

Električna i hibridna vozila u urbanom prometu

Marjanović, Jakov

Master's thesis / Diplomski rad

2022

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:187:030906>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-06-29**



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](#)



**SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET**

JAKOV MARJANOVIĆ

**ELEKTRIČNA I HIBRIDNA VOZILA U URBANOM
PROMETU**

DIPLOMSKI RAD

Rijeka, 2022.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET**

**ELEKTRIČNA I HIBRIDNA VOZILA U URBANOM
PROMETU
ELECTRIC AND HYBRID VEHICLES IN URBAN TRAFFIC
DIPLOMSKI RAD**

Kolegij: Urbani promet i okoliš

Mentor: Dr. Sc. Siniša Vilke

Student/studentica: Jakov Marjanović

Studijski smjer: Tehnologija i organizacija prometa

JMBAG: 0112069767

Rijeka, rujan 2022.

Student/studentica: Jakov Marjanović

Studijski program: Tehnologija i organizacija prometa

JMBAG: 0112069767

IZJAVA O SAMOSTALNOJ IZRADI DIPLOMSKOG RADA

Kojom izjavljujem da sam diplomski rad s naslovom
Električna i hibridna vozila u urbanom prometu izradio samostalno pod mentorstvom prof
dr.sc. Siniša Vilke.

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
zakovitosti 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.

Student/studentica



(potpis)

Ime i prezime studenta/studentice

Jakov Marjanović

Student/studentica: Jakov Marjanović

Studijski program: Tehnologija i organizacija prometa

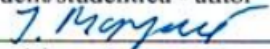
JMBAG: 0112069767

IZJAVA STUDENTA – AUTORA
O JAVNOJ OBJAVI OBRANJENOG DIPLOMSKOG RADA

Izjavljujem da kao student – autor diplomskog rada dozvoljavam Pomorskom fakultetu Sveučilišta u Rijeci da ga trajno javno objavi i besplatno učini dostupnim javnosti u cjelovitom tekstu u mrežnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta.

U svrhu podržavanja otvorenog pristupa diplomskim radovima trajno objavljenim u javno dostupnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta, ovom izjavom dajem neisključivo imovinsko pravo iskorištavanja bez sadržajnog, vremenskog i prostornog ograničenja mog diplomskog rada kao autorskog djela pod uvjetima *Creative Commons* licencije CC BY Imenovanje, prema opisu dostupnom na <http://creativecommons.org/licenses/>

Student/studentica - autor



(potpis)

SAŽETAK

Električni i hibridni automobili su potrebni u vrijeme klimatskih promjena zbog svog pozitivnog utjecaja na okoliš u smislu smanjenja emisije stakleničkih plinova. U urbanom prometu ne stvaraju veliku buku, konstrukcijski su jednostavni i lako primjenjivi. Uz njihove prednosti dolaze i njihovi nedostaci u vidu cijene, slabo razvijene infrastrukture za punjenje energetski učinkovitih vozila, skupocjena zamjena baterija i recikliranje istih može dovesti u pitanje zdravlje okoliša. U radu je napravljena SWOT analiza koja se odnosi na električna i hibridna vozila u vidu njihovih prednosti tj. snaga, slabosti, prilika i opasnosti tj. prijetnji. SWOT analiza je korisna kako bi se moglo uvidjeti jesu li električna/hibridna vozila korisna za svakodnevnu upotrebu u urbanom prometu ili im je potreban daljnji razvoj da bi mogla biti korisna u svakodnevnom prometu u budućnosti.

Ključne riječi: električna vozila, hibridna vozila, infrastruktura punjenja, urbani promet, zaštita okoliša

SUMMARY

Electric and hybrid cars are needed in times of climate change because of their positive impact on the environment in terms of reducing greenhouse gas emissions. In urban traffic, they do not create a lot of noise, they are structurally simple and easy to apply. Along with their advantages come their disadvantages in the form of price, poorly developed infrastructure for charging energy-efficient vehicles, expensive replacement of batteries and their recycling can call into question the health of the environment. In the paper, a SWOT analysis was made that refers to electric and hybrid vehicles in the form of their advantages, i.e. strengths, weaknesses, opportunities and dangers, i.e. threats. A SWOT analysis is useful to see if electric/hybrid vehicles are useful for daily use in urban traffic or if they need further development to be useful in daily traffic in the future.

Keywords: charging infrastructure, electric vehicles, environmental protection, hybrid vehicles, urban traffic

SADRŽAJ

SAŽETAK.....	I
SUMMARY.....	I
SADRŽAJ.....	II
1. UVOD	1
1.1. PROBLEM, PREDMET I OBJEKTI ISTRAŽIVANJA	1
1.2. RADNA HIPOTEZA.....	2
1.3. SVRHA I CILJEVI ISTRAŽIVANJA	2
1.4. ZNANSTVENE METODE	2
1.5. STRUKTURA RADA	3
2. ELEKTRIČNA VOZILA	5
2.1. POVIJEST ELEKTRIČNIH VOZILA	5
2.2. SASTAVNI DIJELOVI ELEKTRIČNOG VOZILA	8
2.2.1. Električni motor.....	9
2.2.2. Električne pogonske baterije	10
2.2.3. Upravljač motora.....	14
2.2.4. Ostali dijelovi električnog vozila	15
3. VRSTE ELEKTRIČNIH/HIBRIDNIH VOZILA	17
3.1. HIBRIDNI AUTOMOBILI (HEV - HYBRID ELECTRIC VEHICLE)	17
3.2. PLUG-IN HIBRIDNI AUTOMOBILI (PHEV - PLUG-IN HYBRID ELECTRIC VEHICLE)	20
3.3. ELEKTRIČNI AUTOMOBILI S POGONOM NA GORIVE ĆELIJE (FCEV).....	22
3.4. SMART HYBRID VEHICLE BY SUZUKI (SHVS)	25
3.5. 100 % ELEKTRIČNI AUTOMOBILI (EV - ELECTRIC VEHICLE).....	27
3.6. USPOREDBA HEV i SHVS HIBRIDNIH VOZILA NA PRIMJERIMA: TOYOTA C-HR I SUZUKI SWIFT	30

3.6.1. Toyota C-HR (HEV – hybrid electric vehicle)	30
3.6.2. Suzuki Swift (SHVS – smart hybrid vehicle by suzuki).....	34
4. REGENERATIVNO KOČENJE KOD HIBRIDNIH I ELEKTRIČNIH VOZILA	40
5. PUNJENJE ELEKTRIČNIH VOZILA.....	43
5.1. NAČINI PUNJENJA ELEKTRIČNIH VOZILA.....	44
5.2. KONEKTORI	46
5.3. VRSTE PUNIONICA.....	47
5.4. PUNJENJE U REPUBLICI HRVATSKOJ.....	48
6. UTJECAJ ELEKTRIČNIH I HIBRIDNIH VOZILA NA OKOLIŠ... 49	
6.1. SMANJENJE EMISIJE PLINOVA	49
6.2. RECIKLAŽA BATERIJA	52
6.3. SMANJENJE BUKE U URBANIM PODRUČJIMA.....	53
7. HRVATSKI PROIZVOĐAČI ELEKTRIČNIH I HIBRIDNIH VOZILA	56
7.1. RIMAC	57
7.2. DOK-ING	59
8. SWOT ANALIZA ELEKTRIČNIH I HIBRIDNIH VOZILA.....	61
8.1. SNAGE	62
8.2. SLABOSTI	62
8.3. PRILIKE	63
8.4. PRIJETNJE.....	64
9. ZAKLJUČAK.....	65
LITERATURA	66
POPIS SLIKA.....	Pogreška! Knjižna oznaka nije definirana.9

POPIS TABLICA	71
POPIS GRAFIKONA	71

1. UVOD

Električna i hibridna vozila su u današnje vrijeme najčešće traženo rješenje vozila koje nije štetno po okoliš. S obzirom da su električna i hibridna vozila još uvijek smatrana relativnom novošću u globalnom trendu proizvodnje automobila tako se i njihove tehnološke karakteristike poput punjenja baterije koje traje znatno duže nego točenje spremnika goriva, je li odabran pravi priključak za puniti automobil, gdje će se automobil napuniti: kod kuće, na poslu ili na javnoj punionici? To se i dalje smatra manjim problemom u odnosu na glavnu prednost koju donosi, a to je upravo zaštita okoliša putem smanjenih emisija stakleničkih plinova. Zbog svoje funkcionalnosti u zaštiti okoliša sve više država objavljuje programe i zakone u kojima određeni postotak od ukupnog broja automobila u zadanoj državi mora biti energetske učinkovite vrste automobila do određenog vremena u budućnosti. Trenutne zapreke u sve većem uvođenju električnih automobila na tržište su njihova skuplja cijena u odnosu na vozila s pogonom na fosilna goriva te kapacitet baterije i njen dug proces punjenja za koji ljudi vrlo često nemaju vremena s obzirom u kojem se ubrzanom tempu danas živi. S daljnjim razvojem tehnologije postoje šanse da sve više rastući trend uvođenja električnih i hibridnih automobila na prometnice postane svakodnevica i u potpunosti izbace automobile pogonjene na fosilna goriva iz prometa.

1.1. PROBLEM, PREDMET I OBJEKTI ISTRAŽIVANJA

Problem i predmet istraživanja su električni i hibridni automobili u urbanom prometu te njihova primjena, razvoj i utjecaj na okoliš. U odnosu na automobile s motorima s unutarnjim izgaranjem električni/hibridni automobili su uvelike u prednosti što se tiče smanjenja zagađivanja okoliša tj. emisije stakleničkih plinova. Energetske učinkovite vozila naravno imaju i svoje mane poput visoke cijene, trenutno loše infrastrukture punionica i slabog recikliranja baterija koje same po sebi zagađuju okoliš nakon što im završi životni vijek. Sve prednosti i nedostaci bit će prikazani u poglavlju rada pod nazivom „SWOT ANALIZA ELEKTRIČNIH I HIBRIDNIH VOZILA“.

1.2. RADNA HIPOTEZA

Sustavnim proučavanjem električnih i hibridnih automobila u urbanom prometu stvorene su osnovne pretpostavke njihovih prednosti u odnosu na tradicionalna vozila zbog očuvanja okoliša, pogotovo u današnje vrijeme globalne ekološke krize, sve većih emisija stakleničkih plinova i globalnog zatopljenja. Pretpostavka je da energetske učinkoviti automobili uvelike mogu doprinijeti očuvanju okoliša zbog svoje male ili nikakve emisije stakleničkih plinova.

1.3. SVRHA I CILJEVI ISTRAŽIVANJA

Cilj istraživanja u ovom diplomskom radu je prikazati prednosti energetske učinkovitih automobila nad automobilima s pogonom na fosilna goriva. S prikupljenom i analiziranom literaturom navest će se konstrukcijske, ekonomske i ekološke prednosti električnih i hibridnih vozila nad tradicionalnim vozilima na motore s unutarnjim izgaranjem. Putem SWOT analize će se dubinski procijeniti jesu li energetske učinkovita vozila zbilja budućnost cestovnih prometnica.

1.4. ZNANSTVENE METODE

Znanstvene metode korištene u diplomskom radu su: obrada i integriranje podataka, sinteza i analiza, statistička obrada podataka.

1.5. STRUKTURA RADA

Diplomski rad sastoji se od 9 poglavlja:

- 1. UVOD**
- 2. ELEKTRIČNA VOZILA**
- 3. VRSTE ELEKTRIČNIH/HIBRIDNIH VOZILA**
- 4. REGENERATIVNO KOČENJE KOD HIBRIDNIH I ELEKTRIČNIH VOZILA**
- 5. PUNJENJE ELEKTRIČNIH VOZILA**

6. UTJECAJ ELEKTRIČNIH I HIBRIDNIH VOZILA NA OKOLIŠ
7. HRVATSKI PROIZVOĐAČI ELEKTRIČNIH I HIBRIDNIH VOZILA
8. SWOT ANALIZA ELEKTRIČNIH I HIBRIDNIH VOZILA
9. ZAKLJUČAK

U prvom poglavlju rada, uvodu, ukratko se pojašnjava tema rada, hipoteza, svrha i ciljevi istraživanja samog rada, znanstvene metode koje su se koristile tokom pisanja te struktura rada sastavljena po poglavljima.

U drugom poglavlju rada, električna vozila, objašnjena je povijest i nastanak električnih vozila, osnovne karakteristike električnih automobila, dijelovi električnih automobila, mehanizmi i način na koji funkcioniraju.

U trećem poglavlju, vrste električnih/hibridnih vozila, nabrajaju se i ponaosob objašnjavaju sve vrste električnih i hibridnih automobila. U poglavlju se također uspoređuju dvije vrste hibridnih sustava u automobilima na temelju njihovih performansi i ekonomičnosti potrošnje goriva u vožnji.

U četvrtom poglavlju rada, regenerativno kočenje kod hibridnih i električnih vozila, detaljno je objašnjen i razrađen sustav regenerativnog kočenja u električnim i hibridnim automobilima koji pomaže dodatnom pohranjivanju energije u baterijama energetski učinkovitih vozila.

U petom poglavlju diplomskog rada, punjenje električnih vozila, objašnjen je princip punjenja električnih i hibridnih automobila. Na koji način se pune vozila, koliko dugo je potrebno da se napune, gdje se mogu puniti, vrste priključaka za punjenje i sama budućnost punjenja.

U šestom poglavlju ovog rada, utjecaj električnih i hibridnih vozila na okoliš, analizira se koliko zapravo energetski učinkovita vozila pridonose očuvanju okoliša po pitanju smanjenja emisije stakleničkih plinova putem ispuha. Uspoređuje se emisija plinova s vozilima na pogon fosilnih goriva, koliko je bitno reciklirati baterije kako i za daljnji razvoj električnih automobila tako i za zaštitu okoliša. Također se provodi analiza kako smanjiti buku u urbanim područjima putem raznih građevinskih i tehnoloških inovacija.

U sedmom poglavlju rada, Hrvatski proizvođači električnih i hibridnih vozila, navode se dva Hrvatska proizvođača energetske učinkovitih automobila, a to su: Rimac i DOK-ING. Kao primjeri se navode njihovi modeli automobila i trend rasta navedenih tvrtki.

U osmom poglavlju diplomskog rada, SWOT analiza električnih i hibridnih vozila, provedena je SWOT analiza na temelju koje se može lakše dokučiti u kojem smjeru se kreće tehnologija proizvodnje energetske učinkovitih vozila. Navedene su snage, slabosti, prijetnje i prilike električnih i hibridnih automobila.

U posljednjem poglavlju ovog diplomskog rada je zaključak u kojem je izneseno vlastito mišljenje i percepcija o razrađenoj temi i provedenim istraživanjima.

2. ELEKTRIČNA VOZILA

Električni automobil je automobil kojeg pokreće elektromotor koji za pokretanje koristi električnu energiju pohranjenu u akumulatoru, ili drugim uređajima za pohranu energije. Električni su automobili bili popularni krajem 19. i početkom 20. stoljeća, tj. prvi električni automobil je napravljen 1839. godine, a prvi hibridni automobil je napravljen 1900. godine. Poboljšanje motora s unutarnjim izgaranjem i masovna proizvodnja jeftinijih vozila s pogonom na benzin dovodi do manjeg korištenja vozila na električni pogon. Energetske krize 1970-ih i 80-ih dovele su do zanimanja za električne automobile koje je bilo kratkog vijeka te se sredinom 2000. obnovio interes u proizvodnju električnih automobila, uglavnom zbog zabrinutosti oko povećanja cijene nafte i potrebe za smanjenjem emisije stakleničkih plinova.¹

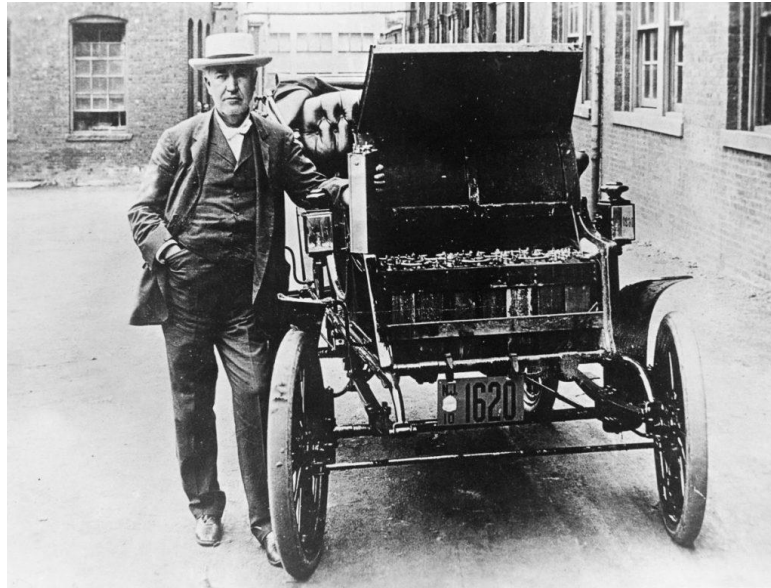
Razlika električnih vozila i vozila koji imaju motor s unutarnjim izgaranjem je najprije motor. Električna vozila se pokreću pomoću elektromotora. Vozila na električni pogon su skuplja na tržištu automobila od vozila s motorom s unutarnjim izgaranjem. Razlika je također i veličina motora, električni automobili imaju manji motor, slabije snage. Motori s unutarnjim izgaranjem su štetniji po okoliš nego elektromotori tj. električna vozila su pogodnija za okoliš nego vozila na benzin ili dizel.

2.1. POVIJEST ELEKTRIČNIH VOZILA

Pojava električnih automobila u povijesti je potaknuta nastankom prvog elektromotora. Prvi elektromotor je konstruiran 1828. godine, daljnjim usavršavanjem elektromotora dolazi do primjene elektromotora u komercijalne svrhe stoga dolazi i do nastanka prvih električnih automobila. Robert Anderson je konstruirao prvi električni automobil između 1832. i 1839. godine. Prvi električni automobil je konstruiran 20 godina prije nego prvi motor s unutarnjim izgaranjem tj. prvi automobil na benzinski pogon. U narednim desetljećima industrija

¹ Višić, A., Brkić, M. i Čučić, R. (2021.): Model povećanja dostupnosti električnih vozila krajnjim korisnicima, 7. (13) savjetovanje, SO6 – 23, Hrvatski ogranak međunarodne elektrodistribucijske konferencije - HO CIRED, Šibenik.

električnih vozila doživljava veliki napredak u razvoju električnih automobila i primjene istih.²



Slika 1. Robert Anderson i prvi električni automobil

Izvor: <https://www.malls15.top/products.aspx?cname=robert+anderson+first+electric+car&cid=4> (1.8.2022.)

