

Električna vozila u funkciji održivog razvoja cestovnog prometa

Fruk, Jan

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:712579>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-15**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Transport and Traffic Sciences -
Institutional Repository](#)



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

ELEKTRIČNA VOZILA U FUNKCIJI ODRŽIVOG RAZVOJA CESTOVNOG PROMETA

ELECTRIC VEHICLES IN THE FUNCTION OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF ROAD TRAFFIC

Mentor: Doc. dr. sc. Marijan Jakovljević

Komentor: Marko Švajda mag. ing. traff.

Student: Jan Fruk

JMBAG: 0135259787

Zagreb, kolovoz 2024.

Zagreb, 30. travnja 2024.

Zavod: **Zavod za prometno planiranje**
Predmet: **Ekologija u prometu**

ZAVRŠNI ZADATAK br. 7423

Pristupnik: **Jan Fruk (0135259787)**
Studij: **Promet**
Smjer: **Cestovni promet**

Zadatak: **Električna vozila u funkciji održivog razvoja cestovnog prometa**


Opis zadatka:

U sklopu rada potrebno je provesti analizu trendova razvoja električnog voznog parka u području individualnog prometa te javnog gradskog prijevoza u Hrvatskoj i svijetu. Također je potrebno provesti analizu postojeće zakonske regulative iz područja električnih motornih vozila. Potrebno je analizirati utjecaj električnih vozila na održivi razvoj cestovnog prometa sa stajališta zagađenja zraka, klimatskih promjena, emisije buke, zauzimanja prostora kao i modalne razdiobe putovanja. Sukladno zaključcima potrebno je komentirati trendove budućeg razvoja električnih vozila u prometnom sustavu s naglaskom na trend broja motornih vozila, razvoj baterija i sustava punjenja kao i procesa recikliranja baterija.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za
završni ispit:


doc. dr. sc. Marijan Jakovljević


Marko Švajda, mag. ing. traff. (komentor)

Sažetak: Električna vozila nova su vrsta vozila kojima se namjeravaju zamijeniti tradicionalna vozila s unutarnjim izgaranjem. Električnim vozilima teži se jer su bolji u pogledu kvalitete zraka, buke, emisije štetnih plinova i prostornom planiranju u odnosu na vozila s unutarnjim izgaranje. Kod električnih vozila javlja se problem u njihovom dometu s jednim punjenjem i recikliranju baterija i malim brojem punionica. Električna vozila predstavljaju neizostavan dio budućnosti cestovnog prometa u smislu individualnog i javnog gradskog električnog prometa, ali ovisi o spremnosti država da ulažu u razvoj infrastrukture, osiguraju ekonomske poticaje te prilagode zakonske okvire.

Ključne riječi: električna vozila, vozila s unutarnjim izgaranjem, buka, emisije štetnih plinova, zagađenje zraka, recikliranje baterija, punionice, razvoj infrastrukture

Abstract: Electric vehicles are a new type of vehicle intended to replace traditional internal combustion vehicles. They are preferred because they offer better air quality, noise reduction, lower emissions of harmful gases, and better spatial planning compared to internal combustion vehicles. However, electric vehicles face challenges related to their range with a single charge, battery recycling, and the limited number of charging stations. Electric vehicles represent an indispensable part of the future of road transport, both in terms of individual and public urban electric transport, but they depend on the willingness of states to invest in infrastructure development, provide economic incentives, and adjust the legal framework.

Key words: electric vehicles, internal combustion vehicles, noise, harmful gas emissions, air pollution, battery recycling, charging stations, infrastructure development

Sadržaj:

1. Uvod	1
2. Električni vozni park	2
2.1. Zakonska regulativa	2
2.2. Električna vozila u svijetu – trend	4
2.2.1. Individualna vozila	6
2.2.2. Javni gradski prijevoz	8
2.3. Električna vozila u Hrvatskoj – trend	11
2.3.1. Individualna vozila	12
2.3.2. Javni gradski prijevoz	14
3. Utjecaj električnih vozila na održivi razvoj	18
3.1. Zagađenje zraka	20
3.2. Klimatske promjene	21
3.3. Buka	22
3.4. Zauzimanje prostora	23
3.5. Modalna razdioba putovanja	24
4. Budućnost električnih vozila u prometnom sustavu	26
4.1. Prognoza razvoja električnih vozila	26
4.2. Razvoj baterija	28
4.3. Razvoj sustava punjenja	29
4.4. Recikliranje baterija	32
5. Zaključak	35
Literatura	36
Popis slika	40
Popis grafikona	41

1. UVOD

Ovaj završni rad istražuje ulogu električnih vozila u održivom razvoju cestovnog prometa, s naglaskom na njihov doprinos smanjenju zagađenja, buke i prostora koji zauzimaju, kao i njihovu ulogu u smanjenju negativnih utjecaja na okoliš i klimatske promjene. Rad je strukturiran u četiri dijela: uvod, tri poglavlja i zaključak. U uvodnom dijelu daje se opći pregled električnih vozila i njihova važnost u modernom prometnom sustavu. Prvo poglavlje analizira trenutni električni vozni park, zakonske regulative koje su važne za električna vozila, te opisuje individualna električna vozila i javni gradski električni prijevoz u Hrvatskoj i svijetu. Drugo poglavlje objašnjava utjecaj električnih vozila na održivi razvoj kroz analizu njihovog djelovanja na kvalitetu zraka, smanjenje buke, prostorno planiranje i promjene u modalnoj razdiobi. Treće poglavlje bavi se budućnošću električnih vozila, s fokusom na razvoj baterijskih tehnologija, infrastrukture za punjenje i reciklaže baterija

Električna vozila koriste elektromotore kao izvor pogona, napajaju se putem baterija ili drugih izvora električne energije, te predstavljaju ključnu komponentu ekološki prihvatljivijeg prometnog sustava. Zahvaljujući tišem radu, boljoj energetske učinkovitosti i smanjenim emisijama, električna vozila postaju sve značajnija alternativa tradicionalnim vozilima s unutarnjim izgaranjem. U cestovnom prometu dijele se na individualna vozila, namijenjena privatnoj vožnji, te na vozila za javni gradski prijevoz, poput električnih autobusa i tramvaja, koja omogućuju smanjenje prometnih gužvi i optimizaciju prijevoza većeg broja putnika uz minimalno zagađenje.

S obzirom na sve veći značaj električnih vozila u prometnom sustavu, u radu se analizira njihova trenutačna situacija, zakonski okviri koji reguliraju njihovo korištenje, te mogućnosti daljnjeg razvoja tehnologija koje pridonose održivom razvoju. Sve relevantne informacije i analize prikazane su s ciljem pružanja sveobuhvatnog pregleda doprinosa električnih vozila održivosti cestovnog prometa.

2. ELEKTRIČNI VOZNI PARK

Električna vozila su vozila koja koriste jedan ili više električnih motora za svoj pogon. Vrste napajanja električnih vozila su kolektorski sustav, električna energija iz izvora izvan vozila ili autonomnom baterijom. Električna vozila mogu biti cestovna i željeznička vozila, površinska i podvodna plovila, električne letjelice i električne svemirske letjelice.

Kroz ovo poglavlje prikazane su zakonske regulative koje se tiču električnih vozila. Vidjeti će se koji postotak električnih vozila se koristi u svijetu i Hrvatskoj i koji modeli su najpopularniji, te koliki je postotak električnog javnog gradskog prijevoza.

2.1. Zakonska regulativa

Danas se u svijetu sve više govori o električnim vozilima. Vozila koja danas koristimo pokreću se fosilnim gorivima koja šteti kvaliteti zraka koji udišemo, ali i štetno utječe na klimu u svijetu. Do toga dolazi jer današnja vozila ispuštaju emisije CO₂ i štetne onečišćivače zraka poput dušikovog oksida i lebdećih čestica, ali je i cestovni promet zbog prenapučenosti jedan od glavnih izvora buke u Europi i svijetu. Uvođenjem električnih vozila znatno se smanjuje količina buke, ukupna emisija stakleničkih plinova i onečišćenje zraka.

2019. godine European Economic Area (EEA) objavila je novo Izvješće o Mehanizmu izvješćivanja o prometu i okolišu (TERM). Temeljem izvješća TERM- a vidno se zaključuje da električna vozila imaju jasnu prednost pred vozilima na benzinski i dizelski pogon kada se govori o kvaliteti zraka i klimatskim promjenama. Međutim u javnosti se i dalje javljaju sumnje u vezi korištenja električnih vozila vezane za okoliš. [1]

EEA je uzela u obzir i perspektivu kružnog gospodarstva. Ovime bi se u proizvodnji električnih vozila stavilo na naglasak njihova ponovna upotreba, ponovna proizvodnja i njihovo recikliranje. Njihovom ponovnom upotrebom i recikliranjem čime bi se utjecaj njihove proizvodnje na okoliš sveo na minimum. Ovo je važno jer je posljednja faza života električnih vozila izuzetno važna jer sadržavaju mnogo metala i ostalih kritičnih sirovina čija obrada zahtjeva golemu količinu energije i njihova obrada sadrži mnogo štetnih kemikalija koje loše utječu na okoliš. Time bi recikliranje starih vozila i korištenje njihovih starih dijelova u proizvodnji novih vozila bila velika prednost. [1]

Gledajući Europu mnoge zemlje su aktivne u korištenju električnih vozila. Norveška je uvela ambicioznu politiku kako bi se povećao udio električnih vozila i osigurali su dobru infrastrukturu za punjenje električnih vozila. Uz nju tu su Nizozemska, Ujedinjeno Kraljevstvo

i Francuska. Europska unija ima važnu ulogu na svjetskoj razini u vezi električnih vozila zajedno sa Sjedinjenim Američkim Državama i Kinom. One zajedno mnogo ulažu u električnu mobilnost. [1]

Ljudi su i dalje skeptični u vezi električnih vozila jer ne znaju da li postoji dovoljan broj postaja za punjenje vozila na autocestama, brzim cestama i parkiralištima. Isto tako zabrinuti su za električnu mrežu i njezine troškove. Trenutačno se u Hrvatskoj i u svijetu koristi malen broj električnih vozila, u nekim gradovima više, a u nekima manje. Kako će se povećavati korištenje broj električnih vozila na cestama biti će potrebno proširiti infrastrukturu i prilagoditi se njihovoj upotrebi. Doći će do povećanja računa za električnu energiju, ali će uporaba električnih vozila stajati manje nego uporaba standardnih benzinskih i dizelskih vozila. EEA je 2016. godine u izvještaju „Električna vozila i energetska sektor- utjecaj na buduće emisije Europe“ navedeno je da kada bi do 2050. godine 80% automobila bilo na električni pogon cijena energije u Europi povećala bi se 10%. [1]

Došlo je i do novousvojenih i predloženih standardi stakleničkih plinova i mandati za vozila s nultom emisijom (ZEV) kojima će se osigurati povećano usvajanje električnih vozila u budućnosti. Kalifornija je vodeća u svijetu u smislu ZEV politike. Ona je 2022. i 2023. godine usvojila nove ZEV mandate za automobile i kamione. Njima određuje minimalne ZEV prodajne udjele za putnička laka vozila u rasponu od 35% u 2026. godini do 100% u 2035. godini. U razdoblju od 2035. godine do 2042. godine pretpostavlja se da će u Kaliforniji doći do prodaje teških vozila sa nultom emisijom(HDV) koja dostiže 100%. [1]

Europska Unija usvojila je u ožujku 2023. godine da automobili i kombiji da smanje emisiju CO₂ od 50% do 55% do 2030. godine, a do 2035. godine to bi trebalo iznositi 100%. U veljači 2023. godine Europska komisija predložila je uredbe o emisijama CO₂ teških vozila. Ovim uredbama objavljeno je da bi se emisija CO₂ do 2030. godine smanjio do 45%, a do 2040. godine na 90%. U Sjedinjenim Američkim Državama Agencija za zaštitu okoliša predložila je u travnju 2023. godine nove standarde emisije stakleničkih vozila koja se odnose na laka i srednja vozila. [1]

Vlade svjetskih država počele su sve više najavljivati politiku podrške opskrbnim lancima električnih vozila. U to se uključuje i proizvodnja vozila i baterija i lanci opskrbe mineralima. U Indiji poticaji su povezani s proizvodnjom za napredno kemijsko pohranjivanje stanične baterije. Ove baterije postižu kumulativnih 50GWh u domaćoj proizvodnji. Indija ima cilj također ulagati u domaću proizvodnju vozila i dijelova za vozila. [1]

U Sjedinjenim Američkim državama donesen je Zakon o smanjenju inflacije u kolovozu 2022. godine. Ako se ispunjavaju uvjeti ovog zakona dobiva se pravo na poticaj od 7500 USD

po vozilu, 3.750 američkih dolara ako baterija ispunjava kritične mineralne zahtjeve i još 3.750 američkih dolara ako ispunjava zahtjeve za komponente. [1]

Europska unija predložila je Neto Zero Industry Act u ožujku 2023. godine. Europska unija ovime ima cilj da 90% godišnje potrebe Europske unije za baterijama podmire domaći proizvođači s kombiniranim proizvodnim kapacitetom od najmanje od 550GWh u 2030. godini. [1]

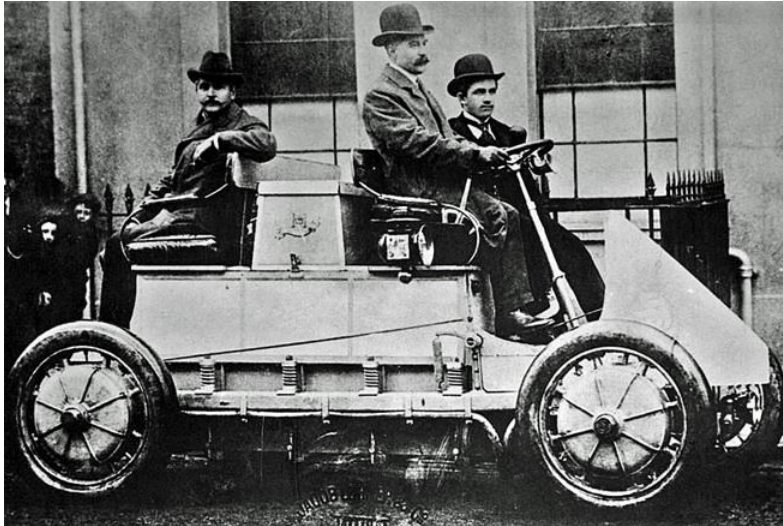
Električna vozila i dalje su pomalo novost i nisu dobro zastupljena u statistici sigurnosti kao vozila s pogonom na unutarnje izgaranje. Sigurnosne statistike pokazuju da su šanse za izazivanje prometnih nesreća kod električnih vozila jednake kao i kod vozila s unutarnjim izgaranjem. Gledajući mikro i male gradske električne automobile oni uzrokuju manje nesreća u odnosu na vozila s unutarnjim izgaranjem, dok SUV i suprevozila uzrokuju čak 40% više prometnih nesreća. Kod većih automobila to je problem jer električna vozila u svakom trenutku omogućuju vozaču punu snagu na raspolaganje dok to nije slučaj kod vozila s unutarnjim izgaranjem. [1]

Europska Unija ima mnoge zahtjeve za električna vozila prije nego ih puste u promet. Zahtjevi Europske unije za odobrenje električnih vozila sadrže elemente koje se odnose na dizajn, utjecaje na okoliš, funkcionalnu, električnu i opću sigurnost. Testiranje i potvrđivanje sukladnosti tehničkih standardi obavezni su za sve proizvođače električnih vozila.

