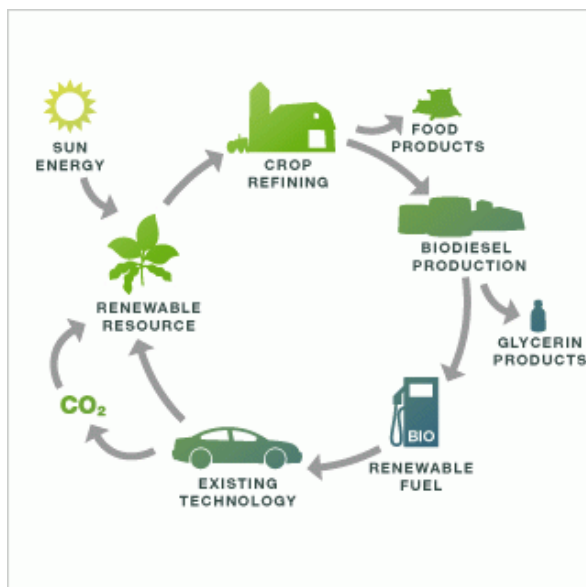
Uporaba plina u vozilima može biti dvojbena ako takvo vozilo deklariramo da je pogonjeno obnovljivim izvorom. Oblik u kojem se ovo gorivo upotrebljava naziva se ukapljeni plin. Uz ekonomski prihvatljive preinake, svaki automobil s konvencionalnim gorivom može se preraditi tako da vozi na ukapljeni plin. Ukapljeni plin je smjesa propana i butana, te se naziva ukapljeni naftni plin – UNP. Osim skraćenice UNP koristi se i skraćenica SPP – stlačeni prirodni plin, u tom slučaju se koristi smjesa etana i metana. Spomenuti SPP se zbog manje kalorijske vrijednosti, koristi u daleko manjoj mjeri. Utjecaj UNP-a na okoliš je manje izražen u odnosu na korištenje fosilnih goriva. Da bi se proizveo ukapljeni plin, isti se crpi iz podzemnih nalazišta, a svaka industrijska intervencija

nepovoljno djeluje na prirodu. Crpljenjem iz podzemnih izvora plin se prevozi brodovima do cjevovoda koji vode u rafinerije, gdje se odvajaju nečistoće, sumporne primjese i sl. koje se ispuštaju u atmosferu. Gotovi proizvod se cestovnim ili željezničkim prijevozom dovodi do crpnih stanica. Treba spomenuti da se svakom manipulacijom dio plina nenamjerno ispusti u atmosferu.

Prilikom paljenja vozilo se pokreće prvo na benzin. Nakon što motor postigne temperaturu od minimalno 35 stupnjeva, automatika prebacuje izvor goriva na plin. Potrošnja ovog energenta ima pozitivan utjecaj na motor automobila, potrebna je rjeđa zamjena motornog ulja, katalizatora i sl. Cjenovno je plin osjetno jeftiniji od benzina, što je rezultiralo izgradnju razgranate mreže punionica [19].

#### 4.2. BIOGORIVO BIODIZEL

Biodizel se dobiva tvorničkom preradom različitih izvora: alge, biljno ulje, životinjske masnoće, većina recikliranih ili otpadnih masnoća, itd. Preradom se u atmosferu ispuštaju plinovi, a samim procesom dobivaju se dva produkta – neetilni esteri (kemijski naziv za biodizel), te glicerol koji se koristi za proizvodnju raznih kozmetičkih proizvoda, sapuna, itd.



Slika 5.2. Proizvodnja biodizela

(Izvor: <http://farmwars.info/?p=3298>)

I biodizel se može koristiti u dizelski motorima, bez preinaka. Korištenje se ne preporučuje na temperaturama ispod 10 stupnjeva C, jer dolazi do zgušnjavanja goriva, pa se za

korištenje ispod navedene granice moraju koristiti grijači rezervoara, što povećava utrošak energije. Biodizel je gotovo u potpunosti razgradiv sa zanemarivim udjelom sumpora, a učinkovitost iznosi oko 90% energetske vrijednosti običnog dizelskog goriva [19].

### 4.3. VODIK

Vodikovo vozilo koje za pogonsku snagu koristi vodik poznato je desetljećima, npr. u raketnim tehnologijama koje se koriste u svemirskom programu. Pogoni na vodik pretvaraju energiju vodika koja se dobiva kemijskim procesima u mehaničku energiju. Mehanička energija se može dobiti spaljivanjem vodika u motorima s unutrašnjim izgaranjem, ali i samom reakcijom vodika i kisika u ćelijama kojima se pokreće elektromotor. Vodik se ne pojavljuje na Zemlji u prirodnom obliku, pa se ne može reći da je to prirodni izvor energije, već kao i ukapljeni plin i biodizel predstavlja energent. Najisplativija proizvodnja vodika dobiva se preradom metana, a od 2014. godine takva proizvodnja iznosi 0,5% proizvodnje vodika [37]. Ostali tehnološki procesi za proizvodnju vodika nisu dovoljno isplativi, neke tehnologije i procesi su u fazi ispitivanja (elektroliza vode). Jedini nusprodukt koji se stvara korištenjem vodika kao pogonskog plina jest voda.

Godine 2012. godine na konferenciji „World Hydrogen Energy“ usklađen je dogovor između proizvođača vozila Daimler, Honda, Hyundai i Toyota, kojim su revidirani planovi za proizvodnju vodikovih vozila. Prodaja takvih vozila na vodikove gorive ćelije najavljena su za 2015. godinu, a prvi modeli već su predstavljani 2013.godine. Do sada je izrađen relativno mali broj vodikovih prototipa vozila, a razlog tome su istraživanja u tijeku, kako bi uporaba vodika kao goriva bila isplativa [38].

Na slici 5.3 prikazani su osnovni dijelovi vozila na pogon vodikom.





Slika 5.3. Dijelovi vozila koji koristi vodik

(Izvor: <https://slideplayer.com/slide/7274493/>)

Unutar gorive ćelije vodik reagira s kisikom, te proizvodi električnu energiju (slika 5.4). Studija neprofitne kompanije The Carbon Trust preferira vodikovu energiju koja ima potencijal pokretanja prijevoznih sredstava sa gotovo 0% emisije štetnih plinova.

Najbolje performanse ova tehnologija pokazuje u sprezi sa elektromotorima, čime se u potpunosti uklanjaju štetne emisije od 0%.

#### 4.4. DUŠIK

Vozila na tekući dušik, odnosno tekući nitrogen pogonjena su ovim plinom, skladištenom u spremištu tekućeg dušika. Dušikov motor radi koristeći toplinski izmjenjivač koji širenjem topline okolnog zraka, pomiješanog sa dušikom pod pritiskom diznama pokreće rotacioni motor. Prvi takav motor predstavljen je 1902. godine, ali se do danas takvi motori ne koriste u komercijalne svrhe.

Prilikom izlaska iz dizni, dio dušika odlazi u atmosferu. Ovakav pogon može biti korišten u hibridnim sustavima pretvorbom tekućeg dušika u električnu energiju koja se zatim koristi za punjenje baterija, te regenerativno kočenje.

Distribucija ovog plina je problematična jer se temperatura spremnika, cijevi i ostalih medija gdje je tekući dušik uskladišten ili se distribuira, mora zadržati na vrlo niskim

temperaturama. Pri sobnim temperaturama vodik u tekućem obliku prelazi u plinovito stanje te isparava. Spremnici moraju biti osobito čvrste konstrukcije od materijala kao što su čelik, aluminij, kevlar i sl. [39].