- Prvi istosmjerni elektromotor konstruiran je 1834. u SAD-u od strane Thomasa Davenporta;
- Thomas Davenport i Robert Davidson 1842. godine konstruiraju bolji električni automobil s pogonom na cinkove baterije koje nisu bile punjive nego su se mijenjale;
- Camille Alphonse Faure 1881. godine konstruirao olovne baterije većeg kapaciteta što je preduvjet za daljnji razvoj električnih automobila;
- Frank Julian Sprague 1886. godine konstruirao prvi praktični istosmjerni motor koji može održati konstantnu brzinu pri promjenjivom teretu;
- William Morrison 1891. godine proizvodi elektromobil;

Kraj 19. stoljeća smatra se takozvanim zlatnim dobom za električne automobile. U Engleskoj, točnije Londonu se proizvode električni automobili za potrebe taksi prijevoza, a u istom vremenu su uvedeni električni taksiji u New Yorku. Za to vrijeme su već postojali automobili s pogonom na motore s unutarnjim izgaranjem, električni automobili su imali

² M. Stojkov, D. Gašparović, D. Pelin, H. Glavaš, K. Hornung, N. Mikulandra (2014.): Električni automobil - povijest razvoja i sastavni dijelovi, Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Slavonski Brod.

prednost nad svojom konkurencijom: ugodnija vožnja bez potrebe za promjenom stupnjeva, smanjena buka te bolji utjecaj na okoliš zbog nepostojanja ispušnih plinova. Jedini nedostatak u tom vremenu električnih automobila je bio radijus kretanja istih i prosječna brzina. Prvo hibridno vozilo proizvedeno je 1899. godine od strane Lohner-Porschea. Na početku 20. stoljeća u ukupnom broju vozila u SAD-u veći udio su držala električna vozila.

- Charles Kettering 1912. godine patentira električni pokretač za automobile s motorom s unutarnjim izgaranjem;
- Woods Motor Vehicle Company of Chicago proizvodi hibridni automobil 1916. godine.

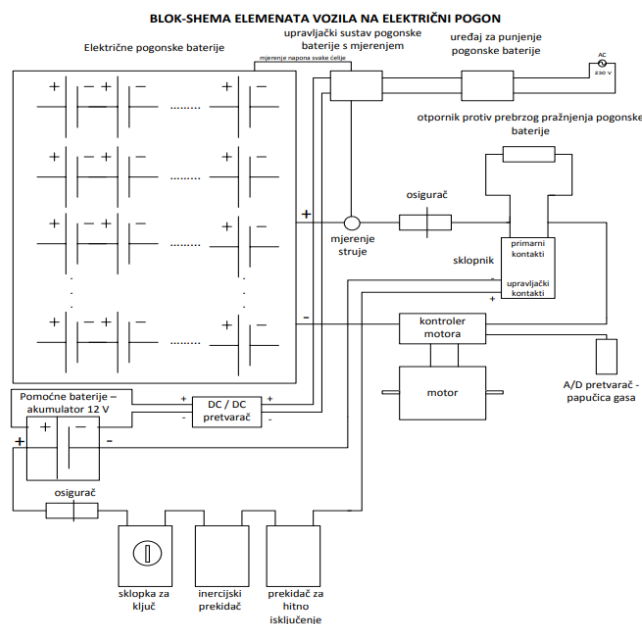
U razdoblju od 1935. godine do 1960. godine dolazi do zastoja u razvoju električnih vozila u SAD-u. Do tada je vozilo s pogonom na motor s unutarnjim izgaranjem bilo neisplativo zbog vrlo visoke cijene nafte. Nakon otkrića nafte u državi Texas cijena nafte pada. Kako se kasnijim razvojem cestovne infrastrukture razvila i međugradska prometnica to je samo odmagalo proizvođačima električnih vozila. Nemogućnost dužih putovanja između gradova davala je prednost vozilima s pogonom na motor s unutarnjim izgaranjem. Za to vrijeme su pronađena nalazišta nafte diljem svijeta i električna vozila postaju sve manje isplativa. U 90-im godinama 20. stoljeća američko zakonodavstvo je u cilju zaštite okoliša donijelo odluku u kojoj traži ekološki prihvatljive automobile s ciljem smanjenja emisije ispušnih plinova. Primjerice, u Californiji 1990. se zakonom definira najmanje 10% ZEV (Zero Emission Vehicle) od ukupnog broja automobila. Reakcija na takvu odluku je bila plasiranje električnih vozila na tržište od strane proizvođača automobila. General Motors na tržište plasira EV1: električni sportski automobil, autonomije 120 km, brzine do 130 km/h, isključivo u najmu za potrebe ispitivanja. Automobilska industrija se žalila na odluku usmjeravanja zakonodavstva na stranu ekologije pa je zatim administracija predsjednika Busha donijela nove zakone koji su išli u korist etanola i biodizela. Nakon toga dolazi do velikog razvoja automobila na pogon gorivnim ćelijama pa je samim time General Motors prekinuo najam svih električnih vozila te ih poslao na uništavanje i recikliranje.

Tijekom cijelog 20. stoljeća, električni automobili su u potpunosti zasjenjeni vozilima s pogonskim motorom s unutarnjim izgaranjem, no u zadnje vrijeme ponovno se javlja interes za električnim automobilima. Sve je veći naglasak na ekološkoj osviještenosti, ali i zbog činjenica da su naftne rezerve ograničene, ponovno postavlja električni automobili u fokus mogućih tehničkih rješenja u prometu. Električna vozila rade vrlo tiho i nemaju

direktnu emisiju štetnih plinova na mjestu funkcije; stoga se njihova najveća primjena očekuje u bolnicama, skladištima, nacionalnim parkovima, parkovima prirode i velikim gradovima.³

2.2. SASTAVNI DIJELOVI ELEKTRIČNOG VOZILA

Sastavni dijelovi električnog vozila su električni motor, pogonske baterije, te upravljač motora. Osim sastavnih dijelova električnog vozila u sklopu vozila se nalaze i ostali dijelovi: analogno-digitalni pretvarač signala papučice gasa, prekidač ili osigurač, sklopnik, istosmjerni pretvarač napona za pogon ugrađenih trošila vozila na naponskoj razini 12 V npr. pokazivači smjera, brisači, svjetla, radio uređaj itd., punjač baterija i mjerni instrumenti za upravljanje vozila npr. pokazivač kapaciteta baterije, napon, snaga, struja, brzina. Električno vozilo može sadržavati još neke dijelove poput kablova pogonskog napona, kablova pomoćnog napona 12 V ili baterija pomoćnog napona 12 V.



Slika 2. Blok-shema elemenata vozila na električni pogon

Izvor: <https://www.bib.irb.hr/717355> (1.8.2022.)

³ Glavaš, Hrvoje; Antunović, Mladen; Keser, Tomislav: Cestovna vozila na električni pogon, Dvadesetšesti skup o prometnim sustavima s međunarodnim sudjelovanjem AUTOMATIZACIJA U PROMETU 2006, Zagreb, KoREMA, 2006.

Na gore prikazanoj blok-shemi elemenata su navedeni svi dijelovi vozila na električni pogon koji su potrebni kako bi to vozilo moglo biti pokrenuto tj. u vožnji.

2.2.1. Električni motor

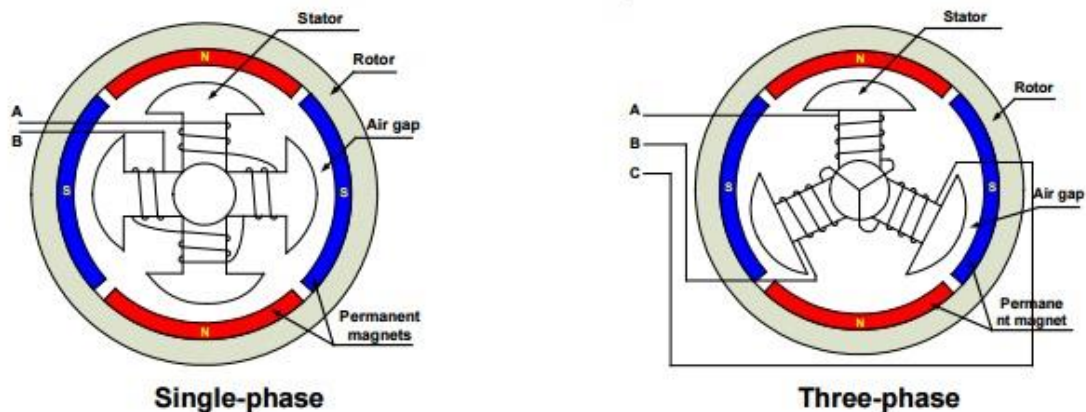
Električni motor je sastavna i najvažnija komponenta električnog automobila. To je stroj koji pretvara električnu energiju u mehaničku na principu elektromagnetske indukcije. Konstrukcijski motor je sastavljen od dva namota (statora i rotora). Prema izvoru napajanja električni strojevi se dijele na: istosmjernne motore (DC), izmjenične motore (AC) i koračne elektromotore. Prednosti izmjeničnih motora (AC) nad istosmjernim motorima (DC) su: manje dimenzije, manja masa, veća brzina vrtnje, manji inercijski moment, veći stupanj korisnog djelovanja, niža cijena, jeftino i jednostavno održavanje. Prednost istosmjernih motora (DC) je jeftinije i lakše upravljanje istima.

Najčešće korišten motor za pogon električnog automobila je BLDC (Brushless DC electric motor). BLDC je sinkroni stroj s rotorskim permanentnim magnetom sa statorskim armaturnim namotom. Kod statorskog armaturnog namota magnetno polje stvoreno na statoru i magnetno polje stvoreno na rotoru su jednakih frekvencija i zahvaljujući uzbudnoj struji moment ovog motora je konstantan. Na statorske namote se dovodi struja koja dovodi do gibanja rotora, zatim se upravljačkim sklopom upravlja strujom dovedenom na statorske namote iz istosmjernog izvora napajanja preko izmjenjivača. Zbog toga je statorskom namotu dovedena izmjenična struja iz čega se može zaključiti da je riječ o elektroničkoj komutaciji. BLDC motor je motor visoke učinkovitosti, velikog okretnog momenta, tihog rada, velike kompaktnosti, pouzdan i malih troškova održavanja.⁴

Naziv „brushless“ tj. bez četkica ukazuje da se za komutaciju ne koriste četkice već je motor elektronički komutiran. Energetski pretvarač s mjernim članom položaja rotora obavlja funkciju kolektora četkica.⁵ Trofazni BLDC motor funkcionira na način da dvije faze koje proizvode najveći okretni napon budu pod naponom, a treća faza isključena. Uvjet koje će dvije faze biti uključene je pozicija rotora.

⁴ Vodovozov, Valery: Electric Drive Dimensioning and Tuning, Bookboon, 2012.

⁵ Yedamale, Padmaraja: Brushless DC (BLDC) Motor Fundamentals, Microchip Technology Inc.,2003



Slika 3. Prikaz jednofaznog i trofaznog BLDC motora

Izvor: <https://electricalbaba.com/brushless-dc-blDC-motor/> (2.8.2022.)

Jednofazni motor ima jedan namot statora namotan u smjeru kazaljke na satu ili u suprotnom smjeru duž svakog kraka statora da proizvede četiri magnetska pola kao što je prikazano na gornjoj slici. Trofazni BLDC motor ima tri namota. Svaka faza uključuje se uzastopno kako bi se rotor okretao.

2.2.2. Električne pogonske baterije

Električne pogonske baterije su baterije koje služe za napajanje elektromotora koji se koristi za pogon električnog vozila. Batrijski sustav je sustav koji se sastoji od ćelija spojenih serijski ili paralelno te zapravo mijenjaju rezervoar goriva koji se koristi u vozilima na pogon motora s unutarnjim izgaranjem. Baterije koje se koriste po tom principu su baterije sekundarnog karaktera tj. baterije s mogućnošću punjenja (akumulator). Po tipovima baterija dijelimo ih na:

- Olovna baterija (Pb)

Olovna baterija je najstariji tip punjive baterije. Karakteristično je robusna i ekonomična, no ima nisku energiju i ograničena je po broju ciklusa punjenja i pražnjenja. Ako se koriste u području gdje se prazne velikim strujama tada im znatno opada vijek trajanja, a isto tako im i na niskim temperaturama kapacitet naglo opada.

Ne bi se smjele puniti strujom većom od 1/10 kapaciteta što automatski rezultira dužim vremenom punjenja.⁶



Slika 4. Prikaz olovnog akumulatora od 6V

Izvor: <https://www.cdelectronic.com.hr/artikel.php?ks=1361048&ks=1361048#gsc.tab=0>
(3.8.2022.)

- Nikal-kadmij baterija (NiCd)

Te baterije proizvode električnu energiju zbog reverzibilne interakcije kadmija (Cd) s nikl-oksido-hidroksidom (NiOOH) i vodom, što rezultira stvaranjem nikl hidroksida Ni(OH)₂ i kadmij hidroksida Cd(OH)₂, što uzrokuje pojavu elektromotorne sile.⁷ Karakterističan im je dug vijek trajanja, visoka struja pražnjenja i ekstremne temperature. U usporedbi s ostalim baterijama su jedne od najizdržljivijih baterija te se vrlo brzo pune. Najveći nedostatak ove baterije je to što je kadmij vrlo opasan i otrovan pa se iz datog razloga danas puno manje koristi, a na velikom dijelu tržišta takve baterije su povučene iz prodaje.



Slika 5. Nikal-kadmij baterija

Izvor: <https://technoluxpro.com/hr/akkumulatory/batarei/ni-cd.html> (3.8.2022.)

⁶ Kos, K. 2011 *Baterije*, Električna Vozila u Hrvatskoj, online: https://www.elektricna-vozila.com.hr/clanak_baterije (3.8.2022.)

⁷ <https://technoluxpro.com/hr/akkumulatory/batarei/ni-cd.html> (3.8.2022.)

- Nikal-metalhidrid baterija (NiMH)

Nikal-metalhidrid baterija spada u skupinu punjivih baterija na bazi nikla. NiMH baterije služe kao zamjena za NiCd baterije zbog posjedovanja blago toksičnih metala. Osiguravaju veću specifičnu energiju. Najveći problem ovih baterija je kratak životni vijek koji je između 2 i 5 godina.



Slika 6. Nikal-metalhidrid baterija

Izvor: <https://technoluxpro.com/hr/akkumulyatory/batarei/ni-mh.html> (3.8.2022.)

- Litij-ion baterija (Li-ion)

Litij-ionske baterije su punjive baterije kojima se tijekom pražnjenja litijevi ioni kreću od negativne elektrode prema pozitivnoj. Obrnuto se događa prilikom punjenja baterije. Karakteristika im je velika gustoća snage, velik kapacitet, dugi vijek trajanja. Najveći nedostatak ovih baterija je visoka cijena na tržištu.



Slika 7. Li-ion baterija

Izvor: <https://www.zed.hr/webshop/proizvod/12006/MKC-Baterija-akumulatorska-18650-3.7-V---2-Ah-blister-4-kom>. (3.8.2022.)

Tablica 1. Usporedba punjivih baterija

Vrsta baterije	Pb	NiCd	NiMH	Li-ion
Napon članka	2V	1.2V	1.2V	4V
Radna temperatura	-40 do 55°C	-40 do 50°C	-20 do 50°C	-20 do 50°C
Samo-pražnjenje	4-6% mjesečno	15-20% mjesečno	30% mjesečno, osim kod nisko samopraznećih baterija (2-3%)	2-3% mjesečno
Energija	30 - 50 Wh/Kg	45 – 80 Wh/Kg	60 – 120 Wh/Kg	90 – 250 Wh/Kg
Vijek trajanja	6 godina	10 godina	2-5 godina	10 godina
Broj ciklusa	500-1000	500-2000	300-600	

Izvor: Izradio student

Po prikazanoj tablici 1 može se iščitati kako je Litij-ionska baterija najkvalitetnija za korištenje u usporedbi s ostalim baterija. Kako to funkcionira i kod ostalih kvalitetnih materijala da kvalitetniji materijali često puta koštaju više na tržištu tako je i kod baterija. Od svih navedenih baterija Li-ion baterija je najskuplja.

Baterijski sustav je ujedno i najskuplja komponenta električnog vozila. Razlog visokoj cijeni je kretanje cijene materijala na tržištu koja je značajno porasla u posljednjih nekoliko godina. Upravo visoka cijena baterija koči adaptaciju električnih vozila na globalnoj razini. Uspoređene su cijene zamjenskih baterija na primjerima električnih vozila⁸:

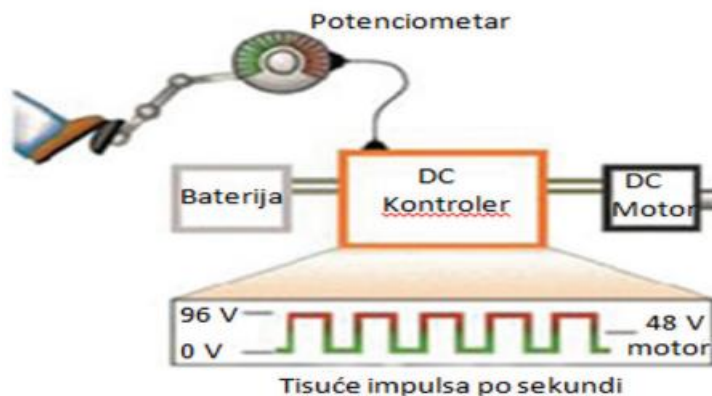
- Tesla Model 3 – 16 000 \$

⁸ <https://revijahak.hr/2022/02/22/baterije-za-elektricne-automobile-koliko-kosta-njihova-zamjena/> (3.8.2022.)

- Nissan Leaf – 10 300 \$ (40 kWh)
- Renault Zoe – 9000 \$
- Mercedes EQA – 15 000 \$

2.2.3. Upravljač motora

Upravljač (kontroler) motora je vrlo složeni elektronički sklop i može ga se promatrati kao funkcionalnu cjelinu s elektromotorom. Cijena upravljača je često puta i veća nego sam elektromotor kojim upravlja. Kao što se može zaključiti po samom nazivu upravljač upravlja radom motora i po funkciji ga se može usporediti s rasplinjačem kod starijih tipova benzinskih motora ili visokotlačnom pumpom kod dizelskih motora. Ovisno o pritisku na papučicu gasa ili kočnicu, upravljač će osigurati motoru struju koja mu je potrebna ili će ga koristiti kao generator u regenerativnom kočenju.⁹



Slika 8. Princip rada upravljača motora u električnom automobilu

Izvor: <https://hrcak.srce.hr/file/316671> (4.8.2022.)