Navedene regulative zajedno rade na tome da se osigura sigurnost, ekološka prihvatljivost, ekonomska održivost i poticaji za prelazak na električna vozila unutar Europske unije.

2.2. Električna vozila u svijetu – trend

Početak električnih vozila može se smjestiti u 1827. godinu. Te godine je mađarski izumitelj i inženjer Anyos Jedlik izradio prvi električni motor koji je srce svih električnih strojeva. Međutim oцем električnih vozila smatra se škotski kemičar Robert Anderson koji je između 1832. i 1839. godine koji je predstavio prototip kočija koje su pokretane električnim ćelijama kao što je vidljivo na slici 1 [2]. Problem kod novonastalih električnih vozila bila su ograničenja baterija koje se nisu mogle puniti . To je donekle promijenio Gaston Plante koji je izumio olovne punjive baterije kojima vozila nisu morala biti spojena ma mrežu. Prvo vozilo koje se smatra prvim električnim automobilom nastalo je u Njemačkoj 1888. godine, a zvalo se Elektrowagen. Izumio ga je Andreas Flocken. Automobil je imao dizajn kolica, četiri kotača, motor od 0,7 kW, bateriju od 100 kilograma i mogao je dostići brzinu od 100 kilometara na sat. [3]



Slika 1. Prvi električni automobil Roberta Andersona

Izvor:[2]

Početak 20. stoljeća električna vozila bila su jako tražena u gradovima. Prvi komercijalni korisnici bili su njujorški taksisti. Analize pokazuju da je 1900. godine svako treće vozilo u Sjedinjenim Američkim Državama bilo električno, dok druge navode da su električna vozila bila prodavanija od onih s unutarnjim izgaranjem. To se proširilo na druge države poput Engleske i Njemačke koje su u svojim gradovima Londonu i Berlinu imali flote električnih vozila za prijevoz svojih gostiju. Popularni električni automobili bili su Porsche Egger–Lohner P1 i Baker Electric. [3]

No proizvodnja električnih automobila nije trajala jer je pojavom automobila s unutarnjim izgaranjem tvrtke Ford Motor Company 1908. godine popularnost električnih automobila značajno otpala. 1912. godine električna vozila stajala su 1.750 dolara, dok su vozila s unutarnjim izgaranjem stajala 650 dolara. Isto tako pronalazak nafte širom svijeta doveo je velike pristupačnosti benzina. Električni automobili također su izgubili popularnost zbog nedostatka električnih mreža i ograničenja akumulatorskih baterija. [3]

S druge strane električni vlakovi stekli su ogromnu popularnost u odnosu na električne automobile zbog svoje ekonomičnosti i dostižnih brzina. Do kraja 20. stoljeća električni željeznički promet postao je uobičajen zbog napretka u razvoju električnih lokomotiva. S vremenom s električnih vlakova prelazila je i na druga vozila kao što su kamioni s platformom viličari, vozila hitne pomoći, gradska dostavna vozila, tegljači za vuču. Većina ove vrste električnih vozila koristila se u Ujedinjenom Kraljevstvu u 20. stoljeću kada je bila najveći svjetski korisnik električnih cestovnih vozila. [3]

Vidi se da su se električna vozila prvi puta pojavila u 19. stoljeću kada je električna energija bila među preferiranim metodama za pogon motornih vozila. Koristili su se jer su pružali razinu udobnosti i jednostavnost upravljanja koji se u to doba nisu mogli postići benzinski automobili. S vremenom motori s unutarnjim izgaranjem postajali su dominantna pogonska metoda za automobile i kamione, ali je električna energija ostala uobičajena u drugim vrstama vozila kao što su vlakovi i manja vozila istih vrsta. [3]

Tijekom kasnog 20. stoljeća i ranog 21. stoljeća došlo je do utjecaja transportne infrastrukture da bi nafta mogla doći do svoga vrhunca i da bi polako mogla početi nestajati. To je ponovno dovelo do interesa za električnim transportom. [3]

Električna vozila mogu se podijeliti na individualna električna vozila i na električna vozila javnog gradskog prijevoza. Individualna vozila u više su strana nepoznata ljudima jer su i dalje mnogo posvećeni vozilima na unutarnja izgaranja. S druge strane električni prijevoz bolje se snašo u javnom gradskom prijevozu. U većim gradovima voze električni vlakovi i tramvaji više nego na druge vrste pogona.

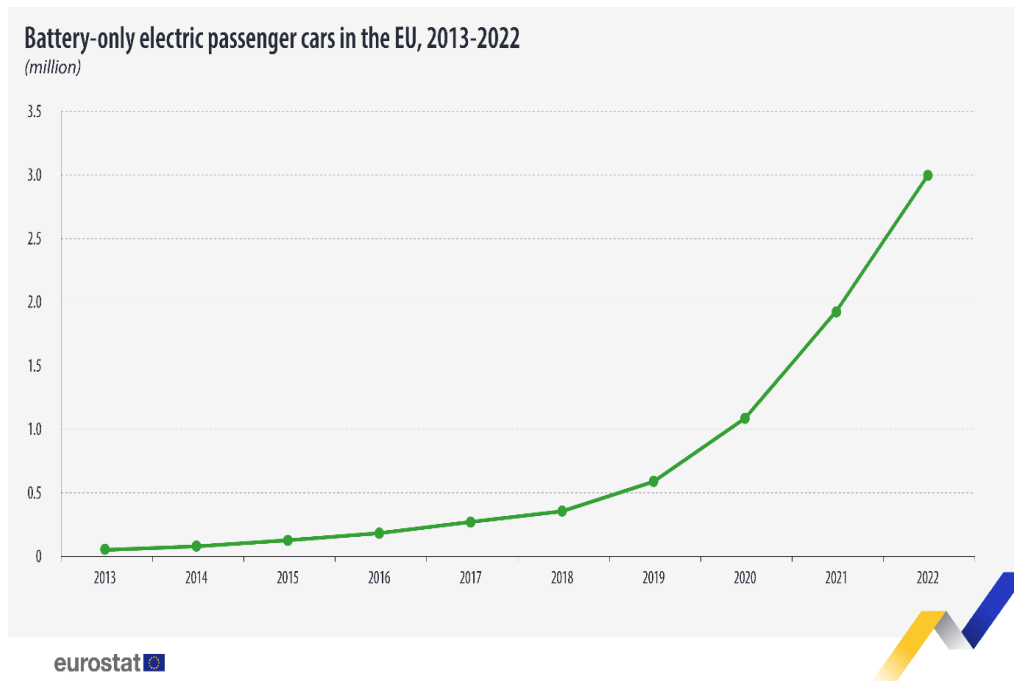
Električna vozila u zadnje vrijeme ruše nove rekorde u svojoj prodaji. Tržišta električnih vozila bilježila su eksponencijalni rast u 2022. godini. U 2022. godini prodaja električnih automobila premašila je 10 milijuna električnih vozila. Gledajući prodaju električnih automobila u zadnje tri godine udio električnih automobila u ukupnoj prodaji se utrostručio, s oko 4% u 2020. godini na 14% u 2022. godini. [3]

Očekuje se da će se električni automobili nastaviti prodavati isto tako u 2023. godini, ako ne i snažnije. U prvom kvartalu 2023. godine prodano je 2,3 milijuna električnih vozila u svijetu, što ispada 25% više nego je prodano u istom razdoblju 2022. godine. Pretpostavlja se da će se do kraja 2023. godine prodati još 14 milijuna vozila. Ovolikom prodajom do kraja godine dogodilo bi se povećanje od 35% u odnosu na prodaju u 2022. godini. Gledajući ukupni rezultat koji bi se mogao dogoditi u 2023. godini električni automobili činili bi 18% ukupne prodaje automobila tijekom cijele kalendarske godine. U tomu će značajno pomoći nacionalne politike i poticaji koji će sudjelovati u povećanju prodaje električnih vozila. Uz to dodatni motiv za kupnju električnih vozila moglo bi biti povratak na iznimno visoke cijene nafte koji se dogodio prošle godine. Ako se ovako nastavi trend kupovine električnih vozila izbjeći će se potreba za 5 milijuna barela nafte dnevno do 2030. godine.

2.2.1. Individualna vozila

Prvi grubo električni automobil u svijetu proizveden je 1832. godine. 1996. godine prodan je prvi moderni električni automobil kategorije EV1 nitko se nije pitao koliko se

električnih automobila nalazi danas u svijetu. Međutim danas se ljudi pitaju koliko se nalazi električnih automobila u svijetu kada bi električni automobili mogli prestići automobile na benzinski i dizelski pogon do kraja 2030. godine. Porast broja električnih vozila vidljiv je na Grafikonu 1, za razdoblje od 2013. godine do 2022. godine. [3] [4]



Grafikon 1. Broj putnika u električnim vozilima u razdoblju od 2013. do 2022.

Izvor: [4]

Po najnovijim istraživanjima procjenjuje se da je 1 od 250 automobila na cesti električni. Ako gledamo prodaju električnih automobila u Sjedinjenim Američkim Državama po godinama možemo zaključiti da se događa povećanje od 75% iz godine u godinu [3]. Isto tako u Sjedinjenim Američkim Državama *plug-in* električna vozila čine manje od 2% od današnjeg tržišta električnih vozila, za razliku od Kine koja ima najveći doprinos globalnoj prodaji *plug-in* vozila. [5]

Plug-in vozila počela su se značajnije prodavati u razdoblju od 2015. do 2019. godine. Najznačajniji kuci bili su Kina, Japan, Europa i Sjedinjene Američke Države i zemlje Afrike, Azije i Bliskog Istoka. U tom razdoblju najviše prodanih *plug-in* vozila prodano je u Kini i to 2.180.000 *plug-in* vozila. Slijedila ih je Europa sa 1.181.000 prodanih vozila. Na trećem mjestu našle su se Sjedinjene Američke države sa 743.000 prodanih vozila. U zemljama Afrike, Azije i Bliskog Istoka prodano je zajedno 197.000 vozila, a u Japanu je prodano 153.000 *plug-in* vozila. [5]

2020. godine Norveška je bila na vrhu ljestvice po broju električnih vozila na 1.000 stanovnika. Norveška je tada imala 81 električno vozilo na 1.000 stanovnika. Slijedio ju je Island sa 36,8 vozila na 1000 stanovnika. Nakon nje Švedska sa 20,6, Nizozemska sa 10,7,

Njemačka sa 8,5, Ujedinjeno Kraljevstvo sa 6,7 i Francuska sa 6,5. Među državama koje nisu iz Europe tu su se još našle Sjedinjene Američke Države sa 5,2 električna vozila na 1.000 stanovnika i Kina sa 3 na 1.000 stanovnika. [5]

U 2021. godini najviše prodanih električnih automobila bilo je u Kini koja je sama činila 51,7% ukupne prodaje. Slijedili su je Njemačka sa 10,2%, Sjedinjene Američke Države sa 9,3%, Ujedinjeno Kraljevstvo sa 4,8%, Francuska sa 4,7%, Norveška sa 2,3%, Italija sa 2,1% i Švedska sa 2%, Južna Koreja sa 1,8% i Nizozemska sa 1,4%. Ostali postotak od 11,5% prodanih električnih automobila čine Ostatak Europe sa 6,9%, a ostatak od 4,6% čine ostatak svijeta. [5]

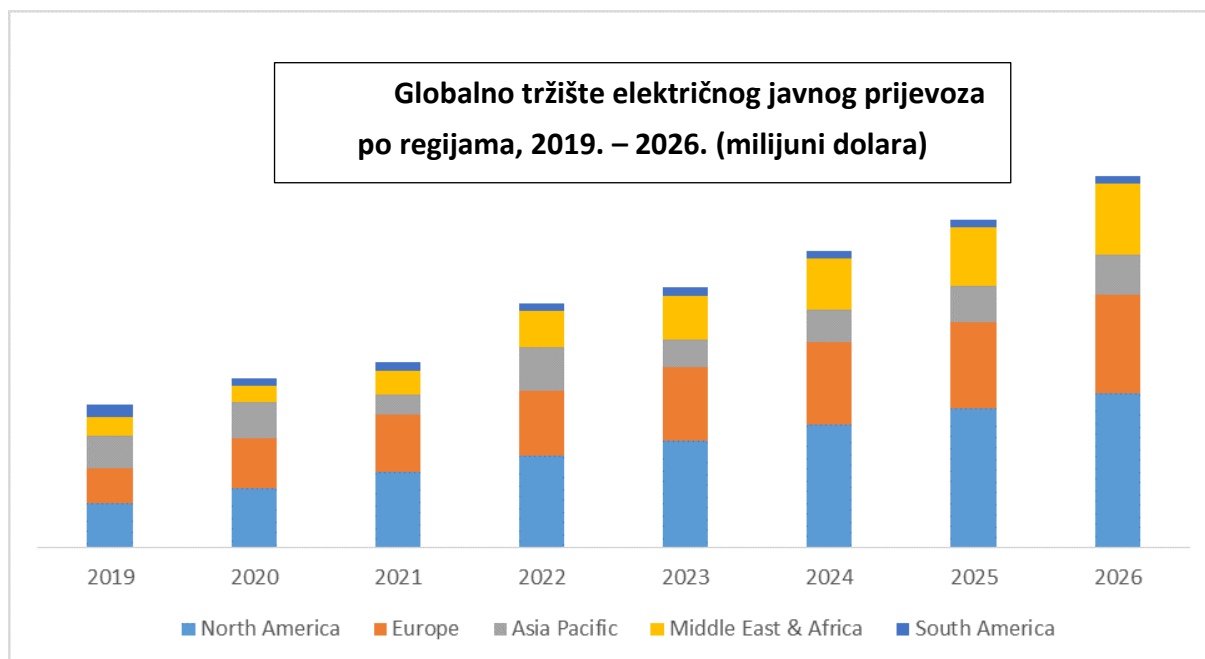
U Sjedinjenim Američkim državama tijekom listopada 2022. godine iznosila je 85.920 *plug-in* automobila, od kojih je 70.443 vozila bilo baterijskih električnih vozila, a 15.477 je bilo *plug-in* hibridnih električnih vozila (PHEV). U Sjedinjenim Američkim Državama daleko najpopularniji električni automobil je Tesla. Najpopularniji električna vozila u Americi su Tesla Model Y, Tesla Model 3, Ford Mustang Mach- e, VW ID.4 i Tesla Model S. U 2022. godini u Sjedinjenim Američkim Državama nalazilo se 2.531.206 električnih automobila, a procjenjuje se da će do 2030. godine postotak električnih automobila dosegnuti 52%. [5]

Predviđa se da će u razdoblju do 2030. godine Europa preuzeti 14% tržišnog udjela električnih vozila 2022. godine, 27% tržišnog udjela 2025. godine i do 50,5% tržišnog udjela 2030. godine. Najprodavaniji električni automobili u Europi su Tesla Model Y, BYD Song, BYD Qin Plus, Tesla Model 3 i Volkswagen ID 4. [5]

Trenutno najbolji električni SUV automobil u svijetu je Tesla Model Y, najbolji mali električni automobil je Mercedes EQA, najbolji električni automobil sa 7 sjedala je Peugeot e-Rifter, a najboljim električnim vozilom smatra se BMW i4.

