

OŠ Marije Vere

Ljubljanska 16 a

KAMNIK

Avto na pnevmatski pogon

Raziskovalna naloga iz področja: Tehnika

Avtor: Urban Brezar 9. b

Mentorica: mag. Polona Mežnar

Šolsko leto 2020/ 2021

KAZALO

POVZETEK.....	3
Zahvala.....	3
UVOD	4
Moje hipoteze:.....	4
TEORETIČNI DEL	5
Pogon:.....	6
Pogon na pnevmatiko:	7
EKSPERIMENTALNI DEL	11
PREVERJANJE HIPOTEZ	15
RAZPRAVA in ZAKLJUČEK.....	16
Viri:	17
Viri slik:.....	17

KAZALO SLIK:

Slika 1 Prvi avtomobil na notranje izgorevanje (Benz Patent Motorwagen)	5
Slika 2 Notranjost enega najmodernejših in naj luksuznejših avtomobilov; Rolls Royce Phantom	5
Slika 3 Eden najhitrejših avtomobilov na svetu; Bugatti Chiron Super Sport 300+ (nedavno je dosegel hitrost 500 km/h ali 300mi/h)	6
Slika 4 Avtomobil na parni pogon.....	6
Slika 5 Avtomobil na alternativno gorivo (vodik); Toyota Mirai.....	7
Slika 6 Baterijski modul Tesle Model S, električnega avtomobila s teoretičnim dosegom kar 652 km (po ciklu WLTP).....	7
Slika 7 Koncept avtomobila na pnevmatiko Luxemburškega podjetja MDI.....	8
Slika 8 Subarujev boxer motor	10
Slika 9 Prenovljen pnevmatski motor brez cevi	11
Slika 10 Celoten pnevmatski motor.....	12
Slika 11 Stikalo, ki je povezano z ročično gredjo	12
Slika 12 Lego ročni kompresor (ne poganja ga elektromotor) in stikalo.....	13

POVZETEK

Z raziskovalno nalogo sem želel ugotoviti ali je mogoče, da pnevmatski motor poganja avtomobil. Zanimalo me je tudi na kakšen način, motor sam ali hibridni pogon. Moje raziskave sem izvedel z Lego pnevmatskih setom, kjer sem sam izdelal svoj koncept motorja. Kasneje sem tudi ugotovil, da takšni Lego pnevmatski motorji že obstajajo, so različni, a imajo isti koncept delovanja. Ugotovil sem, da je pnevmatski pogon v prihodnosti mogoč, vendar je potrebno še veliko izboljšav in razvoja na tem področju.

Naloga sem se lotil tudi iz ekološkega vidika. Tak avtomobil ne izpušča nobenih emisij, najbolj neekološka stvar pri takem avtomobilu (hibrid med pnevmatiko in elektriko) pa so baterije in proizvodnja elektrike.

Ugotovil sem, da so o takšnem podobnem pogonu v avtomobilski industriji že razmišljali. Nikoli pa ni prišel v serijsko proizvodnjo oziroma se uveljavil. Menim, da zaradi nezanesljivosti in neučinkovitosti. Ugotovil sem, da lahko avtomobil na pnevmatiko to popravi z različnimi tehničnimi rešitvami. To so kombinacija z električnim pogonom (hibrid), kompresor vgrajen v avto, rezervoar za stisnjen zrak iz ogljikovih vlaken in tako dalje.

Primerjal sem tudi pnevmatski pogon in pogon na notranje izgorevanje. Ugotovil sem, da se motorja obeh premikata zelo podobno, vendar imata nekaj ključnih razlik. Prednost bencinskega avtomobila je velika energijska gostota, vendar so bencinski avtomobili zelo neučinkoviti (manj kot 50%). Avtomobili na pnevmatski pogon imajo zelo nizko energijsko gostoto, vendar so bolj učinkoviti (to je moja domneva, tega še nisem testiral).

V praksi to pomeni veliko večji doseg avtomobila na bencin in velika učinkovitost avtomobila na pnevmatiko.