⁹ Šipuš, M. (2018.): Gašenje požara električnih automobila, Vatrogastvo i upravljanje požarima, VIII(1-2), str. 45-57. Preuzeto s: <https://hrcak.srce.hr/216962>, (4.8.2022.)



Slika 9. Izgled upravljača motora

Izvor: <https://eveurope.eu/product/curtis-controller-1236se/> (4.8.2022.)

2.2.4. Ostali dijelovi električnog vozila

Ostali dijelovi električnog vozila su:

- Analogno-digitalni pretvarač signala papučice gasa, predstavlja sučelje između analognih i digitalnih sustava tj. pretvara analogni ulazni signal u digitalni izlazni signal;
- Sklopnik, povezuje, uključuje i isključuje struju u električnim krugovima i uređajima pod normalnim uvjetima i pri električnim opterećenjima;
- Osigurač ili prekidač, služi za napajanje električnih trošila u automobilu, a kada dođe do preopterećenja strujnog kruga ili neispravnosti osigurač se rastali i otvori strujni krug da daljnje preopterećenje ne ošteti strujni krug i prouzroči požar;
- Istosmjerni pretvarač napona za pogon uobičajeno ugrađenih trošila vozila na naponskoj razini 12V, a to su svjetla, pokazivači smjera, brisači, radio uređaj, zvučni signali itd.;

- Mjerni instrumenti za upravljanje vozila, a to su napon, struja, snaga, brzina, pokazivač preostalog kapaciteta baterije;
- Punjač baterija;

Električno vozilo može sadržavati još neke dijelove poput:

- Kablovi pogonskog napona
- Kablovi pomoćnog napona 12V
- Baterije pomoćnog napona 12V
- Kabelski priključci
- Sklopka za ključ
- Prekidač hitnog isključenja
- Inercijski prekidač
- Otpornik protiv prebrzog pražnjenja pogonske baterije
- Upravljački sustav baterija
- Upravljački sustav električnog vozila

3. VRSTE ELEKTRIČNIH/HIBRIDNIH VOZILA

Električna i hibridna vozila po njihovim karakteristikama možemo podijeliti na:

- Hibridni automobili (HEV – Hybrid Electric Vehicle);
- Plug-in hibridni automobili (PHEV – Plug-in Hybrid Vehicle);
- Električni automobili s pogonom na gorive ćelije (FCEV);
- Smart Hybrid Vehicle by Suzuki (SHVS);
- 100% električni automobili (EV – Electric Vehicle);

Navedene vrste električnih/hibridnih automobila će detaljnije biti objašnjeni u daljnjim podnaslovima ovog poglavlja.

3.1. Hibridni automobili (HEV – Hybrid Electric Vehicle)

Današnja hibridna električna vozila (HEV) pokreće motor s unutarnjim izgaranjem u kombinaciji s jednim ili više elektromotora koji koriste energiju pohranjenu u baterijama. Hibridna električna vozila povezuju prednosti visoke uštede goriva i niske emisije plinova iz ispušnih cijevi sa snagom i dometom konvencionalnih vozila. U današnje vrijeme većina proizvođača automobila ima inačice hibridnih automobila također u svojoj ponudi na tržištu. Iako su hibridna vozila često skuplja od konvencionalnih vozila neki troškovi mogu biti nadoknađeni putem uštede goriva ili državnih poticaja za kupovinu hibridnih automobila.¹⁰

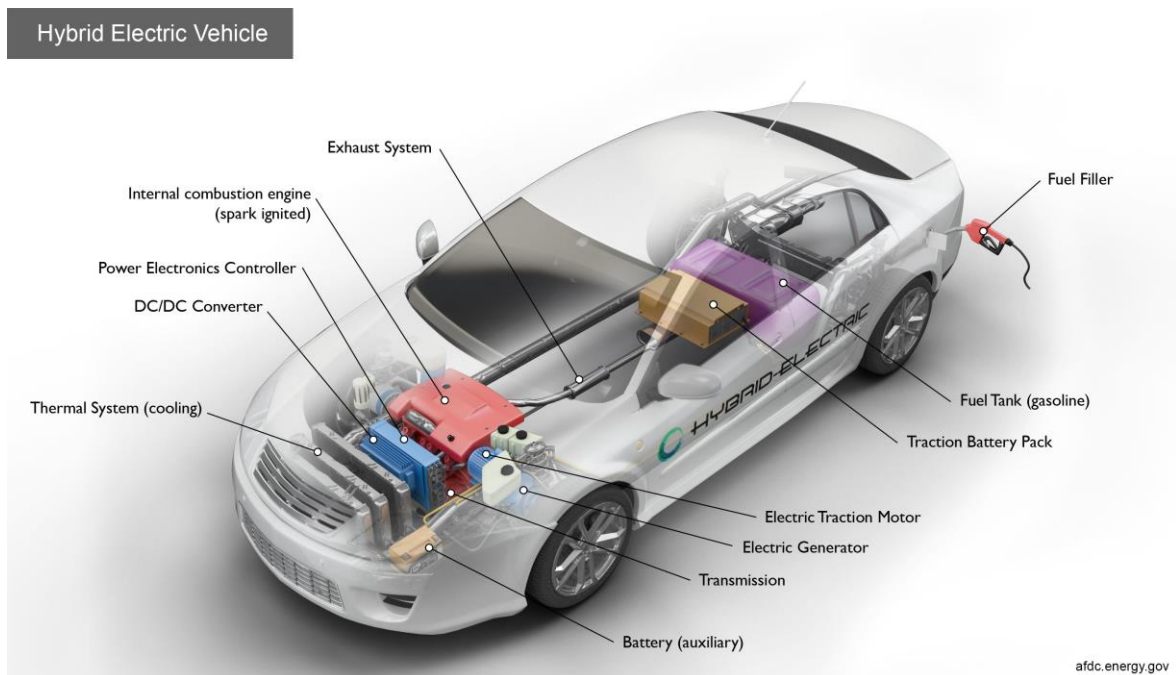
U hibridnom električnom vozilu dodatna snaga koju daje elektromotor može omogućiti posjedovanje manjeg motora s unutarnjim izgaranjem. Baterija također može napajati pomoćna opterećenja i smanjiti rad motora u praznom hodu onda kada je vozilo zaustavljeno. Zajedno, navedene značajke rezultiraju boljom potrošnjom goriva bez žrtvovanja performansi automobila.

HEV se ne može priključiti na vanjske izvore električne energije za punjenje baterije. Umjesto toga, vozilo koristi regenerativno kočenje i motor s unutarnjim izgaranjem za punjenje baterije. Vozilo hvata energiju koja se inače gubi tijekom kočenja koristeći elektromotor kao i generator pohranjujući uhvaćenu energiju u bateriju.

¹⁰ https://afdc.energy.gov/vehicles/electric_basics_hev.html (7.8.2022.)

Hibridna električna vozila mogu biti blagi ili potpuni hibridi.

- Blagi hibridi – Hibridi koji se nazivaju i mikrohibridi. Koriste bateriju i električni motor za napajanje vozila i mogu omogućiti motoru da se ugasi kada se vozilo zaustavi npr. na semaforu ili u stani-kreni prometu. Blagi hibridni sustavi ne mogu pokretati vozilo samo pomoću električne energije. Takvi hibridi općenito koštaju manje od punih hibrida, ali imaju manju ekonomičnost potrošnje goriva od potpunih hibrida;
- Potpuni hibridi – Potpuni hibridi imaju veće baterije i snažnije elektromotore koji mogu pokretati vozilo na kratkim udaljenostima i pri malim brzinama. Ova vozila koštaju više nego blagi hibridi, ali imaju bolju ekonomičnost potrošnje goriva od blagih hibrida.



Slika 10. Raspored komponenti unutar hibridnog električnog vozila

Izvor: <https://afdc.energy.gov/vehicles/how-do-hybrid-electric-cars-work> (7.8.2022.)

Na prikazanoj slici 10 može se primijetiti da komponente koje služe za pokretanje vozila i električnih trošila se nalaze na prednjoj strani automobila, a komponente poput baterije i spremnika za gorivo se nalaze na stražnjoj strani automobila.



Slika 11. Prikaz prijenosa energije unutar hibridnog električnog vozila

Izvor: Izradio student

Na prikazanoj fotografiji nalazi se grafički izgled prijenosa energije unutar hibridnog automobila. U tom trenutku je vozilo bilo u blagom kretanju tj. kretanju malom brzinom. Stoga je vozilo pokrenuto od strane energije koja je pohranjena u bateriji. Na fotografiji također može biti prikazano strelicom kada motor s unutarnjim izgaranjem pokreće vozilo tako što bi iz gornjeg desnog kuta strelica se kretala u smjeru gume. Slikovni prikaz baterije pokazuje kako je baterija napunjena na 70% što je korisno vozaču vozila jer dobiva informaciju o mogućem načinu vožnje svog automobila. Zelena ikonica (EV) u donjem lijevom kutu fotografije znači da je uključena opcija koja omogućava da vozilo bude pokrenuto putem električne energije.

3.2. PLUG-IN HIBRIDNI AUTOMOBILI (PHEV - PLUG-IN HYBRID ELECTRIC VEHICLE)

Plug-in hibridna električna vozila (PHEV) koriste baterije za napajanje elektromotora, kao i drugo gorivo poput benzina ili dizela za napajanje motora s unutarnjim izgaranjem ili drugog izvora pogona. PHEV-ovi mogu puniti svoje baterije pomoću opreme za punjenje i regenerativnim kočenjem. Korištenje električne energije određeno ili cijelo vrijeme smanjuje operativne troškove i potrošnju goriva u usporedbi s konvencionalnim vozilima. Plug-in hibridi također mogu proizvoditi niže razine emisije plinova, ovisno o izvoru električne energije i koliko često vozilo radi u potpuno električnom načinu rada.¹¹

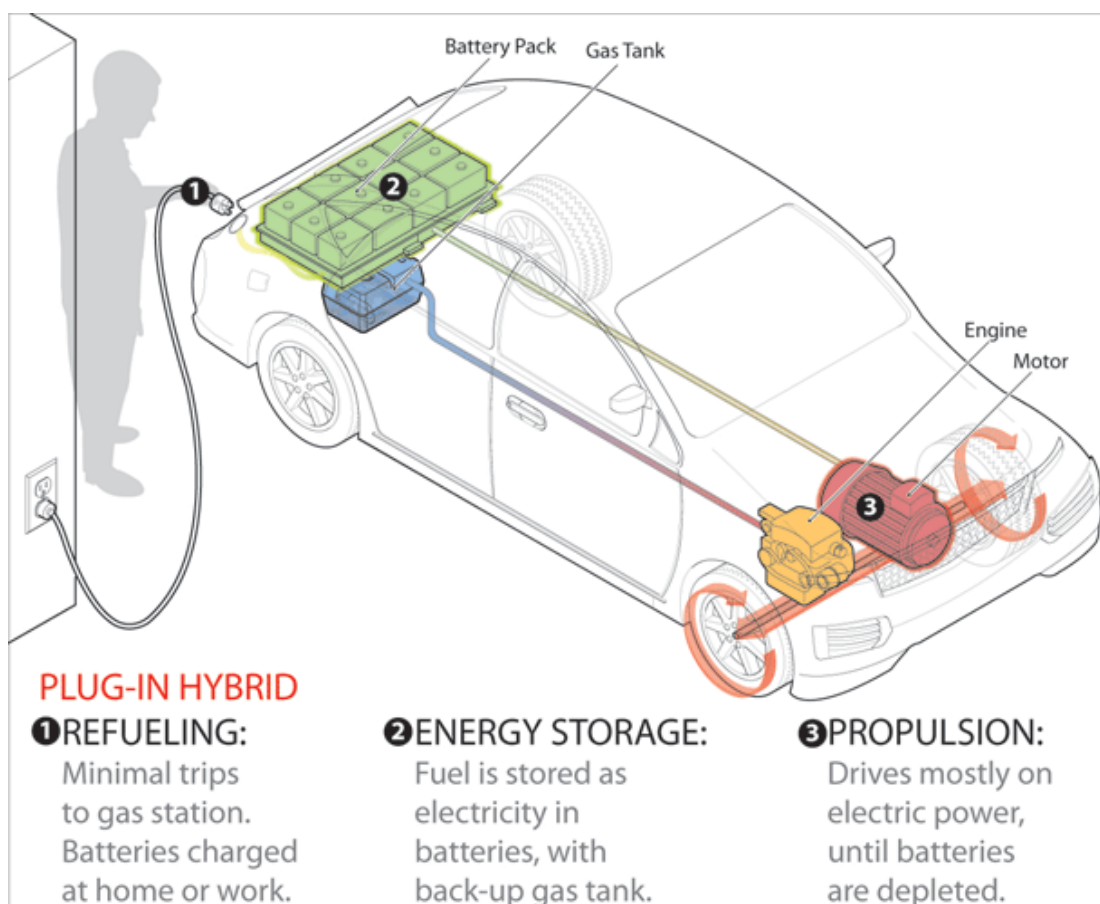
PHEV-ovi imaju motor s unutarnjim izgaranjem i električni motor koji koristi energiju pohranjenu u baterijama. Općenito imaju veće pakete baterija od hibridnih električnih vozila. To omogućuje vožnju na umjerenim udaljenostima koristeći samo električnu energiju (oko 30 do 100 i više kilometara u trenutnim modelima), što se obično naziva „električni domet“ vozila. Tijekom gradske vožnje, većina snage PHEV-a može doći iz pohranjene električne energije. Na primjer vozač PHEV-a mogao bi se voziti na posao i s posla isključivo na električnu energiju, priključiti vozilo na napajanje za punjenje noću i biti spreman za još jedno putovanje na posao na električni pogon idući dan. Motor s unutarnjim izgaranjem pokreće vozilo većinom kada je baterija prazna, tijekom naglog ubrzanja ili kada su prisutna intenzivna opterećenja grijanja ili klimatizacije.

PHEV baterije mogu se puniti vanjskim izvorom električne energije, motorom s unutarnjim izgaranjem ili s regenerativnim kočenjem. Isto kao i kod hibridno električnih vozila tijekom kočenja elektromotor djeluje kao generator koristeći energiju za punjenje baterije, vraćajući tako energiju koja bi bila izgubljena. Potrošnja goriva PHEV-ova ovisi o prijedenoj udaljenosti između punjenja baterije. Na primjer, ako se vozilo nikad ne priključi na napajanje radi punjenja potrošnja goriva bit će otprilike ista kao kod hibridnog električnog vozila. Ako se vozilo vozi na udaljenosti kraćoj od svojeg potpunog električnog dometa i priključeno je na napajanje za punjenje između dva putovanja postoji mogućnost korištenja samo električne energije za vožnju. Upravo iz tog razloga je konstantno punjenje vozila najbolji način da se maksimiziraju električne prednosti.

¹¹ https://afdc.energy.gov/vehicles/electric_basics_phev.html (7.8.2022.)

Osim pohrane baterije i snage motora postoje različiti načini kombiniranja snage iz elektromotora i motora s unutarnjim izgaranjem. Dvije glavne konfiguracije su serijska i paralelna. Neki PHEV-ovi koriste prijenose koji im omogućuju rad u paralelnim ili serijskim konfiguracijama, prebacujući se između njih na temelju profila vožnje.

- Paralelni hibridni rad koristi motor s unutarnjim izgaranjem i elektromotor radi upravljanja kotačima putem mehaničke spojke. I elektromotor i motor s unutarnjim izgaranjem mogu izravno pokretati kotače;
- Serijski plug-in hibridi koriste samo električni motor za pogon kotača. Motor s unutarnjim izgaranjem koristi se za proizvodnju električne energije za elektromotor. Vozila ove vrste često se nazivaju „električnim vozilima produženog dometa“. Elektromotor pokreće kotače gotovo cijelo vrijeme, ali vozilo se može prebaciti na rad poput paralelnog hibrida pri brzinama na autocesti kada se baterija isprazni do kraja.



Slika 12. Princip punjenja Plug-in hibridnog električnog vozila

Izvor: <https://pluginhybridreviews.wordpress.com/plugin-hybrids/> (7.8.2022.)

Slika 12 prikazuje način punjenja Plug-in hibridnog električnog vozila. Vozilo se putem konektora spoji na vanjski izvor električne energije. Električna energija se zatim pohranjuje u baterije dok se baterije ne napune do maksimalnog kapaciteta. Vozilo se vozi većinom na električni izvor napajanja dok se baterije ne isprazne do kraja.

3.3. ELEKTRIČNI AUTOMOBILI S POGONOM NA GORIVE ĆELIJE (FCEV)

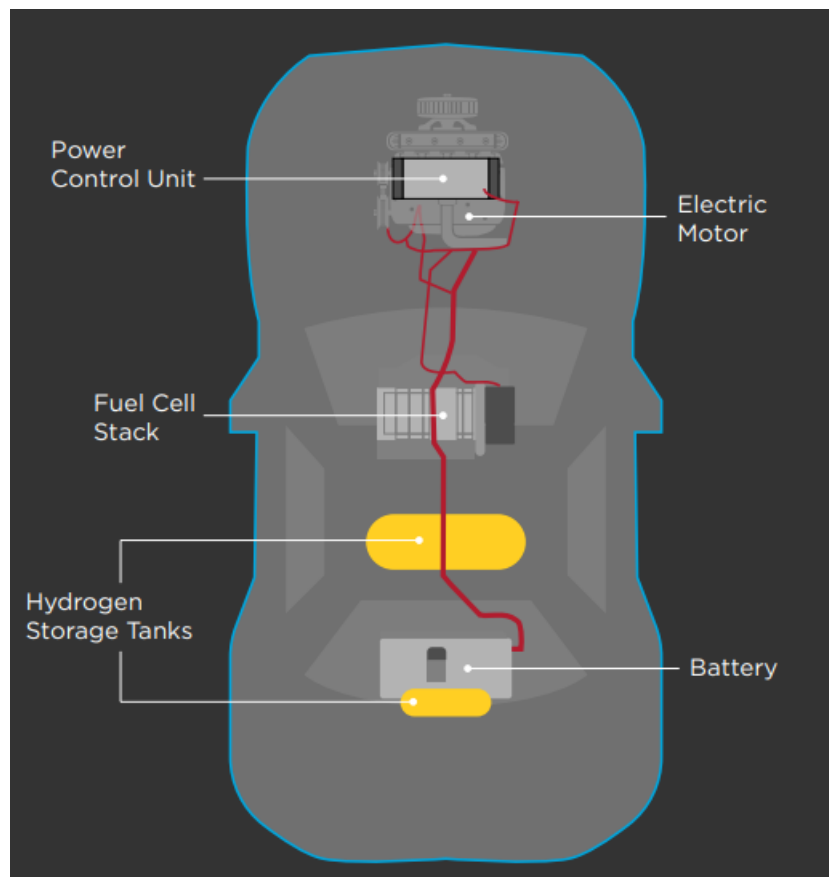
Električna vozila s gorivim ćelijama (FCEV) pokreću se pomoću vodika. Učinkovitija su od konvencionalnih vozila s motorom s unutarnjim izgaranjem i ne proizvode ispušne plinove, tj. ispuštaju samo vodenu paru i topli zrak. FCEV-ovi i vodikova infrastruktura za gorivo u ranoj su fazi implementacije. Ministarstvo energetike SAD-a predvodi istraživačke napore kako bi vozila s pogonom na vodik postala pristupačna, ekološki prihvatljiva i sigurna opcija prijevoza. Prema Zakonu o energetskej politici iz 1992. vodik se smatra alternativnim gorivom i kvalificiran je kao takav za porezne olakšice za vozila na alternativna goriva u SAD-u.