#### 4.5. DIMETIL ETER

Dimetil eter (DME) je sintetski proizvedeno gorivo, kao zamjena dizelskom gorivu. Sastoji se od 30% DME i 70% LPG. DME je plin bez boje, a široku primjenu našao je u kemijskoj industriji. Mora biti skladišten u spremniku pod pritiskom od cca 75 psi, na sobnoj temperaturi. Obećavajuće je gorivo za dizelske motore i plinske turbine, zahvaljujući većem cetanskom broju od klasičnog dizel goriva [40]. Cetanski broj za DME iznosi 55, dizelsko 40-53. Cetanski broj pokazuje kašnjenje u paljenju dizelskog goriva nakon ubrizgavanja. Što je cetanski broj veći, manje je kašnjenje te je veća otpornost na opasne detonacije u cilindrima [41].

Kemijski spoj DME, donosno njegova jednostavnost rezultira niskim razinama emisije čestica, gotovo bez sumpora. Time DME zadovoljava Europske najstrože emisijske norme Euro 6. DME se može proizvesti iz biomasa, te pripada drugoj generaciji sintetičkih biogoriva BioDME. Europska unija razmatra BioDME kao potencijalnu mješavinu biogoriva u 2030. godini.

#### 4.6. AMONIJAK

Amonijak se kao pogonsko gorivo za vozila eksperimentalno upotrebljava od 1981. Netom kasnije su vozila Chevrolet Impala prerađena da koriste amonijak kao gorivo. Amonijak i Green NH<sub>3</sub> je odobreno kao zamjena za dizelsko gorivo i od strane razvojnih agencija u Kanadi, uz male izmjene na motorima. To je jedino prihvatljivo zeleno gorivo za pogon mlaznih motora. Iako je amonijak toksičan, studije pokazuju da nije ništa opasniji od benzina ili UNP. Može se proizvesti uz povoljnu cijenu katalitičkom reakcijom između nitrogena - izdvojenog iz okolnog zraka i hidrogena odnosno vodika – razdvajajući vodu, na vodik i kisik. Prilikom izgaranja amonijaka ispuštaju se dušik i vodena para [42].

#### 4.7. ETANOL

Etilno gorivo odnosno etilni alkohol koristi se kao biogorivo. Prvo vozilo pogonjeno etanolom proizvedeno je 1978. godine u Brazilu, od strane kompanije Fiat, a alkohol je

dobiven preradom šećerne trske. Prepoznato ekološko gorivo se od 2007. dodaje kao aditiv u benzinsko gorivo, te je njegov postotak povećan od 3,7% na 5,4%. Ujedno se proizvodnja etanola povećala sa 17 milijardi na 52 milijardi litara. Danas većina cestovnih vozila može raditi na mješavinu goriva od 10% dodanog etanola. Brazilska je vlada 1976. godine uvela obavezu korištenja etanola sa 10% udjela u gorivu, dok je od 2007. zakonska obaveza na crpkama mješavina od 25% etanola i 75% benzina. Energetska vrijednost etanola u postocima je manja u odnosu na benzin, tako da jedna litra etanola proizvodi energiju od 0,66 litara benzina, što iznosi skoro 50% veću potrošnju. Etanolom, kao izvorom energije emisija CO<sup>2</sup> u odnosu na benzin smanjuje se za otprilike 70% kod vozila koja su nazvana Flex-fuel. Daljnja manja emisija štetnih plinova odnosi se na industrijsku emisiju, jer se etanol može dobiti iz poljoprivrednih sirovina kao što su šećerna trska, krumpir, kukuruz i ostali [43].

#### 4.8. VOZILA NA SUNČEVU ENERGIJU

Sunce, planet koje isijava najveći nivo energije, može se koristiti za dobivanje drugih oblika energije. Aksiom današnje fizike glasi:

"Energija zatvorenog sustava ne može nestati niti ni iz čega nastati, energija može samo prelaziti iz jednog oblika u drugi, i ona je konstantna." Sunčevu energiju najčešće osjećamo kao toplinsku, ali spektar zračenja je složen, te se može koristiti, dio koji odgovara potrebama. Prvi solarni automobil proizvela je tvrtka General Motors 1955. godine u Čikagu [44]. Fotonaponske ploče osvijetljene Sunčevom energijom proizvode električnu energiju. Količina proizvedene energije ovisna je o sastavu solarne ćelije, njihovoj količini, odnosno površini fotonaponskih ploha. Solarne ćelije obično su proizvedene od poluvodiča npr. silicija, te dodatka poluvodiču. Neki od proizvođača solarnih panela planiraju proizvodnju kompletnih vozila, npr kineski proizvođač solarnih panela Hanergy planira uskoro proizvesti i prodavati solarne automobile opremljene litij-ionskim baterijama. U lipnju 2019. godine bivši dizajneri iz Tesle i Ferrarija proizveli su solarni automobil nazvan Lightyear One, čiji su poklopac motora i krov izrađeni od solarnih panela. Vozilo se napaja odnosno konzervira električnu energiju putem solarnih panela te klasičnim načinom – punjenjem iz električne mreže.

Prvi vlak na sunčevu energiju pušten je u promet u lipnju 2011. godine na relaciji od Antwerpena do granice s Nizozemskom. Dijelom se napaja iz fotonaponskih ćelija postavljenim iznad tunela kojim prolazi pruga. Tunel u Antwerpenu dugačak je 3,6

kilometara te ima 15 000 fotonaponskih ploča sa ukupnom površinom od 50 000 četvornih metara. Na fotonaponskim ćelijama stvoreni višak energije šalje se u grad Antwerpen. Računa se da će ovaj sustav u dvadeset godina eksploatacije umanjiti zagađenost, u atmosferu će biti pušteno 47 milijuna kg ugljikovog dioksida manje [45].

Energija proizvedena pomoću fotonaponskih ploča skladišti se u akumulatorima. Ova letjelica koja je nazvana još i solarni impuls projekt iniciran od švicarskih inženjera André Borschberga i Bertrand Piccarda. Prototip letjelice Solar Impulse 1 dizajnirana je da ostane u zraku 36 sati. Letjelica Solar Impulse 2 unaprijeđena je postavljanjem više fotonaponskih ćelija, te jačim motorima uz ostala poboljšanja. Na svojoj svjetskoj turneji započetoj u kolovozu 2015. letjelica je isključivo na solarnu energiju prešla 42 000 kilometara, a turneja je završila 26. srpnja 2016. godine u New Yorku, oborivši rekorde u duljini pojedinačnog leta, izdržljivosti i sl. Za komercijalno korištenje u avionskom prometu najveći ograničavajući faktor su baterije, odnosno nedostatan je odnos dobivene energije u odnosu na potrebe zrakoplova.

Sunčeva plovila su do sada korištena u manjoj mjeri, na kratkim udaljenostima, najčešće na rijekama, jezerima i sl. Napretkom u konstrukciji baterija, te fotonaponskim pločama sa većim dobitcima sve se češće solarni sklopovi mogu naći na plovilima raznih veličina. Sunčevom energijom se mogu napajati osim pogonskih elektromotora pomoćni, ali i dijelovi koji su značajniji potrošači, kao što je rasvjeta, dizalice, navigacijska oprema i sl. U svakom slučaju postižu se manje ili već uštede, te značajno manje emisije CO<sup>2</sup>, odnosno manje onečišćenje okoliša [46].



Slika 4.8. Solarni trajekt

(Izvor: <https://www.wired.com/2011/08/electric-ferry-is-a-solar-boat-to-china/>)

Od ostalih vozila može se spomenuti električni bicikl, koji potpomognut mehaničkim radom (okretanjem pedala) pokazuje izuzetnu iskoristivost solarne energije, sa 0% emisije štetnih plinova. U nekoliko razvijenih zemalja izgrađeni su sustavi punjenja baterija za bicikle u parkovima, parkiralištima i sl. Vrste opskrbe električnom energijom za punjenje su različite, ali je jedna od verzija pozicioniranje centralnog akumulatora velikog kapaciteta, koji služi s jedne strane skladištenje sunčeve energije pretvorene u električnu, a s druge strane mora biti dovoljno dimenzioniran za distribuciju električne energije potrošačima za punjenje bicikala.

