

Prednosti i nedostaci primjene električnih dostavnih vozila u kapilarnoj distribuciji

Findri, Ivan

Master's thesis / Diplomski rad

2023

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:119:027508>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-10-02**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

PREDNOSTI I NEDOSTACI PRIMJENE ELEKTRIČNIH DOSTAVNIH VOZILA U KAPILARNOJ DISTRIBUCIJI ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF USING ELECTRIC DELIVERY VEHICLES IN THE LAST MILE DELIVERY

Mentor: izv. prof. dr. sc. Ratko Stanković

Student: Ivan Findri

JMBAG: 0135247721

Zagreb, srpanj 2023.

Zagreb, 28. travnja 2023.

Zavod: **Zavod za transportnu logistiku**
Predmet: **Prijevozna logistika II**

DIPLOMSKI ZADATAK br. 7309

Pristupnik: **Ivan Findri (0135247721)**
Studij: **Inteligentni transportni sustavi i logistika**
Smjer: **Logistika**

Zadatak: **Prednosti i nedostaci primjene električnih dostavnih vozila u kapilarnoj distribuciji**

Opis zadatka:

Objasniti eksploatacijsko tehničke značajke električnih dostavnih vozila i utjecaj prijevoza električnim vozilima na okoliš. Prikazati trendove primjene električnih dostavnih vozila u Republici Hrvatskoj, te energetske učinkovitost prijevoza u kapilarnoj distribuciji. U okviru studije slučaja analizirati primjena električnih vozila u dostavi pošiljaka. Prezentirati rezultate komparativne analize prednosti i nedostaka primjene električnih dostavnih vozila u kapilarnoj distribuciji.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za
diplomski ispit:

izv. prof. dr. sc. Ratko Stanković

SAŽETAK

Prijevoz u kapilarnoj distribuciji odvija se prema krajnjem kupcu u lancu opskrbe, koncentriran je u urbanim područjima i odgovoran je za emisiju oko 25% stakleničkih plinova. Velika potrošnja energije cestovnog teretnog prometa povećava potražnju za razvojem održivih logističkih rješenja. Smanjenje emisija stakleničkih plinova u najvećem dijelu postiže se korištenjem električnih vozila, koja unatoč tome što generiraju više stakleničkih plinova tijekom proizvodnje, ne generiraju ih tijekom eksploatacije i samim time bolje su rješenje za okoliš. No, korištenje električnih vozila ima i druge prednosti. Elektrifikacijom vlastitog voznog parka, tvrtke mogu postići uštede, prvenstveno u pogledu izbjegavanja troškova goriva, a kroz određeno vremensko razdoblje, troškovi održavanja bi se također trebali svesti na minimum. Također, razvojem tehnologije, cijena baterija bit će sve niža, a samim time i nabavna cijena električnih vozila, koja iako još uvijek odstupa od nabavne cijene vozila s unutarnjim izgaranjem, razlika je manja nego prije. Veliki izazov za elektrifikaciju voznog parka predstavlja prometna infrastruktura za punjenje električnih vozila koja je potrebna, a troškovi ugradnje su visoki. Također, veliki nedostatak je nepoznavanje gdje i što učiniti s baterijama nakon njenog životnog vijeka.

KLJUČNE RIJEČI: električno vozilo, vozni park, infrastruktura, baterija, emisije CO₂, punjenje, troškovi

SUMMARY

Transport in last mile takes place towards the end customer in the supply chain, it is concentrated in urban areas and is responsible for the emission of about 25% of greenhouse gases. The high energy consumption of road freight transport increases the demand for the development of sustainable logistics solutions. The reduction of greenhouse gas emissions is mostly achieved by the use of electric vehicles, which, despite generating more greenhouse gases during production, do not generate them during exploitation and are therefore a better solution for the environment. However, the use of electric vehicles has other advantages. By electrifying their own vehicle fleet, companies can achieve savings, primarily in terms of avoiding fuel costs, and over a period of time, maintenance costs should also be minimized. Also, with the development of technology, the price of batteries will be lower and lower, and thus the purchase price of electric vehicles, which although still differs from the purchase price of internal combustion vehicles, the difference is smaller than before. A major challenge for the electrification of the vehicle fleet is the transport infrastructure for charging electric

vehicles, which is required, and the installation costs are high. Also, a big disadvantage is not knowing where and what to do with batteries after their lifetime.

KEY WORDS: electric vehicle, fleet, infrastructure, battery, CO2 emissions, charging, costs

Sadržaj

1. UVOD	1
2. EKSPLOATACIJSKO TEHNIČKE ZNAČAJKE ELEKTRIČNIH DOSTAVNIH VOZILA	3
2.1. Dostavno vozilo Cenntro Metro	5
2.2. Dostavna vozila Citroën e-Berlingo, Opel Combo-e i Peugeot e-partner	7
2.3. Dostavno vozilo Renault Kangoo E-tech Electric	9
2.4. Dostavna vozila Citroën e-Jumpy, Opel Vivaro i Peugeot e-Expert	11
2.5. Dostavno vozilo Volkswagen ID. Buzz Cargo	14
3. UTJECAJ PRIJEVOZA ELEKTRIČNIM VOZILIMA NA OKOLIŠ	16
3.1. Klimatska kompatibilnost električnih vozila	21
3.2. Ekološki trag električnih, benzinskih i dizelskih vozila	22
3.3. Sastav materijala baterijskog pogona	24
3.4. Važnost vode u baterijskom i pogonu s unutarnjim izgaranjem	26
3.5. Utjecaj vodika na okoliš.....	27
3.6. Agrogoriva i e-goriva	29
3.7. Ponovna uporaba i recikliranje	30
3.8. Ekološki i ekonomski aspekti korištenja električnih vozila u gradskoj dostavi	31
4. TRENDOVI PRIMJENE ELEKTRIČNIH DOSTAVNIH VOZILA U REPUBLICI HRVATSKOJ	35
4.1. Proces elektrifikacije voznog parka	35
4.1.1. Prednosti korištenja električnih dostavnih vozila	37
4.1.2. Nedostaci korištenja električnih dostavnih vozila	38
4.2. Ocjena stanja i trendovi voznog parka u Republici Hrvatskoj.....	39
4.3. Indikatori održivosti za procjenu performansi voznog parka.....	42
4.4. Subvencije za zelenu tranziciju	44
5. ENERGETSKA UČINKOVITOST PRIJEVOZA U KAPILARNOJ DISTRIBUCIJI.....	46
6. STUDIJA SLUČAJA: PRIMJENA ELEKTRIČNIH VOZILA U DOSTAVI POŠILJAKA	52
6.1. Djelatnost Tvrtke	52
6.2. Vozni park Tvrtke	54
6.3. Infrastruktura voznog parka Tvrtke	58
7. ZAKLJUČAK.....	63
POPIS LITERATURE	64
POPIS SLIKA	68

POPIS TABLICA..... 69
POPIS GRAFIKONA 70

1. UVOD

Dostava u kapilarnoj distribuciji predstavlja značajan problem za generirani promet u urbanom području. Obično je fragmentiran i nekoordiniran jer pošiljatelji angažiraju različite pružatelje logističkih usluga i prijevoznike kako bi isporučili pošiljke u gradovima. To stvara niski faktor opterećenja vozila, velik broj ruta, velike vanjske učinke i široke troškove sustava. Glavni izazov za isporuku u kapilarnoj distribuciji je smanjiti te vanjske učinke i pružiti učinkovitu uslugu građanima. Također, smanjenje emisije stakleničkih plinova u prijevozu robe veliki je izazov povezan sa smanjenjem klimatskih utjecaja. Cestovni prijevoz tereta uglavnom se pokreće fosilnim gorivima koja generiraju emisije stakleničkih plinova, posebno emisija CO₂, odgovornih za klimatske promjene. Iz tog razloga, tvrtke kreću s elektrifikacijom voznog parka kako bi se zadovoljili standardi vezani uz emisiju stakleničkih plinova, odnosno kako bi emisije bile svedene na minimum. U ovom radu potrebno je prikazati usporedbu glavnih troškova između vozila s unutarnjim izgaranjem i električnih vozila kako bi se dokazala opravdanost za uvođenjem električnih vozila u vozni park. Pri tom, u obzir je kao važna komponenta troškova prikazana ugradnja infarstrukture, dovoljna za punjenje električnih vozila. Rad je podijeljen u sedam cjelina:

1. Uvod
2. Eksploatacijsko tehničke značajke električnih dostavnih vozila
3. Utjecaj prijevoza električnim vozilima na okoliš
4. Trendovi primjene električnih dostavnih vozila u Republici Hrvatskoj
5. Energetska učinkovitost prijevoza u kapilarnoj distribuciji
6. Studija slučaja: Primjena električnih vozila u dostavi pošiljaka
7. Zaključak

U drugom poglavlju opisane su eksploatacijsko tehničke značajke električnih dostavnih vozila te su također i ukratko opisane najvažnije eksploatacijsko tehničke značajke. Uz to, navedena su i električna dostavna vozila najčešće korištena u Hrvatskoj, kao i njihove eksploatacijsko tehničke značajke u tablicama.

U trećem poglavlju opisan je utjecaj prijevoza električnih vozila na okoliš. Pri tom, su navedene količine emisija stakleničkih plinova i utjecaj koji staklenički plinovi stvaraju na ljude. Prikazana je i usporedba emisija stakleničkih plinova korištenjem vozila na unutarnje izgaranje, kao i električnih vozila. Također su navedeni i dijelovi baterije te je naveden njihov negativan utjecaj na okoliš. Nakon toga, navedena je i velika važnost vode u baterijskom i pogonu s unutarnjim izgaranje. Uz to, navedena je i važnost vodika

na okoliš, kao i mogućnost korištenja agrogoriva i e-goriva. Na kraju poglavlja, naveden je veliki nedostatak vezan uz električna vozila, a odnosi se na ponovnu uporabu i recikliranje.

U četvrtom poglavlju opisani su trendovi električnih dostavnih vozila u Republici Hrvatskoj. Pritom je ukratko opisan sam proces elektrifikacije voznog parka gdje je preporuka da se kod uvođenja električnih vozila u vozni park dugoročno razvijaju planovi glede broja električnih vozila kako bi tvrtke znale koliko im je snage dovoljno te koliko punjača im je potrebno kako bi uvijek imale električna vozila spremne za korištenje. Nadalje, opisano je kako je Hrvatska Pošta započela s vlastitom elektrifikacijom voznog parka te što su time postigli. Također su opisane prednosti i nedostaci korištenja električnih dostavnih vozila, a nakon toga je i prikazano stanje voznog parka u Republici Hrvatskoj što je povezano sa samim trendom koji se očekuje u budućnosti. Također su navedene i opisane subvencije koje tvrtke mogu koristiti kako bi smanjile troškove uvođenja električnih vozila.

U petom poglavlju navedena je definicija kapilarne distribucije, a uz to opisana je energetska učinkovitost teretnog prijevoza. Zatim su navedene komponente koje međusobno djeluju u logističkom sustavu, a od velike su važnosti za energetska učinkovitost kapilarne distribucije. Uz to su navedene i objašnjene mogućnosti izvođenja prijevoza tijekom kapilarne distribucije, a među njima su navedeni i novi načini gdje se mjesto dostave pomiče na druga mjesta.

U šestom poglavlju opisani su ekološki i ekonomski aspekti korištenja električnih vozila u gradskoj dostavi. Također su navedeni i opisani indikatori održivosti za procjenu performansi voznog parka. Zatim je naveden princip rada tvrtke koja je uvela električna dostavna vozila u vlastiti vozni park pri čemu je fokus isključivo na skladištu u Sesvetama te je objašnjeno kakve pošiljke isključivo prevoze. Nakon toga je opisan vozni park tvrtke u smislu broja i vrste vozila koje posjeduju u Sesvetama te su uspoređeni troškovi glede leasinga i cijene goriva, odnosno struje gdje se troškovi vozila najviše razlikuju. Uz to, opisana je i infrastruktura koju tvrtka posjeduje za punjenje električnih dostavnih vozila te okvirne cijene, odnosno troškovi koje je tvrtka trebala isplatiti kako bi svela troškove punjenja vozila na nulu. Naposljetku je naveden kratak osvrt i mogućnosti poboljšanja koje bi tvrtka mogla iskoristiti prema još kvalitetnijoj usluzi.

2. EKSPLOATACIJSKO TEHNIČKE ZNAČAJKE ELEKTRIČNIH DOSTAVNIH VOZILA

Vozilo na struju ili električno vozilo je ono koje pokreće elektromotor koji koristi električnu struju pohranjenu u akumulatoru ili preko nekih drugih uređaja za pohranu energije. Razvoj električnog vozila bio je vrlo zastupljen između kasnih 1800-tih i ranih 1900-tih godina. Unatoč tome što su se prvi električni automobili pojavili još početkom prošlog stoljeća, napredak u njihovom razvoju zasjenjen je masovnom proizvodnjom i uporabom jeftinijeg vozila na benzin, odnosno vozila s unutarnjim izgaranjem ponajviše zbog naftnog lobija i onemogućivanja razvoja odgovarajućih baterija.

Električno vozilo ima mnoge prednosti nad klasičnim vozilima s unutarnjim izgaranjem, a neke od glavnih su ekološki i mehanički aspekt. Ne emitiraju štetne stakleničke plinove, manja je ovisnost o fosilnim gorivima koji imaju štetan utjecaj pri izgaranju za prirodu i okolinu, sama učinkovitost motora je veća, a ujedno je razina buke manja.

Najveću prepreku u još većem razvitku elektromotora, to jest samih električnih vozila predstavlja baterija. Njen najveći problem je kapacitet, odnosno domet koji to vozilo može prijeći od punjenja do punjenja. Razvoj same baterije je primarni cilj za popularizaciju i primjenu električnih vozila uz ugradnju nekih obnovljivih izvora energije. Pitanje je vremena kada će električna vozila biti u potpunosti konkurentna vozilima s unutarnjim izgaranjem. Svakim danom dolazi do razvitka boljih baterija, razvojem energetske učinkovitosti, materijala za izradu vozila, aerodinamičnosti, te je ujedno i sam dizajn vozila mnogo zanimljiviji naspram klasičnih vozila [1].

Definiranje eksploatacijsko tehničke značajke cestovnih električnih vozila ovisi o više čimbenika kao što su namjena samog vozila, povezana s vrstom transportnog supstrata i vrsti nadgradnje te uvjetima eksploatacije. Sami uvjeti eksploatacije predstavljaju hoće li vozilo biti namijenjeno za gradske, međugradske ili za međunarodne relacije. To su pretpostavke iz kojih slijede konkretne eksploatacijsko tehničke značajke vozila u cestovnom teretnom prometu. Bitne eksploatacijsko tehničke značajke cestovnih električnih dostavnih vozila su:

- snaga motora,
- kapacitet baterije,
- domet,
- maksimalni domet,
- maksimalna brzina,
- AC punjenje,
- DC punjenje,

- dimenzije,
- nosivost,
- potrošnja.

Generalno gledajući, snaga motora (W) je funkcija okretnog momenta pri čemu je okretni moment motora umnožak sile i kraka na kojem ta sila djeluje, a snaga je umnožak momenta i brzine vrtnje motora, odnosno, govori nam koliko će neko vozilo biti brzo [2].

Kapacitet baterije je glavni parametar kojim se treba voditi odabir baterije. To je direktno povezano sa količinom električne energije koju baterija ispušta kada se isprazni dug rad. Drugim riječima, označava potencijal baterije [3].

Može se smatrati da vozila s unutarnjim izgaranjem imaju neograničeni domet, jer oni mogu biti napunjeni gorivom vrlo brzo i gotovo bilo gdje. Električna vozila često imaju manji maksimalni domet po punjenju od automobila koja pokreću fosilna goriva, a punjenje može potrajati znatno dulje. Stoga su mnogi proizvođači označili električno vozilo na tržištu kao "dnevno vozilo", pogodno za gradske izlete i druga kratka putovanja [4].

Maksimalna brzina najveća je brzina koju određeni model električnog vozila može postići. To ponekad znači brzinu koju vozilo može fizički postići ili, u mnogim slučajevima, brzinu koju je proizvođač odlučio postaviti kao najveću - to se provodi elektronički, pa čak i ako bi teoretski vozilo moglo ići brže, u praksi njegov softver to ne dopušta [5].

AC, odnosno Alternating Current, je električna struja ili tok naboja koji povremeno mijenja smjer, tj. izmjenjuje se. Izmjenična struja može se proizvesti iz obnovljivih izvora koji koriste rotirajuće generatore, kao što su turbine na vjetar ili hidroelektrane. AC se također može učinkovito prenositi na velike udaljenosti - zbog čega gotovo sve svjetske električne mreže koriste izmjeničnu struju i zašto je moguće pronaći izmjeničnu struju koja teče iz utičnica u svakom domu i uredu. DC, odnosno Direct Current, se uvijek kreće pravocrtno i može se generirati tehnologijama obnovljive energije kao što su solarni paneli. Između ostalog, DC se može koristiti za skladištenje energije, napajanje elektronike i LED rasvjetu. Kada se govori o punjenju električnih vozila, glavna razlika između AC i DC punjenja je gdje se događa pretvorba iz AC u DC. Bez obzira na to koristi li električno vozilo stanicu za punjenje izmjenične ili istosmjerne struje, baterija automobila uvijek će pohranjivati DC energiju. Kada se koristi stanica za punjenje istosmjerne struje, pretvorba izmjenične struje (iz mreže) u istosmjernu struju događa se unutar stanice za punjenje - dopuštajući da istosmjerna struja teče izravno iz stanice u bateriju. Budući da se proces pretvorbe odvija unutar prostranije stanice za punjenje, a ne u električnom vozilu, snažniji pretvarači mogu se koristiti za vrlo brzu pretvorbu AC iz mreže. Kao

rezultat toga, neke DC stanice mogu dati do 400 kW snage i mogu u potpunosti napuniti električno vozilo u nekoliko minuta [6].

Dimenzije električnog vozila odnose se na fizičke mjere i prostorne karakteristike vozila, uključujući dužinu, širinu i visinu vozila. Ove dimenzije se obično izražavaju u metrima ili drugim relevantnim mjernim jedinicama. Dužina vozila se mjeri od prednjeg do stražnjeg kraja, širina se odnosi na širinu vozila između vanjskih rubova, a visina se odnosi na najvišu točku vozila. One variraju ovisno o modelu i proizvođaču električnog vozila. Nosivost električnog vozila je maksimalna težina tereta koju vozilo može podnijeti i sigurno prevoziti.

Potrošnja električnih vozila je mjera energije koju električno vozilo troši za prijeđenu udaljenost na 100 kilometara. Ova mjerna jedinica se koristi kako bi se omogućilo uspoređivanje potrošnje između različitih električnih vozila. Konkretno, kWh/100 km označava kilovat-sate potrošene energije na udaljenost od 100 kilometara što znači da što je manji broj kWh/100 km, to je vozilo učinkovitije i troši manje energije na prijeđenu udaljenost.

Ponuda lakih dostavnih vozila s električnim pogonom do prije samo dvije godine bila je vrlo slaba. U ponudi su tada bila samo dva električna laka komercijalna vozila koja nisu sadržavala najbolje performanse, ali bez obzira na to, imala su razumnu prodaju jer su ipak brojnim tvrtkama mogla omogućiti značajne uštede u poslovanju. No danas na tržištu već postoji vrlo dobar izbor lakih dostavnih vozila – različitih veličina, različitih namjena, ali i s razumnim izborom baterija koje omogućavaju veći domet. Tako je danas moguće pronaći električno dostavno vozilo za potrebe skoro svake tvrtke koja se bavi dostavama ili bilo kojom drugom djelatnošću koja zahtijeva takvo vozilo. S obzirom na to da se uskoro bliže poticaji Fonda za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost pri kupovini električnih vozila te da su aktualne cijene goriva uglavnom u porastu, mogu se izdvojiti pet najzanimljivijih dostavnih vozila s električnim pogonom te njihove glavne značajke [7].

2.1. Dostavno vozilo Cenntro Metro

Cenntro Metro (poznatiji do sada kao Tropos Able), prikazan na Slici 1. vjerojatno je najveća nepoznanica na hrvatskom tržištu, ali s obzirom na dimenzije od 370 cm dužine, 140 cm širine i visinu od 190 cm, riječ je idealnom vozilu za dostavu po uskim ulicama gradova ili pak otocima. Sam utovarni prostor je dužine 220 cm u kojem se mogu prevoziti do dvije euro palete ili teret težine do 580 kg, što je praktički nevjerojatno za toliko malo vozilo.



Slika 1. Prikaz Cenntro metro vozila, [8]

Velika prednost Metro-a je i stavka da ima modularnu platformu straga pa dostavno vozilo s kutijom od stakloplastike u manje od pola sata može postati mali kamion, a može se naručiti i kao kiper s hidraulikom ili pak kao komunalno vozilo za čišćenje. Stoga je ovo vozilo i više nego pogodno ako tvrtka ima potrebe za prijevozom različitih vrsta tereta.

Metro je dostupan u dva modela, XT1 s manjom baterijom i XT2 s većom baterijom. Dok slabija verzija ima bateriju kapaciteta 13 kWh, a time domet od 130 km te nosivost od 700 kg, snažniji XT2 ima bateriju od 26 kWh, domet od 260 km, a nosivost mu je do 580 kg. Snaga elektromotora oba modela je 24 kW, odnosno 32 KS, a maksimalna im je brzina 85 km/h [7].

Kompaktni Cenntro Metro, čije su tehničko eksploatacijske značajke prikazane u Tablici 1., pokazuje buduću održivost gospodarskih vozila na električni pogon u logistici. Kompaktni Metro s Li-ion snagom dostupan je u dvije verzije i s različitim strukturama. Na taj način udovoljava zahtjevima različitih industrija i pomaže u održivom smanjenju ispuštanja CO₂ i znatno nižim operativnim troškovima [8].

