



ICES
VIŠJA STROKOVNA ŠOLA

Diplomsko delo višješolskega strokovnega študija
Program: Strojništvo
Modul: Orodjarstvo

PRIHODNOST POGONA V AVTOMOBILIZMU

Mentor: mag. Matiček Tacer
Lektorica: Ana Plantan, mag. prof. slov.

Kandidat: Jernej Parkelj

Ljubljana, september 2021

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju mag. Matičku Tacerju za aktivno sodelovanje in vodenje pri izdelavi naloge.

Zahvaljujem se tudi lektorici Ani Plantan, ki je mojo diplomsko nalogo jezikovno in slovnično pregledal.

IZJAVA

Študent **Jernej Parkelj** izjavljam, da sem avtor tega diplomskega dela, ki sem ga napisal pod mentorstvom mag. Matička Tacerja.

Skladno s 1. odstavkom 21. člena Zakona o avtorski in sorodnih pravicah dovoljujem objavo tega diplomskega dela na spletni strani šole.

Dne _____

Podpis: _____

POVZETEK

Namen električnih vozil je rešitev okoljevarstvenih in energetskih problemov, ki so se pojavili z uporabo fosilnih goriv. Onesnaženost zraka, k čemur v veliki meri pripomore uporaba fosilnih goriv v vozilih, predstavlja velik problem človeštva, saj s tem škodujemo okolju in posledično tudi sami sebi. Električna, pa tudi vodikova, vozila predstavljajo rešitev za prihodnost. Problem predstavljajo električna omrežja in pridobivanje električne energije. Električna omrežja bi bilo potrebno prilagoditi večji uporabi in pridobivanju električne energije, katero bi pridobivali iz obnovljivih virov energije.

Potrjujem hipotezo da, električna vozila zmanjšujejo izpuste CO₂ in so na dobri poti k izboljšanju okoljevarstvenih problemov. Zmanjšati pa bo potrebno cene baterij, saj so zaradi njih ob mesečni stroškovni primerjavi vozil skozi 5-letno obdobje stroški primerljivi, v nekaterih primerih pa tudi višji zaradi nakupne cene električnih vozil.

KLJUČNE BESEDE

Električna vozila, hibridna vozila, vodikova vozila, izpusti CO₂, litij-ionske baterije, motorji z notranjim izgorevanjem, obnovljivi viri energije.

ABSTRACT

The purpose of electric vehicles is to solve environmental and energy problems that have arisen through the use of fossil fuels. Air pollution, which is largely due to the use of fossil fuels in vehicles, is a major problem for humanity, as it harms the environment and consequently us humans. Electric as well as hydrogen vehicles are the solution for the future. The problem is electricity networks and electricity generation. Electricity networks would have to be adapted to greater use and production of electricity, that should be obtained from renewable energy sources.

I confirm the hypothesis that electric vehicles reduce CO₂ emissions and are well on their way to improving environmental problems. However, it will be necessary to reduce the prices of batteries, as they result in comparable costs over a 5-year period, compared to the monthly cost comparison of vehicles, and in some cases also higher due to the purchase price of electric vehicles.

KEYWORDS

Electric vehicles, hybrid vehicles, hydrogen vehicles, CO₂ emissions, lithium-ion batteries, internal combustion engines, renewable energy sources.

KAZALO

1.	UVOD	1
1.1	Predstavitev problema.....	1
1.2	hipoteza	1
2.	fosilna goriva.....	1
1.3	mnz (motor z notranjim zgorevanjem)	2
3.	ONESNAŽEVANJE zraka	4
4.	alternativna pogonska goriva.....	7
4.1	električna vozila	7
4.2	hibridna vozila.....	9
4.3	vodikova vozila.....	10
4	pridobivanje električne energije	12
5.2	OBNOVLJIVI VIRI ENERGIJE	13
5	PROIZVODNJA BATERIJ	15
6.1	Padec cen baterij	15
6.2	sestava baterij.....	16
6.3	delovanje baterij.....	17
6.4	izdelava baterije	17
6.5	recikliranje baterij.....	19
6	primerjava stroškov vozil	20
7	zaključek	21
8	vir	23

KAZALO SLIK

Slika 1:	Prvi takt, sesanje (Vir: Wikipedija 2020).....	2
Slika 2:	Drugi takt, stiskanje (Vir: Wikipedija 2020).....	3
Slika 3:	Tretji takt, delo (Vir: Wikipedija 2020).....	3
Slika 4:	Četrti takt, izpust (Vir: Wikipedija 2020)	4
Slika 5:	Izpusti CO2 v EU	5
Slika 6:	Izpusti CO2 iz prometa v EU.....	6
Slika 7:	Izpusti CO2 iz prometa v EU.....	6
Slika 8:	Gorivna celica.....	11
Slika 9:	CO2 proizvodnja vodika (Vir: Rapier, 2020)	12
Slika 10:	Padec cene baterij (Vir: nature.com,2021)	15
Slika 11:	Sestava baterije	16
Slika 12:	Sestava baterijske celice	16
Slika 13:	Delovanje baterije	17
Slika 14:	Litijeva sol.....	18
Slika 15:	Reciklaža baterij	19
Slika 16:	Primerjava stroškov Renault	20
Slika 17:	Primerjava stroškov VW.....	21

KAZALO TABEL

Tabela 1: Tehnični podatki MNZ (Vir: Kapetanovič, 2018, Lukič, 2014).....	4
Tabela 2: Tehnični podatki električnih vozil	9
Tabela 3: Tehnični podatki hibridnih vozil	10
Tabela 4: Tehnični podatki vodikovega vozila.....	12

KAZALO GRAFOV

Graf 1 : Izpusti CO ₂	7
--	---

KRATICE IN AKRONIMI

AC	Enosmerni tok
CO	Ogljikov monoksid
CO ₂	Ogljikov dioksid
DC	Dvosmerni tok
EU	Evropska unija
HE	Hidroelektrarne
KM	Konjske moči
MNZ	Motorji z notranjim izgorevanjem
NEK	Nuklearna elektrarna Krško
NO _x	Dušikov oksid
PHEV	Priključno hibridno električno vozilo
REGEN	Regeneracijsko zaviranje
SO _x	Žveplov oksid

1. UVOD

1.1 PREDSTAVITEV PROBLEMA

Onesnaževanje ozračja in posledične podnebne spremembe predstavljajo zelo resno težavo. Ljudje smo odgovorni za spreminjanje podnebja in onesnaženost zraka. Če ne bomo hitro spremenili svojih navad in sloga življenja, bomo na Zemlji pustili nepopravljive posledice.

Zrak onesnažujemo z industrijskimi procesi, pridobivanjem električne energije, neustreznim ravnanjem z odpadki, eden izmed največjih onesnaževalcev pa je promet. Večino onesnaževanja v prometu pa predstavljajo avtomobili, ki so v uporabi vsak dan.

EU se je odločila za 60-odstotno zmanjšanje CO₂ izpustov prometa do leta 2050 glede na vrednosti leta 1990 (Evropski, 2019).

Zaradi sprejetih ukrepov se podjetja, ki proizvajajo vozila, odločajo za razvijanje novih vozil, ki jih poganjata električna in vodika, saj ta vozila v zrak oddajajo manj izpustov. Nova vozila pa večini uporabnikov predstavljajo neznanko, saj le-teh in njihovega delovanja ne poznajo, zato se težje odločijo pri izbiri novega vozila.

1.2 HIPOTEZA

Izdelava diplomske naloge temelji na hipotezi, da je namen električnih vozil rešiti okoljevarstvene in energetske probleme, ki so nastali zaradi uporabe fosilnih goriv.

2. FOSILNA GORIVA

Fosilna goriva vsebujejo ogljikovodike. Med njih spadajo premog, nafta in zemeljski plin. Pred samo uporabo jih moramo pripraviti za uporabo, in sicer premog drobimo, nafto pa destiliramo. Fosilna goriva so lahko plinasta, tekoča in trdna. Pri sežiganju fosilnih goriv nastajajo snovi, ki škodujejo okolju.