Oba pogona pa imata skupno prednost pred električnimi avtomobili; polnjenje rezervoarja. Vendar, če hočemo zelo hitro napolniti rezervoar pnevmatskega avtomobila potrebujemo zelo učinkovito hlajenje, saj se rezervoar pri tem procesu zelo segreje.

Zahvala

Zahvaljujem se mentorici za pomoč in podporo pri mojem raziskovalnem delu.

UVOD

Raziskovalne naloge sem se lotil z namenom odkriti ali lahko avtomobil poganja zgolj zrak. Moj namen je tudi preizkusiti tak pogon in narediti prototip.

Avtomobili so zelo pomembna prevozna sredstva. V avtomobilski zgodovini se je pojavilo kar nekaj zanimivih pogonov, najbolj so se uveljavili pogoni na bencin, diesel in vse bolj tudi električni pogon, ki pa je že zelo uveljavljen. Menim, da obstaja še veliko alternativnih pogonov, ki bi se lahko uveljavili in bi bili lahko na nekaterih področjih tudi veliko boljši od bencinskih, dieselskih ali električnih pogonov. Vendar se ti zaradi različnih razlogov niso imeli priložnosti uveljaviti. Torej, namen moje naloge je tudi predstaviti tak pogon kot alternativo, ki se bo čez, recimo, 20 let uveljavila. Seveda bo potrebno veliko izboljšav in poskusov, ampak menim da se tak pogon lahko uveljavi in nadomesti nekatere vrste prevoza in pogonov.

Moje hipoteze:

1. Takšen avtomobil bi bil bolj ekološki kot avto na notranje izgorevanje, električni avtomobil ali hibrid(priključni ali klasičen).
2. Takšen pogon bi lahko poganjal avto.
3. Tak avtomobil bi bil primernejši za mestna okolja kot hibridi ali električni avtomobili.
4. Rezervoar za stisnjen zrak bi bil lahko iz katerega koli materiala.

TEORETIČNI DEL

Prve avtomobile so začeli izdelovati že v 17. stoletju. Delovali so na parni pogon. Leta 1885 pa je Carl Benz izdelal prvi avtomobil na notranje izgorevanje. Imelo je približno 0,8 konjske moči, končna hitrost pa je bila 16 km/h. Avtomobili obstajajo kar dolgo časa, če to primerjamo s človeškim življenjem. Vendar so se v tem času razvili od preprostih triciklov z enostavnimi motorji, do luksuznih, izjemno hitrih ali terensko zmogljivih, sofisticiranih vozil. Ni več prevozno sredstvo od točke A do točke B. V avtomobilu lahko dandanes prespiš, lahko gledaš filme, poslušaš glasbo in še mnogo več. Avto ni več samo volan, motor in kolesa. Zdaj vsebuje ogromno računalniške in elektrotehniške tehnologije. Najsodobnejši avtomobili vsebujejo ogromno količino elektronskih pomagal, ki omogočajo tudi avtonomno vožnjo. Razvoj avtomobilske industrije je v veliki meri odvisen od razvoja na področju elektrotehnike, računalništva; pa tudi od novih odkritij na področju kemije, fizike, matematike, itd.



Slika 1 Prvi avtomobil na notranje izgorevanje (Benz Patent Motorwagen)



Slika 2 Notranjost enega najmodernejših in naj luksuznejših avtomobilov; Rolls Royce Phantom



Slika 3 Eden najhitrejših avtomobilov na svetu; Bugatti Chiron Super Sport 300+ (nedavno je dosegel hitrost 500 km/h ali 300mi/h)

Pogon:

Najbolj razširjen pogon za avtomobile sta seveda bencin in dieselsko gorivo, vendar ni bilo vedno tako. Sprva so bili na parni pogon. Še pred avtomobili na ogljikovodike, pa so obstajali avtomobili na električni pogon. Ti se zaradi stroškov proizvodnje in nerazvitosti tehnologije niso tako uveljavili kot avtomobili na bencin in diesel. Električni avtomobili so postali popularni šele po letu 2000, z uvedbo Li-Ionskih baterij. V zadnjih letih je popularnost še bolj zrasla, zaradi vse bolj onesnaženega zraka in emisij avtomobilov na notranje izgorevanje. Vendar tudi električni avtomobili niso tako čisti kot se zdi na prvi pogled, samo pogledajte proces izdelave baterij. Pa tudi večina električne energije s katero polnimo električne avtomobile je proizvedena iz neobnovljivih virov energije. Poleg tega pa avtomobili na bencin in diesel niso tako veliki onesnaževalci zraka, največja sta, brez dvoma, kmetijstvo (živinoreja) in seveda industrija. V avtomobilskem svetu se pojavljajo alternativna goriva, npr. vodik, biodiesel, stisnjen ali utekočinjen zemeljski plin, itd.



Slika 4 Avtomobil na parni pogon



Slika 5 Avtomobil na alternativno gorivo (vodik); Toyota Mirai



Slika 6 Baterijski modul Tesle Model S, električnega avtomobila s teoretičnim dosegom kar 652 km (po ciklu WLTP)

Pogon na pnevmatiko:

Nekatera podjetja so že začela delati koncepte avtomobilov na zrak. Motorji teh konceptov so zelo podobni tistim v avtomobilih na notranje izgorjevanje. Dobra plat teh konceptov je da so kar ekološki in v teoriji lahko prevozijo okoli 100 km za manj kot 1 evro. Slaba plat pa so zmogljivosti in zanesljivost. Menim da bi bili takšni avtomobili najbolj primerni za vožnjo v mestnih središčih. Tako bi izpuščali praktično gledano nič emisij v okolje, kar pomeni, da bila mestna okolja manj onesnažena z toplogrednimi plini. Torej za manj zahtevne voznike, ki jim je pomembno le, da se pripeljejo od točke A do točke B. V mestih bi lahko uporabljali tovorne kombije ali taksije s pogon pnevmatika-hibrid. Cena takšnega avtomobila bi bila od 7000 pa do 20000 evrov. Te podatke sem dobil na Youtubeu (<https://www.youtube.com/watch?v=uRpxhIX4Ga0>). Ta prispevek je star več kot deset let, vendar ti avtomobili niso dočakali serijske proizvodnje, čeprav so bili koncepti in številke kar prepričljivi. Največja razloga za neuveljavitev takega pogona sta nizka energijska gostota stisnjenega zraka in

neučinkovitost. Za primerjavo: energijska gostota zraka je 0.1 MJ na kilogram (pri 300 barih). Energijska gostota bencina pa je 46,4 MJ na kilogram.



Slika 7 Koncept avtomobila na pnevmatiko Luxemburškega podjetja MDI

Pozitivne lastnosti avtomobilov na pnevmatiko:

- 1 Takšni avtomobili bi bili bolj ekološki (z vidika izpustov emisij v okolje).
- 2 Gorivo oziroma pogon bi bila cenejša.
- 3 Dobro bi dopolnjevali hibride (namesto bencinskega motorja bi imeli pogon na pnevmatiko, ki bi polnil baterije).
- 4 Hitro polnjenje v primerjavi z električnimi avtomobili (na posebnih postajah, bi lahko rezervoar z zrakom napolnili v samo 3 minutah).

Negativne lastnosti avtomobilov na pnevmatiko:

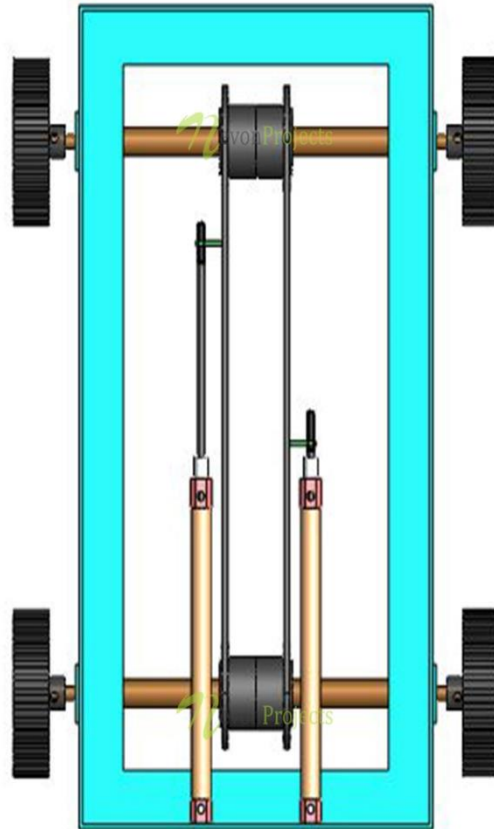
- 1 Nezanosljivost in veliko krajši doseg v primerjavi s »klasičnimi« avtomobili na bencin ali diesel.
- 2 Zelo hitro polnjenje lahko zelo segreje rezervoar (podobno kot SCUBA potapljanju, vendar se tam jeklenke ohladijo v vodi).

Vendar sem si jaz motor zamislil malo drugače. Sestava in oblika bi bila različna, koncept delovanja pa bi bil zelo podoben. Motor bi bil sestavljen iz dveh ali več pnevmatskih delov, ki bi bili podobni tistim, ki jih uporabljajo gradbeni stroji.

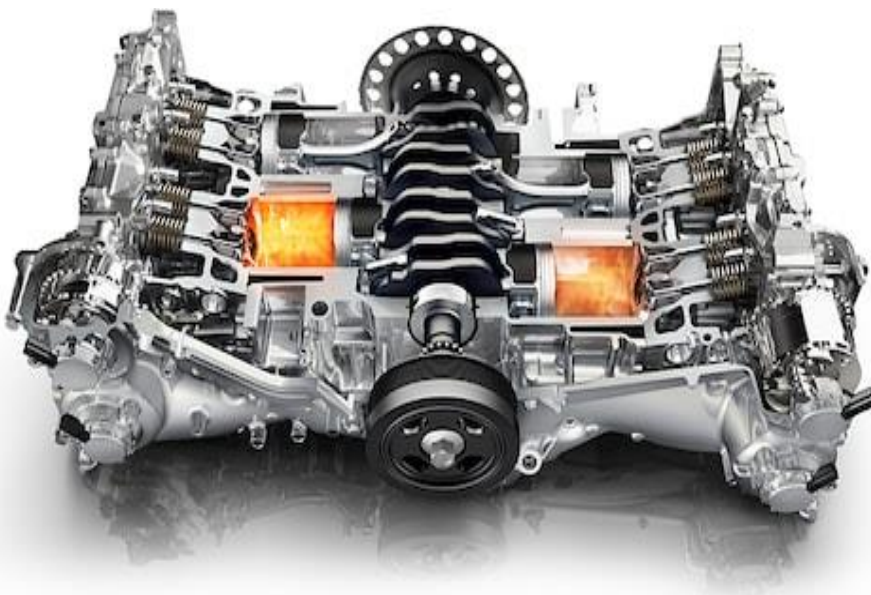
Premikal bi se malo drugače, vendar še vedno zelo podobno. Z natančno izračunanim vbrizgom in sesanjem zraka bi premikal gred. Mislim da sam pogon na pnevmatiko ne bi bil dovolj močan oz. dovolj zanesljiv. Zato sem si zamislil hibrid; kombinacijo pnevmatskega pogona in elektromotorja ali bencinskega/dieselskega motorja, vendar menim, da bi bila boljše in malo bolj ekološka izbira elektromotor. Pri tem hibridu bi bila mogoča kombinacija; primarni pogon-pnevmatika, sekundarni pogon-elektromotor ali obratno. Pri hibridu z bencinskim/dieselskim motorjem, pa bi bila mogoča samo primarni pogon-pnevmatika, sekundarni pogon-bencin/diesel. Tak hibrid bi imel na eni osi pnevmatski motor, na drugi pa bencinski ali dieselski. Pnevmatiki pogon bi poganjal avto predvsem v urbanih okoljih, motor na notranje izgorevanje pa bi avto poganjal na avtocestah itd. Elektromotor bi bil povezan s kolesi, pnevmatski motor pa bi polnil baterijo. Tak avtomobil bi moral vsebovati rezervoar iz ogljikovih vlaken. Ogljikova vlakna so zelo primerna za shranjevanje stisnjene zraka, saj so zelo trdna in lahka, ter imajo visoko temperaturno odpornost. Ogljikova vlakna uporabljajo zelo veliko v avtomobilski industriji, v motošportu, inženirstvu, letalstvu, pa tudi za vojaške namene. Rezervoar bi pri zadostnem stresu sicer lahko začel puščati, vendar pri tem ne bi začel puščati ostrih delcev ogljikovih vlaken. Moral bi imeti posebno hlajenje, sploh pa v primeru hitrega polnjenja.