FCEV-ovi koriste pogonski sustav sličan onom koji imaju električna vozila, gdje se energija pohranjena kao vodik pretvara u električnu energiju pomoću gorive ćelije. Za razliku od konvencionalnih motora s unutarnjim izgaranjem ova vozila ne proizvode štetne emisije plinova iz ispušnih cijevi. Ostale prednosti uključuju povećanje energetske otpornosti države kroz raznolikost i jačanje gospodarstva.¹² FCEV-ovi se pokreću čistim vodikovim plinom pohranjenim u spremniku u vozilu. Slično kao vozila s motorom s unutarnjim izgaranjem mogu napuniti gorivo za manje od 4 minute i imaju domet vožnje preko 500 kilometara. FCEV-ovi su opremljeni drugim naprednim tehnologijama za povećanje učinkovitosti, poput sustava regenerativnog kočenja koji primaju energiju izgublenu tijekom kočenja i pohranjuju ju u bateriju. Veliki proizvođači automobila javnosti na određenim tržištima nude ograničen, ali iz dana u dan rastući broj proizvodnih FCEV-ova, u skladu s onim što razvojna infrastruktura može podržati.

Najčešći tip gorivih ćelija za primjenu u vozilima je goriva ćelija s polimernom elektrolitskom membranom (PEM). U PEM gorivoj ćeliji elektrolitska membrana je stisnuta

¹² https://afdc.energy.gov/vehicles/fuel_cell.html (8.8.2022.)

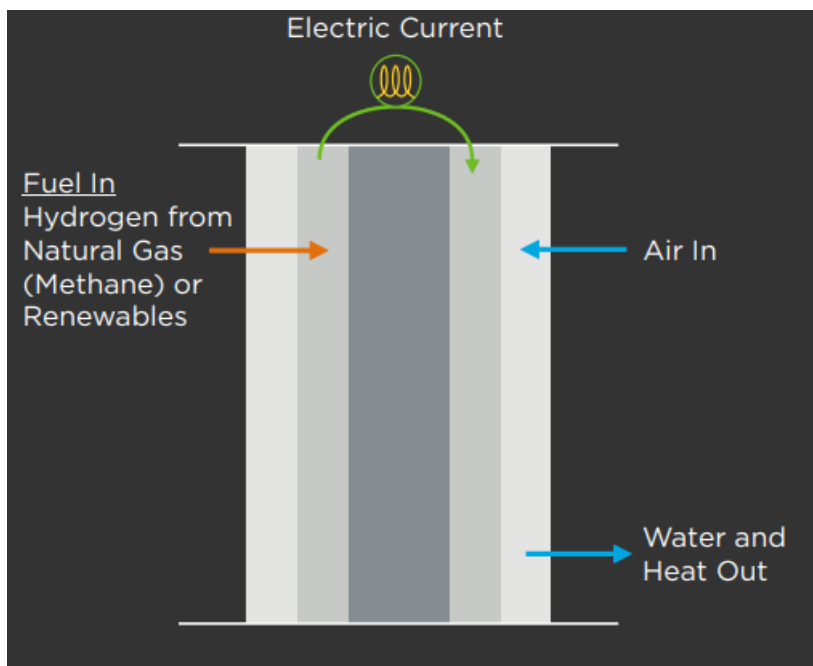
između pozitivne elektrode (katode) i negativne elektrode (anode). Na anodu se dovodi vodik, a na katodu kisik. Molekule vodika se raspadaju na protone i elektrone zbog elektrokemijske reakcije u katalizatoru gorive ćelije. Protoni potom putuju kroz membranu do katode. Elektroni su prisiljeni putovati kroz vanjski krug kako bi izvršili rad (davanje snage električnom automobilu), zatim se ponovno kombiniraju s protonima na strani katode gdje se protoni, elektroni i molekule kisika spajaju u vodu.



Slika 13. Prikaz rada FCEV sustava

Izvor: https://www.energy.gov/sites/prod/files/2015/07/f24/fcto_fcev_infographic_0.pdf (8.8.2022.)

Slikom 13 prikaza rada FCEV sustava uočava se kako je baterija smještena između dva vodikova spremnika i povezuje se preko spremišta gorivih ćelija s elektromotorom. FCEV sustav generira električnu energiju preko kemijske reakcije spajanja vodika i zraka u vodu.



Slika 14. Vodikova goriva ćelija

Izvor: https://www.energy.gov/sites/prod/files/2015/07/f24/fcto_fcev_infographic_0.pdf (8.8.2022.)

Na slici 14 prikazana je vodikova goriva ćelija i način na koji ona proizvodi električnu energiju, spajanjem vodika i kisika.



Slika 15. Hyundai NEXO

Izvor: <https://www.hyundai.co.uk/new-cars/nexo> (8.8.2022.)

Na fotografiji 15 nalazi se prvo FCEV vozilo automobilskeg proizvođača Hyundai, Hyundai NEXO.

Utjecaj FCEV-ova na okoliš ovisi o primarnoj energiji kojom je proizveden vodik. FCEV-ovi su ekološki benigni samo ako se vodik proizvodi obnovljivom energijom. Ako je to slučaj, onda su automobili na gorive ćelije čišći i učinkovitiji od automobila na fosilna goriva. Nisu tako učinkoviti kao baterijska električna vozila koja troše puno manje energije u lancu pretvorbe. Obično FCEV-ovi troše 2.4 puta više energije od električnog automobila na baterije, jer su elektroliza i skladištenje vodika puno manje učinkoviti od korištenja električne energije za izravno punjenje baterije. U 2020. godini motorna vozila su potrošila 67.2% nafte u SAD-u i proizvela su preko 60% ugljičnog monoksida i oko 20% emisija stakleničkih plinova u SAD. Proizvodnja vodika koji se koristi u proizvodnji benzina među svojim industrijskim potrebama upotrebama odgovorna je za 10% emisije stakleničkih plinova. Vozilo s pogonom na čisti vodik gotovo ne zagađuje okoliš jer proizvodi uglavnom vodu i toplinu. Pozitivan utjecaj na okoliš ima samo onda kada se vodik proizvodi iz obnovljivih izvora energije. ¹³

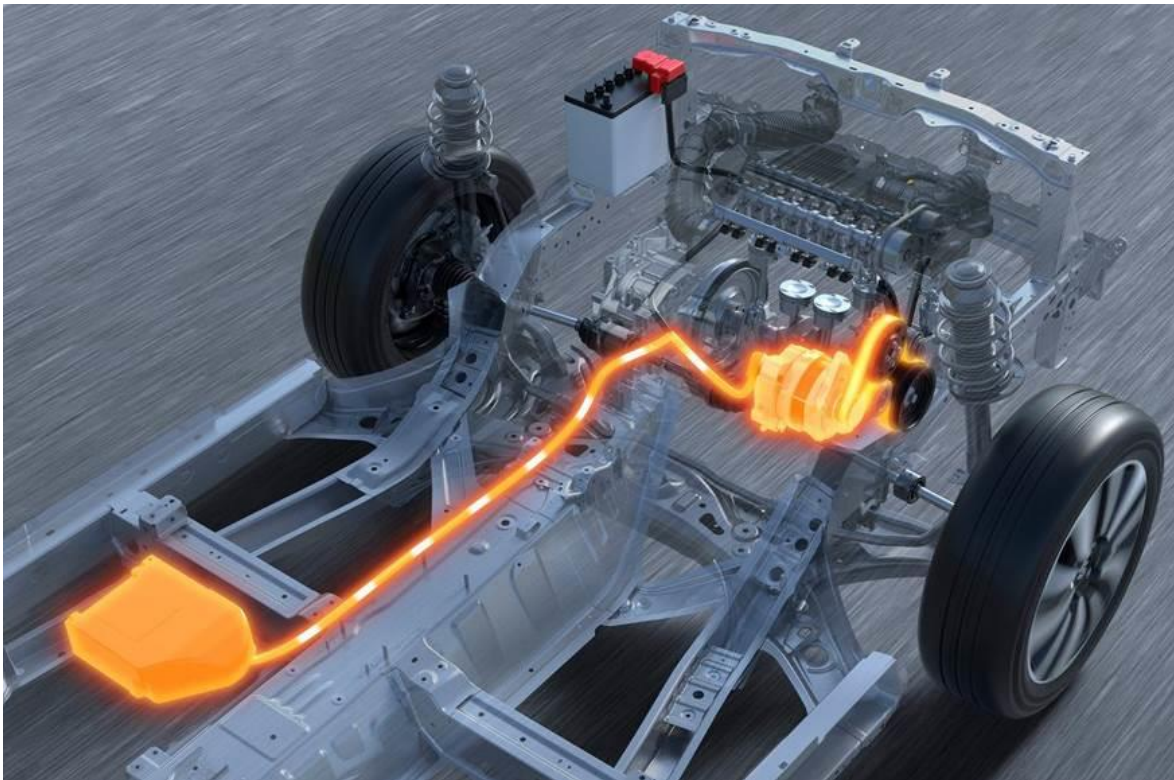
3.4. SMART HYBRID VEHICLE BY SUZUKI (SHVS)

Suzuki je napravio svoje prve korake u svijetu tehnologije električnih automobila lansiranjem Smart Hybrid Vehicle by Suzuki (SHVS). Ova nova tehnologija sada je dostupna u skoro svakom Suzuki modelu, a prvi put je bila predstavljena 2016. u Suzuki Baleno modelu. Ovaj tzv. „blagi“ hibridni sustav prati kako automobil troši gorivo i iskorištava snagu. SHVS nudi bolju ukupnu kilometražu i dodatnu snagu kada je potrebna bez preopterećenja motora, čineći SHVS modele automobila još učinkovitijim u potrošnji goriva i isplativijim.

Inovativni sustav radi na principu pretvaranja kinetičke energije koja se stvara prilikom kočenja ili usporavanja u električnu energiju. Ta energija se zatim pohranjuje u posebnu bateriju koja se koristi za poboljšanje ukupne učinkovitosti SHVS modela automobila. Ta dodatna baterija je litij-ionski tip baterije i nalazi se ispod vozačevog sjedala te ima visoke performanse u kompaktnoj veličini. Generirana energija se zatim koristi na dva ključna načina kako bi se poboljšala učinkovitost SHVS vozila. Prvi način je davanjem energije Suzukijevom integriranom starter generatoru (ISG). ISG zauzima mjesto konvencionalnog

¹³ <https://www.eia.gov/energyexplained/oil-and-petroleum-products/use-of-oil.php> (9.8.2022.)

alternatora. ISG je generator s funkcijom motora. Njegova učinkovitost generiranja je veća od učinkovitosti alternatora. ISG pruža dodatnu potporu motoru pri ubrzanju na uzbrdici. Uz pojačano ubrzanje hibridni sustav također uključuje značajku stop/start. Značajka stop/start isključuje motor kada vozilo miruje, smanjujući potrošnju goriva i emisiju ispušnih plinova u gustom prometu. ISG čini ponovno pokretanje motora tišim i ugodnijim nego kod konvencionalnih sustava za stop/start motora. SHVS pomaže ovom stop/start sustavu električnim asistiranjem benzinskog motora pri početnom ubrzanju smanjujući preopterećenje motora i poboljšavajući ukupnu učinkovitost motora.¹⁴



Slika 16. Princip funkcioniranja SHVS sustava

Izvor: <https://www.autocarindia.com/car-news/maruti-suzuki-to-show-e-survivor-concept-hybrid-tech-at-auto-expo-407109> (9.8.2022.)

¹⁴ <https://www.twwhiteandsons.co.uk/technology/smart-hybrid-vehicles-suzuki-shvs/> (9.8.2022.)

Na slici 16 prikazan je princip rada SHVS sustava u trenutku ubrzavanja kada baterija pomoću pohranjene električne energije asistira motoru u ubrzavanju. Na taj način se povećava ekonomičnost potrošnje goriva i poboljšava ukupan rad motora.

3.5. 100 % ELEKTRIČNI AUTOMOBILI (EV - ELECTRIC VEHICLE)

100% električni automobili, koji se nazivaju i baterijska električna vozila (BEV) koriste baterije za pohranjivanje električne energije koja pokreće motor. Baterije se pune na način da se vozilo spoji na vanjski izvor električne energije. Iako proizvodnja električne energije može pridonijeti onečišćenju zraka Agencija za zaštitu okoliša SAD-a kategorizira 100% električna vozila kao vozila s nultom emisijom plinova jer ne proizvode izravne emisije ispušnih plinova. Komercijalno su dostupna i teška i laka 100% električna vozila. BEV su obično skuplji od sličnih konvencionalnih ili hibridnih vozila, iako se dio troškova može nadoknaditi kroz uštedu goriva, državne poticaje i smanjena davanja na tehničkom pregledu i policama osiguranja od automobilske odgovornosti.¹⁵

Današnja 100% električna vozila općenito imaju kraći domet po jednom punjenju od usporedivih vozila koja se pokreću npr. na plinski pogon. Međutim sve veći raspon novih modela automobila i kontinuirani razvoj opreme za punjenje velike snage smanjuju taj jaz. Učinkovitost i domet BEV-a značajno se razlikuju ovisno o uvjetima vožnje. Ekstremne vanjske temperature smanjuju domet, jer se mora potrošiti više energije za grijanje ili hlađenje kabine. Električni automobili učinkovitiji su u gradskoj vožnji nego u vožnji autocestom. Uvjeti gradske vožnje uključuju češća zaustavljanja što povećava prednosti regenerativnog kočenja, dok vožnja autocestom obično zahtjeva više električne energije za prevladavanje povećanog otpora pri većim brzinama. U usporedbi s postepenim ubrzavanjem, brzo ubrzavanje smanjuje domet vozila. Vuča teškog tereta ili vožnja uz značajne uzbrdice također može smanjiti domet.

¹⁵ https://afdc.energy.gov/vehicles/electric_basics_ev.html (9.8.2022.)



Slika 17. Tesla Roadster, model iz 2008. godine

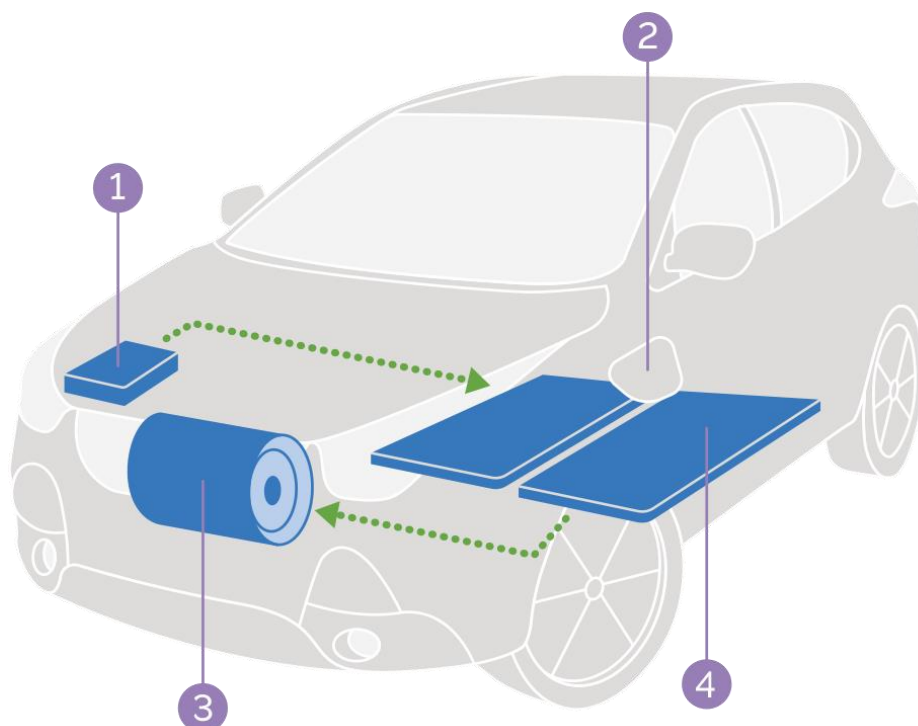
Izvor: <https://www.edmunds.com/tesla/roadster/2008/review/> (9.8.2022.)

Kalifornijski proizvođač električnih automobila Tesla Motors započeo je 2004. godine razvoj Tesla Roadstera, koji je kupcima isporučen prvi put 2008. godine. Roadster je bio prvi električni automobil u serijskoj proizvodnji za autoceste koji je koristio litij-ionske baterije i prvi električni automobil koji je prešao više od 320 kilometara s jednim punjenjem. Od 2008. do prosinca 2012. Tesla Motors je prodao oko 2450 Roadstera u preko 30 zemalja.

16

Danas većinu električnih automobila pokreću punjive litij-ionske baterije koje su poznate po kompaktnosti i vrlo visokoj gustoći energije. Pone se putem vanjskog izvora električne energije koji može biti npr. i standardna utičnica od 120 volti. Punjač preuzima dolaznu izmjeničnu struju (AC) i pretvara u istosmjernu struju (DC) kako bi napunio glavnu bateriju. Električni vučni motor koristi isporučenu snagu za pokretanje kotača automobila. Proces uključuje razne sofisticirane elektroničke komponente.