Tablica 1. Eksploatacijsko tehničke značajke Cenntro Metro vozila

Cenntro Metro	Metro (1 baterija)	Metro (2 baterije)
baterija	Lithium-ion (13 kWh)	Lithium-ion (26 kWh)
domet	106-121 km	203-229 km
maksimalni domet	130 km	260 km
maksimalna brzina	65 km/h	85 km/h
AC punjenje	230 V	230 V
dimenzije	370x140x190 cm	370x140x190 cm
nosivost	700 kg	580 kg
dopušteni kapacitet vuče	300 kg	300 kg
potrošnja	12,7-11,1 kWh/100 km	13,4-11,9 kWh/100 km
emisije CO2	0 g/km	0 g/km

Izvor: [8]

Metro je jedinstveno lako električno komercijalno vozilo dizajnirano za urbane sredine kao što je gradska dostava. Započeo je s probnom proizvodnjom 2017. godine i do sada je proizvedeno njih više od 3300. Trenutno se najviše prodaje u Europi, Sjedinjenim Američkim Državama, Japanu, Koreji, Singapuru i Izraelu.

Njegova dugotrajnost premašuje potrebe i očekivanja krajnjih korisnika, osiguravajući da vozilo može učinkovito i ekonomično obavljati zadatke. Također, njegove ugrađene dimenzije i izdašan kapacitet savršeno zadovoljavaju zahtjeve urbane logistike te ugrađena inteligencija dovodi do učinkovitijih operacija i povećane sigurnosti [9].

2.2. Dostavna vozila Citroën e-Berlingo, Opel Combo-e i Peugeot e-partner

PSA grupacija je prije dvije godine predstavila gamu potpuno električnih lako dostavnih kombija. Iz Peugeot-a je tako stigao e-Partner, prikazan na Slici 2., iz Citroëna je stigao e-Berlingo, a iz Opela Combo-e. Svi navedeni modeli napravljeni su na već poznatoj platformi PSA grupacije, a pokreće ih elektromotor snage 100 kW (136 KS) i 260 Nm okretnoga momenta koji je uparen s baterijom kapaciteta 50 kWh.



Slika 2. Prikaz Peugeot e-Partner vozila, [10]

Takva baterija omogućuje prosječan domet od 275 kilometara prema WLTP ciklusu, što je sasvim dovoljno za obavljanje svakodnevnih potreba, ali i za veliku uštedu ako će se vozilo koristiti u poslovne svrhe. No, dodatna prednost je da se ista mogu puniti na punjačima do 100 kW pa će se napuniti do 80% za manje od 30 minuta. Na AC punjačima, ova vozila se serijski mogu puniti snagom do 7,4 kW, ali uz doplatu omogućeno je punjenje do 11 kW.

Kod dostavnih verzija svih navedenih proizvođača može se izabrati između tri vrste karoserija – Standard, Long i Cabin Crew s drugim redom sjedala. Tovarni prostor u standardnoj verziji ili Cabin Crew verziji tako ima volumen od 3,9 m³, dok u Long verziji ima volumen od 4,4 m³. Svakako vrijedi naglasiti da nosivost u sve tri verzije iznosi 800 kilograma [7].

Njihove tehničko eksploatacijske značajke prikazane su u Tablici 2.

Tablica 2. Eksploatacijsko tehničke značajke vozila Citroën e-Berlingo, Opel Combo-e i Peugeot e-partner

	Standard
snaga motora	45 kW
kapacitet baterije	50 kWh
prosječan domet	275 km
maksimalni domet	330 km
maksimalna brzina	135 km/h
AC punjenje	230 V
dimenzije	216x130x140 cm
nosivost	800 kg
potrošnja	19,3-21,5 kWh/100 km
emisije CO ₂	0 g/km

Izvor: [11]

2.3. Dostavno vozilo Renault Kangoo E-tech Electric

Renault Kangoo, čiji je prikaz na Slici 3., je praktički prvo električno dostavno vozilo koje je na tržište stiglo još 2011. godine, a može se reći i da je najprodavanije s više od 70000 isporučenih primjeraka do danas. No s obzirom na to da je njegova tehnologija već pomalo zastarjela te da ima malu bateriju, Renault je krajem prošle godine predstavio novu generaciju električnog Kangoo-a.



Slika 3. Prikaz Renault Kangoo E-tech Electric vozila, [7]

Novi model bit će pokretan elektromotorom snage 90 kW (120 KS) i 245 Nm okretnoga momenta, a baterija kapaciteta 45 kWh konačno mu donosi i znatno veći domet. Prema WLTP standardu, novi Kangoo bi trebao imati domet do 300 kilometara, odnosno oko 200 kilometara kada je natovaren.

Zanimljivo je da će Renault kod Kangoo-a napraviti sličan izbor mogućnosti punjenja kao i kod novog Megane-a e-Tech. Tako će osnovni model Kangoo-a biti dostupan samo uz AC punjenje snagom 11 kW, uz doplatu s 22 kW, a moći će se nadoplatiti i za mogućnost DC punjenja uz maksimalnu snagu 80 kW.

Renault je, kao i konkurencija, napravio dvije verzije karoserije – standardnu i produženu. Dok standardna ima volumen od 3,9 m³ i može prevesti teret do 600 kg, produžena verzija ima volumen od 4,9 m³, a može podnijeti i 800 kg tereta [12].

Njegove tehničko eksploatacijske značajke prikazane su u Tablici 3.

Tablica 3. Eksploatacijsko tehničke značajke Renault Kangoo E-tech Electric vozila

Renault Kangoo E-tech Electric	
snaga motora	51 kW
kapacitet baterije	45 kWh
prosječan domet	245 km
maksimalni domet	320 km
maksimalna brzina	132 km/h
AC punjenje	230 V
dimenzije	448x192x184
nosivost	800 kg
potrošnja	25-27 kWh/100 km
emisije CO2	0 g/km

Izvor: [13]

2.4. Dostavna vozila Citroën e-Jumpy, Opel Vivaro i Peugeot e-Expert

Kao i u slučaju s manjim trojcem dostavnih vozila, PSA grupacija je napravila gamu i većih električnih dostavnih kombija. Tako Peugeot nudi potpuno električni e-Expert, prikazan na Slici 4., Opel nudi Vivaro-e, a Citroën nudi e-Jumpy. Svi navedeni modeli napravljeni su na istoj platformi, a pokreće ih poznati elektromotor snage 100 kW (136 KS) i 260 Nm okretnoga momenta.



Slika 4. Prikaz Opel Vivaro vozila, [7]

No, za razliku od game manjih dostavnih vozila, ovaj trojac ima izbor i od dvije baterije – manje, kapaciteta 50 kWh, i veće kapaciteta 75 kWh. Manja baterija omogućuje domet do 230 kilometara, odnosno oko 150 km s teretom, dok veća baterija omogućuje domet do 330 kilometara, odnosno oko 250 kilometara s teretom.

Objе baterije mogu se puniti snagom do 100 kW pa će se manja baterija napuniti do 80% za manje od 30 minuta, a veća baterija za 45 minuta. Na AC punjačima omogućeno je punjenje do 11 kW pa će manjoj bateriji biti potrebno oko pet sati od 0 do 100 posto, dok će većoj bateriji biti potrebno oko sedam sati i 20 minuta.

No dok se Citroën i Peugeot nude u dvije dužine karoserije “M” i “L”, Opel nudi Vivaro-e i u manjoj “S” dužini karoserije. Najmanja “S” verzija tako je dužine 4,6 metara i ima utovarni prostor od 3,93 m³, srednja “M” verzija je dužine 4,95 metara i ima utovarni prostor od 5,3 m³, a najduža “L” verzija je dužine 5,3 metara te ima utovarni prostor od 6,6 m³ [2].

Njegove su tehničko eksploatacijske značajke prikazane u Tablici 4.

Tablica 4. Eksploatacijsko tehničke značajke Opel Vivaro vozila

Opel Vivaro	Baterija manjeg kapaciteta	Baterija većeg kapacitet
snaga motora	50 kW	56 kW
kapacitet baterije	50 kWh	75 kWh
prosječan domet	185 km	270 km
maksimalni domet	225 km	330 km
maksimalna brzina	130 km/h	130 km/h
AC punjenje	230 v	230 V
dimenzije	495x164x192	495x164x193
nosivost	1100 kg	1100 kg
potrošnja	23,3-26,1 kWh/100 km	26,5 kWh-29,5 kWh/100 km
emisije CO2	0 g/km	0 g/km

Izvor: [14]

Vivaro je model koji je nastao još 2001. godine, i to u suradnji s Renaultom, kao i druga generacija 2014. godine, dok je posljednja predstavljena 2019. godine i tada već kao dio PSA grupacije. U tih dvadeset godina Vivaro je prodan u više od milijun primjeraka, a od lansiranja aktualne generacije drži šestu poziciju na europskom tržištu, dok je u Hrvatskoj još uspješniji – četvrti u Van-D segmentu. Može se birati i nekoliko izvedbi. Tu je prvo furgon, s najvećim teretnim prostorom. Zatim je tu model s dvostrukom kabinom koja može biti i fleksibilna, te kombi varijanta.

Vivaro-e je napravljen na EMP2 platformi PSA grupacije, a koja omogućuje jednostavnu upotrebu raznih mogućnosti pogonskih sklopova. Sukladno tome sve je konstrukcijski pripremljeno za jednostavnu ugradnju elektromotora i baterija. Na odabir se nude dvije veličine baterije, od 50 kWh ili 75 kWh. Manja se sastoji od 216 ćelija posloženih u 18 modula, dok veću čine 324 ćelije u 27 modula. Znači, u obje varijante ide 12 ćelija po modulu. Najmanja baterija ide kod S duljine, dok kod preostale dvije idu obje veličine.

Opel daje 8 godina ili pak prevaljenih 160000 kilometara jamstva na baterije. Hlade se glikol vodom, a module proizvode samostalno. Kako bi zadovoljili sve već potražnju za električnim vozilima, s početkom 2024. godine u njemačkom Kaiserslauternu započet će i s proizvodnjom ćelija. Kapacitet tvornice bit će 24 GWh, a što je dovoljno za pola milijuna vozila.

S obzirom na to da su ovakva vozila u najvećoj mjeri namijenjena za dostave u gradovima, tu su podaci za Vivaro-e još bolji. Naime, poznato je da na potrošnju, odnosno

domet električnih vozila u velikoj mjeri utječe i otpor zraka, koji je u gradskom prometu zbog nižih brzina manji, tako se i domet u gradu povećava. Prema službenim podacima, i WLTP protokolu, Vivaro-e u gradu može prevaliti do 477 kilometara. Iako, nepoznato je je li riječ o praznom vozilu ili pak s nekim teretom [15].

2.5. Dostavno vozilo Volkswagen ID. Buzz Cargo

Volkswagen je prošle godine predstavio pravog nasljednika kulturnog kombija T1 "Bulli". Naime, novi model je nazvan ID. Buzz te je riječ o potpuno električnom kombiju, a prikazan je na Slici 5. To je sada najveći, ali i najprostraniji model temeljen na modularnoj platformi MEB za električne modele VW-a, a većinu komponenata dijeli s Volkswagenom ID.3.



Slika 5. Prikaz Volkswagen ID. Buzz vozila, [7]

ID. Buzz će u samome startu dolaziti samo sa stražnjim pogonom i elektromotorom snage 150 kW (204 KS), a tu je i baterija od 77 kWh koja se može puniti na DC punjačima snagom do 170 kW te na AC punjačima snagom do 11 kW. Tako će se na DC punjačima napuniti do 80% za samo 30 minuta, dok punjenje na AC punjačima traje oko sedam sati.

Očekivani domet s navedenom baterijom iznosi oko 400 kilometara, ali ID. Buzz još treba proći službeno mjerenje dometa kako bi se znali točni podaci prema WLTP ciklusu vožnje.

Cargo verzija ima tri sjedala sprijeda, a iza njih se nalazi čvrsti zid koji se po želji može opremiti prozorom ili otvorom za utovar. Utovarni prostor ima kapacitet od 3,9 m³ i nudi prostor za dvije euro palete ukupne mase 650 kg [7].

Njegove su tehničko eksploatacijske značajke prikazane u Tablici 5.

Tablica 5. Eksploatacijsko tehničke značajke Volkswagen ID.Buzz vozila

Volkswagen ID.Buzz	
snaga motora	70 kW
kapacitet baterije	77 kWh
prosječan domet	350 km
maksimalni domet	420 km
maksimalna brzina	130 km/h
AC punjenje	230 v
dimenzije	471x200x190 cm
nosivost	650 kg
potrošnja	19-22 kWh/100 km
emisije CO ₂	0 g/km

Izvor: [16]

3. UTJECAJ PRIJEVOZA ELEKTRIČNIM VOZILIMA NA OKOLIŠ

Električna vozila postala su vrlo važan dio automobilske industrije te vrlo poželjna vozila jer su vozači sve svjesniji lošeg vlastitog utjecaja na prirodu i žele umanjiti štetu koju čine tijekom vožnje, emitiranjem velikih količina CO₂ u atmosferu. Električna vozila su na glas u najbolje ekološko rješenje što se tiče prijevoza, no to ne znači da nemaju utjecaj na zagađenje zraka i da ne utječu na razinu CO₂ u zraku. Iako to ne čine direktno, tijekom vožnje, to je zato što tijekom proizvodnje emitiraju velike količine štetnih plinova u zrak.

Zato, iako samo električno vozilo ne ispušta CO₂ prilikom vožnje, tu količinu u svakom slučaju nadoknađuju elektrane koje proizvode struju koja ga pokreće. Posebno je važno naglasiti da se u proizvodnji baterije za svako električno vozilo emitira barem dva puta više CO₂ u zrak nego prilikom proizvodnje bilo kojeg klasičnog vozila. Ako se sagledaju realne brojke o utjecaju svih vozila u Europskoj uniji na zrak mogu se vrlo lako utvrditi sljedeće činjenice, a to je da su najveći zagađivači zraka benzinski i dizelski automobili s emisijom od gotovo 200 g/km, nakon njih slijede hibridi sa 130 g/km dok je električno vozilo na posljednjem mjestu s 97 g/km. No, zagađivanje koje rade električna vozila nisu jednaka u svim državama za što je najbolji primjer Indija. Struja kojom se električna vozila opskrbljuju u Indiji u iznimno visokom postotku nastaje sagorijevanjem fosilnih goriva što onda ta električna vozila čini još opasnijim zagađivačima nego što su klasični benzinska i dizelska vozila. Dijametralno suprotno je vožnja električnog vozila na Islandu jer struja kojom se on „hrani“ u velikom je postotku dobivena iz geotermalne energije i energije hidroelektrana. No, i tada električno vozilo stvara onečišćenje zbog kojeg ga se ne može zvati zelenim vozilom.

Ono što je smatrano glavnom prednosti električnih vozila, a to je njihova baterija, pokazalo se i najvećom manom. Za proizvodnju baterije potrebno je proći mnogo koraka, a svaki od njih šteti planeti. Potrebno je doći do minerala i ruda od kojih se baterija radi, a koje se nalaze duboko u zemlji. To se radi iskapanjem koje je zasigurno štetno za planetu. Sljedeći korak je prijevoz tih sirovina na suprotne krajeve svijeta, u tvornice koje ih proizvode, a to se obično radi brodovima, a brodovi su najveći zagađivači zraka. Osim toga, baterije za električna vozila nemaju dug vijek trajanja i obično iznosi oko deset godina nakon čega se one moraju skladištiti i odlagati što obično znači da će se odložiti na neko mjesto s kojeg će nastaviti zračiti i širiti negativne posljedice. Električno vozilo je zeleno, ali ne onoliko koliko bi trebalo biti.

Nije teško izvesti zaključak iz gore navedenih činjenica, a on kaže da je električno vozilo trenutno ekološki najbolje rješenje za planetu jer gotovo vozilo ne ispušta štetne plinove tijekom rada, ali nikako ne može biti apsolutno „zeleno“ jer se prilikom njegove

proizvodnje, a i kasnije, kod izmjene baterije, često ispuštaju toksini u okoliš, od zraka do zemlje [17].

Električna vozila su od posebnog interesa u aktualnoj sve većoj raspravi o zaštiti okoliša i rješavanju energetske krize. U usporedbi s vozilima s unutarnjim izgaranjem, električna vozila su energetski učinkovitija, tiša, ne emitiraju izravne emisije stakleničkih plinova i imaju mogućnost opskrbe električnom energijom iz postojeće infrastrukture. Uz sve veću upotrebu alternativnih izvora energije, električna vozila su korak naprijed u smanjenju ovisnosti o fosilnim gorivima. Prepreke globalnom usvajanju električnih vozila i dalje su visoke, kao što su kapacitet baterije i njihova cijena [18].

Europska agencija za okoliš objavila je istraživanje koje dokazuje ono što su pobornici električnih vozila uvijek tvrdili, a to je da oni manje zagađuju zrak i ne uništavaju zemaljsku klimu. Električna vozila putuju cestama bez ispuštanja štetnih stakleničkih plinova u atmosferu i bez zagađenja zraka u gradovima. To je činjenica koja se oduvijek povezivala s električnim vozilima kao nesumnjivo pozitivna, ali skeptici su istaknuli da učinak elektrifikacije prometa možda nije tako pozitivan. Jedan od osnovnih argumenata za to je činjenica da dio električne energije koja se koristi za punjenje takvih vozila dolazi iz ne baš "zelenih" elektrana, te da u procesu proizvodnje vozila postoje procesi koji nastavljaju zagađivati okoliš [19].

Kako bi se globalno zagrijavanje ograničilo na 1,5°C ako je moguće, Europska unija mora postati klimatski neutralna do 2039. Da bi se to postiglo, europski zakon o klimi mora biti znatno poboljšan. Ali, prometni sektor je daleko od usklađenosti s postojećim planom "Fit to 55". Kako bi se to postiglo, godišnje emisije (CO₂) moraju pasti sa sadašnje razine od oko 682 milijuna tona CO₂ iz ukupnog cestovnog prometa na 68 milijuna tona CO₂ do 2050. U Njemačkoj, promet čini oko jednu petinu ukupnih emisija. Tome su pridodana oštećenja pluća i respiratorni problemi uzrokovani prekomjernim onečišćenjem česticama.

Stoga je hitno potreban prijelaz prometnog sektora na onaj koji je prihvatljiv za klimu. Za to je bitno sveobuhvatno širenje pješačkog i biciklističkog prometa te lokalnog javnog prijevoza. Broj vozila na cestama i prijeđeni kilometri moraju se znatno smanjiti. Preostali nezaobilazni automobili moraju postati manji, lakši, učinkovitiji i klimatski neutralni. To se može postići samo dosljednim prelaskom na potpuno električna vozila. Hibridna vozila, pogon na vodik, agrogoriva i e-goriva nisu ekološki prihvatljive alternative.

Kada se uzmu u obzir svi utjecaji na okoliš, električna vozila su ekološki najprihvatljivija u usporedbi s drugim vrstama pogona za osobna vozila. Unatoč tome, zamjena otprilike 246 milijuna vozila s unutarnjim izgaranjem u Europi električnim vozilima bila bi potpuno pogrešna te je u Tablici 6. prikazana usporedba baterijskih pogonskih sustava i sustava s unutarnjim izgaranjem i razlog zašto. To je zato što njihova

proizvodnja također uključuje znatnu potrošnju resursa i energije, a njihovo korištenje prati enormna potražnja za zemljištem i infrastrukturom.

Međutim, u izravnoj usporedbi s drugim vrstama pogona vozila, pogon na baterije je najučinkovitija i ekološki najprihvatljivija opcija. Na primjer, novoregistrirana električna vozila u Europi trenutno ispuštaju prosječno 75 grama (g) CO₂/km tijekom cijelog životnog ciklusa, što je oko 69% manje stakleničkih plinova od usporedivih vozila na benzin. Ako se koristi zelena električna energija tijekom proizvodnje i rada, emisije CO₂ se još više smanjuju. Potrošnja resursa dva pogona može se klasificirati kao visoka u svakom slučaju. Baterijski pogon zahtijeva veliki udio abiotskih resursa (minerala i metala) u fazi proizvodnje. Motor s unutarnjim izgaranjem troši veliku količinu benzina i dizela, tijekom faze eksploatacije, koji se nakon jedne upotrebe ne mogu reciklirati.

Kako bi se u potpunosti smanjio ekološki otisak elektromobilnosti, potrebno je ubrzano proširiti obnovljive izvore energije, uvesti standarde učinkovitosti za osobna vozila i osigurati ekološki prihvatljivo vađenje i recikliranje resursa.

Tablica 6. Usporedba baterijskog pogona i pogona s unutarnjim izgaranjem

	pogon s unutarnjim izgaranjem	baterijski pogon
vožnja	motor s unutarnjim izgaranjem s jedinicom za pročišćavanje ispušnih plinova (katalizator)	električni motor s baterijom
gorivo	fosilni benzin/dizel, biogeni benzin/dizel, e-goriva	električna struja
sirovine za proizvodnju	željezo, aluminij, plastika, magnezij, bakar, plastika, staklo, guma i drugi	
zagađenje sirovina	16 tona	42 tone
pogon sirovina	<p>motor s unutarnjim izgaranjem: željezo, aluminij, bakar, guma, plastika i drugo;</p> <p>katalizator: platina, paladij, rodij i dr;</p> <p>akumulator: olovo, sumporna kiselina, polipropilen i dr.</p>	<p>asinkroni motor: bakar, aluminij, željezo/ Permanentni magnet;</p> <p>motor: bakar, željezo, aluminij, disprozij, neodim i drugi; pogonska baterija</p> <p>NMC: nikal, mangan, kobalt, litij, bakar, aluminij, grafit i dr.; LFP: litij, željezo, fosfor i drugo; akumulator: litij, željezo, fosfor i dr.</p>
učinkovitost od izvora energije do kotača	24 % (dizel), 20 % (benzin), 15 % (e-goriva/električna energija)	64 - 77 % (zelena električna energija), 45% (mješavina električne energije)
izravne emisije tijekom eksploatacije	ugljični dioksid (CO ₂), dušikovi oksidi (NO _x), sumporni oksidi (SO _x), čestice (PM), mikroplastika	fina prašina i mikroplastika (od abrazije guma i kočnica)
emisije CO₂ tijekom životnog ciklusa	200 - 250 g/km (benzin/dizel)	75 - 150 g/km (električna mješavina)

Izvor: [21]

Osobna vozila s pogonom s unutarnjim izgaranjem i pogonom na baterije ekološki su intenzivni oblici pogona i treba ih izbjegavati ako je moguće. U izravnoj usporedbi, vidljivo u tablici 6., pogon na baterije manje je štetan za okoliš od motora s unutarnjim izgaranjem.