Sisteme na pnevmatski motor (CAV-Compressed Air Vehicle) najdemo tudi v torpedih, lokomotivah in v zgodnjih podmornicah. Take sisteme uporabljajo tudi v posebnih vojaških tankih, ki so za to prilagojeni.

Na spletni strani Nevon Projects sem našel zanimivo shemo in video posnetek (<https://www.youtube.com/watch?v=xVZ6Jdu6eqE>) avtomobila na pnevmatiko:



Ta avtomobil uporablja dve vzporedni pnevmatski gonili, moj avtomobil bi na začetku vseboval dve, nato pa več. Moja pnevmatska gonila bi bila nameščena druga nasproti drugi, kakor avtomobil za boxer motorjem. Lahko pa bi bila nameščena tudi v vrstnem (inline) načinu.

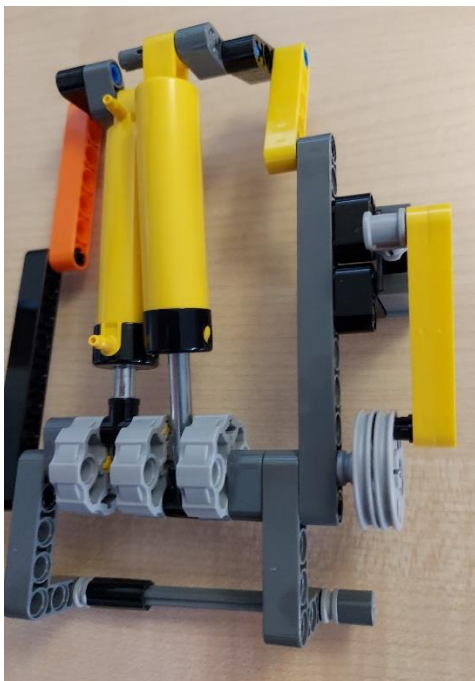


Slika 8 Subarujev boxer motor

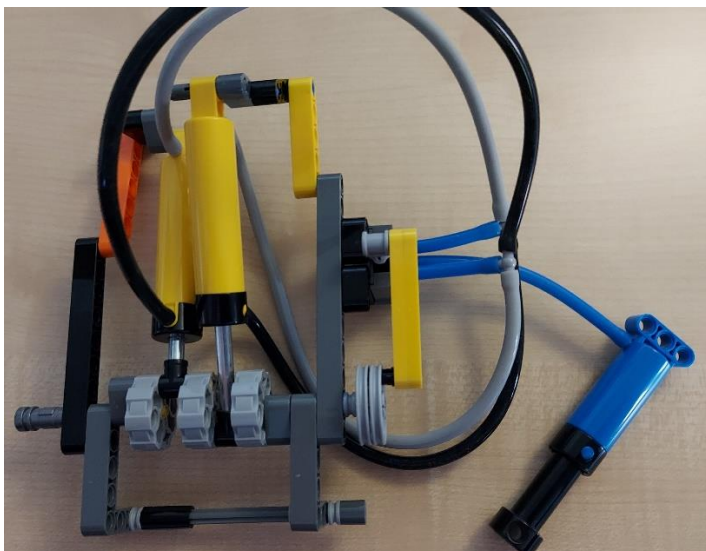
EKSPERIMENTALNI DEL

Maketo sem sestavil iz lego kock. Sestavljata jo dve pnevmatski vodili. Obe vodili gresta naenkrat naprej in nazaj. Maketo sem spremenil tako, da sta pnevmatski vodili ena zraven druge, v »inline« načinu. Koncept delovanja pa je isti. Za delovanje motorja je ključno stikalo, ki prestavlja kako se stisnjen zrak premika v pnevmatskih vodilih. Stikalo je vezano na motor in se skupaj z njim premika. Moj lego kompresor ni dovolj močan, da bi poganjal motor, tako, da bi ta deloval na visokih vrtljajih. Ta težava