## 5. UTJECAJ ELEKTRIČNIH VOZILA NA OKOLIŠ

Razlog uključivanja novih tehnologija sve je jača spoznaja da Zemlja na kojoj živimo, okoliš, te biljni i životinjski svijet određuje i kvalitetu života, te naš opstanak. To su možda najvažniji razlozi zbog koji se zadnjih godina počelo brže razvijati tržište električnih vozila. Utjecaj države je presudan jer subvencijama mogu najbrže potaknuti uporabu električnih automobila, te na taj način smanjiti emisiju stakleničkih plinova, emisije čestica koje udisanjem ulaze u organizme uzrokujući ozbiljne bolesti, a dio ih se taloži na tlo i vode uzrokujući velika onečišćenja. Smatra se da je zagađenje zraka četvrti faktor rizika za smrt ljudi ali i vodeći okolišni faktor rizika za obolijevanje od bolesti [47]. Profesor sa sveučilišta British Columbia, Michael Brauer, navodi da je smanjenje zagađenja zraka ključni i učinkovit način poboljšanja zdravlja populacije. Analize Kanadskih istraživača koji su prikupljali podatke o zagađenosti zraka u Kini i Indiji, pokazale su da je 55% smrtnih slučajeva u svijetu prouzročeno zagađenjem zraka. Procjenjuje se da je 2013. godine u Kini zbog zagađenja zraka umrlo 1,6 milijuna ljudi. Istraživanje sa sveučilišta Tsingua u Pekingu otkriva da je samo zagađenje prouzrokovano ugljenom odgovorno za 366 000 smrtnih slučajeva 2013. godine u Kini, ako se zadrže sadašnji nivoi zagađenja, do 2030. godine u Kini očekuje do 1,3 milijuna preuranjenih smrti.

Navedeni podaci obvezuju odgovorne vlade na poduzimanje ambicioznih ne samo ciljeva, već akcija, te smanjivanje na najmanju moguću mjeru emisija štetnih emisija.

Razlozi korištenja električnih automobila su svakako nulta emisija CO<sup>2</sup> i ostalih ispušnih plinova, te smanjenje zvučnog zagađenja, uz povećanu proizvodnju električne energije. Stoga je potrebno razraditi strategiju uzevši u obzir kompletnu analizu te transformirajući cijeli lanac na obnovljive izvore energije. Većina država proizvodi električnu energiju koristeći elektrane na ugljen. Emisija CO<sup>2</sup> koja prolazi iz proizvodnje u zemljama poput Indije i Kine iznosi 700 – 900 g/kWh, SAD oko 500 g/kWh, dok Europa ima također visoki prosjek od 330 g/kWh proizvedene električne energije [48].

Figure 1. CO<sub>2</sub> emissions by sector

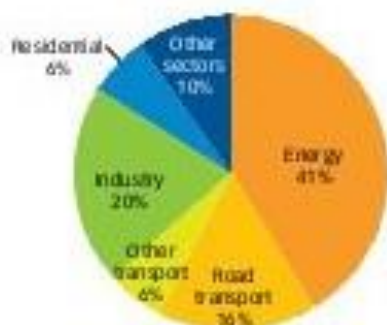


Figure 2. Energy-related CO<sub>2</sub> emissions by country



Slika 5.1. Emisije CO<sub>2</sub> prema industrijskom sektoru i nekim zemljama

(Izvor: <http://documents.worldbank.org/curated/en/873091468155720710/Understanding-CO2-emissions-from-the-global-energy-sector>)

Ako se razvijaju obnovljivi izvori energije, paralelno treba poticati uporabu električnih vozila. Cilj uporabe alternativnih izvora energije je drastično smanjenje emisije štetnih plinova.

| Country        | L/100 km | km/L |
|----------------|----------|------|
| Paraguay       | 1.1      | 93   |
| Iceland        | 1.1      | 92   |
| Sweden         | 1.5      | 68   |
| Brazil         | 1.8      | 57   |
| France         | 1.9      | 52   |
| Canada         | 2.7      | 37   |
| Spain          | 3.8      | 26   |
| Russia         | 4.1      | 24   |
| Italy          | 4.7      | 21   |
| Japan          | 4.9      | 21   |
| Germany        | 5.0      | 20   |
| United Kingdom | 5.4      | 19   |
| United States  | 5.8      | 17   |
| Mexico         | 5.9      | 17   |
| Turkey         | 5.9      | 17   |
| China          | 7.9      | 13   |
| Indonesia      | 8.3      | 12   |
| Australia      | 9.1      | 11   |
| South Africa   | 10.0     | 10   |
| India          | 11.9     | 8    |

Tablica 5. Usporedba emisija stakleničkih plinova električnih automobila i automobila s unutarnjim izgaranjem

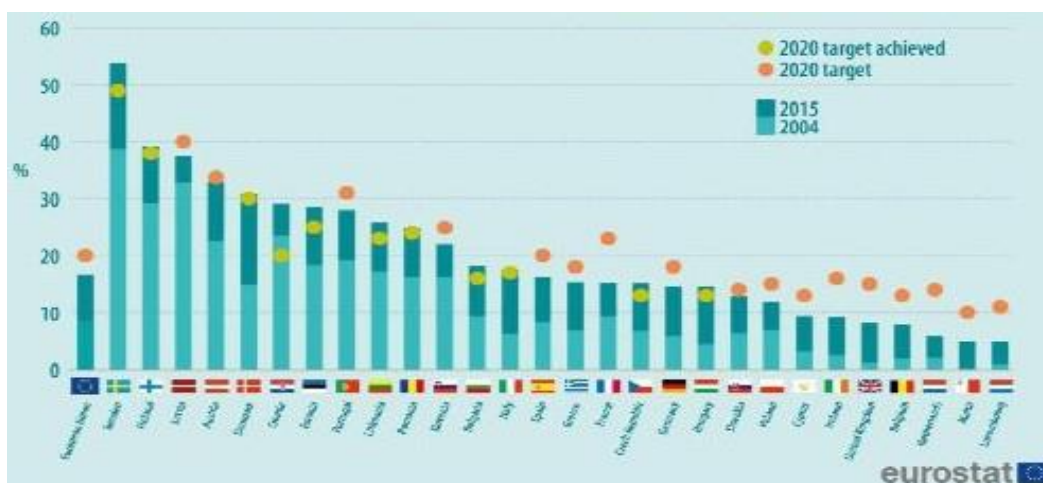
(Izvor: <http://documents.worldbank.org/curated/en/873091468155720710/Understanding-CO2-emissions-from-the-global-energy-sector>)

Tablica 5. prikazuje usporedbu potrošnje električnih automobila prema automobilima s unutrašnjim izgaranjem, pri čemu se uzima u izračun postotak električne energije dobivene iz obnovljivih izvora. Državama s dna tablice čije elektrane proizvode električnu energiju iz fosilnih goriva ne savjetuje se povećanje uporabe električnih automobila, dok se u

državama na vrhu tablice, koje dobivaju dio energije iz obnovljivih izvora savjetuje poticanje uporabe električnih automobila. Tako je iz tablice vidljivo da bi u Indiji potrošnja električnog automobila imala ekvivalent potrošnje od 11,9L /100km, dok bi u Švedskoj iznosio 1,5L /100km [48].