¹⁶ Shahan, Z. (2015.): Electric car evolution, Clean Technica; dostupno na: <https://cleantechnica.com/2015/04/26/electric-car-history/> (9.8.2022.)



Slika 18. Komponente električnog automobila

Izvor: <https://driveclean.ca.gov/battery-electric> (9.8.2022.)

Na slici iznad su prikazane komponente električnog automobila:

1. Punjač ugrađen u automobilu – Pretvara dolaznu izmjeničnu struju (AC) u istosmjernu struju (DC) kako bi se mogla napuniti baterija;
2. Priključak za punjenje – Preko njega se automobil priključuje na vanjski izvor napajanja zbog punjenja baterije;
3. Električni motor – Napajanje se odvija preko baterije, pokreće motor u svakom trenutku vožnje;
4. Baterija – najčešće postavljena ispod sjedala kako bi se bolje raspodijelila težina, baterije mogu biti i do 100 kWh i koriste se za napajanje električnog motora.

3.6. USPOREDBA HEV i SHVS HIBRIDNIH VOZILA NA PRIMJERIMA: TOYOTA C-HR I SUZUKI SWIFT

U ovom poglavlju će se napraviti usporedba dva različita tipa hibridnih vozila: Hibridno električno vozilo (HEV) i Smart Hybrid Vehicle by Suzuki (SHVS). Na konkretnim primjerima Toyote C-HR (HEV) i Suzuki Swift (SHVS) će se usporediti rad njihovih hibridnih pogona kao i performanse i ekonomičnost potrošnje goriva.

3.6.1. Toyota C-HR (HEV – hybrid electric vehicle)



Slika 19. Toyota C-HR

Izvor: Izradio student

Jedan od dva usporedna automobila je: Toyota C-HR, 1.8 Hybrid, 2018. godina, 72 kW. Testna vožnja s navedenim automobilom je trajala 1 sat tj. 61 kilometar ceste. Prilikom usporedbe najviše će se usporediti ekonomičnost potrošnje goriva hibridnog automobila i SHVS automobila. Toyota C-HR je hibridni automobil koji može voziti na pogon benzinskog motora i elektromotora ovisno o situaciji u prometu. Toyota C-HR također ima opciju da vožnju prebaci skroz na pogon elektromotora i može voziti na taj način dok ne

isprazni do kraja bateriju u kojoj je pohranjena električna energija. Na taj način produžuje domet koje vozilo može dostići tokom jednog punjenja. Na Slici 11. u ovom diplomskom radu je prikazan prijenos energije iz baterije preko elektromotora prema kotačima te se na taj način vozilo pokreće u blagom kretanju tj. ubrzanju. Fotografija je napravljena upravo na navedenom primjerku Toyote C-HR.



Slika 20. Grafički prikazan prijenos energije iz pogonskog motora

Izvor: Izradio student

Na slici 20 se nalazi grafički prikaz prijenosa energije iz pogonskog motora s unutarnjim izgaranjem. Crvenim strelicama je označen smjer energije u kojem se prijenos odvija. Energija koja ide u smjeru baterije se zapravo dobiva iz okretnog momenta motora s unutarnjim izgaranjem te se višak energije pohranjuje u baterije. Strelica koja se kreće u smjeru kotača označava energiju koja se koristi za pokretanje vozila tj. vožnju.



Slika 21. Sustav regenerativnog kočenja – Toyota C-HR

Izvor: Izradio student

Na gornjoj fotografiji se može promotriti kako prilikom kočenja u hibridnom automobilu dolazi do pohranjivanja energije u baterije. Zelena strelica na fotografiji označava smjer kretanja energije iz kotača prema bateriji u koju se pohranjuje za potrebne trenutke u vožnji.



Slika 22. Potrošnja goriva u testnoj vožnji

Izvor: Izradio student

Na zadanoj fotografiji grafički je prikazana potrošnja goriva u razdoblju testne vožnje, tj. 61 kilometar. Prilikom vožnje prosječna potrošnja goriva je iznosila 5.7L/100km. Kako bi brojka bila što realnija vožnja se odvijala kombinirano na otvorenoj cesti te dio tzv. „gradske vožnje“.

3.6.2. Suzuki Swift (SHVS – smart hybrid vehicle by suzuki)



Slika 23. Suzuki Swift

Izvor: Izradio student

Prilikom usporedbe dvaju hibridnih tipova vozila korišteni primjerak automobila je: Suzuki Swift, 1.2 GLX, 2019. godina, snage 66 kW. Automobil je testno vožen 60 kilometara kako bi se mogla usporediti učinkovitost motora, hibridnog sustava (SHVS) te ekonomičnosti potrošnje goriva. Suzuki Swift koristi SHVS hibridni sustav koji kao što je i ranije u radu napisano se koristi u situacijama prilikom ubrzavanja i davanja snage bez dodatnog preopterećivanja motora. Njegova korisnost se primjećuje i prilikom korištenja funkcije Stop/Start kada se motor nalazi u stanju mirovanja i smanjuje potrošnju goriva i emisije ispušnih plinova.



Slika 24. Grafički prikaz rada sustava regenerativnog kočenja

Izvor: Izradio student

Na fotografiji iznad prikazan je sustav regenerativnog kočenja u funkciji tokom vožnje. S lijeve strane na instrument ploči gdje se mjeri okretni moment motora je postavljena ikonica koja predstavlja punjenje baterije jer je u tom trenutku u funkciji sustav regenerativnog kočenja. Isti taj sustav je prikazan na zaslonu i objašnjen je pomoću bijelih strelica koje idu iz smjera kotača prema motoru, zatim prema elektromotoru te na posljeticu prema bateriji. Bijele strelice označavaju kretanje energije i pohranjivanje električne energije u bateriju za buduće potrebe.



Slika 25. Fotografija grafičkog prikaza korištenja pohranjene energije

Izvor: Izradio student

Fotografija je nastala u trenutku ubrzavanja automobila te su zbog toga grafički prikazane plave strelice na zaslonu. Plave strelice se kreću od baterije preko elektromotora i motora do kotača. To znači da se u tom trenutku automobil pokreće preko električne energije pohranjene u baterijama. Upravo zbog toga je automobil u navedenoj situaciji smanjio potrošnju goriva i emisiju ispušnih plinova.



Slika 26. Grafički prikaz vožnje na pogon motora s unutarnjim izgaranjem

Izvor: Izradio student

Fotografija iznad prikazuje zaslon koji je prikazan u trenutku vožnje na pogon motora s unutarnjim izgaranjem. Strelice označene crvenom bojom se kreću iz smjera benzinskog motora prema kotačima što u prijevodu znači da se vozilo u tom trenutku vozi na energiju proizvedenu iz motora s unutarnjim izgaranjem. Na taj način se voze tradicionalna vozila s motorima s unutarnjim izgaranjem. U takvoj situaciji SHVS sustav ne radi i nema uštede potrošnje goriva i smanjenja emisije ispušnih plinova.



Slika 27. Fotografija zaslona u trenutku Start/Stop funkcije

Izvor: Izradio student

Na prikazanoj fotografiji je zaslon kada je vozilo zaustavljeno, a uključena je opcija Start/Stop funkcije. Na grafičkom prikazu nema nikakvih strelica jer je vozilo u stanju mirovanja. Takva situacija je moguća kada vozilo stoji na semaforu, u dužoj koloni itd. Start/Stop funkcija pomaže vozilu u principu uštede potrošnje goriva i smanjenja emisije ispušnih plinova.



Slika 28. Grafički prikazana potrošnja goriva prilikom testne vožnje

Izvor: Izradio student

Na slici 28 se nalazi grafički prikaz prosječne potrošnje goriva prilikom testne vožnje. Za vrijeme testne vožnje koja je trajala 1 sat tj. 60 kilometara prosječna potrošnja goriva iznosila je 6.3L/100 km. Vožnja se obavljala kombinirano na otvorenoj cesti i u tzv. „gradskoj vožnji“. Kada usporedimo potrošnju Suzuki Swifta (SHVS) i Toyote C-HR (HEV) dolazimo do zaključka kako je Toyota C-HR prilikom testne vožnje imala manju potrošnju u prosjeku 0.6L/100 km. Također manja emisija ispušnih plinova dolazi iz Toyote C-HR jer puno veći domet obavlja na pogon električne energije nego Suzuki Swift (SHVS). S obzirom da je SHVS sustav ograničen u odnosu na HEV pogon što se tiče korištenja električne energije prilikom vožnje logičan je bio rezultat da u prosjeku manje goriva potroši hibridni automobil tj. HEV. Ipak prednost SHVS nad HEV-om je njegova cijena tj. puno je pristupačniji na tržištu kao „blagi hibrid“ nego li HEV.

4. REGENERATIVNO KOČENJE KOD HIBRIDNIH I ELEKTRIČNIH VOZILA

Regenerativno kočenje je svako kočenje pri kojem se dio kinetičke energije pretvara u neki drugi oblik energije. Kod električnih i hibridnih automobila energija se pohranjuje u bateriju. Sustav regenerativnog kočenja najzastupljeniji je u automobilskoj industriji upravo kod električnih i hibridnih automobila. Tehnologija regenerativnog kočenja prvi put je korištena na trolejbusima, a njenu funkcionalnost su prepoznali i proizvođači električnih bicikala i proizvođači bolida za Formulu 1.

U tradicionalnom sustavu kočenja disk pločice stvaraju trenje s disk kočnicom u cilju da zaustave ili uspore vozilo. Naknadno trenje se događa između usporavanja kotača i površine na kojoj se vozilo kreće. Navedeno trenje pretvara kinetičku energiju u toplinu. S regenerativnim kočnicama sustav koji upravlja vozilom čini veći dio kočenja. Nakon što se pritisne papučica kočnice u električnom automobilu, električni motor dobiva signal zbog kojeg se počinje kretati u suprotnom smjeru čime se kotači automobila usporavaju. Za vrijeme te radnje motor funkcionira kao električni generator te proizvodi električnu energiju koja se kasnije pohranjuje u baterijama. Takva vrsta kočnica najbolje funkcionira pri određenim brzinama. U vožnji kreni-stani (Start/Stop) je najučinkovitija. Električni i hibridni automobili posjeduju i tradicionalne kočnice koje se koriste za slučajeve onda kada sustav regenerativnog kočenja ne može osigurati dovoljno snage kako bi se vozilo zaustavilo.¹⁷



Slika 29. Kruženje energije kroz električni automobil

Izvor: <https://korak.com.hr/regenerativno-kocenje/> (11.8.2022.)

¹⁷ <https://korak.com.hr/regenerativno-kocenje/> (11.8.2022.)

Sofisticirani elektronički krugovi odlučuju kada motor treba okrenuti smjer te preusmjeriti električne krugove da proizvedenu električnu energiju pohrane u baterije od strane motora. U nekim situacijama, energija proizvedena ovim kočnicama pohranjuje se u kondenzatorima za kasniju upotrebu. S obzirom da električna vozila imaju i standardni sustav kočnica, elektronika u vozilu mora odlučiti kada je koji sustav prikladan za korištenje. Vozač električnog ili hibridnog automobila ima opciju odabrati pripremljene postavke koje određuju kako će njegov automobil reagirati u određenim situacijama. U nekim električnim automobilima vozač može odabrati hoće li regenerativno kočenje onog trenutka kad se vozačeva noga makne s papučice gasa i hoće li sustav regenerativnog kočenja djelovati skroz do trenutka dok se vozilo skroz ne zaustavi ili će prestati djelovati nekoliko trenutaka prije potpunog zaustavljanja, dok je automobil još u laganom kretanju.

Regenerativni kontroleri kočenja su uređaji koji imaju opciju upravljanja kočnicama na daljinu, odlučuju kad kočenje počinje, završava i koliko brzo se kočnice primjenjuju. Regenerativno kočenje provodi se u simbiozi sa anti-lock kočionim sustavima (ABS) te je zbog toga vođenje regenerativnog kočenja slično ABS kontroleru. U automobilima koji koriste navedene vrste kočnica upravljač kočnica ne nadzire samo brzinu rotacije kotača, nego može također izračunati koliko je zakretnog momenta dostupno za proizvodnju električne energije koja bi se mogla pohraniti u baterije. Tijekom kočenja kontroler šalje električnu energiju koju proizvede motor u baterije. Osigurava da baterije prime potrebnu količinu energije, ali i garantira da količina novonastale električne energije nije veća od maksimalnog kapaciteta baterija. Najbitnija funkcija kod kočenja je odluka upravljačkog sklopa kočnica je li motor sposoban u tom trenutku podnijeti silu koja je potrebna za zaustavljanje vozila. Ako nije, tada upravljački sklop prebacuje radnju zaustavljanja na tradicionalni sustav kočenja koji funkcionira na principu trenja i izbjegava moguću prometnu nesreću.

U razvijanju je alternativni regenerativni sustav kočenja, Hidraulični asistent snage (Hydraulic Power Assist – HPA). Kad vozač u vožnji želi započeti radnju kočenja, uz HPA kinetička energija automobila koristi se za napajanje reverzibilne pumpe, koja usmjerava hidrauličnu tekućinu iz akumulatora niskog tlaka u akumulator visokog tlaka. Pritisak se dobiva dušikovim plinom u akumulatoru, koji je komprimiran dok tekućina ulazi u prostor u kojem je nekoć bio plin. Ta radnja usporava vozilo i pomaže vozilu da se zaustavi. Tekućina je pod tlakom u akumulatoru do onog trenutka kada se ponovno pokreće akcelerator te se tada pumpa okrene i tekućina koja je pod tlakom se koristi za ubrzanje

vozila. Energija se prevodi iz kinetičke koju je automobil imao prije kočenja u mehaničku energiju koja ubrzava vozilo i pomaže mu da se vrati na prethodnu brzinu. Predviđanja su da bi uz unapređenja takav sustav mogao pohraniti 80% trenutnih gubitaka automobila tokom usporavanja i koristiti se za ponovnu akceleraciju automobila.¹⁸ Do sada su HPA sustavi korišteni samo u demonstracijskim projektima i kao dokazi koncepta. Još uvijek nisu u fazi produkcije. Najveće mane su im trenutno buka i sklonost curenju. U današnje vrijeme tržište se sve više okreće alternativnim izvorima energije, električnim baterijama, pogonu na gorivne ćelije. Regenerativno kočenje je značajan pomak prema neovisnosti automobila o fosilnim gorivima. Takve kočnice omogućuju duže trajanje baterija bez potrebe za punjenjem preko vanjskog izvora električne energije. Dodatna korist regenerativnog kočenja je smanjeno vrijeme čekanja na benzinskim pumpama, s obzirom da hibridni automobili s električnim motorima i regenerativnim kočnicama mogu dulje putovati bez potrebe punjenja. Regenerativnom kočenju pada učinkovitost kod kočenja pri malim brzinama, ali ima i neke druge nedostatke poput:

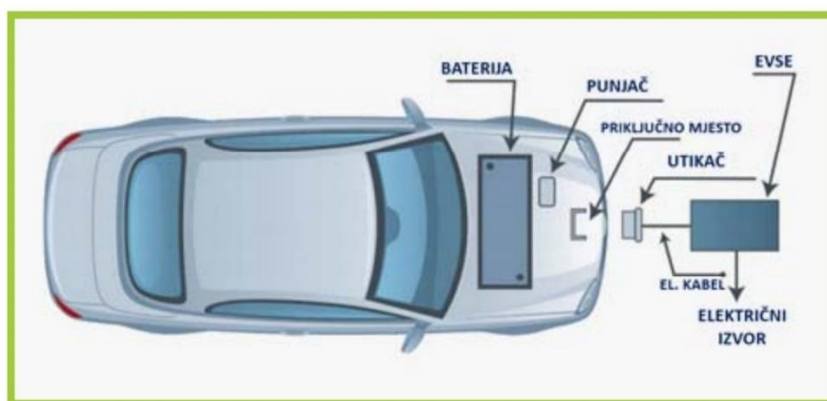
- Regenerativno kočenje funkcionira samo na pogonskim kotačima
- Ne pružaju dovoljnu energiju za kočenje u trenutcima hitnih slučajeva kočenja
- Sustav regenerativnog kočenja radi samo na električnim ili hibridnim vozilima

¹⁸ <https://www.cars.com/news/hybrid/> (11.8.2022.)

5. PUNJENJE ELEKTRIČNIH VOZILA

Električni automobili koriste pogon na električnu energiju. S obzirom da baterija u automobilu ima ograničen kapacitet za pohranjivanje energije potrebno je s vremena na vrijeme vozilo napuniti pomoću vanjskog izvora električne energije. Dijelovi sustava za napajanje električnog automobila su:

- Električni izvor – Izvor električne energije preko kojeg se dobiva električna energija za napajanje automobila. Takav izvor može biti javni i kućni.
- Priključak za automobil – Namjena priključka je spojiti vozilo s opremom za napajanje. Proizvođači automobila koriste svoje priključke te ne postoji standardiziran priključak.
- Priključno mjesto – Mjesto na električnom automobilu koje je namijenjeno da se priključak spoji. Na većini električnih automobila priključno mjesto se nalazi tamo gdje se inače nalazi spremnik za gorivo na konvencionalnim automobilima.
- Punjač – Uređaj koji pretvara izmjeničnu (AC) struju u istosmjernu (DC) struju. Punjač nije potreban onda kada se istosmjerna struja prenosi direktno u bateriju, ali je njegov zadatak pratiti proces punjenja.
- Baterije – Osiguravaju i pohranjuju energiju potrebnu za pokretanje električnog automobila.¹⁹



Slika 30. Sustav punjenja električnog automobila

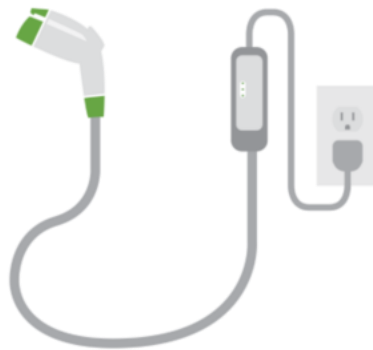
Izvor: Ćurković, T., Fabijanić, T. i dr. (2017.): ELEKTROMOBILNOST – Učenje o elektromobilnosti u okviru projekta „Learning E-Mobility“, Škola za cestovni promet, Zagreb.