se odpravi če motor priklopimo na kompresor, ki stiska zrak pri zadostnem tlaku, to je okoli 2 bara ali več. To je pri moji Lego maketi. Pnevmski motorji bi potrebovali stisnjen zrak, ki ima še višji tlak. Tlak in vrtljaji so do neke mere premo sorazmerni in odvisni od pnevmatskih vodil in njihovega števila. To je le koncept/maketa pnevmatskega motorja, ki ga bom nadgrajeval. Nekaj idej sem dobil na spletu. Obstajajo podobni lego pnevmatski motorji, ki imajo enak koncept delovanja.

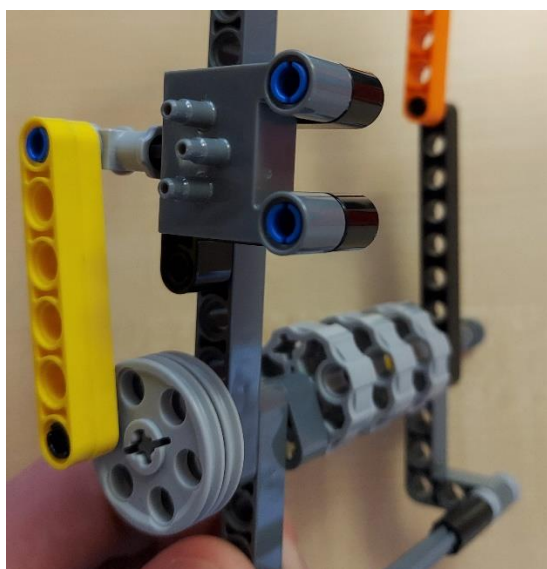
Maketa:



Slika 9 Prenovljen pnevmatski motor brez cevi



Slika 10 Celoten pnevmatski motor



Slika 11 Stikalo, ki je povezano z ročni gredjo

Avtomobil bi moral imeti menjalnik tako kot avtomobil na notranje izgorevanje (ICE), saj bi menjalnik povečeval/zniževal navor ali vrtljaje. ICE avtomobili pa morajo imeti menjalnik, da ta ohranja motor v primernih vrtljajih, kjer je najbolj učinkovit in proizvede največ navora/moči. V pnevmatska vodila bi elektronski sistem vbrizgaval natančno določeno količino zraka in ta proces bi bil časovno zelo natančen.

Menim, pa da bi bilo bolje, da bil tak avto tudi hibrid. Še posebej bi to prav prišlo pri tistih izvedenkah pnevmatskih vozil, ki bi bila namenjena za daljše, tudi izven mestne razdalje.