## 5.1. EUROPSKI PLAN POVEĆANJA UDJELA OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE ZA POTREBE CESTOVNOG PRIJEVOZA

U području energetske učinkovitosti prijevoza Europska unija je 2009. godine donijela direktivu 2009/28/EC o korištenju električne energije iz obnovljivih izvora [49]. U svim državama članicama EU-a na snazi su politike koje se odnose na obnovljive izvore energije te programi potpore za poticanje njihove upotrebe. Rezultati su vidljivi, na način da je proizvodnja električne energije iz obnovljivih izvora: vjetar, Sunčeva energija i biomasa 2015. godine činili čak 77 % novih proizvodnih kapaciteta u EU-u. Kada je riječ o bruto konačnoj potrošnji energije, prema najnovijim podacima Eurostata udjel energije iz obnovljivih izvora porastao je na gotovo 17 % u odnosu od 9 % 2005. godine- To je jedan od glavnih pokazatelja strategije Europa 2020. kojoj je cilj postignuti 20% bruto konačne potrošnje iz obnovljivih izvora. Institucije EU-a trenutačno raspravljaju o prijedlogu kojim bi se ciljevi EU-a za 2030. postavili na udio od najmanje 27 %, s obzirom na to da se očekuje da će obnovljivi izvori imati sve važniju ulogu u ispunjavanju budućih energetske potreba u Europi (slika 5.2).



Slika 5.2. Grafički prikaz udjela korištenja energije iz obnovljivih izvora (Izvor: Eurostat)



Privremeni dogovor oko prijedloga preinake Direktive o promicanju obnovljivih izvora energije, kako su ga izmijenili Odbor za industriju, istraživanje i energetiku i Odbor za okoliš, javno zdravlje i sigurnost hrane, postignut je 14. lipnja 2018. Dogovorom je određen obvezujući cilj EU-a u pogledu udjela obnovljivih izvora energije od 32 % do 2030. U prometnom je sektoru određen cilj o udjelu obnovljivih izvora energije od 14 %, od čega bi udio naprednih biogoriva i bioplina trebao iznositi 3,5 % (1 % do 2025.). Nadalje, njime je određeno ograničenje od 7 % na udio biogoriva prve generacije u cestovnom i željezničkom prometu te je predviđeno postupno ukidanje uporabe palminog ulja (i drugih biogoriva iz prehrambenih kultura koja povećavaju emisije CO<sup>2</sup>) do 2030. u okviru programa certificiranja. Poboljšana su prava potrošača na vlastitu potrošnju iz obnovljivih izvora energije, načelo „energetska učinkovitost na prvom mjestu” u budućnosti treba postati vodećim načelom, a uvedeno je i znakovito godišnje povećanje od 1,3 % u udjelu obnovljivih izvora energije u sektoru za grijanje i hlađenje. Europski parlament i Vijeće službeno su usvojili taj tekst u prosincu 2018. Prijedlogom nove direktive koji je Komisija uputila također se promiče uporaba energije iz obnovljivih izvora, a cilj mu je djelovati u šest različitih područja, a to su:

- nastavak uvođenja obnovljivih izvora u sektor električne energije;
- uvođenje obnovljivih izvora energije u sektor grijanja i hlađenja;
- dekarbonizacija i diversifikacija prometnog sektora (u cilju udjela od najmanje 14 % energije iz obnovljivih izvora u ukupnoj potrošnji energije u prometu za 2030.);
- osnaživanje i informiranje potrošača;
- postrožavanje kriterija EU-a za održivost bioenergije;
- osiguravanje da se obvezujući cilj na razini EU-a postigne na vrijeme i na troškovno učinkovit način.

Pripremanje elektroenergetske infrastrukture za opsežno uvođenje obnovljivih izvora energije jedan je od glavnih ciljeva Strategije energetske unije te se nalazi u Energetskom planu do 2050. godine i u paketu o energetskej infrastrukturi [50]. Promicanje i razvoj nove generacije tehnologija obnovljivih izvora također je jedan od ključnih elemenata Europskog strateškog plana za energetske tehnologije (plan SET). Provođenje navedenih ciljeva mora se provoditi na siguran način, te najmanjim zahvatima u okolišu. Zbog toga su propisane mjere:

- Jačanje vanjskih odnosa na području energetike (Izvor:

- Poboljšanje sigurnosti opskrbe energijom (Izvor:
- Istraživanje, razvoj i demonstracijski projekti (Izvor:

U prosincu 2018. na plenarnoj sjednici usvojena je Uredba o upravljanju energetske unije. U skladu s Uredbom, svaka država članica treba predstaviti „integrirane nacionalne energetske i klimatske planove, koji će uključivati nacionalne ciljeve, doprinose, politike i mjere za svaku od pet dimenzija energetske unije: dekarbonizaciju, energetske učinkovitosti, energetske sigurnosti, unutarnje energetske tržište te istraživanje, inovacije i konkurentnost [51,52,53].

## **6. MJERE POTICANJA ENERGETSKE UČINKOVITOSTI U RH**

Električna vozila priznata su od EU komisije, te postavljena od strane Agencije EU za zaštitu okoliša kao element smanjenja te u krajnjoj fazi potpune eliminacije ispuštanja štetnih plinova. Uvođenje alternativnih goriva umjesto fosilnih postavljeno je kroz primjenu EU direktiva. Jedna od revidiranih stupila je na snagu 11. prosinca 2018. godine pod nazivom : Direktiva EU 2018/2001 Europskog parlamenta i vijeća o promicanju uporabe energije iz obnovljivih izvora. Direktivom iz 2009. pod brojem 2009/28/EZ uspostavljen je i regulatorni okvir za promicanje uporabe energije iz obnovljivih izvora, a Republika Hrvatska se kao punopravna članica EU obvezala prihvatiti i provoditi direktive koje su usvojene, one koje se odnose na smanjenje potrošnje fosilnih goriva, uporabu električnih vozila i vozila na alternativna goriva s ciljem smanjenja zagađenosti atmosfere i okoliša.

Pojam e-mobilnosti odnosi se na razvoj i uporabu prijevoznih sredstava koja pokreće električna ili neka druga energija koja ne ovisi o fosilnim gorivima. Prijašnjim Pariškim sporazumom iz 2017. godine Hrvatska se obvezala smanjiti emisiju stakleničkih plinova do 2030. godine za najmanje 40%. Tom ratifikacijom na važnosti je dobila i električna mobilnost jer promet zauzima značajnu ulogu u postotcima emisije stakleničkih plinova. Zanimljivo je da se cjelokupna emisija stakleničkih plinova u Hrvatskoj od 2005. do 2015. smanjila za 13,9%, ali se u prometu povećala za 7%, najveći dio emisije otpada na cestovni promet [54].

## 6.1. PREGLED NACRTA INTEGRIRANOG I ENERGETSKOG PLANA RH

Nacrt Integriranog nacionalnog energetskeg i klimatskog plana za Republiku Hrvatsku za razdoblje od 2021. do 2030. godine slijedi direktive Europske unije o Upravljanju energetskom unijom i djelovanjem u području klime. U uredbi se implicitno propisuje izrada integriranih nacionalnih i energetskeg plana za naredno desetgodišnje razdoblje. Stoga se postojeći integrirani nacionalni energetskeg plan za razdoblje od 2012. – 2030. godine nadovezuje na postojeće nacionalne strategije i planove. U prvom dijelu izlaže se pregled trenutnog stanja energetskeg sustava, kao i stanja u području klimatske i energetske politike.

Posebna je pozornost posvećena ciljevima kojima se do 2030. godine treba smanjiti emisija stakleničkih plinova, plinova kao produkata sagorijevanja fosilnih goriva, povećanja korištenja energije iz obnovljivih izvora. Potrebno je povećati energetskeg učinkovitost i međusobno elektroenergetskeg povezanost između zemalja članica. Integrirani nacionalni energetskeg plan za spomenuto razdoblje donosi Vlada Republike Hrvatske, a na prijedlog Ministarstva zaštite okoliša i energetike [55].