Produkti zgorevanja fosilnih goriv so ogljikov dioksid (CO₂), ogljikov monoksid (CO), dušikovi in žvepovi oksidi (NO_x in SO_x) ter prašni delci.

Fosilna goriva so odkrili leta 1860, z letom 1947 pa so se pojavile prve rafinerije. V letu 1970 so prvič omenili možnost izčrpanja zaloga nafte, ki so sprožile krizo leta 1973. Kriza se je pričela zaradi domneve, da bo nafte do leta 1990 zmanjkalo. To

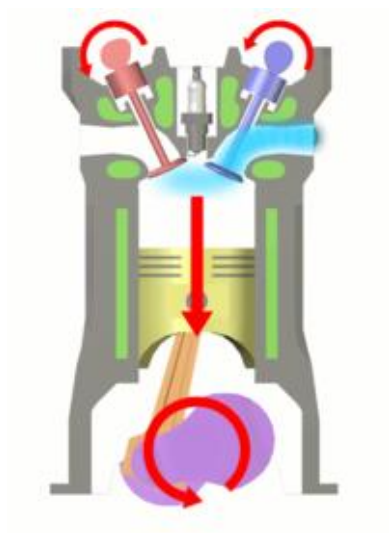
prepričanje še vedno velja in v tem primeru bi morali preiti na alternativne vire energije (Wikipedija, 2020).

1.3 MNZ (MOTOR Z NOTRANJIM ZGOREVANJEM)

Tekoča fosilna goriva uporabljamo, da ustvarimo mehansko energijo, ki se posledično pretvori v kinetično. To pri motorjih, ki se uporabljajo v avtomobilski industriji, poteka v štirih taktih.

1. TAKT (SESANJE)

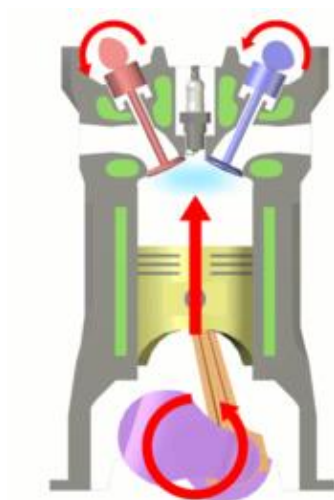
Bat stoji v zgornji mrtvi točki v delovnem valju in se prične premikati navzdol. S pomočjo odmične gredi se ob tem odpira sesalni ventil. S pomočjo ustvarjanja podtlaka bat vsesa zrak v valj. Ko bat prispe v spodnjo mrtvo točko, se ventil zapre.



Slika 1: Prvi takt, sesanje
(Vir: Wikipedija 2020)

2.TAKT (STISKANJE)

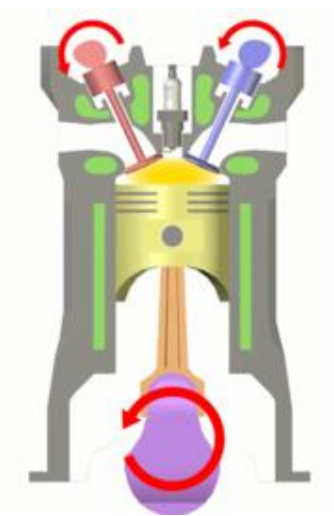
V valju, polnem zraka, se bat prične premikati navzgor in stiska plin v prostoru, torej ustvarja kompresijo. Ločimo ottov in dizelski proces. Pri prvem se v valj tik pred zgornjo mrtvo točko vbrizga gorivo in svečka sproži iskro. Dizelski proces poteka enako, kar se tiče premikanja bata in vbrizga goriva.



Slika 2: Drugi takt, stiskanje
(Vir: Wikipedija 2020)

3. TAKT (DELO)

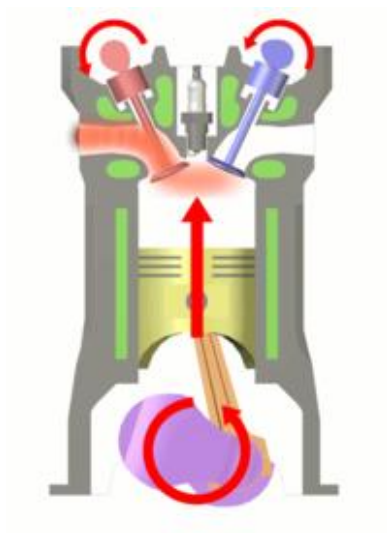
Tik pred zgornjo mrtvo točko bata svečka sproži iskro, kar povzroči vžig stisnjene mešanice goriva in zraka, in potisne bat navzdol. Pri dizelskem motorju je potek enak, vendar z izjemo časa, ko se motor segreva in gorivo vžigajo žarilne svečke, prihaja do samovžiga mešanice zraka in nafte zaradi toplote, ustvarjene pri stiskanju (pritisk doseže tudi do 200 barov).



Slika 3: Tretji takt, delo
(Vir: Wikipedija 2020)

4. TAKT (IZPUST)

Ko bat prispe v spodnjo mrtvo točko in se prične premikati navzgor, se odpre izpušni ventil, skozi katerega bat iz valja izloči izpušne pline, ki so nastali zaradi eksplozije v delovnem taktu. Preden bat prispe do zgornje točke, sta za trenutek odprta oba ventila.



Slika 4: Četrty takt, izpust
(Vir: Wikipedija 2020)

Za kasnejšo primerjavo vozil sem si izbral dve najbolj prodajani vozili v Sloveniji.

TEHNIČNI PODATKI	GOLF VII	CLIO
Motor	1.6TDI (77 kW/105 KM)	1.2 TCe (87 kW/120 KM)
Poraba	6,1 l/100 km	5,3 l/100 km
Izpusti CO₂	102 g/km = 10,2 kg/100 km	107–118 g/km = 10,7–11,8 kg/100 km

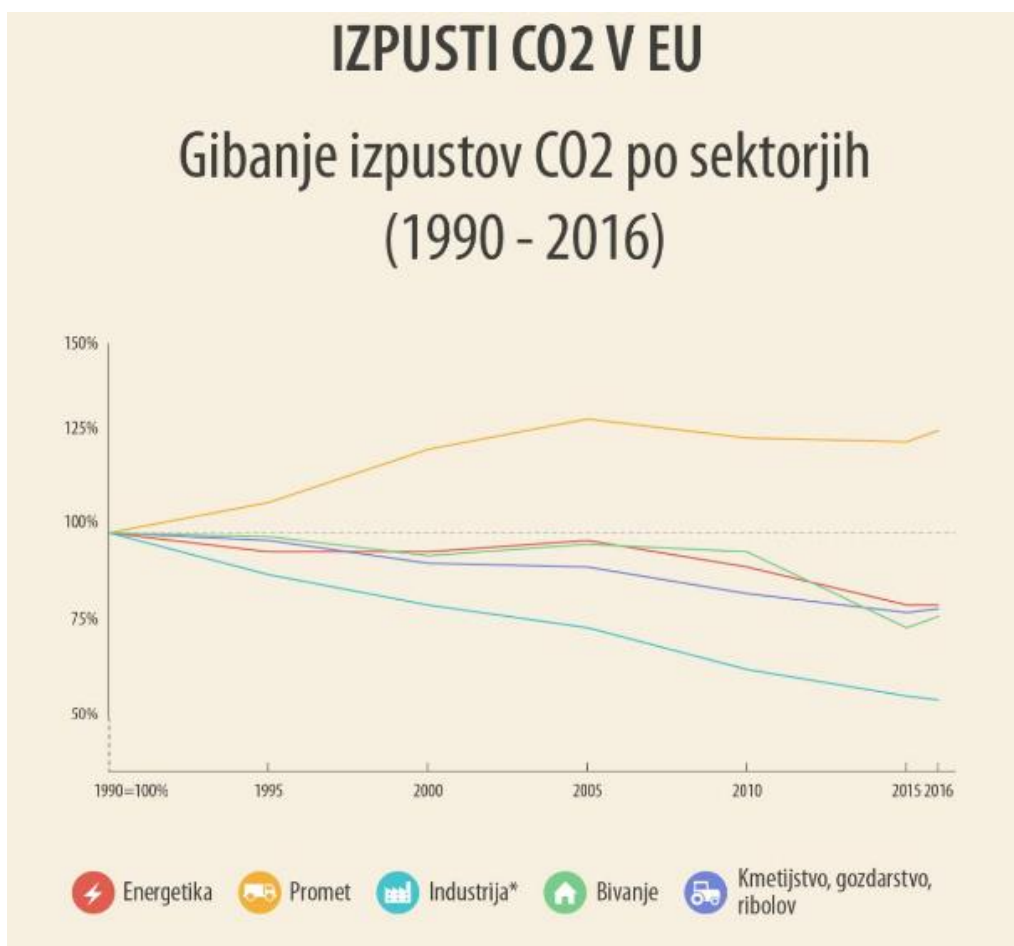
Tabela 1: Tehnični podatki MNZ
(Vir: Kapetanovič, 2018, Lukič, 2014)