2.2.2. Javni gradski prijevoz

Trećina stakleničkih plinova u svijetu dolazi iz prometa, dok četvrtina finih čestica dolazi iz cestovnog prometa. Uz razna zagađenja dolazi i do buke koja smeta građanima. Zbog ovih nedostataka javljaju se potrebe za globalno zelenije i zdravije gradove. Jedna od glavnih razloga za razvojem električne mobilnosti su električni skuteri, električni bicikli, električni automobili, električni kamioni, i električni busovi. U 2018. godini Bloomberg New Energy Fiance predviđao je kako će se broj električnih autobusa do 2025. utrostručiti. U cijelom svijetu cilj je zabraniti termalna vozila u korist mobilnosti s niskim udjelom ugljika. Tu spadaju električni autobusi, bicikli, javni prijevoz s nultom emisijom ugljikova dioksida, i e- busovi. Ovaj trend ne razvija se jednako u svim dijelovima svijeta.



Grafikon 2. Globalni električni javni prijevoz po regijama u razdoblju od 2019. do 2026. godine

Izvor: [6]

U zemljama Azije Kina je vodeća zemlja u korištenju električnih autobusa. U Kini je 2018. godine bilo 421 tisuća električnih autobusa koji su vozili stanovništvo električnim busovima. To je jasno govorio podatak da je 2018. godine 99% e- busova koja su se u tomu trenu nalazila u svijetu bilo u Kini čime je Kina do 2019. godine smanjila korištenje dizela za 270 tisuća barela. Kina je to uspjela početi jer je dobivala mnogo subvencija od strane države. Kineski grad Shenzhena je svake godine u razdoblju od 9 godina dobivao državnu pomoć od 500 tisuća juana što je 64 tisuće eura po kupljenom električnom vozilu. Tako je taj grad do kraja 2017. godine imao 100% električni vozni park. Vidjevši pozitivan utjecaj u Kini i mnoge Azijske zemlje okrenule su se javnom električnom prijevozu. [7]

Sjedinjene Američke Države u početku nisu imale više od 500 e-buseva u zemlji. Zadnjih nekoliko godina američki gradovi i sveučilišta počela su nabavljati flote električnih busova. Najdinamičnija država u Sjedinjenim Američkim Državama koja je počela nabavljati električne autobuse bila je Kalifornija. Ona je usvojila Pravilo inovativnog čistog tranzita (ICTR). Njime je odlučeno da od 2023. godine novo kupljeni autobusi koji imaju nultu emisiju moraju čini 25%. do 2040. godine svih 12000 gradskih autobusa koji voze Kalifornijom moraju biti električni. U SAD- u je tvrtka Dominion Energy predložila integraciju razlike u cijeni između dizela i elektrike i uz to predložila razvoj infrastrukture za punjenje u cijeloj američkoj javnoj mreži do 2030. godine. U Kanadi su nakon dvije godina testiranja električnih busova zaključili da oni mogu

izdržati tešku kanadsku zimu i 98% ispitanika izrazilo je pozitivna mišljenja o korištenju električnih busova. [7]

Svjetska banka vrlo je aktivna u razvitku čistog transporta u Južnoj Americi uzimajući u obzir i ograničenje svake zemlje. Prva zemlja koja je počela koristiti električne busove bio je Čile. U njegovom glavnom gradu Santiagu odvija se milijun putovanja od čega 30% javnim gradskim prijevozom [7]. Cilj Santiaga je da do 2040. godine koriste vozila za javni gradski prijevoz na električni pogon. Osim u Čileu dolazi do procvata električne mobilnosti i u drugim državama Latinske Amerike. Ekvadorski grad Guayaquil u ožujku 2019. godine otvorio je flotu od 20 električnih autobusa. U Kolumbiji je grad Cali pustio u pogon 125 električnih busova. Costa Riva počeo je govoriti o puštanju u promet flote električnih autobusa i električnih taksija do 2050. godine.

U Europi Europska Unija je usvojila u veljači 2019. godine i zahtjeva da četvrtina novih autobusa koje su kupile javne vlasti budu čisti do 2025. godine. 40 gradova od kojih su u Europi Pariz, Berlin, Kopenhagen, Barcelona, Rim i Rotterdam potpisali su Deklaraciju C40. Njome se obvezuju na ulice bez fosilnih goriva, kako bi do 2025. godine postigli autobusne flote s nultim emisijama. U Europi najbolja zemlja u kategoriji električnog prijevoza je Nizozemska, ali već nekoliko godina rast električne mobilnosti vidi se i u ostalim državama Europe. London se nada potpuno električnom voznom parku do 2037. godine. Gledajući Europu i Kinu, Europa daleko zaostaje za Kinom. Pretpostavlja se da će do 2025. godine Kina i dalje 99% električnih busova biti u Kini. Isto tako Kina će ostati lider u proizvodnji električnih autobusa. Neki njihovi busovi su: Ankai, Foton, Shandong Yixing i Zhongtong. Ovi busovi su daleko ispred europskih buseva kao što su Volvo, Iveca i Solaris. [7]

Francuska je 2015. godine donijela Zakon o energetskej tranziciji na zeleni rast. Njezin cilj je učinkovita borba protiv klimatskih promjena. Ovime se zahtijevalo od prijevoznika da obnove svoj autobusni vozni park tako da više od 10 vozila zamjene autobusima s niskim emisijama. Pariz je 2017. godine testirao svoj prvi dalekovod, a do 2025. godine Pariz ima cilj razviti 100% javni prijevoz bez zagađivanja ugljikom. Marseille je bio prvi francuski grad sa 100% električnim autobusnim linijama. [7]

Do 2025. godine Kina će nastaviti širenje u korištenju električnih autobusa i procjenjuje se da će biti kupljeno 420 tisuća novih električnih autobusa. Do 2025. godine procjenjuje se također da će na cestama Sjedinjenih Američkih Država i Europe biti 40 tisuća teških električnih vozila. [7]

2.3. Električna vozila u Hrvatskoj – trend

U Hrvatskoj se električna vozila uglavnom primjenjuju u javnom gradskom i željezničkom prometu. U zadnje vrijeme počela su se upotrebljavati i u osobnom cestovnom prometu. Prvi tramvaji koji su bili pogonjeni istosmjernom strujom napona 669 V pojavili su se u Rijeci 1899. godine kao što se vidi na slici 2 [8]. Nakon Rijeke isti Tramvaji pojavili su se u Zagrebu 1910. godine i u Osijeku 1926. godine. Nakon električnog tramvajskog prijevoza došlo je do elektrifikacije željeznice u Hrvatskoj. Ona je započela instaliranjem istosmjernog sustava napona od 3 kV na pruzi Rijeka- Šapjane- hrvatsko slovenska granica. Istim tim sustavom također je elektrificirana i pruga koja je spajala Rijeku i Ogulin. Ostale elektrificirane pruge u Hrvatskoj imaju izmjenični napon 25kV i frekvenciju od 50 Hz. U 2017. godini u Hrvatskoj od ukupno 2604 kilometra njih 970 bilo je elektrificirano. [9]



Slika 2. Prvi tramvaj u Rijeci

Izvor: [8]

U Hrvatskoj proizvodnja elektrovučnih sredstava u koje spadaju tramvaji, dizelsko-električne diodne i tiristorske lokomotive i elektromotorni vlakovi imaju dugu tradiciju. Najveću ulogu u njihovoj proizvodnji imaju tvrtka Končar- Elektroindustrija koja se nalazi u Zagrebu, tvrtka Đuro Đaković iz Slavonskog Broda i Tvornica željezničkih vozila Gredelj koja se nalazi u Zagrebu. Posebno se ističe izrada i razvoj dizelsko električnog (aluminijskog) motornog vlaka proizvedenog 1961. godine. Ovaj vlak bio je jedan od prvih primjera suvremenog

motornog vlaka. Poznati su i po tiristorom vlaku proizvedenom 1981. godine koji je tada bio jedan od najmodernijih vlakova u svijetu. 2005. godine u Hrvatskoj je proizveden je TMK 2.200 koji je tada bio najnoviji niskopodni tramvaj i 2011. godine u Hrvatskoj je stvoren niskopodni električni vlak za regionalni promet serije 6.112. [9]

U Hrvatskoj su se također proteklih godina pojavili i mnogi inovatori i poduzetnici koji su se uključili u razvoj električnih automobila. 2011. godine u Hrvatskoj su predstavljena dva koncept modela električnih automobila. To su bili gradski automobil XD Concept tvrtke DOK-ING sa sjedištem u Zagrebu i sportski električni automobil Concept One tvrtke Rimac automobili. Tvrtka Rimac automobil također je 2021. godine predstavila još snažniji automobil Rimac Nevera koji je namijenjen serijskoj proizvodnji. U Hrvatskoj je po analizi iz 2021. godine bilo registrirano približno 16.000 automobila s električnim pogonom. [9]

2.3.1. Individualna vozila

Električni automobili u Hrvatskoj nisu bauk, ali ni novost. Prije svega 13 i 14 godina u Hrvatskoj je bilo registriran samo jedan osobni automobil koji je koristio elektromotor za pogon. S godinama je ona rasla što se vidi na grafikonu 3 [10]. U Hrvatskoj je u početku elektrifikacija slabo tekla, pa je tek 2015. godine Hrvatska dostignula troznamenkastu brojku električnih vozila. Međutim tada je počela veća potražnja za električnim automobilima u Hrvatskoj. Nakon 2015. godine Hrvatskoj je trebalo narednih pet godina da stigne do četveroznamenkastog broja električnih vozila. Danas se u Hrvatskoj broji oko četiri tisuće vozila koje tijekom korištenja ne emitiraju emisije ispušnih plinova.



Grafikon 3. Porast broja registracije električnih automobila u Hrvatskoj

Izvor: [10]

Električni automobili i dalje čine malen udio u ukupnom broju registriranih vozila u Hrvatskoj. Prvenstveni razlog toga su same cijene električnih automobila. Neki od dodatnih razloga su manjak infrastrukture za električne automobile, kompromis u samom načinu njihovog korištenja što se prvenstveno odnosi na njihov domet i njihovo dugo punjenje u odnosu na automobile s motorima s unutarnjim izgaranjem. U Hrvatskoj je na kraju 2022. godine ukupno bilo registrirano 1.836.016 osobnih automobila. Od toga 1.027.379 što je 56,96% od ukupnog broja vozila bilo je pokretano dizelom, 716.031 što je 39% bilo je pokretano na benzin, 60.349 što je 3,29% bilo je pokretano na benzin i plin, a na hibridni pogon bilo je registrirano 27.057 automobila. Broj električnih automobila koji je bio registriran te godine bio je 4.929 što je ukupno činilo svega 0,27% od ukupnog broja registriranih vozila. Ovaj podatak vjerojatno je i dalje toliko malen jer je riječ o novoj tehnologiji i ljudi i dalje nisu sigurni u novu tehnologiju i ostaju vjerniji motorima s unutarnjim izgaranjem. [11]

U Hrvatskoj se o električnim automobilima većinom govori svakog proljeća kada je aktualan poziv Fonda za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost koja raspisuje poticaje za električna vozila. Nakon toga se objavljuju izvještaji za koliko su vozila građani aplicirali, pa se obično počinje spuštati euforija u vezi električnih vozila. Međutim zadnjih nekoliko godina u Hrvatskoj se kupuju i tijekom ostatka godine, ali ne u tako velikoj količini kao u vrijeme poticaja.

No postavlja se pitanje koje to električne automobile najviše voze Hrvati. Prvo bi se pomislilo da je to Volkswagen Golf jer je on već dugi niz godina najpopularniji automobil s unutarnjim izgaranjem koje koriste Hrvati, pa je za pretpostaviti da će vjerovati i njegovoj električnoj verziji. Međutim električni Golf se prema analizama našao tek na šesnaestom mjestu s 97 registriranih automobila. Kada bi nastavili gledati Volkswagen u top 10 najkorištenijih automobila našao bi se tek ID.3 sa 172 registrirana primjerka. [11]

Najčešće korišten električni automobil u Hrvatskoj je Renault Twingo. To je malen gradski auto idealan za gradsku vožnju. U Hrvatskoj je ukupno registriran 821 primjerak. Renault Twingo u sebi sadrži bateriju od 22kWh koji mu omogućuje punjenje od samo sat vremena i domet od 150 do 200 kilometara, ali i glavni razlog je da se uz poticaje njegova cijena skoro jednaka kao i običnog Renault Twinga sa unutarnjim izgaranjem. Na drugom mjestu našao se svjetski poznati proizvođač električnih automobila Tesla. Njegov model Tesla Model 3 broji 460 registriranih automobila koji voze hrvatskim prometnicama. Očekuje se da će njihov broj na hrvatskim prometnicama rasti pošto je Tesla u Hrvatskoj tek tri godine. Treći po broju registriranih električnih automobila je ponovno Renault sa svojim modelom Z koji broji 289 registriranih automobila. razlikuje se od Twinga sa duplo većom baterijom koja pruža domet od preko 300 kilometara. Četvrto mjesto zauzeo je električni Smart EQ Fortwo Coupe. U Hrvatskoj je registrirano ukupno 241 model, a ovaj automobil ima doseg od 150 kilometara.