¹⁹ Ćurković, T., Fabijanić, T. i dr. (2017.): ELEKTROMOBILNOST – Učenje o elektromobilnosti u okviru projekta „Learning E-Mobility“, Škola za cestovni promet, Zagreb.

5.1. NAČINI PUNJENJA ELEKTRIČNIH VOZILA

Punjenje električnih automobila dijeli se na tri načina punjenja: Level 1 punjenje, Level 2 punjenje i DC brzo punjenje.

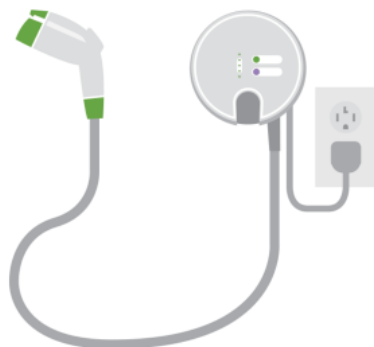
Level 1 punjenje je najsporija metoda punjenja, ali dovoljno brza za vozače koji pune automobil preko noći i putuju 40-60 kilometara dnevno. Svi električni automobili dolaze sa svojstvenim kablom koji se može uključiti u standardnu zidnu utičnicu bez potrebe za ugradnjom opreme. Level 1 punjenje funkcionira kod kuće, na poslu ili na bilo kojem mjestu kada imate dovoljno vremena za punjenje automobila. Ovakva vrsta punjenja je idealna plug-in hibride koji imaju manje baterije, ali može biti dovoljno i za potpune električne automobile ovisno potrebnom dometu i dostupnom vremenu za punjenje automobila. Level 1 punjenje dodaje otprilike 5-10 kilometara dometa po satu punjenja.



Slika 31. Level 1 punjač

Izvor: <https://driveclean.ca.gov/electric-car-charging> (13.8.2022.)

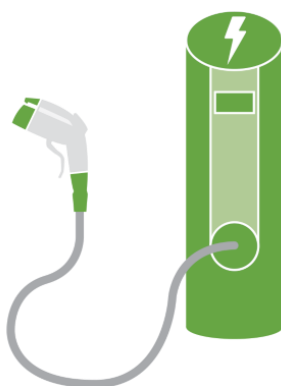
Level 2 punjenje znatno je brži način punjenja, ali zahtjeva ugradnju stanice za punjenje, poznatiju kao EVSE (electric vehicle supply equipment). Ugradnja električne stanice za punjenje zahtjeva električni krug od 240 ili 208 volti, sličan onome koji je potreban za perilicu rublja ili pećnicu. Level 2 način punjenja nalazi se na mnogim javnim stanicama za punjenje električnih automobila. Koristi isti standardni priključak kao i Level 1 način punjenja, što znači da se svaki električni automobil može priključiti na bilo koji Level 2 punjač. Ovisno o vrsti baterije, konfiguraciji punjača i kapacitetu kruga, Level 2 punjenje dodaje oko 20-50 kilometara dometa po satu punjenja.



Slika 32. Level 2 punjač

Izvor: <https://driveclean.ca.gov/electric-car-charging> (13.8.2022.)

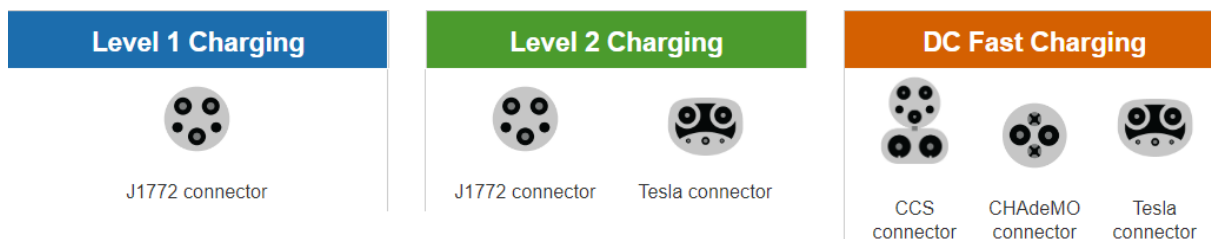
Istosmjerno (DC) brzo punjenje je trenutno najbrži dostupni način punjenja električnog automobila. Potreban je priključak od 480 volti, što brzo punjenje istosmjernom strujom čini neprikladnim za kućnu upotrebu, a ni svaki model električnog automobila nije opremljen za takav način punjenja. Stanice koje nude brzo punjenje istosmjernom strujom većinom se nalaze u trgovačkim centrima i duž glavnih prometnica, što vozačima električnih automobila omogućuje brzo punjenje i dulja putovanja. Ovisno o vrsti baterije, konfiguraciji punjača i kapacitetu strujnog kruga, DC brzo punjenje može dodati do 15 kilometara dometa po minuti punjenja.



Slika 33. DC brzi punjač

Izvor: <https://driveclean.ca.gov/electric-car-charging> (13.8.2022.)

5.2. KONEKTORI



Slika 34. Konektori za različite razine punjenja

Izvor: https://afdc.energy.gov/fuels/electricity_infrastructure.html (13.8.2022.)

J1772 konektor uključuje se u J1772 priključak za punjenje automobila, a drugi dio konektora se uključuje u standardnu trofaznu ili dvofaznu utičnicu. Tesla automobili imaju svojstveni konektor. Svi Teslini modeli automobila dolaze sa J1772 adapterom, koji im omogućuje korištenje opreme za punjenje čiji proizvođač nije Tesla.

Oprema za punjenje Level 2 koristi isti J1772 konektor koji koristi oprema Level 1. Sva komercijalno dostupna električna vozila u SAD-u i Europi imaju mogućnost punjenja pomoću opreme za punjenje Level 1 i Level 2. Kao što je već navedeno Tesla vozila imaju poseban konektor koji funkcionira za sve njihove opcije punjenja, uključujući njihove Level 2 punjače i punjače za kućnu upotrebu.

Postoje tri vrste DC sustava brzog punjenja, ovisno o vrsti priključka za punjenje na električnom automobilu: Combined Charging System (CCS), CHAdeMO i Tesla. CCS konektor jedinstven je jer vozač može koristiti isti priključak za punjenje prilikom punjenja s opremom za brzo punjenje AC Levela 1, Levela 2 ili DC. Jedina razlika je u tome što DC priključak za brzo punjenje ima dva dodatna pina na dnu. Većina modela električnih automobila koji danas izlaze na tržište mogu se puniti pomoću CCS priključka.

CHAdeMO konektor je još jedan uobičajeni tip brzih DC konektora.

Što se tiče Tesline opcije brzog punjenja, imaju konektor koji se zove Supercharger. Iako Teslini modeli električnih automobila nemaju CHAdeMO priključak za punjenje i ne dolaze s CHAdeMO adapterom, Tesla ipak ima u prodaji adapter.

5.3. VRSTE PUNIONICA

Punionice su mjesta gdje se električno vozilo može zaustaviti u slučaju punjenja. Dijelimo ih na kućne i javne punionice. Ovisno o razini punjenja punionica može biti napravljena i u vlastitom domu. Ako se osoba odluči uložiti u infrastrukturu punjača Levela 2 kod kuće, troškovi instalacije ovisit će o sustavu koji bude odabran, mogućim naknadama za ugrađivanje kućne punionice u području u kojem osoba prebiva i konfiguraciji doma u kojem se ugrađuje punionica. Ovisno od države do države mogući su poticaji za nadoknadu troškova ugrađivanja kućne punionice. Troškovi punjenja ovise o veličini baterije koja se nalazi u vlasnikovom električnom automobilu te cijeni električne energije u području u kojem osoba ima prebivalište. Većina elektroprivreda nudi posebne stope korištenja električne energije koje uvelike smanjuju troškove tako što naplaćuju manje električne energije potrošene tijekom punjenja. Iako bi račun za električnu energije osobnog kućanstva bio veći to ne bi promijenilo činjenicu kako bi se i dalje uštedilo na točenju goriva koje više nije potrebno u trenutku kada se posjeduje električni automobil.

Vlasnici električnih automobila svoja vozila mogu puniti i na javnim punionicama. Takve punionice mogu biti besplatne, plaćene po punjenju i temeljene na pretplati. Cijene su određene od strane vlasnika punionice ili javne mreže koja punionicu opskrbljuje električnom energijom. Neki proizvođači automobila, kao što su Hyundai, Nissan i Tesla mogu ponuditi besplatno javno punjenje na određenim punjačima. Industrija se kreće prema strukturi naknada temeljenih na potrošenim kWh, a ne na vremenu potrebnom za punjenje automobila.²⁰

U europskoj uniji se nalazi oko 307 000 punionica. Kada se pogleda sama brojka, ona djeluje impresivno, ali gotovo polovina tih punionica se nalazi u zapadnoj Europi, točnije Nizozemskoj i Njemačkoj. U Nizozemskoj se nalaze 90 284 punionice, a u Njemačkoj 59 410. Te dvije zemlje zajedno čine manje od 10% ukupne površine Europske unije. Zaključak je da punionice za električne automobile nisu pravilno raspoređene i trenutno ih nema dovoljno u Europi.²¹ Na Hrvatskom području se trenutno nalazi oko 600 punionica za električne automobile.

²⁰ <https://driveclean.ca.gov/electric-car-charging> (13.8.2022.)

²¹ <https://revijahak.hr/2022/06/23/skromna-mreza-u-velikom-dijelu-europe-pola-svih-punionica-za-elektricne-automobile-u-eu-nalazi-se-u-samo-dvije-zemlje/> / (13.8.2022.)

5.4. PUNJENJE U REPUBLICI HRVATSKOJ

Vlasnici električnih automobila u Republici Hrvatskoj svoja vozila mogu puniti na 1233 priključka za punjenje električnih automobila na 556 lokacija. Od 1233 priključka, 278 je DC brzih punjača, 151 CHAdeMO priključak, a ostatak koji broji oko 800 punjača su sporiji AC punjači. Na većini javnih punionica u Republici Hrvatskoj je uvedena naplata punjenja. Dio vlasnika električnih automobila se nakon uvođenja naplate odlučio kako će ipak svoje automobile puniti kod kuće gdje je sporije, ali je tarifa za punjenje niža. U nizu operatera koji naplaćuju punjenje na svojim punionicama su: ²²

- ELEN – Jedan kWh struje naplaćuje se od 1,80 do 2,95 kn ovisno o tipu priključka.
- T-Com - Cijena kWh na T-Com-ovim punionicama ovisi o lokaciji i tipu punjača. Njihove punionice se većinom nalaze u gradovima, a cijene se kreću ovisno o lokaciji i tipu punjača do 2,84 kn.
- IONITY – U RH posjeduju dvije stanice sa 6 brzih punjača do 350 KW snage, jedan kWh se naplaćuje do 5,60 kn.
- MOL Plugee – Cijena se kreće od 1,80 do 4,50 kn po kWh.
- Petrol – Cijena se kreće od 1,99 do 4,99 kn po kWh.
- Tesla Supercharger – Cijena iznosi do 2,50 kn po kWh.

Tablica 2. Cijene punjenja po operaterima u RH

NAZIV	CIJENA – kn/kWh
ELEN	1,80-2,95
T – Com	Do 2,84
IONITY	Do 5,60
MOL Plugee	1,80-4,50
Petrol	1,99-4,99
Tesla Supercharger	Do 2,50

Izvor: Izradio student

Odluče li se vlasnici električnih vozila puniti svoje automobile kod kuće tada će po povoljnijoj tarifi od oko 0,50 kn po kWh (uz dvotarifno brojilo i noćnu tarifu) puna baterija koštati oko 40kn, što znači manje od 10kn na 100 kilometara.

²² <https://www.oryx-asistencija.hr/savjeti-za-vozace/aktualno/elektricne-punionice-danas-13995> (13.8.2022.)

6. UTJECAJ ELEKTRIČNIH I HIBRIDNIH VOZILA NA OKOLIŠ

Električni automobili imaju manji utjecaj na okoliš nego tradicionalna vozila s motorom s unutarnjim izgaranjem. Aspekti njihove proizvodnje mogu izazvati slične, manje ili neke druge utjecaje na okoliš, automobili proizvode malo ili nimalo emisija ispušnih plinova iz ispušnih cijevi te smanjuju ovisnost o nafti, benzinu, emisijama stakleničkih plinova.

6.1. SMANJENJE EMISIJE PLINOVA

Elektromotori su znatno učinkovitiji od motora s unutarnjim izgaranjem pa je zbog toga manje energije potrebno za rad električnog automobila čak i kada uzmemo u obzir tipičnu učinkovitost elektrane i gubitke u distribuciji. Proizvodnja baterija za električne i hibridne automobile zahtjeva dodatne resurse, tako da će oni imati veći utjecaj na okoliš od faze proizvodnje samih automobila.²³ Električni automobili su obično teži i mogu proizvesti više onečišćenja zraka gumama, kočnicama i prašinom s ceste, ali pomoću sustava regenerativnog kočenja smanjuje se onečišćenje česticama iz kočnica. Mehanički koncept električnih automobila je jednostavniji pa je samim time smanjena upotreba i odlaganje motornog ulja.

U usporedbi s dizelskim i benzinskim vozilima električni automobili imaju velike ekološke prednosti. Neke od tih prednosti su:

- Uklanjanje štetnih zagađivača ispuha kao što su dušikovi oksidi, koji su česti razlog ljudske smrti;²⁴
- Manje emisije ugljikov (IV) oksida na svjetskoj razini nego automobili na fosilna goriva čime se ograničavaju klimatske promjene;

Plug-in hibridi omogućavaju većinu ovih prednosti kada rade u 100% električnom načinu rada.

Električni i hibridni automobili imaju i nedostatke u smislu utjecaja na okoliš:

- Moguće povećane emisije čestica iz guma u usporedbi sa automobilima na fosilna goriva. Ponekad je to uzrokovano činjenicom da većina električnih automobila ima tešku bateriju, što znači da se gume više troše. Međutim kočione pločice se mogu

²³ <https://www.fueleconomy.gov/feg/evtech.shtml> (19.8.2022.)

²⁴ <https://www.newscientist.com/article/2131067-diesel-fumes-lead-to-thousands-more-deaths-than-thought/> (19.8.2022.)

koristiti rjeđe nego u konvencionalnim automobilima ako je dostupan sustav regenerativnog kočenja i mogu proizvesti manje zagađenja okoliša nego kočnice u konvencionalnim automobilima; ²⁵

- Onečišćenje okoliša koje se događa tokom proizvodnje, posebno povećane količine proizvodnje baterija;
- Ograničeno rudarenje materijalima tj. rijetkim metalima. Iako u zemljinoj kori postoji veća količina rijetkih metala, ali samo određeni rudari imaju pravo pristupa tim elementima. ²⁶

Proizvodnja baterija za električne i hibridne automobile ima značajan utjecaj na okoliš, budući da zahtijeva bakar i aluminij za anodu i katodu. S obzirom da su baterije velike mase, proizvođači automobila rade na tome da ostatak vozila bude lakši. Rezultat toga je da komponente električnih automobila sadrže lagane materijale koji zahtijevaju puno energije za proizvodnju i obradu, kao što su aluminij i polimeri pojačani karbonskim vlaknima.

Električni automobili mogu koristiti dvije vrste motora: motore s trajnim magnetima (Mercedes EQA) i indukcijske motore (Tesla 3). Indukcijski motori ne koriste magnete, ali motori s trajnim magnetima koriste. Magneti koji se nalaze u motorima s trajnim magnetima i koriste se u električnim vozilima sadrže rijetke metale zbog povećanja izlazne snage motora. ²⁷

Rudarstvo i obrada metala kao što su litij, bakar i nikal zahtijevaju značajnu energiju i mogu otpustiti štetne spojeve plinova u okoliš. Štetni spojevi mogu utjecati na stanovništvo u blizini putem kontaminacije zraka i podzemnih voda.

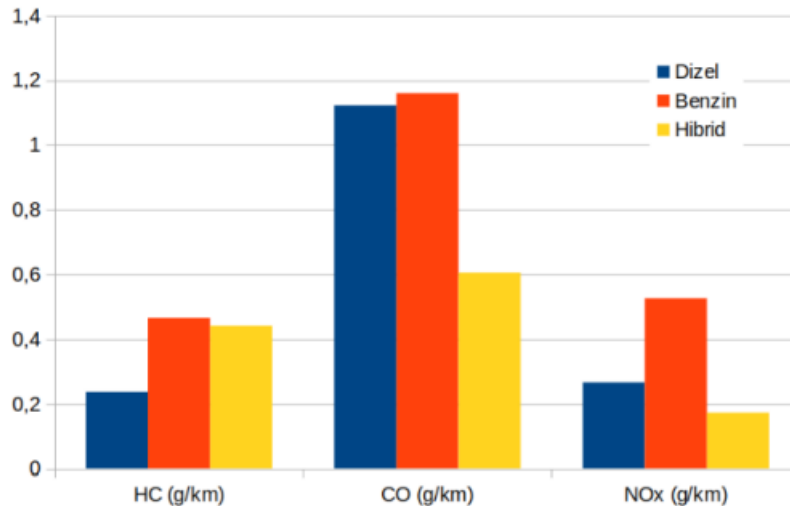
Postoje istraživanja koja prikazuju da proizvodnja hibridnih automobila, plug-in hibrida i električnih vozila generira veće emisije ugljika nego proizvodnja konvencionalnih automobila, ali i dalje imaju manji ukupni ugljični otisak tijekom cijelog životnog ciklusa električnog automobila. Taj početni veći štetni utjecaj i generiranje ugljika posljedica je proizvodnje baterija. ²⁸

²⁵ <https://www.theguardian.com/environment/2017/aug/04/fewer-cars-not-electric-cars-beat-air-pollution-says-top-uk-adviser-prof-frank-kelly> (19.8.2022.)

²⁶ <https://www.theguardian.com/sustainable-business/rare-earth-metals-upgrade-recycle-ethical-china> (19.8.2022.)

²⁷ <https://www.horizontechnology.biz/blog/induction-vs-permanent-magnet-motor-efficiency-auto-electrification> (19.8.2022.)

²⁸ Buekers, J; Van Holderbeke, M; Bierkens, J; Int Panis, L (2014). Dostupno na: "[Health and environmental benefits related to electric vehicle introduction in EU countries](#)" (19.8.2022.)