Pnevmatski motor bi lahko poganjal na dva načina. Prvi način je velik rezervoar s stisnjnim zrakom, ki bi se polnil na bencinskih postajah ali morda manjših mestnih polnilnicah. Vendar infrastruktura na to še ni pripravljena. Avtomobili bi potrebovali stisnjen zrak, ki je odvisen od tipa motorja in materialov (predvsem od materiala iz katerega je rezervoar). Poleg tega pa bi bil pomemben tudi tlak tega zraka. Idealne polnilnice bi imele izbiro stisnjnega zraka pripravljenega in testiranega za različne pnevmatske motorje. Lastnik avtomobila bi lahko izbiral med stisnjnim zrakom različnih tlakov. Te bi bili odvisni od tipa vozila. Drugi način pa je vgrajen in predelan kompresor za potrebe poganjanja avtomobila. Ta bi sproti proizvajal oziroma stiskal zrak. Tak avtomobil bi tudi imel rezervoar s stisnjnim zrakom, le ta bi bil ta občutno manjši od prvega načina. Vendar bi bil tak način bolj odvisen od pnevmatskega motorja oziroma elektromotorja v hibridu. Tak način sicer ne bi potreboval polnjenja z stisnjnim zrakom ali zelo malo. Torej bi bil manj odvisen od infrastrukture polnilnic s stisnjnim zrakom, vendar bi moral imeti večjo baterijo, da bi elektromotor poganjal kompresor.



Slika 12 Lego ročni kompresor (ne poganja ga elektromotor) in stikalo

Primerjava porabe in cene goriva/pogona:

Pogon:	Bencin (95 oktanski)	Elektrika (moč polnjenja 22kW-50kW)	Stisnjen zrak
Približna cena (na 100 km)	5,30 eur	5,50 eur	1 eur
Poraba	4.5 l/100 km	14.4 kWh/100 km	**

** poraba je odvisna od pnevmatskih vodil in njihovega števila. Žal nimam dovolj podatkov o pnevmatskih vodilih, ki jih uporabljam, zato ne morem izračunati točne porabe.

Poraba goriva v vsakdanjem življenju je zelo odvisna od avtomobila in vrste pogona. Zato sem si izbral avto Opel Corsa F. Primerjal sem Corso na bencinski pogon in Corso na električni pogon. Oba imata okoli 130 konjskih moči, navora pa je med 230 Nm in 260 Nm. Oba imata sprednji pogon. Električna verzija ima 1 stopenjski menjalnik, bencinska verzija pa 8 stopenjski avtomatski ali 6 stopenjski ročni. Električna Corsa je kar občutno težja od navadne, zaradi baterij. Električna Corsa bi v teoriji morala zdržati okoli 300 km (po ciklu WLTP), bencinska Corsa pa lahko zdrži tudi 800 ali več kilometrov s polnim rezervoarjem. V teoriji je električna Corsa bolj ekološka, posredno, v praksi pa to ne drži. Električna Corsa ima baterijo velikosti 50 kWh, navadna Corsa pa ima rezervoar velikosti 44 litrov. 1 liter 95 oktanskega bencina stane 1,177 eura. Torej bi stalo približno 51.788 eura, da čisto prazen rezervoar napolnimo. Imamo okoli 900 km dosega za 51.788 eura. 1 kWh elektrike stane približno 0,38 eura na polnilnicah z močjo od 22 kW do 50 kW. Torej polnjenje baterij stane okoli 19 evrov. Pri električni Corsi moramo za 900 km dosega trikrat polniti baterije in to nas stane 57 evrov. Tukaj pa je poraba približno 14,4 kWh na 100 km. Pri bencinski Corsi pa moramo za 900 km dosega 1 polniti rezervoar in za to napravimo slabih 52 evrov. Kombinirana poraba znaša okoli 4.5 litrov na 100 km. To doseg pri obeh avtomobilih drži, če so razmere idealne oziroma vozimo varčno.

PREVERJANJE HIPOTEZ:

1. Takšen avtomobil bi bil bolj ekološki kot avto na notranje izgorevanje, električni avtomobil ali hibrid(priključni ali klasičen).
2. Takšen pogon bi lahko poganjal avto.
3. Tak avtomobil bi bil primernejši za mestna okolja kot hibridi ali električni avtomobili
4. Rezervoar za stisnjen zrak bi bil lahko iz katerega koli materiala.

Hipoteza 1: Potrjena, bil bi bolj ekološki saj ne bi spuščal nobenih emisij v okolje

Hipoteza 2: Ta hipoteza deloma drži, saj pnevmatski pogon sam ne bi bil dovolj močan. Zato sem si avtomobile na pnevmatski pogon zamislil kot hibride med pnevmatiko in elektriko.