U procjenama životnog ciklusa obje vrste pogona, baterijski pogon ima lošije rezultate ukoliko se u obzir uzmu potrošnja minerala i metala, a pogon s unutarnjim izgaranjem u potrošnji energije, globalnom zatopljenju i prekursorima ozona. Pretpostavlja se da će do 2050. godine baterijski pogon imati znatno manji utjecaj na okoliš od pogona s unutarnjim izgaranjem u gotovo svim područjima.

Sa 75 - 150 g CO₂/km (mješavina električne energije), baterijski pogon ima znatno niže emisije CO₂ tijekom cijelog životnog ciklusa od pogona s unutarnjim izgaranjem s 200 - 250 g CO₂/km. Na primjer, prosječno dizelsko vozilo srednje veličine "Golf klase" emitira oko tri puta više CO₂/km od njemu identičnog električnog vozila. Ako se koristi obnovljiva energija, emisije CO₂ baterijskog pogona mogu se uvelike izbjeći.

Tijekom životnog ciklusa, pogon s unutarnjim izgaranjem troši više vode od pogona na baterije. Zbog većeg udjela zelene električne energije i izvora nafte koje je teže iskoristiti, ta će se razlika u budućnosti značajno povećati. Posebno je problematično onečišćenje vode tvarima pri vađenju sirove nafte, kao i oštećenje i potrošnja vode u sušnim područjima tijekom vađenja litija. Potonje se može smanjiti procesima oporabe vode i odvajanja, kao i proizvodnjom baterijama bez litija.

U usporedbi s drugim vrstama pogona, baterijski pogon je najučinkovitiji s učinkovitošću od izvora energije do kotača od 45% što znači da baterija odrađuje skoro pola posla uz trenutnu mješavinu električne energije i 64 - 77% pri korištenju zelene električne energije. Za usporedbu, motor s unutarnjim izgaranjem ima učinkovitost od samo 20 - 24%.

Za smanjenje utjecaja električnih vozila na okoliš u budućnosti, korištenje zelene električne energije, smanjenje težine vozila, nove vrste baterija bez kritičnih sirovina, dužna pažnja u opskrbnom lancu i zahtjevi za učinkovitost mogu biti od velike koristi.

Osim toga, ponovna uporaba i recikliranje mogu značajno poboljšati utjecaj baterije na okoliš. Konkretno, treba politički snažnije promicati popravak, kao i ponovnu upotrebu pogonskih baterija kao stacionarnih uređaja za pohranu energije.

Pogon na vodik nije ekološki prihvatljiva opcija za osobna vozila, dijelom i zato što je znatno manje učinkovit od pogona na baterije, čak i kada se za proizvodnju vodika koriste obnovljivi izvori energije.

E-goriva nisu rješenje iz ekološke perspektive, jer ne daju učinkovit doprinos zaštiti klime i njihova je uporaba vrlo neučinkovita. Čak i kada koriste zelenu električnu energiju

za svoju proizvodnju, e-goriva postižu učinkovitost od samo 15%. Kada se koristi mješavina električne energije, e-goriva su znatno štetnija za klimu od fosilnih goriva [20].

3.1. Klimatska kompatibilnost električnih vozila

Procjene životnog ciklusa pokazuju da baterijski pogon ima znatno niži CO₂ trag tijekom cijelog životnog ciklusa (proizvodnja, eksploatacija i odlaganje) nego pogon s unutarnjim izgaranjem. Uz trenutnu mješavinu električne energije u EU - tj. udio obnovljivih izvora energije od 44,6% energije - emisije CO₂ električnog vozila su 66 - 69% niže od emisija usporedivog vozila s motorom s unutarnjim izgaranjem. Dok dizelsko vozilo u normalnim uvjetima vožnje u Europi emitira do 250 g CO₂ e/km, uzimajući u obzir cijeli životni ciklus, električno vozilo s kapacitetom baterije od 53 kWh emitira samo 75 g CO₂ e/km. Dakle, prosječno dizelsko vozilo srednje veličine „Golf klase“ proizvodi oko tri puta više CO₂ e/km od usporedivog električnog vozila, kao što je prikazano na Slici 6.



Slika 6. Usporedba emisije stakleničkih plinova vozila s unutarnjim izgaranjem i usporedivog električnog vozila, [20]

Emisije CO₂ baterijskog pogona trenutno su prvenstveno uzrokovane proizvodnjom baterija i opskrbom električnom energijom. Ovisno o proizvodnom procesu i vrsti baterije, za jedan kWh kapaciteta baterije proizvodi se između 40 i 350 kg emisija CO₂. Te bi se emisije uvelike mogle izbjeći ako bi se za proizvodnju koristila obnovljiva energija. Emisije CO₂ uzrokovane vožnjom također su posebno posljedica upotrebe ugljena i plina za proizvodnju električne energije i mogu se smanjiti na 1-2 g CO₂/km, tj. gotovo na nulu, korištenjem zelene električne energije. Čak i ako je baterija proizvedena u Kini i električno vozilo se puni čistom električnom energijom iz ugljena, i dalje emitira 37% manje CO₂ tijekom svog životnog ciklusa od vozila s motorom s unutarnjim izgaranjem.

Trenutno težina vozila raste. Ovaj trend se također može uočiti kod vozila na baterije. Međutim, tome se mora suprotstaviti u budućnosti, jer korištenje manjih vozila s manjom težinom vozila i uštedom materijala kroz manje kapacitete baterija ima značajan utjecaj na smanjenje emisija. Sve veći udio obnovljivih izvora energije u miksu električne energije i fleksibilnim upravljanjem punjenjem, kao i planirana EU regulativa o baterijama, koja postavlja maksimalne vrijednosti emisija CO₂ iz baterija tijekom njihovog životnog ciklusa, dodatno će smanjiti emisije CO₂ iz baterijskog pogona. Brzi razvoj novih vrsta baterija i materijala također će dovesti do nižih emisija CO₂ tijekom proizvodnje u budućnosti. Konačno, zbog svog velikog preostalog kapaciteta, baterije iz elektromobilnosti mogu se ponovno koristiti kao stacionarne jedinice za pohranu električne energije, što opet značajno poboljšava njihovu ekološku ravnotežu i znači da je potrebno proizvesti manje novih baterija za pohranu [20].

3.2. Ekološki trag električnih, benzinskih i dizelskih vozila

Bez obzira radi li se o pogonu s unutarnjim izgaranjem ili baterijskom pogonu, proizvodnja, uporaba i zbrinjavanje svakog vozila ima utjecaj na okoliš. Dok je u slučaju motora s unutarnjim izgaranjem glavni utjecaj na okoliš uzrokovan ne samo proizvodnjom nego i upotrebom, proizvodnja baterija čini značajan udio utjecaja na okoliš baterijskih vozila. U potonjem slučaju, proizvodnja baterija trenutno čini oko 40-50% emisija stakleničkih plinova tijekom cijelog životnog ciklusa. Procjena koja je vrsta pogona manje štetna za okoliš kada se uzmu u obzir svi utjecaji na okoliš ne može se samo napraviti samo kvalitetnom usporedbom. Kvantitativna usporedba - na primjer tijekom procjena životnog ciklusa - važna je osnova za to, pri čemu na rezultat snažno utječu različite metode izračuna, ograničenja sustava, pokazatelji utjecaja, baza podataka, pravodobnost podataka itd. Rezultati ovih usporedbi se mogu koristiti za procjenu utjecaja različitih vrsta pogona na okoliš.

Trenutne procjene životnog ciklusa pripisuju veće utjecaje na okoliš baterijskom pogonu nego pogonu s unutarnjim izgaranjem tijekom cijelog životnog ciklusa u smislu potrošnje abiotičkih resursa (minerala i metala). Nasuprot tome, motor s unutarnjim izgaranjem ima lošiji rezultat u pogledu kumulativne potrošnje energije, globalnog zatopljenja i prekursora ozona. Na pokazatelje kao što su čestice, zakiseljavanje i toksičnost, između ostalih čimbenika, utječu rudarske regije i uvjeti, pa se rezultati razlikuju. Očekuje se da će do 2050. baterijski pogon imati znatno manji utjecaj na okoliš od motora s unutarnjim izgaranjem u gotovo svim kategorijama utjecaja. Iako je utjecaj resursa potrebnih za baterijski pogon trenutno značajan, očekuje se da će se potrošnja abiotičkih resursa izjednačiti za obje vrste pogona tijekom ovog razdoblja. Razlozi tome su učinkovitiji proizvodni procesi i baterije, novi tipovi baterija s manjom potražnjom za ekološki intenzivnim sirovinama, sve veći udio obnovljivih izvora energije u proizvodnji i

korištenju te poboljšanja u recikliranju sirovina za baterije. U slučaju pogona s unutarnjim izgaranjem, korištenje takozvanih alternativnih goriva kao što su e-goriva ili vodik nije razumna alternativa s ekološkog gledišta.

U ukupnoj procjeni sadašnjih i budućih utjecaja na okoliš, baterijski pogon manje je štetan za okoliš od pogona s unutarnjim izgaranjem kao što je prikazano na Slici 7. Ono što je potrebno je drastično smanjenje privatnog prijevoza, ranija zabrana registracije vozila s motorima s izgaranjem te masovno širenje pješaćenja, vožnje biciklom i javnog prijevoza. Osim toga, korištenje manjih vozila s manjom masom vozila i manjim kapacitetima baterija značajno utječe na smanjenje emisija.



Slika 7. Usporedba utjecaja na okoliš vozila s unutarnjim izgaranjem i električnih vozila 2020. i 2050.godine, [20]

Glavni razlog velikog utjecaja baterijskog pogona na okoliš u smislu potrošnje abiotskih resursa je proizvodnja litij-ionske baterije. Ovdje, između ostalog, dolazi do onečišćenja vode i tla zbog rudarenja te energetski intenzivnih rafinerijskih i proizvodnih procesa, koji uzrokuju emisije CO₂, amonijaka, sumpora i dušikovih oksida. Veliki utjecaj na okoliš pogona s unutarnjim izgaranjem u smislu potrošnje energije i globalnog zatopljenja uglavnom je posljedica proizvodnje i izgaranja goriva za vožnju i povezanih ekoloških katastrofa u vađenju i preradi sirove nafte. Osim toga, pogon izgaranjem zahtijeva katalizatore za pročišćavanje ispušnih plinova koji sadrže metale platinske skupine i zahtijevaju ekološki intenzivnu ekstrakciju i obradu.

Vrijedno je istaknuti da, u usporedbi s pogonom s unutarnjim izgaranjem, baterijski pogon ne uzrokuje praktički nikakva izravna ispuštanja onečišćujućih tvari tijekom vožnje, čime se poboljšava kvaliteta zraka u urbanim područjima. Nasuprot tome, rudarenje i obrada sirovina za bateriju, katalizator, motor, karoseriju i goriva opetovano ugrožava ljudska prava i autohtone narode. Kako bi se bolje zaštitili okoliš i ljudska prava u

opskrbnom lancu, EU Uredba o baterijama i EU Supply Chain Act, između ostalog, namjeravaju uvesti dalekosežne obveze transparentnosti i odgovornosti, iako su u nekim slučajevima određene kategorije rizika, proizvodi, sirovine i sektori, kao i mala i srednja poduzeća još uvijek izuzeti [20].

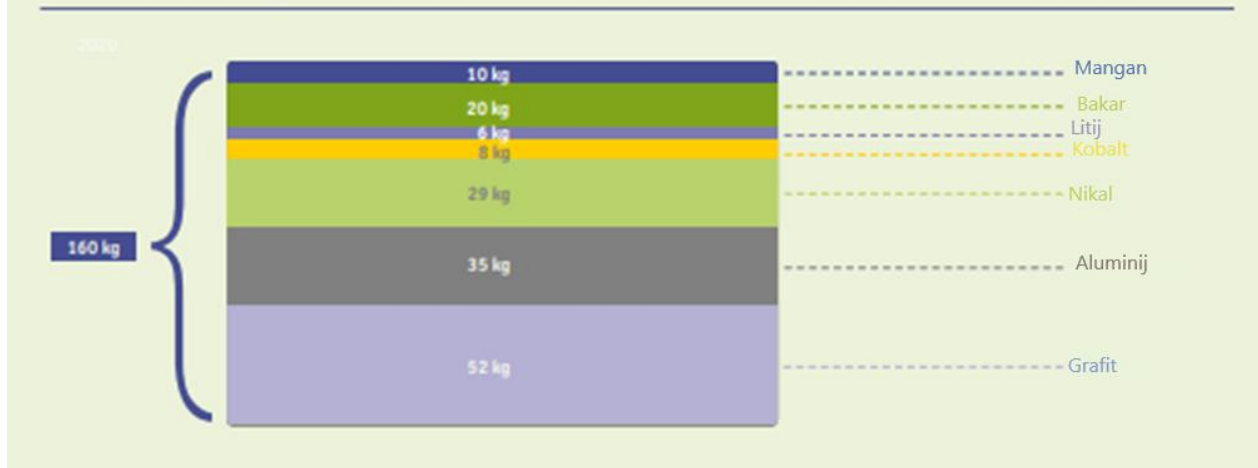
3.3. Sastav materijala baterijskog pogona

Često je predmet kontroverznih rasprava o tome koliko su baterije i pogon s unutarnjim izgaranjem intenzivni. Iako je usporedba složena i sirovine potrebne za obje tehnologije pogona su različite, jasno je da obje tehnologije pogona imaju veliki utjecaj na resurse. Potrošnja abiotičkih resursa (minerala i metala) trenutno je značajno povećana za baterijski pogon zbog proizvodnje baterija. Potrošnja biotičkih resursa (npr. nafte) uvelike je povećana za pogon s unutarnjim izgaranjem iako se električna energija za punjenje baterijskog pogona trenutno djelomično proizvodi u postrojenjima za proizvodnju električne energije na fosilna goriva.

Na primjer, baterijski pogon zahtijeva više tehnoloških metala kao što su litij, kobalt, nikal i bakar za bateriju, čija je kompozicija prikazana na Slici 8., i rijetke zemlje ako se koristi motor s trajnim magnetom. Potražnja za tim metalima nastavit će se povećavati u nadolazećim desetljećima zbog, između ostalog, ekspanzije elektromobilnosti. Ovo povećanje potražnje bit će popraćeno povećanjem utjecaja rudarenja na okoliš zbog teže razvijenih nalazišta sirovina. S druge strane, u budućnosti će povećanje učinkovitosti značiti da će biti potrebno manje sirovina za proizvodnju jednog kWh kapaciteta baterije. Osim toga, upotreba skupih i ekološki intenzivnih sirovina kao što su kobalt, nikal i litij po kWh kapaciteta baterije već je značajno smanjena i očekuje se da će se smanjiti u budućnosti. U tu svrhu, jeftine vrste baterija koje ne zahtijevaju kobalt i nikal, kao što su litij željezo fosfatne baterije, sve su više prihvaćene na tržištu. Komercijalna uporaba natrijevih ionskih baterija za neke primjene u elektromobilnosti očekuje se do ove godine.

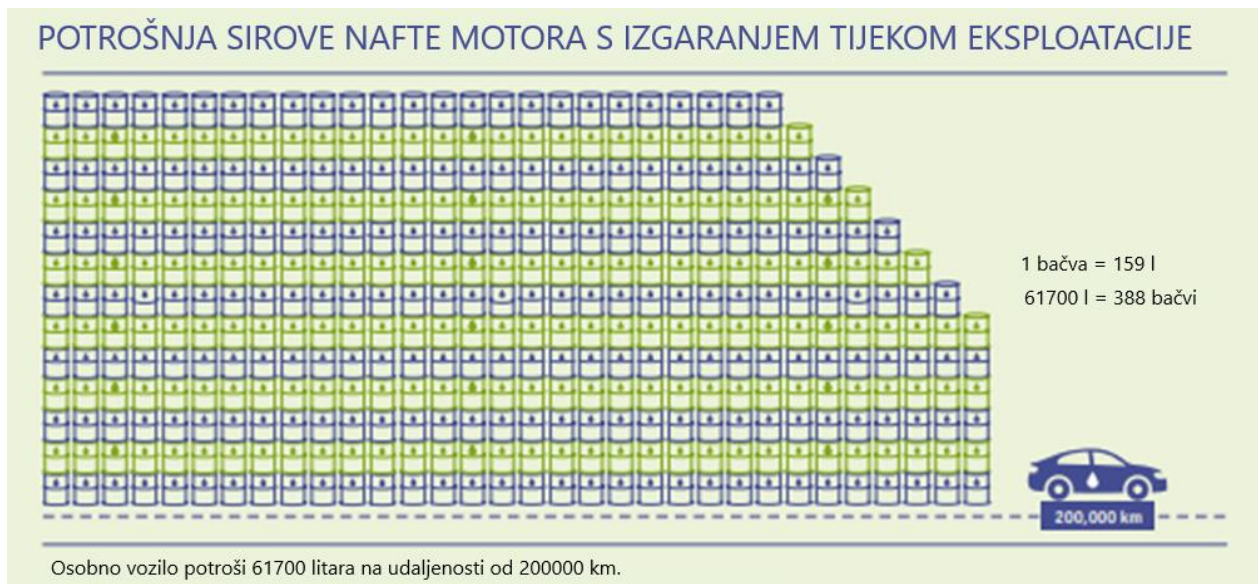
Ako ova tehnologija bude uspješna, to će značiti da će se koristiti manje ekološki intenzivni materijali te da će se izbjegavati litij, kobalt i nikal. Veliki proizvođači električnih vozila već koriste asinkrone motore umjesto motora s trajnim magnetima, eliminirajući potrebu za rijetkim zemljama za motor ili bateriju.

SASTAV MATERIJALA BATERIJSKOG POGONA



Slika 8. Kompozicija litijske materije mase 160 kg, [20]

Motor s unutarnjim izgaranjem zahtijeva oko 61000 litara sirove nafte samo u upotrebi, kao i platinu, paladij ili rodij za katalizatore, između ostalih, tijekom proizvodnje, a prikaz je moguće vidjeti na Slici 9.



Slika 9. Potrošnja sirove nafte u životnom ciklusu tijekom eksploatacije, [20]

Potrošnja materijala za ostale komponente poput guma, karoserije i unutarnjih obloga približno je usporediva za oba pogonska sustava. Daleko najveći udio u potrošnji resursa kod motora s unutarnjim izgaranjem čini faza eksploatacije. Ovdje je posebno problematično štetno za okoliš jer je povezana s proizvodnjom nafte, a uz to i ispuštanje zagađivača, klimatske emisije i uništavanje prirodnih područja, kao i ozbiljne ekološke katastrofe na naftnim platformama, tankerima i cjevovodima. U budućnosti se očekuje da

će se ekološka šteta po barelu sirove nafte nastaviti povećavati, jer se nafta sve više crpi iz izvora koje je teže iskoristiti, kao što su naftni pijesak, uljni škrljevac i duboko more.

Kratkoročno do srednjoročno, prelazak na baterijsko napajanje rezultirat će sve većom potražnjom za metalom, ali će se trošiti manje fosilnih goriva. Dok se fosilna goriva više ne mogu reciklirati nakon izgaranja, metali se sve više mogu reciklirati. Stoga se nikal i kobalt mogu oporabiti recikliranjem sa stopom oporabe od preko 90 %. Uredba EU o baterijama propisuje minimalnu stopu recikliranja od 70 % za litij-ionske baterije i 95 % za nikal i kobalt te 80 % za litij do 2031. Uz recikliranje sirovina za baterije, ponovna uporaba pogonskih baterija kao stacionarne energije očekuje se uspostava skladišnih jedinica, što će značajno poboljšati potrošnju resursa i procjenu životnog ciklusa. To objašnjava zašto će se potrošnja abiotičkih resursa dvaju oblika pogona u budućnosti približiti [20].

3.4. Važnost vode u baterijskom i pogonu s unutarnjim izgaranjem

Baterijski pogon i pogon s unutarnjim izgaranjem zahtijevaju vodu tijekom cijelog životnog ciklusa, primjerice za vađenje i preradu sirovina, proizvodnju, korištenje i odlaganje. Potrošnja vode može uvelike varirati ovisno o korištenoj tehnologiji, a rijetke su studije koje određuju ukupnu potražnju za vodom. Sve u svemu, sustav baterijskog pogona troši znatno manje vode tijekom svog životnog ciklusa od motora s unutarnjim izgaranjem. Za proizvodnju automobila s motorom s unutarnjim izgaranjem i mase od 1500 kg, primjerice, potrošnja vode procjenjuje se na 400000 litara. Uračuna li se i proizvodnja litij-ionske baterije od 64 kWh, brojka je oko 50000 litara više. Ovdje se glavnina potrošnje vode odnosi na sirovine aluminij, litij, nikal, mangan i kobalt, kao i za proizvodnju elektroničkih komponenti.

Procjenjuje se da će tijekom faze eksploatacije automobil srednje veličine s unutarnjim izgaranjem potrošiti između 170000 i 407000 litara vode tijekom 200000 km zbog opskrbe gorivom koja intenzivno troši vodu. Procjenjuje se da će usporedivi automobil s baterijskim pogonom potrošiti između 4000 i 56000 litara vode na istoj udaljenosti pod pretpostavkom mješavine električne energije, od čega je gotovo sva voda za hlađenje elektrana na fosilna goriva. Pri korištenju zelene električne energije potrošnja vode baterijskog pogona tijekom eksploatacije smanjuje se gotovo na nulu.

Međutim, nije problematična kvantitativna potrošnja vode, već ekološki problemi povezani s vađenjem sirove nafte ili litija, na primjer, kao što su onečišćenje zagađivačima ili soli, snižavanje razine podzemne vode ili zagrijavanje površine vode. Ovdje su vrlo važni lokalni uvjeti i lokalna dostupnost vode.

U slučaju baterijskog pogona, ekstrakcija litija iz salara ponekad je povezana s posebnim problemima, jer se većina ekstrahira iz naslaga slane vode koja sadrži litij u suhim područjima Južne Amerike. Tijekom procesa, podzemna slana voda ekstrahira se, pri čemu isparavanjem ekstrahira litij na površini. Ako razina slane vode previše padne, slatka voda može dotjecati i postati kontaminirana zbog ostataka slane vode. Ekstrakcija litija iz slane vode ne samo da može dovesti do slatkovodnih sukoba među lokalnim skupinama stanovništva, već također može ugroziti opskrbu vodom regionalnih ekosustava. Tehnologije poput povrata vode kroz kondenzaciju isparene vode, recirkulacija smjese slane vode nakon ekstrakcije litija ili membranske tehnologije za odvajanje litija bez isparavanja (kao što su postrojenja za osmozu) mogle bi značajno smanjiti potrošnju vode u ekstrakciji litija u budućnosti. Ekstrakcija litija iz čvrstih stijena ili iz morske vode također bi mogla smanjiti potrošnju vode u budućnosti.