Top 10 električnih automobila u Hrvatskoj još čine Hyundai Kona, BMW I3, Dacia Spring, Smart Fortwo, Škoda Citigo i ranije već naveden Volkswagen ID.3. Prema ovim podacima vidimo da Hrvati biraju električne automobile većinom za gradsku vožnju, a za dulja putovanja i dalje ostaju vjerni automobilima sa unutarnjim izgaranjem. [11]

Britanska konzultantska kuća Confused.com pretpostavlja da će u Republika Hrvatska do 2035. godine imati 15. najveći udio u prodaji električnih vozila diljem Europe sa ukupno 28,25% novoregistriranih električnih automobila. Ako se vratimo u 2019. godinu vidi se da se dogodilo povećanje u broju električnih vozila od 0,25%, 2020. godine od 1,47%, a 2021. godine od 3,17%. U obzir ovakvim povećanjima svake godine mora se uzeti da se infrastruktura počela prilagođavati električnim vozilima. Počele su graditi punionice po cijeloj Hrvatskoj, a i svaki ozbiljan proizvođač automobila ima barem nekoliko potpuno električnih modela u ponudi. [11]

2.3.2. Javni gradski prijevoz

U Hrvatskoj se prvo električno vozilo koje se koristilo u javnom gradskom prijevozu spominje električni tramvaj u Rijeci. Električni tramvaj u Rijeci počeo je prometovati 7. studenoga 1899. godine. Njegova pruga je bila jednotračna, a linija mu je bila duga samo 4.4 kilometra. Poduzeće Riječki električni tramvaj koji se danas naziva Autotrolej u to doba imala je osam motornih tramvajskih kola. U tramvajska kola moglo je stati 28 putnika. Od 28 putnika koja su se mogla prevoziti 16 se moglo voziti na sjedećim mjestima, a 12 na stajaćim mjestima. Ova pruga razvila se dodatno u razdoblju od 1907. do 1908. godine. U tom razdoblju pruga je produžena za jedan kilometar na 5,4 kilometra dužine. 1928. godine na Školjiću je izgrađena nova remiza s mogućnošću garažiranja 10 tramvajskih kola. Ova linija je ukinuta 1952. godine zbog uvođenja trolejbusa u prometnu mrežu 1951. godine. [9]

22. ožujka 1904. godine u Puli je u promet pušten električni tramvaj. Ukupna duljina njegove pruge iznosila je 7,1 kilometra. Njegova pruga prevozila je od željezničkog kolodvora do zadnje stanice koja se nalazila kraj Carske šume. U planu je također bila trasa koja bi spajala Pulu sa Fažanom i Vodnjanom koja nikad nije provedena. U početku u Puli se nalazilo osam motornih kola, kasnije je nabavljeno dodatnih 14 motornih kola i 15 prikolica. Tramvaj u Puli prestao je prometovati 1934. godine kada je zamijenjen autobusnim prijevozom. [9]

U svrhu turističkog prijevoza uspostavljena je tramvajska pruga na liniji Matulji-Opatija- Lovran 9. veljače 1908. Ova linija je služila za prijevoz gostiju koji su stizali na željezničku postaju u Matulji. Ova linija bila je duga 12 kilometara a sastojala se od 13 motornih kola i pet prikolica. Ova linija godišnje je znala prevoziti 85 000 putnika, ali je ukinuta 1933. godine kada su ju zamijenili autobusi. [9]

Električni tramvaj prometovao je i u Dubrovniku. On je počeo prometovati 22. prosinca 1910. godine, a prometovao je linijom Pile-Gruž i prometovao je na jedno kolosiječnoj pruzi koja je bila širine jedan metar. Kada je pušten u promet imao je pet tramvajskih motornih kola i tri prikolice, a 1912. godine dobio je još dva motorna kola. 1926. godine izgrađeno je okretište u Lapadu. Tramvajski promet u Dubrovniku ukinut je 1970. godine zbog veće potrebe građana za modernijim prijevozom putnika, ali i zbog većih prometnih nesreća koje su se događale tijekom tramvajskog prijevoza. [9]

Grad Zagreb je 1909. godine izdao koncesiju za izgradnju električnog tramvaja koje je gradsko poglavarstvo prenijelo na tada novo utemeljeni Zagrebački električni tramvaj danas poznatiji kao ZET. Prvi promet na prvoj pruzi u Zagrebu odvio se 18 kolovoza 1910. godine. Novo otvorene tramvajske pruge prometovale su na istim prugama kojima su prometovali tramvaji vučeni konjskom snagom, ali su dodatno izgrađene i nove tramvajske linije. Proširena je pruga u Ilici do Črnomerca, izgrađena je pruga od trga bana Josipa Jelačića, koja je išla preko Kaptola i Nove Vesi do Mirogoja. U tom periodu u Zagrebu je bilo 28 motornih kola i 14 prikolica, a 1916. godine nabavljeno je dodatnih 14 prikolica kada se tramvajska linija proširila do zagrebačke tvornice Eisenhut. 1936. godine izgrađeno je spremište za koje se nalazilo u Ljubljancu. Do 1939. izgrađene su nove tramvajske mreže. To su bile nove pruge u Branimirovoj, Heinzelovoj, Zvonimirovoj, Tratinskoj i Ozaljskoj ulici. Nakon drugog svjetskog rata nastavilo se proširivanje tramvajskog prijevoza u Zagrebu. Gradile su se pruge od Maksimira do Dubrave, u Mihanovićevoj ulici, Jukićevoj ulici, Mislavovoj ulici, od Vukovarske ulice do Žitnjaka, od Gupčeve zvijezde do Mihaljevca i Dolja. 1942. godine u pogon je pušteno spremište tramvaja u Dubravi. Jedna od lošijih strana zagrebačkog tramvaja dogodila se 1954. godine kada je tramvaj u blizini Gupčeve zvijezde iskočio iz tračnica. U ovoj nesreći poginulo je 19 osoba, a 37 ih je ranjeno. Ova linija ponovno se obnovila 1964. godine, ali je potpuno ukinuta samo šest godina poslije. Danas u Zagrebu tramvajska mreža ima ukupnu duljinu od 116 kilometara, a širina kolosijeka je jedan metar. Zagrebački električni tramvaj prikazan je na slici 3 [12]. Promet električnih tramvaja organiziran je na 15 dnevnih linija i četiri noćne linije. Maksimalna brzina električnih tramvaja je 70 kilometara na sat i ima ukupno 242 putnička mjesta. [9]



Slika 3. Zagrebački električni tramvaj

Izvor: [12]

Osijek je uz Zagreb jedini grad u Hrvatskoj u kojem je električni tramvajski promet preživio do danas. Električni tramvaj u Osijeku pojavio se 12. prosinca 1926. godine kada je zamijenio konjski tramvaj. Prve osječke električne tramvaje proizvela je čehoslovačka tvornica Škoda, a početkom 60- godina prošlog stoljeća počeli su prometovati električni tramvaji proizvedeni u poduzeću Đuro Đaković. 2008. godine s radom je počeo sustav elektroničke naplate. On pruža podatke o broju prevezenih putnika. sačuvana su i restaurirana kola koja su prometovala 1928. godine koja danas služe za prometovanje u turističke svrhe. Osječki vozni park danas raspolaže sa 30 tramvaja, a promet se odvija na dvije linije s gotovo 30 kilometara pruge. [9]

Zagrebačka uspinjača koja spaja Gornji i Donji grad u Zagrebu prvenstveno je bila na parni pogon, ali je 1934. godine zamijenjena električnim pogonom. Njen rad bio je obustavljen 1969. godine, ali je 1974. godine u pogon puštena novo izgrađena uspinjača. Ona može prevoziti ukupno 28 putnika od toga 16 na sjedećim i 12 na stajaćim mjestima. Visinska razlika između početka i kraja uspinjače je 30,5 metara s usponom od 52%. Najveća dopuštena brzina iznosi 1,5 metara u sekundi, a vožnja obično traje oko 55 sekundi u kojem vreme prijeđe prugu duljine 66 metara. [9]

Trolejbus je električno vozilo za gradski prijevoz putnika koje svojim izgledom jako podsjeća na autobus. Prva linija u Rijeci prometovala je od željezničke postaje do Plumbuma. Svoj vrhunac postignuo je 1961. godine kada je došlo do produljenja linije od Krnjeva do Zameta čime je formirana linija Trsat- Kantrida- Pećine- Zemet. U to doba Rijeka je imala 29 Trolejbusa. Međutim Trolejbus je povučen iz prometa 1969. godine i zamijenjen je autobusima. Trolejbus je kratko prometovao i u Splitu. 1964. godine trolejbus prevezio je

putnike od gradske obale do Solina, ali je zbog učestalih prekida koji su bili uzrokovani neiskustvom i lošim stanjem prometnica ukinut je 1968. godine. [9]

Kao što se vidi većina javnog gradskog prijevoza u Hrvatskoj zamijenjena je autobusima. Poznato je da brojnim hrvatskim prometnicama vozi gomila autobusa javnog gradskog prijevoza, ali se ne govori da su oni da su oni također jedni od većih zagađivača okoliša. Tu se javlja problem je su domaći prijevoznici danas jako skeptični u vezi nabave električnih autobusa čime bi se smanjila zagađenost zraka u većim gradovima. Jedini grad u Hrvatskoj koji koristi neku vrstu električnog vozila za prijevoz putnika je Koprivnica. Koprivnica koristi minibus za prijevoz putnika. Kako bi potaknuli zeleni javni prijevoz glavni uvoznik gospodarskih vozila u Hrvatsku MAN prošle je godine doveo na hrvatske ceste električni gradski autobus Lion's City E. Ovo je gradski autobus na električni pogon koji će svojim karakteristikama i voznim kvalitetama dovesti na domaće prometnice pozitivne prijevoznike i neophodne ekološke promjene. Ovaj model dostupan je u dvije verzije. Solo verzija poznatiji kao 12E i zglobni model poznatiji kao 18E. 18E model ima bateriju od 640 kW koja mu tijekom cijelog radnog vijeka omogućuje put u rasponu od 200 do 270 kilometara sa jednim punjenjem. Ovi busovi testiranjem diljem svijeta prezentirali su maksimalnu fleksibilnost tijekom rada, ekonomičnu i udobnu mobilnost, te jednostavan koncept punjenja u garaži. Opremljeni su tehnološki najnaprednijim litij-ionskim baterijama (NMC), a nude optimizaciju troškova i pouzdanost u vožnji. Sva ova testiranja baterija odvijala su se u Volkswagen grupaciji čime je zagarantirana kvaliteta primjene. Uz to se radi na poboljšanju baterija kako bi autobusi imali doseg od 350 kilometara sa jednim punjenjem. Hrvatska bi prijevoznici trebali razmišljati o uzimanju MAN Lion's City E busovima jer bi time poboljšali svoj vozni park, ali i tako zaštitili okoliš. [9]

3. UTJECAJ ELEKTRIČNIH VOZILA NA ODRŽIVI RAZVOJ

U svijetu se svakim danom događa neki tip onečišćenja okoliša što također znatno utječe na klimatske promjene. Potrošnja i emisije kod različitih vrsta automobila mogu se vidjeti na slici 4 [13]. Brzim rastom onečišćenja okoliša i klimatskim promjenama došlo je to potrebe za inovativnim rješenjima i tehnologijama. U tomu se našla i automobilska industrija pošto je ona jedna od primarnih izvora onečišćenja zraka u gradovima. Tu u pitanje dolaze električna vozila. Električna vozila doprinose ovomu jer ona za razliku od vozila sa unutarnjim izgaranjem doprinose smanjenju onečišćenja zraka i time omogućuju poboljšanje kvalitete zraka u gradovima. Ona također ne ispuštaju ugljični dioksid tijekom svoje vožnje koji onečišćuje zrak koji udišemo. Gledajući sveobuhvatno električna vozila su ekonomična, zahtijevaju malo održavanja i ekološki su prihvatljivija na održivi razvoj.

	KONVENCIONALNA	HIBRIDNI	PLUG-IN HIBRIDNI	POTPUNO ELEKTRIČNA
IZVORI ENERGIJE				
POTROŠNJA				
EMISIJE				

Slika 4. Usporedba različitih tipova vozila u cestovnom prometu

Izvor:[13]

Mnoge svjetske vlade Francuske, Engleske, Norveške i Indije obvezale su se na prelazak na električna vozila. Njihov cilj je to učiniti između 2025. i 2030. godine. Time bi države uklonile emisije ispušnih plinova, smanjile bi ovisnost o fosilnim gorivima, poboljšale bi stanje zajednice, došlo bi do osiguravanja energetske sigurnosti. U ovome im se pridružilo mnogo svjetskih zemalja. [14]

Kada bi se električna mobilnost povezala s ciljevima obnovljive energije dekarbonizirao bi se prometni sektor. Glavni razlog tomu je jer električna vozila pokreću čisti izvori energije i ona time pomažu u borbi protiv onečišćenja zraka i utjecaja na zdravlje građana. Iz baterija električnih automobila mogu se iskopavati plemeniti metali kada se baterije potpuno isprazne i time bi se promoviralo očuvanje resursa i održivo upravljanje. Njihovim recikliranjem i učinkovitim upravljanjem može se značajno smanjiti proizvodnja otpada u svijetu. Time bi ljudi mogli pristupiti modernim, cjenovno pristupačnim i pouzdanim energetskekim uslugama.