3. ONESNAŽEVANJE ZRAKA

Gorenje fosilnih goriv povzroči nastajanje različnih plinov, ki onesnažujejo in segrevajo ozračje. SO₂ je eden pogosto nastalih plinov, ki se ob stiku z vlago

spremeni v žveplovo kislino, ta pa povzroča nastanek kislega dežja. Zgorevanje ustvarja toploto, s katero se omogoči nastanek dušikovega dioksida v zraku. NO₂ z vlago reagira enako kot SO₂ in pripomore k nastanku kislega dežja (Jamšek, B.I.).

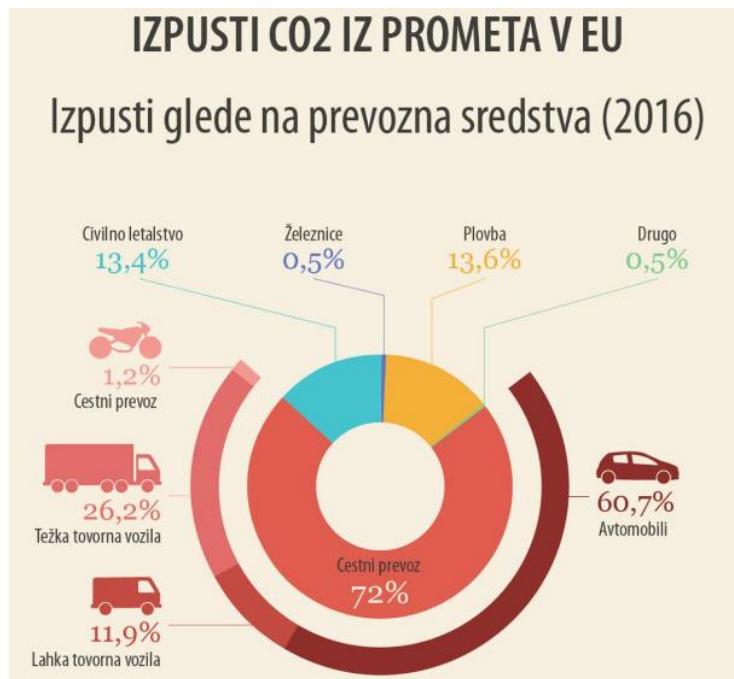
Promet v EU predstavlja 30 % vseh izpustov CO₂, 72 % izpustov pa predstavlja cestni promet.



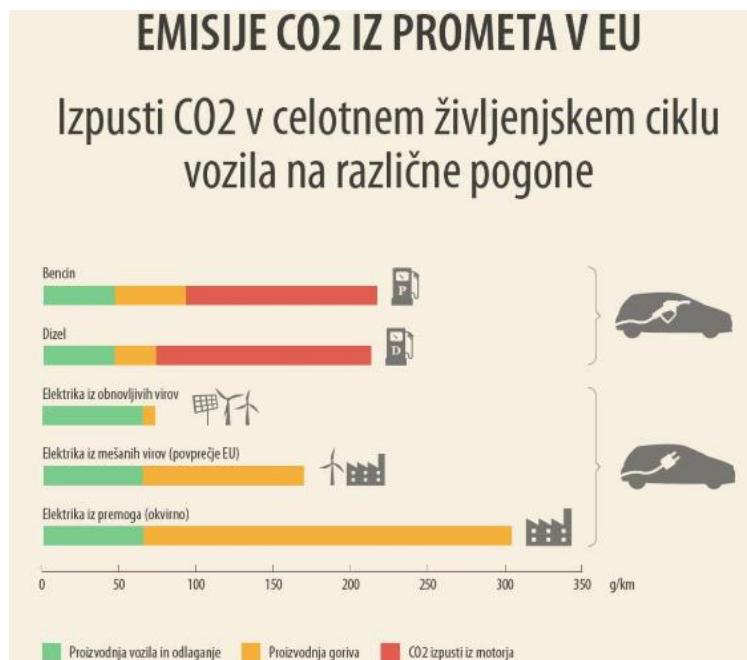
Slika 5: Izpusti CO₂ v EU
(Vir: Evropski, 2019)

Izpusti CO₂ se razlikujejo glede na prevozna sredstva, ki jih uporabljamo. Eden izmed glavnih onesnaževalcev so avtomobili, saj prispevajo kar 60,7 % emisij CO₂ vsega cestnega prometa v EU. Avtomobil je najslabše izkoriščeno prevozno sredstvo, saj je povprečno število potnikov v vozilu 1,7. Zaradi tako majhne zasedenosti postanejo eni izmed največjih onesnaževalcev v prometu. Če pa bi avtomobil v povprečju uporabljale 4 osebe, bi ta postal eden izmed najbolj ekoloških oblik prevoza (Evropski, 2019).

Z zmanjšanjem avtomobilskih izpustov bi zelo pripomogli k manjšemu onesnaževanju okolja.

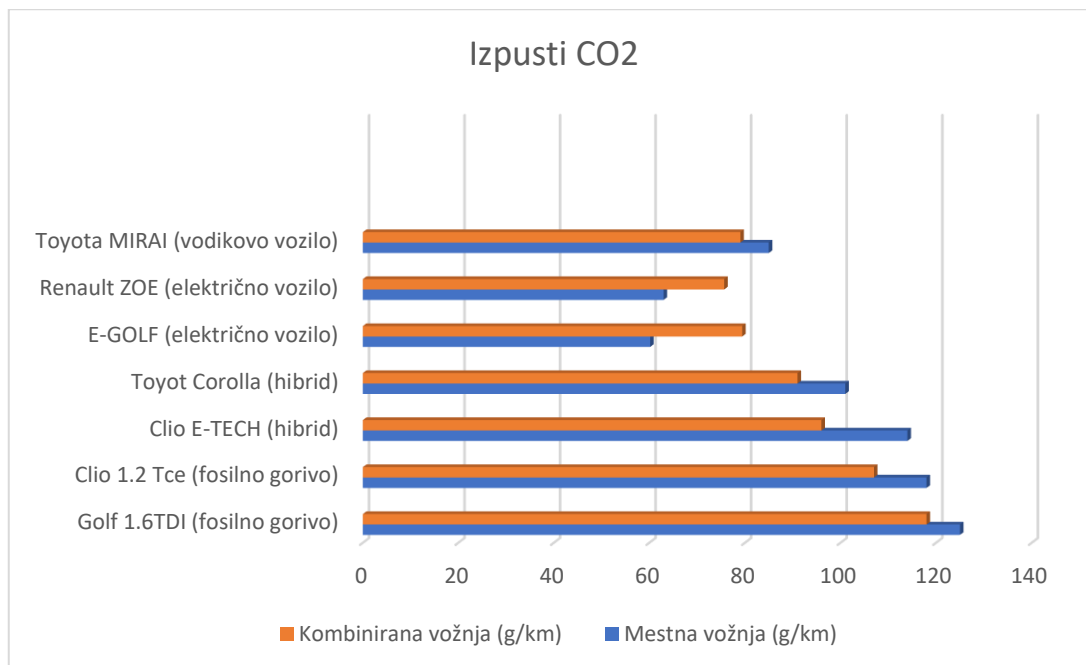


Slika 6: Izpusti CO2 iz prometa v EU
(Vir: Evropski, 2019)



Slika 7: Izpusti CO2 iz prometa v EU
(Vir: Evropski, 2019)

Za lažjo predstavo smo grafično prikazali pridobljene informacije o izpustih vozil. Razvidno je, da električna vozila ne glede na tip vožnje v zrak izpustijo najmanj CO₂.