Najvažnije ciljevi prema planu do 2030. godine prikazuje tablica 6.

| Indikator  | Cilj                       |
|--|----------------------------|
| Smanjenje emisije stakleničkih plinova za ETS sektor, u odnosu na 2005. godinu     | najmanje 43 % <sup>1</sup> |
| Smanjenje emisije stakleničkih plinova za ne-ETS sektore, u odnosu na 2005. godinu | najmanje 7 %               |
| Udio OIE u bruto neposrednoj potrošnji energije                                    | 36,4 % <sup>2</sup>        |
| Udio OIE u neposrednoj potrošnji energije u prometu                                | 13,2 %                     |
| Potrošnja primarne energije (ukupna potrošnja energije bez neenergetske potrošnje) | 344,38 PJ (8,23 ktoe)      |
| Neposredna potrošnja energije  | 286,91 PJ (6,85 ktoe)      |

Tablica 6. Najvažniji ciljevi plana IEP

(Izvor: Nacrt Integriranog nacionalnog energetskeg i klimatskog plana za Republiku Hrvatsku za razdoblje od 2021. do 2030. godine, Ministarstvo zaštite okoliša i energetike 2019.

<https://mzoe.gov.hr/UserDocsImages/UPRAVA%20ZA%20ENERGETIKU/Strategije,%20Oplanovi%20i%20programi/Nacrt%20Integriranog%20nacionalnog%20energetskeg%20i%20klimatskog%20plana%20RH%20za%20razdoblje%202021.-2030.godine.pdf>

Potrebno je spomenuti i pet ciljeva Energetske unije, a to su :

- dekarbonizacija,
- energetska učinkovitost,
- energetska sigurnost,
- unutarnje energetske tržište i istraživanje, inovacije,
- konkurentnost.

Prvi, možda i najvažniji cilj – dekarbonizacija uvjetovana je ostalim navedenim ciljevima. Za potrebe energetskeg razvoja izrađene su analitičke podloge, pod nazivima: Zelena knjiga i Bijela knjiga koje su predstavljene stručnoj i zainteresiranoj javnosti krajem 2018. i početkom 2019. godine. Analitičke podloge sadrže razrađene ciljeve za korištenje obnovljivih izvora energije. Također je važan Nacrt strategije nisko-ugljičnog razvoja RH za razdoblje do 2030. godine te s pogledom na 2050. godinu, koji je izrađen tijekom 2017. godine. Ipak, konačno usvajanje Nacrta strategije nisko-ugljičnog razvoja odgođeno je kako bi se uskladio sa Strategijom energetskeg razvoja.

Nacrt strategije prilagodbe klimatskim promjenama u RH za razdoblje do 2040. godine jedan je od ciljeva u okviru dekarbonizacije. Prošao je savjetovanje u nadležnim tijelima i institucijama i zainteresiranom javnošću. Usvajanje se očekuje po usvajanju vezane Strategije nisko-ugljičnog razvoja.

Dijelu koji se odnosi na istraživanje, inovacije i konkurentnost pripadaju: Strategija obrazovanja, znanosti i tehnologije, Strategija pametne specijalizacije RH za razdoblje od 2016. – 2020. godine, te Strategija poticanja inovacija RH za razdoblje od 2014. – 2020. godine. U ovom su dokumentu sistematizirani te istaknute mjere za koje se očekuje doprinos istraživanju, inovacijama i konkurentnosti hrvatskog gospodarstva u sektorima relevantnima za energetske tranziciju.

| Opseg              | Emisije stakleničkih plinova u 2005. (kt CO <sub>2</sub> e) | Ostvareno smanjenje emisija 2017. u odnosu na 2005. | Cilj za razdoblje od 2013.-2020. u odnosu na 2005.    | Cilj za razdoblje od 2021.-2030. u odnosu na 2005.   |
|--------------------|---|---|---|--|
| ETS sektor         | 10 649  | -21,4 %   | -21 %<br>(cilj za cijelu EU)                          | -43 %<br>(cilj za cijelu EU)                         |
| Sektor izvan ETS-a | 17 404  | -4,2 %  | -20 %<br>(cilj za cijelu EU)<br>+11 %<br>(cilj za RH) | -30 %<br>(cilj za cijelu EU)<br>-7 %<br>(cilj za RH) |

Tablica 7. Ostvarena smanjenja emisije 207. i ciljevi do 2030. godine

(Izvor:

<https://mzoe.gov.hr/UserDocsImages/UPRAVA%20ZA%20ENERGETIKU/Strategije.%20Oplanovi%20i%20programi/Nacrt%20Integriranog%20nacionalnog%20energetskog%20i%20klimatskog%20plana%20RH%20za%20razdoblje%202021.-2030.godine.pdf>)

Tablica 7. prikazuje mjere za pojedine ciljeve energetske unije. Pored naziva mjera prikazuje se „težina“ utjecaja po pojedinoj mjeri, da li su povezane s prilagodbom klimatskim promjenama, te doprinose li kružnom gospodarstvu.

U Hrvatskoj se bilježi značajan porast uvoza energije s prosječnom godišnjom stopom od 4,2%. Uvoz ugljena i koksa je smanjen, s godišnjom stopom od 3%, dok se porast uvoza drva i biomase povećao za 43,7%. To ukazuje na nedostatak vlastitih energetske izvora, odnosno planiranje i izgradnja kapaciteta ne prate povećane energetske zahtjeve, koji bi značajnijom uporabom električnih automobila bili daleko veći.

Različita upravna tijela donose brojne akte i podatke koji međusobno nisu usklađeni, što otežava vertikalnu i horizontalnu komunikaciju u provedbi istih. Predstavnica Američke gospodarske komore u Hrvatskoj, izjavila je da je e-mobilnost u Hrvatskoj u nadležnosti tri ministarstva (Ministarstvo zaštite okoliša i energetike, Ministarstvo gospodarstva i Ministarstvo pomorstva, prometa i veza). Njima bi se trebalo pridružiti i Ministarstvo turizma, jer određeni broj turista sve češće dolazi sa vozilima pokretanim na električni, odnosno hibridni pogon. Predlaže stoga da se interesi svih nadležnih ministarstava zastupaju u jednom nadležnom tijelu, a to bi omogućilo brži razvoj e-mobilnosti te učinkovitije rješavanje ključnih pitanja vezanih za njegov rast. Hrvatska nema jasnu strategiju po razvoju e-mobilnosti što se vidi na primjeru punionica, odnosno postoji stotinu punionica za električna vozila, od čega svega 10 brzih, na kojima vrijeme punjenja do 80 posto kapaciteta baterije iznosi tek 15 do 30 minuta, za razliku od slabijih punionica, gdje se baterije pune i do deset sati. Nadalje, sve brze punionice nalaze se u gradovima, dok niti jedna na magistralnim pravcima, odnosno autocestama. Mjere koje obuhvaćaju razvoj infrastrukture i povećanje energetske učinkovitosti vozila u sustavu javnog prijevoza čine:

- izgradnja punionica za vozila na električni pogon
- kupnja plovila na električni pogon s ugrađenim solarnim panelima
- kupnja teretnih vozila na hibridni pogon kategorije N2
- uvođenje sustava javnih gradskih bicikala.