U slučaju pogona s unutarnjim izgaranjem, posebno proizvodnja nafte, posebno kada se koristi naftni pijesak, tehnologija frakinga ili podmorska nalazišta nafte, kao i gotovo redovite naftne katastrofe vrlo su problematični za vodne resurse. Na primjer, naftni pijesak mora ekstrahirati uz velike troškove i preraditi u sirovu naftu koristeći mnogo vode, otapala i energije. Za svaki barel (159 litara) sirove nafte proizvede se 650 litara otrovne otpadne vode koja sadrži zagađivače kao što su teški metali. Ovi oblici vađenja nafte iz nekonvencionalnih izvora koji ovise o vodi naglo će se povećati u budućnosti [20].

3.5. Utjecaj vodika na okoliš

Vozila s gorivnim ćelijama koja rade na vodik (H_2) ne uzrokuju emisije i stoga ih mnogi dionici propagiraju kao klimatski prihvatljivu opciju. Međutim, vodik se do sada proizvodio gotovo isključivo iz fosilnog plina, što je povezano s visokim emisijama stakleničkih plinova. Elektroliza je alternativni proces. U tom procesu voda (H_2O) se dijeli na vodik i kisik (O_2). Proizvodnja vodika elektrolizom je energetski intenzivna i ima velike gubitke energije tijekom proizvodnje. Osim električne energije, za proizvodnju vodika potrebne su velike količine pročišćene vode, kao i rijetke zemlje za elektrolizere i određena količina zemljište za potrebne proizvodne pogone.

Teoretski, proizvedeni vodik mogao bi se koristiti izravno, ali za skladištenje i distribuciju mora biti komprimiran ili ukapljen uz dodatni unos energije. Vodik se može koristiti u gorivim ćelijama za proizvodnju električne energije i pogon elektromotora ili se može sagorjeti u motoru s unutarnjim izgaranjem - obično nakon daljnje pretvorbe kao e-gorivo. Proizvodnja i uporaba električne energije za proizvodnju vodika za gorive ćelije povezana je s ogromnim gubicima pretvorbe. Izravna uporaba električne energije u baterijskom pogonu troši samo oko pola manje električne energije za istu udaljenost u usporedbi s vozilom s gorivnim ćelijama koje pokreće vodik. Koristeći obnovljivu energiju,

automobil s gorivnim ćelijama ima učinkovitost izvora energije do kotača od 35%, a automobil s baterijskim pogonom ima učinkovitost od 75%, a prikaz je moguće vidjeti na Slici 10.



Slika 10. Prikaz efikasnosti od izvora do kotača u baterijskom pogonu i pogonu na vodik, [20]

Zeleni vodik iz obnovljive električne energije igrat će određenu ulogu u pretvorbi gospodarstva s fosilnih goriva na obnovljive izvore energije. To posebno vrijedi za industrijske procese kao što su čelična ili kemijska industrija, kao i za neizbježne brodove i zračna putovanja na velike udaljenosti, budući da zahtijevaju izvore energije s visokom gustoćom energije i ta se područja ne mogu elektrificirati. Međutim, vodik ima učinkovitu klimatsku korist samo ako se proizvodi s električnom energijom iz dodatno proizvedene obnovljive energije i koristi se što svrhovitije i štedljivije. Budući da su obnovljivi izvori energije i zeleni vodik proizveden s njima dugoročno još uvijek rijetki, uporaba vodika trebala bi biti rezervirana za područja u kojima nisu dostupne prikladnije tehnologije i trebala bi se koristiti samo kao posljednja opcija nakon što se iskoristi sav potencijal za dostatnost i nakon što je učinkovitost iscrpljena. Za preostali automobilski promet koji se ne može izbjeći ili preusmjeriti na ekološki prihvatljivije načine prijevoza, izravno korištenje električne energije u bateriji daleko je najučinkovitije. Djelomično pretpostavljena prednost većeg raspona vozila na hidropogon već je izgubljena novom tehnologijom baterija, ili će uskoro biti izgubljena. Većina proizvođača vozila stoga je već uvelike napustila vodikovu tehnologiju - tj. prvenstveno vozila s gorivnim ćelijama - u putničkim vozilima [20].

3.6. Agrogoriva i e-goriva

Često se tvrdi da se biogena goriva ili sintetička goriva (e-goriva) mogu koristiti za rad motora s unutarnjim izgaranjem na klimatski prihvatljiv način. Zapravo, ni biogena goriva ni e-goriva ne mogu učinkovito doprinijeti zaštiti klime u prometu osobnih automobila.

Biogena goriva uglavnom se proizvode iz posebno uzgojenih usjeva za hranu i stočnu hranu. Da bi se proizvele čak i male količine takvih agrogoriva, moraju se uzgajati velike površine uljarica kao što su uljana repica, soja ili uljane palme (za agrodizel) ili pšenica, raž, kukuruz, šećerna repa ili šećerna trska (za agroetanol). Korištenje plodnog poljoprivrednog zemljišta za gorivo u izravnoj je konkurenciji s proizvodnjom hrane. Područja diljem svijeta koja se trenutno koriste za proizvodnju agrogoriva za njemačko tržište mogla bi zadovoljiti kalorijske potrebe do 35 milijuna ljudi. Korištenje agrogoriva masovno povećava potražnju za poljoprivrednim zemljištem i tako doprinosi globalnoj proždrljivosti zemljišta, što dovodi do toga da se prethodno neiskorišteno zemljište - često vrijedni rezervoari CO₂ kao što su šume i močvare - sve više pretvara u obradivo zemljište. Ove promjene u korištenju zemljišta rezultiraju ogromnim emisijama stakleničkih plinova, što znači da su agrogoriva u cjelini još štetnija za klimu od fosilnih goriva. Intenzivna obrada poljoprivrednog zemljišta uz korištenje gnojiva i pesticida također šteti ekosustavima i bioraznolikosti. Proizvodnja solarne energije za e-vozila zahtijeva 97% manje zemlje za istu kilometražu nego uzgoj usjeva za agrogoriva.

Korištenje goriva iz biogenih ostataka i otpadnih materijala također nije razmjerljiva opcija za prijevoz osobnih automobila. Mnogi od predviđenih ostataka mogu se bolje iskoristiti kao materijali; preusmjeravanje tokova materijala na proizvodnju goriva potkopava hijerarhiju otpada (u kojoj je potrošnja energije zadnja) i može uzrokovati visoke neizravne emisije putem učinaka istiskivanja. Održivo raspoloživi količinski potencijal zaostalih i otpadnih materijala iznimno je ograničen. Za Njemačku, Savezna agencija za okoliš pretpostavlja da takva goriva u najboljem slučaju mogu pokriti oko 1% energetske potražnje u prometu, uzimajući u obzir konkurentne upotrebe i troškove.

E-goriva imaju slična svojstva kao fosilni benzin ili dizel i u načelu se mogu koristiti u konvencionalnim motorima s unutarnjim izgaranjem. Za sada se, međutim, proizvode samo u pojedinačnim pilot projektima i neće biti dostupni nigdje u relevantnim količinama prije 2030. godine. E-goriva nipošto nisu automatski prihvatljiva za klimu i njihova uporaba čak može dovesti do velikih dodatnih emisija. Njihova je proizvodnja iznimno energetska intenzivna, a njihov utjecaj na klimu uvelike ovisi o tome odakle potječe korištena energija. Samo na temelju 100% dodatno proizvedene obnovljive električne energije moguć je

doprinos zaštiti klime. Sve dok udio obnovljive energije u mješavini električne energije ne dosegne najmanje 70 - 80%, oni su štetniji za klimu od fosilnog dizela.

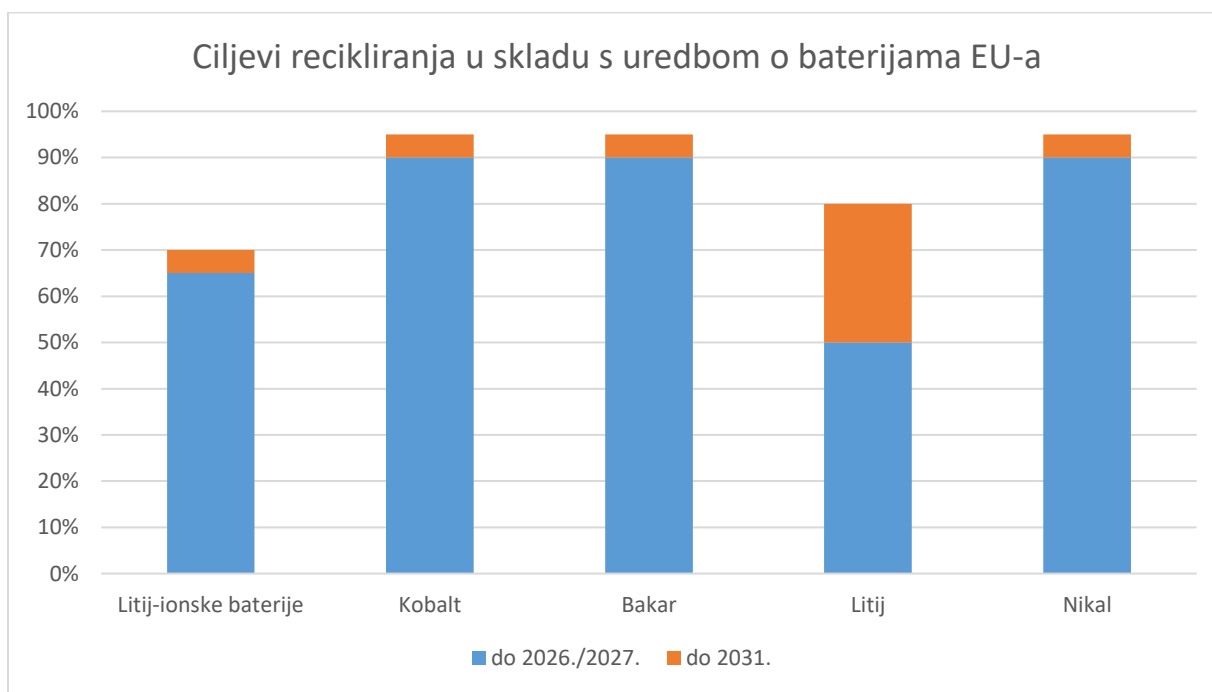
Proizvodnja e-goriva stoga zahtijeva ogromne količine zelene električne energije. Zbog velikih gubitaka energije i niske učinkovitosti motora s unutarnjim izgaranjem, učinkovitost kada se koristi vozilo s unutarnjim izgaranjem iznosi samo 15% - u usporedbi sa 75% za napajanje baterije. Obnovljiva električna energija, međutim, temelj je cjelokupne energetske tranzicije; rijetko je i dragocjeno u cijelom svijetu i tako će ostati još dugo vremena. Stoga se mora koristiti na ciljani način koji maksimalno povećava klimatske koristi. Svaki kilovat-sat zelene električne energije u izravnim električnim primjenama (u sektoru električne energije, za e-vozila ili toplinske pumpe) donosi daleko najveće uštede emisija. Korištenje dragocjene zelene električne energije za proizvodnju e-goriva za automobile s unutarnjim izgaranjem umjesto dekarbonizacije energetskog sektora stoga ne bi predstavljalo olakšanje, već dodatno opterećenje za klimu [20].

3.7. Ponovna uporaba i recikliranje

Faza na kraju životnog vijeka - uz dobro upravljanje otpadom - sama po sebi uzrokuje samo niske emisije u okoliš i može značajno poboljšati procjenu životnog ciklusa pogona baterije kroz ponovnu upotrebu i recikliranje. U tom kontekstu, ponovna uporaba je posebno poželjna, jer to znači da praktički nisu potrebne nove sirovine, a radni vijek baterija znatno se produljuje kroz mjere ponovne obrade i popravka. Baterije za elektromobilnost imaju veliki potencijal za ponovnu upotrebu, jer još uvijek imaju oko 70% svog izvornog kapaciteta na kraju njihove upotrebe kao pogonske baterije. Zatim se mogu koristiti daljnjih sedam do deset godina kao stacionarni uređaji za pohranu energije ili za manje zahtjevne aplikacije mobilnosti. Stacionarna pohrana energije važan je dio energetske tranzicije sa snažno rastućom potražnjom.

Kako bi se pogonska baterija ponovno upotrijebila, mora se znati zdravstveno stanje, tj. prije svega preostali kapacitet, a sustav upravljanja baterijom mora se moći očitati i, ako je potrebno, modificirati za novu primjenu. Osim toga, baterija se mora lako ukloniti, a pojedinačne komponente kao što su baterijski moduli, elektronika i kućište trebaju biti dostupni kao rezervni dijelovi. Možda će biti potrebna i ažuriranja softvera. Trenutačno nizak tržišni povrat, mnogo različitih tipova baterija, pristupne barijere, nedostatak standarda i nedosljedni formati podataka, između ostalog, čine ponovnu upotrebu pogonskih baterija teškom ili neekonomičnom. U EU Uredbi o baterijama već su napravljena neka značajna poboljšanja, no očekuje se da će biti potrebno ukloniti daljnje prepreke kako bi se ostvario potencijal ponovne uporabe pogonskih baterija.

Osim ponovne uporabe, recikliranje nudi mogućnost uporabe ključnih sirovina kao što su kobalt, litij i nikal. Trenutačno većina sirovina za baterije dolazi iz primarnih izvora, zbog čega je ekstrakcija povezana sa značajnim negativnim utjecajima na okoliš. Međutim, do 2035. godine više od jedne petine litija i 65% kobalta za proizvodnju baterija moglo bi potjecati od recikliranja. EU Uredba o baterijama propisuje minimalne stope recikliranja od 80% za litij, 95% za kobalt i nikal te 70% za cijelu bateriju do 2031., kao što je prikazano na Grafu 1. Osim toga, obvezna putovnica baterije s podacima o materijalnom sastavu baterije i minimalne kvote za udio recikliranog materijala u proizvodnji baterija namijenjene su promicanju recikliranja. Preduvjet za recikliranje je pravilno prikupljanje istrošenih baterija - ovdje pojedine tvrtke testiraju modele leasinga u kojima se baterija ne kupuje nego iznajmljuje. Nove vrste baterija s nižim udjelom skupih sirovina također će zahtijevati dodatna istraživanja kako bi procesi recikliranja bili ekonomičniji i materijalno učinkovitiji u budućnosti.



Graf 1. Ciljevi recikliranja u skladu s uredbom o baterijama EU-a, [20]

3.8. Ekološki i ekonomski aspekti korištenja električnih vozila u gradskoj dostavi

Primjena električnih dostavnih vozila u gradskom transportu direktno je povezana s osnovnim prednostima korištenja vozila na električni pogon što uključuje [21]:

- mogućnost proizvodnje i korištenja energije iz bilo kojeg izvora,

- smanjenje emisija krutih i plinovitih čestica u atmosferu,
- smanjenje buke,
- veću energetska učinkovitost u odnosu na tradicionalna vozila,
- jeftiniju proizvodnja pogonskih dijelova,
- jeftinije održavanje i korištenje,
- pružanje energetske neovisnosti,
- niske operativni troškovi ovisno o brzini vozila i cijeni od jednog kWh,
- postojeću električnu infrastrukturu kao najbolje razvijen dio prometne infrastrukture.

Važno je napomenuti određena ograničenja i prepreke koje treba prevladati kako bi se povećao interes za korištenjem električnih vozila. Oni se mogu podijeliti u tri osnovne skupine [21]:

1. ekonomski čimbenici:

- troškovi kupnje vozila,
- troškovi proizvodnje energije za punjenje baterija,
- troškovi korištenja baterija,

2. zabrinutost zbog sigurnosti koja proizlazi iz:

- činjenice da mnogi sudionici u prometu ne čuju približavanje električnih vozila što dovodi do sudara i nesreća,
- rizika od samozapaljenja baterije,

3. operativne prepreke:

- dugo vrijeme potrebno za punjenje baterije,
- činjenica da puni potencijal električnih pogona još nije u potpunosti dosegnut.

Tablica 7. prikazuje ocjenu utjecaja električnih vozila u smislu održive mobilnosti.

Osim spomenutog, prepreke koje ograničavaju mogućnosti primjene svih vrsta električnih vozila su [22]:

- veći operativni troškovi uvođenja električnih vozila,
- mali kapacitet baterija,
- nerazvijena infrastruktura (odgovarajuće punionice za električna vozila),
- još uvijek nizak stupanj pouzdanosti i veći broj nedostataka u radu vozila.

Važno je napomenuti da se nabave električnih vozila trenutno najčešće financiraju javnim sredstvima. Privatni će pružatelji logističkih usluga biti skloni zamijeniti svoju postojeću flotu za flotu električnih vozila u slučaju da primijete pogodnosti za svoje tvrtke,

odgovarajući broj punionica za vozila, marketinške pogodnosti za tvrtku te u slučaju da je tvrtka na određeni način direktno povezana sa zaštitom okoliša [22].

Mnogi su pružatelji logističkih usluga prisiljeni primijeniti spomenuta rješenja zbog administrativnih odluka kojima se zabranjuje ulazak u središta gradova svim dostavnim i teretnim vozilima koja nisu ekološki prihvatljiva ili pokretana na alternativne pogone. Ključne prepreke za učinkovito korištenje električnih dostavnih vozila u gradskom teretnom prometu proizlaze iz četiri temeljna problema [21]:

- visoke cijene vozila i baterija,
- dug vremenski period punjenja baterija,
- smanjen raspon putovanja uslijed trošenja baterije,
- slabo razvijena infrastruktura za punjenje baterija.

Masovnom proizvodnjom cijena vozila kroz određeni vremenski period od nekoliko godina trebala bi se smanjiti. Daljnjim razvitkom infrastrukture brzih punionica vremena potrebna za punjenje vozila trebala bi biti kraća. Proizvodnjom baterija većih kapaciteta koje bi omogućavale veću autonomiju vozila te prelazak većih udaljenosti, vozila bi trebala biti sve atraktivnija budućim korisnicima. Uklanjanjem svih trenutnih prepreka električna dostavna vozila trebala bi postati sve više korištena vozila prilikom gradskih dostava te distribucije roba u gradskim središtima, što danas i jesu.

Tablica 7. Prikaz ocjene utjecaja električnih vozila u smislu održive mobilnosti

Prijedlog	Utjecaj
Ekološki aspekti	
1. Očuvanje klime	Vrlo veliki doprinos ukoliko se električna energija dobiva iz obnovljivih izvora
2. Granice očuvanja prirode	Umjeren doprinos, korištenjem manjih vozila
3. Korištenje obnovljivih izvora energije	Protivljenje korištenju biomase sve dok se ne koristi kao pogonsko gorivo
4. Korištenje neobnovljivih izvora energije	Znatan doprinos zbog manje potrošnje sirovina u proizvodnji vozila
5. Zdravstveni rizici	Vrlo velik doprinos zbog zanemarivih količina emisija i smanjenja buke
Ekonomski aspekti	
1. Ekonomski afekti	U silaznom trendu, budući da su električna vozila nešto manjih gabarita
2. Ostvarivanje potreba	Male promjene u odnosu na trenutnu situaciju
3. Isplativost	Prikladne cijene, još uvijek skupe baterije
4. Ovisnost o opskrbi sirovinama	Znatan doprinos iz razloga korištenja sirovina samo za proizvodnju
5. Tehnička učinkovitost	Znatan doprinos budući da je energija i produktivnost resursa (po tkm ili pkm) mnogo veća nego kod konvencionalnih vozila
Sociološki i kulturološki aspekti	
1. Socijalna tolerancija	Neizvjesna prihvatljivost u ovom trenutku, vjerojatnost povećanja zbog rastućih cijena goriva i klimatskih promjena
2. Dugotrajna pouzdanost zaliha	Bolja perspektiva za budućnost zbog stjecanja neovisnosti o iscrpnim resursima
3. Integracija u postojeće strukture	Potreba za velikim investicijama
4. Sprječavanje sukoba	Vrlo velik doprinos zbog manje potrebe za uvozom energenata
5. Sigurnost	Neizvjestan utjecaj

Izvor: [21]

4. TRENDOVI PRIMJENE ELEKTRIČNIH DOSTAVNIH VOZILA U REPUBLICI HRVATSKOJ

Električna vozila su dobar dio sadašnjosti motorizacije općenito, a može se slobodno reći kako je budućnost motorizacije električna. Tehnološki napretci mogli bi u budućnosti dovesti i do automatizacije vozila, što bi značilo da bi dostavna vozila u budućnosti mogla biti u potpunosti autonomna. Uvođenje autonomnih dostavnih vozila optimiziralo bi dostavu kroz učinkovitije planiranje ruta, bolje radno vrijeme (autonomna vozila ne bi trebala imati zakonskih ograničenja radnog vremena) te smanjenje potencijalnih pogrešaka ili drugih malverzacija kod vozača. Povijest je pokazala kako uvođenje novih tehnologija ne donosi smanjenje radne snage, nego naprotiv, ono donosi povećanje potrebe za radnom snagom drugih kvaliteta i znanja.

Uvrštavanje električnih vozila u flote u smislu tehnoloških i znanstvenih činitelja donosi značajne prednosti u odnosu na kontinuiranu uporabu isključivo flote vozila pogonjenih motorima s unutarnjim izgaranjem [23].

4.1. Proces elektrifikacije voznog parka

Ako bi se krenulo s elektrifikacijom voznoga parka, nudi se mogućnost pomaka za logistička poduzeća jer kako godine idu, na taj bi se način troškovi održavanja mogli osjetno smanjiti. Budući da se tehnologija sve više razvija, tako bi se i cijena baterija smanjivala, a time i cijena samoga vozila. Neka definicija voznoga parka jest da se on utvrđuje kao skup svih transportnih sredstava prijevozničke organizacije (pod time se misli na automobile, autobuse, teretna cestovna motorna vozila, prikolice, tegljače i poluprikolice) [24].