Graf 1: Izpusti CO₂

4. ALTERNATIVNA POGONSKA GORIVA

4.1 ELEKTRIČNA VOZILA

Avtomobili, ki za pogon uporabljajo elektromotor. Električna energija je v baterijah, ki so shranjene v vozilu z možnostjo večkratnega polnjenja.

Kriza, ki se je zgodila leta 1973, je povzročila zanimanje za električne avtomobile. Zvišanje cen goriv in uporaba litij-ionskih baterij sta povzročila ponovno in resno zanimanje za električna vozila. S ponujanjem subvencij in davčnih olajšav se države trudijo povečati nakup el. vozil.

Izdelava električnega motorja je cenejša od izdelave bencinskega. Ni predvidenih servisov, kar zmanjša stroške. Zaradi konstantnega navora lepše in hitreje pospešuje. Motor ne proizvaja emisij, kar pripomore k čistejšemu zraku (Miklavčič, B.I.).

Električni avtomobil deluje tako, da ga priklopimo na polnilno postajo, iz katere črpa električno energijo in napolni baterijo v vozilu. Polnimo ga lahko na javni polnilnici ali pa imamo doma lastno polnilnico. Regulator moči usmerja električno energijo iz

baterije v motor. V povezavi s stopalko za plin regulira dovajanje energije. Spreminja enosmerni tok iz baterije v dvosmernega trifaznega, pri tem si pomaga s tranzistorji, ki ustvarjajo sinusno valovanje napetosti z vklopjanjem in izklopjanjem.

Poznamo dve vrsti elektromotorjev:

- motorje, ki uporabljajo enosmerni električni tok, ki deluje v območju od 96 V do 192 V,
- motorje z izmeničnim tokom, v katerih se uporablja tri faze in delujejo v razmerju med 240 V in 300 V.

Enostavnejši in cenejši so motorji z enosmernim tokom, motorji z izmeničnim tokom pa proizvedejo več moči in hitreje pospešujejo. Motorji se pri velikih obremenitvah pregrevajo, zato morajo biti velike obremenitve kratkotrajne.

Pri motorjih z izmeničnim tokom poznamo funkcijo, imenovano REGEN, ki se uporablja pri zaviranju. Motor se spremeni v generator, zaradi česar zavira in tako polni baterije.

Najšibkejši člen pri električnih vozilih predstavljajo baterije in njihove lastnosti:

- teža,
- velikost,
- omejena zmogljivost in zaloga,
- kratka življenjska doba (200 polnilnih ciklov),
- cena.

(Silux.si, 2014)

EMISIJSKI FAKTOR

Emisijski faktor pri proizvodnji električne energije v Sloveniji je 0,47 kgCO₂/kWh (Institutt Jožef Stefan, 2018).

Z uporabo pridobljenih podatkov smo preračunali izpuste CO₂ v okolje za dve različni vozili.

TEHNIČNI PODATKI	VW E-GOLF	RENAULT ZOE
Kapaciteta baterije	35,8 kWh	41 kWh
Poraba pri mestni vožnji	12,8 kWh/100 km	13,4 kWh/100 km
Izpusti CO₂ pri mestni vožnji (100 km)	12,8 kWh * 0,47 kgCO ₂ = 6,016kg	13,4 kWh * 0,47 kgCO ₂ = 6,298 kg
Poraba pri kombinirani vožnji	16,9 kWh/100 km	16,1 kWh/100 km
Izpusti CO₂ pri kombinirani vožnji (100 km)	16,9 kWh * 0,47 kgCO ₂ = 7,943 kgCO ₂	16,1 kWh * 0,47 kgCO ₂ = 7,567 kgCO ₂
Polnilne zmogljivosti	AC 3,6 (enof)/7,2 kW (trif) DC 40 kW	AC 7,4 kW(enof)/22 kW (trif)
Obljubljeni doseg	300 km	300 km

*Tabela 2: Tehnični podatki električnih vozil
(Vir: Leban, 2019)*

Po pregledu rezultatov smo prišli do zaključka, da E-GOLF bolj onesnažuje okolje v kombinirani vožnji, Renaultov ZOE pa v mestu. Za kasnejšo lažjo predstavo pa smo tudi zapisali proizvedeno količino CO₂ na 100 km.

4.2 HIBRIDNA VOZILA

Hibridno vozilo za delovanje uporablja dva različna medija energije, vendar nikoli istočasno. Namen hibridnih vozil je zmanjšati izpuste škodljivih plinov v okolje.

Poznamo več različic hibridnih vozil:

- Priključni hibrid (PHEV)
Vozilo večino časa uporablja električno energijo, vendar če se vam spraznijo baterije, bo vozilo avtomatsko preklopilo na gorivo, ki je lahko dizelsko ali bencinsko. Med vožnjo z uporabo MNZ se v ozračje izpuščajo emisije, med uporabo el. motorja pa izpusta emisij ni. Vozilo lahko priklopimo na električno polnilno postajo in napolnimo baterije.
- Električni hibrid
Vozilo večino časa deluje na MNZ, ampak ima tudi baterije, ki se polnijo med zaviranjem. Z uporabo stikala lahko menjamo uporabo elektro motorja ali MNZ. Vozila ne moremo priklopiti na polnilno postajo.

(EDFENERGY, 2021)

CLIO E-TECH	TOYOTA COROLLA
1.6 hibrid (140 km/103 kW)	1.8 HSD (122 km/90 kW)
5,5 l/100 km	4,5 l/100 km
96–114g/km = 9,6–11,4 kg/100 km	85–101g/km = 8,5–10,1 kg/100 km

Tabela 3: Tehnični podatki hibridnih vozil

(Vir: Terzič, 2020, Toyota, 2020)

4.3 VODIKOVA VOZILA

Vodikova vozila se polnijo enako kakor vozila, ki jih poganjajo MNZ, in uporabljajo fosilna goriva. Vodikov plin v tekoči obliki na bencinski črpalki natočimo v zalogovnik v vozilu.

Gorivne celice, v katerih ni premikajočih delov, sprožijo kemijsko reakcijo. Vodik vstopi v celico iz zalogovnika, kjer se zmeša z vodo in s pomočjo kemijske reakcije proizvede vodo, ki ustvari elektriko. Slednja polni baterije, ki poganjajo elektromotor, ta pa poganja vozilo.