## 6.2. PROJEKTI E-MOBILNOSTI PO ŽUPANIJAMA

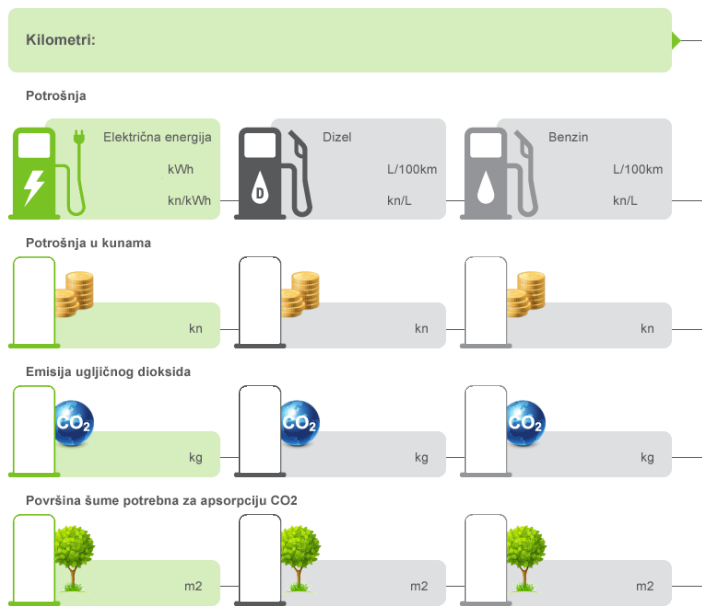
Pregledom e-mobilnosti po županijama, dolazi se do relativno šturih podataka o planovima i poduzetim aktivnostima, te se doima da svaka županija određuje dinamiku uvođenja električnih vozila ili su planovi tek u povojima. Najviše se podataka može naći o Zagrebačkoj županiji, postavljeno je 52 punionice, dok ih je u RH ukupno 211 [56].

Tako se u Dubrovniku uveo car sharing, koji nadopunjava javni gradski prijevoz, na sedam lokacija postavljeno je 30 električnih automobila koje koriste građani i turisti, jedno takvo vozilo zamjenjuje 10 osobnih vozila. Grad Poreč je za komunalne redare uveo električne automobile i skutere itd.

Za jedan od najvećih projekata zaslužan je HEP koji je diljem RH uveo električne punionice, te je povukao značajna sredstva iz EU fondova za postavljanje ukupno 27 multi-standardnih brzih punionica (50kW) za električna vozila na području Hrvatske. Glavne prednosti projekta jesu:

- Nabava, instalacija i puštanje u rad 27 multi-standardnih rapidnih punionica na često posjećivanim lokacijama
- Nabava, instalacija i puštanje u rad ICT rješenja za upravljanje punionicama, sustavom naplate, geolokacijom punionica za korisnike kroz web i mobilne platforme
- Uspostava roaming platforme sa 11 zemalja (slobodan prolaz vozača i upotreba/naplata HEP usluge stranim vozačima)
- Izgradnja respektabilne konkurentske prednosti
- Ubrzanje razvoja tržišta kroz marketing aktivnosti na hrvatskoj i EU razini - visoka vidljivost (RH, Zemlje kohezije, EU)
- Adekvatno planiranje opterećenja mreže za buduća razdoblja
- Uspostava intermodalnosti na relacijama cesta - željeznica - zrakoplov
- Lokalizacija najbolje EU prakse [57].

Pomoću kalkulatora može se izračunati detaljne informacije o uštedama:



Slika 7.7. Izračun uštede potrošnje po vrsti goriva

(Izvor: <https://elen.hep.hr/Kalkulator.aspx>)

Hrvatski telekom se također uključio u aktivno promicanje e-mobilnosti, te je sa partnerima pustio u pogon 125 javno dostupnih punionica, sa 170 mjesta za punjenje [58]. S ciljem poticanja transporta u Hrvatskoj i smanjenja onečišćenja zraka, 2014. godine je pokrenut projekt „Vozimo ekonomično“, kroz koji se građanima i tvrtkama dodjeljuju bespovratna sredstva za kupnju energetski učinkovitijih vozila. Od 2014. do 2019. godine je Fond za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost sa 109,5 milijuna kuna sufinancirao nabavu 3681 energetski učinkovitijeg vozila (električnih, hibridnih te plug in hibridnih vozila). Kako bi stimulirala kupovinu električnih automobila, Hrvatska izdvaja oko 17 milijuna kuna poticaja. Mora se napomenuti da u spomenutu cijenu ne ulaze punionice, odnosno infrastruktura potrebna za korištenje električnih vozila. Pojedinačne subvencije iznose oko 80.000 Kn za električne automobile, 40.000 Kn za plug-in hibride, te oko 5.000 Kn za električne bicikle i mopede.

Prema podacima Centra za vozila Hrvatske, evidentan je porast električnih i hibridnih vozila u posljednjih nekoliko godina. U Hrvatskoj je 2012. godine bilo svega 13 električnih automobila, 2014. godine ih je evidentirano 74, 2017. 277 vozila, a 2019. godine 730., te 3717 vozila na hibridni pogon. Spomenute brojke iznose manje od 1% od ukupnog broja registriranih vozila. U prijevozu putnika u cestovnom prometu električna i hibridna vozila

imaju udio od otprilike 0,1%. Do 2030. godine taj bi postotak, kako se očekuje, mogao iznositi 2,5% - 4,5%.

Temeljem odluke Fonda za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost, sufinancira se nabava energetski učinkovitih vozila, građanima se dodjeljuju bespovratna sredstva za kupnju istih. Postupak obuhvaća odabir vozila te ponudu o tehničkim karakteristikama, potom ispunjavanje prijavnog obrasca Fonda (slika 7.8). Fond kronološki obrađuje pristigle zahtjeve, a po potpisivanju ugovora o sufinanciranju korisnik je dužan u roku 12 mj kupiti vozilo i zadržati ga u vlasništvu godinu dana.



## 7. ZAKLJUČAK

Elektromobilnost, pojam koji se primjenjuje sa početkom uporabe električnih vozila, danas dobiva na sve većem značenju. Tehnologija koja se u zadnjem desetljeću ubrzano razvija kao glavni ograničavajući faktor uporabe električnih vozila, navodi baterije kao glavno spremište energije. Na počecima primjene ove vrste vozila koristili su se punjači baterija na koje se vozila spajaju fizičkim vodičima, daljnji razvoj tehnologije omogućava bežično punjenje baterija magnetnom rezonancijom. Punjenje se može vršiti dok vozilo miruje i dok je u pokretu. Težina korištenja ovisi o popratnim postrojenjima, bežičnih punjača ugrađenih u objekte pored prometnica ili u samom asfaltu prometnica, pa sve do proizvodnje električne energije u elektranama. Da bi uporaba električnih vozila bila u potpunosti prihvatljiva, mora se odvijati na ekološki način. Korištenjem energije sunca, mora, vjetra, voda i drugih obnovljivih izvora, vožnja električnim vozilima može svesti okolno zagađenje na niske razine. Daljnje proširenje uporabe alternativnih goriva i električne energije trebalo bi proširiti na sva prometala, u zraku, na rijekama, moru. Proizvodnja ekološke hrane također nije moguća bez nultih emisija, stoga treba i poljoprivredne strojeve i mehanizaciju osposobiti da koriste alternativna goriva uključujući električnu energiju. Prednost električne energije je ta da se raznim tehnologijama može transformirati i usmjeriti na potreban oblik podesan za željenu uporabu. Kako se radi o globalnom problemu, potreban je dogovor na svjetskoj razini, u cilju očuvanja živog svijeta i općenito okoliša. Podaci zdravstvenih istraživanja s obzirom na zagađenja uporabom ugljikovodika, ukazuju na globalni problem koji treba energično rješavati. Direktive Europske unije treba ažurirati shodno brzom razvoju inovativnih tehnologija te saznanjima o mogućnostima uporabe električne energije i alternativnih goriva. Električno punjenje, zamjena baterija, izgradnja potrebne infrastrukture, sustavi naplate i sl. doprinose klasificiranju određenih dijelova i radnji koji rezultiraju ozbiljnijom uporabom električnih vozila. Također je potrebno djelovati na automobilsku industriju, većina proizvođača planira veću proizvodnju električnih auta, kada se osposobi infrastruktura za njihovu uporabu. U stvarnosti ipak se još uvijek u većem dijelu proizvode vozila pogonjena fosilnim gorivima. Vozilo sa benzinskim ili dizelskim motorima ima prosječni vijek uporabe od 15 godina, te se mora voditi računa o preradi tih vozila na uporabu alternativnih goriva.