Grafikon 1. Prosječne emisije štetnih plinova

Izvor: T. Senčić, B. Bojković, T. Mrakovčić: Simulacija potrošnje goriva i emisija automobila s različitim pogonom, 37-45

Prema simulaciji emisije štetnih plinova na grafikonu su prikazani stupci s emisijama neizgorenih ugljikovodika, ugljičnog monoksida i dušikovih oksida. Prosječne emisije neizgorenih ugljikovodika su 0,465 g/km za benzinski automobil, 0,441 g/km za hibridni automobil, a 0,237 g/km za dizelski automobil. Rezultat simulacije je neočekivan jer benzinski motor posjeduje katalizator trostrukog djelovanja koji je vrlo efikasan u eliminiranju neizgorenih ugljikovodika. Razlog tome je što se kod simulacije pretpostavlja da automobil počinje vožnju s hladnim motorom tj. hladnim katalizatorom, a da katalizator bude efikasan mora biti zagrijan na radnoj temperaturi. Kod prosječne emisije ugljičnog monoksida najbolje rezultate ima hibridni automobil čiji je prosjek emisije ugljičnog monoksida 0,605 g/km. Skoro dupli prosjek su ostvarili benzinski automobil s 1,16 g/km i dizelski automobil s 1,122 g/km. Prosječne emisije dušikovih oksida su najnepovoljnije kod automobila na benzinski pogon: 0,526 g/km. Kod automobila na benzinski pogon kritično je prvih nekoliko minuta dok se ne postigne odgovarajuća radna temperatura, a nakon toga emisija je vrlo niska. Prosječna emisija dušikovih oksida kod hibridnog automobila je 0,172 g/km te je hibrid najpovoljniji što se tiče emisija dušikovih oksida. Kod dizelskih automobila prosječna emisija je 0,266 g/km, a taj broj poraste kada se motor izloži povećanom opterećenju.

6.2. RECIKLAŽA BATERIJA

Potrošene baterije iz električnih automobila koje više nisu za uporabu je potrebno reciklirati. Najbitniji argument za recikliranje baterija je zaštita okoliša. Baterije sadrže veliki broj materijala i komponenti koje uključuju neke koje štete okolišu i ljudima. Tokom bacanja i nepravilnog odlaganja takve vrste otpada postoji mogućnost istjecanja tvari u okoliš što predstavlja opasnost za isti i za ljude. Razlog recikliranja također može biti smanjivanje otpada na odlagalištima otpada. Proizvodnja baterija zahtijeva veliku količinu materijala pa se njihovim recikliranjem može povećati dostupnost materijala za samu proizvodnju baterija. Trenutna situacija s recikliranjem baterija nije ekonomičnija nego proizvodnja novih, ali sa sve većom potražnjom električnih automobila nastavit će se razvijati tehnologija recikliranja pa bi se i ekonomičnost recikliranja mogla povećati.

Baterije električnih automobila se mogu ponovno upotrebljavati za neke druge potrebe. Primjer ponovnog korištenja potrošenih baterija je prikazao proizvođač automobila Nissan koji koriste dotrajale baterije svog modela Leaf za napajanje uličnih svjetiljki u Japanu. Projekt pod nazivom „The Reborn Light“ namjerava osigurati javnu rasvjetu u Japanu kao dio obnove od potresa i tsunamija iz 2011. godine. Takva vrsta vanjske rasvjete djeluje van gradske elektroenergetske mreže i nisu potrebni nikakvi kablovi ni utičnice, nego se baterije pune preko solarnih panela. Nissan također želi koristiti u budućnosti ponovno upotrebljavanje baterija za napajanje bilo gdje na svijetu.²⁹



Slika 35. The Reborn Light

Izvor: <https://www.hakuhodo-global.com/work/the-reborn-light.html> (20.8.2022.)

²⁹ <https://www.nissan.co.jp/THEREBORNLIGHT/EN/> (20.8.2022.)

Proizvođač automobila Renault razvija projekt „Smart Island“ u Portugalu. Cilj projekta je podržavanje otoka Porto Santu u prelasku prema razvoju obnovljivih, solarnih i vjetrovitih izvora energije. Cilj je u budućnosti postići 80% energije koja nije na bazi ugljika i mobilnosti. Na projektu se razvija pametno rješenje za punjenje i stacionarno skladište energije sa „second life“ baterijama iz električnih vozila čiji je proizvođač Renault. Kada baterija koja se koristi u električnom automobilu dođe do kraja svog životnog vijeka u smislu napajanja vozila, tu se na zaustavlja. Iako prvi životni vijek baterije traje između 10-15 godina ona još uvijek ima kapacitet od 75%. To znači da prenamjenom se može ponovno koristiti dodatnih 10 godina u aplikacijama kao što je stacionarno skladištenje energije.³⁰

Iskorištene baterije se također mogu ponovno koristiti u kućanstvima gdje mogu poslužiti kao izvor napajanja. Npr. ako kućanstvo troši 12,5 kWh energije dnevno, iskorištena baterija koja ima 50% kapaciteta od početnih 30 kWh može napajati cijelo kućanstvo više od jednog cijelog dana u situaciji nestanka struje.

6.3. SMANJENJE BUKE U URBANIM PODRUČJIMA

Električni automobili su jedino prijevozno sredstvo koji ne proizvode skoro nikakvu buku pri korištenju tj. pri maksimalnim brzinama u urbanim područjima. Sve većim uvođenjem električnih automobila u gradskim sredinama znatno se smanjuje količina buke koju stvaraju automobili u svakodnevnom prometu. Jedna od rijetkih mana minimalne proizvodnje buke u urbanim mjestima je smanjena sigurnost u prometu za slijepce i slabovidne osobe.³¹

Europska unija je 1.7.2019. postavila odredbu kojom električni automobili neće moći proći homologaciju na teritorijalnom području EU ako nisu dovoljno bučni tj. pretihi su. Ako vozila ne stvaraju dovoljno buke prilikom vožnje malim brzinama i zbog toga su tiša od vozila na benzinski ili dizelski pogon morat će imati ugrađen zvučni sustav upozorenja (AVAS). AVAS sustav proizvodi zvuk automatski čim se vozilo nalazi u minimalnom kretanju sve do 20 km/h te prilikom vožnje unazad. Ako automobil ima ugrađen motor s

³⁰ <https://www.renaultgroup.com/en/news-on-air/news/a-second-life-for-batteries-from-energy-usage-to-industrial-storage/> (20.8.2022.)

³¹ Ćurković, T., Fabijanić, T. i dr. (2017.): ELEKTROMOBILNOST – Učenje o elektromobilnosti u okviru projekta „Learning E-Mobility“, Škola za cestovni promet, Zagreb.

unutarnjim izgaranjem tada AVAS sustav ne proizvodi zvuk pri gore navedenim brzinama. Ukoliko vozilo posjeduje već neki zvučni uređaj koji upozorava tada AVAS sustav nije potreban u automobilu. AVAS sustav proizvodi neprekidan zvuk koji se koristi za pružanje informacija pješacima i ostalim sudionicima u prometu. Zvuk mora dati informaciju o ponašanju vozila i trebao bi proizvesti slične zvukove kakve imaju tradicionalna vozila s motorom s unutarnjim izgaranjem.³²

Buka u urbanom području se može smanjiti kroz planiranje i upravljanje prostorom, npr. osigurati dovoljnu udaljenost stambenih zona od mjesta gdje buka izvire, smjestiti sadržaje na koje buka nema utjecaj (trgovački centri, parkirališta itd.) u područja između izvora buke i stambenih zona koje su osjetljive na povišene razine buke.



Slika 36. Prozirna barijera za zaštitu od buke

Izvor: <https://www.geotech.hr/zastita-od-buke-na-rijeckoj-obilaznici/> (20.8.2022.)

Na slici 36. prikazano je dobro rješenje prozirnom barijerom za zaštitu od buke u urbanom prostoru blizu stambenih zona, točnije u gradu Rijeci. Prednost prozirnih barijera je to što ne predstavljaju vizualnu prepreku, osiguravaju prolazak svjetla te ne smanjuju doživljaj prostora što dolazi do značaja u urbaniziranim područjima s uskim prometnicama.

³² <https://www.bug.hr/propisi/od-danas-novi-tipovi-elektricnih-vozila-u-eu-moraju-proizvoditi-buku-10246> (20.8.2022.)

Kako bi se smanjilo širenje buke u okoliš izvan tunela ili podvožnjaka potrebno je zidove obložiti apsorbirajućim panelima. Takvo rješenje je potrebno zbog povećane razine buke na izlazu iz podvožnjaka jer vozilo mora ubrzati na usponu nakon izlaska iz podvožnjaka.



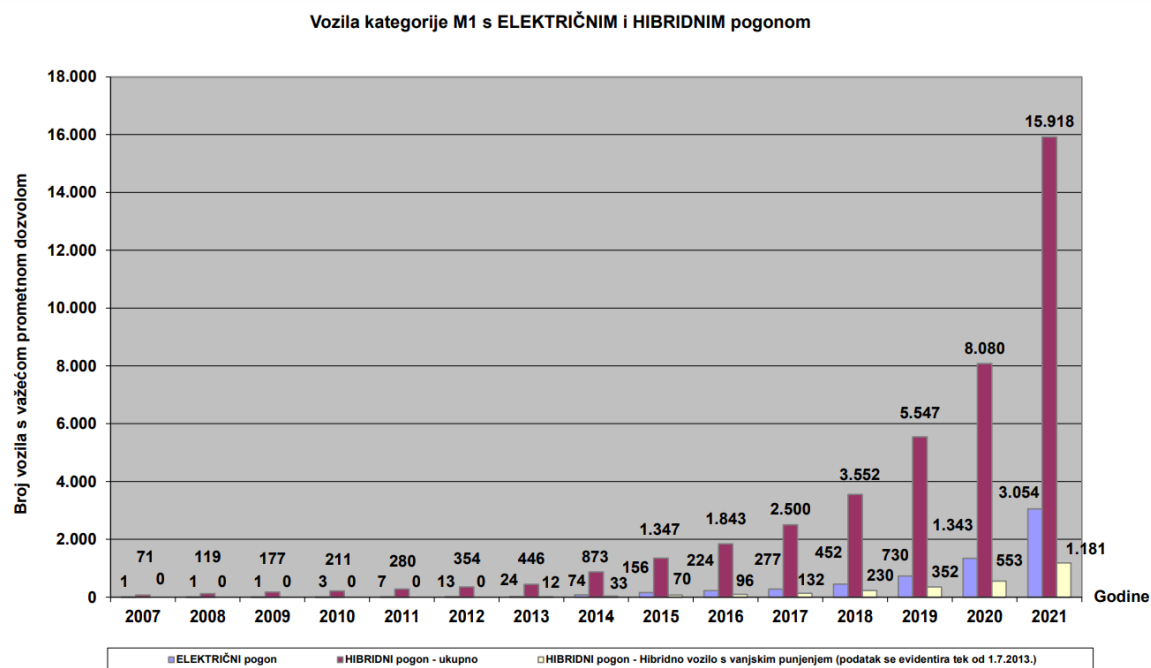
Slika 37. Zid podvožnjaka obložen apsorbirajućim panelom

Izvor: <https://www.schuette-aluminium.de/en/noise-protection-road-freeway/acoustic-wall-panel-tunnel-exterior-wall-acoustic-insulation> (20.8.2022.)

Na slici 37. prikazan je primjer zida podvožnjaka koji je obložen apsorbirajućim panelom.

7. HRVATSKI PROIZVOĐAČI ELEKTRIČNIH I HIBRIDNIH VOZILA

U Republici Hrvatskoj je sve veća potražnja za električnim i hibridnim automobilima. Pokrenuti su brojni projekti poput „Vozimo ekonomično“ 2014. godine kroz koji se fizičkim i pravnim osobama dodjeljuju bespovratna sredstva za kupnju električnih ili hibridnih vozila.



Grafikon 2. Vozila M1 kategorije s električnim i hibridnim pogonom

Izvor: https://www.cvh.hr/media/4385/s12_broj_vozila_s_elektricnim_i_hibridnim_pogonom_2007do2021.pdf (22.8.2022.)

Na prikazanom grafikonu su podaci prikupljeni od strane Centra za vozila Hrvatske u kojem je provedena statistička analiza broja vozila kategorije M1 s električnim i hibridnim pogonom u razdoblju od 2007. do 2021. godine. Vidljiv je očit skok za gotovo 100% između 2020. i 2021. godine što se tiče električnih i hibridnih automobila. Prikazani skok je pokazatelj kako se tržište električnih i hibridnih automobila u Hrvatskoj povećava te je razumno razvijanje domaćih proizvođača električnih/hibridnih automobila.

7.1. RIMAC

Rimac Automobili osnovani su 2009. godine s vizijom stvaranja automobila visokih performansi za električnu eru. Trenutno zapošljava 1300 ljudi usredotočenih na projektiranje, inženjering i proizvodnju električnih automobila i komponenti za električna vozila visokih performansi pogodnih za globalnu automobilsku industriju. Prvotna ideja je bila stvoriti najsnažniji električni automobil. Međutim, potrebna tehnologija još nije postojala, a sustavi koji su bili dostupni nisu bili dostupni Rimac Automobilima kao pokretaču automobilske industrije u Hrvatskoj 2009. godine. Od tada se Rimac Automobili fokusiraju na svojevrsno stvaranje potrebnih tehnologija i razvijanje talenata unutar tvrtke.

33

2011. godine Rimac je proizveo svoj prvi električni hiperautomobil, Concept_One. Proizveden u 5 mjeseci od strane tima od 8 ljudi, Concept_One kasnije te godine postavlja 5 Guinnessovih rekorda i FIA svjetskih rekorda za najbrže ubrzavajući električni automobil.



Slika 38. Rimac – Concept_One

Izvor: <https://www.rimac-automobili.com/media/press-releases/concept-one-production-version-to-be-unveiled-in-geneva/> (22.8.2022.)

³³ <https://www.rimac-automobili.com/about-us/> (22.8.2022.)

Concept_One je kasnije postao službeni auto FIA Formula E prvenstva.

- U 2015. godini Rimac dizajnira, konstruira i proizvodi Rimac Tajima e-runner za Nobuhiro Monster Tajima, kako bi se uhvatio u koštac s najpoznatijom svjetskom brdskom stazom Pikes Peak International Hill Climb. Rimac tim postiže drugo najbolje vrijeme.
- 2016. godine prvi prodajni primjerak Concept_One je isporučen.
- 2017. godine novi krug ulaganja je najveći Azijski proizvođač baterija. Rimac intenzivira rad na novim projektima za svjetske proizvođače automobila. Proširena je distribucijska mreža na 3 kontinenta.
- 2018. godine Rimac predstavlja sljedeću generaciju hiperautomobila, C_Two debitira na Ženevskom sajmu automobila dok Porsche postaje dioničar i strateški partner. Daljnje proširenje proizvodnih pogona odvija se s dva nova ureda za istraživanje i razvoj u Kini.
- U 2019. godini Rimac C_Two prolazi daljnja testiranja i nadogradnje. Hyundai Motor Group postaje dioničar dok Porsche povećava svoj udio u Rimcu. Rimac nastavlja razvijati i isporučivati komponente za Aston Martin, Cupra, Renault i ostale.
- U 2020. godini se opsežna testiranja za globalnu homologaciju nastavljaju te se model C_Two približava fazi proizvodnje. Također se otvara nova proizvodna linija za C_Two.
- U 2021. godini proizveden je prvi proizvodni prototip modela Nevera. Proizvodnja Nevere je ograničena na 150 vozila, a nakon što je završena homologacija Rimac je isporučio prvi primjerak Nevere kupcu u kolovozu 2022. godine.³⁴

³⁴ <https://www.rimac-automobili.com/about-us/timeline/> (22.8.2022.)



Slika 39. Rimac Nevera

Izvor: <https://www.rimac-automobili.com/nevera/> (22.8.2022.)

7.2. DOK-ING

DOK-ING je Hrvatski proizvođač specijalnih vozila za razminiranje osnovan 1992. godine sa sjedištem u gradu Zagrebu. DOK-ING je također razvio prvi koncept svog električnog automobila „DOK-ING XD“. Prvi put je predstavljen javnosti u 2010. godini na sajmu automobila u Ženevi. Danas taj model se predstavlja pod novim nazivom „DOK-ING Loox“, a pogon mu se sastoji od 2 ili četiri elektromotora snage 45 kW, ukupnog momenta 360 tj. 420 Nm. Baterije koje se nalaze u vozilu su Litij-željezo-fosfat (LiFePO₄). Za punjenje baterije potrebno je 150 minuta preko punjača, a baterija se može također puniti i regenerativnim kočenjem. Loox ima Doking Space Frame (DSF) aluminijsko podvozje koje je otporno na sudare, a njegova krutost osigurava stabilnost te sigurnost.³⁵

³⁵ <https://automobili.hr/novosti/novosti-2/hrvatski-dok-ing-sprema-automobil-za-serijsku-proizvodnju> (23.8.2022.)



Slika 40. DOK-ING Loox

Izvor: <https://insideevs.com/news/324864/meet-the-doking-loox-electric-car-w-videos/> (23.8.2022.)

DOK-ING također planira novi model „YD“ koji tek čeka svoje predstavljanje i serijsku proizvodnju, ali će u principu slijediti sličnu recepturu svog prethodnika. YD će u odnosu na Loox imati 4 sjedala (razlika u odnosu na prethodna 3) i nove Litij-željezo-fosfat (LiFePO4) baterije s kojima bi YD trebao imati domet između 300 i 400 kilometara.³⁶

³⁶ <https://www.24sata.hr/tech/novi-hrvatski-elektricni-auto-krece-u-serijsku-proizvodnju-515033> (23.8.2022.)

8. SWOT ANALIZA ELEKTRIČNIH I HIBRIDNIH VOZILA

U navedenom poglavlju obradit će se SWOT analiza primjene električnih automobila u svijetu. SWOT analiza je metoda usporedbe koja se koristi za pregled snage, slabosti, prilika i opasnosti objekta koji se analizira. Putem SWOT analize raspoznamo snage i prilike koje je potrebno maksimizirati, a slabosti i opasnosti je potrebno provesti na što nižu razinu.