Prednosti, ki jih predstavljajo:

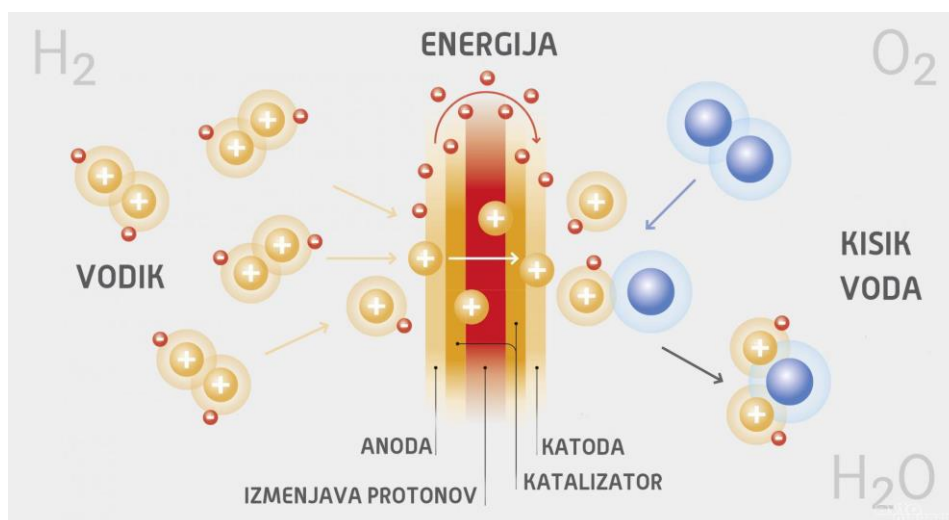
- Hitro polnjenje (kot pri fosilnih gorivih)
- Brez škodljivih emisij
- Približno 480 km z enim tankom 1,5 kg

- Boljši izkoristek goriva (kot fosilna goriva)

Slabosti:

- Malo polnilnih postaj
- Cena
- Vodik je zelo hitro vnetljiv medij (tako kot bencin in nafta, kar pa nam ni preprečilo uporabe) (Arval.co.uk, 2020).

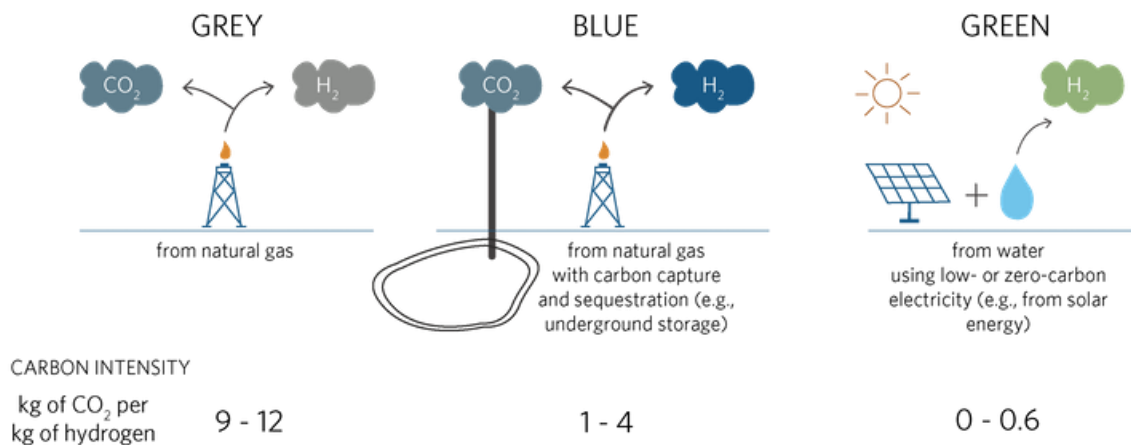
Gorivno celico sestavljata dve elektrodi, med njima je prevodna snov – elektrolit. V gorivno celico se dodajata vodik in kisik. Vodik se dovaja na anodo, kisik pa na katodo. Nastane kemijska reakcija, zaradi katere se vodik razcepi na vodikove ione (protone) in proste elektrone. Vodikova molekula nam da dva prosta elektrona. Vsi prosti elektroni tečejo na katodo (električni tok), na kateri se vodikovi ioni, elektroni in kisik združujejo v vodo (GOLEA, B.I.).



Slika 8: Gorivna celica
(Vir: Joaquim Oliveira, 2018)

Vodikova vozila ne proizvajajo CO₂ in ne oddajajo toplogrednih plinov, vendar pa CO₂ proizvaja proizvodnja vodika. Za 1 kg vodika proizvedemo približno 9,3 kg CO₂. Skoraj vsa svetovna proizvodnja (92 %) vodika za ta proces uporablja fosilna goriva, zemeljski plin (6 %) in premog (2 %) (Rapier, 2020).

Z uporabo obnovljivih virov energije bi lahko pri proizvodnji vodika znatno zmanjšali izpuste CO₂.



Slika 9: CO₂ proizvodnja vodika
(Vir: Rapier, 2020)

TEHNIČNI PODATKI	TOYOTA MIRAI
Motor	114 kW
Baterija	6,4 kWh
Poraba	0,85 kg/100 km
Izpus	0,85 kg * 9,3 kgCO ₂ = 7,905 kgCO ₂ /100 km

Tabela 4: Tehnični podatki vodikovega vozila
(Vir: Milač, 2015)

4 PRIDOBIVANJE ELEKTRIČNE ENERGIJE

Poznamo več načinov, s pomočjo katerih lahko pridobivamo električno energijo:

- Fosilna goriva
- Vetrna energija
- Vodna (hidro) energija
- Jedrska energija

Električna energija se proizvaja v elektrarnah. Najbolj znane so hidroelektrarne in termoelektrarne.

Hidroelektrarne – preko turbin in generatorja pretvarjajo energijo, ki jo proizvede tekoča voda.

Termoelektrarne – v njih s toplotno energijo, pridobljeno s sežiganjem fosilnih goriv, segrevamo vodo, para, ki nastane, poganja turbino, ta pa poganja generator.

Jedrski elektrarna – turbine, ki poganjajo generatorje, obrača para, ki jo pridobimo z jedrskimi reakcijami (ki povzročijo segrevanje in izparevanje vode. V Sloveniji NEK, edina jedrska elektrarna, proizvede več kot 40 % el. energije).

Namen elektrarn je pretvarjanje naravnih virov v el. energijo. Ker el. dela ne znamo hraniti, ga pretvarjamo v ustrezno obliko energije, ki jo potrebujemo.

Viri, ki jih pridobimo iz narave, se delijo na:

- obnovljive (voda, sonce, veter), ki se v naravi stalno obnavljajo,
- neobnovljive (premog, jedrsko gorivo, nafta).

Glede na pogon se razlikujejo:

- termoelektrarne (plin, tekoča goriva, trda goriva),
- hidroelektrarne (pretočne, črpalne, akumulacijske),
- jedrske elektrarne (jedrsko gorivo (uran)),
- elektrarne, v katerih se uporabljajo alternativni viri (sončna energija (toplota, svetloba), vetrna, geotermalna, biogorivo).

5.2 OBNOVLJIVI VIRI ENERGIJE

HIDROELEKTRARNE

Prva HE, imenovana Završnica, je pričela delovati leta 1915 in deluje še danes.

Hidroelektrarne se ločijo na tri skupine:

- akumulacijske,
- črpalne,
- pretočne.

PRETOČNE

So postavljene na reke, kjer je pretočnost konstantna, voda, ki teče, pa obrača vodne turbine, ki poganjajo generatorje.

AKUMULACIJSKE

Uporablja se jezero naravne ali umetne izdelave, v katerem se nabira (akumulira) voda. Le-ta se lahko nabira tudi dlje časa oz. se jo izpušča v različnih intervalih (dnevni, tedenski, mesečni, sezonski, letni). Po zadanem časovnem obdobju se vodo spusti skozi turbine.

ČRPALNE

Izkoriščajo nižjo ceno električne energije, ki se pojavi v nočnih urah in v tem času prečrpajo vodo v višje ležeče jezero. Preko dneva, ko je potreba po električni energiji večja, pa se voda spusti v nižje ležeče jezero po istem cevovodu in proizvaja el. energijo (elektrarne pokrivajo konice, kjer je potreba po el. energiji največja).

Prednosti HE:

- ne onesnažujejo okolja,
- majhni obratovalni stroški,
- dolga doba delovanja.

Slabosti HE:

- gradnja predstavlja velik poseg v okolje,
- odvisne so od količine vode,
- večje naložbe kot pri TE ali plinskih elektrarnah.

VETRNE ELEKTRARNE

Energijo vetra s pomočjo vetrnih turbin pretvarjamo v el. energijo.

BIOMASA

Za nastanek potrebuje sončno energijo. Delimo jih na trdno (lesna, rastlinska), tekočo in plin.