Procjenjujući potencijalni utjecaj električnih vozila na potrošnju električne energije i globalnu mrežu, nailazi se na temeljne probleme, a to su identifikacija glavnih tehničkih karakteristika za dostupne električne vozne parkove te procjena utjecaja na tržište i razvoj električnih vozila u nadolazećem razdoblju. Formirati vozni park moguće je i prema organizacijskim i teritorijalnim potrebama. Za djelatnost javnoga prijevoza te osobnog prijevoza može se formirati i organizacija voznoga parka.

Formiranje voznih parkova prema teritorijalnim potrebama podrazumijeva sve navedene oblike organizacije voznog parka, ali s ograničenim teritorijalnim djelovanjem, odnosno zadatkom podmirenja transportnih potreba određenog teritorija. Ukoliko je vozni park sastavljen od vozila iste marke i tipa, onda je to homogeni vozni park sa istim eksploatacijsko tehničkim karakteristikama. Vozni park je najčešće heterogene strukture,

odnosno sastavljen od vozila različitih marki i tipova što znači da vozila imaju različite eksploatacijsko tehničke karakteristike.

Postoji preporuka menadžerima voznih parkova da razvijaju dugoročne planove koji uključuju pretpostavku koliko će vozila i punjača biti godišnje nabavljeno te kada i gdje se ta vozila mogu puniti. Za dugoročni plan elektrifikacije voznoga parka promatraju se ključne komponente, a posebno se naglasak stavlja na razvoj strategije upravljanja energijom i punjenjem te odluku koji će biti omjer vozila i punjača.

Jedan od najvažnijih segmenata za dobar dugoročni plan elektrifikacije voznoga parka je odrediti koliko i koje tipove punjača instalirati. Dakako, u budućnosti će se broj električnih vozila povećati i time će voznim parkovima trebati osigurati brže punjenje kao punjenje DC, da bi se prilagodio raspored punjenja i osigurale sve druge potrebe voznoga parka kao i sama udobnost vozača. Jedna od bitnih stvari su troškovi voznog parka koji ovise o brojnim faktorima. Danas se u Hrvatskoj rijetko susreće uporaba električnih vozila u poslovne svrhe, no bilježi se sve veći interes tvrtki za prijelaz na vozila bez štetnih plinova.

Jedna od najznačajnijih blagodati postojanja dugoročnog plana (tj. poznavanja broja i vrsta potrebnih punjača i načina na koji će se oni postupno postupiti) je ta što menadžer voznog parka može „zaštititi budućnost“ lokacije prilikom instaliranja prve faze stanice za punjenje. Odnosno, tijekom prve faze mogu instalirati svo ožičenje i električnu infrastrukturu na strani komunalnih uređaja potrebnih za sve buduće punjače. To znači da je za buduće instalacije potrebno samo uključiti punjač, a ne stvarati skupe troškove rovova tokom svake faze.

Što se tiče punjenja, uobičajena zabluda među operaterima flote i vozačima je da se svako vozilo mora odmah priključiti na struju svaki put kad se vrati u skladište kako bi se osiguralo da se „napaja“ za sljedeću vožnju. U stvarnosti, naplata voznog parka ovisi o mnogim čimbenicima, uključujući raspored voznog parka i specifikacije vozila i punjača. Variranje lokalnih komunalnih tarifa dodatno usložnjava ovu složenost i operaterima koji žele poboljšati isplativost naplate može biti teško.

Korištenje vozila s nultom emisijom štetnih plinova u poslovne svrhe još uvijek je rijetkost u Hrvatskoj, ali u posljednje vrijeme bilježi se sve više pozitivnih primjera i značajan interes tvrtki za prelazak na znatno čišću električnu energiju.

Ipak, ima i pozitivnih slučajeva, pa je tako upravo Hrvatska pošta jedan od takvih primjera. Već 2015. godine započela je s postepenom elektrifikacijom voznog parka, a u posljednje tri godine je taj put ka smanjenju štetnih plinova još značajno ubrzan. Naime, Hrvatska pošta donijela je Strategiju upravljanja održivošću u kojoj su društveno odgovorno poslovanje i briga o okolišu vrlo važne odrednice. Dovoljno je reći da je u proteklim godinama postignut rezultat smanjenja emisije štetnih plinova za više od 150 tona godišnje.

Sredinom 2015. godine, Hrvatska Pošta je nabavila 180 bicikala s pomoćnim električnim pogonom. Osim što je time olakšano kretanje brojnim poštarima, neki od njih su i svoje stare mopede mogli zamijeniti elektrificiranim biciklima. Hrvatska pošta je tijekom 2019. godine kupila i svojih prvih 20 električnih četverokotača, a 2020. godine je udvostručila tu brojku. Tim praktičnim četverokotačima, vidljivim na Slici 11., omogućila se bolja i tiša mobilnost u gradskim jezgrama, a dodatno su se smanjili i operativni troškovi flote vozila [25].



Slika 11. Prikaz električnih četverokotača Hrvatske Pošte, [26]

Dosad su u flotu vozila dodana i 26 električna mopeda, čime je ukupna brojka porasla na čak 246 električnih vozila u floti. Korištenjem električnih mopeda emisije štetnih plinova bit će smanjene za gotovo 20 tona godišnje. Naravno, za navedena vozila je potrebno pripremiti i dobru infrastrukturu pa je Hrvatska pošta 2020. godine započela s postavljanjem punionica. Trenutno su postavljene četiri punionice, od toga dvije po 50 kW snage u Velikoj Gorici i Osijeku te dvije od 22 kW snage u Zadru.

Hrvatska pošta je tako napravila već ozbiljan korak za smanjenje emisija štetnih plinova u svojem poslovanju. Usprkos neplaniranim izazovima, Hrvatska pošta nastavlja i dalje sa zelenom tranzicijom [25].

4.1.1. Prednosti korištenja električnih dostavnih vozila

Samo korištenje električnih vozila, kako je već navedeno, ima svoje prednosti.

Glavne prednosti korištenja električnih dostavnih vozila su [25]:

- povoljan utjecaj na okoliš – električna vozila ne ispuštaju emisije ugljikovog dioksida (CO₂) i štetnih čestica (NO_x) tijekom vožnje, njihovom širom uporabom potencijalno se može poboljšati kvaliteta zraka, pogotovo za stanovnike urbanih područja,
- operativni troškovi – električna vozila jeftinija su za korištenje od dizel alternativa, trošak 'goriva' je manji zbog visokih i nestabilnih cijena naftnih derivata, sastavljena su od manje pokretnih dijelova i lakša su na kočnicama što smanjuje troškove održavanja,
- poticaji – poticaji pomažu smanjiti operativne troškove što uključuje vladino sufinanciranje nabave takvog vozila u vrijednosti do 20% od ukupne cijene vozila (do najviše 9300 eura), donosi porezne olakšice za poslovne i privatne korisnike te postoje i sufinanciranja troškova nabave punionica (blizu radnog mjesta),
- besplatna energija – trenutačno je u Republici Hrvatskoj električna energija na punionicama besplatna zbog premalog broja takvih vozila i neustaljenog napona punjenja na globalnoj razini. Ljudi koji posjeduju električna vozila ostavljaju pozitivan dojam među društvom zbog njihovog utjecaja na okoliš, stoga ih vlade dodatno podupiru. U Europi se javljaju besplatne parking zone za takva vozila, čak i besplatne zone punjenja,
- tihi rad – mnogo tiši rad u odnosu na alternative pridonosi pozitivnom iskustvu vozača, ali i otvara nove prilike za dostave u urbana područja u razna vremena kada konvencionalna vozila imaju zabranu dostave,
- performanse vožnje – električni motori imaju trenutni moment čime se prijenos brzina obavlja jednostavnije i brže. Pri višim brzinama izravan odgovor nestaje, ali u gradskim sredinama takva vozila su okretnija i brža, posebice zbog automatskog mjenjača,
- pogodnosti kod punjenja – prilikom punjenja većina vozila ima mogućnost održavanja temperature u vozilu čime se izbjegava odležavanje vozila ujutro.
- imidž – posjedovanje električnog voznog parka pridonosi razvitku poslovanja kod poslovnih korisnika i marketinškoj strategiji tvrtke.

4.1.2. Nedostaci korištenja električnih dostavnih vozila

Električna vozila također imaju i svoje nedostatke, a glavni nedostaci su [25]:

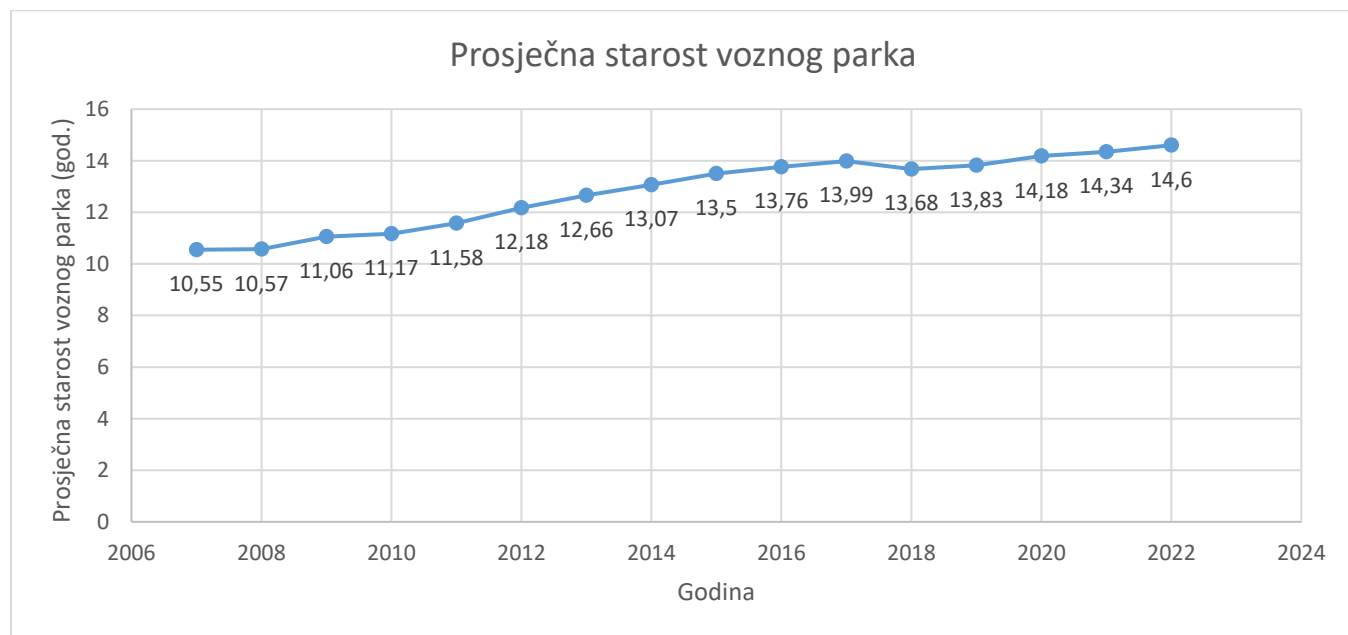
- domet - iako se domet vožnje konstantno razvija, električna dostavna vozila još neće moći dostići domet konvencionalnih vozila sa jednim punjenjem. Češća i duža stajanja nisu praktična za putovanje na većim udaljenostima,
- vrijeme punjenja – varira, ovisno o vrsti punionice, ali i u najboljim uvjetima električnom vozilu treba puno dulje da bi se napunilo. Brze punionice u 40 minuta mogu napuniti do 80% ukupnog kapaciteta, punionice kod kuće mogu kompletno napuniti preko noći, a konvencionalne punionice zahtijevaju skoro jedan cijeli dan za punjenje,
- pogodnost punjenja – traženje najbliže punionice još nije toliko jednostavno kao naći najbližu benzinsku postaju,
- trošak kupnje – ova tehnologija je i dalje u „dječjoj fazi“, a dijelovi se proizvode od individualno skupih dijelova (dijelovi baterije su najskuplji), stoga su ovakva vozila u početku skuplja od alternativa,
- masa i nosivost – BEV tehnologija je teža, a trenutnom homologacijom manjih električnih dostavnih vozila se povećava bruto nosivost kako bi održali isti kapacitet kao ne-električni ekvivalenti. Time je nosivost električnih kombi vozila povećana sa 3,5 tone na 4,25 tone (masa baterije),
- varijacije dometa – kao i sa svim kombi vozilima, proizvođačeve karakteristike efikasnosti za električna vozila treba uzeti s dozom rezerve. Većina proizvođača tvrdi da će električno vozilo s jednim punjenjem prijeći do 170 km, no u praktičnoj primjeni taj iznos je bliži 120 km. Na domet također utječu i drugi faktori kao što su masa robe koja se prevozi, način vožnje te vremenski uvjeti (zimski uvjeti generiraju povećanu potrošnju energije),
- gubitak učinkovitosti baterije – baterije gube kapacitet s vremenom te postepeno počinju zadržavati manje energije, iz tog razloga baterije imaju produljena jamstva (najviše do osam godina),
- pad vrijednosti – u ovom trenutku, nesigurnost tržišta električnim vozilima rezultira bržim padom vrijednosti od primjerice kombi vozila s motorom s unutarnjim izgaranjem.

4.2. Ocjena stanja i trendovi voznog parka u Republici Hrvatskoj

Trenutno, u Hrvatskoj prosječna starost voznog parka na poraznoj i stabilnoj razini iznosi oko 14,5 godina. Dok, na primjer, Francuska ima prosječnu starost od 10,6 godina.

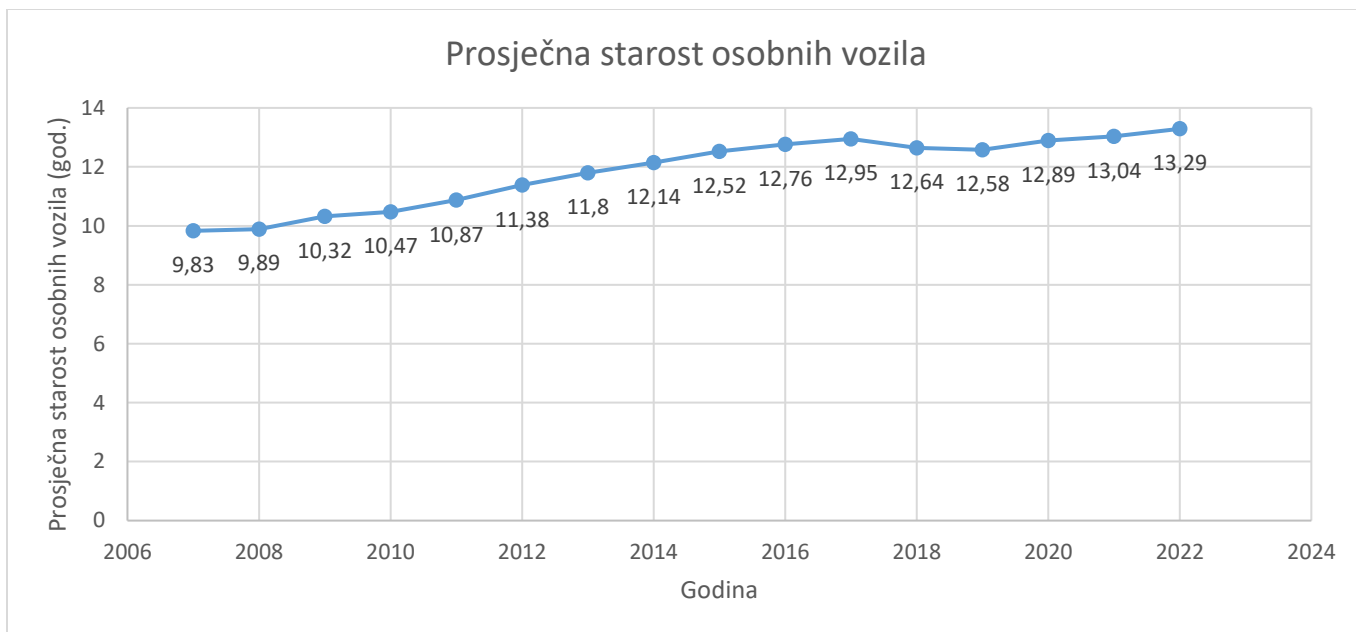
Danas je u Hrvatskoj očito lošiji standard nego prije, a sve veća starost voznog parka je i zbog novih vozila koja su sve skuplja.

Centar za vozila Republike Hrvatske pokazuje podatke kako je u Hrvatskoj prosječna starost voznog parka iz 2019. na 2020. godinu porasla s 13,8 na 14,17 godina pa sve do 14,6 godina u 2022. godini, što je prikazano na Grafu 2.



Graf 2. Prosječna starost voznog parka u Republici Hrvatskoj, [27]

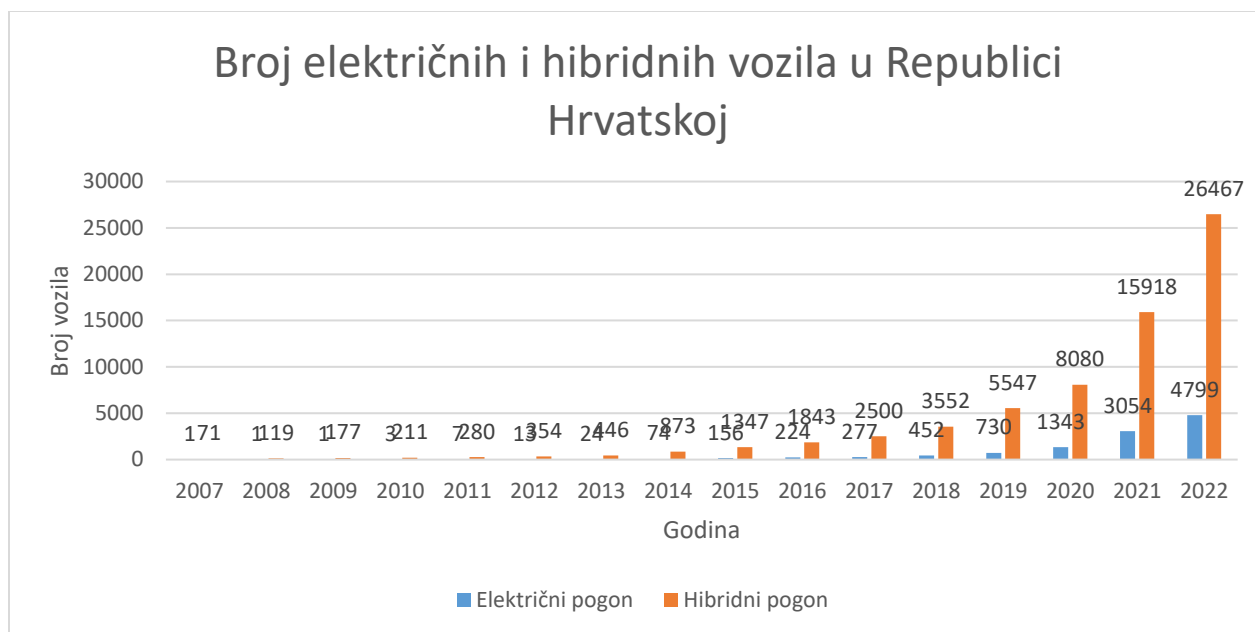
Tako je u 2020. prosječna starost osobnih vozila 12,9 god., dok je 2019. bila 12,6 god, a u 2022. godini 13,29 godina, a prikaz je vidljiv na Grafu 3.



Graf 3. Prosječna starost osobnih vozila, [27]

Statistika kaže da je na redovnim tehničkim pregledima ukupno pregledano oko 2195590 vozila od kojih je 20,34% prilikom prvog dolaska na pregled bilo neispravno.

Što se tiče širenja koronavirusa, zasigurno je ono utjecalo na smanjenje registracije cestovnih i osobnih vozila 2020. godine u odnosu na 2019. godinu. Broj električnih vozila i vozila na hibridni pogon 2020. godine je porastao. U samo godinu dana (s 2019. na 2020.) broj vozila na struju porastao je za 45,6%, te 31,3% za hibride. U 2021. godini potražnja automobila u EU blago je pala zbog nestašice poluvodiča, dok je Hrvatska, kao i Mađarska, imala najveći rast. Porast broja vozila sa struju je 2022. porastao za 66,27% u odnosu na 2021. godinu, dok su hibridna vozila zabilježila porast od 57,14% u istom razdoblju, a prikaz je moguće vidjeti na Grafu 4. To je pokazalo izvješće udruge proizvođača automobila ACEA (europsko udruženje proizvođača automobila koje je glavna skupina za standardizaciju i lobiranje industrije u EU).



Graf 4. Broj električnih i hibridnih vozila u Republici Hrvatskoj, [28]

Prikazane statistike raznih izvora pokazuju da Hrvatska slijedi trend važnog povećanja broja registriranih električnih i hibridnih vozila kroz godine, kako je to i u Europi pa i na svjetskom tržištu.

4.3. Indikatori održivosti za procjenu performansi voznog parka

Indikatori održivosti za procjenu performansi voznog parka mogu se promatrati kroz sljedećih pet područja: [29]

- utjecaj na okoliš,
- tehnološke performanse,
- potrošnja energije,
- ekonomski utjecaj,
- korisnici.

Kroz ovakvu podjelu, mogu se kvantificirati troškovi vlasništva voznog parka te maksimizirati povoljni utjecaji što je prikazano u Tablici 8.