Isto tako električna vozila nude neke prednosti u održavanu i radu. Za punjenje i rad električnih automobila košta 25% manje u odnosu na istu udaljenost automobilima na benzin. Također su jeftiniji za održavanje od benzinskih i dizelskih vozila jer imaju manje dijelova. Jedino na što se treba gledati kod električnih vozila je zamjena baterije koja se obično radi nakon pet, šest godina korištenja. [14]

Električna vozila međutim ne rješavaju problem *weel to tank*. *Weel to tank* je način kojim se osigurava da se sve emisije iz ispušnih cijevi, emisije povezane s generiranjem goriva ili vektora energije u potpunosti zabilježe. To je važno kako bi se omogućila pravedna usporedba svih tehnologija i goriva. Jedan primjer toga su električni autobusi koji nemaju emisija iz ispušne cijevi, ali postoje emisije proizvedene u proizvodnji i prijenosu električne energije. Ova metoda je važna jer pokazuje sve emisije stakleničkih plinova ispuštenih u atmosferu iz proizvodnje, obrade i isporuke goriva ili energije. Zbog toga je važan način usporedbe svih vozila metodom *weel to tank* jer pokazuje da ni električna vozila nisu sto posto sigurna za čovjeka i okoliš oko njega. [15]

Glavni problem električnih vozila je da su dosta skuplja u odnosu na ostala vozila s unutarnjim izgaranjem. Najveći trošak u proizvodnji električnih vozila je baterija koja iznosi 50% do 60% ukupnih troškova u proizvodnji. Time je proizvodnja baterije duplo skuplja od vozila na benzin. Ovime se vidi da je prelazak na električna vozila isplativ u svrsi održivog razvoja, ali je i skup i velik pothvat. U to se značajno trebaju uključiti i zemlje u financijskoj pomoći građanima, ali i značajno ulagati u infrastrukturu kako bi se što brže prilagodila potrebi električnih vozila. [14]

Dodatni problem kod električnih automobila je odlaganje i recikliranje iskorištenih litij-ionskih baterija koje većinom nije ekonomično. Ove baterije sadrže različite metale i minerale u svojim baterijskim ćelijama čije je izdvajanje pojedinačnih elemenata veoma skupo. Kada bi se zanemarilo izdvajanje pojedinačnih elemenata iz baterije dolazilo bi do gubljenja vrijednih metala i minerala na odlagalištima. Zbog toga je potrebno uspostaviti postrojenja za recikliranje litij-ionskih baterija kako bi se baterije bolje reciklirale.

Gledajući sve električna vozila bolja su opcija od vozila s unutarnjim izgaranjem zbog toga jer ne emitiraju dim i štetne plinove. U svijetu su vodeći po nultoj razini zagađenja. Puno su učinkovitija i emitiraju manje emisija nego vozila s unutarnjim izgaranjem.

3.1. Zagađenje zraka

Automobili na dizelski i benzinski pogon ispuštaju mnogo otrovnih plinova iz svojih ispušnih cijevi. Otrovnne emisije iz ispušnih plinova dizelskih i benzinskih automobila svake godine uzrokuju desetke tisuća prijevremenih smrti. Ovaj problem u zagađenju okoliša ispušnim plinovima mogli bi riješiti električni automobili. Električni automobili mogli bi uz onečišćenje zraka koji proizvode ispušni plinovi smanjiti i onečišćenja zraka uzrokovana kočnicama, gumama i ovjesima koje proizvode dizelski i benzinski automobili

Onečišćenje zraka kako je ranije navedeno uzrokovano je i kočnicama. Konvencionalni automobili s motorom na unutarnje izgaranje uglavnom se koriste disk kočnicama kako bi usporili automobil. Ove kočnice emitiraju čestice koje onečišćuju zrak koji udišemo. Električni automobili za razliku od automobila s unutarnjim izgaranjem koriste regenerativno kočenje kako bi usporili automobil. Regenerativno kočenje je tip kočenja koje vraća energije koju je koristilo za kočenje natrag u akumulator automobila za napajanje automobila. Ovim procesom električni automobili smanjuju potrebu za korištenje kočnica i stoga smanjuje emisiju česticama. Program za mjerenje čestica Ujedinjenih naroda razvija metodu za precizno mjerenje emisija istrošenih kočnica. Europska unija već financira neke tehnologije za smanjenje emisija iz kočnica kao što su projekti LOWBRASYS i REBRAKE. One su uspjele smanjiti emisije mase čestica iz kočnica za više od 50%. U Francuskoj je tvrtka Tallano uspjela razviti vakuumske kočione pločice za koje se govori da uklanjaju 85% kočionih čestica. Ovaj sustav mogao bi se u budućnosti koristiti u javnom prijevozu. Europska unija ima plan u budućnosti objaviti Euro 7. oni bi trebao postaviti ograničenje čestica kočnica za sva vozila bez obzira na njihov pogon čime bi se smanjilo zagađenje zraka. [16]

Onečišćenje zraka gumama. Električni automobili većinom imaju veću težinu nego automobili s unutarnjim izgaranjem i neka izvješća navode kako je dodatna težina povećava trošenje, a trošenjem se povećava i zagađenje česticama. Međutim električna vozila obično su opremljena posebnim gumama koje su dizajnirane da se nose s većom težinom baterija kako bi se osiguralo da se one ne troše prebrzo. Potrebno je više studija za mjerenje emisija čestica u gumama, a posebno u električnim vozilima, električnim cestovnim vozilima, a kod njih pogotovo SUV vozilima. Europska unija objavila je uredbu EU-a o označavanju guma kojima se zahtjeva od Europske komisije da se razvije metoda za mjerenje emisija istrošenih guma kako bi se smanjilo njihovo zagađenje zraka. Zdravstvene i ekološke nevladine organizacije isto tako preporučuju da Europska komisija zabrani prodaju guma koje najviše zagađuju i najmanje su

izdržljive na tržištu Europske unije. Ove gume imaju nerazmjerno negativan učinak na kvalitetu zraka. Njihovim uklanjanjem poboljšala bi se kvaliteta zraka u Europi. [16]

Vozila s unutarnjim izgaranjem zagađuju zrak i svojim motorom. Prelaskom na električna vozila uklanjaju se sva onečišćenja iz ispušnih cijevi. To su NO_x, HC ugljični monoksid, dušikov oksid. Samo štetni dušikov dioksid odgovoran je za 50 000 preuranjenih smrti u Europi. On uzrokuje respiratorne i kardiovaskularne bolesti. Proizvođači automobila priznaju da ne mogu eliminirati štetne emisije iz motora vozila s unutarnjim izgaranjem. Jedina je opcija prelazak na električna vozila. [16]

Električna vozila vidimo su mnogo bolja od vozila s unutarnjim izgaranjem, ali imaju i ona neke mane. Počeli su se javljati problemi u proizvodnji struje za električna vozila. Bude li se struja za električna vozila dobivala od termocentrala na ugljen doći će do 3,6 više slučajeva smrti od čađe i smoga ako uspoređujemo s vozilima s unutarnjim izgaranjem. takav izvor energije bio bi loš i u pogledu za ispuštanje ugljik- dioksida u višim slojevima atmosfere. Formiralo bi se takozvano ogledao koje bi zadržavalo toplinu s površine Zemlje i pogoršavalo bi zagrijavanje klime. [17]

Sveobuhvatno gledajući električna vozila imaju još neke mane u zagađenju zraka ali su i dalje bolja od vozila s unutarnjim izgaranjem.

3.2. Klimatske promjene

Elektrina vozila važan su dio i ispunjavanja globalnih ciljeva o klimatskim promjenama. Električna vozila prisutni su u postupnom ublažavanju zagrijavanja na znatno ispod 2C ili 1,5C što bi bilo u skladu s Pariškim sporazumom. Međutim električna vozila rade na električnu energiju koja je i dalje u mnogim dijelovima svijeta u velikim količinama proizvedena iz fosilnih goriva.

Električna vozila su odgovorna za znatno niže emisije tijekom svog životnog vijeka od vozila s motorom s unutarnjim izgaranjem diljem cijele Europe. Električna vozila u kojima se električna energija proizvodi na ugljen imaju slične emisije kao i najučinkovitija konvencionalna vozila kao što su hibridno- električni modeli. Daljnjom de karbonizacijom proizvodnje električne energije kako bi se zemlje ispunile svoje klimatske ciljeve, emisije iz vožnje će se smanjivati za postojeća električna vozila, a emisije iz proizvodnje na nova električna vozila. U 2019. godini u Ujedinjenom Kraljevstvu gledao se Nissan Leaf EV i njegov životni vijek emisija po kilometru vožnje. Ispostavilo se da je životni vijek emisija po kilometru bio tri puta niži nego za prosječan konvencionalna automobil prije izračuna padajućeg intenziteta ugljika u proizvodnji električne energije. Međutim mi danas ne možemo sto posto uspoređivati emisije električnih vozila i konvencionalnih vozila. One ovise o veličini vozila,

načinu na koji se izračunavaju emisije električne energije, potrošnji goriva, pretpostavljenim obrascima vožnje, nekada se i koriste vremena u regijama u kojima se vozila koriste. Ne postoje jedinstvena procjena koja se primjenjuje svugdje. [18]

3.3. Buka

Novi i sve moderniji automobili postaju svakim danom sve tiši. To se događa jer se sve manje koriste glasni V-8 i šest cilindar motori. Sve više se koriste prigušni motori sa malim zapremninama s turbopunjačem i koriste se električni motori koji su gotovo nečujni.

Električna vozila uz to što su dobra za okoliš i klimatske promjene isto tako su dobra za smanjenje buke. Prometna buka iznimno je štetna za čovjeka. Ona je po svom utjecaju na javno zdravlje odmah iza onečišćenja zraka prema navodima Svjetske zdravstvene organizacije. Buka koja se proizvodi u cestovnom prometu može dovesti do narušenog mentalnog zdravlja, kronične nesanice, depresije i tjeskobe. Ona povećava rizik od kardiometaboličkih bolesti poput arterijske hipertenzije, bolest koronarnih arterija, dijabetes tipa 2. Buka može također povećati rizik od kardiovaskularnih bolesti, pojave moždanog udara i rane smrti. Istraživanja su pokazala da stanovnici gradova koji su najviše izloženi buci imaju 22% veću šansu da će umrijeti od koronarne bolesti srca od ljudi koji su manje izloženi buci. Buka je isto povezana sa fibrilacijom arterija (nepravilnim otkucajima srca) što dovodi do rizika od zatajenja srca, pojave krvnih ugrušaka i pojave moždanog udara. Buka čak može povećati rizik od pretilosti. Istraživanja su pokazala da svatko tko živi ili radi u urbanom području je često izložen nezdravim razinama buke. [19]

Električni automobili emitiraju jednu desetinu buke koju emitiraju automobili s motorom s unutarnjim izgaranjem. Kod električnog motora čuje se jedinstveno zujanje koje ne dolazi iz automobila nego iz zvučne datoteke automobila koju aktivira operativni sustav automobila. Ovo jedinstveno zujanje zakonski je propisani sigurnosni dodatak električnim vozilima kako bi upozorio svakoga tko nailazi izvan vozila na prisutnost električnog vozila.

Vozila pogonjena fosilnim gorivima zadnjih godina postupno postaju prošlost. Njihovim postupnim isključivanjem iz prometa u gradova, gradskim središtima i četvrtima razina buke će se postepeno smanjivati. Buka kod vozila pogonjenih fosilnih goriva u stambenim i gradskim područjima kao što su autobusi i automobili velika količina buke dolazi iz motora s unutarnjim izgaranjem. U smanjenju te razine buke električni automobil je pravi izbor jer je on gotovo nečujan pri vožnji stambenim i gradskim područjima. U početku se smatralo korisnim jer se smanjivala razina buke, ali se više nije moglo predočiti da li automobil ubrzava ili usporava, a ta činjenica spašava mnoge živote. Međutim kod vozila pogonjenih fosilnim gorivima dok se kreću autocestom i prometnicama kojima se kreću velikim brzinama velik dio zvuka vozila

dolazi iz buke vjetra i guma tako da električna vozila ne bi puno pridonijela u buci vozila pri velikim brzinama. [19]

Električni automobili ne mijenjaju samo komponente snage u odnosu na automobile s unutarnjim izgaranjem nego i gume. Gume imaju ključnu ulogu u procesu elektrifikacije. Gume imaju 3 razloga kod električnih vozila. Prvi razlog je težina električnih vozila. Ona su opremljena velikim baterijama koje premašuju težinu vozila na fosilna goriva kada imaju puni spremnik. Drugi je torzija elektromotora koja imaju električna vozila. I zadnji je buka. Električna vozila proizvode manje buke tijekom vožnje u usporedbi s vozilima s unutarnjim izgaranjem. To dovodi do pojačavanja zvukova unutar električnih vozila uključujući i buku ceste koja proizlazi iz guma.

Električni automobili idealno su rješenje za suzbijanje buke u cestovnom prometu. Međutim nedostatak buke kod električnih automobila pridonosi njihovoj visokoj stopi nesreća. Električni automobil ima 40% veću vjerojatnost da će udariti pješaka nego normalan automobil. Ako u to uzmemo populaciju ljudi koji imaju oštećen vid ovaj broj skače na 93%. Radi ove mane u Europi i Sjedinjenim Američkim Državama uspostavljen je standard prema kojem se od električnih vozila zahtjeva da proizvode minimalne količine buke. Ovim standardom doneseno je da električni automobili moraju proizvoditi zvukove u rasponu od 43 do 64 decibela kada se vozilo kreće brzinom manjom od 20 kilometara na sat jer su pri tim brzinama buka guma i površine ceste minimalne. [20]

Proizvođač električnih vozila Tesla je primjerice uveo široku paletu zvukova upozorenja za pješake pod nazivom Boombox koji vozači mogu odabrati. Neki od ovih zvukova su kamion za sladoled, pljesak, blejanje ovaca i mnogi drugi. Tesla je ovo uvela kako bi se ljudi osvrtali na neobične zvukove oko njih i više pazili u prometu. Međutim ovo se nije svidjelo Američkom Nacionalnoj upravi za sigurnost u prometu i zahtijevala je od Tesle da ukloni Boombox. Razlog tomu bio je da onemogućavaju pješacima da prepoznaju zvukove upozorenja u urbanom okruženju koje je ionako zagađeno zvukovima. [20]

Električna vozila u smislu buke imaju više prednosti nego nedostataka. Utišavanje velikih izvora buke kao što su vozila omogućiti će čovjeku da ne mora nadvladavati buku motora automobila. uvođenjem električnih automobila i smanjenjem razine buke možda će se u prometu napokon čuti razgovori ljudi.