GEOTERMALNA ENERGIJA

Se hrani v zemlji, najlažji način pridobivanja energije je preko vrelcev, ki na površje izpuščajo paro ali toplo vodo.

BIBAVICA

Morje in oceani zajemajo dve tretjini zemljine površine. Z bibavico in valovanjem lahko preko posebnih elektrarn pridobivamo energijo.

SONČNE EL.

Sončno toploto in sevanje pretvarjajo v električno energijo.

ELEKTRARNE IN OKOLJE

Ozračje se segreva zaradi izpustov ogljikovega dioksida, ki so posledica človeškega delovanja. Največji delež prihaja iz prometa in proizvodnje el. energije (Rožman, 2021).

Slovenija pričakuje povišanje koriščenja električnih vozil. V sledečih 10 letih naj bi jih bilo okoli 130 tisoč in še dodatnih 70 tisoč priključnih hibridov, kar pa bi za naš trenutni električni sistem pomenilo preobremenitev, saj že sedaj deluje na vrhuncu svojih zmogljivosti (Šujica, 2020).

V slovenski prestolnici imamo 10 tisoč kilometrov nizkonapetostnega omrežja (110 kV), s katerim upravlja Elektro Ljubljana. Na leto obnovijo oz. na novo zgradijo 100 kilometrov. Po pričakovanih povečane uporabe el. in hibridnih vozil bi morali na leto okrepiti približno 500 kilometrov omrežja. Problema ne predstavlja količina električne energije, vendar moč, ki bi jo potrebovali (Pavšič, 2017).

5 PROIZVODNJA BATERIJ

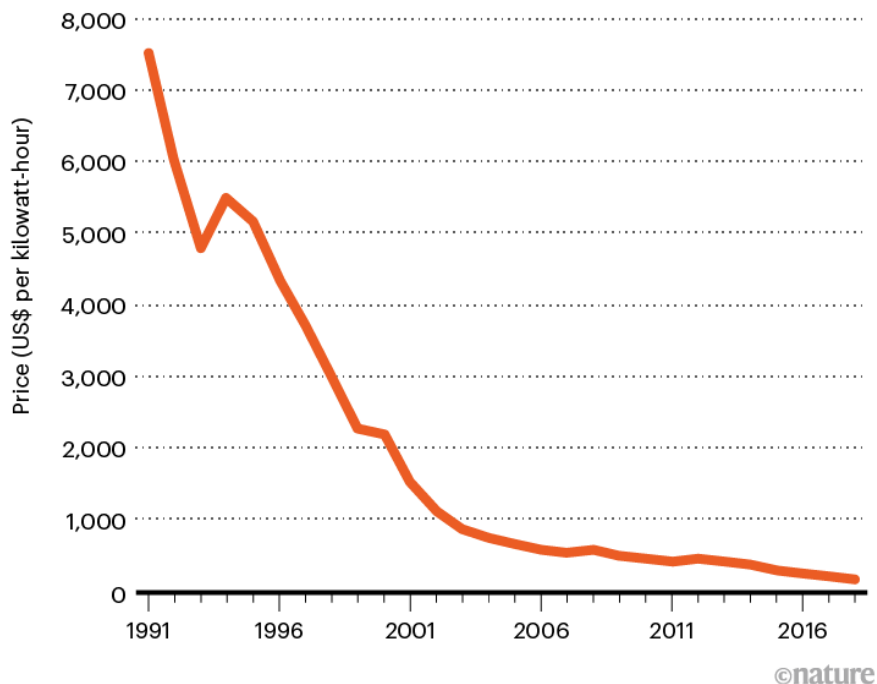
Električna vozila poganjajo litij-ionske baterije, ki so lažje kot bolj znane svinčene. Avtomobilska baterija tipa NMC532 vsebuje 8 kg litija, 35 kg niklja, 20 kg mangana in 14 kg kobalta. Analize pa predvidevajo, da litij-ionske baterije v bližnji prihodnosti ne bomo znali zamenjati s čim drugim, kar bi lahko shranilo več količine električne energije.

6.1 PADEC CEN BATERIJ

Prve majhne prenosne baterije so se pojavile leta 1990. Čeprav se je njihov izkoristek izboljšal, so se pocenile za več kot 30-krat. Po ocenah naj bi baterijski paket kilovatne ure padel pod 100 \$ do leta 2023, kar je 20 % ceneje kot danes (Nature.com, 2021).

PLUMMETING COSTS OF BATTERIES

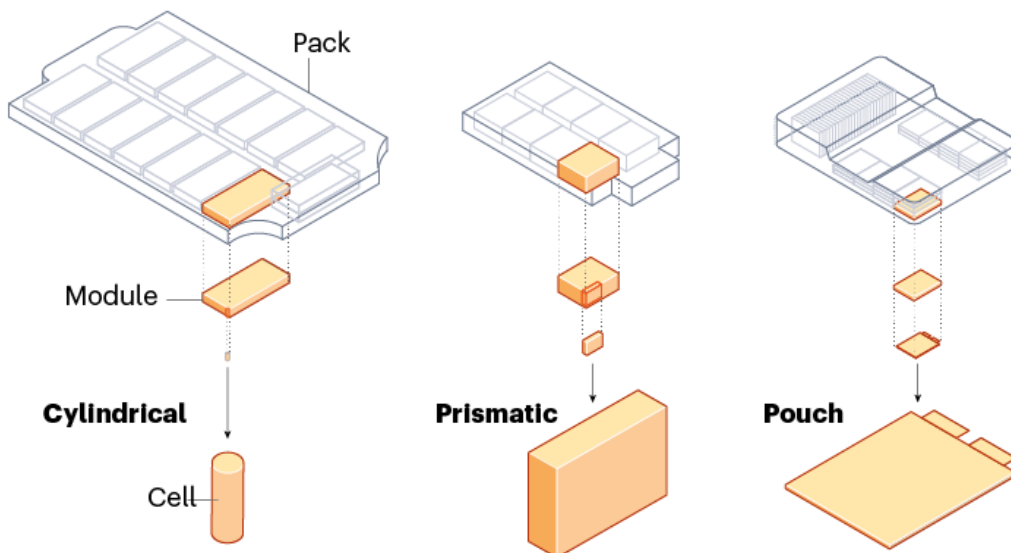
The price of lithium-ion cells has fallen by more than 97% since 1991.



Slika 10: Padec cene baterij
(Vir: nature.com,2021)

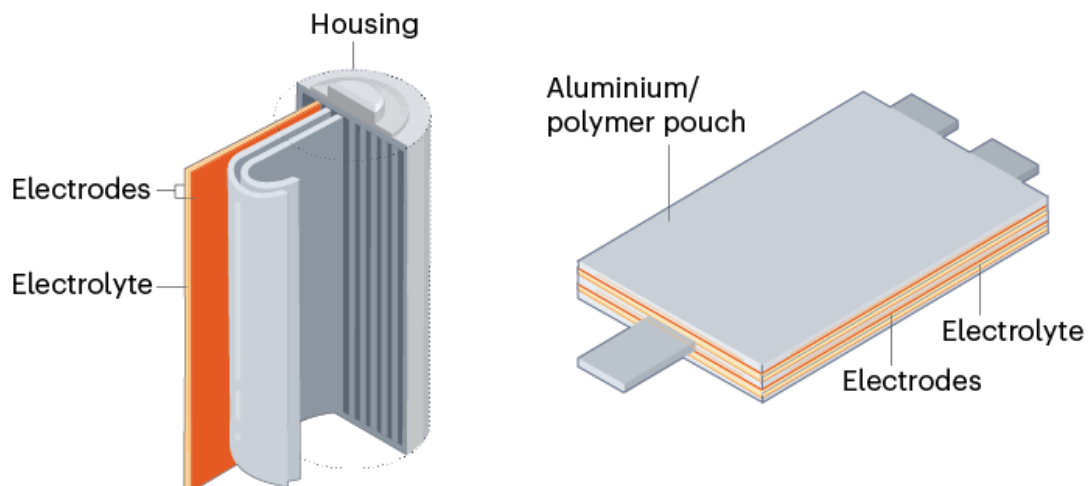
6.2 SESTAVA BATERIJ

Baterijski paketi so lahko sestavljeni na tri različne načine: cilindrično, v obliki prizme in v plasteh.