Tablica 8. Indikatori održivosti za procjenu performansi voznog parka

	Cilj	Indikatori	Opis
Utjecaj na okoliš	Minimizirati utjecaj na okoliš	Ugljikov dioksid, meta, dušikovi oksidi, staklenički plinovi, ugljikov monoksid, sumporni oksidi, krute čestice; Buka	Emisije su rezultat svih životnih ciklusa vozila uključujući proizvodnju, potrošnju energije, eksploataciju, održavanje i odlaganje; Za prosječne brzine u gradskim sredinama udaljenosti do 3 km
Tehnološke performanse	Maksimizirati performanse vozila	Vrijeme punjenja; Frenkventnost održavanja; Skladištenje vozila; Snaga motora	Vrijeme potrebno za punjenje (energija ili gorivo); Količina popravaka i zamjena dijelova; Fizičke karakteristike vozila; Maksimizacija snage vozila
Potrošnja energije	Minimizirati potrošnju energije	Energija za proizvodnju, energija za punjenje, energija za operativnu upotrebu, energija za održavanje	Energija potrebna za sve faze u životnom ciklusu vozila
Ekonomski utjecaj	Maksimizirati i poduprijeti promjenjivu ekonomiju	Troškovi životnog ciklusa; Cijena parkinga; Subvencije	Uključuje troškove kupnje, eksploatacije, osiguranja, registracije, poreza i održavanja; Mjesečni troškovi parking mjesta; Dio troškova pokriven novcem poreznih obveznika
Korisnici	Maksimizirati zadovoljstvo korisnika	Mobilnost; Potražnja; Vrijeme kašnjenja; Sigurnost; Dostupnost; Teretni prostor; Mogućnosti punjenja	Broj vozila koja se odluče koristiti ovaj način rada; Količina dostupne infrastrukture na transportnoj mreži; Od ukupnog vremena putovanja oduzima se predviđeno vrijeme putovanja; Broj prometnih nesreća po tipu vozila; Vrijeme tijekom dana kada vozilo nije u upotrebi i dostupno je korisnicima;

			Volumen teretnog prostora osmišljen da ne narušava udobnost korisnicima vozila; Dostupne lokacije punionica ili benzinskih postaja
--	--	--	---

Izvor: [29]

4.4. Subvencije za zelenu tranziciju

Jedna od ključnih mjera poticanja energetske učinkovitosti u prometu je poticanje korištenja energetski učinkovitih vozila. Prema podacima Energetskog instituta Hrvoje Požar, emisije CO₂ u ukupnom domaćem prometu iznose oko 5,6 milijuna tona, od čega na cestovni promet otpada gotovo tri milijuna tona. U Hrvatskoj je danas registrirano više od dva milijuna cestovnih vozila, od čega je gotovo 1,5 milijuna osobnih vozila. Prosječna starost osobnih vozila je više od 12 godina te prosječno osobno vozilo u RH godišnje emitira oko tri tone CO₂. Za ilustraciju, hibridno vozilo godišnje emitira jednu tonu CO₂, dok električna vozila uopće nemaju emisija niti zagađuju okoliš bukom [25].

S ciljem poticanja čistijeg prijevoza u Hrvatskoj i smanjenja onečišćenja zraka, 2014. godine je pokrenut projekt „Vozimo ekonomično“, kroz koji se građanima i tvrtkama dodjeljuju bespovratna sredstva za kupnju energetski učinkovitijih vozila. Od 2014. do 2020. godine je Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost sa 20 milijuna eura sufinancirao nabavu više od 4.500 energetski učinkovitijih vozila (električnih, hibridnih te plug in hibridnih vozila). Prema podacima Centra za vozila Hrvatske, evidentan je porast električnih i hibridnih vozila u posljednjih nekoliko godina. U Hrvatskoj je 2012. godine bilo svega 13 električnih automobila, dok ih je u 2020. godini registrirano preko 1.300, kao što je već navedeno [25].

Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost je u 2021. godini osigurao 14 milijuna eura za sufinanciranje kupnje energetski učinkovitih vozila - 12 milijuna za fizičke i pravne osobe te dva milijuna za javni sektor. Za građane i tvrtke prijavu su podnosili prodavatelji vozila putem prijavnice aplikacije Fonda dok će se javni sektor, kao obveznik Zakona o javnoj nabavi, prijavljivati izravno na Javni poziv Fonda [25].

Prvi korak u provedbi novog modela sufinanciranja je bila objava Javnog poziva za proizvođače, generalne zastupnike ili uvoznike motornih vozila, koji su Fondu prijavili prodajna mjesta i dostupne modele energetski učinkovitih vozila. Pritom je svako prodajno mjesto dobilo korisnički račun za prijavnu aplikaciju Fonda [25].

Nakon što je Fond objavio Javni poziv za građane i tvrtke, prodavatelji su putem prijavnice aplikacije Fonda korisnike prijavljivali za sufinanciranje. Unosom obveznih podataka prijavitelja i učitavanjem potrebne dokumentacije u sustav, za korisnika se

automatski rezervirao dostupan iznos poticaja. Kako bi ostvario pravo na sufinanciranje, kupac u određenom roku mora uplatiti i obvezni minimalni predujam za vozilo, u iznosu od 7% traženih sredstava Fonda. Za fizičke osobe to će maksimalno biti 650 eura, dok je za pravne osobe do 3800 eura [25].

Nabava vozila se sufinancira s do 40% po vozilu, a maksimalni iznos poticaja ovisi o kategoriji. Za električna vozila L1-L7 kategorije osigurano je do 2700 eura, za plug-in hibride do 5400 eura, dok će se za kupnju vozila s električnim pogonom ili čak na vodik moći dobiti do 9400 eura. Sredstva su dostupna i za vozila N1 kategorije i to plug-in hibridna vozila (do 5400 eura) te ona s električnim pogonom ili pogonom na SPP, UPP ili vodik, za koja se može dobiti do 9400 eura. S maksimalno 53400 eura sufinanciraju se i vozila kategorije N2, N3, M2, M3 s električnim, „plug-in“ hibridnim pogonom, pogonom na SPP, UPP ili vodik [25].

Građani sufinanciranje mogu ostvariti za jedno novo vozilo, dok tvrtke mogu kupiti i više njih, ali maksimalno mogu dobiti do 53400 eura bespovratnih sredstava. I jedni i drugi kupljena vozila moraju zadržati u vlasništvu dvije godine [25].

Javni poziv za sufinanciranje energetski učinkovitih vozila za građane i tvrtke je 24.6.2021. godine trajno zatvoren čime je iskorišten ukupni budžet od 12 milijuna eura. U periodu od oko sat vremena, koliko je poziv trajao, zaprimljeno je još 32 zahtjeva za sufinanciranje 33 vozila. Time je ukupno zaprimljeno 1496 zahtjeva za sufinanciranje 1983 vozila [25].

Električna vozila prije dvije su godine polako postala pravi hit u Hrvatskoj, a potpore Fonda za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost prema najavama bit će raspoloživa i u 2022. godini [25].

5. ENERGETSKA UČINKOVITOST PRIJEVOZA U KAPILARNOJ DISTRIBUCIJI

Kapilarna distribucija poznata još pod nazivom dostava u zadnjoj milji, predstavlja dostavu proizvoda unutar užeg gravitacijskog područja. Najčešće se izvodi preko centraliziranog sustava distribucije kroz distribucijski centar ili cross docking terminal. Kapilarna distribucija predstavlja neizostavan element prilikom distribucije robe unutar urbanog područja [30].

Shodno tome urbana logistika može se promatrati kroz tri razine. Prva razina je makrorazina te ona predstavlja gradsku logistiku koja je orijentirana na interakciju i odnose između sudionika te joj je cilj poboljšati život urbanog područja, na drugoj mezo-razini nalazi se distribucija tereta koja je uz prijevoz robe usredotočena i na interakciju sa transportnim i logističkim sustavom, učinak na ovoj razini analizira se kvalitativnim i kvantitativnim mjerama. Zadnju mikro-razinu predstavlja kapilarna distribucija koja uz prijevoz obuhvaća i isporuku robe krajnjem potrošaču na užem gravitacijskom području [31].

Dakle, posljednji dio opskrbnog lanca naziva se "kapilarna distribucija". Zvuči kao mali i nebitan dio. Međutim, studije su pokazale da ovaj dio lanca opskrbe čini 53% ukupnih troškova dostave posljednjih godina. Očekuje se da će se taj broj i dalje povećavati. No kapilarna distribucija nije bitna samo zato što predstavlja većinu troškova dostave, bitna je i jer utječe na niz drugih stvari kao što su zadovoljstvo kupaca, vrijeme isporuke i trošak te jednostavnost upotrebe. To također ima utjecaja na tvrtke jer ako dostava traje nekoliko dana, to će vjerojatno povećati troškove [32].

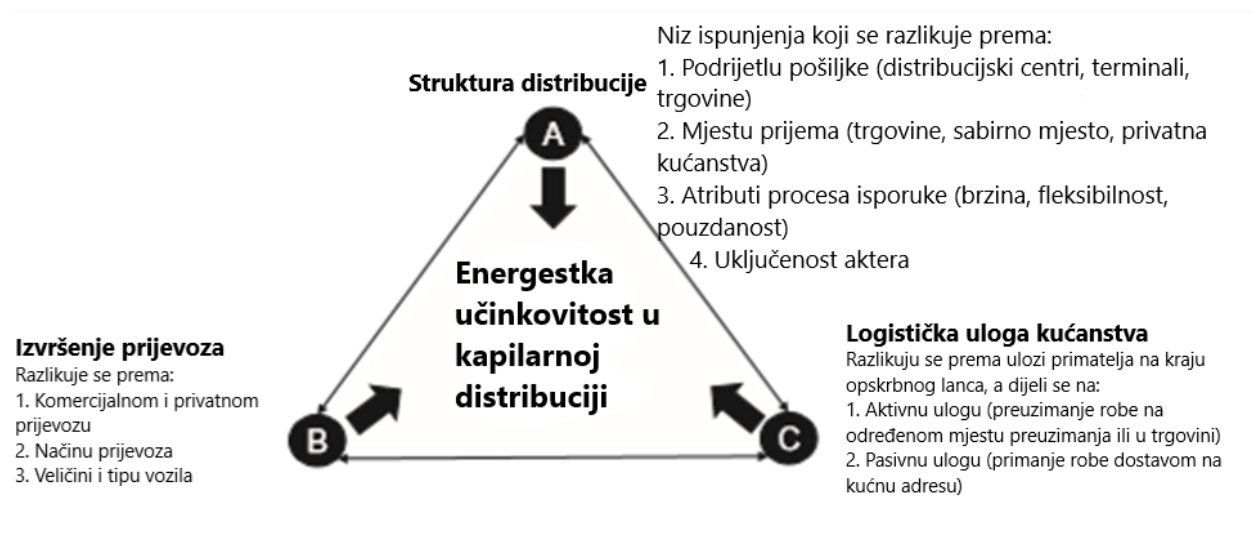
Prijevozne aktivnosti uključuju nuspojave (eksterne učinke) zagađenja bukom, onečišćenja zraka i prometnih zagušenja, koje trenutne strategije planiranja grada jedva uzimaju u obzir. S obzirom na to da prometni sektor čini više od 25% svjetske potrošnje energije, a proizvodnja energije povećava onečišćenje zraka, ovi vanjski učinci moraju se uzeti u obzir kako bi se osigurao održivi rast prometa diljem svijeta [33].

Energetska učinkovitost teretnog prijevoza ima visoki prioritet u postizanju ekološki održivog razvoja u logističkim operacijama. Energetska učinkovitost u logistici pomaže u smanjenju ukupne potrošnje energije i može pomoći dostizanju cilja EU postavljenom za 2050. godinu. Dok se većina logističkih operacija odvija u poslovnom kontekstu, B2B (Business-to-Business), ispunjenje prijevoza u kapilarnoj distribuciji usredotočeno je na isporuke od poduzetnika do potrošača, B2C (Business-to-Consumer). E-trgovina brzo raste u B2C segmentu, a karakteriziraju ju "mala veličina narudžbe, povećani dnevni obujam narudžbi, male pošiljke paketa i pošiljke istog dana". Visoke frekvencije i mala količina zahtijevaju drugačiji logistički pristup od onog za B2B isporuke. Važno je da su

nužne unutarnje jake logističke sposobnosti kako bi se dobro poslovalo u kontekstu e-trgovine. [34]

Ovaj dio rada usvaja interaktivni pristup energetske učinkovitosti u logistici. Umjesto da se energetske učinkovitosti približi u kvantitativnom smislu, energetska učinkovitost se istražuje u kvalitativnom smislu. Energetska učinkovitost shvaća se kao cilj izvedbe, slično onom cilju ekonomičnosti ili vodećem vremenu koji su u kvalitativnom smislu proučavani kao ciljevi učinka u lancima opskrbe. Energetska učinkovitost kapilarne distribucije opskrbnog lanca podrazumijeva se s obzirom na tri komponente koje međusobno djeluju u logističkom sustavu, koje su prikazane na Slici 12. [34]:

- struktura distribucije,
- izvršenje prijevoza i
- logistička sposobnost kućanstva.



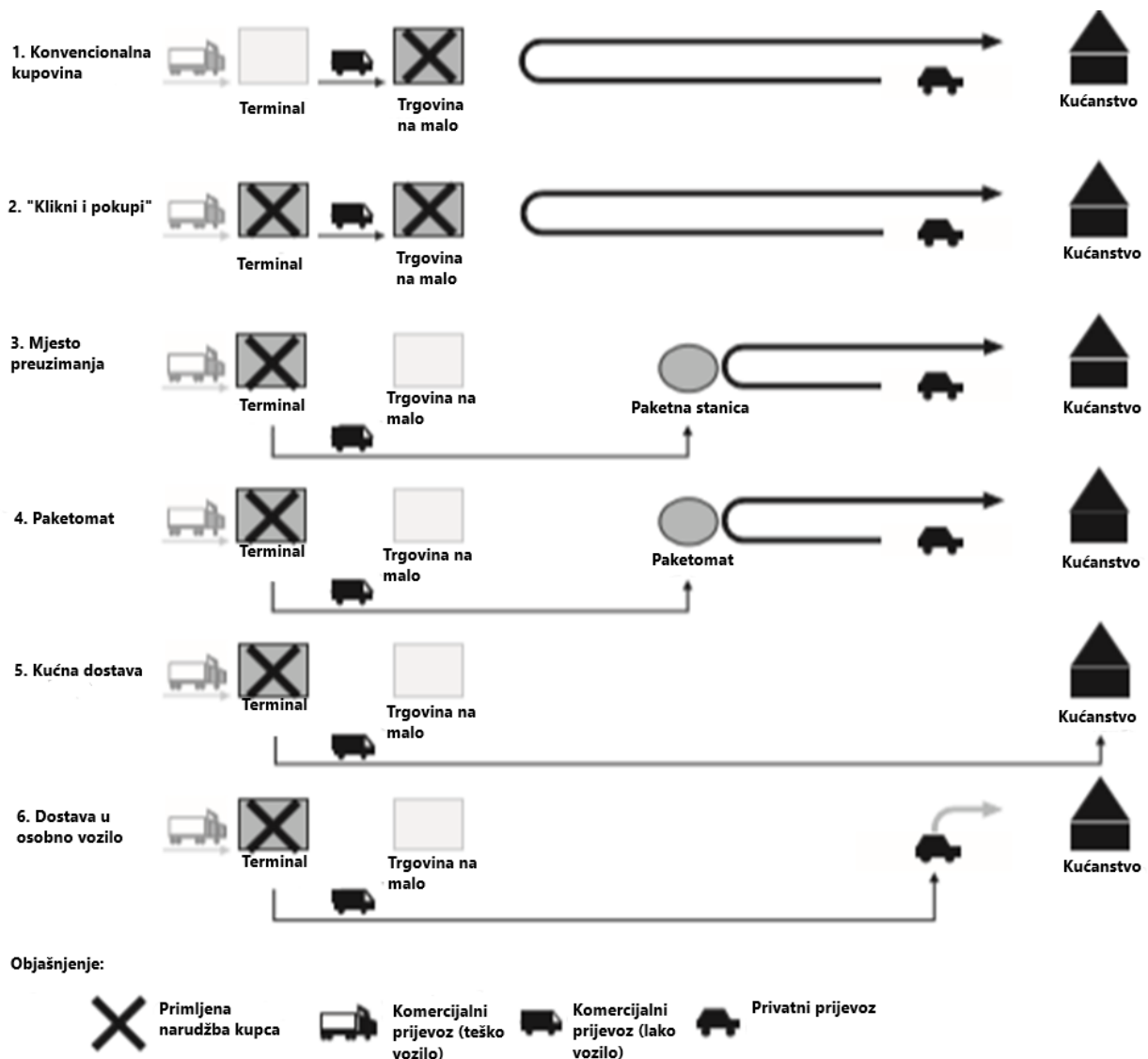
Slika 12. Komponente koje oblikuju kapilarnu distribuciju, [34]

Prijevoz je uključen u konceptualni okvir jer predstavlja jednu od aktivnosti koja najviše troši energiju u opskrbnom lancu i ključni je fokus tvrtki koje žele smanjiti emisiju stakleničkih plinova iz svojih logističkih aktivnosti. Prijevoz se obavlja premještanjem robe različitim vrstama vozila. Tijekom kapilarne distribucije, prijevoz se može izvršiti komercijalnim ili privatnim vozilima. U komercijalnom prijevozu na potrošnju energije i učinkovitost utječu veličina i upotreba vozila, poput stope punjenja vozila. Privatni prijevoz obavljaju krajnji potrošači, uglavnom vlastitim vozilima (osobnim automobilima), ali mogu se odlučiti i za javni prijevoz ili šetnju. Trenutna istraživanja naslućuju da krajnji dio opskrbnog lanca, od maloprodaje do potrošnje, troši mnogo energije u usporedbi s ostalim dijelovima opskrbnog lanca koji uključuju prijevoz, budući da se u velikoj mjeri oslanja na privatni prijevoz. Potrošnja energije za prijevoz robe do svojih domova automobilom može biti visoka kao ukupna potrošnja energije za sve djelatnosti teretnog

prijevoza na početku opskrbnog lanca zajedno. Da bi se tome suprotstavile, tvrtke koje nude kućnu dostavu nastoje poboljšati planiranje rute, teže učinkovitijoj isporuci i koriste učinkovitije gorivo voznog parka. Na primjer, uspoređene su emisije CO₂ koje su rezultat kućne dostave iz internetske kupnje i preuzimanja kupaca u maloprodajnom sektoru neprehrambenih proizvoda. Zaključeno je da je uobičajen odlazak u kupovinu učinkovit u odnosu na emisiju CO₂ samo kada se kupi više od 24 artikla. Drugim riječima, kućna dostava vjerojatno će biti energetska učinkovitija. Također je zaključeno da je dobro isplanirana ruta isporuke učinkovitija od toga da krajnji potrošač obavi prijevoz tijekom kapilarne distribucije. Ukratko, prijevoz u kapilarnoj distribuciji jedna je od aktivnosti koje najviše troše energiju u opskrbnom lancu [34].

Tržište e-trgovine na različite načine utječe na potrošnju energije. Što je poslovanje učinkovitije, to je veća učinkovitost potrošnje energije i manji negativni utjecaj na okoliš. Vrsta energije koja se koristi u svakoj fazi procesa dostave paketa također je važna. Ovo je značajan problem jer operateri počinju koristiti alternativne izvore energije (npr. električna vozila). Prijelaz s tradicionalnih tehnologija na, primjerice, korištenje biogoriva zahtijeva i promjenu opskrbnih lanaca tim gorivima, koja također troše energiju. Stoga je utjecaj industrije e-trgovine na potrošnju energije i prirodni okoliš raznolik, izravne i neizravne prirode [35].

Karakteristike triju komponenata logističkog sustava razlikuju se, a njihova kombinacija ima posljedice na energetska učinkovitost. Nadalje je prikazano šest mogućnosti (opcija) realizacije prijevoza u kapilarnoj distribuciji s obzirom na energetska učinkovitost, (Slika 13). Ovo nisu sve mogućnosti, već samo neki dobri primjeri realizacije prijevoza u kapilarnoj distribuciji [34].



Slika 13. Prikaz mogućnosti realizacije prijevoza u kapilarnoj distribuciji, [34]

1. Tijekom uobičajenog putovanja u kupnju, krajnji potrošač kupuje robu u maloprodajnoj trgovini i odgovoran je za posljednji dio prijevoza. Ovo putovanje izvršava krajnji potrošač vožnjom privatnog automobila, korištenjem javnog prijevoza, vožnjom biciklom ili pješaćenjem kako bi prikupio robu. Što se tiče energetske učinkovitosti, naglasak je na putovanju osobnim vozilom [34].

Sljedećih pet opcija su povezane s e-trgovinom: [34]

2. Za 'click and collect' („klikni i pokupi“) krajnji potrošači robu naručuju putem interneta, preuzimaju je u maloprodajnoj trgovini i odnose je kući. Ova se opcija često primjenjuje kod namirnica ili drugih proizvoda široke potrošnje, a preuzimaju se u odgovarajućoj

trgovini. Udaljenost za privatni prijevoz jednaka je kao i za uobičajeno putovanje u kupovinu, ali kupnja kraće traje jer se narudžba obavlja putem interneta. Naručena roba je ili već dostupna u trgovini ili je preuzeta i poslana s terminala u trgovinu. Ako se roba šalje s terminala, može se poslati redovnim popunjavanjem ili kao zasebna pošiljka.

3. Koristeći mjesta preuzimanja, potrošač naručuje robu putem interneta i preuzima je na njenom mjestu preuzimanja, a to je ured za izdavanje poštanskih usluga. Oni se često nalaze na ulazu u supermarkete, koji ponekad produžuju radno vrijeme u usporedbi s drugim maloprodajnim trgovinama. To znači da se potrošačka roba, poput odjeće, knjiga ili elektronike, može preuzeti na najbližem mjestu preuzimanja. Mjesta preuzimanja raširena su po cijeloj zemlji, obično se nalaze u blizini mjesta prebivališta krajnjeg potrošača, a često su unutar pješačke udaljenosti u urbanim područjima. Budući da je ova opcija relativno raširena i narudžba se obavlja putem interneta, krajnjem potrošaču može biti potrebno manje vremena nego uobičajenom putovanju u kupovinu.

4. Paketomati, prikazani na Slici 14., funkcioniraju slično kao i mjesta preuzimanja. Ključna prednost je što vrijeme preuzimanja ne ovisi o radnom vremenu trgovine. Ormarići često pripadaju logističkim pružateljima usluga, ali nekim upravljaju mrežni trgovci. Infrastruktura pripada lokalnim isporukama paketa, često smještenim u blizini središnjih čvorišta, poput željezničkih stanica.



Slika 14. Prikaz paketomata, [36]

5. Kućne dostave podrazumijevaju krajnje potrošače koji naručuju robu putem interneta, a koja se zatim dostavlja kući. U ovoj opciji ispunjenja nije potreban privatni prijevoz. U slučaju kućne dostave s prisustvom, vrijeme dostave mora biti usklađeno između davatelja logističkih usluga i krajnjeg potrošača. Čimbenici koji utječu na potrošnju energije u kućnim isporukama su udaljenost i priroda kruga isporuke i vrsta vozila koje se koristi.