3.4. Zauzimanje prostora

Električna vozila smatraju se ključem da se privatna i javna mobilnost konačno učine čistom. Međutim ne provode se nikakva istraživanja o njihovom potencijalnom doprinosu širenju nepropusnih površina. U obzir se moraju uzeti tri relativna elementa. To su utjecaj

troškova rada električnih vozila na veličinu grada, zahtjeve prostora za punionice, potražnja zemljišta za proizvodnju energije putem obnovljivih izvora energije. Proizvodnja energije za pogon električnih vozila imala bi značajan utjecaj, pri čemu bi Europa i SAD morali potencijalno posvetiti od 5.000 do 6.000 kilometara kvadratnih zemljišta fotonaponskim pločama ili od 56.000 do 70.000 kilometara kvadratnih vjetroturbinama. S druge strane mjesta za punjenje električnih vozila imalo bi samo male učinke u smislu ukupnih zahtjeva za zemljištem. Međutim trebalo bi dodatno obratiti pozornost na to može li lakše punjenje u samostojećim i dvojnim kućama povećati privlačnost ove vrste stanovanja koje zahtjeva mnogo zemljišta. Ukupno gledajući uvođenjem električnih vozila u promet treba osigurati mnogo prostora za izgradnju dodatne infrastrukture koja je njoj potrebna kako bi nesmetano radila. [21]

Električna vozila zauzimaju isto prostora u gradovima kao i motori sa unutarnjim izgaranjem jer su svojim dimenzijama većinom slični. Prostor na benzinskim pumpama koji je potreban za punjenje vozila sa unutarnjim izgaranjem zauzima isto mjesta koliko bi zauzimale punionice na kojima bi se punila električna vozila. Na nekim benzinskim postajama uz punjenje goriva već se sada nalaze punionice za električna vozila. Električna vozila dolaze i sa kablovima koji omogućuju punjenja kod kuće čime se smanjuje potrebna za velikim brojem punionica.

Najbolji način za putovanje unutar i izvan gradova ostaje i dalje javni gradski prijevoz. Javni gradski prijevoz bio je kod vozila s unutarnjim izgaranjem tako je i sada kod električnih vozila. Električni autobusi, tramvaji, vlakovi omogućuju prijevoz velikom broju putnika u isto vrijeme. Električna vozila javnog prijevoza ne smanjuju toliko u velikim količinama onečišćenje, ne smanjuju buku u odnosu na električna vozila, kao što je to bio slučaj kod vozila s unutarnjim izgaranjem. Ona svejedno smanjuju prometnih zagušenja u odnosu na električna vozila jer mogu prevesti više putnika. Time se izbjegavaju veće gužve u većim gradovima i velika prometna zagušenja. [21]

3.5. Modalna razdioba putovanja

S rastućom razinom prodora električnih vozila u prometnu mrežu potrebno je kontrolirati proces njihovog punjenja i pražnjenja kako bi se izbjegli problemi s radom. Potrebno je stvoriti optimalno usmjeravanje električnih vozila u distribucijskoj mreži. Ovo se može podijeliti u dvije faze. Prva faza u obzir bi se uzimala mobilnost električnih vozila u prometnom sustavu. Dnevna putovanja modelirala bi se prema metodi lančanog putovanja. Tražilo bi se put za koji bi vozaču bilo potrebno najmanje vremena od početne do završne točke. U ovaj put morale bi se uzeti i neki učinci koji bi to svakodnevno mogli poremetiti. To su učinci temperature okoline, prometne gužve i vrste cesta koje mogu utjecati na potrošnju energije u električnim vozilima.

Isto tako mora se odrediti potražnja za punjenjem električnih vozila i vozila električnog javnog gradskog prijevoza. Potrebno je u prometnu mrežu uvesti punionice za električna vozila kako bi ona sigurno mogla kretati prometnom mrežom. Druga faza bavi se optimalnom izmjenom radne snage i jalove snage električnih vozila i distribucijske mreže. U ovom slučaju predlaže se model mješovitog cjelobrojnog linearnog programiranja koji istovremeno uzima u obzir prednosti vlasnika električnog vozila i operatora distribucijske mreže kao ciljeve optimizacije.

Korištenje električnih automobila u odnosu na vozila s unutarnjim izgaranjem i nije neki eksterni i ekološki benefit u odnosu na benefit koji se dobiva prelaskom na električni javni gradski prijevoz zbog prijevoza velikog broja putnika. U Južnoj Americi najbolji primjer prelaska na električni javni gradski prijevoz je Sao Paulo u Brazilu koji je krajem 2022. godine zabranjena nabava novih dizelskih autobusa u gradu. Do kraja 2024. godine očekuje se da će Sao Paulo imati najmanje 2600 električnih autobusa za prijevoz putnika. U Sjedinjenim Američkim Državama autobusi s nultom emisijom činili su 0,5% ukupnih autobusa. Krajem 2019. godine 450 od ukupno 75.000 autobusa bili su s nultom emisijom, a u 2021. godini njihov broj porastao je za 27%. Do 2023. godine doživjeli su porast od 66%. U Indiji je prodor autobusa s nultom emisijom iznosio 5 do 6 posto tijekom prve polovice 2023. godine. U Europi najbolje je u Nizozemskoj. U tvrtki Connexion 1. travnja 2018. godine pustili su u promet 100 električni busova. Tvrtka Amstelland Meerlanden je tvrtka sa oko 100 zglobnih električnih autobusa koji prelaze oko 30 tisuća kilometara dnevno. Na punjačima im se baterije pune oko 20 minuta ili manje na punjačima, što omogućuje 24-satnu uslugu. [22]

4. BUDUĆNOST ELEKTRIČNIH VOZILA U PROMETNOM SUSTAVU

Električna vozila proteklih se godina sve više razvijaju i koristi ih sve veći broj ljudi. Električna vozila su puno bolja za okoliš, a time i za zdravlje ljudi u odnosu na vozila koja se pokreću fosilnim gorivima i motorom na unutarnje izgaranje.

Posljednjih godina električna vozila doživjela su značajan napredak. Napredak je postignut u razvoju tehnologije baterija. Poboľšan je kapacitet za pohranu energije i poboljšana je učinkovitost punjenja. Tim poboljšanjima proširio se raspon električnih vozila, što je donekle umanjilo zabrinutost ljudi u vezi ograničene udaljenosti putovanja. Počelo se značajnije ulagati u razvoj punionica električnih vozila i njihov razvoj. Došlo je do inovativnih rješenja u vezi punionica u smislu bežičnog punjenja. Također se počelo razmišljati o povezivanju autonomne vožnje i električnih vozila. Kombiniranjem te dvije tehnologije povećala bi se sigurnost, učinkovitost i praktičnost u mobilnosti prometnim sustavom.

Kao i svaka vrsta prijevoza, tako i električna vozila svojim razvojem uz nova rješenja donose i nove probleme. Mora se povećati isto tako dostupnost infrastrukture za gradnju električnih punionica. Širenje punionica u ruralna područja ključni je korak u prevladavanju toga ograničenja. Kao nova prednost električnih vozila navedeno je poboljšanje dometa, ali ono je i dalje znatno manje nego kod vozila koja se pokreću fosilnim gorivima i motorom na unutarnje izgaranje. To je problem koji i dalje predstavlja najveći izazov koji treba savladati kako bi ljudi prihvatili električna vozila. Zbog toga je ključno čim prije savladati ograničenja putem napretka u tehnologiji baterija i razvojem mreža za brzo punjenje. Problem koji se isto tako mora riješiti u budućnosti je proizvodnja i odlaganje baterija koja se koriste u električnim vozilima. Oni su jedni od rijetkih dijelova električnih vozila koja predstavljaju opasnost za okoliš. Treba poraditi na novim održivim metodama za recikliranje baterija i ulagati u istraživanja koja su povezana sa ekološki prihvatljivijim materijalima za baterije u električnim vozilima.

4.1. Prognoza razvoja električnih vozila

Električna vozila i dalje rastu bez obzira na porast troškova zbog cijena sirovina koja su potrebna za njihovu izradu. Usporedi li se prodaja električnih vozila u 2020. godini i 2021. godini u kojima se je povećanje električnih vozila povećalo za 108%. U 2023. godini broj električnih automobila na cesti bio je 14 milijuna i time je bila veća za 3,5 milijuna nego u 2022. godini. Time je ukupan broj električnih vozila porastao na 40 milijuna električnih vozila do kraja 2023. godine. Ovime se vidi da dolazi do ogromnog rasta na tržištu električnih vozila, ali on je

ograničen samo na neke dijelove svijeta. 95% svih električnih vozila čine Kina, Europa i Sjedinjene Američke Države, dok ostalih 5% čine ostali dijelovi svijeta. [23]

Europska Unija donijela je u srpnju 2021. godine predložila je da svi novi automobili u 2035. godini budu s nultom emisijom, kako bi lakše ispunila ambicije o Zelenom planu o neto nultoj emisiji do 2050. godine. Želja je da to počne od 2035. godine je jer je prosječni vijek automobila 15 godina. Jedini automobili trenutno s nultom emisijom su električni i njima teže proizvođači vozila. Električni automobili su jeftiniji i tehnologija je dostupna, jedino se treba sniziti njihova cijena. Ona je trenutno visoka jer postoji mali broj električnih vozila pa imaju veći cijenu. Stupanjem na snagu 2035. godine da sva nova vozila budu sa nultom emisijom, cijena električnih vozila početi će padati. [24]

Analitička tvrtka GlobalData predviđa da će u 2035. godini ukupna globalna prodaja električnih vozila biti 51,6 milijuna vozila. Oni također tvrde da će ukupna godišnja stopa rasta električnih vozila u razdoblju od 2023. do 2035. godine biti 15,9%. Isto tako godišnja stopa rasta putničkih električnih vozila u istom vremenskom razdoblju biti će 26,1%. Predviđa se da će prodaja baterijskih osobnih automobila u 2035. godini biti 44 milijuna vozila, što predstavlja ogroman rast u odnosu na 13 godina ranije, kada je prodano 7,3 milijuna baterijskih osobnih automobila u 2022. godini. Tvrtka GlobalData predviđa i povećanje broja gospodarskih električnih vozila. U 2022. godini broj baterijski električnih gospodarskih vozila bio je 400 tisuće. Do 2035. godine očekuje se da će iznositi 7,6 milijuna u navedenoj godini. [23]

Električni gradski promet bilježi porast registriranih električnih autobusa u Europi. 2020. godine postotak registriranih autobusa bio je 15%, a 2023. skočio je na 42%. Procjenjuje se da će se u razdoblju od 2023. do 2028. tržište povećavati 13,6% godišnje. Da bi se to uspješno realiziralo moraju se omogućiti ključni koraci za prijelaz na sustave električnog prijevoza. To bi bile infrastrukture za punjenja, suradnja s industrijskim partnerima, javna svijest, podrška politike i razmišljanje unaprijed. Realizacija ovih karaka omogućuje lakši prijelaz na električni javni prijevoz. [25]

Ogromna povećanja u narednim godinama prepisuju se elektrifikaciji globalne transportne industrije. Ovime se svijet sve više pomiče prema alternativnim rješenjima s niskom stopom ugljika i miče se od vozila s motorima s unutarnjim izgaranjem. Mnoge zemlje navele su rokove do kada je želja da se potpuno postupno ukinu nova vozila na fosilna goriva. Primjer tih zemalja je Ujedinjeno Kraljevstvo kojemu je želja da s time započne 2030. godine [16]. Zemlje članice Europske Unije s time će započeti 2035. godine, a vlada Sjedinjenih Američkih Država obećala je da će do 2030. godine polovica svih prodanih vozila u zemlji biti električna ili s nultom emisijom. [25]

4.2. Razvoj baterija

Sljedećom zlatnom groznicom mogla bi se nazvati utrka za pronalaskom boljih baterija za električna vozila. Svakim novim danom na pragu smo revolucije baterija. Problem su i dalje ograničenja trenutnih litij- ionskih baterija koje koriste današnji električni automobili. Američki proizvođači traže način da baterije imaju veći domet i brže punjenje kako bi korisnicima dodatno omogućili punjenje kod kuće u njihovim garažama.

Tehnološko sveučilište u Chalmersu bavi se istraživanjima koja su usredotočena na korištenje novih tehnologija kod baterija za električna vozila. Bave se strukturnim komponentama kod baterija koji bi mogle dovesti do lakših vozila jer bi baterije bile dijelovi karoserije. Kod takvih baterija negativne elektrode bila bi ugljična vlakna, dok bi litij željezo fosfat bile pozitivne elektrode. Takvom izradom baterije bi bile iznimno čvrste i krute. [26]

Novim razvojem bavi se i tvrtka NAWA Technologies. Ona je dizajnirala i patentirala ultra brzu karbonsku elektrodu koja može promijeniti baterije kakve poznajemo. Njihova baterija koristi okomito postavljenu ugljičnu nanocijev koja povećava snagu baterije deset puta u odnosu na ostale baterije. Ova baterija isto tako povećava skladištenje energije i povećava pet puta životni ciklus baterije. Cilj NAWA Technologies-a je da vrijeme punjenja do 80% napunjenosti bude pet minuta. [26]

Sveučilište u Teksasu razvija na novoj litij- ionskoj bateriji koja ne bi koristila kobalt kao katodu. Umjesto kobalta koristio bi se nikal 89% i uz njega aluminij i mangan. Sveučilište želi maknuti kobalt zbog njegove rijetkosti, ali i zbog toga jer je izrazito skup, ali i vrlo štetan. Takve baterije proizvodile bi elegantniju raspodjelu iona. Kineska tvrtka SVOLT isto proizvodi električne baterije bez kobalta i tvrde da takve baterije imaju veću gustoću energije, a time i veći domet. [26]

Sveučilište u Istočnoj Finskoj radi na razvitku Silicijske anodne baterije. Njihov je cilj pronaći rješenje za nestabilni silicij u litij- ionskim baterijama. Razvili su metodu kojom proizvode hibridnu anodu koja koristi mikročestice mezoporoznog silicija i ugljikove nanocijevi. Time žele zamijeniti grafit kao anodu silicijem kojim bi se kapacitet povećao deset puta. [26]

IMB Resarch radi na razvitku novih baterija koje ne bi sadržavale teške metale i koje bi bile bolje od litij – ionskih baterija. Materijale ove baterije bi se ekstrahirali iz morske vode. Ove baterije bi bile jeftinije za proizvodnju, imati će brže punjenje, veću gustoću i snagu. Ova tvrtka trenutno surađuje s Mercedes – Benzom na razvoju ove nove tehnologije. [25]