Republika Hrvatska je sa svojim prirodnim bogatstvima i relativno sačuvanim okolišem jedna od rijetkih zemalja koja ima velike mogućnosti proizvodnje električne energije na

ekološki prihvatljiv način, te može biti jedna od vodećih zemalja s obzirom na akademsku zajednicu i stručnjake koji mogu evaluirati inovacije, proizvodnju ekoloških segmenata i vozila. Kao zemlji u kojoj se dijelom proizvodi ekološka hrana, te zemlji turizma, može biti poluga koja će sačuvati prirodna bogatstva sada i u budućnosti, pružajući stanovništvu život dostojan čovjeka u simbiozi sa ostalim biljnim i životinjskim svijetom.

Veći učinak može se postići uključivanjem poslovnih i samostalnih subjekata, koji mogu na alternativan način proizvoditi električnu energiju te osigurati njezinu pohranu, distribuciju na mjestima gdje vraćanje u mrežu nije moguće uživajući pri tom u dobrobiti za cjelokupnu zajednicu.

Vlada Republike Hrvatske mora u svoj rad treba uključiti akademsku zajednicu i ostale zainteresirane kako bi se stručna znanja pretočila u planove i projekte čija bi realizacija mogla pridonijeti napretku na lokalnoj i globalnoj razini.

## LITERATURA

1. <https://hr.wiktionary.org/wiki/hibrid> Pristupljeno: 10.veljače 2020.
2. <https://www.automostory.com/first-electric-car.htm>) Pristupljeno: 10 .veljače 2020.
3. [https://ethw.org/Electric\\_Motor](https://ethw.org/Electric_Motor)) Pristupljeno: 10 .veljače 2020.
4. <https://electric-cars.livejournal.com/6150.html> Pristupljeno: 10.veljače 2020.
5. [http://www.cherrymortgages.com/historic\\_britain/Gaston\\_Plante\\_Lead\\_Acid\\_Battery.htm](http://www.cherrymortgages.com/historic_britain/Gaston_Plante_Lead_Acid_Battery.htm)) Pristupljeno:10.veljače 2020.
6. <https://www.agefotostock.com/age/en/Stock-Images/Rights-Managed/Y9E-2119248/1>) Pristupljeno:10.veljače 2020.
7. <https://edisontechcenter.org/FrankSprague.html>) Pristupljeno:11.veljače 2020.
8. <https://whatshotlondon.co.uk/dec-6-on-this-day-in-1897-london-became-1st-city-to-introduce-licensed-taxi-cabs/>) Pristupljeno:11.veljače 2020.
9. <http://www.hybrid-vehicle.org/hybrid-vehicle-porsche.html> Pristupljeno:11.veljače 2020.
10. <https://www.hemmings.com/blog/2013/03/21/hybrid-from-a-time-of-transition-the-1916-woods-dual-power-model-44/>) Pristupljeno:11.veljače 2020.
11. [https://en.wikipedia.org/wiki/History\\_of\\_the\\_electric\\_vehicle](https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_the_electric_vehicle) Pristupljeno:11.veljače 2020.
12. Mitra, Manu. (2018). Nikola Tesla's Free Electricity Electronic Circuit. 10.13140/RG.2.2.13719.21921.
13. [https://en.wikipedia.org/wiki/Lunar\\_Roving\\_Vehicle](https://en.wikipedia.org/wiki/Lunar_Roving_Vehicle)) Pristupljeno:13.veljače 2020.
14. [https://en.wikipedia.org/wiki/BMW\\_1602\\_Elektro-Antrieb](https://en.wikipedia.org/wiki/BMW_1602_Elektro-Antrieb) Pristupljeno:15.ožujka 2020.
15. Avadikyan A., Larrue P. (2003) The Partnership for a New Generation of Vehicles and the US DoE Transportation Fuel Cells Programme. In: Avadikyan A., Cohendet P., Héraud JA. (eds) The Economic Dynamics of Fuel Cell Technologies. Springer, Berlin, Heidelberg
16. [https://en.wikipedia.org/wiki/Tesla\\_Roadster\\_\(2008\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Tesla_Roadster_(2008)) Pristupljeno:13.veljače 2020.
17. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:32009L0028>). Pristupljeno:13.veljače 2020.

18. <https://eur-lex.europa.eu/search.html?qid=1582207241356&text=energyefficient&scope=EUR LEX&type=quic> Pristupljeno: 16. veljače 2020.
19. Dokoza H. Doprinos električnih vozila održivom razvoju. Diplomski rad. Veleučilište u Karlovcu, Karlovac 2016.
20. [https://hr.wikipedia.org/wiki/H%C5%BD\\_serija\\_1142](https://hr.wikipedia.org/wiki/H%C5%BD_serija_1142) Pristupljeno 15.3 2020.
21. Ivezić B. Dok-ing u tajnosti razvio paletu električnih vozila. dostupno na: <https://www.poslovni.hr/hrvatska/dok-ing-u-tajnosti-razvio-paletu-elektricnih-vozila-328882> Pristupljeno 15. ožujka 2020.
22. Hodson N. Newmanc J. A new segmentation for electric vehicles. (2009) <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/a-new-segmentation-for-electric-vehicles> Pristupljeno 15. ožujka 2020.
23. Xiao, Boyi & Lu, Huazhong & Wang, Hailin & Ruan, Jiageng & Zhang, Nong. (2017). Enhanced Regenerative Braking Strategies for Electric Vehicles: Dynamic Performance and Potential Analysis. *Energies*. 10. 1875. 10.3390/en10111875.
24. <https://pod-point.com/guides/driver/how-long-to-charge-an-electric-car>
25. BMW Service. (2016) Technical qualification Product information. High-voltage fundamentals. BMW, Munich. ustupljeno ljubaznošću BMW AG
26. <http://puni.hr>. Pristupljeno: 20. veljače 2020.
27. [https://hr.wikipedia.org/wiki/Elektromagnetska\\_indukcija](https://hr.wikipedia.org/wiki/Elektromagnetska_indukcija) Pristupljeno: 25. veljače 2020.
28. Himmelstein S. (2017) The E-Axle Powertrain for Electric Vehicles. [https://insights.globalspec.com/article/6406/the-e-axle-powertrain-for-electric-vehicles?id=0&email=aiqbal49@gmail.com&md=170920&mh=e5ca3a&Vol=Vol10Issue14&Pub=70&LinkId=1886896&keyword=link\\_1886896&et\\_rid=1783407151&et\\_mid=83535480&frmtrk=newsletter&cid=nl](https://insights.globalspec.com/article/6406/the-e-axle-powertrain-for-electric-vehicles?id=0&email=aiqbal49@gmail.com&md=170920&mh=e5ca3a&Vol=Vol10Issue14&Pub=70&LinkId=1886896&keyword=link_1886896&et_rid=1783407151&et_mid=83535480&frmtrk=newsletter&cid=nl)) Pristupljeno. 22. ožujka 2020.
29. Berjoza D. Dukulis I. Ceple D. (2012) Investigation of electric car acceleration characteristics-performing on-road tests. *Engineering for rural development* 318-223. [http://www.tf.llu.lv/conference/proceedings2012/Papers/056\\_Berjoza\\_D.pdf](http://www.tf.llu.lv/conference/proceedings2012/Papers/056_Berjoza_D.pdf) Pristupljeno: 22. ožujka 2020.
30. Izrada električnog automobila-električni buggy. [http://ss-tehnicka-pu.skole.hr/upload/ss-tehnicka-pu/images/static3/1039/attachment/R15\\_Izrada\\_elektricnog\\_automobila1\\_final1.pdf](http://ss-tehnicka-pu.skole.hr/upload/ss-tehnicka-pu/images/static3/1039/attachment/R15_Izrada_elektricnog_automobila1_final1.pdf) Pristupljeno: 25. veljače 2020.