Slika 11: Sestava baterije
(Vir: Greencars.com, 2021)

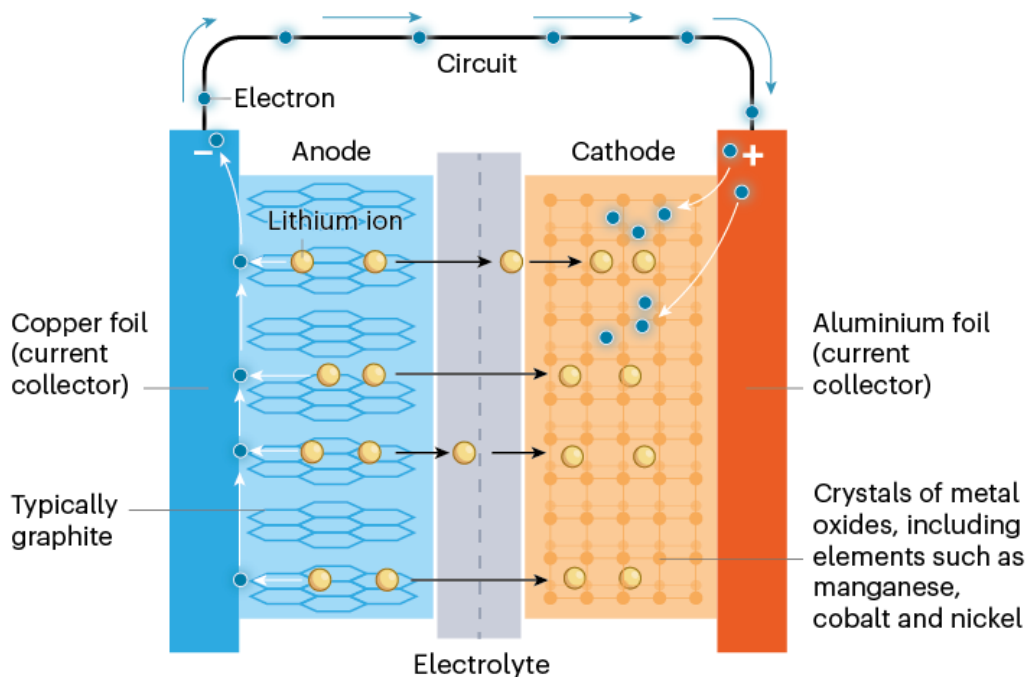
Sestave celic se lahko razlikujejo glede na obliko baterije. Notranje elektrode (anode in katode) so zvite ali stisnjene skupaj, med njima pa je elektrolit.



Slika 12: Sestava baterijske celice
(Vir: Greencars.com, 2021)

6.3 DELOVANJE BATERIJ

Litij-ionske celice proizvajajo električno energijo, ko litijevi ioni prehajajo (elektrolit od anode do katode) in prisilijo elektrone, da krožijo v zunanjem krogu.



Slika 13: Delovanje baterije
(Vir: Greencars.com, 2021)

6.4 IZDELAVA BATERIJE

Litij-ionske baterije so narejene iz ogljika, kovinskega oksida in litijeve soli. S temi elementi ustvarimo pozitivne in negativne elektrode. Ob združitvi z elektroliti ustvarijo električen tok, ki povzroči delovanje baterije in poganja vozilo.

Litij se pridobiva iz podzemnih jezer, iz katerih se voda prečrpa na površje, kjer se jezero posuši, ostane pa nam litijeva sol. Velike količine litija pridejo iz Južne Amerike, Čila, Argentine in Bolivije. Na Kitajskem in v nekaterih predelih Amerike pa ga tudi rudarijo.



Slika 14: Litijeva sol
(Vir: Greencars.com, 2021)

Surov litij se predela v litijev karbonat, ki ga pošljejo v proizvodnjo baterij. Proizvodnja sestavi baterijo, ki jo nato namestijo v električno vozilo, ki ima nič emisij.

Po podatkih naj bi trenutne baterije v vozilih zdržale več kot 10 let. Na delovno dobo pa seveda vplivajo obremenitve in toplota ozračja. Baterija se po življenjski dobi vzame iz vozil in se jo pošlje v razgradnjo in recikliranje ter ponovno uporabo. Reciklirati je možno do 80 % komponent v bateriji (Greencars.com, 2021).

6.5 RECIKLIRANJE BATERIJ

V tipičnem obratu za recikliranje se celotne baterije zmeljejo in iz njih nastane mešanica materialov v prahu. Mešanica se razgradi na elementarne sestavine s pomočjo raztapljanja ali utekočinjanja. Iz raztopine se izloči kovina v obliki soli.

Postopek pridobivanja litija je cenejši kakor njegova reciklaža, zato si podjetja prizadevajo izboljšati proces reciklaže litija in ga narediti bolj ekonomičnega. Večina podjetij, ki se ukvarjajo z reciklažo, se nahaja na Kitajskem, Japonskem in v Južni Koreji. Na Kitajskem trdijo, da lahko v enem letu reciklirajo 120.000 ton baterij na leto. To se enači s količino baterij v 200.000 vozilih. Iz baterij lahko pridobijo večino kobalta, niklja in litija.



Slika 15: Reciklaža baterij
(Vir: nature.com, 2021)

6 PRIMERJAVA STROŠKOV VOZIL

(v EUR)	5 let/75 tisoč km		5 let/200 tisoč km	
Model	Renault zoe LIFE R90	Renault clio TCE90 limited	Renault zoe LIFE R90	Renault clio TCE90 limited
Cena	25.290	12.790	25.290	12.790
Zava- rovanje*	3.850	2.295	3.850	2.295
Stroški servisov	561	710	667	2.296
Stroški energije	1.050	5.967	2.800	15.912
Skupaj	30.751	21.762	32.607	33.293
Skupaj/ mesec	513	363	543	555

Slika 16: Primerjava stroškov Renault
(Vir: Milač, 2019)

Iz slike lahko razberemo, da so stroški električnega vozila Renault ZOE manjši, če na leto prevozimo več kot 40 tisoč kilometrov in smo lastnik vozila vsaj 5 let.

(v EUR)	5 let/75 tisoč km			5 let/200 tisoč km		
Model	VW e-golf	VW golf 1.5 TSI comfort- line DSG ACT	VW golf 1.6 TDI DSG comfort- line	VW e-golf	VW golf 1.5 TSI comfort- line DSG ACT	VW golf 1.6 TDI DSG comfort- line
Cena	33.818	21.573	22.119	33.818	21.573	22.119
Zava- rovanje*	5.312	4.416	3.626	5.312	4.416	3.626
Stroški servisov	345	1.220	1.275	812	1.512,36	1.554
Stroški energije	1.050	6.962	5.202	2.800	18.564	13.871
Skupaj	40.525	34.170	32.221	42.742	46.065	41.170
Skupaj/ mesec	675	570	537	712	768	686

Slika 17: Primerjava stroškov VW
(Vir: Milač, 2019)

Če med seboj primerjamo Volkswagnova vozila Golf, je najugodnejše vozilo z dizelskim agregatom. Električno vozilo pa je stroškovno cenejše od bencinskega, če na leto prevozimo več kot 40 tisoč kilometrov in smo lastnik vozila vsaj 5 let.

Iz obeh slik je razvidno, da zaradi visokih nakupnih cen električna vozila niso celotno tako ugodna kot bi lahko bila, če bi bile cene vozil primerljive klasičnim vozilom. Zmanjšanje cen pa lahko pričakujemo saj trend kaže, da cene baterij z leti padajo.