6. *In-car delivery* („Dostava u automobil“), kako je prikazano na Slici 15., nadolazeća je opcija u kojoj krajnji potrošač naručuje robu putem Interneta, a zatim je pružatelj logističkih usluga isporučuje dolaskom do potrošačevog automobila koji treba parkirati na određenom području tijekom određenog termina. Mobilne aplikacije pružaju privremeni pristup prtljažniku automobila. Do sada se ova opcija nudi samo potrošačima u velikim gradovima. Ovdje potrošač izvršava posljednju dionicu prijevoza.



Slika 15. Prikaz In-car delivery dostave, [37]

6. STUDIJA SLUČAJA: PRIMJENA ELEKTRIČNIH VOZILA U DOSTAVI POŠILJAKA

Uvođenje električnih vozila omogućuje bolju mobilnost u gradskim jezgrama pri dostavi pošiljaka te optimizira efikasnost jer omogućuje postupno smanjenje broja vozila na fosilna goriva. Također, električna vozila pridonose smanjenju operativnih troškova flote vozila i povećanju energetske učinkovitosti. Također, električna vozila pridonijet će smanjenju zagađenosti zraka i buke prouzrokovane gradskim prometom.

6.1. Djelatnost Tvrtke

U ovom dijelu rada, prikazane su prednosti i nedostaci primjene električnih dostavnih vozila s naglaskom na isplativosti njihovog uvođenja u vozni park u poduzeću čiji naziv nije naveden zbog povjerljivosti podataka, već se u daljnjem tekstu referira kao Tvrtka.

Tvrtka koja se opisuje bavi se isključivo prijevozom paketa u kartonskoj kutiji. Ona obavlja prikup i dostavu u domaćem, ali i međunarodnom prometu za fizičke i pravne osobe pri čemu se poslovnim subjektima nudi mogućnost sklapanja ugovora o suradnji na neodređeno vrijeme.

Također, Tvrtka posjeduje više od 20 područnih skladišta i jedno centralno skladište na području Republike Hrvatske i na taj način pružaju kvalitetnu uslugu svim korisnicima. Uz to posjeduju više od 210 paketomata diljem zemlje, kao i više od 550 dostavnih vozila za isporuku paketa već idući radni dan nakon predaje paketa ako se dostava vrši u domaćem prometu dok dostava u međunarodnom prometu može varirati od jednog do sedam dana ovisno o udaljenosti i carinskim postupcima ako ih ima. Takvu uslugu koristi više od 3600 korisnika svaki dan.

U studiji slučaja, analiziran je prikup i dostava pošiljaka iz skladišta u Sesvetama. Tvrtka, kada dobije upit za prikupom pošiljke, šalje i električna i vozila s unutarnjim izgaranjem u prikup, ali samo za područje Sesveta, Dubrave, Maksimira, Podsljemena, Peščenice, Svetog Ivana Zeline i Dugog Sela, a udaljenosti navedenog skladišta do pojedinog od navedenih mjesta prikazane su u Tablici 9. Nakon dogovora s pošiljateljem, šalje se potvrda kao dokaz da će pošiljka biti prikupljena s brojem za praćenje pošiljke kako bi se moglo pratiti u kojoj fazi je dostava pošiljke. Prikup pošiljke isti je dan ukoliko upit dođe do 14:00 sati taj dan, inače je prikup sutradan. Nakon prikupa, kod kojeg pošiljatelj ne mora biti fizički prisutan, što može stvoriti probleme ukoliko kurir preuzme pogrešnu pošiljku, iste odlaze u skladište u Sesvetama, otkuda se na kraju dana, zbog izrazito velikog volumena angažira prijevoz šleperom svaki dan u 19:00 sati.

Pošiljke se zatim prevoze u centralno skladište u Stupniku, otkuda se raspoređuju prema zonama dostave i odvoze u skladišta u druge gradove. Od tamo, električna vozila i vozila s unutarnjim izgaranjem svakog skladišta odlaze od jutra na dostavu pošiljaka, što znači da je dostava unutar 24 sata od prikupa.

Tablica 9. Udaljenosti skladišta u Sesvetama od centara područja za prikup i dostavu

	Lokacija za prikup i dostavu	Udaljenost (km)
Lokacija skladišta u Sesvetama	Sesvete	2,2
	Gornja Dubrava	4,5
	Donja Dubrava	4,5
	Maksimir	8,1
	Peščenica	8,3
	Dugo Selo	11,9
	Podsljeme	15,3
	Sveti Ivan Zelina	26,8

Također, važno je naglasiti da paket mora biti pakiran u kartonskoj kutiji prema formuli (1):

$$P_{\max} \geq 2 \cdot (X + Y) + Z \quad (1)$$

gdje oznake imaju sljedeće značenje:

- P_{\max} – označava zbroj dimenzija paketa u centimetrima i iznosi 300
- X i Y – dimenzije u centimetrima koje označavaju najkraću i drugu po redu najkraću dimenziju i one se množe s 2
- Z – dimenzija u centimetrima koja označava najdulju dimenziju

Također, masa paketa može biti maksimalno 40 kg, na temelju čega cijena dostave varira. Ukoliko pošiljatelj preda paket većih dimenzija ili veće mase, plaća penale za dostavu paketa. Prikaz jednog paketa moguće je vidjeti na Slici 16.



Slika 16. Prikaz paketa za prikup i dostavu, [38]

Tvrtka također koristi paketomate, odnosno automatske uređaje za dostavu paketa. Paketomati pružaju siguran način dostave paketa primateljima koji nisu u mogućnosti osobno preuzeti paket ili preferiraju alternativnu opciju dostave. Postupak se sastoji u tome da, nakon što je paket dostavljen u paketomat, primatelj dobiva obavijest putem SMS-a ili e-pošte s kodom ili pinom koji je potreban za preuzimanje paketa. Na taj način se postiže veća kvaliteta dostave, a i smanjuje se udaljenost koju bi vozilo inače prevalilo da odlazi na dostavu na različite adrese.

6.2. Vozni park Tvrtke

Kako bi analiza isplativosti zamjene vozila s unutarnjim izgaranjem s električnim dostavnim vozilima bila kompletna, važno je usporediti postojeće troškove voznog parka s vozilima s unutarnjim izgaranjem s novim troškovima električnih dostavnih vozila za dostavu pošiljaka.

Vozni park tvrtke, u Sesvetama, sastoji se od 19 vozila s unutarnjim izgaranjem te devet električnih vozila koja su uveli. U voznom parku posjeduju 11 Renault Master vozila, pet Renault Kangoo vozila, tri Mercedes Vito vozila, te četiri Renault Kangoo vozila električne verzije, tri Renault E-tech vozila električne verzije i dva Mercedes eVito vozila električne verzije. Električna vozila prosječno voze 60 km dnevno i koriste se za prikup i

dostavu na manjim udaljenostima, dok vozila s unutarnjim izgaranjem voze 110 km dnevno i koriste se za prikup i dostavu na manjim i većim udaljenostima.

U Tablici 10. prikazana je struktura troškova dostavnih vozila s unutarnjim izgaranjem i električnih dostavnih vozila. Troškovi električnih dostavnih vozila veći su nego troškovi dostavnih vozila s unutarnjim izgaranjem zbog višeg troška kupnje električnih vozila, odnosno rate leasinga pa su samim time i godišnji troškovi vozila veći kod električnih verzija, odnosno jedino se Renault Master E-tech pokazao kao vozilo jeftinije nego njegova inačica s unutarnjim izgaranjem.

Tablica 10. Prikaz troškova vozila s unutarnjim izgaranjem i električnih vozila

Troškovi vozila	Renault Master	Renault Kangoo	Mercedes Vito	Renault Master E-tech	Renault Kangoo Z.E.	Mercedes eVito
Mjesečna rata leasinga [€]	1144	474	1144	1214	728	1384
Broj mjeseci leasinga	48	48	48	48	48	48
Cijena goriva [€/L]/Cijena struje [kWh]	1,4	1,4	1,4	0	0	0
Ukupni mjesečni trošak jednog vozila [€]	1404	641	1375	1214	728	1384
Broj uspoređenih vozila	3	4	2	3	4	2
Ukupni mjesečni trošak svih uspoređenih vozila pojedinog modela [€]	4212	2564	2750	3642	2912	2768
Ukupni godišnji trošak svih uspoređenih vozila pojedinog modela [€]	50544	30768	33000	43704	34944	33216
Zbroj ukupnih godišnjih troškova vozila s izgaranjem i njihovih električnih inačica [€]	114312			111774		

Za izračun rate leasinga, u obzir je uzeto da su vrijednost Renault Master-a i Mercedes Vito-a 45000 eura, Renault Kangoo-a 24000 eura, Renault E-tech-a 61700 eura, Renault Kangoo-a Z.E. 37000 eura te Mercedes eVito vozila 70000 eura.

Mjesečni troškovi leasinga izračunati su prema formuli (2):

$$MR_L = (V_v * M_{KS}) / (1 - (1 + M_{KS} / b_{MG})^{-b_{ML}}) \quad (2)$$

gdje oznake imaju sljedeće značenje:

MR_L – mjesečna rata leasinga

V_v – vrijednost vozila

M_{KS} – mjesečna kamatna stopa (5%)

b_{mG} – broj mjeseci u godini (12)

b_{mL} – broj mjeseci leasinga (48)

Ukupni mjesečni trošak jednog vozila računa se tako da se zbroje mjesečna rata leasinga i mjesečni trošak goriva, odnosno trošak električne struje za električna vozila, koji iznosi nula jer tvrtka ima vlastitu infrastrukturu za punjenje električnih vozila. Mjesečni trošak goriva računa se tako da se cijena goriva pomnoži s kapacitetom pojedinog vozila i uz to pomnoži s brojem koji se odnosi na koliko puta mjesečno treba natočiti gorivo u pojedino vozilo s izgaranjem. Da bi se znalo koliko puta mjesečno je potrebno natočiti gorivo, u obzir je uzeto da je kapacitet Renault Master-a 80 litara i da kod ovog vozila prosječna potrošnja iznosi 8 L/100 km, kapacitet Renault Kangoo-a je 60 litara i njegova prosječna potrošnja je 5,2 L/100 km, te kapacitet Mercedes Vito-a je 70 litara i njegova prosječna potrošnja goriva iznosi 7,6 L/100 km. Također, prilikom izračuna, u obzir je uzeto da vozila s izgaranjem prosječno prevale put od 110 km dnevno.

Ukupni mjesečni trošak jednog vozila računa se prema formuli (3):

$$U_{MTJV} = MR_L + C_G * K_V * ((b_{rdg} / (b_{kmpp} / b_{kmd})) / b_{mg}) \quad (3)$$

gdje oznake imaju sljedeće značenje:

U_{MTJV} – ukupni mjesečni trošak jednog vozila

MR_L – mjesečna rata leasinga

C_G – cijena goriva (1,4)

K_V – kapacitet vozila

b_{rdg} – broj radnih dana u godini (250)

b_{kmpp} – broj kilometara koje vozilo prevale prije idućeg točenja goriva

b_{kmd} – broj kilometara koje vozilo s izgaranjem prevale dnevno (110)

b_{mg} – broj mjeseci u godini (12)

Ukupni mjesečni trošak vozila s izgaranjem i njihovih električnih inačica dobije se tako da se ukupni mjesečni trošak jednog vozila pomnoži s brojem vozila koja se uspoređuju, a ukupni godišnji trošak vozila s izgaranjem i njihovih električnih inačica se dobije se tako da se ukupni mjesečni trošak pomnoži s 12.

Također, zbroj ukupnih godišnjih troškova vozila s izgaranjem i njihovih električnih inačica dobije se tako da se pribroje ukupni godišnji troškovi zasebno vozila s izgaranjem te isto tako i električnih vozila.

Kao što je vidljivo u tablici 10., električna vozila uglavnom generiraju više troškova nego ona s unutarnjim izgaranjem zbog razlike u nabavnoj cijeni, koja će s godinama biti i manja nego danas, ali i zbog izbjegavanja troškova punjenja vozila.

Također, tvrtka je imala pravo na korištenje 40% poticaja, odnosno bespovratnih sredstava po električnom vozilu, budući da je jedna od ključnih mjera poticanja energetske učinkovitosti u prometu korištenje energetski učinkovitijih vozila, pa uzevši i to u obzir, u Tablici 11. je vidljivo da je razlika u troškovima drugačija. Pri tom znači da je vrijednost Renault E-tech-a 37020 eura, Renault Kangoo-a Z.E. 22200 eura te Mercedes eVito vozila 42000 eura.

Tablica 11. Prikaz troškova električnih vozila nakon korištenja državnih poticaja

	Renault Master E-tech	Renault Kangoo Z.E.	Mercedes eVito
Mjesečna rata leasinga uz državne poticaje [€]	730	437	827
Broj mjeseci leasinga	48	48	48
Ukupni mjesečni trošak jednog električnog vozila uz državne poticaje [€]	730	437	827
Ukupni broj električnih vozila koje tvrtka ima u voznom parku	3	4	2
Ukupni mjesečni troškovi električnih vozila uz državne poticaje [€]	2190	1748	1654
Ukupni godišnji troškovi električnih vozila uz državne poticaje [€]	26280	20976	19848
Zbroj ukupnih godišnjih troškova električnih vozila uz državne poticaje [€]	67104		

Mjesečna rata leasinga uz državne poticaje dobije se tako da se nove vrijednosti vozila uvrste u formulu (2). Ukupni mjesečni trošak jednog električnog vozila uz državne poticaje jednak je mjesečnoj rati leasinga, budući da tvrtka ne troši novac na punjenje vozila jer ima vlastitu infrastrukturu. Ukupni mjesečni troškovi električnih vozila uz državne poticaje računaju se tako da se ukupni mjesečni trošak jednog električnog vozila uz državne poticaje pomnoži s ukupnim brojem električnih vozila koje tvrtka ima u voznom parku. Ukupni godišnji troškovi električnih vozila dobiju se tako da se ukupni mjesečni troškovi električnih vozila pomnože s 12.

Nakon korištenja poticaja, postižu se uštede na Renault Master E-tech vozilima od 48,12%, na Renault Kangoo Z.E. vozilima uštede od 31,86% te na Mercedes eVito vozilima uštede od 39,61%.

6.3. Infrastruktura voznog parka Tvrtke

Da bi tvrtka mogla postići izbjegavanje troškova punjenja električnih vozila, potrebno je imati i infrastrukturu kako bi se električna vozila punila. Cijena izgradnje infrastrukture za električni vozni park može varirati u ovisnosti od različitih faktora kao što su lokacija, vrsta punjača, potrebni kapacitet i slično.

Trošak instalacije punionica za brzo punjenje može varirati ovisno o njihovom kapacitetu i funkcionalnostima. Tvrtka ima pet stanica za brzo punjenje, a uz to i četiri stanice za sporije punjenje koje se sastoje od običnih utikača. Uz to, u obzir je potrebno uzeti i faktor električne nadogradnje. Potrebna je električna nadogradnja kako bi se moglo podržati punjenje svih vozila istovremeno. Sam trošak električne nadogradnje ovisi o postojećem stanju infrastrukture i kapacitetu potrebnom za punjenje vozila, a sastoji se od:

- električnog priključka kojim je potrebno spojiti punionicu na električnu mrežu,
- električne razvodne ploče kako bi se osiguralo adekvatno napajanje i sigurnost,
- kabela i žica kako bi se osigurala veza između razvodne ploče, punionice i električne mreže,
- osigurača i zaštitnih uređaja kako bi se osigurala zaštita od preopterećenja ili kratkog spoja,
- montaže i instalacije, što uključuje postavljanje nosača, montažu na zid ili postavljanje na postolje,
- testiranja i certifikacije kako bi se osiguralo ispravno funkcioniranje i sigurnost punionice te kako bi se potvrdila usklađenost s propisima i standardima.

Ovisno o potrebama vozila, dodatni trošak predstavljaju i dodatna oprema i instalacija poput kabela za punjenje, nosača za punjače i ostalih dodataka.

Tvrtka također koristi i solarne ploče, prikazane na Slici 17., kako bi sveli troškove punjenja na nulu, i pretvorili korisnu Sunčevu energiju u električnu. Posjeduju 120 solarnih panela dimenzija 2278x1134x35 mm, a svaki ima kapacitet snage od 0,6 kW. Na taj način generira se 72 kW električne energije koja se koristi za punjenje vozila.

Budući da tvrtka posjeduje četiri Renault Kangoo Z.E. vozila čiji je kapacitet baterije 31,2 kWh, tri Renault E-Tech vozila čiji je kapacitet baterije 50 kWh, te dva Mercedes eVito vozila čiji je kapacitet baterije 41 kWh, nemaju problema s punjenjem vozila jer se svako vozilo u prosjeku puni svaka četiri do pet dana i ako se uzme u obzir da se sva vozila pune odjednom i da se pune osam sati jer bi u tom vremenskom periodu vozila trebala 44,6 kW snage, no za brže vrijeme punjenja, trebalo bi im više solarnih panela.



Slika 17. Prikaz solarnih panela, [39]

U Tablici 12. su prikazani troškovi vezani uz infrastrukturu potrebnu za električna vozila tvrtke.

Tablica 12. Prikaz troškova povezanih uz infrastrukturu potrebne za punjenje električnih dostavnih vozila

Trošak instalacije za brzo punjenje [€]	130000
Trošak instalacije običnih utikača za sporije punjenje [€]	8000
Električna nadogradnja [€]	25000
Instalacija kabela za punjenje [€]	3600
Instalacija nosača za punjenje [€]	2250
Cijena i ugradnja solarnih panela [€]	100800
Ukupni troškovi uvođenja infrastrukture [€]	269650

Iz tablice je vidljivo da su troškovi tvrtke vezani uz infrastrukturu potrebnu za punjenje električnih vozila tvrtke visoki te bi se na temelju troškova električnih vozila i

troškova uvođenja infrastrukture za punjenje električnih vozila isplatila nakon pet godina i osam mjeseci uz korištenje državnih poticaja, kao što je prikazano na Grafu 5.

Isplativost uvođenja infrastrukture za punjenje električnih vozila dobije se tako da se ukupni troškovi infrastrukture podijele s razlikom ukupnih godišnjih troškova vozila s izgaranjem, odnosno prema formuli (4):

$$I_{UI} = (U_{TI} / (U_{TVI} - U_{TEVP})) \quad (4)$$

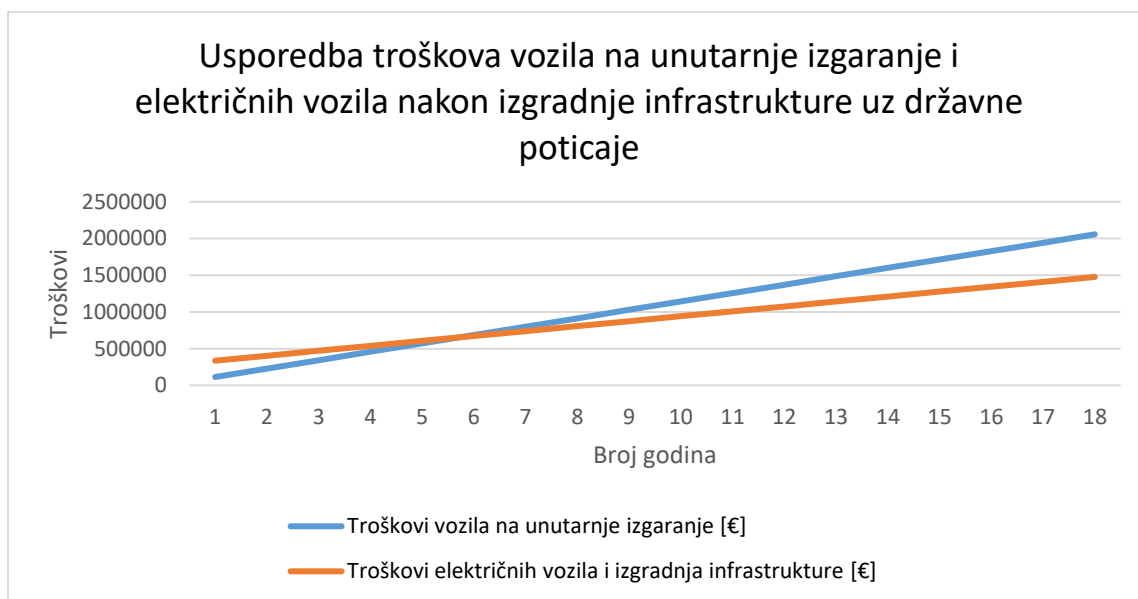
gdje oznake imaju sljedeće značenje:

I_{UI} – isplativost uvođenja infrastrukture

U_{TI} – ukupni troškovi infrastrukture (269650)

U_{TVI} – zbroj ukupnih godišnjih troškova vozila s izgaranjem (114312)

U_{TEVP} – zbroj ukupnih godišnjih troškova električnih vozila uz državne poticaje (67104)



Graf 5. Usporedba troškova vozila nakon izgradnje infrastrukture uz državne poticaje

Zaključno, velika je razlika u emisijama CO₂ na godišnjoj razini. Iako električna vozila emitiraju više CO₂ tijekom proizvodnje nego vozila na unutarnje izgaranje, tijekom eksploatacije ga ne emitiraju. Zato Renault Master prosječno emitira 280 g/km, Renault Kangoo 150 g/km, a Mercedes Vito 240 g/km CO₂. Uzme li se u obzir da je 250 radnih dana u godini, uz dnevno pređenih 140 km, 11 Renault Master vozila koja tvrtka ima na raspolaganju godišnje emitiraju 92400 kg CO₂, 5 Renault Kangoo vozila emitiraju 26250

kg CO₂, a tri Mercedes Vito vozila emitiraju 25200 kg CO₂, što nikako ne ide u korist klimatskim ciljevima postavljenim do 2050. godine kako bi se postigla klimatska neutralnost. Iz tog razloga potrebno je sve više uvoditi električna vozila u vozni park.

Osim što bi tvrtka vratila ulaganja nakon pet godina i osam mjeseci, nakon izgradnje vlastite infrastrukture za punjenje električnih vozila, postoji više razloga zašto bi se trebali okrenuti potpunoj elektrifikaciji voznog parka. Budući da električni motori ne koriste izgaranje goriva, time ne ispuštaju štetne plinove ni štetne čestice koje doprinose ončišćenju zraka i klimatskim promjenama. Također, dolazi do smanjenja onečišćenja bukom jer su električni motori tiši. Također, imaju niže operativne troškove jer je električna energija jeftinija od fosilnih goriva, a u ovom slučaju, ona je besplatna budući da ju proizvode sami, a električna vozila imaju manje dijelova koja zahtijevaju održavanje. Uz to, povećana je energetska učinkovitost jer električna vozila mogu pretvoriti veći postotak energije iz izvora u kretanje vozila, a i elektrifikacijom voznog parka dolazi do dugoročnog smanjenja ovisnosti o fosilnim gorivima što je važno za klimatske standarde.