Slika 41. SWOT analiza električnih i hibridnih automobila

Izvor: Izradio student

8.1. SNAGE

U prvom dijelu SWOT analize nalaze se SNAGE električnih i hibridnih vozila. Prednost takvih vozila u odnosu na ostala tradicionalna motorna vozila je što su pogodni za okoliš po pitanju emisije ispušnih plinova štetnih za okolinu u kojoj živimo. Manji su troškovi održavanja kod električnih automobila jer imaju manje trošnih dijelova te mogućnost punjenja na više lokacija osim na benzinskim postajama. Ekonomičniji su za vožnju nego konvencionalni automobili zbog jeftinije opcije punjenja tj. električna energija je još uvijek i u bliskoj budućnosti će i dalje biti jeftinija nego fosilna goriva. Također se energija može uštediti i tokom vožnje putem sustava regenerativnog kočenja tako da i hibridna vozila koji dijelom i koriste energiju preko pogona na benzinski motor mogu uštediti dio električne energije koju pokreće elektromotor. Električni i hibridni automobili su jednostavniji za upravljanje jer ne se upravljaju putem automatskog mjenjača što povećava udobnost i sigurnost u vožnji nego automobili s manualnim načinom prijenosa brzine.

8.2. SLABOSTI

U drugom dijelu SWOT analize su SLABOSTI električnih i hibridnih automobila. Konkretna slabost električnih i hibridnih vozila je vrijeme koje vlasnik navedenog vozila potroši na punjenje baterije. Dizelski i benzinski automobili svoje spremnike goriva napune do vrha u svega par minuta, dok kod električnih/hibridnih automobila trajanje punjenja ovisi o vrsti punjača, a ono može biti u vremenskom intervalu i do nekoliko sati. Uz vrijeme punjenja baterije nedostatak je i manjak infrastrukture namijenjene za punjenje automobila. Broj punionica u Hrvatskoj je trenutno na 600, iako broj benzinskih crpki nije puno veći tj. ima ih 800 na području Republike Hrvatske. Razlog manjka infrastrukture za punjenje električnih automobila je puno kompleksniji nego prikazano na prvu. Kao što je već navedeno trajanje punjenja električnog automobila je puno duže nego punjenje automobila s motorom s unutarnjim izgaranjem na benzinskoj crpki. Najčešće na već postojećim punionicama za električna vozila su određena 2 mjesta za punjenje, a kad i ta 2 mjesta u ponekim slučajevima iskoristi vlasnik automobila s pogonom na motor s unutarnjim

izgaranjem kako bi nepropisno parkirao svoje vozilo tada je problem još veći.³⁷ Zamjena dotrajale baterije u električnom automobilu je poprilično skupa, a kada uzmemo u obzir da se na nekim automobilima za vrijeme njihovog životnog vijeka baterija treba promijeniti i po nekoliko puta taj trošak je još veći. Manjak privatnih servisa za takve automobile je također problem koji se javlja kod održavanja električnih vozila, što znači da vlasnici moraju servisirati svoj automobil u ovlaštenom servisu što najčešće znači i skuplji servis.

8.3. PRILIKE

U trećem dijelu SWOT analize su PRILIKE pogodne za električne automobile. Prilika koja je trenutno najpogodnija i najčešće se koristi kada se netko odluči na kupovinu električnog ili hibridnog vozila jest državna potpora za nabavku istih. Putem Fonda za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost osigurano je 108,3 milijuna kuna u 2022. godini za sufinanciranje nabavke energetske učinkovite vozila. Od toga je 103,3 milijuna kuna za fizičke i pravne osobe te 5 milijuna za javni sektor.³⁸ Električna i hibridna vozila su također oslobođena plaćanja posebnog poreza na motorna vozila na temelju emisije ugljičnog dioksida. Svakidašnji razvoj novih tehnologija je možda jedna i od najvećih prilika za industriju električnih i hibridnih automobila. Razlog tomu je što i prepreke s kojima se proizvođači navedenih automobila susreću u budućnosti će moći biti riješeni s novijom tehnologijom. Kao primjer se može uzeti razvoj tehnologije recikliranja baterija koja bi uvelike smanjila troškove zamjene dotrajalih baterija u električnim automobilima. Može se napomenuti i razvoj infrastrukture namijenjene za punjenje električnih i hibridnih vozila može povećati potražnju za istima zbog mogućnosti bržeg i češćeg punjenja. Svjedoci smo nikad većim cijenama benzina i dizela na benzinskim crpkama te ako se nastavi trend rasta cijena goriva sve više vlasnika tradicionalnih automobila s motorom s unutarnjim izgaranjem bit će primorano ili će htjeti smanjiti troškove vožnje na način da se odluče nabaviti energetske učinkovite vozila. Dodatna prednost tome je što je danas električna energija raširena po cijelom svijetu i dostupna na čak i najnedostupnijim mjestima. S prolaskom vremena će broj mjesta u kojima nije dostupna električna energija biti sveden na minimum.

³⁷ <https://www.poslovni.hr/kolumne/za-28-milijuna-vozila-dovoljno-800-crpkali-600-punionica-za-2000-e-auta-nije-4305645> (25.8.2022.)

³⁸ <https://www.fzoeu.hr/hr/sufinanciranje-nabave-energetski-ucinkovitijih-vozila/7713> (25.8.2022.)

8.4. PRIJETNJE

Četvrti i posljednji dio SWOT analize su OPASNOSTI ili PRIJETNJE po električna i hibridna vozila. Iako se povećavaju cijene goriva isto tako se povećavaju cijene električne energije iz raznih razloga kao što je inflacija i trenutni smanjeni uvoz energenata iz Rusije, a potražnja u Europi raste iz dana u dan. Svjedoci smo i početka naplate električne energije na punionicama za električne i hibridne automobile. Punjenje automobila više neće biti besplatno i vlasnici punionica će postavljati cijene električne energije na svojim punionicama. Iako će trošak punjenja i dalje biti znatno manji nego plaćanje punog spremnika goriva na benzinskoj crpki i dalje je to opasnost koja do sada nije postojala za vlasnike električnih i hibridnih vozila. Konkurencija na tržištu alternativnih goriva je također jedna od prijetnji za proizvođače električnih tj. hibridnih automobila. Tržište alternativnih goriva također ubrzano raste pogotovo na području alternativnog goriva putem vodika. Vodik kao opcija alternativnog goriva ne proizvodi emisije plinova nego jedini nusprodukt koji izlazi kroz ispušnu cijev je voda. Zalihe vode i vodika su neiscrpane te je to također jedna od velikih prednosti vodika kao alternativnog goriva. Kao što smo naveli već veliki trošak zamjene baterije u električnom automobilu kao slabost, opasnost je nedostatak postrojenja za recikliranje baterija na globalnoj razini. Trenutno se u zemljama Europske Unije reciklira manje od 5% litij-ionskih baterija što direktno utječe na zagađivanje okoliša. Manjak infrastrukture za recikliranje može biti i razlog što trenutni proces recikliranja baterija ne postiže potpuni povrat materijala pa samim time tvrtke koje bi se bavile recikliranjem baterija ne bi imali potpuni dobitak na recikliranju istih.³⁹

³⁹ <https://www.ekovjesnik.hr/clanak/43/veliki-porast-broja-elektricnih-automobila-moze-prouzrociti-problem-zbrinjavanja-baterija> (25.8.2022.)

9. ZAKLJUČAK

Jesu li električna i hibridna vozila budućnost urbanog prometa? Kroz svoje konstrukcijske prednosti i bolje performanse u odnosu na vozila s pogonom na fosilna goriva mijenjaju mišljenja ljudi kod donošenja odluke o nabavi vozila. Živimo u vremenu u kojem su prisutne značajne klimatske promjene i opasnosti po okoliš u kojem bivamo. Energetski učinkovita vozila uvelike pridonose zaštiti istog tog okoliša, a to prepoznaju i zakonodavne jedinice u sve većem broju država. Postoje brojne zakonske odredbe kojima se ukazuje na prednost električnih i hibridnih vozila u odnosu na konvencionalna vozila te se njima pokušava nastaviti trend rasta energetski učinkovitih automobila na tržištu. Razlog zašto električna i hibridna vozila nisu sadašnjost urbanog prometa su njihovi ne toliko brojni nedostaci, ali dovoljni da odbiju fizičku ili pravnu osobu od dobavljanja istog. Kod svakog produkta pa tako i automobila najviše se primjećuje njegova cijena, a cijena električnih/hibridnih automobila je veća nego njihovih modela u obliku benzinskog ili dizelskog motora. Nedostupnost potrošnog materijala poput baterija je također nedostatak koji odbija mogućeg kupca. Domet i trajanje punjenja je minus koji obuhvaća odluku o nabavci takve vrste automobila, a pod to spada i infrastruktura punjenja koja je u Republici Hrvatskoj slabo razvijena. Rast potražnje za električnim i hibridnim vozilima, razvijanje tehnologija održavanja istih i ulaganja u infrastrukturu potrebnu za njihovo održavanje treba se odvijati u međusobnoj koheziji kako bi ciljevi potpunog uvođenja energetski učinkovitih vozila u urbani promet bili realno ostvarivi. Zajedno s razvijanjem električnih i hibridnih automobila se javlja prilika za razvoj pribavljanja električne energije iz obnovljivih izvora. Kada bi uzeli u obzir da budućnost urbanog prometa donosi većinski dio energetski učinkovitih automobila logično je za zaključiti da zajedno s tim se povećava potrošnja električne energije. Obnovljivi izvori energije kao što su vjetar, voda i sunce pridonose smanjenju zagađenja okoliša. Navedeni nedostaci električnih i hibridnih automobila su lako rješivi s daljnjim razvojem tehnologije i upravo zbog toga su električna i hibridna vozila budućnost urbanog prometa.

LITERATURA

- [1] Višić, A., Brkić, M. i Ćucić, R. (2021.): Model povećanja dostupnosti električnih vozila krajnjim korisnicima, 7. (13) savjetovanje, SO6 – 23, Hrvatski ogranak međunarodne elektrodistribucijske konferencije - HO CIRED, Šibenik.
- [2] M. Stojkov, D. Gašparović, D. Pelin, H. Glavaš, K. Hornung, N. Mikulandra (2014.): Električni automobil - povijest razvoja i sastavni dijelovi, Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Slavonski Brod.
- [3] Glavaš, Hrvoje; Antunović, Mladen; Keser, Tomislav: Cestovna vozila na električni pogon, Dvadesetšesti skup o prometnim sustavima s međunarodnim sudjelovanjem AUTOMATIZACIJA U PROMETU 2006, Zagreb, KoREMA, 2006.
- [4] Vodovozov, Valery: Electric Drive Dimensioning and Tuning, Bookboon, 2012.
- [5] Yedamale, Padmaraja: Brushless DC (BLDC) Motor Fundamentals, Microchip Technology Inc., 2003
- [6] Kos, K. 2011 Baterije, Električna Vozila u Hrvatskoj, online: https://www.elektricna-vozila.com.hr/clanak_baterije (3.8.2022.)
- [7] <https://technoluxpro.com/hr/akkumulatory/batarei/ni-cd.html> (3.8.2022.)
- [8] <https://revijahak.hr/2022/02/22/baterije-za-elektricne-automobile-koliko-kosta-njihova-zamjena/> (3.8.2022.)
- [9] Šipuš, M. (2018.): Gašenje požara električnih automobila, Vatrogastvo i upravljanje požarima, VIII(1-2), str. 45-57. Preuzeto s: <https://hrcak.srce.hr/216962> , (4.8.2022.)
- [10] https://afdc.energy.gov/vehicles/electric_basics_hev.html (7.8.2022.)
- [11] https://afdc.energy.gov/vehicles/electric_basics_phev.html (7.8.2022.)
- [12] https://afdc.energy.gov/vehicles/fuel_cell.html (8.8.2022.)
- [13] <https://www.eia.gov/energyexplained/oil-and-petroleum-products/use-of-oil.php> (9.8.2022.)

- [14] <https://www.twwhiteandsons.co.uk/technology/smart-hybrid-vehicles-suzuki-shvs/> (9.8.2022.)
- [15] https://afdc.energy.gov/vehicles/electric_basics_ev.html (9.8.2022.)
- [16] Shahan, Z. (2015.): Electric car evolution, Clean Technica; dostupno na: <https://cleantechnica.com/2015/04/26/electric-car-history/> (9.8.2022.)
- [17] <https://korak.com.hr/regenerativno-kocenje/> (11.8.2022.)
- [18] <https://www.cars.com/news/hybrid/> (11.8.2022.)
- [19] Ćurković, T., Fabijanić, T. i dr. (2017.): ELEKTROMOBILNOST – Učenje o elektromobilnosti u okviru projekta „Learning E-Mobility“, Škola za cestovni promet, Zagreb.
- [20] <https://driveclean.ca.gov/electric-car-charging> (13.8.2022.)
- [21] <https://revijahak.hr/2022/06/23/skromna-mreza-u-velikom-dijelu-europe-pola-svih-punionica-za-elektricne-automobile-u-eu-nalazi-se-u-samo-dvije-zemlje/> / (13.8.2022.)
- [22] <https://www.oryx-asistencija.hr/savjeti-za-vozace/aktualno/elektricne-punionice-danas-13995> (13.8.2022.)
- [23] <https://www.fueleconomy.gov/feg/evtech.shtml> (19.8.2022.)
- [24] <https://www.newscientist.com/article/2131067-diesel-fumes-lead-to-thousands-more-deaths-than-thought/> (19.8.2022.)
- [25] <https://www.theguardian.com/environment/2017/aug/04/fewer-cars-not-electric-cars-beat-air-pollution-says-top-uk-adviser-prof-frank-kelly> (19.8.2022.)
- [26] <https://www.theguardian.com/sustainable-business/rare-earth-metals-upgrade-recycle-ethical-china> (19.8.2022.)
- [27] <https://www.horizontechnology.biz/blog/induction-vs-permanent-magnet-motor-efficiency-auto-electrification> (19.8.2022.)
- [28] Buekers, J; Van Holderbeke, M; Bierkens, J; Int Panis, L (2014). Dostupno na: "[Health and environmental benefits related to electric vehicle introduction in EU countries](#)" (19.8.2022.)
- [29] <https://www.nissan.co.jp/THEREBORNLIGHT/EN/> (20.8.2022.)
- [30] <https://www.renaultgroup.com/en/news-on-air/news/a-second-life-for-batteries-from-energy-usage-to-industrial-storage/> (20.8.2022.)

- [31] Ćurković, T., Fabijanić, T. i dr. (2017.): ELEKTROMOBILNOST – Učenje o elektromobilnosti u okviru projekta „Learning E-Mobility“, Škola za cestovni promet, Zagreb.
- [32] <https://www.bug.hr/propisi/od-danas-novi-tipovi-elektricnih-vozila-u-eu-moraju-proizvoditi-buku-10246> (20.8.2022.)
- [33] <https://www.rimac-automobili.com/about-us/> (22.8.2022.)
- [34] <https://www.rimac-automobili.com/about-us/timeline/> (22.8.2022.)
- [35] <https://automobili.hr/novosti/novosti-2/hrvatski-dok-ing-sprema-automobil-za-serijsku-proizvodnju> (23.8.2022.)
- [36] <https://www.24sata.hr/tech/novi-hrvatski-elektricni-auto-krece-u-serijsku-proizvodnju-515033> (23.8.2022.)
- [37] <https://www.poslovni.hr/kolumne/za-28-milijuna-vozila-dovoljno-800-crpki-ali-600-punionica-za-2000-e-auta-nije-4305645> (25.8.2022.)
- [38] <https://www.fzoeu.hr/hr/sufinanciranje-nabave-energetski-ucinkovitijih-vozila/7713> (25.8.2022.)
- [39] <https://www.ekovjesnik.hr/clanak/43/veliki-porast-broja-elektricnih-automobila-moze-prouzrociti-problem-zbrinjavanja-baterija> (25.8.2022.)

POPIS SLIKA

Slika 1. Robert Anderson i prvi električni automobil.....	6
Slika 2. Blok-shema elemenata vozila na električni pogon.....	8
Slika 3. Prikaz jednofaznog i trofaznog BLDC motora.....	10
Slika 4. Prikaz olovnog akumulatora od 6V.....	11
Slika 5. Nikal-kadmij baterija.....	11
Slika 6. Nikal-metalhidrid baterija.....	12
Slika 7. Li-ion baterija.....	12
Slika 8. Princip rada upravljača motora u električnom automobilu.....	14
Slika 9. Izgled upravljača motora.....	15
Slika 10. Raspored komponenti unutar hibridnog električnog vozila.....	18
Slika 11. Prikaz prijenosa energije unutar hibridnog električnog vozila.....	19
Slika 12. Princip punjenja Plug-in hibridnog električnog vozila.....	21
Slika 13. Prikaz rada FCEV sustava.....	23
Slika 14. Vodikova goriva ćelija.....	24
Slika 15. Hyundai NEXO.....	24
Slika 16. Princip funkcioniranja SHVS sustava.....	26
Slika 17. Tesla Roadster, model iz 2008. godine.....	28
Slika 18. Komponente električnog automobila.....	29
Slika 19. Toyota C-HR.....	30
Slika 20. Grafički prikazan prijenos energije iz pogonskog motora.....	31
Slika 21. Sustav regenerativnog kočenja – Toyota C-HR.....	32
Slika 22. Potrošnja goriva u testnoj vožnji.....	33

Slika 23. Suzuki Swift.....	34
Slika 24. Grafički prikaz rada sustava regenerativnog kočenja.....	35
Slika 25. Fotografija grafičkog prikaza korištenja pohranjene energije.....	36
Slika 26. Grafički prikaz vožnje na pogon motora s unutarnjim izgaranjem.....	37
Slika 27. Fotografija zaslona u trenutku Start/Stop funkcije.....	38
Slika 28. Grafički prikazana potrošnja goriva prilikom testne vožnje.....	38
Slika 29. Kruženje energije kroz električni automobil.....	40
Slika 30. Sustav punjenja električnog automobila.....	43
Slika 31. Level 1 punjač.....	44
Slika 32. Level 2 punjač.....	45
Slika 33. DC brzi punjač.....	45
Slika 34. Konektori za različite razine punjenja.....	46
Slika 35. The Reborn Light.....	52
Slika 36. Prozirna barijera za zaštitu od buke.....	54
Slika 37. Zid podvožnjaka obložen apsorbirajućim panelom.....	55
Slika 38. Rimac – Concept_One.....	57
Slika 39. Rimac Nevera.....	59
Slika 40. DOK-ING Loox.....	60
Slika 41. SWOT analiza električnih i hibridnih automobila.....	61

POPIS TABLICA

Tablica 1. Usporedba punjivih baterija.....	13
Tablica 2. Cijene punjenja po operaterima u RH.....	48

POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Prosječne emisije štetnih plinova	51
Grafikon 2. Vozila M1 kategorije s električnim i hibridnim pogonom.....	56