Na baterijama koje nikad neće umrijeti rade znanstvenici sa Sveučilišta u Kaliforniji. Oni rade na nanožičanim baterijama. Zlatne nanožice tisuću su puta tanje od ljudske vlasi, nalaze

se u gelu elektrolita i time se sprječava da se pokvare tijekom ponovnog punjenja. Testirali su baterije punjenjem preko 200 tisuća puta u razdoblju od tri mjeseca i baterije nisu pokazale nikakve znakove propadanja. [26]

Znanstvenici iz automobilske marke Toyota rade na solid – state baterijama koje nude stabilnost. Testiraju čvrstu bateriju koja koristi sulfidne superionske vodiče [18]. Ova baterija radila bi na raznim super kondenzatorima i punila bi se u roku od sedam minuta. Zbog njenog čvrstog stanja bila bi sigurnija od ostalih baterija. Solid Power Inc. Proizvodi solid – state bateriju čije ćelije su na bazi sulfida, a Quantum Scape razvija solid – state bateriju za automobilsku tvrtku Volkswagen. [26]

Razvojem cink – zrak baterija bave se istraživači sa Sveučilišta u Sydneyu. Oni su pronašli rješenje za mnogo nižu cijenu proizvodnje cink – zrak baterija. To su superiornije baterije u odnosu na litij – ionske baterije jer se one ne mogu zapaliti. Njihova mana je ta da su one napravljene od vrlo skupih komponenti, ali sveučilište je pronašlo mnogo jeftinije alternative. [26]

Tvrtka Graphenano počela je sa razvojem Graphene baterije koja bi nudila domet do 500 milja i mogla bi se napuniti u samo nekoliko minuta. Ove baterije mogle bi se puniti i prazniti 33 puta brže od litij – ionskih baterija. Stavili su bateriju u eksperimentalni automobil i taj automobil prošao je 1100 milja sa jednim punjenjem. To su uspjeli zahvaljujući tehnologiji aluminij – zračnih baterija. Te baterije koriste kisik iz zraka za punjenje katode. To ih čini lakšim u odnosu na litij – ionskih baterija koje se pune tekućinom i zbog toga Graphene baterije imaju veći domet. [26]

Japanski proizvođač Toyota procjenjuje da bi u razdoblju između 2027. i 2028. godine mogli izbaciti električni automobil s dometom od 1000 kilometara. Koristili bi bateriju koja zamjenjuje tekuće komponente za krute. [27]

Potražnja za boljim i jeftinijim baterijama za električnim vozilima sve je veća i stvara novu zlatnu groznicu. Sveučilišni timovi, start – up tvrtke i proizvođači automobila sve više istražuju nove tehnologije kako bi zadovoljile potražnju i stvorile baterije koje se brže pune, dugo traju uz prelazak na jeftinije i ekološki prihvatljivije materijale. Predviđa se da će cijeli lanac litij – ionskih baterija rasti više od 30% godišnje do 2030. godine i dosegnuti vrijednost od 400 milijardi dolara. [28]

4.3. Razvoj sustava punjenja

Električna vozila svakim danom sve se više razvijaju. Kako je navedeno u prošlom dijelu mnoge tvrtke rade na razvoju što većeg dometa električnih vozila. Međutim neovisno o dometu električna se vozila nakon nekog vremena moraju napuniti. Tu se javlja problem oko

punjenja električni vozila. Istraživanje EVBoxa pokazalo je kao čak 42% Europljana ne bi kupilo električno vozilo zbog predugog punjenja. Razvoj bržeg punjenja bio bi praktičniji za korisnike i smanjio bi zabrinutost korisnika. Isto tako povećanjem broja električnih vozila mora se razmišljati i o gradnji sve veće infrastrukture za punjenje električnih vozila. Električna punionica vidljiva je na slici 5 [30]. [29]



Slika 5. Stanica za punjenje električnih vozila

Izvor: [30]

Litij – ionske baterije u današnje vrijeme najčešće se koriste kod električnih vozila. U njihovom slučaju potrebno je od 30 do 40 minuta da se baterija napuni od nula do 80% [19]. Međutim punjenje od 30 do 40 minuta moguće je sa najbržim punjačima koji nisu dostupni korisnicima na svakom uglu. Litij – ionske baterije imaju pozitivnu katodu i negativnu anodu koje su odvojene tekućim elektrolitom. Pri punjenju ili pražnjenju baterije, litijevi ioni kreću se kroz elektrolit između dvije elektrode. Tijekom punjenja litijevi ioni dolaze do anode koja je napravljena od grafita. Proces ulaska litijevih iona u strukturu anode naziva se interkalacija. Pri brzom punjenju zbog prevelike brzine na površini anode počinju se stvarati kristali litija. Stvaranjem kristala litija dolazi do smanjenja kapaciteta baterije, a može se dogoditi i kratki spoj baterije, pa čak može doći i do požara. Mnoge tvrtke i akademske institucije pokušavaju pronaći naći nova rješenja kako bi se prevladala ograničenja kod punjenja električnih vozila. [29]

Tvrtka StoreDot razvija novo vrstu punjenja baterija pod nazivom Ekstremno brzo punjenje. Tvrtka želi smanjiti vrijeme punjenja baterija sa 30 minuta na manje od 10 minuta. StoreDot isto tako razvija baterije koje bi mogle podnijeti više od 1200 ciklusa brzog punjenja, što je znatno veće od industrijske norme od 700 ciklusa. Japanski institut radi na rješenju problema u vezi brzog punjenja dodavanjem vezivnog materijala kojim bi poboljšali brzinu spajanja litijevih iona sa grafitnom anodom. Japanski institut razvio je također vezivo koje u

sebi sadrži litijev borat koji se pokazao korisnim jer je popoboljšao difuziju litij – iona u anodi. [29]

Nakon litij – ionskih baterija gleda se i brzina punjenja kod drugih vrsta baterija. Jedna od tih baterija su solid – state baterije. Ove baterije koriste čvrsti elektrolit, umjesto tekućine ili polimera u postojećim baterijama. Kod solid – state baterija se tijekom punjenja ne stvaraju dendriti, što dovodi do manje degradacije kapaciteta baterije kod višestrukih ciklusa punjenja. Ova tehnologija se međutim pokazala teškom i teško da će u skorijem razdoblju doći do većih pomaka u njenom razvoju. [29]

Radi se i na novim inovativnim načinima punjenja električnih vozila. Radi se o napajanju električnih vozila putem WiFi veze tijekom vožnje i ne bi se moralo zaustavljati da se baterija uključi u struju. Istraživači su razvili antenu koja sakuplja radiovalove koja je debela samo nekoliko atoma i koristila bi se za punjenje budućih električnih vozila putem elektromagnetskih valova. Međutim ova tehnologija punjenja još je daleko od svojeg upotrebljavanja. Drugi način punjenja bio bi prijenos punjive energije zrakom uz pomoć ultrazvuka. Tvrtka uBeam radi na pretvaranju snage u zvučne valove koji bi se emitirali u električnim vozilima i nakon toga bi se ponovno pretvarale u snagu. Trenutno tvrtka testira ovo na pametnim telefonima i prijenosnim računalima, a u budućnosti vjerojatno će krenuti i sa električnim vozilima. [25]

Električna energija koja je potrebna za punjenje električnih vozila mora stići od nekud. Idealno rješenje bilo bi kada bi ono moglo doći iz obnovljivih izvora energije, međutim uvijek će udio biti proizveden fosilnim gorivima. Tvrtka Wingardium Energy radi na proizvodnji električne energije izravno na punjačima za električna vozila. Oni razvijaju vjetroturbine koja bi osiguravala električnu energiju za baterijska vozila na licu mjesta, a višak energije proizvodio bi vodik za pogon automobila na vodikov pogon. Alpha 311 iz Ujedinjenog Kraljevstva razvija korištenje malih vjetroturbina zvanih mikroturbine koje bi se postavljale uz cestu. One bi koristile protok zraka od lokalnog prometa i stvarale električnu energiju do 2 kW kojom bi se punila električna vozila. Uz punjenje električnih vozila mogle bi se napajati ulične rasvjete pored mikroturbina. [29]

Najveći broj korisnika električnih vozila priželjkuje bežično punjenje električnih vozila. Vozači ne vole vađenje glomaznih kablova iz svojih vozila, nakon toga ih uključivati u uređaj, nakon punjenja isključivati i potom spremati nazad u automobil. To bi vjerojatno potaknulo više ljudi ta se prebace na električne automobile. Uz poboljšanje za vozača dolaze i prednosti za samo vozilo. Ovime bi automobil bio priključen dulje vrijeme, a ne na nekoliko minuta. Ovime što je vozilo dulje priključeno vozilo znatno povećava potencijal baterije jer time vraća električnu energiju u mrežu. Baterija se održava na optimalnoj razini napunjenosti mnogo dulje, čime produžuje svoj vijek trajanja pa čak do dvije godine. [29]

Europska unija donijela je novu regulaciju pod nazivom AFIR. Ovo je regulacija postavlja ciljeve kojima se obvezuju članice Europske unije koliko punionica struje ili vodika moraju postaviti u državi ovisno o broju lakih i teških vozila. Hrvatska pošto ima manje od 1 posto električnih vozila u odnosu na sva registrirana vozila mora do 2025. godine postaviti punjač ekvivalentne snage 3 kW po svakom potpuno električnom autu i 2 kW po svakom *plug-in* hibridnom vozilu. Prema tomu Hrvatska mora postaviti još 11.524 kW. To će biti između 100 i 200 punionica odnosno kolike će snage biti punionice. Ako će se postavljati punionice snage 50 do 70 kW morati će se postaviti 200- tinjak punionica, a ako će e postavljati 100 do 150 kW ona će ih biti manje. Do 2027. godine procjenjuje se da će 3% ukupnog broja vozila biti električno, a do 2030. da će biti 5%. prema tomu procjenjuje se da će Hrvatska do 2027. godine morati postaviti 470 brzih punjača snage 150 kW, a do 2030. godine više od 800 punjača. [31]

Za kamione i autobuse regulacija AFIR zahtijeva da se do 2025. godine na TEN- T koridoru na svakih 60 kilometara postave punionice ukupne minimalne snage 2.000 kW. Od njih dvije moraju biti 800 kW. Te iste punionice bi se do 2030. godine trebale nadograditi do ukupne snage 5.000 kW, a trebale bi imati minimalno četiri punionice snage 800 kW. Uz to da do 2025. godine sve prometnice koje su povezane sa TEN- T mrežom moraju imati punionicu na svakih 100 kilometara ukupne snage 2.000 kW, a do 2030. godine ukupne snage 5.000 kW. [31]

4.4. Recikliranje baterija

Električna vozila svakim su danom sve popularnija. Stoga se mora početi razmišljati o razumnom recikliranju i ponovnoj uporabi baterija za električna vozila. Jedan od glavnih problema kod baterija za električna vozila je litij. Ove baterije iako pružaju rješenje za smanjenje zagađujućih emisija, problem se stvara kod njihove proizvodnje i kraja njihovog životnog vijeka. Kod proizvodnje problem su materijali koji su potrebni za njihovu proizvodnju. oni zahtijevaju procese ekstrakcije koji štetno utječe na okoliš, ali može dovesti i do zdravstvenih rizika. Isto tako ako se baterije kvalitetno ne recikliraju stvaraju rizik od onečišćenja.

Razvojem kroz protekle godine životni vijek baterija poboljšao se razvojem najnovijih tehnoloških dostignuća koja su omogućila njihov duži vijek trajanja. Litij – ionske baterije uobičajene su u električnim vozilima, a uglavnom se recikliraju i zahtijevaju malo održavanja. Baterije se obično treba zamijeniti kada je bateriji ostalo 70% kapaciteta za očuvanje energije. Obično vrijeme trajanje je 8 do 10 godina. Životni vijek baterije može se mjeriti i ciklusima punjenja i pražnjenja koji je oko 1250 ciklusa. [32]

Električne baterije koje su dosegle 70% svoga kapaciteta mogu se ponovno upotrijebiti prije nego se recikliraju. Mogu se koristiti za pohranu energije u domovima, poslovnima,

tvornicama ili koristi za pohranu javne mreže. Mogu se koristiti kod stacionarnog skladištenja i skladištenja velike količine električne energije. Ovime bi električne baterije pomogle u integraciji povremenih obnovljivih energija. Tijekom perioda nedovoljne proizvodnje obnovljivim izvorima energije stacionarna skladišta mogla bi nadomjestiti taj nedostatak energije. [32]

Europska Unija uvela je direktive kojima od proizvođača zahtijevaju recikliranje iskorištenih baterija. Ovime Europska Unija ne želi da električna vozila budu dobra samo tijekom uporabe nego i na kraju života. Uvesti će se i putovnice s QR kodom za baterije u automobilima, biciklima i skuterima kako bi se pružile informacije o kapacitetu, izvedbi i sastavu električne baterije.