No, tvrtka bi postupno trebala uvoditi električna vozila, a ne zamijeniti sve odmah. Razlog tome je što je potrebno osigurati dovoljan broj punjača na svojim lokacijama ili pronaći jeftinije javne punionice. Nadalje, ako tvrtka odmah pređe na električna vozila bez potrebne infrastrukture i kapaciteta električne mreže što bi moglo dovesti do preopterećenja i nestabilnosti mreže. Također, ne bi trebali odmah zamijeniti vozila s unutarnjim izgaranjem s električnim vozilima zbog još uvijek relativno velike razlike u nabavnoj cijeni jer tehnologija električnih vozila sve više napreduje, a i sama će nabavna cijena električnih vozila biti manja nego što je situacija danas.

Tvrtka bi trebala, pogotovo u slučaju nabave novih električnih vozila, ugraditi još solarnih panela jer ako bi trebalo puniti svih devet električnih vozila koje posjeduju trenutno u isto vrijeme na 5 stanica za brzo punjenja za vrijeme punjenja od dva sata i četiri stanice za sporije punjenje za vrijeme punjenja od 8 sati, potrebna je snaga solarnih panela od 131,6 kW, odnosno ugradnja još 100 solarnih panela. U slučaju kada tvrtka proizvodi više struje nego što je troši, može prodati taj višak struje po određenoj tarifi u elektroenergetsku mrežu.

Jedna od ključnih stvari koje je tvrtka napravila je promjena lokacije centralnog skladišta koji je prije bio u Sesvetama, a sada je u Stupniku. Razlog je tome što je udaljenost između ta dva mjesta 32,4 km, a Stupnik se nalazi jugoistočno od Grada Zagreba, odnosno na zapadnom dijelu Zagrebačke županije. Time su smanjili troškove goriva vozilima koja dolaze iz južnog i zapadnog dijela Hrvatske koja u prosjeku prevale 64,8 km manje nego inače.

Kao što je već navedeno jedan od problema je što, prilikom prikupa, pošiljatelj ne mora fizički predati paket što nekad može predstavljati probleme ukoliko kurir preuzme

krivi paket. Takva situacija mogla bi se izbjeći tako da pošiljalatelj na svaku kutiju zasebno upiše broj za praćenje paketa kako bi kurir potvrdio da je preuzo točan paket.

Također, tvrtka se još nije susrela s odlaganjem baterija nakon njihovog životnog vijeka. Neki od problema baterija su smanjenje kapaciteta nakon dugotrajne uporabe jer se on postupno smanjuje s vremenom. To znači da baterije ne će moći zadržati istu količinu energije kao na početku što ujedno smanjuje njihovu upotrebljivost u vozilima. Jedno od rješenja moglo bi biti recikliranje tih baterija ili njihovo ponovno korištenje u drugim aplikacijama koje zahtijevaju manje snage. Također, baterije električnih vozila mogu biti izložene sigurnosnim rizicima nakon njihovog životnog vijeka, u pogledu mogućih oštećenja kao što su pregrijavanje ili mehanička oštećenja, mogu uzrokovati curenje kemikalija ili požare. Kako bi se smanjio takav rizik, važno je provesti postupak pravilnog rukovanja, skladištenja i transporta istrošenih baterija. Baterije iz električnih vozila sadrže materijale koji mogu biti štetni za okoliš, a nepravilno odlaganje baterija može rezultirati onečišćenjem tla i vode. Kako bi se smanjio ekološki utjecaj, recikliranje je ključni korak jer se tijekom recikliranja materijali iz baterija razdvajaju i ponovno koriste, smanjujući potrebu za rudarenjem novih sirovina. Također, baterije koje imaju smanjeni kapacitet za električna vozila i dalje mogu biti korisna za druge namjene te bi se mogle koristiti za pohranu energije kao što su solarne ili vjetroelektrane. Ako se baterije ne mogu reciklirati ili koristiti negdje drugdje, potrebno je osigurati sigurno odlaganje što uključuje postupke poput odvajanja štetnih tvari i njihovo sigurno skladištenje na adekvatnim odlagalištima ili u spremnicima pod zemljom na sigurnoj dubini i udaljenosti za ljude i okoliš.

7. ZAKLJUČAK

Kao što je već navedeno, električna dostavna vozila imaju svoje prednosti i nedostatke. Po svojim eksploatacijsko tehničkim značajkama ne razlikuju se mnogo od vozila s unutarnjim izgaranjem, ali razlike se vide u pogledu dometa, vremena punjenja, potrošnje, emisija CO₂, te korištenju motora, odnosno baterije za obavljanje prijevoza.

Iako ne emitiraju CO₂ tijekom eksploatacije, odnosno prijevoza, za sam proces proizvodnje jednog takvog vozila emitira se puno više stakleničkih plinova nego za proizvodnju istog takvog vozila, ali s unutarnjim izgaranjem, a isto tako su štetni za okoliš jer se kod izmjene baterije ispuštaju različiti toksini koji zagađuju Zemlju. Unatoče tome, i dalje se smatraju najučinkovitijim i ekološki najprihvatljivijim prijevoznim sredstvima.

Što se tiče procesa prijevoza, potrebno je uvoditi električna vozila u vozne parkove kako bi se postigla klimatska neutralnost i smanjile emisije štetnih plinova, no to i dalje predstavlja problem za tvrtke zbog njihovih visokih nabavnih cijena, manjeg dometa, duljeg vremena punjenja te s tim povezano, nedovoljne prometne infrastrukture za punjenje takvih vozila, odnosno visokih troškova ugradnje infrastrukture koja bi podnijela punjenje više vozila istovremeno i omogućila brže punjenje. Električna dostavna vozila pogodnija su za prikup i dostavu u manjim područjima i na manjim udaljenostima i kao takva bi se mogla isplatiti tvrtkama.

Ali, trend je pozitivan i u posljednjih 15 godina je vidljiv porast broja električnih vozila u Republici Hrvatskoj što je ponajprije moguće zbog korištenja državnih poticaja, odnosno bespovratnih sredstava na koje su imali pravo kako građani, tako i tvrtke, za kupnju električnih vozila kako bi se krenulo u zelenu tranziciju i smanjila ovisnost o vozilima s unutarnjim izgaranjem i na taj način reducirale emisije CO₂ u atmosferu.

Također, kao veliki problem nameće se pitanje što napraviti s baterijama nakon njihovog životnog vijeka, budući da mogu predstavljati opasnost za ljude i okoliš zbog njihove zapaljivosti i eksplozivnosti. Kao odgovor se nameću recikliranje jer se tako materijali razdvajaju i ponovno koriste ili ponovna uporaba baterija za pohranu energije. U slučaju nemogućnosti ponovnog korištenja ili recikliranja, potrebno je baterije odložiti na mjesto na kojem ne će predstavljati probleme za ljude i okoliš.

POPIS LITERATURE

- [1] – Đurđ L. *Eksploatacijsko tehničke značajke cestovnih teretnih motornih vozila na elektropogon – stanje i trendovi*. Završni rad. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti; 2018. Preuzeto s: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:760891> [Pristupljeno: 20. svibnja 2023.]
- [2] – Automobili. *Okretni moment ili snaga?*. Preuzeto s: <https://automobili.hr/novosti/zanimljivosti/okretni-moment-ili-snaga-vjecno-pitanje-koje-muci-mnoge-sto-je-vaznije-od-toga> [Pristupljeno: 20. svibnja 2023.]
- [3] – Eurodomik. *Što je kapacitet baterije*. Preuzeto s: <https://eurodomik.ru/hr/installation/chto-takoe-emkost-akkumulyatornoi-batarei-emkost-akkumulyatora-i.html> [Pristupljeno: 20. svibnja 2023.]
- [4] – Elvonet. *Sve o električnim automobilima*. Preuzeto s: <https://elvonet.hr/info/sve-o-elektricnim-automobilima> [Pristupljeno: 20. svibnja 2023.]
- [5] – Arenaev. *Max speed – definition*. Preuzeto s: <https://m.arenaev.com/glossary.php3?term=max-speed> [Pristupljeno: 20. svibnja 2023.]
- [6] – Evbox. *EV charging: the difference between AC and DC*. Preuzeto s: <https://blog.evbox.com/uk-en/difference-between-ac-and-dc> [Pristupljeno: 20. svibnja 2023.]
- [7] – Strujni krug. *Ovo su najzanimljivija dostavna vozila na hrvatskom tržištu*. Preuzeto s: <https://www.strujnikrug.hr/ovo-su-najzanimljivija-elektricna-dostavna-vozila-na-hrvatskom-trzistu/> [Pristupljeno: 21. svibnja 2023.]
- [8] – iHome. *Metro*. Preuzeto s: <https://ihome.ba/modeli/metro/> [Pristupljeno: 21. svibnja 2023.]
- [9] – Cenntro. *Cenntro Metro*. Preuzeto s: <https://cenntroauto.com/vehicles/metro/> [Pristupljeno: 21. svibnja 2023.]
- [10] – Peugeot. *Peugeot Partner & E-Partner: electric utility van*. Preuzeto s: <https://dubai.peugeot.com/en/our-models/e-partner.html> [Pristupljeno 21. svibnja 2023.]
- [11] – Opel. *Teretni Combo-e*. Preuzeto s: <https://www.opel.hr/vans/combo-modeli/combo-e-cargo/pregled.html> [Pristupljeno 21. svibnja 2023.]
- [12] - Inside EVs. *Renault Presents new Kangoo Van E-TECH Electric*. Preuzeto s: <https://insideevs.com/news/496499/renault-new-kangoo-van-etech-electric/> [Pristupljeno: 21. svibnja 2023.]
- [13] – EV – database. *Renault Kangoo E-Tech Electric*. Preuzeto s: <https://ev-database.org/car/1802/Renault-Kangoo-E-Tech-Electric> [Pristupljeno: 21. svibnja 2023.]
- [14] – Opel. *OPEL Vivaro Combi*. Preuzeto s: https://hropelcmsimages.carusseldwt.com/getImage/Downloads/country_13329184674

[80/doc_1582028833746_hr_vivaro_combi_2020_02_03.pdf](#) [Pristupljeno: 21. svibnja 2023.]

[15] – Autonet. *Električni Opel Vivaro za gradske dostave bez ispušnih plinova od 243.200 kuna*. Preuzeto s: <https://www.autonet.hr/aktualno/elektricni-opel-vivaro-za-gradske-dostave-bez-ispusnih-plinova-od-243-200-kuna/> [Pristupljeno: 21. svibnja 2023.]

[16] – VW. *Novi ID. Buzz*. Preuzeto s: <https://www.vw-gospodarska-vozila.hr/id-buzz/znacajke> [Pristupljeno: 21. svibnja 2023.]

[17] – Zaštita-prirode. *Jesu li električni automobili dovoljno zeleni?*. Preuzeto s: <https://zastita-prirode.hr/ekologija-i-okolis/jesu-li-elektricni-automobili-dovoljno-zeleni/> [Pristupljeno: 27. svibnja 2023.]

[18] - Stojkov, M, Gašparović, D, Pelin, D, Glavaš, H, Hornung, K, Mikulandra, N. *Električni automobil - povijest razvoja i sastavni dijelovi. 12. skup o prirodnom plinu, toplini i vodi*. Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Strojarski fakultet u Slavanskom Brodu; Elektra Sisak; Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Elektrotehnički fakultet Osijek; Srednja škola Valpovo; Končar – INEM u Zagrebu, 2014. Preuzeto s: https://bib.irb.hr/datoteka/717355.140925_Elektricna_Vozila_ms.pdf [Pristupljeno: 27. svibnja 2023.]

[19] – Bug. *Električni automobili imaju pozitivan učinak na okoliš kroz cijeli svoj životni vijek*. Preuzeto s: <https://www.bug.hr/elektricna-vozila/elektricniautomobili-imaju-pozitivan-ucinak-na-okolis-kroz-cijeli-svoj-zivotni-6973> [Pristupljeno; 28. svibnja 2023.]

[20] – Eco standard. *What is the environmental impact of electric cars?*. Preuzeto s: https://ecostandard.org/wp-content/uploads/2023/02/230203_DUH_EEB_ECOS_Information-Paper_Env.-Impact-Electric-Cars.pdf [Pristupljeno: 1. lipnja 2023.]

[21] - Iwan S, Kijewska K., Kijewski D. Possibilities of Applying Electrically Powered Vehicles in Urban Freight Transport. *Social and Behavioral Sciences*. 1st International Conference Green Cities. Maritime University of Szczecin, Faculty of Economics and Transport Engineering. 2014. Preuzeto s: file:///C:/Users/Korisnik/Downloads/Possibilities_of_Applying_Electrically_Powered_Veh.pdf [Pristupljeno: 22. lipnja 2023.]

[22] - Allen J, Thorne G, Browne M. *BESTUFS. Good Practice Guide on Urban Freight Transport*. University of Westminster. 2007. Preuzeto s: https://www.eltis.org/sites/default/files/trainingmaterials/english_bestufs_guide.pdf [Pristupljeno: 22. lipnja 2023.]

[23] – Stopić Z. *Analiza strateškog ekosustava upotrebe električnih automobila u Republici Hrvatskoj*. Poslijediplomski specijalistički rad. Sveučilište u Zagrebu,

Ekonomski fakultet; 2020. Preuzeto s: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:148:571567>
[Pristupljeno: 1. lipnja 2023.]

[24] – Klarić L. *Dekarbonizacija voznog parka*. Završni rad. Sveučilište u Rijeci, Tehnički fakultet; 2022. Preuzeto s: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:190:244539> [Pristupljeno: 2. lipnja 2023.]

[25] – Edus. *Elektrifikacija voznog parka u Hrvatskoj – trendovi i subvencije države za lakšu tranziciju*. Preuzeto s: <https://www.edusinfo.hr/aktualno/u-sredistu/elektrifikacija-voznog-parka-u-hrvatskoj-trendovi-i-subvencije-drzave-za-laksu-tranziciju-1-50253>
[Pristupljeno: 2. lipnja 2023.]

[26] – Hrvatska Pošta. *Vozni park veći za 20 novih električnih vozila*. Preuzeto s: <https://www.posta.hr/vozni-park-veci-za-20-novih-elektricnih-vozila-8544/8544>
[Pristupljeno: 2. lipnja 2023.]

[27] – Centar za vozila Hrvatske. *Prosječna starost vozila po vrstama vozila i ukupno (2007.-2021.)*. 2022. Preuzeto s: https://cvh.hr/media/4924/s14_prosjecna_starost_po_vrstivozila_2007do2022.pdf
[Pristupljeno: 3. lipnja 2023.]

[28] – Centar za vozila Hrvatske. *Broj vozila s električnim i hibridnim pogonom (2007.-2022.)*. 2023. Preuzeto s: https://cvh.hr/media/4922/s15_broj_vozila_s_elektricnim_i_hibridnim_pogonom_2007do2022.pdf [Pristupljeno: 3. lipnja 2023.]

[29] - Bukvić L. *Isplativost električnog voznog parka u prijevoznog logistici*. Diplomski rad. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti; 2019. Preuzeto s: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:598259> [Pristupljeno: 23. lipnja 2023.]

[30] - Slabinac M. *Innovative solutions for a „last-mile“ delivery – a European experience*. 15th international scientific conference Business Logistics in Modern Management. Znanstveni rad. College of Applied Sciences „Lavoslav Ružička“ in Vukovar; 2015. Preuzeto s: <file:///C:/Users/Korisnik/Downloads/3876-Article%20Text-10477-1-10-20160111.pdf> [Pristupljeno: 3. lipnja 2023.]

[31] - Barbosa I, Dewulf W, Vanelslander T. *City logistics, urban goods distribution and last mile delivery and collection. Competition and regulation in Network Industries*. 2017. Preuzeto s: <file:///C:/Users/Korisnik/Downloads/Citylogisticsurbangoodsdistributionandlastmiledeliveryandcollection.pdf> [Pristupljeno: 4. lipnja 2023.]

[32] – Future's platform. *Why "The Last Mile" Matters*. Preuzeto s: <https://www.futuresplatform.com/blog/why-last-mile-matters> [Pristupljeno: 10. lipnja 2023.]

[33] – Angel A, Mendez C, Faulin J, de Armas J, Grasman S. *Electric Vehicles in Logistics and Transportation: A Survey on Emerging Environmental, Strategic, and*

Operational Challenges. Open University of Catalonia in Barcelona, Computer Science Department; Universidad Nacional del Litoral in Santa Fe, Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química; Public University of Navarre in Pamplona, Statistics and Operations Research Department; Rochester Institute of Technology in New York, Industrial and Systems Engineering. 2016. Preuzeto s:

<https://core.ac.uk/download/pdf/158831279.pdf> [Pristupljeno: 10 lipnja 2023.]

[34] - Halldórsson A, Wehner J. *Last-mile logistics fulfilment: A framework for energy efficiency*. Chalmers University of Technology in Gothenburg, Department of Technology Management and Economics; 2020. Preuzeto s:

https://research.chalmers.se/publication/516705/file/516705_Fulltext.pdf [Pristupljeno: 17. lipnja 2023.]

[35] – Milewski D, Milewska B. *The Energy Efficiency of the Last Mile in the E-Commerce Distribution in the Context the COVID-19 Pandemic*. University of Szczecin, Institute of Management; WSB University in Poznan, Institute of Management and Quality; 2021. Preuzeto s: [file:///C:/Users/Korisnik/Downloads/energies-14-07863%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/Korisnik/Downloads/energies-14-07863%20(3).pdf) [Pristupljeno: 17. lipnja 2023.]

[36] – Hrvatska Pošta. *Paketomat*. Preuzeto s: <https://www.posta.hr/paketomat/8672> [Pristupljeno 17. lipnja 2023.]

[37] – Volvo cars. *Volvo Cars adds in-car delivery by Amazon Key to its expanding range of connected services*. Preuzeto s: <https://www.media.volvocars.com/global/en-gb/media/pressreleases/227845/volvo-cars-adds-in-car-delivery-by-amazon-key-to-its-expanding-range-of-connected-services8> [Pristupljeno: 17. lipnja 2023.]

[38] - City Express. *Domaći transport*. Preuzeto s: <https://www.cityexpress.rs/domaci-transport/> [Pristupljeno: 30. lipnja 2023.]

[39] – Mipcro. *Gradnja solarne elektrane na krovu skladišta ili proizvodnog pogona*. Preuzeto s: <https://mipcro.hr/blog/gradnja-solarne-elektrane-98/> [Pristupljeno 31. srpnja 2023.]

POPIS SLIKA

Slika 1. Prikaz Cenntro metro vozila	6
Slika 2. Prikaz Peugeot e-Partner vozila.....	8
Slika 3. Prikaz Renault Kangoo E-tech Electric vozila	10
Slika 4. Prikaz Opel Vivaro vozila	12
Slika 5. Prikaz Volkswagen ID. Buzz vozila	14
Slika 6. Usporedba emisije stakleničkih plinova vozila s unutarnjim izgaranjem i usporedivog električnog vozila	21
Slika 7. Usporedba utjecaja na okoliš vozila s unutarnjim izgaranjem i električnih vozila 2020. i 2050.godine.....	23
Slika 8. Kompozicija litijske materije mase 160 kg.....	25
Slika 9. Potrošnja sirove nafte u životnom ciklusu tijekom eksploatacije	25
Slika 10. Prikaz efikasnosti od izvora do kotača u baterijskom pogonu i pogonu na vodik.....	28
Slika 11. Prikaz električnih četverokotača Hrvatske Pošte	37
Slika 12. Komponente koje oblikuju kapilarnu distribuciju.....	47
Slika 13. Prikaz šest opcija ispunjenja prijevoza tijekom kapilarne distribucije	49
Slika 14. Prikaz paketomata	50
Slika 15. Prikaz In-car delivery dostave	51
Slika 16. Prikaz paketa za prikup i dostavu	54
Slika 17. Prikaz solarnih panela.....	59

POPIS TABLICA

Tablica 1. Eksploatacijsko tehničke značajke Cenntro Metro vozila	7
Tablica 2. Eksploatacijsko tehničke značajke vozila Citroën e-Berlingo, Opel Combo-e i Peugeot e-partner	9
Tablica 3. Eksploatacijsko tehničke značajke Renault Kangoo E-tech Electric vozila ..	11
Tablica 4. Eksploatacijsko tehničke značajke Opel Vivaro vozila	13
Tablica 5. Eksploatacijsko tehničke značajke Volkswagen ID.Buzz vozila	15
Tablica 6. Usporedba baterijskog pogona i pogona s unutarnjim izgaranjem.....	19
Tablica 7. Prikaz ocjene utjecaja električnih vozila u smislu održive mobilnosti	34
Tablica 8. Indikatori održivosti za procjenu performansi voznog parka Error! Bookmark not defined.	
Tablica 9. Udaljenosti skladišta u Sesvetama od centara područja za prikup i dostavu	53
Tablica 10. Prikaz troškova vozila s unutarnjim izgaranjem i električnih vozila	55
Tablica 11. Prikaz troškova električnih vozila nakon korištenja državnih poticaja	57
Tablica 12. Prikaz troškova povezani uz infrastrukturu potrebne za punjenje električnih dostavnih vozila.....	59

POPIS GRAFIKONA

Graf 1. Ciljevi recikliranja u skladu s uredbom o baterijama EU-a	31
Graf 2. Prosječna starost voznog parka u Republici Hrvatskoj	40
Graf 3. Prosječna starost osobnih vozila.....	41
Graf 4. Broj električnih i hibridnih vozila u Republici Hrvatskoj,	42
Graf 5. Usporedba troškova vozila nakon izgradnje infrastrukture uz državne poticaje	60

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je Diplomski 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 „Prednosti i nedostaci primjene električnih dostavnih vozila u kapilarnoj distribuciji”, u Nacionalni repozitorij završnih i diplomskih radova ZIR.

Student/ica:

U Zagrebu, _29.8.2023._

Lucija Furdos
(ime i prezime, potpis)