7 ZAKLJUČEK

Osnovna hipoteza diplomske naloge je bila, da je namen električnih vozil rešitev okoljevarstvenih in energetskih problemov, ki so se pojavili z uporabo fosilnih goriv. Hipotezo lahko potrdimo. Rezultati, ki smo jih pridobili, nam povejo, da se gibljemo v pravo smer, saj izpustov MNZ ne znamo toliko zmanjšati oz. izničiti, kot smo jih pri električnih in vodikovih vozilih. Električno energijo pa moramo pričeti pridobivati iz obnovljivih virov energije. Zmanjšati bo potrebno povprečni emisijski faktor pri proizvodnji kWh v Sloveniji, saj zaradi njega električna vozila neposredno v ozračje

izpuščajo veliko CO₂. Električno energijo uporabljamo tudi v drugih panogah, ne samo v avtomobilizmu, in tako bi s prehajanjem na obnovljive vire energije zmanjšali izpuste CO₂.

V tabelah 1, 2 in 3 opazimo, da je po preračunih vozilo z najmanj izpusti Renault ZOE. Električna vozila nimajo izpustov, vendar smo upoštevali povprečen faktor proizvoda CO₂ za proizvod 1 kWh električne energije. Rezultat nam pove, da so si električna in vodikova vozila zelo blizu. Njihov CO₂ izpust pa bi se dalo še zmanjšati s pridobivanjem električne energije iz obnovljivih virov.

V primerjavi hibridnih in električnih vozil pa je razvidno, da hibridna vozila v ozračje ne izpuščajo izrazito manjših količin CO₂ kot klasična vozila. Res pa je, da je to odvisno od uporabe, saj se lahko cel teden v službo vozimo samo z elektromotorjem in tako v ozračje ne izpuščamo nobenih emisij. So vmesna stopnja pred izboljšanjem dosega in hitrejšega polnjenja električnih vozil.

Vodikova vozila so se električnim zelo približala, vsebujejo pa baterije, ki so precej manjše, in elektromotor. Problem pa predstavlja način pridobivanja vodika, saj za njega porabimo veliko električne energije. Izpust CO₂ teh vozil je spet odvisen od načina pridobivanja električne energije. Dodatno težavo pa predstavljajo polnilnice in prevažanje ter eksplozivnost vodika.

8 VIRI

Andrej Leban, G. P. (12. 8. 2019). *Največji test električnih avtov v Sloveniji doslej*. Pridobljeno iz zurnal24.si: <https://www.zurnal24.si/avto/testi/testirali-smo-sest-elektricnih-avto-to-so-rezultati-elektricni-avto-nakup-cena-cenik-se-izplaca-kona-ioniq-smart-e-golf-zoe-leaf-i3-326370>

Arval.co.uk. (21. 2. 2020). *An introduction to hydrogen vehicles*. Pridobljeno 10. 7. 2021 iz arval.co.uk: <https://www.arval.co.uk/introduction-hydrogen-vehicles>

B.I. (13. 4. 2021). *How does the electric car engine work?* Pridobljeno iz edfenergy: <https://www.edfenergy.com/for-home/energywise/how-do-electric-cars-work>

Evropski, p. (22. 3. 2019). Pridobljeno 22. 6. 2021 iz <https://www.europarl.europa.eu/news/sl/headlines/society/20190313STO31218/co2-izpusti-avtomobilov-dejstva-in-stevilke-infografika>

Greencars.com. (2. 3. 2021). *Where Do Electric Car Batteries Come From?* Pridobljeno 22. 7. 2021 iz greencars.com: <https://www.greencars.com/post/where-do-electric-car-batteries-come-from>

Institut Jožef Stefan. (23. 4. 2018). *ceu.ijs.si*. Pridobljeno 3. 7. 2021 iz Institut "Jožef Stefan": <https://ceu.ijs.si/izpusti-co2-tgp-na-enoto-elektricne-energije/>

Jamšek, S. e. (brez datuma). *Eucbenik*. Pridobljeno 16. 6. 2021 iz Eucbenik: <https://eucbeniki.sio.si/kemija9/1099/index1.html>

Joaquim Oliveira, M. J. (18. 8. 2018). *Kam nas vodi vodik? So gorivne celice dolgoročna rešitev za čisto mobilnost?* Pridobljeno iz Avtomagazin: <https://avtomagazin.metropolitan.si/aktualno/kam-nas-vodi-vodik-so-gorivne-celice-dolgorocna-resitev-za-cisto-mobilnost/>

Kapetanovič, S. (3. 7. 2018). *Avto magazin*. Pridobljeno 12. 6. 2021 iz Kratki test: Renault Clio 1.2 TCE I feel Slovenia: <https://avtomagazin.metropolitan.si/avtomobilski-testi/kratki-test-renault-clio-12-tce-i-feel-slovenia-ima-vse-kar-imajo-veliki/>

Lukič, D. (18. 3. 2014). *Avto Magazin*. Pridobljeno 10. 6. 2021 iz Kratki test: Volkswagen Golf Variant 1.6 TDI Comfortline: <https://avtomagazin.metropolitan.si/avtomobilski-testi/kratki-test-volkswagen-golf-variant-16-tdi-comfortline/>

Miklavčič, U. (brez datuma). *Opis delovanja električnih motorjev*. Pridobljeno 25. 6. 2021 iz Eavto: <http://eavto.si/opis-delovanja-elektricnih-motorjev/>

Milač, M. (22. 10. 2015). *Za volanom avta na vodik - vožnja v čisto prihodnost*. Pridobljeno 16. 7. 2021 iz avtofinance: <https://avto.finance.si/8837397/Za-volanom-avta-na-vodik-voznja-v-cisto-prihodnost>

Milač, M. (25. 4. 2019). *Koliko morate prevoziti, da bo električni avto cenejši od bencinskega ali dizelskega*. Pridobljeno iz avtofinance: <https://avto.finance.si/8947470/Koliko-morate-prevoziti-da-bo-elektricni-avto-cenejsi-od-bencinskega-ali-dizelskega>

Nature.com. (17. 8. 2021). *Electric cars and batteries: how will the world produce enough?* Pridobljeno 17. 8. 2021 iz Nature.com: <https://www.nature.com/articles/d41586-021-02222-1>

Pavšič, G. (5. 12. 2017). *Elektrika za Slovence: porabimo je vse več, prihajajo velika vlaganja in višji računi*. Pridobljeno 18. 7. 2021 iz AvtoMOTO: <https://siol.net/avtomoto/zgodbe/elektrika-za-slovence-porabimo-jo-vse-vec-obetajo-se-velika-vlaganja-in-visji-racuni-454784>

Rapier, R. (6. 6. 2020). *Estimating The Carbon Footprint Of Hydrogen Production*. Pridobljeno 14. 7. 2021 iz forbes.com: <https://www.forbes.com/sites/rrapier/2020/06/06/estimating-the-carbon-footprint-of-hydrogen-production/?sh=796ea0324bd6>

Silux.si. (8. 6. 2014). *Kako deluje električni pogon v avtomobilih?* Pridobljeno 25. 6. 2021 iz silux.si: <https://www.silux.si/avto-moto-novice/240/kako-deluje-elektricni-pogon-v-avtomobilih>

Šujica, J. (4. 6. 2020). *Električno omrežje v Sloveniji je na meji svojih zmogljivosti*. Pridobljeno 16. 7. 2021 iz avto-magazin: <https://avto-magazin.metropolitan.si/novice/elektricno-omrezje-v-sloveniji-je-na-meji-svojih-zmogljivosti/>

Terzič, M. (7. 9. 2020). *Clio E-tech*. Pridobljeno 5. 7. 2021 iz dnevnik.si: <https://www.dnevnik.si/1042938180>

Toyota. (brez datuma). *toyota.si*. Pridobljeno 5. 7. 2021 iz <https://www.toyota.si/new-cars/corolla-hatchback#engine-selector-id>

Wikipediija. (5. 12. 2020). *Fosilno gorivo*. Pridobljeno 5. 6. 2021 iz Wikipediija:
https://sl.wikipedia.org/wiki/Fosilno_gorivo