Europa je postavila minimalne razine materijala spašenih iz otpadnih baterija za ponovnu upotrebu. Za litij je predviđeno da se do 2027. godine mora reciklirati 50%, a do 2031. godine 80%. Vrijednosti za kobalt, bakar olovo i nikal su 90% do 2027. godine, a 95% do 2031. godine. Europa je navela kako će proizvođači morati obavezno reciklirati baterije u svojim vozilima. [32]

Baterije ako se ne mogu ponovno upotrijebiti trebaju se reciklirati. Recikliranje se sastoji od tri glavne faze. Prva faza je demoniranje baterije. U ovoj fazi se odvoze plastične komponente namijenjene specijaliziranim sektorima. Druga faza je otvaranje baterijske čelije s pomoću dvije tehnike. Jednostavnim drobljenjem koje se naziva hidrometalurgija ili karbonizacijom u pećima što se naziva pirometalurgija. Treća faza je nakon raznih obrada kada se dobiva prah. Prah zadrži metale poput litija, bakra, kositra, kobalta i aluminija. Oni se nakon toga pretvaraju u čiste poluge i od njih se rade novi predmeti. Recikliranjem baterije obnavlja se oko 70 do 90% težine baterije. Ostali dijelovi baterije su obično plastike koje su otporne na vatru. Oni se nakon recikliranja stavljaju u bačve i skladište se u specijalnim odlagalištima. U budućnosti se očekuje da će se razvojem tehnologije recikliranja uspjeti reciklirati gotovo 100% materija od kojih se sastoji električna baterija. [32]

Procjenjuje se da će do 2030. godine 11 milijuna tona istrošenih litij- ionskih baterija postati otpad zbog prelaska na električna vozila. Zbog toga se svakim danom u svijetu pojavljuje sve više tvrtki za recikliranje litij-ionskih baterija. Među deset najboljih reciklažih tvrtki sedam se nalaze u Sjevernoj Americi. U Sjedinjenim Američkim Državama je njih četiri. To su American Battery Technology Company i Redwood Materials Inc. u Nevadi, Ecobat u Texasu i Retrie Technologies Inc. u Ohiou. U Kanadi se nalaze tri. To su American Manganese Inc. u Britanskoj Kolumbiji, Li-Cycle Holdinga Corp. u Ontariu i Lithion Recycling Inc. u Montrealu. Dvije se nalaze u Aziji. To su Ganfeng Lithium Group Co. u provinciji Jiangxi u Kini i LG Energy Solution u Seulu u Južnoj Koreji. Zadnja najveća tvrtka za recikliranje nalazi se u

Belgiji, a to je Umicore NV u Bruxellesu. Ostale države u kojima se nalaze veće reciklažne tvrtke su Meksiko u Sjevernoj Americi, Njemačka, Francuska, Ujedinjeno Kraljevstvo u Europi, Indija, Japan u Aziji. [33]

Europska Unija kod recikliranja baterija za električna vozila najveće probleme ima sa količinom baterija koja je prevelika. Većinom se crna masa koja se dobiva usitnjavanjem tvari iz otpadnih baterija kao što su litij, kobalt, nikal i bakar izvoze se u Aziju na tržišta poput Južne Koreje. Novim pravilima Europske Unije vjeruje se da će se povećati broj vozila pa se neće morati sve izvoziti u zemlje trećeg svijeta. [34]

5. ZAKLJUČAK

Električna vozila imaju ključnu ulogu u održivom razvoju cestovnog prometa. Njihov doprinos smanjenju emisija štetnih plinova, buke i zagađenja zraka predstavljaju značajan korak prema postizanju ekoloških ciljeva na globalnoj i lokalnoj razini. Unatoč tome, širenje i usvajanje elektromobilnosti uvelike ovisi o gospodarskom standardu države, s obzirom na to da visoki troškovi infrastrukture, kao što su punionice i sustavi reciklaže baterija, predstavljaju izazov za zemlje s nižim razvojnim kapacitetima. U razvijenim zemljama s naprednim gospodarskim sustavima, usvajanje električnih vozila i razvoj prateće infrastrukture napreduje brže, dok manje razvijene zemlje zaostaju zbog nedostatka resursa i potrebne podrške. U konačnici, budućnost elektromobilnosti ovisi o tehnološkim inovacijama, međunarodnoj suradnji i ekonomskim uvjetima, koji će zajedno oblikovati održivi prometni sustav u nadolazećim godinama.

Jedan od ključnih faktora za širenje elektromobilnosti je razvoj pouzdane i pristupačne infrastrukture za punjenje, što je usko povezano s razinom gospodarskog razvoja i političke podrške u svakoj zemlji. Zemlje koje ulažu u napredne sustave punionica i podržavaju razvoj baterijskih tehnologija brže se prilagođavaju globalnim trendovima prelaska na električna vozila. Također, gospodarska moć države utječe i na subvencije te poticaje za kupnju električnih vozila, što izravno potiče rast njihove zastupljenosti na cestama.

Važno je naglasiti da prelazak na električna vozila ne donosi samo ekološke koristi, već ima i društveno-ekonomske učinke, uključujući otvaranje novih radnih mjesta u sektorima proizvodnje, održavanja u razvoja novih tehnologija. Ipak, s druge strane, izazovi kao što su zbrinjavanje iskorištenih baterija i potencijalni porast potrošnje električne energije zahtijevaju dugoročna planiranja i sustavna rješenja.

S obzirom na sve navedeno, jasno je da električna vozila predstavljaju neizostavan dio budućnosti cestovnog prometa. Međutim, njihova široka implementacija i održivost u velikoj mjeri ovisit će o spremnosti država da ulažu u razvoj infrastrukture, osiguravaju ekonomske poticaje te prilagode zakonske okvire. Uspješan prijelaz na električnu mobilnost izravno je povezan s gospodarskim standardom i političkom voljom, što će u konačnici odrediti tempo i opseg primjene ove tehnologije na globalnoj razini.

LITERATURA

- [1] Electric vehicles-EA. Preuzeto s: <https://www.iea.org/energy-system/transport/electric-vehicles> [Pristupano:12.travnja 2024.]
- [2] Prvi električni automobil napravljen 1839., prvi hibrid 1900., a tek su nedavno eksplodirali. Preuzeto s: <https://autoportal.hr/vremeplov/prvi-elektricni-automobil-napravljen-1839-prvi-hibrid-1900-a-tek-su-nedavno-eksplodirali/> [Pristupano:3.svibnja 2024.]
- [3] History of electric car. Preuzeto s: <https://www.iberdrola.com/sustainability/history-electric-car> [Pristupano:12.travnja 2024.]
- [4] Battery – only electric cars continued to increase in 2022. Preuzeto s: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/w/ddn-20240123-1> [Pristupano:4. svibnja 2024.]
- [5] Trend sin electric cars – Global EV Outlook 2024 – Analysis. Preuzeto s: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2024/trends-in-electric-cars> [Pristupano:13.travnja 2024.]
- [6] Global Electric Public Transport Market; Industry Analysis and Forecast 2020. – 2026.: By Vehicle Type, Propulsion and Region. Preuzeto s: <https://www.maximizemarketresearch.com/market-report/global-electric-public-transport-market/102114/> [Pristupano:4. svibnja 2024.]
- [7] Electric bus, main feets and projects around the world. Preuzeto s: <https://www.sustainable-bus.com/electric-bus/electric-bus-public-transport/> [Pristupano:14.travnja 2024.]
- [8] Igor Žic.Riječki tramvaj od 1899. do 1952.*Portal Primorski Hrvat*.2021.Preuzeto s: <https://www.primorskihrvat.hr/bastina/igor-zic-rijecki-tramvaj-od-1899-do-1952/> [Pristupano:3.svibnja 2024.]
- [9] Javni gradski promet / Hrvatska tehnička enciklopedija. Preuzeto s: <https://tehnika.lzmk.hr/javni-gradski-promet-2/> [Pristupano:15.travnja 2024.]
- [10] Međimurje Press.Broj registriranih vozila u Hrvatskoj zabilježilo velik rast u 2023.*MeđimurjePress*.2024.Preuzeto s: <https://medimurjepress.net/showtime/zanimljivosti/broj-registriranih-vozila-u-hrvatskoj-zabiljezio-velik-rast-u-2023/> [Pristupano:4. svibnja 2024.]

- [11] Andrej Jelušić. Koliko je električnih automobila u Hrvatskoj? Donosimo i 20 najčešćih. *N1*. 2023. Preuzeto s: <https://n1info.hr/magazin/auto/koliko-je-elektricnih-automobila-u-hrvatskoj-donosimo-i-20-najcescijih-modela/> [Pristupano: 16. travnja 2024.]
- [12] ZET: Zbog radova za vikend se ukida linija 7, četiri linije prometuju obilazno. Preuzeto s: <https://www.vecernji.hr/zagreb/zet-zbog-radova-za-vikend-se-ukida-linija-7-cetiri-linije-prometuju-obilazno-1522016> [Pristupano: 3. svibnja 2024.]
- [13] Pomamili ste se za električnim autom jer država daje ozbiljan novac? Ovime biste pojmovima morali baratati. Preuzeto s: <https://www.tportal.hr/autozona/clanak/pomamili-ste-se-za-elektricnim-autom-jer-drzava-daje-ozbiljan-novac-ovim-biste-pojmovima-morali-baratati-20190327> [Pristupano: 3. svibnja 2024.]
- [14] Saur News Bureau. How E – Vehicles are contributing towards sustainable development. *Saur Energy International*. 2022. Preuzeto s: <https://www.saurenergy.com/solar-energy-news/how-e-vehicles-are-contributing-towards-sustainable-development> [Pristupano: 17. travnja 2024.]
- [15] Weel – to – Tank. Preuzeto s: <https://www.zemo.org.uk/work-with-us/buses-coaches/low-emission-buses/well-to-tank.htm> [Pristupano: 18. travnja 2024.]
- [16] Electric vehicles and air pollution: the claims and the facts. Preuzeto s: <https://epha.org/electric-vehicles-and-air-pollution-the-claims-and-the-facts/> [Pristupano: 19. travnja 2024.]
- [17] Električni automobili bi mogli pogoršati zagađenje zraka. Preuzeto s: <https://n1info.hr/magazin/znanost/a16873-elektricni-automobili-bi-mogli-pogorsati-zagadjenje-zraka/> [Pristupano: 20. travnja 2024.]
- [18] How electric vehicles help to tackle climate change. Preuzeto s: <https://www.carbonbrief.org/factcheck-how-electric-vehicles-help-to-tackle-climate-change/> [Pristupano: 21. travnja 2024.]
- [19] James Fatcheck. Electric vehicles the necessity of quiet: It's a public health thing. *Frontier Group*. 2021. Preuzeto s: <https://frontiergroup.org/articles/electric-vehicles-and-necessity-quiet-its-public-health-thing/> [Pristupano: 22. travnja 2024.]
- [20] Viki Auslender. The sound of silence: Electric vehicle manufactures innovating with sound. *CTECH*. 2023. Preuzeto s: <https://www.calcalistech.com/ctechnews/article/byz63jko2> [Pristupano: 23. travnja 2024.]
- [21] Saleh Aghajan-Eshkevari, Mohammad Taghi Ameli, Sasan Azad. Optimal routing and power management of electric vehicles in coupled power distribution and transportation

system. *Applied Energy*. 2023;341. Preuzeto

s: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306261923004907>

[Pristupano:24. travnja 2024.]

[22] Francesco Orsi. On the sustainability of electric vehicles: What about their impact on land use. *Sustainable Cities and Society*. 2021;66. Preuzeto

s: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210670720308957>

[Pristupano:25. travnja 2024.]

[23] Revolutionizing Transportation: The future is electric vehicles. Preuzeto

s: <https://www.linkedin.com/pulse/revolutionizing-transportation-future-electric-vehicles>

[Pristupano:25. travnja 2024.]

[24] Will all cars in Europe be carbon free by 2050?. Preuzeto s:

<https://www.transportenvironment.org/articles/will-all-cars-in-europe-be-carbon-free-by-2050> [Pristupano:25. travnja 2024.]

[25] The Future in Electric: Public Transport. Preuzeto s: <https://www.evbee.com/hive-help/the-future-is-electric--public-transport.html> [Pristupano:26. travnja 2024.]

[26] Dave Nichols. The Future of EV Batteries. *Green Cars*. 2024. Preuzeto

s: <https://www.greencars.com/greencars-101/the-future-of-ev-batteries>

[Pristupano:27. travnja 2024.]

[27] Nicola Jones. The new car batteries that could power the electric vehicle

revolution. *Nature*. 2024. Preuzeto s: <https://www.nature.com/articles/d41586-024-00325-z>

[Pristupano:27. travnja 2024.]

[28] The future of EV battery technology;

<https://www.enelxway.com/us/en/resources/blog/the-future-of-electric-vehicle-battery-technology-everything-you-need-to-know>; [Pristupano:28. travnja 2024.]

[29] The future of EV charging: revolutionary developments are closer than you think.

Preuzeto s: <https://www.linkedin.com/pulse/future-ev-charging-revolutionary-developments-closer-than-you-think-upf7c> [Pristupano:28. travnja 2024.]

[30] Prva HEP-ova ultra brza punionica omogućuje punjenje automobila za samo 15 minuta.

Preuzeto s: <https://www.hep.hr/prva-hep-ova-ultra-brza-punionica-omogucujepunjenje-elektricnog-automobila-za-samo-15-minuta/3500>; [Pristupano:3. svibnja 2024.]

[31] Do 2025. godine do 200 novih punionica za električna vozila. Preuzeto s:

<https://www.tportal.hr/biznis/clanak/jednostavniji-prijelaz-s-benzinaca-i-dizelasa-stize>

[znacajno-povecanje-broja-punjaca-za-elektricna-vozila-diljem-hrvatskih-prometnica-foto-20221102](#) [Pristupano:29.travnja 2024.]

[32] Recycling EV batteries: what becomes of them after use?. Preuzeto s: <https://blog.chargemap.com/ev-battery-recycling/> [Pristupano:30.travnja 2024.]

[33] Global Top 10 Lithium-ion Battery Recycling Companies. Preuzeto s: <https://www.blackridgeresearch.com/blog/list-of-top-global-lithium-ion-li-ion-electric-vehicle-ev-battery-lib-closed-loop-recycling-services-companies-in-the-world> [Pristupano:2.svibnja 2024.]

[34] Lee Allen.EU strengthens battery recycling targets after government heads approve battery regulation.*Fastmarkets*.2023.Preuzeto s: <https://www.fastmarkets.com/insights/eu-strengthens-battery-recycling-targets/> [Pristupano 2. svibnja 2024.]

POPIS SLIKA:

Slika 1. Prvi električni automobil Roberta Andersona	5
Slika 2. Prvi tramvaj u Rijeci	11
Slika 3. Zagrebački električni tramvaj.....	16
Slika 4. Usporedba različitih tipova vozila u cestovnom prometu	18
Slika 5. Stanica za punjenje električnih vozila	30

POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Broj putnika u električnim vozilima u razdoblju od 2013. do 2022.	7
Grafikon 2. Globalni električni javni prijevoz po regijama u razdoblju od 2019. do 2026. godine	9
Grafikon 3. Porast broja registracije električnih automobila u Hrvatskoj.....	12

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOSTI

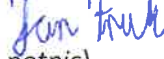
Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je Završni rad
(vrsta rada)

isključivo rezultat mogega vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu, a što pokazuju upotrijebljene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedopušten način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu završnog/diplomskog rada pod naslovom Električna vozila u funkciji održivog razvoja cestovnog prometa, u Nacionalni repozitorij završnih i diplomskih radova ZIR.

Student/ica:

U Zagrebu, 22.8.2024.

Jan Fruk 
(ime i prezime, potpis)