31. User manual GEVCU 4.02 03\_2014.<http://media3.ev-tv.me/gevcumanual402.pdf>  
Pristupljeno: 22.ožujka 2020.
32. Afridi K. Wireless Charging of Electric Vehicles 37 u *Frontiers of Engineering: Reports on Leading-Edge Engineering from the 2017 Symposium* (2018) The National Academies Press Washington, DC 20001, p. 37-46.
33. Sulligoi G. Vicenzutti A. Menis R. (2016) All-Electric Ship Design: From Electrical Propulsion to Integrated Electrical and Electronic Power Systems. *IEEE Transactions on transportation electrification*, vol. 2, no. 4, p.507-521.
34. Flah A. Lassaad S. Mahmoudi C. (2014). Overview of Electric Vehicle Concept and Power Management Strategies. 2014 International Conference on Electrical Sciences and Technologies in Maghreb, CISTEM 2014. 10.1109/CISTEM.2014.7077026.
35. Thakur H. (2016). To Conduct Trials Of Dynamic Wireless Charging For Electric Cars. *The Dynamic Road Ahead: England*  
<https://www.altenergymag.com/article/2016/02/the-dynamic-road-ahead-england-to-conduct-trials-of-dynamic-wireless-charging-for-electric-cars/22820/>  
Pristupljeno 22.ožujak 2020.
36. Lubiana E. Bežično napajanje kod električnih automobila. Završni rad. Tehnički Fakultet Sveučilište u Rijeci, Rijeka 2015.
37. [https://hr.wikipedia.org/wiki/Vodikovo\\_vozilo](https://hr.wikipedia.org/wiki/Vodikovo_vozilo) Pristupljeno: 28.veljače 2020.
38. [https://en.wikipedia.org/wiki/World\\_Hydrogen\\_Energy\\_Conference](https://en.wikipedia.org/wiki/World_Hydrogen_Energy_Conference) Pristupljeno: 28.veljače 2020.
39. [https://en.wikipedia.org/wiki/Liquid\\_nitrogen\\_engine](https://en.wikipedia.org/wiki/Liquid_nitrogen_engine)) Pristupljeno: 28.veljače 2020.
40. [https://afdc.energy.gov/fuels/emerging\\_dme.html](https://afdc.energy.gov/fuels/emerging_dme.html) Pristupljeno: 2.ožujka 2020.
41. Marušić Ž. Dobro je znati: Što je cetanski broj?  
<https://autoportal.hr/novosti/cn-cetane-number> Pristupljeno: 2.ožujka 2020.
42. Kang B.D.W. (2014) Combating climate change with ammonia-fueled vehicles.  
<https://thebulletin.org/2014/02/combating-climate-change-with-ammonia-fueled-vehicles/> Pristupljeno: 16.ožujka 2020.
43. [https://en.wikipedia.org/wiki/Ethanol\\_fuel](https://en.wikipedia.org/wiki/Ethanol_fuel) Pristupljeno: 16.ožujka 2020.
44. [https://en.wikipedia.org/wiki/Solar\\_car](https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_car) Pristupljeno: 16.ožujka 2020.

45. Carrington D.(2011). High-speed Euro train gets green boost from two miles of solar panels. <https://www.theguardian.com/environment/2011/jun/06/tunnel-solar-belgium-rail> Pristupljeno: 9.ožujka 2020.
46. [https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_solar-powered\\_boats](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_solar-powered_boats); Pristupljeno: 9.ožujka 2020.
47. <https://www.skolskiportal.hr/clanak/3948-losa-kvaliteta-zraka-ubija/> Pristupljeno: 9.ožujka
48. Foster V. Bedrosyan D.(2014. Understanding CO2 emissions from the global energy sector (English). Live wire knowledge note series ; no. 2014/5. Washington DC ; World Bank Group. <http://documents.worldbank.org/curated/en/873091468155720710/Understanding-CO2-emissions-from-the-global-energy-sector> Pristupljeno:22.ožujka 2020.
49. Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC (Text with EEA relevance) <http://data.europa.eu/eli/dir/2009/28/oj> Pristupljeno: 10.veljače 2020.
50. Gouardères F. Beltrame F.(2019) Energetska politika: opća načela. <http://www.europarl.europa.eu/factsheets/hr/sheet/68/energetska-politika-opca-nacela> Pristupljeno: 15.veljače 2020.
51. [http://www.europarl.europa.eu/RegistreWeb/search/simple.htm?reference=P7\\_TA\(2012\)0343\)](http://www.europarl.europa.eu/RegistreWeb/search/simple.htm?reference=P7_TA(2012)0343)
52. [http://www.europarl.europa.eu/RegistreWeb/search/simple.htm?reference=COM\\_C\(2017\)0660\)](http://www.europarl.europa.eu/RegistreWeb/search/simple.htm?reference=COM_C(2017)0660)
53. [http://www.europarl.europa.eu/RegistreWeb/search/simple.htm?reference=COM\\_C\(2013\)0253\)](http://www.europarl.europa.eu/RegistreWeb/search/simple.htm?reference=COM_C(2013)0253)
54. E-mobilnost u Hrvatskoj nadomak 2020.(2019) <https://godigital.hrvatskitelekom.hr/e-mobilnost-u-hrvatskoj-nadomak-2020/> Pristupljeno:22.ožujka 2020.
55. Nacrt Integriranog nacionalnog energetskeg i klimatskog plana za Republiku Hrvatsku za razdoblje od 2021. do 2030. godine. Ministarstvo zaštite okoliša i energetike 2019. <https://mzoe.gov.hr/UserDocsImages/UPRAVA%20ZA%20ENERGETIKU/Strategije,%20planovi%20i%20programi/Nacrt%20Integriranog%20nacionalnog%20ene>

[rgetskog%20i%20klimatskog%20plana%20RH%20za%20razdoblje%202021.-2030.godine.pdf](#) Pristupljeno: 20.ožujka 2020.

56. Vodeća su županija po broju e-punionica i registriranih električnih vozila 2017.

<https://lokalni.vecernji.hr/zupanije/vodeca-su-zupanija-po-broju-e-punionica-i-registriranih-elektricnih-vozila-5689> Pristupljeno: 20.ožujka 2020.

57. Projekt ELEN HEP (<http://elen.hep.hr>).

58. <https://godigital.hrvatskitelekom.hr/e-mobilnost-u-hrvatskoj-nadomak-2020/>  
Pristupljeno: 21.ožujka 2020.

59. Poticanje energetske učinkovitosti u prometu. Sufinanciranje nabave energetski učinkovitijih vozila. Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost

[http://www.fzoeu.hr/hr/energetska\\_ucinkovitost/poticanje\\_energetske\\_ucinkovitost\\_i\\_u\\_prometu/sufinanciranje\\_nabave\\_energetski\\_ucinkovitijih\\_vozila/](http://www.fzoeu.hr/hr/energetska_ucinkovitost/poticanje_energetske_ucinkovitost_i_u_prometu/sufinanciranje_nabave_energetski_ucinkovitijih_vozila/)

Pristupljeno: 21.ožujka 2020.