Hipoteza 3: Potrjena, tak avto ne spušča nobenih emisij v okolje, kar vodi v čistejši zrak v mestih. Mislim pa tudi, da bi se infrastruktura v mestih najlažje prilagodila.

Hipoteza 4: Ovržena. Rezervoar bi moral biti iz lahkega, predvsem pa močnega materiala, ki pa je tudi temperaturno odporen, npr. ogljikova vlakna. To pa zaradi zelo visokega tlaka, pa tudi hlajenja.

RAZPRAVA in ZAKLJUČEK

Ugotovil sem, da je tak avtomobil mogoče proizvesti. In, da pnevmatski motor lahko poganja avtomobil, vendar v hibridni različici. Ugotovil sem pa tudi, da infrastruktura absolutno na to še ni pripravljena in tudi ne bo, vsaj dokler ti avtomobili ne preidejo v serijsko proizvodnjo in na širši trg.

Pomembno se mi zdi raziskati in izdelati bolj natančne različice motorja. Torej bolj natančno preučiti lastnosti in obnašanje v različnih situacijah. Poleg tega pa je zelo pomemben dober rezervoar (verjetno iz ogljikovih vlaken), ki je zmožen prenesti tak stres in tlak. Ogljikova vlakna so tudi dobra, ker so temperaturno odporna. To pomeni, da lahko zdrži visoke temperature, kar je tudi zelo koristno pri zelo hitrem polnjenju rezervoarjev z stisnjenim zrakom. Vendar je še vseeno zelo pomembno razviti zelo učinkovit hladilni sistem za rezervoar. Razvil pa bi tudi kompresor, ki bi bil vgrajen kar v avtomobilu. To bi bilo zelo koristno za avtomobile, ki bi bilo namenjeni tudi za daljše, izven mestne razdalje.

Viri:

- 1 Nevon Projects – Air Powered Car Project (preneseno 26. 10. 2020, 16.35)
 - 2 Wikipedia – avtomobil (preneseno 27. 10. 2020, 12.03)
 - 3 Youtube – A Car that runs on air (<https://www.youtube.com/watch?v=uRpxhIX4Ga0>)
 - 4 Youtube – DIY Air Powered Car Project Pneumatic Mechanical Project (<https://www.youtube.com/watch?v=xVZ6Jdu6eqE>)
 - 5 Hydraulics & Pneumatics – A Car that Literally Runs on Air (preneseno 4. 11. 2020, 12.06)
 - 6 Wikipedia – Compressed air car (preneseno 4. 11. 2020, 13.45)
 - 7 Wikipedia – Compressed air vehicle (preneseno 5. 11. 2020, 13.47)
 - 8 Tesla Slovenija – Model S (preneseno 12. 11. 2020, 17.50)
 - 9 Avto Fokus – Norveška: Kar 42% novih vozil v preteklem letu je električnih (preneseno 19. 1. 2021, 17.30)
 - 10 RTV SLO – Norveška: Delež električnih avtomobilov več kot 50% (preneseno 19. 1. 2021, 17.33)
- AMZS – Cene goriv po Evropi (preneseno 5. 5. 2021, 18.05)ž
- Petrol - Cenik storitve polnjenja električnih vozil (preneseno 5. 5. 2021, 19.12)
- Ultimate specs – Opel Corsa comparison (preneseno 5. 5. 2021, 21.25)
- Opel – Opel Corsa (preneseno 6. 5. 2021, 15.10)

Viri slik:

1. prvi avtomobil – Iskanje Google
2. rolls royce phantom interior – Iskanje Google
3. bugatti chiron super sport – Iskanje Google
4. avtomobil na parni pogon – Iskanje Google
5. toyota mirai hydrogen – Iskanje Google
6. tesla model s battery – Iskanje Google
7. pneumatic car mdi – Iskanje Google
8. subaru boxer – Iskanje Google
9. eksperimentalni del (Urban Brezar)